

www.dlibra.wum.edu.pl

BIBLIOTEKA
Szpitala im. Karola i Marii
Dla Dzieci
Nr. 330

PODRĘCZNIK
FIZYOLOGII OGÓLNEJ.

Szpitala im. Karola i Marii dla dzieci
BIBLIOTEKA
№ 220
w Warszawie

Szpitala im. Karola i Marii dla dzieci
BIBLIOTEKA
№ 208 in.
w Warszawie

www.dlibra.wum.edu.pl

Druk Rubieszewskiego i Wrotnowskiego. Nowy Świat № 34.

www.dlibra.wum.edu.pl

Dr J. ROSENTHAL

PROFESOR FIZYOLOGII UNIWERSYTETU W ERLANGEN.

Szpitala im. Karola i Marii dla dzieci
BIBLIOTEKA
№ 220
w Warszawie

PODRĘCZNIK
FIZYOLOGII OGÓLNEJ

WSTĘP
DO NAUK PRZYRODNICZYCH I MEDYCYNY.

BIBLIOTEKA
Szpitala im. Karola i Marii
Dla Dzieci
№ 330

PRZEŁOŻYŁ

DR MED. M. FLAUM.

Szpitala im. Karola i Marii dla dzieci
BIBLIOTEKA
№ 868 71.
220 inw.
208 inw.

137 RYSUNKÓW W TEKSCIE.

WYDANIE Z ZAPOMOGI KASY POMOCY DLA OSÓB PRACUJĄCYCH NA POLU NAUKOWEM IMIENIA D-RA MED. JÓZEFA MIANOWSKIEGO.

WARSZAWA.
SKŁAD GŁOWNY W KSIĘGARNI E. WENDE i S-ka.

1903.

www.dlibra.wum.edu.pl

Дозволено Цензурою.
Варшава, 4 марта 1903 года

Biblioteka Główna
WUM
www.dlibra.wum.edu.pl

Z przedmowy autora.

...Niema jeszcze, o ile widzę, zgody i porozumienia, co stanowić powinno treść fizyologii ogólnej. Jak ja pojmuję to zadanie, o tem poucza pierwszy rozdział i wreszcie cała treść książki niniejszej. Nie kładę nacisku głównego na rozważania i spekulacye teoretyczne o „istocie życia“. Staram się raczej poglądowo istotę tę przedstawić w jej objawach. Uczynić to można tylko przez wybór przykładów odpowiednich ze świata zwierząt i roślin. Zmusza mnie to do przytaczania wielu rzeczy, które zwykle traktowane bywają w podręcznikach fizyologii szczegółowej, zoologii i botaniki, które wszakże tutaj dopiero w ramach całości zostają oświetlone ze stanowiska fizyologii. Dodałem nadto z fizyki i chemii wykład zjawisk i praw, które wydają mi się koniecznemi do należytego pojmowania zjawisk fizyologicznych. Usiłowałem wszędzie trzymać się tego, co może uchodzić w nauce za prawdę uznaną. W tych razach, gdzie to nie było możliwe, zawsze wyraźnie na to zwracałem uwagę.

Może rozdziały początkowe wydadzą się nieco zbyt obszernemi. Sądzę jednakże, że podstawy, na których nauka ma być zbudowana, powinny być jak najszersze i jak najpewniejsze. Nie można poprzestawać na przelotnem zaznaczaniu odnośnych punktów i na odsyłaniu do podręczników umiejętności poszczególnych. Fizyologia nie tylko ma znaczenie dla słuchaczów medycyny, lecz i dla studyujących inne przedmioty; przykuwa ona uwagę każdego człowieka wykształconego. Kto ma przygotowanie botaniczne lub zoologiczne, temu może sprawi trudność zrozumienie zjawisk fizycznych lub chemicznych; dostatecznie obeznanemu z fizyką i chemią brak może dostatecznego pojmowania morfologii, tak niezbędnego do nauki fizyologii. Gdy przeto uczyć mamy fizyologii, sami musimy przedewszystkiem przygotować grunt, na którym

www.dlibra.wum.edu.pl

z uczniami pracować zamierzamy i na którym wznieść pragniemy budowlę wiedzy trwałą i pewną Nie mamy zamiaru zastąpić nauczania botaniki, zoologii, fizyki i chemii, lecz nie możemy też przypuścić, że posiadają wiedzę tę nasi uczniowie w tych wszystkich szczegółach, które do zrozumienia fizyologii są niezbędne. Dla tego też w sposób dla naszych celów odpowiedni wykładamy tu to, co z owych nauk pomocniczych jest nam potrzebne. Ani w gimnazyach ani w szkołach wyższych wykłady oddzielnych przedmiotów nie mogą uwzględnić wszystkiego, co jest nieodzowne w nauce o zjawiskach życia. Nie czynią też tego zwykłe podręczniki, albowiem mają one przed sobą cele i zadania ogólniejsze. Sądzę przeto, że wypełnienie owych braków jest jednem z zadań najważniejszych podręcznika fizyologii ogólnej. Spełniając to w sposób możliwie systematyczny, oddajemy, jak sądzę, zarazem i tę usługę, że wprowadzamy jednocześnie ucznia do gmachu wiedzy o przyrodzie w ogólności.

Fizyologia, rzec można, zajmuje niejako stanowisko centralne, albowiem najściślejszemi węzłami wiąże się z przeważną częścią pozostałych umiejętności przyrodniczych. Dzięki temu, zdaje mi się, jest powołana do zajęcia poczesniejszego niż dotychczas miejsca w nauczaniu przyrodniczem. Żaden inny przedmiot w tej mierze nie nadaje się do poglądowego wykazania związku pomiędzy wszelkiemi zjawiskami przyrody. Życzeniem przeto mojem było, aby wszyscy, którzy w jakikolwiek sposób zajmują się badaniem nauk przyrodniczych, znaleźli w książce niniejszej środek pomocniczy do zapoznania się z zasadniczemi zjawiskami życia. Może niejeden czytelnik, zależnie od stopnia przygotowania, napotka w rozdziałach początkowych rzeczy znane; inny natomiast, który w kierunku odmiennym dotychczasowe studya swe prowadził, może tem wdzięczniejszy będzie za to autorowi.

Ta wielostronność omawianych tu przedmiotów nakazywała mi znów prowadzić wykład elementarnie, lecz pomimo to ścisłość naukowa uszczerbku na tem nie poniosła. Wielki fizyolog F. C. Donders napisał mi kiedyś z okazyi sprawozdania o pewnej jego pracy naukowej, że warunkiem dobrego referatu jest, aby był krótki, jasny i prawdziwy. Szczerze usiłowałem sprostać tym trzem warunkom, pisząc sprawozdanie niniejsze o stanie obecnym naszej wiedzy o zjawiskach życia. Niechaj czytelnik łaskawy osądzi, jak dalece mi się to powiodło. Spodziewam się, że nie będzie mi poczytanem za zarozumiałość, jeżeli do pracy swej zastosuję motto, które ziomek Dondersa, znakomity malarz Jan van Eyck zwykł był podpisywać na swych obrazach: „As ich chan“ („co umiem“)...

www.dlibra.wum.edu.pl

...Jeżeli książka niniejsza przyniesie korzyść, jakiej się po niej spodziewam, będę hojnie wynagrodzony za trudy poniesione przy jej pisaniu. A kreśląc ostatnie te zdania, życzę jej, aby znalazła czytelników uważnych i sędziów wyrozumiałych.

Erlangen, w listopadzie 1900 roku.

J. R.

Słowa powyższe autora zawierają w sobie te wszystkie motywy, które kierowały tłumaczem przy wyborze niniejszego dzieła do przekładu na język polski. W ubogiej nad wyraz literaturze naszej znalazło by się miejsca dużo na podręczniki fizyologii szczegółowej i ogólnej przystosowane do różnych potrzeb, do rozmaitego przygotowania czytelników i uczących się. Gdy wszakże w literaturze podręcznikowej w zakresie nauk przyrodniczych i medycyny wszystko niemal od podstaw jeszcze czynić u nas wypada, sądziłem, że żaden z cieszących się współcześnie uznaniem podręczników fizyologii ogólnej nie będzie w takim stopniu pożytecznym, że żaden nie znajdzie tak obszernego koła czytelników, jak właśnie niniejszy podręcznik J. Rosenthala.

Warszawa, w marcu 1903 roku.

M. F.

---

www.dlibra.wum.edu.pl

SPIS RZECZY.

Rozdział pierwszy.

Zadania i treść fizyologii. Stosunek do innych nauk. Podział przedmiotu.

Stronica

Przedmioty i zjawiska przyrody. — Wrażenia i postrzeżenia. — Stosunek wrażeń do postrzeżeń. — Przedmioty i ich własności. — Podział — Klasyfikowanie. — Rozmaite podziały. — Morfologia. — Historya rozwoju. — Zjawiska; ruchy. — Fizyka i chemia. — Biologia. — Stosunek fizyologii do fizyki i chemii. — Stosunek do patologii. — Zjawiska życiowe w znaczeniu ściślejszem. — Podział fizyologii. — Chemia fizyologiczna — Zjawiska psychiczne 1–16

Rozdział drugi.

Podstawy logiczne nauk przyrodniczych.

Sądy. — Sądy prawdziwe i fałszywe. — Kojarzenie wyobrażeń. — Następczość zjawisk. — Wnioski indukcyjne. — Prawidła. — Prawdopodobieństwo reguł — Hypotezy. — Prawa. — Prawo przyczynowości. — Porządkowanie doświadczeń. — Teorye i prawa zasadnicze. — Dedukcya — Krytyka zasad logicznych. — Nauki indukcyjne i dedukcyjne. — Stopień pewności wiedzy naszej 17–42

Rozdział trzeci.

Metody badania w naukach przyrodniczych w ogólności, szczególnie w fizyologii.

Początki nowszych badań przyrodniczych. — Błędy w postrzeganiu. — Obserwacya. — Doświadczenia. — Doświadczenia i pomiary. — Jednostki miar. — Błędy w pomiarach. — Stosunek funkcyj.—Prawa wynikające z doświadczeń.—Prawa empiryczne i racyonalne.—Doświadczenia ilościowe i jakościowe —Przyrządy. —Obserwacye i doświadczenia na tworach żywych.—Wiwisekcya. 43–63

Rozdział czwarty.

Materya i eter.

Materya. — Ciśnienie. — Masa. — Podzielność materyi. — Materya składa się z oddzielnych cząstek. — Granica podzielno-

www.dlibra.wum.edu.pl

Stronica

ści. — Zmiany objętości ciał i ich stanu skupienia. — Dwa rodzaje zjawisk przyrody. — Łączenie i rozkład ciał — Atomy.— Stałość mas. — Stałość ciał pierwiastkowych. — Ciężar atomu i ciężar cząsteczki. — Ciężar właściwy — Braki w poglądach na materyą. — Eter . . . . . 64— 86

Rozdział piąty.

Ruch i energia.

Ruch. — Rodzaje ruchu. — Drgania. — Energia. — Praca. — Przemiana energii. — Rozmaite formy energii. — Perpetuum mobile. — Ruch cząsteczek. — Energia cząsteczek. — Przyczyna strat energii. — Mierzenie ciepła. — Energia chemiczna. — Energia eteru. — Zjawisko elektryczne. — Stałość ilości energii. — Wyzwolenie energii. — Stopniowe wyzwalanie energii 87—109

Rozdział szósty.

Gazy i ciecze.

Własności ciał. — Zachowanie się gazów pod różnem ciśnieniem. — Zachowanie się gazów w rozmaitych temperaturach. — Temperatura absolutna. — Zachowanie się cząsteczek gazu. — Mierzenie ciśnienia gazu. — Teorya cynetyczna gazów. — Dyfuzya gazów. — Ciśnienie parcyalne i ciśnienie całkowite mieszanin gazowych. — Hypoteza Avogadro'a. — Własności cieczy. — Cząsteczki cieczy na powierzchniach. — Własności par. — Chłonienie gazów. — Dyfuzya gazów przez przegrody wilgotne. — Mieszanie się cieczy. — Dyfuzya cieczy. — Dyfuzya cieczy przez przegrody porowate. — Ciśnienie osmotyczne . . . 110—143

Rozdział siódmy.

Rozpuszczanie się ciał i nasiąkanie.

Budowa ciał stałych. — Kryształy i ciała bezkształtne. — Roztwory. — Własności roztworów. — Roztwory rzekome. — Pęcznienie. — Osmoza koloidów. — Osmoza w komórkach roślinnych. — Osmoza w ciałkach krwi. — Osmoza jako przyczyna ruchu. — Budowa komórkowa i komórki „sztuczne“. . . . . 144—170

Rozdział ósmy.

Związki chemiczne.

Ciała proste i złożone. — Związki pomiędzy gazami.—Rozkład i tworzenie się wody — Prawo stałych stosunków objętościowych. — Prawo stałych stosunków wagowych. — Gęstość gazów i ciężar cząsteczkowy.—Gęstość gazów i ciężary atomów.— Uogólnienie prawa o stałości stosunków wagowych. — Analiza związków chemicznych.—Rozbiór pierwiastkowy ilościowy.—Obliczenie wzoru chemicznego —Rozbiór i obliczenie wzoru chemicznego eteru.—Metoda stechiometryczna.—Metoda osmotyczna i inne.— Dysocyacya gazów. — Dysocyacya związków rozpuszczonych. 171—194

www.dlibra.wum.edu.pl

Stronica

Rozdział dziewiąty.

Budowa związków chemicznych.

Substytucya (podstawienie). — Kwasy, zasady, sole. — Powinowactwo chemiczne atomów. — Wartościowość pierwiastków. — Węglowodory. — Wzory budowy. — Alkohole. — Aldehydy. — Ketony. — Kwasy. — Izomerya kwasów winnych i mlecznych. — Asymetrya węgla.—Etery alkilowe, bezwodniki kwasowe i estry. — Związki nienasycone. — Pierścień benzolowy. — Pochodne benzolu. Związki aromatyczne. — Związki azotu. — Kwasy amidowe i amidy. — Pierścienie węglowo-azotowe. — Alkaloidy. 195—232

Rozdział dziesiąty.

Wodany węgla, tłuszcze i ciała białkowe.

Związki podstawowe w ciele roślin i zwierząt. — Wodany węgla. — Cukry. Glukoza. — Fermentacye. — Fruktoza, galaktoza, mannoza. — Pentozy. — Sacharozy. — Polisacharydy. — Hydroliza mączki. — Tłuszcze, ich rozpowszechnienie i własności. — Emulsye tłuszczowe. — Budowa chemiczna tłuszczów. — Zmydlanie. — Ciała białkowe. — Podział ciał białkowych. Proteiny. — Grupy poszczególne protein — Hydroliza ciał białkowych. — Proteidy. — Albuminoidy . . . . . 233—265

Rozdział jedenasty.

Przegląd ogólny zjawisk życiowych.

Zwierzęta ssące. — Anatomia królika. — Odżywianie. — Krążenie krwi. — Krew. — Chłonienie. — Limfa i naczynia limfatyczne. — Przerób materyi — Oddychanie. — Gruczoły wydzielnicze. — Układ nerwowy . . . . . 266—295

Rozdział dwunasty.

Organizmy i istoty najprostsze.

Organizmy. — Różne rodzaje organizacyi. — Ameby. — Ruchy ameby. — Pobieranie ciał obcych. — Przerób materyi i oddychanie. — Zawartość wody. — Rozmnażanie i śmierć. — Śmierć pozorna i otorbienie. — Śmierć z braku wody i innych wpływów szkodliwych. — Kolonie istot żywych. — Rozwój. — Komórki, tkanki, organy. . . . . 296—321

Rozdział trzynasty.

Komórki, zbiorowiska komórek i tkanki.

Jednostka biologiczna. — Komórka jako organizm elementarny — Protoplazma i jądro. — Różnicowanie komórki. — Błona komórkowa. — Wodniczek kurczliwy. — Wici i rzęsy. — Mięśnie. — Zbiorowiska komórek. — Okresy rozwoju lancetnika. — Tkanki. — Gruczoły. — Stopnie rozmaite podziału pracy. . . 322—354

www.dlibra.wum.edu.pl

Stronica

Rozdział czternasty.

Przerób materyi w istotach żywych.

1. Oddychanie i krążenie.

Przerób materyi. — Powiększenie powierzchni. — Układ pokarmowo-naczyniowy. — Tlen jako potrzeba życia. — Oddychanie roślin. — Narządy oddechowe. — Płuca. — Tchawki. — Oddychanie skórne i kiszkowe. — Udział krwi w oddychaniu. — Krążenie krwi u zwierząt ciepłokrwistych. — Krążenie u ziemnowodnych i ryb . . . . . 355—383

Rozdział piętnasty.

Przerób materyi w istotach żywych.

2. Wydzielanie i pokrywanie strat.

Wydzielanie materyi. — Badanie ilościowe przerobu materyi. — Równowaga w przerobie materyi. — Odżywianie się roślin. — Powstawanie materyi organicznej w roślinie. — Wydzielanie tlenu przez rośliny. — Chlorofil. — Działanie rozmaitych rodzajów światła. — Powstawanie i zanikanie chlorofilu. — Ruch gazów w roślinie. — Ruch wody w roślinie. — Tworzenie się mączki. — Wędrówka wodanów węgla. — Tworzenie się ciał białkowych. — Odżywianie się zwierząt. . . . . 384—407

Rozdział szesnasty.

Krążenie materyi.

Różnica w odżywianiu pomiędzy roślinami a zwierzętami. — Większe zużywanie materyi u zwierząt. — Krążenie materyi. — Niezniszczalność materyi. — Symbioza roślin i zwierząt. — Znaczenie nawozu. — Rośliny bezchlorofilowe. — Działania chemiczne mikrobów. — Bakterye azotowe. — Próchnienienie, butwienie, gnicie. — Podział istot żywych. — Drobnoustroje próchnicy i saprofity. Pasorzyty. — Rozprzestrzenianie materyi. . . 408—433

Rozdział siedmnasty.

Przeobrażenia energii w tworach żywych.

Budowa i rozkład materyi organicznej. — Utlenianie w ciele zwierzęcem. — Materye „plastyczne“ i „oddechowe“. — Powstawanie energii cynetycznej. — Pomiary kalorymetryczne na zwierzętach. — Zwierzę a maszyna parowa. — Zjawiska endotermiczne i egzotermiczne. — Wytwarzanie i zużywanie pracy. — Rośliny bezchlorofilowe — Fermenty i enzymy. — Specyficzność enzymów. — Asymilacya (przyswajanie). — Rośliny zielone. — Przeobrażenia energii w świecie żywym jako całości. — Kierunek prądu energii . . . . . 434 - 466

www.dlibra.wum.edu.pl

Stronica

Rozdział osiemnasty.

Przejawy sprawności organizmów.

Sprawność tworów żywych. — Wytwarzanie ciepła. — Regulowanie ciepła. — Ruch mas. — Ruch protoplazmy. — Zmiana miejsca. — Własności mięśni poprzecznie prążkowanych. — Znużenie i spoczynek. — Prąd elektryczny. — Wytwarzanie światła . . . . . 467—493

Rozdział dziewiętnasty.

Drażnienie i pobudliwość.

Pobudliwość. — Podrażnienie i wyzwolenie. — Stosunek bodźca do działania. — Tropizm i „taxis“. — Zjawiska pobudliwości wskutek zmian jędrności. — Układ nerwowy. — Włókna nerwowe i komórki nerwowe. — Nerwy ruchowe i czuciowe. — Łańcuchy neuronów. — Energia specyficzna. — Narządy zmysłów. — Ruchy dowolne i automatyczne. . . . . 494—528

Rozdział dwudziesty.

Wzrost i rozmnażanie.

Istota wzrostu. — Wzrost roślin. — Wzrost komórek zwierzęcych. — Regeneracya. — Podział, rozszczepianie i tworzenie zarodników. — Sprzęganie. — Rozmnażanie płciowe. — Znaczenie rozmnażania płciowego. — Dzielenie się jądra. — Rozwój. — Epigeneza i ewolucya. — Teorye dziedziczności . . . . . 529—558

Rozdział dwudziesty pierwszy.

Początek życia.

Przejście materyi martwej w żywą. — Samorództwo. — Powstanie życia nie jest znane. — Zmienność istot. — Podział systematyczny. — Znaczenie podziału. — Zmienność. — Powstawanie gatunków nowych. — Dobór sztuczny. — Walka o byt. — Filogenia. — Celowość i przystosowanie . . . . . 559—584

Dodatek.

Związek funkcyonalny. Sposób graficzny i metody graficzne . . . . . 585—594

Skorowidz alfabetyczny 595

www.dlibra.wum.edu.pl

Omyłki druku.

Str. 1 wiersz 15 od góry *zamiast* rzecz *powinno być* rzec.

W rozdz. VII, § 8-ym powtarza się kilkakrotnie „wodniczka“ zamiast „wodniczek“.

Str.	496	wiersz	21	od góry	*zamiast* XVIII	*powinno być*	XVII
„	518	„	17	od dołu	„ pewien,	„	pewien
„	518	„	15	„	„ mięśniu,	„	mięśniu
„	534	„	19	„	„ w gojone	„	wgojone
„	555	„	6	„	„ Wollf	„	Wolff
„	592	„	2	„	„ ruchów	„	ruchów,

www.dlibra.wum.edu.pl

ROZDZIAŁ PIERWSZY.

Zadania i treść fizyologii. Stosunek do innych nauk. Podział przedmiotu.

1. Fizyologia jest nauką o zjawiskach spostrzeganych w tworach czyli istotach żywych. Stanowi ona dział nauk przyrodniczych, których zadanie polega na uporządkowanem przedstawieniu całkowitej naszej wiedzy o przyrodzie. Inaczej jeszcze powiedzieć możemy, że nauki przyrodnicze mają za zadanie opisać możliwie szczegółowo i dokładnie przedmioty natury oraz ich własności, nadto przedstawić wszelkie w tych przedmiotach zachodzące zjawiska i uwydatnić związek pomiędzy niemi. 1. Przedmioty i zjawiska przyrody.

Przy badaniu takiem okazuje się, że duże bywają podobieństwa pomiędzy wielu przedmiotami natury, gdy znów te podobne do siebie przedmioty mniej lub więcej różnią się od innych, które znów mają pewne do siebie podobieństwa. To samo rzecz można o zjawiskach postrzeganych na przedmiotach przyrody. Można przeto zarówno przedmioty jak i zjawiska przyrody porządkować w pewne szeregi; w ten sposób dochodzimy do pewnego ich systematycznego podziału, który tem będzie dokładniejszy, bardziej wyczerpujący i pouczający, im głębiej sięga nasza znajomość przedmiotów i zjawisk. Podział taki umożliwia nam łatwiejszy pogląd na niezmiernie liczne fakty, stanowiące treść nauki o przyrodzie. Wobec ogromu znanych nam już oraz czekających jeszcze na odkrycie przedmiotów i zjawisk przyrody niezbędnym, nieodzownym jest podział ich właściwy, w przeciwnym razie bowiem groziłoby nam zagubienie się w masie pojedyńczych szczegółów.

2. Przedmioty natury, ich własności oraz zjawiska w nich zachodzące poznajemy dzięki naszym organom zmysłów i wrażeniom, które przez nie odbieramy. Wrażenia te wydają nam się niby działaniem owych przedmiotów przyrody na organy zmysłów. 2. Wrażenia i postrzeżenia.

www.dlibra.wum.edu.pl

W ten sposób dochodzimy do wyobrażenia o świecie zewnętrznym, istniejącym po za ciałem naszem. Wszystko, co zdajemy się poznawać w taki sposób w przedmiotach świata zewnętrznego, nazywamy postrzeganiem. Tylko przy pomocy fizyologii układu nerwowego i narządów (organów) zmysłów jesteśmy w stanie analizować i tłumaczyć sobie owe zawiłe procesy, które zachodzą podczas odbierania przez nas wrażeń i dalszego ich przerabiania w umyśle. Tutaj poprzestać musimy na stwierdzeniu, że wrażenia zmysłowe i wiążące się z temiż procesy świadomości prowadzą nas do dwu szeregów wyobrażeń:

popierwsze, do wyobrażenia naszego własnego ja, naszej jaźni, odbierającej wrażenia i świadomej tych wrażeń—i

powtóre, do wyobrażenia świata zewnętrznego różnego od jaźni naszej [1]).

Zgodnie z tem musimy też ściśle odgraniczyć od siebie dwa szeregi zjawisk: zachodzące we wnętrzu naszem zjawiska wrażeń i świadomości, oraz zachodzące na zewnątrz nas zjawiska postrzegane przez naszą jaźń świadomą.

3. Stosunek wrażeń do postrzeżeń.

3. Dwa te szeregi zjawisk różnią się swą wartością istotną. Tylko zjawiska szeregu pierwszego, zjawiska świadomości bezpośrednio stają się materyałem wiedzy naszej; nie może być żadnej wątpliwości o ich istnieniu i wewnętrznej ich prawdziwości dla osobnika, który je odczuwa i uświadamia je sobie. Oto przykłady: „jestem głodny“ albo „odczuwam jasność światła, odczuwam ciepło“ i t. d. Wszystkie natomiast inne zjawiska zostają wywołane przez pośrednictwo jednego lub najczęściej całego szeregu zjawisk wrażeniowych i procesów świadomości; nie są to w rzeczywistości postrzeżenia bezpośrednie, lecz raczej wnioski z wrażeń dochodzących do świadomości. Gdy powiadam: „widzę różę,“ znaczy to, że odbieram szereg wrażeń (wrażenia wzrokowe barwy i kształtu, może też wrażenia węchowe i dotykowe), które, w związku z pamięcią dawniejszych wrażeń podobnych, budzą we mnie wyobrażenie czegoś, co się nazywa różą, a obok tego budzą też wyobrażenie miejsca, w którem widzę różę (na krzaku, w ręku i t. p.). Zjawisko to jest zatem bardzo zawiłe. W istocie wszystkie tak zwane postrzeżenia przedmiotów zewnętrznych lub zmian w tychże (zmiany miejsca i t. p.) opierają się na stanach i zmianach w stanie naszej świadomości. Tylko o tych ostatnich posiadamy wiadomości bezpośre-

[1]) Do świata zewnętrznego zaliczamy też w tem znaczeniu własne ciało nasze o tyle, o ile o niem i o tem, co w niem zachodzi, dowiadujemy się z pewnych stanów świadomości.

www.dlibra.wum.edu.pl

dnie; ztąd dopiero wysnuwamy wnioski o przedmiotach i zjawiskach świata zewnętrznego.

Poznanie tego związku i tej zależności doprowadziło do zaprzeczenia wogóle rzeczywistego istnienia świata po za naszą świadomością. Nie tutaj miejsce do rozważania tej doktryny filozoficznej. Możemy ją tem więcej pominąć, ponieważ dla badań przyrodniczych nie ma znaczenia pytanie, czy świat po za nami i niezależnie od naszych wyobrażeń ma istnienie realne. Nawet gdybyśmy zaprzeczyli istnieniu rzeczywistemu świata, w niczem by to nie zmieniło istoty badań przyrodniczych, ich zasad i metod. To, co nazywamy światem czyli przyrodą, istnieje dla nas w samej rzeczy tylko o tyle, o ile dochodzi do świadomości naszej. Dla różnych osób może to przypadać w rozmaitym stopniu. Dla człowieka ślepo urodzonego przyroda nie ma barw, nie ma różnic jasności i ciemności, różnice zaś kształtów istnieją dlań tylko o tyle, o ile mogą być rozpoznane przez dotyk. A jednakże różnice owe istnieją dla innych ludzi, dla których stają się powodem rozmaitych stanów świadomości. Możemy przeto powiedzieć, że przyroda istnieje dla nas, o ile daje powód do zjawisk świadomości. Zjawiska zaś te sprawiają na nas wrażenie, jakoby przebiegały równolegle do odpowiednich zjawisk w świecie zewnętrznym, t. j. wydaje się, iż każdej zmianie w stanach świadomości naszej odpowiadają niejako równoległe zmiany w świecie zewnętrznym. Tym to właśnie światem zewnętrznym i zachodzącemi w nim zjawiskami zajmują się nauki przyrodnicze, zgoła niezależnie od tego, czy skłonni jesteśmy przypuszczać, że zjawiska te i przedmioty istnieją w rzeczywistości czy nie.

4. Prócz wyobrażeń o przedmiotach czyli „rzeczach“, które istnieją wedle świadectw zmiennych stanów naszej świadomości, tkwią jeszcze w świadomości wspomnienia wrażeń dawniej odbieranych. Tę zdolność świadomości naszej, zdolność przechowywania wrażeń dawniejszych i powstałych z nich wyobrażeń oraz wywoływania ich przy sposobności, nazywamy pamięcią. Zdolności tej zawdzięczamy jako trwałą zawartość, treść świadomości pewien zapas wyobrażeń rzeczy i zjawisk, które kiedyś podziałały na zmysły nasze. Wreszcie dzięki porozumiewaniu się z innymi ludźmi dowiadujemy się o rozmaitych wrażeniach przez nich odebranych, a które oni również przenosili na przedmioty świata zewnętrznego. 4. Przedmioty i ich własności.

Suma wszystkich tych „rzeczy“ stanowi to, co nazywamy „przyrodą“ (naturą) czyli „światem“, i wszystko to może być przedmiotem rozważania i badania przyrodniczego.

Każda z tych „rzeczy“ zazwyczaj jednocześnie działa na kilka rozmaitych narządów zmysłowych, budzi w nas przeto rozmaite stany świadomości czyli wyobrażenia. Kawał marmuru np. ma

www.dlibra.wum.edu.pl

pewien kształt, formę, którą rozpoznajemy przez czucie (dotyk) i wzrok; barwę, którą poznajemy okiem i t. d. Wrażenia te, które postrzegamy współcześnie z przedmiotem i które, zdaje nam się, związane są z nim ściśle, nazywamy jego *własnościami* (cechami). Możemy przytem odróżniać własności *istotne* i nieistotne czyli przypadkowe; w marmurze np. istotnemi własnościami są: twardość, osobliwy rysunek powierzchni i t. d.; natomiast kształt nie jest własnością istotną, albowiem znamy kule, sześciany, słupki i t. p. formy marmuru, które pomimo tych i innych różnic mają jednak pewne cechy wspólne, stanowiące właśnie o istotnej naturze marmuru.

5. Podział. 5. Szeregując obok siebie, zestawiając rzeczy obdarzone pewną liczbą jednakowych własności, osiągamy pierwszy, tymczasowy podział przedmiotów przyrody. Tak więc odróżniamy kamienie, rośliny, zwierzęta, które stanowią przedmioty nauk: mineralogii, botaniki i zoologii. W tych działach nauki przyrodniczej przedewszystkiem wymieniamy poszczególne przedmioty, należące do odnośnych grup, i opisujemy ich *własności* czyli dostrzegane w nich cechy i zjawiska, różniące je od innych przedmiotów tejże grupy, cechy istotne czyli, jak powiadamy, *charakterystyczne*. Własności wspólne wszystkim przedmiotom jednej grupy stanowią cechę całej grupy; one odróżniają wszystkie przedmioty danej grupy od wszystkich przedmiotów grup innych. Tak więc mineralog opisuje poszczególne minerały według ich kształtu (krystaliczne czy bezkształtne), barwy, twardości, przezroczystości i t. d. Okazuje się z takiego opisu, że w jednej i tej samej grupie dają się znów utworzyć gromady mniejsze, podgrupy, w których zestawić można przedmioty mające pewną liczbę własności wspólnych i różniące się tem właśnie od innych gromad mniejszych tejże grupy. Im odpowiedniejszym, właściwszym, im udatniejszym jest wybór tych cech służących do odróżniania owych grup mniejszych, tem cały podział jest jaśniejszy, zrozumialszy. Podział taki, dokonany według pewnych istotnie ważnych punktów wytycznych, nazywamy *systematycznym* i możemy też owe działy wiedzy przyrodniczej, które zajmują się takiem *uporządkowanem* zestawieniem przedmiotów natury, nazywać naukami systematycznemi.

6. Klasyfikowanie. 6. Ułożenie w pewien systemat (układ) wszystkich poznanych przedmiotów przyrody nazywamy także klasyfikowaniem. Podział na grupy oraz gromady mniejsze (państwa, klasy, porządki i t. d.) nietylko ułatwia nam przegląd niezmiernie dużej liczby przedmiotów natury, lecz także ich dokładne poznanie, zapamiętanie ich własności. Gdy bowiem poznajemy cechy wspólne więk-

www.dlibra.wum.edu.pl

szej grupy przedmiotów przyrody, np. całych klas świata zwierzęcego (ssących, ptaków i t. p.), mniejszą znacznie pracą obarczamy pamięć, niż gdybyśmy byli zmuszeni poznawać własności każdego przedmiotu poszczególnego. Ztąd też i dla wykładu danej gałęzi wiedzy wynika znaczny zysk w czasie i pracy, zbytecznemi bowiem stają się liczne powtarzania, które w razie przeciwnym byłyby nieuniknione. Gdy poznajemy nowe przedmioty przyrody, naukowe ich badanie rozpoczyna się zawsze od tego, iż stwierdzić się staramy, w jakiej grupie, w jakiem miejscu układu (systematu) należy je zgodnie z ich własnościami pomieścić. Zasady, według których podejmujemy klasyfikacyą, mogą być rozmaite. Można za podstawę podziału wybrać jednę cechę wydatną, np. liczbę pręcików w roślinach kwiatowych (w systemie Linneusza). Takie układy nazywamy sztucznemi. Im bardziej wszakże uwzględniamy wszystkie ważne cechy, tem większą osiągamy pewność, że przedmioty rzeczywiście podobne w istotnych swych własnościach należą do jednej grupy; dochodzimy wówczas do układu naturalnego.

7. Podział przedmiotów przyrody na trzy państwa: mineralne, roślinne i zwierzęce wystarcza wprawdzie o tyle, że każdy przedmiot może w jednem z nich być pomieszczony, lecz pomimo to okazuje się potrzeba innych jeszcze podziałów w naukach przyrodniczych. Może np. być pożądanem specyalne, szczegółowe badanie pewnego przedmiotu dla ważniejszego tegoż znaczenia, nawet gdy przedmiot ten jest złożony i zawiera w sobie części należące do dwu lub wszystkich trzech państw przyrody. Tak np. ziemia jako całość i zwłaszcza w swem znaczeniu jako siedlisko człowieka stanowi przedmiot oddzielnej gałęzi wiedzy (geografia), albo ciała niebieskie (astrognozya), albo sam człowiek (antropologia). Gdy nie ograniczymy się w badaniu człowieka na opisie zewnętrznych jego własności i ważniejszych różnic rasowych i t. p., lecz badać będziemy nadto jego budowę wewnętrzną, staniemy wobec treści innej nauki, anatomii. Takie badanie dotyczyć może każdego zwierzęcia; możemy przeto mówić o anatomii psa, konia lub jeża. Gdy kładziemy nacisk na stronę porównawczą, gdy badamy i porównywamy formy i organizacyą rozmaitych zwierząt, mamy anatomią porównawczą państwa zwierzęcego lub oddzielnych jego części. Również istnieje anatomia roślin; w podobny także sposób budowa wewnętrzna kamieni i skał może być przedmiotem dokładniejszych studyów (petrografia). 7. Rozmaite podziały.

8. Anatomia zwierząt i roślin (przedmiotów przyrody organicznych czyli ożywionych w przeciwstawieniu do nieorganicznych 8. Morfologia. Hi-

www.dlibra.wum.edu.pl

storya rozwoju.

czyli martwych) nie poprzestaje na opisie zewnętrznym i rozczłonkowaniu zgrubsza za pomocą lancetu, lecz dzięki zwłaszcza mikroskopowi sięga głębiej do subtelniejszego poznania budowy (struktury) istot żywych. Zdobyte w ten sposób wiadomości rzuciły też dużo światła na wiedzę naszą o formach zewnętrznych, które wszakże bardzo zwykły być charakterystyczne dla roślin i zwierząt. Całokształt tej wiedzy o formach istot żywych nazywamy morfologią.

Badając wszelako formy istot żywych, nie można nie dostrzedz, że nie są one stałe, lecz że w jednym i tym samym tworze występują kolejno po sobie formy rozmaite. W pewnych okolicznościach pomyślnych można na jednej i tejże istocie żywej krok za krokiem obserwować te kolejne zmiany kształtów i w ten sposób poznajemy niejako historyą danego tworu lub, jak się wyrażamy zwykle, dzieje jego rozwoju. Obserwujmy np. żabę, a zobaczymy, że kształt dojrzałego zwierzęcia powstał z istoty zupełnie inaczej wyglądającej, z kijanki, ta zaś rozwinęła się z tak zwanego jaja. Również roślina rozwija się z nasienia, które znów powstało z utworu mniejszego, które także jajem się zowie.

Zastanawiając się nad tego rodzaju pytaniami, nauka wychodzi już poza dziedzinę czystego tylko opisywania form. Rozważanie rozwoju obejmuje pytania o zmianach, przeobrażeniach czyli o tem, co nazwaliśmy we wstępie zjawiskami.

W samej rzeczy umiejętności morfologiczne dawno już wyzwoliły się z ciasnych granic nauk opisowych, które im dawniej zakreślano. To samo dotyczy też w mniejszym lub większym stopniu nauk zajmujących się przedmiotami przyrody martwej.

Do opisu skał przyłączyły się pytania o sposobie ich powstawania, do opisu stanu dzisiejszego kuli ziemskiej pytania o zjawiskach, które doprowadziły do obecnych formacyj geologicznych. Okazuje się, że zmiany takie nietylko zachodziły, lecz jeszcze obecnie ustawicznie zachodzą. I w ten sposób uwaga nasza zwraca się w inną, niezmiernie rozległą dziedzinę wiedzy. Obok tego, co jest obecnie, pragniemy też wiedzieć, co się staje, jak powstaje to, co istnieje obecnie i co się z niem stanie.

9. Zjawiska; ruchy.

9. To, co nazwaliśmy zjawiskami, są to więc zmiany spostrzegane w przedmiotach świata zewnętrznego. Ponieważ cała nasza wiedza o świecie zewnętrznym zależna jest od postrzeżeń w przestrzeni i czasie, przeto powiedzieć też możemy, że zjawiska przyrody są to przemiany rzeczy w przestrzeni i czasie. Tak np. widzimy w dwu po sobie następujących momentach czasu dwa przedmioty czyli ciała A i B w rozmaitem względem siebie położe-

www.dlibra.wum.edu.pl

niu. Jeżeli mamy przytem wrażenie, że jeden z nich nie zmienił swego położenia w przestrzeni, wówczas powiadamy, że drugi się poruszył. Lecz ruchy zawsze są tylko względne. Gdy dwa ciała poruszają się z jednakową szybkością i w jednym i tym samym kierunku, to położenie ich względem siebie się nie zmienia, natomiast zmienia się ich położenie względem ciał innych. Dla pierwszych naszych postrzeżeń zwłaszcza ważnym jest ruch wykonywany przez przedmioty świata zewnętrznego w stosunku do naszego własnego ciała.

Zmiany postrzegane w przedmiotach, które przy tem miejsca swego (w stosunku do innych przedmiotów) nie zmieniają, mogą być w wielu razach pojmowane—jak to jeszcze później obszerniej wyłożymy—jako ruchy względne poszczególnych cząstek przedmiotu.

10. W tych naukach przyrodniczych, o których dotychczas wspominaliśmy, zawsze mamy na oku przedewszystkiem stosunki samego przedmiotu badanego. Rozważamy i opisujemy przedmioty w ich własnościach istotnych i drugorzędnych; dopiero w drugiej linii zajmują nas zjawiska czyli zmiany spostrzegane w tych przedmiotach. Inne wszakże nauki zajmują się badaniem zjawisk jako takich, bez szczególnego względu na przedmioty, w których zmiany te zachodzą w każdym oddzielnym przypadku. Najogólniej dzieje się to w fizyce. Istotnie w bardzo licznych zagadnieniach fizyki można zupełnie pominąć szczegółowe własności przedmiotów; pod uwagę brać tu należy tylko ogólne własności wszelkich ciał przyrody. Tak np. gdy mamy do czynienia ze zjawiskami ciążenia powszechnego, zupełnie jest obojętnem, czy badamy je na kamieniu czy na zwierzęciu. Fizyka rozważa wszakże tylko takie zjawiska, w których, jak powiadamy zazwyczaj, skład [1]), a tem samem i własności istotne ciał pozostają bez zmiany. Gdy zaś zachodzą zmiany w składzie materyi, gdy w danem zjawisku powstają ciała z innemi własnościami istotnemi, wówczas zjawiska te należą do dziedziny chemii. Obadwa te rodzaje zjawisk, fizyczne i chemiczne, ustawicznie zachodzą w tworach żywych; fizyologia przeto, która zajmuje się szczegółowo osobliwemi zjawiskami istot żywych, w dużej części jest właściwie fizyką i chemią żywych tworów. 10. Fizyka i chemia.

11. Morfologia i fizyologia składają się na całość, która obejmuje badanie przyrodnicze świata żywego. Dwie te nauki na- 11. Biologia.

[1]) Dowiemy się w ciągu dalszym, co rozumieć należy pod tym wyrazem.

www.dlibra.wum.edu.pl

zywamy także ogólnie biologią. Nie można zupełnie zajmować się fizyologią, nie czyniąc ciągłych wycieczek do sąsiedniej dziedziny morfologii. Zjawiska, któremi zajmuje się fizyologia, w tak wysokim stopniu zależne są od składowych części istot żywych oraz od własności tych części, ściśle z formą (kształtem) związanych, że zgoła nie mogą być pojmowane bez znajomości morfologii. Tak więc np. pragnąc uczyć się fizyologii człowieka, koniecznie trzeba uprzednio poznać anatomią bardzo dokładnie.

Ten stosunek tych dwu nauk wyrażamy niekiedy w taki sposób, że powiadamy, iż anatomia jest nauką pomocniczą fizyologii. Bynajmniej wszakże nie ma to oznaczać jakiegoś podporządkowania. Każda nauka ma swoje wyłączne cele, swoje specyalne zadania i swą wartość w samej sobie. Potrzebę rozszerzania swej wiedzy odczuwa w mniejszym lub większym stopniu każdy człowiek. Lecz głębsze zadowolenie dać nam może tylko zdobycie wiedzy w sposób systematyczny, uporządkowany, tak jak ją przedstawiają oddzielne umiejętności, nauki ludzkie. Jesteśmy zmuszeni do ograniczenia się w pewnej dziedzinie z powodu znacznego obszaru wiedzy, gdyż olbrzymi zakres nauk czyni wprost niemożliwem objęcie wielu gałęzi wiedzy przez jednego człowieka. Skłonności osobiste, usposobienie i t. p. rozstrzygają o wyborze odpowiedniej specyalności, jaką obieramy za cel badań. Lecz do jakiejkolwiek nauki się przykładamy, zawsze musimy tyle sobie przyswoić z dziedzin sąsiednich, ile potrzeba dla należytego zrozumienia własnej specyalności. Wówczas w stosunku do głównie przez nas uprawianej nauki nazywamy pomocniczemi dziedziny sąsiednie, bez względu na to, że te ostatnie mają znaczenie niezależne, samodzielne i również być mogą i są przedmiotami studyów szczegółowych innych badaczów.

12. Stosunek fizyologii do fizyki i chemii.

12. Ponieważ w istotach żywych bezustannie zachodzą zjawiska fizyczne i chemiczne, ponieważ nadto zjawiska te stanowią bardzo znaczną część tego, co wogóle stanowi przedmiot naszych badań w tworach żywych, możnaby przeto z dużą słusznością określić fizyologią jako fizykę i chemię zjawisk życiowych. Czy prócz zjawisk fizycznych i chemicznych zachodzą w żywych ustrojach zjawiska innego jeszcze rodzaju i czy należałoby te ostatnie pojmować jako procesy życiowe w pewnem szczególnem znaczeniu, to pytanie zajmie nas jeszcze później obszerniej. Im lepiej, im dalej dotychczas zaszliśmy w badaniu zjawisk życiowych, tem łatwiej możemy przeważną ich część sprowadzić do procesów fizycznych i chemicznych. W każdym razie wszakże wszystko, co zachodzi w tworze żyjącym, należy do dziedziny fizyologii, a odkrycie związku tych zjawisk z innemi zjawiskami znanemi stanowi najprzedniejsze zadanie badania naukowego fizyologów.

www.dlibra.wum.edu.pl

Ruch krwi np., niezbędny dla życia zwierząt wyższych, jest zjawiskiem czysto fizycznem; dla zrozumienia tego ruchu potrzeba koniecznie znajomości praw ruchu cieczy w rurach, które to prawa są wykładane w jednym z rozdziałów fizyki, w hydrodynamice. Wyjaśnienie tego związku z fizyką oraz osobliwych okoliczności, które uwzględnić należy przy badaniu ruchu krwi w naczyniach krwionośnych, stanowi jeden z najdonioślejszych kroków w postępie wiedzy fizyologicznej. Trawienie pokarmów składa się z szeregu procesów, które prowadzą ostatecznie do rozpuszczenia materyj wprowadzonych do ustroju z pokarmem i do przejścia ich następnie w soki ciała zwierzęcego. Pierwsze z tych zjawisk jest w istocie natury chemicznej, drugie przeważnie natury fizycznej. Im głębiej wnikamy we wszystkie te zjawiska, tem pełniejszy zdobywamy obraz procesów życiowych. Fizyolog przeto jest zmuszony do poznania nauk fizyki i chemii, by mógł je stosować do zjawisk w ustrojach żywych. W wielu razach potrzeba w tym celu dalszych badań fizycznych i chemicznych w pewnych kierunkach szczególnie ważnych dla pojmowania życia. Niejednokrotnie przeto fizyolog podejmować musi studya fizyczne i chemiczne dla zdobycia niezbędnych podstaw do rozwiązywania zagadnień fizyologicznych.

13. Stosunek do patologii.

13. Zjawiska życiowe zależą nietylko od własności samego ciała żywego i jego poszczególnych części, lecz nadto od jego otoczenia. Gdy te lub owe własności żywego ustroju uchylają się od stanu prawidłowego, same procesy życiowe biegną odmiennie od normy. Lecz również kierunek tych spraw życiowych odbiega od stanu prawidłowego, gdy warunki otoczenia się zmieniają. Przy znacznych odchyleniach całkowity bieg zjawisk życiowych zachodzi bezładnie, nieprawidłowo, nienormalnie. Powiadamy wówczas, że istota żywa jest chora. Choroba prowadzić może do zaniku życia, do śmierci, albo też uchylenia od normy mogą się znów całkowicie wyrównać, co nazywamy wyleczeniem; wreszcie i tak być może, że życie wprawdzie zostaje zachowane, ale zjawiska życiowe stale w pewnych kierunkach pozostają upośledzone.

Temi zboczeniami od stanu prawidłowego zajmuje się patologia. Możemy przeto uważać patologią za gałęź fizyologii, za naukę o zjawiskach życiowych w warunkach nieprawidłowych, chorobowych. Im dokładniej poznajemy prawidłowe zjawiska życiowe, tem lepiej jesteśmy w stanie rozpoznawać i pojmować zmiany chorobowe. Gdy więc w ten sposób fizyologia jest właściwą podstawą patologii, stosunek ten wszakże w wielu razach się odwraca i patologia staje się mistrzynią fizyologii. Wobec niezmiernie zawiłych zjawisk życiowych, gdy liczne a różne części organizmu współdziałają ze sobą w sposób najrozliczniejszy, często nie-

www.dlibra.wum.edu.pl

zmiernie bywa trudno śledzić dokładnie każde zjawisko, wyodrębnić je z pośród innych i w ten sposób łatwiej zrozumieć. W tych razach wielokrotnie stany patologiczne podają nam wskazówki, które ułatwiają badanie i uprzystępniają zrozumienie rozważanej czynności fizyologicznej. Gdy np. pewne poszczególne części ustroju żywego całkowicie zawieszają swą czynność wskutek choroby, a tem samem sprowadzają w ogólnym obrazie życia mniejsze lub większe zmiany, wówczas rozpoznać możemy, w jakim mianowicie kierunku owe części biorą udział w czynnościach życiowych.

14. Zjawiska życiowe w znaczeniu ściślejszem.

14. Nie wszystkie spostrzegane przez nas w istotach żywych zjawiska są dla tychże wyłącznie charakterystyczne. Pewne objawy występują w nich w ten sam sposób i w tej samej mierze, jak i w innych, martwych ciałach przyrody. Tak np. zwierzę dane ma pewną objętość i pewien ciężar; gdy jego punkt ciężkości nie jest podparty, pada ono na ziemię. Nie jest to zjawisko życiowe, to samo bowiem w ten sam sposób dzieje się z kamieniem. Jeżeli dokładnie zważymy zwierzę, następnie na kilka godzin umieścimy je w klatce i później znów zważymy, przekonamy się, że straciło na ciężarze. I to zjawisko może w podobny sposób wystąpić w ciałach martwych. Zważmy dokładnie naczynie z wodą, pozostawmy je otwarte i po kilku godzinach zważmy powtórnie, a przekonamy się najczęściej także o ubycie na wadze, część bowiem wody odparowała, t. j. przeszła w stan pary wodnej, która zmieszała się z powietrzem. Zważmy rozżarzony węgiel i pozwólmy mu tleć w dalszym ciągu, a po pewnym czasie również przekonamy się o stracie ciężaru przy powtórnem ważeniu. W tym ostatnim wypadku poucza chemia, że część węgla połączyła się z tlenem zawartym w powietrzu na dwutlenek węgla, gaz, który uszedł w powietrze. Badania fizyologiczne przekonały najdowodniej, że obadwa wymienione tu zjawiska: parowanie wody i wydalanie dwutlenku węgla, pochodzącego z połączenia węgla z tlenem, zachodzą też ustawicznie w zwierzętach. Ztąd też zwierzę traci na wadze. Pomimo to wszakże tę stratę zaliczamy do objawów życiowych zwierzęcia. Czynimy to zaś dla tego, że objawy te w najściślejszym pozostają związku z innemi zjawiskami życiowemi, zachodzą one w pewnych określonych, żywym ustrojom właściwych warunkach i stanowią tylko szczególny przypadek owego zjawiska fizycznego parowania wody i chemicznego spalania się węgla.

Gdy kot spada z umiarkowanej wysokości, możemy w tym spadku dostrzedz coś, co różni to zjawisko od spadku kamienia. Mówimy przecie, że kot pada zawsze na nogi. Nie wiem, czy tak istotnie dzieje się zawsze bez wyjątku, lecz niewątpliwie bywa tak

www.dlibra.wum.edu.pl

najczęściej. Podczas spadania kot obraca się tak, że nasamprzód dotyka ziemi nogami. Fizyologia uczy, że mamy tu do czynienia z działaniem mięśni i układu nerwowego kota. Ponieważ zaś mięśnie i nerwy właściwe są tylko istotom żywym, przeto mamy tu do czynienia z objawem życiowym.

Byłoby zapewne przedwczesnem przypuszczenie, że to zjawisko życiowe zasadniczo jest różne od zjawisk natury martwej. Ruchy zwierząt są to objawy niezmiernie zawiłe. Badanie tych ruchów stanowi ważną i obszerną gałęź fizyologii; dopiero dokładniejsze ich poznanie rozstrzygnie zczasem, czy można je umieścić obok zjawisk świata nieożywionego, czy też są one całkiem od tych ostatnich różne.

15. Pewne zjawiska życiowe wspólne są wszystkim tworom żywym, inne właściwe są tylko istotom żywym niektórych grup. Lecz i te zjawiska, które występują jaknajpowszechniej w przyrodzie ożywionej, mogą się przejawiać w sposób rozmaity zależnie od szczegółowej budowy i narządów danego ustroju żywego. W rozmaity przeto sposób możemy wykładać o owych licznych zjawiskach, które stanowią przedmiot fizyologii: możemy opisywać szczegółowo wszystkie objawy życia badanego ustroju, np. człowieka, albo też możemy poszczególne czynności, jak oddychanie, odżywianie i t. p. opisywać niejako porównawczo fizyologicznie, obserwując je w rozmaitych ustrojach. Treść pierwszego rodzaju wykładu stanowi to, co nazywamy fizyologią szczegółową danego organizmu; najdokładniej stosunkowo poznano i przedstawiono fizyologią człowieka. Drugi rodzaj wykładu, fizyologia porównawcza, zależnie od chwilowego stanu wiedzy była wielokrotnie mniej lub więcej dokładnie przedstawiana przez Hallera, Rudolphiego, Jana Müllera, Bergmanna i Leuckarta, ostatnio przez H. Milne Edwardsa. Zazwyczaj wykładają ją, ograniczając się na świecie zwierzęcym lub nawet tylko na pewnej tegoż części. Fizyologia roślin bywa zupełnie oddzielana od fizyologii zwierząt i wykładana jako część botaniki. 15. Podział fizyologii.

Jeżeli badamy zjawiska życia, nie uwzględniając specyalnie poszczególnych ustrojów, jeżeli staramy się pojąć istotę tych zjawisk już to przez porównywanie ich wzajemne, już też przez powoływanie do pomocy zjawisk podobnych lub identycznych w świecie nieożywionym, wówczas osiągamy pogląd na objawy, które mogą być poczytywane za specyficzne zjawiska życiowe. Ze współdziałania tych objawów w rozlicznych kombinacyach składają się czynności życiowe pojedyńczych ustrojów, któremi zajmuje się fizyologia szczegółowa. Rozważanie zaś zjawisk tych samych w sobie, niejako w oderwaniu od szczególnych warunków, w jakich

www.dlibra.wum.edu.pl

ujawniają się one w ten lub ów sposób zmodyfikowane u rozmaitych ustrojów żywych, stanowi przedmiot fizyologii ogólnej.

Ułamki tej fizyologii ogólnej bywają często tu i owdzie przytaczane w podręcznikach fizyologii szczegółowej wraz z niektóremi rozdziałami fizyki, chemii i innych nauk, które służą do wyjaśnienia pewnych zagadnień fizyologicznych. Fizyologia ogólna wszakże dzięki obfitości swego materyału pozyskała sobie prawo samodzielności, tem bardziej, że oddaje usługi nietylko przy nauce fizyologii szczegółowej, czy to człowieka czy innych tworów, lecz dużą przynosi też korzyść przedstawicielom innych dziedzin wiedzy (botaniki, zoologii i t. d.), tak że słusznie uważaną być może za podstawę całej biologii. Opierając się właśnie na tem jej znaczeniu w sprawie pojmowania istoty życia, zamierzamy ją wykładać w następnych rozdziałach książki niniejszej.

Fizyologij szczegółowych musi oczywiście być tyle, ile jest w przyrodzie rozmaitych i różniących się wzajem swemi przejawami życiowemi grup ustrojów żywych.

Różnice najwydatniejsze zarówno w formach jak w czynnościach życiowych występują pomiędzy dwiema dużemi głównemi grupami czyli państwami: roślin i zwierząt. Różnice pomiędzy lwem a dębem tak są olbrzymie, że trudno nawet wykryć coś wspólnego w ich objawach życiowych. Inne znów zwierzęta tak bardzo zbiżają się formą swą zewnętrzną do roślin, że łatwo można je za rośliny poczytywać, i dopiero szczegółowe badanie fizyologiczne wykrywa w nich zgodność i podobieństwo do innych zwierząt. Znów w innych przypadkach przekonywamy się, że własności specyficzne, które wyraźnie różnią zwierzęta od roślin, wcale nie są wyrażone lub tak słabo się ujawniają albo wreszcie występują tak pomieszane [1]), że prawie jest niemożliwem rozstrzygnięcie, czy mamy przed sobą zwierzę czy roślinę.

Podział tworów żywych na rośliny i zwierzęta nie daje się przeto tak ściśle przeprowadzić, jak się to na pierwszy rzut oka wydaje. Wobec tego proponowano też podział na trzy grupy: 1. Pierwotniaki czyli twory nie ujawniające wyraźnie ani charakterystycznych cech roślinnych ani zwierzęcych, lecz będące niejako wprost istotami żywemi bez bliżej dających się ująć właściwości; 2. Rośliny; 3. Zwierzęta. Zgodnie z tym podziałem możnaby rozpatrywać:

---

[1]) W pewnych przypadkach cechy te są oddzielone co do czasu, tak że dany twór żywy przez czas pewien odznacza się objawami życia zwierzęcego, w innym zaś okresie zachowuje się jak roślina.

www.dlibra.wum.edu.pl

1. Fizyologią pierwotniaków,
2. Fizyologią roślin,
3. Fizyologią zwierząt.

Jak to w ciągu dalszym obszerniej wyłożymy, ciało przeważnej liczby zwierząt i roślin złożone jest lub też powstało z części najzupełniej podobnych do ciała pierwotniaków. Części te nazywamy komórkami. Starano się wobec tego sprowadzić wszelkie zjawiska życiowe do własności komórek i zbadać te zjawiska na pierwotniakach, które uważać należy za komórki wiodące życie odrębne. Zobaczymy w następstwie, że ten pogląd niezmiernie się przyczynił do wyjaśnienia zawiłych objawów życia. Należy wszelako szczególny położyć nacisk na to, że badanie własności życiowych pierwotniaków połączone jest z mnogiemi trudnościami, żyjątka te bowiem z powodu nikłych swych wymiarów dostępne są tylko dla badań mikroskopowych. Niektóre ważne przejawy życia pierwotniaków doszły wogóle do naszej wiadomości tylko dzięki temu, że uprzednio poznaliśmy zjawiska podobne u istot wyższych i że z pojedyńczych faktów wnosić mogliśmy z dużem prawdopodobieństwem, iż objawy owe spotkamy także u pierwotniaków. Współcześnie ze spojeniem licznych do pierwotniaków podobnych komórek w całość zawiłej istoty zachodzi, jak to później obszerniej rozwiniemy, takie przeobrażenie, że poszczególne sprawy życiowe stają się wyraźniejsze i łatwiej dają się rozpoznać. I gdy te sprawy zostały zbadane w tworach skomplikowanych, można je było następnie dopiero poznać u pierwotniaków w niewyraźnych ich zarysach. O innej jeszcze okoliczności zapominać nie należy, że mianowicie w owych drobnych masach materyi żywej, którą mamy przed sobą w postaci pierwotniaków, skupiona jest znaczna liczba cech i czynności, które u istot innych wyodrębnione są w rozmaitych częściach, występując tu znacznie wyraźniej i dostępniej dla naszych zmysłów. Wszystkie te przyczyny sprawiają, iż rzeczą jest niemożliwą poznanie całkowitej treści fizyologii ogólnej z badania wyłącznie tylko pierwotniaków. Pragnąc celu tego dopiąć, należy koniecznie odwołać się do całego obszaru tworów żywych i badać każde zjawisko tam, gdzie występuje ono najwyraźniej. Dopiero przez porównanie otrzymanych w ten sposób wyników pozyskać możemy podstawę do pojmowania zawiłych zjawisk życiowych zarówno u pierwotniaków jak u tworów o zawilszej budowie i zawilszych czynnościach.

Rozmaite działy fizyologii z biegiem czasu z różną pilnością bywały opracowywane. Najwięcej zawsze poświęcano pracy fizyologii człowieka, już choćby z powodu jej doniosłości dla medycyny.

www.dlibra.wum.edu.pl

Lecz niektóre czynności życiowe nie dają się dokładnie zbadać na człowieku; inne nawet zupełnie nie mogą być na człowieku bezpośrednio badane. Ztąd konieczność uciekania się do fizyologii zwierząt, zwłaszcza ssących, podobnych do człowieka w budowie wszystkich istotnych części ciała, poczem następuje wybadanie, o ile spostrzegane na zwierzętach fakty dadzą się przenieść na człowieka. Pewne zjawiska jeszcze lepiej mogą być poznane na zwierzętach t. zw. zimnokrwistych. Z takich to doświadczeń zbieranych zewsząd w państwie ożywionych istot składa się fizyologia, jakkolwiek może być wykładana ze szczególnem uwzględnieniem jednego określonego gatunku, np. człowieka.

16. Chemia fizyologiczna.

16. Wspomnieliśmy już wyżej, że możnaby w wykładzie fizyologii rozpatrywać poszczególne objawy życiowe, jak np. oddychanie, żywienie i t. d., obserwując je i badając w całem państwie zwierzęcem i roślinnem. Ten rodzaj wykładu, który pod wielu względami niezmiernie jest pouczający, spotykamy dotychczas stosunkowo rzadko. Pewien tylko szereg zjawisk stanowi w tym względzie wyjątek, mianowicie nauka o procesach chemicznych w istotach żywych, mianowicie zaś w świecie zwierzęcym. W początkach badaniem tych procesów zajmowali się chemicy niejako ubocznie. Od czasu wszakże gdy chemia rozwinęła się tak potężnie, że jednemu badaczowi trudno jest nawet przy najusilniejszej pracy objąć całkowity jej obszar, z konieczności nastąpić musiało oddzielenie się chemii fizyologicznej od chemii ciał martwych. Że zaś i dla fizyologa zawodowego jest rzeczą prawie niemożliwą zajęcie się sprawami chemicznemi w ciele zwierzęcem obok badania reszty zjawisk fizyologicznych w całkowitym ich zakresie, stało się przeto tak, że niektórzy uczeni przeważnie i szczegółowo uprawiają naukę chemii zjawisk życiowych, a ztąd i chemia fizyologiczna często wykładana bywa jako przedmiot oddzielny i oddzielne książki wyłącznie jej są poświęcane.

Taki podział pracy — wobec dokładniejszego przygotowania specyalnego, z jakiem chemicy-fizyologowie do pracy swej przystępują — niezmiernie się przyczynił do postępu wiedzy fizyologicznej. Natomiast w wykładzie całkowitej fizyologii nie można wyodrębniać zjawisk chemicznych, lecz należy je koniecznie w związku z innemi sprawami fizyologicznemi uwzględniać we właściwych miejscach wykładu. To, co z korzyścią dla postępu wiedzy może i powinno być badane oddzielnie, to w wykładzie zdobytej wiedzy znów musi być spojone z całością. W życiu i jego rozlicznych przejawach wszystkie rodzaje zjawisk zespolone i związane są ze

www.dlibra.wum.edu.pl

sobą i wszystkie razem wzięte stanowią dopiero właściwą osnowę, właściwą treść życia.

17. Zjawiska psychiczne.

17. Musimy jeszcze kilka słów poświęcić innej grupie zjawisk życiowych, mianowicie objawom czucia i świadomości. Czucie i świadomość, które, jak nam wiadomo, są najbezpośredniejszemi źródłami wszelkiej wiedzy naszej, wszelkiego poznania, mogą również być przedmiotem badań. W tym względzie przedewszystkiem uwaga nasza zwraca się wyłącznie ku obserwowaniu nas samych. Drogami ubocznemi i przy pomocy środków skąpych i niedoskonałych dowiadujemy się, że zjawiska podobne zachodzą i w innych ustrojach. Sądzimy często o zjawiskach czucia i świadomości u innych istot z objawów, które na nasze narządy zmysłowe działają jako zjawiska „fizyczne“ i postrzegane bywają jak i wszelkie inne zjawiska przyrody, np. zmiany w wyrazie twarzy, ruchy, krzyk i t. p. Te objawy zewnętrzne każą nam przypuszczać i u innych ludzi, a także u zwierząt, powstawanie przejawów czucia i świadomości, które znane nam są z samoobserwacyi. Dokładniej dowiadujemy się o nich, o ile to dotyczy innych ludzi, przez bezpośrednie świadectwa udzielane zapomocą mowy. Z porównywania tych odbieranych wiadomości z własnemi naszemi stanami świadomości i z postrzegania owych towarzyszących objawów fizycznych składa się nasza wiedza o zjawiskach czucia i świadomości.

Zjawiska te całkowicie oddzielono, jako zjawiska psychiczne czyli duchowe, od reszty zjawisk przyrody i badanie ich pozostawiono gałęzi filozofii, zwanej psychologią. Należy wszakże odróżniać to, co jest czysto faktyczne w tych zjawiskach, od spekulacyj i rozważań oderwanych nad niemi. Pytania co do istoty zjawisk psychicznych zarówno jak pytania o istocie tak zwanej materyi (jako przypuszczalnej podstawie objektywnie postrzeganych zjawisk) są pytaniami metafizycznemi i należą do dziedziny filozofii. Lecz fakty z zakresu zjawisk świadomości należą tak samo do zjawisk życia, jak i wszelkie inne objawy zewnętrzne u istot żywych postrzegane przy pomocy zmysłów, jak ruch, bicie serca i t. p. Fizyolog nie może się wyrzec ich badania, tem bardziej, że współdziałają tu narządy ciała, narządy zmysłów i nerwy, których badanie należy do jego najprzedniejszych zadań. Pod nazwą przeto psychologii fizyologicznej oddzielono tę część faktyczną od psychologii spekulatywnej czyli metafizycznej i uprawia się ją samodzielnie jako rodzaj dziedziny pośredniej pomiędzy fizyologią a filozofią, albo też jako część pierwszej z nich. Ponieważ metody badania w tej gałęzi wiedzy w części są czysto przyrodnicze, zapo-

www.dlibra.wum.edu.pl

życzone z fizyologii, bardzo jest przeto naturalnem, że fizyologowie i badacze z przygotowaniem fizyologicznem najbardziej się przyczynili do postępów tej dziedziny.

Ponieważ zjawiska świadomości jedynem są źródłem, z którego czerpiemy też wiedzę o zjawiskach świata zewnętrznego, przeto dokładne zbadanie związku pomiędzy temi dwoma szeregami zjawisk ma znaczenie pierwszorzędne dla słusznego tłumaczenia i dokładnej oceny naszej wiedzy o zjawiskach przyrody wogóle. Wiadomo powszechnie, że w postrzeżeniach naszych często jesteśmy narażeni na omyłki. Przypominam tu tylko obszerną dziedzinę złudzeń wzrokowych. Badając, w jaki sposób powstają nasze wrażenia zmysłowe, jak przeobrażają się one na zjawiska świadomości, z których z kolei wytwarzają się wyobrażenia, zdobywamy dopiero miarę krytyczną, którą przykładać musimy do doświadczeń naszych, aby z nich oddzielić to, co jest objektywnie prawdziwem, od tego, co jest prawdziwem tylko subjektywnie. W ten sposób rozwija się wiedza o zjawiskach przyrody objektywnych. Natomiast wiadomości o stanach samowiedzy naszej i o związanych z niemi „spostrzeżeniach wewnętrznych“ składają się na treść psychologii.

www.dlibra.wum.edu.pl

ROZDZIAŁ DRUGI.

Podstawy logiczne nauk przyrodniczych.

1. Wszelka wiedza nasza o przedmiotach przyrody i ich własnościach polega, jak to widzieliśmy, na doświadczeniach dokonywanych przy pomocy narządów zmysłów. W mowie wyrażamy takie doświadczenia w formie sądów. Wyrazy, z których mowa się składa, są to nazwy lub określenia pewnych w wyobraźni naszej mieszczących się pojęć lub kompleksów pojęć. Gdy powiadamy np.: róża ta jest czerwona, pragniemy tem wyrazić, że pewnej rzeczy, której na podstawie pewnych własności (kształt, woń i t. p.) znanych nam już z doświadczeń dawniejszych dajemy nazwę „róża“, przypisujemy nową jeszcze własność na podstawie obecnie doznanego wrażenia, własność, którą znów na zasadzie dawniejszych doświadczeń oznaczamy wyrazem „czerwony.“ 1. Sądy.

Widać ztąd, jak w rzeczywistości zawiłym jest proces pozornie tak prosty, w którym dochodzimy do sądu „róża jest czerwona.“

Tylko takie sądy nazywać możemy prostemi, niezłożonemi, które wypowiadają coś o wrażeniu bezpośrednio przez nas doznawanem. Z wrażeń takich pozostają w pamięci pewne wspomnienia, z których tworzą się mniej lub więcej ogólne pojęcia; pojęciom tym nadajemy pewne nazwy (w przykładzie naszym nazwy: „róża“, „czerwony“). Są to albo nazwy rzeczy (róża) albo nazwy własności (czerwony), sąd zaś polega na tem, że na podstawie bezpośredniego, w obecnej chwili odebranego wrażenia, wypowiadamy, że danemu przedmiotowi (prócz własności wyrażonych już w nazwie „róża“) przypisujemy jeszcze własność „czerwieni“.

2. Pomimo związku, jaki sąd taki ma z wyobrażeniami poprzedniemi, tkwiącemi w pamięci naszej, pozostaje on jednakże wyrazem jednego pojedynczego doświadczenia. Doświadczenia dawniejsze służyły tylko do wyrobienia w nas pojęć ogólnych „róża“ 2. Sądy prawdziwe i fałszywe.

www.dlibra.wum.edu.pl

i „czerwony“. Że zaś pojęcia te w danym przypadku dają się ze sobą powiązać, to jest właśnie przedmiotem doświadczenia nowego. Zdanie, którem wyrażamy to nowe doświadczenie, może być przeto nazywane sądem pojedyńczym, poszczególnym. Niektóre z tych doświadczeń pojedyńczych rzadko robimy, może tylko raz jeden w życiu, inne zaś częściej w sposób zawsze jednakowy lub mało co różny. Wyniki tych często powtarzających się doświadczeń wypowiadamy w sądach o charakterze nieco ogólniejszym, np. mnóstwo jest róż czerwonych; albo: róże są to kwiaty o zapachu przyjemnym. Otóż nasuwa się pytanie, do jakiego stopnia mamy prawo wypowiedzieć coś o zapachu róż w ogólności lub, bez ograniczeń, o zapachu wszystkich róż; niemożliwą jest bowiem rzeczą, abyśmy wszystkie róże zbadali pod tym względem. W istocie taki sąd o zapachu wszystkich róż bez wyjątku byłby niesłuszny; bywają bowiem róże, które nie mają zapachu wyraźnego lub mają zapach zgoła różny od właściwego różom; znam np. piękną żółtą różę, która ma bardzo wyraźny, lecz bardzo przykry zapach.

Sądy mogą być przeto słuszne, prawdziwe i niesłuszne, fałszywe. Te ostatnie są to zazwyczaj takie sądy, które opierają się nie wyłącznie na jednem poszczególnem, właśnie odebranem wrażeniu.

Gdy powiadam: kwiat ten nie ma zapachu, może to w pewnych okolicznościach być nieprawdą. Może jestem zakatarzony i przeto nie jestem chwilowo w stanie rozpoznać woni nader wyraźnej dla innych ludzi. Sąd to przeto tylko subjektywnie prawdziwy; dla mnie w danej chwili zapach nie istnieje. Lecz okoliczność, że inni czują ten zapach, nasuwa mi przypuszczenie, że tu przyczyna tkwi we mnie, że brak mi możności odczuwania woni. Inaczej wszelako ma się rzecz z sądami ogólniejszemi. Gdy sądy takie są fałszywe, może to także pochodzić z braku doświadczeń obecnych lub dawniejszych, lecz częstokroć i ztąd, że z doświadczeń słusznych samych przez się wyprowadzamy wnioski niesłuszne. Popełniamy wówczas błąd logiczny. Potrzeba przeto koniecznie znać prawidła logiki i pilnie wystrzegać się wniosków fałszywych.

Zdawać by się mogło, wnosząc z powyższego, że sąd ogólniejszy wyprowadzony z pewnej liczby jednorodnych doświadczeń wówczas tylko może uchodzić za zupełnie słuszny, jeżeli istotnie zaobserwowano wszystkie przypadki poszczególne, na których sąd ten się opiera. Oczywiście jest to możliwe tylko w bardzo ograniczonej liczbie przypadków. Gdy ogrodnik powiada: wszystkie rosnące w moim ogrodzie róże mają zapach przyjemny, możemy

www.dlibra.wum.edu.pl

sąd ten uważać za słuszny wobec ograniczenia go do skończonej liczby rosnących w tym ogrodzie i znanych jego właścicielowi róż, oczywiście w przypuszczeniu, że człowiek ten jest przy zdrowych zmysłach i zasługuje na wiarę. Natomiast sądy o rzeczach lub zjawiskach przyrody, w których nie wyrażamy takiego ograniczenia, mają zawsze tylko pewien warunkowy stopień prawdy. Właściwie powinniśmy dla ścisłości do sądów takich dodawać zawsze: „o ile doświadczenie dotychczasowe sądzić pozwala".

Badanie bliższe poucza też, że sądy opierające się na obserwacyi wszystkich przypadków poszczególnych, właściwie nie rozszerzają wiedzy naszej poza to, czego uczą właśnie same obserwacye pojedyńcze.

Jeżeli znajduję, że z dziesięciu lub stu badanych róż pachnie przyjemnie róża pierwsza, druga, trzecia i t. d. do ostatniej, i jeżeli następnie wszystkie te doświadczenia poszczególne ujmę w zdanie ogólniejsze: wszystkie te róże mają woń przyjemną, to wypowiadam w ten sposób tylko w niewielu wyrazach to, co już poprzednio wiedziałem. Takie językowe czysto skrócenie zdania ma duże znaczenie dla porozumiewania się zarówno w życiu powszedniem, jak i w nauce. Lecz bynajmniej sądy w tej formie nie odkrywają nam nowych prawd. Otóż powstaje pytanie, czy można wogóle z pewnej liczby sądów pojedyńczych, zdobytych przez doświadczenie, dojść do sądu ogólniejszego, któryby zawierał w sobie więcej, niż mieści w sobie suma owych sądów poszczególnych. Zbadać należy, w jakich okolicznościach uogólnienie takie jest dozwolone, w jakich warunkach zdobyte tym sposobem sądy są prawdziwe.

3. Spostrzeżenia, z których składa się zapas doświadczenia naszego, rzadko bywają proste. Róża sprawia jednocześnie wrażenie na rozmaite zmysły; ma pewien kształt i barwę, ma zapach, jej listki są miękkie w dotyku i łatwo dają się giąć, gdy tymczasem kolce twarde są i ostre. To wszystko, co dostrzegamy w danym przedmiocie przy uważnem oglądaniu go i co nazywamy jego „własnościami", wraża się nam w pamięć, nie każda wszakże własność oddzielnie, lecz wszystkie razem w takiej kombinacyi, w jakiej wielokrotnie je postrzegaliśmy. Całokształt tych wspomnień tworzy t. zw. kojarzenie (asocyacyą). Ztąd to pochodzi, że gdy znów wynurza się wspomnienie jednego z powziętych już wyobrażeń o przedmiocie, natychmiast budzą się też wyobrażenia inne, z tamtemi skojarzone [1]). Dość np. pomyśleć o zapachu róży

3. Kojarzenie wyobrażeń.

[1]) Rozważenie bliższe tego przedmiotu musi być pozostawione fizyologii zmysłów i psychologii.

www.dlibra.wum.edu.pl

(t. j. mówiąc ściślej, uświadomić sobie to szczególnego rodzaju wrażenie), aby obudzić natychmiast świadomość całego łańcucha wyobrażeń skojarzonych: kształtu, barwy, kolców i t. d.

Im częściej doznawaliśmy pewnego szeregu wrażeń oddzielnych, związanych ze sobą w jednakowy sposób, tem skojarzenie pomiędzy niemi staje się trwalsze. Dla tego to skojarzenia bywają najtrwalsze pomiędzy własnościami rozmaitemi jednego i tego samego przedmiotu, związanemi pomiędzy sobą zawsze lub conajmniej nader często. Człowiek, którego dobrze znamy, ma dużą liczbę znanych nam dobrze właściwości; jedne dzieli z ludźmi innymi, inne zaś są jemu wyłącznie właściwe i te właśnie różnią go od innych ludzi. Dość więc niekiedy, gdy usłyszymy głos, nieraz tylko kroki tego człowieka, aby natychmiast przypomnieć sobie całą jego osobę, aby wyobrazić go sobie całego, zanim jeszcze wejdzie do pokoju. Przedmiotom, które mają dużą liczbę wspólnych własności, odpowiadają kojarzenia wspólne. Odnośne wyobrażenia nazywamy pojęciami tych przedmiotów. Gdy staramy się ująć w wyrazy treść tych pojęć, dochodzimy do ich określeń czyli definicyi. Dobre określenia, w których udatnie a ściśle są wyrażone własności istotne (z pominięciem mniej istotnych), oddają prawdziwe usługi w porozumiewaniu się pomiędzy ludźmi, a zwłaszcza w nauczaniu.

I wyobrażenia przedmiotów rozmaitych oraz rozmaitych zjawisk mogą być ze sobą kojarzone. Dzieje się to zawsze, gdy spostrzegamy je często obok siebie lub następujące jedne szybko po drugich [1]), albo też gdy mają większą liczbę wspólnych ze sobą własności. Ponieważ wszystkie przedmioty do jednej grupy należące mają szereg własności wspólnych (np. wszystkie róże, wszystkie kwiaty, wszystkie rośliny), przeto w wyobrażeniach naszych znajduje się pewna liczba skojarzeń dla tych własności wspólnych; ztąd to pochodzi, że widok róży bardzo łatwo wywołuje wyobrażenie ogólniejsze kwiatu. Na tem też polega możność obejmowania jedną nazwą wspólną całego szeregu rzeczy należących do jednej grupy czyli rzeczy mających pewną liczbę wspólnych własności. Wszystko, cośmy tu powiedzieli o rzeczach i o ich pojęciach, dotyczy w równej mierze zjawisk i zdarzeń [2]).

[1]) Zdarza się, że powstają trwałe asocyacye pomiędzy dwoma wyobrażeniami już po jednokrotnem doświadczeniu, jeżeli mianowicie odnośne wrażenia zmysłowe bardzo były silne. Tak np. pożar, którego dziecko było świadkiem, tak się zespala w jego umyśle z drobnemi, przypadkowemi faktami, które zdarzeniu temu towarzyszyły, że po wielu jeszcze latach wspomnienie tych zdarzeń budzić może wspomnienie pożaru.

[2]) Sama możliwość porozumiewania się przy pomocy mowy polega na asocyacyi pomiędzy wyobrażeniem przedmiotu t. j. sumy

www.dlibra.wum.edu.pl

Gdy skojarzenia takie raz się już wytworzyły, wówczas istnieje w nas skłonność pewna, dzięki której przy spostrzeganiu pewnego przedmiotu lub pewnego zjawiska natychmiast budzą się też wyobrażenia skojarzone. Możemy to wyrazić także w sposób taki: gdy spostrzegamy jedno, oczekujemy, że i drugie nastąpi. W wielu przypadkach oczekiwanie to sprawdza się istotnie; gdy natomiast raz się zawiedziemy, dziwi nas to i zdumiewa. Przysłowie: gdzie dym, tam ogień, jest dobrym przykładem malującym tę właściwość naszego umysłu. Istotnie tak często spostrzegaliśmy te dwa zjawiska razem, że gdy widzimy pierwsze z nich, oczekujemy koniecznie i drugiego.

4. Aby skojarzenia takie wogóle mogły się wytwarzać w świadomości, potrzeba, ażeby pewne zjawiska częściej występowały w sposób zupełnie jednakowy lub przynajmniej w sposób podobny. Podobnie jak dym i ogień, jak błyskawica i grzmot, tak też i inne jeszcze zjawiska często postrzegane bywają razem, współcześnie lub jedno po drugiem, w jednakowym zawsze związku ze sobą. Z jednej przeto strony pewne własności ukazują się nam zawsze i wielokrotnie w jednakowych kombinacyach w pewnych określonych przedmiotach, z drugiej strony pewne zjawiska wiążą się ze sobą ściśle w naszych pojęciach, czyli, jak powiedzieliśmy, są ze sobą skojarzone. Żelazo jest ciężkie, rozżarza się w ogniu i może w tym stanie łatwiej być gięte i wykuwane aniżeli na zimno; drzewo lżejsze jest od żelaza, może być łupane, heblowane, piłowane lub łamane; w ogniu natomiast niszczeje, spala się. Nie moglibyśmy wypowiadać tych i tym podobnych twierdzeń, gdybyśmy bardzo często i w sposób zawsze zgodny tych spostrzeżeń nie czynili. Dochodzimy ztąd do przeświadczenia, że pewne własności występują zawsze powiązane ze sobą w pewien oznaczony sposób, że rzeczy i przedmioty rozmaite rozpoznajemy właśnie dzięki tym właściwym im cechom, że pomiędzy pewnemi zjawiskami zachodzą stałe stosunki takiego rodzaju, że zjawiska te towarzyszą sobie lub następują po sobie w oznaczony sposób. Tylko na podstawie tego przeświadczenia uważamy za możliwe zbadanie związków istnieją- 4. Następczość zjawisk.

---

wszystkich znanych nam tegoż własności, a wyobrażeniem wyrazu t. j. wspomnieniem pewnego szeregu szmerów i dźwięków, któremi przywykliśmy określać, nazywać ową sumę własności. Uczenie się mowy zachodzi w ten sposób, że tylokrotnie postrzegamy przynależność danego wyrazu do danej rzeczy, iż powstaje ztąd trwała pomiędzy temi dwoma wyobrażeniami asocyacya. Przy czytaniu kolejność znaków słyszanych jest zastąpiona przez odpowiedni szereg znaków widzianych.

www.dlibra.wum.edu.pl

cych pomiędzy przedmiotami i zjawiskami; te właśnie stosunki zależności stanowią treść nauk przyrodniczych.

Wyrażamy to wszystko jeszcze w taki sposób, iż powiadamy: zjawiska przyrody przebiegają prawidłowo, a zadaniem jest nauki zbadanie praw, które kierują tym przebiegiem. Niektórzy uważają zdanie to za pewnik (aksyomat) czyli za prawdę, która nie wymaga dowodzenia, bo jest sama przez się zrozumiała. O słuszności tego zdania każdy sam ma być przekonany, a to dzięki przyrodzonej właściwości umysłu ludzkiego. Tego rodzaju prawdy nazywają się apriorystyczne. Nie tutaj miejsce do rozważań nad tem, czy istnieć wogóle może poznanie apriorystyczne. Zgodnie z tem, co powiedziano wyżej, możemy twierdzenie, że zjawiska przyrody zachodzą prawidłowo i w pewnej kolejności uporządkowanej, uważać doskonale jako oparte na wielokrotnem doświadczeniu. Postrzeżenia często powtarzające się tyle razy przekonały nas, że zjawiska muszą tak przebiegać, jak właśnie przebiegają, gdy zachodzą pomiędzy niemi trwałe stosunki, że nie wątpimy ostatecznie o słuszności bezwzględnej owego twierdzenia. Gdy wszakże, opierając się na tem przeświadczeniu, w osobliwym jakim przypadku twierdzimy, że pewne zjawisko przebiegnie tak jak w dawniejszych przypadkach podobnych, wówczas właściwie przekraczamy już granice doświadczenia istotnego. Z jednego lub większej liczby doświadczeń wyciągamy wniosek i stosujemy go do przypadków, których nie doświadczyliśmy, o których wszakże przypuszczamy, że gdy wejdą w sferę doświadczenia naszego, przebiegać będą nie inaczej, niż to odpowiada doświadczeniu dotychczasowemu.

5. Wnioski indukcyjne.

5. Wniosek taki, wyprowadzony z doświadczeń dokonanych a dotyczący przypadków nowych, jeszcze nie spostrzeżonych, nazywamy wnioskiem indukcyjnym. Wniosek indukcyjny często dotyczy zdarzeń, które w przyszłości dopiero mają nastąpić, zawiera więc w sobie przepowiednię oczekiwanych zjawisk [1]). Jednym z najpospolitszych przykładów prawidłowej kolejności zjawisk jest regularna następczość dnia i nocy. Nietylko my sami, o ile sięga pamięć życia całego, ustawicznie sprawdzaliśmy tę prawidłową kolejność, lecz świadczą też o niej wspomnienia przodków naszych i wogóle pamięć całej ludzkości. To też nie wątpimy ani na chwi-

[1]) Przepowiedni takiej nie należy utożsamiać z proroctwem. Proroctwo nie opiera się na wnioskowaniu indukcyjnem, lecz na pewnego rodzaju intuicyi lub na rzekomej zdolności osobistej prorokującego, dzięki której potrafi on „jasno“ patrzeć w przyszłość. To zjawisko jasnowidzenia oczywiście wychodzi po za granice rozważania przyrodniczego.

www.dlibra.wum.edu.pl

lę, że i dzień dzisiejszy się skończy i nastąpi po nim noc, po której znów dzień przyjdzie, następnie znów noc i t. d.

Oczywiście takie gromadzenie spostrzeżeń dotyczących jednakowych i jednakowo przebiegających zjawisk wpływa na stopień ufności, jaką pokładamy we wniosku indukcyjnym. Nikt nie powątpiewa o tem, że więcej zaufać można wnioskowi, wyprowadzonemu z tysiąca lub wielu tysięcy jednakowych doświadczeń aniżeli takiemu, który opiera się na kilku tylko doświadczeniach. Lecz jednakże liczba doświadczeń nie może być wyłącznie miarodajną. Wniosek wysnuty z niewielu przypadków może także mieć duży stopień prawdopodobieństwa. Ważnem jest niezmiernie dla oceny tego prawdopodobieństwa, czy wszystkie bez wyjątku spostrzegane dotychczas przypadki bezwarunkowo zgadzają się ze sobą, a zwłaszcza też, czy, pomimo pilnie zwróconej na to uwagi, nie spostrzegano ani jednego faktu sprzecznego z tamtemi. Jeśli nawet żadnej nie dostrzeżono sprzeczności, to jednakże zdobyte w ten sposób doświadczenie jeszcze nie jest bezwzględną prawdą naukową. Bardzo duża nawet liczba zgodnych ze sobą najdokładniej przypadków nie może dać pewności zupełnej, że jutro lub pojutrze nie spostrzeżemy czegoś, co stanie w sprzeczności z doświadczeniem dotychczasowem.

Objaśni nam to lepiej kilka przykładów.

Przez dziesiątki, ba nawet setki lat przyrodnicy byli przekonani, że wszystkie zwierzęta ssące rodzą żywe młode. Innemi słowy, liczne obserwacye pojedyńcze, ustawicznie sprawdzające się doprowadziły do twierdzenia naukowego następującego: zwierzęta, posiadające pewną liczbę wspólnych własności, jako to: ukształtowany kręgosłup, od przodu rozwijający się w czaszkę, układ nerwowy ośrodkowy umieszczony w tym kręgosłupie, rozwinięty układ naczyniowy z sercem z czterech oddziałów złożonem i t. d., podobne są do siebie i pod tym względem, że młode tych zwierząt odbywają pierwsze okresy swego rozwoju w ciele matki a przychodzą na świat dopiero po osiągnięciu kształtów upodobniających je do zwierząt dorosłych. Lecz oto w roku 1884 dowiedziono, że nie stosuje się to do stekowców (*Monotremata*), że mianowicie te zwierzęta, które pod względem budowy swojej mogą być uważane za ssące, składają jaja rozwijające się po za ciałem macierzystem, podobnie jak się to dzieje u ptaków i innych zwierząt kręgowych [1]).

---

[1]) Rozwijanie się płodu u niektórych stekowców (kolczatka, *Echidna*) zachodzi w worku utworzonym przez fałdę skóry na stronie brzusznej matki, u innych (dziobak, *Ornithorhynchus*) zaś w gniazdach. Że stekowce składają jaja, przypuszczano już dawniej, lecz równie silnie zaprzeczano temu. W roku 1884 Haacke znalazł jaje w worku kolczatki, a w tymże roku Caldwell

www.dlibra.wum.edu.pl

W roku 1856 August Müller dokonał odkrycia, że tak zwany *Ammocoetes branchialis*, który uważany był za zwierzę samodzielne, jest właściwie larwą minogi (*Petromyzon Planeri*), ryby z rodzaju okrągłoustych (*Cyclostomi*). Minoga bardzo jest rozpowszechniona w rzekach i stawach w Niemczech, składa ikrę w kwietniu i ginie następnie. Z jajek powstają larwy, dochodzące niekiedy długości 20—30 *cm* i zamieniające się prędzej lub później w dojrzałe płciowo minogi, które znów składają ikrę i t. d. Fakt, że bywają larwy swobodnie żyjące, które wyglądają odmiennie od rodziców i które następnie dopiero zamieniają się na zwierzęta płciowo dojrzałe, był wówczas już dawno wiadomy o innych zwierzętach, między innemi o ziemnowodnych (kijanki są larwami żab). Lecz nie wiedziano, że to samo dziać się może u ryb. Gdy to odkrycie Müllera zakomunikowano żyjącemu podówczas znakomitemu przyrodnikowi, orzekł on, że to bzdurstwo, że u ryb nie może być zmiany form. A jednakże tak było. Zoologowie znali do owego czasu doskonale obiedwie te formy, lecz nie spostrzegli, że jedna z nich przeobraża się w drugą.

Dziwić się nie można, że odkrycia obalające dawne, napozór mocno utrwalone indukcye, przyjmowane są często z niedowierzaniem. Istotnie też bardzo jest na miejscu pewna ostrożność i sceptycyzm względem twierdzeń, które w sprzeczności pozostają z poglądami dotychczasowemi dobrze uzasadnionemi (jak to np. w wysokim stopniu było z twierdzeniem o rodzeniu żywych młodych przez zwierzęta ssące). Lecz ostrożność taka prowadzić winna tylko do nieuprzedzonego sprawdzenia nowo wygłoszonego twierdzenia, do nowych badań i doświadczeń, które wyświetlić muszą prawdę.

6. Prawidła. 6. Musimy więc być przygotowani na to, że każdy wniosek polegający na indukcyi może zczasem przez nowe doświadczenie być obalony, albo że obszar jego może być zacieśniony. Takie wnioski indukcyjne, które wyprowadzone są z pewnej (większej lub mniejszej) liczby zgodnych ze sobą spostrzeżeń pojedynczych, nazywajmy prawidłami (regułami). W istocie prawidła gramatyczne opierają się także w sposób podobny na doświadczeniach zdobytych z badania mowy ludzkiej. To samo dotyczy obserwacyj pogody i wyprowadzanych ztąd przepowiedni oraz tych reguł zaczerpniętych z życia codziennego, które ujmujemy w formę przysłów. Zwięzła, często dowcipna forma nie mało się przyczynia do ich rozpowszechnienia i przekazywania z pokolenia na pokolenie i sprowadza częste ich przytaczanie przy najrozmaitszych sposobnościach, gdy

---

odnalazł jaja dziobaka, tak że obecnie fakt ten może być uważany za ogólnie przyjęty.

www.dlibra.wum.edu.pl

pragniemy stwierdzić, że właśnie dany przypadek podlega pewnej regule ogólnej. Co prawda niektóre z tych utartych formuł i przysłów zbyt są ogólnikowe, aby mogły być całkowicie prawdziwe. Lecz pomimo tylu doświadczeń wprost przeczących ludzie wciąż powtarzają np. „kto pod kim dołki kopie, sam w nie wpada," lub „od świętej Anki chłodne wieczory i ranki" i t. d. Gdy w pewnym przypadku formułka taka się nie sprawdza, wówczas tłumaczy się to inną formułką, która właściwie znosi, niweczy wszystkie inne: niema reguły bez wyjątku.

Należy przeto zbadać, w jaki sposób z wniosków indukcyjnych zaczerpniętych z pojedyńczych doświadczeń powstają prawdy rzeczywiste, albo poczem poznać można wnioski słuszne i jak je odróżnić od fałszywych i w części tylko słusznych. Prawidła czyli reguły zdobyte z doświadczeń są oczywiście tylko materyałem surowym, z którego budują się prawdy naukowe. W najrzadszych tylko przypadkach można istotnie poznać przez doświadczenie wszystkie poszczególne, do pewnej grupy zjawisk należące fakty. A i tam, gdzie to jest możliwe, sąd nasz, w jednem streszczający zdaniu wszystkie te doświadczenia, nie zawiera, jak nam wiadomo, nowego faktu poznania, lecz jest tylko, dla krótkości swej i łatwości zapamiętania, cennem uproszczeniem językowem. Tam dopiero poczyna się prawdziwa dziedzina wiedzy, gdzie od reguł przechodzimy do twierdzeń niewzruszonych na drodze rozumowania logicznie niezawodnego. Póki nie wyszliśmy poza wygłaszanie reguł, nie może być jeszcze mowy o wiedzy istotnej.

7. Prawdopodobieństwo reguły.

7. Jakkolwiek prawdopodobieństwo reguły wzrasta w miarę spostrzeganych przypadków, to jednakże pod względem naukowym dozwolonem jest w zupełności wyprowadzenie reguły z niewielu, a nawet z jednego spostrzeżenia. Oczywiście należy zdawać sobie sprawę, że tego rodzaju wniosek indukcyjny nie jest jeszcze istotną prawdą. Ma on tylko znaczenie prowizoryczne, t. j. zastrzegamy się, że następne doświadczenia rozstrzygną dopiero, czy reguła ta wogóle jest prawdziwa, czy też może być sprostowana. Takie wnioski indukcyjne wymagają przeto jeszcze potwierdzenia. Mogą one dotyczyć zarówno przedmiotów jak i zjawisk natury. Jeżeli np. spostrzegano dwa zjawiska A i B jednocześnie lub szybko jedno po drugiem, można powziąć przypuszczenie, że nie jest to rzeczą ślepego trafu, lecz że pomiędzy obudwoma zjawiskami taki jest związek, iż zjawisku A niezmiennie towarzyszy zjawisko B lub że jedno niezbędnie nastąpi po drugiem, tak jak to np., sądząc z doświadczenia tylokrotnego, wiemy o błyskawicy i grzmocie. Póki jeden tylko lub niewiele razy spostrzegaliśmy zjawiska A i B,

www.dlibra.wum.edu.pl

przypuszczenie powyższe musi być oczywiście jeszcze chwiejne. Lecz nie jest ono bynajmniej bez wartości. Może się ono stać jednym z najdzielniejszych środków pomocniczych ku rozszerzeniu naszej wiedzy. Gdy przypuszczamy, że istnieje związek pomiędzy A i B, wówczas szczególniejszą na te dwa zjawiska zwracamy uwagę. Nietylko w przyszłości pilnie baczymy, czy wszędzie, gdzie jedno z tych zjawisk występuje, odbywa się też i drugie; lecz nadto postaramy się dowiedzieć także, czy inni świadkowie wiarogodni spostrzegali współczesność lub bezpośrednią następczość tych dwu zjawisk. W ten sposób powieść się musi z czasem albo zwiększyć prawdopodobieństwo naszego domniemania przez powiększenie liczby spostrzeżeń albo dowieść, żeśmy się mylili; w tym ostatnim razie przypuszczenie nasze upadnie.

8. Hypotezy.

8. To, co w powyższem nazywaliśmy domniemaniem lub przypuszczeniem, jest więc sądem, który nie ma jeszcze za sobą wiarogodności bezwarunkowej, którego wartość jest prowizoryczna, tymczasowa. Sądy takie nazywamy hypotetycznemi, czyli hypotezami. Powinniśmy wszakże dwa rodzaje hypotez odróżniać. Jedne hypotezy obejmują tymczasowo pewną liczbę sądów pojedyńczych w jeden sąd wspólny, ogólniejszy; różnią się one od sądu powziętego z wniosku indukcyjnego tem tylko, że liczba faktów pojedyńczych, na których się opierają, jest zbyt nieznaczna, aby można im było nadać wartość przekonania rzeczywistego w tym rodzaju, jak to się dzieje z prawdami apriorystycznemi (porówn. § 4). Hypotezy drugiego rodzaju, w znaczeniu ściślejszem, są to domniemania, które wybiegają poza zakres doświadczenia bezpośredniego, a nawet niekiedy poza granice wszelkiego możliwego doświadczenia; lecz, przypuszczając ich słuszność, możemy objaśnić większą lub mniejszą liczbę faktów poszczególnych, sprowadzić większą lub mniejszą liczbę doświadczeń do jednego wspólnego poglądu. Hypotezy takie zawierają przeto zawsze przypuszczenie niedowiedzione, niekiedy nawet dowieść się nie dające. Są one, jak to zobaczymy, środkiem pomocniczym, pozwalającym przejść od reguł empirycznych do cenniejszych od tych ostatnich sądów, które lepiej czynią zadosyć naszej żądzy wiedzy. Pozwalają nam te hypotezy głębiej niejako wniknąć w związek zachodzący pomiędzy zjawiskami przyrody.

Hypotezą taką jest np. mniemanie, że wszelka materya składa się z odrębnych, przestrzennie od siebie oddzielonych, niezmiernie drobnych cząstek, atomów i ze złożonych z atomów cząsteczek. Z hypotezy tej wyprowadzić można jako wnioski logiczne wszystkie znane nam własności materyi oraz zjawiska w materyi spostrzegane. Wiadomo każdemu przy-

www.dlibra.wum.edu.pl

rodnikowi, że nie jest dowiedzionem realne, rzeczywiste istnienie atomów i cząsteczek. I każdy przyrodnik wyrzekłby się też tej hypotezy, gdyby stwierdzono jakikolwiek fakt, któregoby pogodzić z nią nie było można, lub gdyby o budowie materyi wygłoszono inną hypotezę, lepiej dającą się pogodzić ze wszystkiemi znanemi faktami i lepiej te fakty objaśniającą. Póki to wszakże nie nastąpi, mówimy o atomach i cząsteczkach, jak gdyby to były reczy realne, jak gdyby można je było widzieć lub wziąć w rękę. Mówiąc o atomach i cząsteczkach, wie przyrodnik, co o nich myśleć i wie, że przez innych badaczów należycie jest rozumiany [1]).

9. Należy jasno zdawać sobie sprawę ze znaczenia hypotez, ażeby zrozumieć ich cel i zadania. Dobre hypotezy niezmierny przynoszą pożytek nauce. Nietylko ułatwiają przedstawienie znanych już faktów, lecz prowadzą nadto do wykrywania nowych. Wyciągając wnioski logiczne z hypotezy i sprawdzając je w doświadczeniach naukowych, przekonywamy się, czy hypoteza da się utrzymać, czy też ma być zastąpiona przez inną. Gdy wszakże uda się nietylko dowieść słuszności danej hypotezy, lecz również przekonać, że wszelka inna hypoteza prowadzi do wniosków wręcz sprzecznych z faktami, wówczas hypoteza właściwie przestaje być hypotezą. Jest ona dowiedzioną i może wejść do skarbca wiedzy jako krótki i zwięzły wyraz faktów. Powrócimy jeszcze do tego ważnego znaczenia hypotez, gdy będzie mowa o metodach badania. 9. Prawa.

To samo stosuje się także do reguł otrzymanych przez indukcyą. I z nich logicznie dają się wyprowadzić wnioski, a następnie podjąć można próby, aby przekonać się, czy wnioski te zgadzają się z doświadczeniem. Jeśli jest tak istotnie, to słuszność reguły znajduje rzeczywiste poparcie, zyskuje na prawdopodobieństwie wewnętrznem. Jeżeli zaś dowieść można, że wszelkie inne przypuszczenie prowadzi do wniosków sprzecznych z doświadczeniem, nie mamy już w takim razie do czynienia z regułą ani z hypotezą. Mamy natomiast coś, co posiada już znacznie większą wartość nau-

---

[1]) Ludzie nie wykształceni pod względem przyrodniczym bardzo często nie zdają sobie jasno sprawy z tego. Sądzą też, że w tych razach mają prawo nauczać przyrodników, wykazując im, że czynią przypuszczenia niedorzeczne. Lecz gdyby nawet można było dowieść, że atomy nie istnieją, to jednakże dozwolonem byłoby posługiwanie się tem pojęciem, jeżeli przez to wykład faktów miałby się stać jaśniejszym i zrozumialszym. O to tylko idzie, aby pojęcie dokładnie było określone; wówczas można się niem z korzyścią posługiwać, podobnie jak w algebrze oznaczamy pewne złożone wyrazy liczbowe jedną literą, pragnąc przez to uprościć rachunek. Bliższe szczegóły o hypotezie atomowej porów. w rozdz. IV-ym.

www.dlibra.wum.edu.pl

kową. Słuszność reguły empirycznie zdobytej lub wyprowadzonego z niej wniosku indukcyjnego, słuszność powziętej przez nas hypotezy jest już dowiedziona. Zamiast prawdopodobieństwa mamy prawdę. Tego rodzaju twierdzenia dowiedzione bezpośrednio lub pośrednio (t. j. przez dowiedzenie niesłuszności wszelkiego innego przypuszczenia) nazywajmy, w odróżnieniu od reguł, prawami.

Za przykład może nam tu posłużyć prawo ciążenia Newtona. Zbadawszy dokładnie ruchy planet, ich drogi i szybkości, Keppler zdobyte przez obserwacye fakty ujął w trzy „prawa“, znane pod nazwą praw Keplera [1]). W następstwie zaś Newton dowiódł, że prawa te mogą być wyprowadzone, jeżeli przypuścić istnienie przyciągania, które działa pomiędzy ciałami w kierunku prostych linii, i którego siła jest proporcyonalna do kwadratu z odległości działających na ciebie ciał. Była to hypoteza. Lecz dowiódł on w dalszym ciągu, że z tego przypuszczenia nietylko dają się wyprowadzić wszystkie obserwowane zjawiska ruchu planet, lecz że przypuszczenie, iż siła przyciągania działa w jakimkolwiek innym, nie prostolinijnym kierunku, prowadzi do wniosków sprzecznych z istotnemi obserwacyami. Nietylko więc dowiedzioną została słuszność hypotezy, lecz obalała ona wszelkie inne przypuszczenia. Hypoteza stała się prawem. Dalej dowiódł Newton, że z przypuszczenia o przyciąganiu ciał dają się także wyprowadzić wszelkie zjawiska i prawidłowości, stwierdzone przez Galileusza o spadku ciał na ziemi i o ruchach wahadła. Istotnie prawo ciążenia Newtona stosuje się do wszelkich zjawisk przyciągania pomiędzy ciałami materyalnemi i do wszelkich pochodzących ztąd ruchów.

10. Prawo przyczynowości.

10. Prawo ciążenia jest w zupełności prawdziwym wyrazem wszystkich objętych niem faktów; jest ono dowiedzione jako prawdziwe, gdyż wszelkie wypływające zeń wnioski zgadzają się z faktami postrzeganemi, każda zaś inna próba tłumaczenia tych faktów prowadzi do wniosków z niemi sprzecznych. Jeżeli wszakże wypowiadamy je w zwykłej formie, mianowicie, że wszystkie ciała przyciągają się nawzajem, jeżeli mówimy o sile, dzięki której przyciągają się ciała, jeżeli twierdzimy, że przyczyną, dla której ciała poruszają się tak, jak to odpowiada prawu, jest „przyciąganie“ czyli „siła“ właściwa ciałom, to wkładamy tu więcej, niż wynika z samego faktycznego stanu rzeczy. Te nowe pojęcia nie są wyprowadzone przez proste wnioskowanie, lecz pochodzą z innych zupełnie źródeł.

---

[1]) Prawa Keplera należą do szeregu „praw empirycznych“, o których będzie mowa w rozdziale następnym. Co do wartości ich logicznej, równoznaczne są one z tem, co nazwaliśmy regułą.

www.dlibra.wum.edu.pl

Zapas wiadomości czerpany z własnych naszych wrażeń mimowoli każe nam wyobrażać sobie, że ruch każdy bywa poprzedzany przez pewien rodzaj podniety, którą nazywamy wolą. Ta tak zwana wola uważana bywa za przyczynę, ruch po niej następujący za skutek owej przyczyny. Z tych ustawicznie w świadomości naszej powtarzających się wyobrażeń powstało przeświadczenie, że wogóle nic stać się nie może bez „przyczyny". Nazywamy to prawem przyczynowości i poczytujemy za prawo naczelne we wszelkich rozważaniach przyrodniczych, twierdząc, że wszelkie zjawiska przyrody posłuszne są prawu przyczynowości.

Zdawaćby się mogło, że twierdzenie to jest identyczne z wypowiedzianem wyżej w § 4, że wszelkie zjawiska przyrody przebiegają prawidłowo. Lecz to ostatnie jest tylko wyrazem faktów istotnie postrzeganych, jest wnioskiem indukcyjnym wysnutym z doświadczenia wielokrotnego. Prawo przyczynowości natomiast zawiera w sobie twierdzenie o przyczynie tej prawidłowości; pragnie ono, jak powiadamy zwykle, objaśnić, dlaczego zjawiska przyrody przebiegają prawidłowo. Wielu uważa takie „objaśnienie" przyczyn zjawisk za cel ostateczny wszelkiego badania przyrody. Zgodnie też z tem często uważa się za zadanie nauk przyrodniczych wykrycie przyczyn zjawisk.

Lecz we wszelkich takich rozważaniach my sami kładziemy w zjawiska przyrody coś, co pochodzi wyłącznie z doświadczeń subjektywnych naszej świadomości. Odkładam pióro i chodzę po pokoju, bo zmęczyłem się pisaniem. Albo dochodzę do okna, ponieważ usłyszałem krzyk z ulicy. Zupełnie jest jasne, co pragnę przez to wyrazić. Gdy wszakże mówię, że kamień spada, bo go ziemia przyciąga, nie chcę przecie powiedzieć przez to, że ziemia ma świadomą wolę przyciągania do siebie kamienia. Mówiąc przeto w ten sposób, przenosimy doświadczenia, poczynione w świecie naszego wewnętrznego ja, na zjawiska świata otaczającego nas, a conajmniej mówimy w taki sposób, że nieporozumienia podobne nie są wyłączone.

Rozumowania tego rodzaju duże mają znaczenie w poglądach naszych i wyobrażeniach. Ze wszystkich zjawisk przyrody ruchy widzialne ciał najbardziej są przystępne dla naszych wrażeń zmysłowych. Ztąd naturalną jest skłonność do pojmowania i innych zjawisk jako ruchy, choć nie są one bezpośrednio dostrzegalne. W niektórych razach można dowieść słuszności takiego pojmowania, wykazując rzeczywistość przypuszczalnych ruchów (np. w zjawiskach dźwięku), w innych natomiast przypuszczenie to pozostaje hypotezą. Hypoteza jest dobrą i oddaje usługi, jeżeli po-

www.dlibra.wum.edu.pl

zwala przedstawić odpowiednie zjawiska w sposób właściwy t. j. w zupełnej zgodności z faktami. W przeciwnym razie porównanie jest powierzchowne, może ono być conajwyżej uważane za analogią.

Przenoszenie zjawisk świadomości na zjawiska przyrody otaczającego nas świata ma jeszcze i tę stronę ujemną, że skłonni stajemy się do upatrywania w tych ostatnich czegoś analogicznego do świadomości ludzkiej, do popędów naszych i t. p. We wczesnych okresach przyrodoznawstwa prowadziło to do uosabiania zarówno przedmiotów przyrody jak i owych domniemanych przyczyn zjawisk. Znajdujemy w mitologiach ślady tego rodzaju poglądów na przyrodę, w spekulacyach pewnych szkół filozoficznych te same poglądy występują w postaci domniemanego uduchowienia materyi. Należy wobec tego najsilniejszy położyć nacisk, że o czynnościach duchowych tyle tylko się dowiadujemy, o ile zachodzą one w nas samych i dochodzą do własnej naszej świadomości [1]). Przypuszczenie zjawisk analogicznych poza nami pozostaje zawsze hypotezą nie dającą się skontrolować, której prawdopodobieństwo tem jest mniejsze, im bardziej różnią się od nas przedmioty natury (istoty żywe), w których objawy te spostrzegamy.

Skłonność do sądzenia o zjawiskach przyrody według analogii ze zjawiskami samowiedzy, do upatrywania w przedmiotach przyrody niejako istot czujących, działających świadomie i wykazujących coś podobnego do woli, jednem słowem do uosabiania ich (personifikowania), nazywane bywa pojmowaniem antropomorficznem natury. Ślady takiego pojmowania przetrwały jeszcze w mowie naszej. Mówimy o „naturze“ niby o osobistości jakiej, niby o bogini, obdarzonej wolą, popędami i t. p. „Natura“ czyni to, nie czyni tamtego. Pomyślmy np. o tak ulubionem, zwłaszcza dawniej, twierdzeniu: „natura non facit saltum“ i o zdaniach podobnych. To samo rzec można o „siłach“; wyobrażamy sobie materyą niby uduchowioną, a „duszom“ owym (właściwie „siłom“) każemy działać tak jak my działamy dzięki „woli“ naszej. Potrzeba pewnego przezwyciężenia się, aby się uwolnić od takiego poglądu antropomorficznego na zjawiska przyrody; jest to wszakże konieczne, jeżeli mamy bez uprzedzenia sądzić i poznawać zjawiska. Jeżeli zaś pomimo to mówimy o rozmaitych „siłach“ niby o specy-

[1]) Że procesy podobne zachodzą i u innych ludzi, o tem oczywiście przez porozumiewanie się dowiedzieć się możemy. Gdy wszakże dalej zachodzimy w tej analizie, brak nam już środków do stwierdzenia czegoś pewnego o istnieniu lub braku wrażeń, świadomości i t. d

www.dlibra.wum.edu.pl

ficznych właściwościach materyi, mających swe siedliska w przedmiotach natury lub działających na nie niejako z ukrycia, to należy to uważać tylko za obrazowy sposób wyrażania się. Używamy tu przenośni lub porównań, które niejako poglądowo przedstawiają nam zjawiska. Lecz nie powinniśmy zapominać, że postępujemy przy tem podobnie do owego chłopa, który zobaczywszy po raz pierwszy lokomotywę, zauważył, potrząsając głową, że jednakże musi w niej koń siedzieć [1]).

Właściwie i prawo przyczynowości zawdzięcza ostatecznie swe pochodzenie temu, że przenosimy wyobrażenia z życia duchowego na zjawiska przyrody. W istocie nie są nam znane przyczyny zjawisk natury i nie mamy też sposobu poznania ich ani orzeczenia, czy wogóle wchodzą tu w grę przyczyny w tem znaczeniu, jak przywykliśmy motywy czynów naszych uważać za przyczyny. Gdy powiadamy, że przyczyną spadku kamienia jest ciężar jego lub przyciąganie ziemi, bynajmniej nie zdobywamy przez to głębszego poglądu na samo zjawisko. Jest to tylko wprowadzenie nowego wyrazu, nowego określenia zjawiska. Wszystko, czego się dowiadujemy o faktach przyrody, sprowadza się do tego, że mają one pewien związek pomiędzy sobą. To, co zwykliśmy nazywać objaśnieniem zjawiska przyrody, jest zawsze tylko dowodem związku tego zjawiska z innemi dawniej już znanemi. Zbadanie tych związków, stosunków pomiędzy zjawiskami, wykrycie prawidłowości pomiędzy niemi jest zadaniem badań przyrodniczych. Owego „rerum cognoscere causas“ musi przyrodnik ze skromnością się wyrzec. To nie należy do jego zadań, albowiem nie da się osiągnąć przy pomocy środków, jakiemi rozporządza.

W innem jeszcze znaczeniu, mniej rodzącem nieporozumień, więc i mniej niebezpiecznem, używa się bardzo często wyrazów „przyczyna“ i „działanie“ dla wyrażenia pewnych stosunków pomiędzy zjawiskami. Gdy fizyolog powiada, że przyczyną krążenia krwi są ruchy serca (lub odwrotnie, że bieg krwi w naczyniach jest powodowany przez ruchy serca), pragnie on przez to powiedzieć, że obadwa te zjawiska w takim względem siebie pozostają stosunku, że jedno jest warunkiem koniecznym drugiego. Chodzi więc tu o pewien związek, stosunek pomiędzy dwoma zjawiskami. Zba-

[1]) Nie wyłącza to bynajmniej, że w mechanice używamy wyrazu „siła“ w znaczeniu ściślejszem, dokładnie dającem się określić. Tutaj jest to pojęcie wielkości, z którą można wykonywać obliczenia, lecz pozbawione już jest własności jakiejś istoty, jak to było w poglądach dawniejszych filozofów natury. Rozważania powyższe skierowane są jedynie przeciw owemu poglądowi antropomorficznemu.

www.dlibra.wum.edu.pl

dać, zgłębić należycie ten stosunek, oto, według pojmowania naszego, prawdziwe zadanie badania przyrodniczego. Szczegółów o rozmaitych rodzajach podobnych stosunków dowiemy się w dalszym ciągu.

11. Porządkowanie doświadczeń.

11. Mówiliśmy dotychczas zawsze tylko o doświadczeniach pojedyńczych, z których świadomie wyprowadzamy reguły lub prawa. W rzeczywistości wszakże proces ten rzadko przebiega w sposób tak prosty. Na długo zanim człowiek dochodzi do naukowego obserwowania przyrody, zbiera już rozmaite doświadczenia; z doświadczeń tych oraz z wiadomości czerpanych od innych ludzi powstają i utrwalają się w jego umyśle pewne poglądy. Na zasadzie tego skłonny on jest zawsze do umieszczenia każdego nowego doświadczenia w wytworzonym już poprzednio szeregu myślowym. Często też owe wytworzone już wcześniej poglądy stają na przeszkodzie do nieuprzedzonego sądzenia o nowym materyale doświadczalnym, i potrzeba niekiedy znacznego trudu, aby się ich pozbyć, jeżeli się okazują błędnemi.

Doświadczenia nowe, czy to przez nas samych zdobywane czy udzielane nam przez inne osoby zasługujące na zaufanie i nie podlegające pomyłkom bezwiednym, mogą być najrozmaitsze. Niektóre dają się łatwo pomieścić w szeregu znanych nam już doświadczeń, inne tymczasem pozostają odosobnione, bo nie są nam znane inne doświadczenia, z któremi zestawić by je było można. Przypadek pierwszy tem jest częstszy, im obfitszym jest już poprzedni nasz zapas wiedzy i doświadczenia. Potrzeba np. już pewnego dużego zapasu wiadomości o zjawiskach elektrycznych, aby wpaść na myśl, że i burza mogłaby być zjawiskiem elektrycznem. Im bardziej rozszerza się nasza wiedza, tem lepiej potrafimy uporządkować poszczególne fakty, tem zjawiska pokrewne łatwiej zdołamy zestawić w odpowiednie szeregi i wyprowadzać ztąd reguły i prawa. Znaczna część tej pracy została już przed nami przez innych dokonana, pozostaje nam tylko dla każdego nowo napotykanego faktu [1]) odnaleźć odpowiednie dlań miejsce we właściwym szeregu. Gdy wszakże w ten sposób coraz nowe powstają szeregi reguł i praw, nastąpić musi koniecznie chwila, kiedy znów pomiędzy rozmaitemi szeregami ujawnią się podobieństwa i stosunki analogiczne do tych, które kierowały nami przy porządkowaniu w szeregi zjawisk poszczególnych. W ten sposób z reguł

[1]) Fakt ten wogóle może być nowym, przez nikogo przedtem niedostrzeżonym i stanowi wówczas o d k r y c i e, albo też może być nowym tylko dla nas.

www.dlibra.wum.edu.pl

i praw pojedyńczych powstają reguły i prawa treści ogólniejszej. Widzieliśmy np., że prawo ciążenia Newtona obejmuje sobą prawa Kepplera o ruchu planet i prawa Galileusza o spadku ciał. Reguła, twierdząca, że wszystkie zwierzęta t. zw. ciepłokrwiste (równocieplne) mają cztery komory serca i odpowiednio do tego takie krążenie krwi, że całkowita krew przy każdym obiegu przejść musi przez płuca, reguła ta zawiera w sobie wszystko, co moglibyśmy w regułach treści skąpszej wypowiedzieć o krążeniu krwi u zwierząt ssących lub ptaków.

12. Teorye i prawa zasadnicze.

12. Prawa ogólniejsze wyprowadzamy ze znanych nam już praw poszczególnych w ten sam sposób, w jaki z faktów pojedyńczych wyprowadzamy prawa szczegółowe, t. j. na drodze indukcyi, w pewnych okolicznościach posługując się hypotezą i sprawdzając ją następnie. Pragnąc oddzielić te hypotezy ogólniejsze od hypotez zwykłych, nazywamy je teoryami. Otóż z teoryami postępujemy tak jak z hypotezami. Wyprowadzamy z nich wnioski i doświadczeniem sprawdzamy je. Jeżeli okazuje się, że te wnioski zgadzają się z doświadczeniem, wówczas teorya może być przyjęta. Jeżeli nadto dowieść możemy, że wszelkie inne przypuszczenia prowadzą do wniosków sprzecznych z faktami, wówczas przypuszczenie w teoryi zawarte uważamy za dowiedzione. Dochodzimy tym sposobem do praw treści ogólniejszej, które w odróżnieniu od praw szczegółowych nazywajmy prawami zasadniczemi. Możemy więc ułożyć systemat następujący:

1. Reguła; objęcie pewnej liczby faktów doświadczalnych; zdobywa się często empirycznie.

   Hypoteza; albo wniosek indukcyjny uogólniający to, co wypowiada reguła dla pewnej ograniczonej liczby przypadków, do wszystkich innych przypadków podobnych, albo przypuszczenie pomocnicze, pozwalające na objęcie pewnej liczby faktów pojedyńczych sądem ogólniejszym.

   Jeżeli słuszność wniosku indukcyjnego lub hypotezy zostaje dowiedziona (bezpośrednio lub pośrednio) przez sprawdzenie z doświadczeniem, wówczas mamy

   Prawo (prawo szczegółowe), obejmujące wszystkie fakty w pewnym ograniczonym zakresie zjawisk.

2. Prawa ogólne; zebranie czysto empiryczne, więc nie dowiedzione, wielu reguł lub praw szczegółowych czyli wszystkich zawartych w tychże faktów;

   Teorya; przypuszczenie zrobione w celu objęcia większej

www.dlibra.wum.edu.pl

liczby praw w formę ogólną [1]); przez sprawdzenie może ona przejść w

Prawo zasadnicze, które obejmuje znaczną bardzo liczbę faktów napozór różnych i może być uważane za dowiedzione.

Każda nauka składa się z elementów powyższych. Im bardziej przeważają teorye i prawa zasadnicze nad hypotezami i prawami szczegółowemi, tem nauka dana jest bardziej rozwinięta i doskonalsza. Ale i w naukach, które największe poczyniły postępy, nie brak hypotez, a znajdą się w nich też zawsze fakty, których nie można jeszcze pomieścić w systemie. Często pewne działy nauki bardzo już postąpiły naprzód, gdy inne pozostają jeszcze na stopniu niższym zbierania faktów, formułowania reguł empirycznych i wykazują jeszcze mnóstwo niedowiedzionych i nieuprawnionych hypotez. Zwykliśmy nazywać ścisłemi te umiejętności, których treść w znacznej części ujęta jest w prawa zasadnicze i teorye, a to dla odróżnienia od innych gałęzi wiedzy ludzkiej, których treść polega jeszcze na szeregowaniu poszczególnych faktów i wyprowadzanych z nich reguł. Lecz zawsze pamiętać należy, że wszystkie nauki przyrodnicze opierają się jedynie na doświadczeniu jako na podstawie wyłącznej. Tak zwane ścisłe nauki przyrodnicze tem się tylko odznaczają, że doszliśmy w nich do ustanowienia teoryj i praw zasadniczych, z których znaczną liczbę faktów poszczególnych wyprowadzić można na drodze czysto logicznego rozumowania. Lecz wszystkie te prawa i teorye zdobyto tylko z doświad-

---

[1]) Różnica pomiędzy teoryą a hypotezą polega według naszego określenia tylko na tem, że teorya obejmuje większy zakres. W mowie potocznej, a nawet naukowej napotykamy w tym względzie chwiejność, tak że często jedni nazywają teoryą to, co dla innych jest hypotezą. Należy pamiętać, że w każdej teoryi tkwi jakaś cząstka niedowiedziona, więc coś hypotetycznego. Teorya undulacyjna światła np. wywodzi wszystkie zjawiska świetlne z przypuszczenia o drganiach tak zwanego eteru. Istnienie eteru nie jest dowiedzione, więc hypotetyczne. Lecz gdy przypuścimy, że eter istnieje, natenczas wszystkie zjawiska światła dają się ze ścisłością matematyczną wyprowadzić z teoryi undulacyjnej.

W rozwoju dziejowym nauki granice pomiędzy hypotezami a teoryami bardzo łatwo mogą się przesuwać. Hypoteza stworzona dla małego zakresu faktów może w następstwie okazać się tak płodną, że posłużyć może do objęcia wielkiej liczby reguł i praw, więc posiąść wartość teoryi. Albo stać się może, że prawo oraz wszelkie wynikające zeń fakty mogą być wyprowadzone jako wnioski logiczne z hypotezy utworzonej dla zgoła innych faktów albo z innego prawa. Wówczas prawo tamto staje się przypadkiem „szczególnym“ prawa innego lub innej teoryi. W rozdziałach następnych poznamy jeszcze odpowiednie przykłady.

www.dlibra.wum.edu.pl

czeń poszczególnych. Znaczenie ich naukowe bardzo doniosłe polega na tem, że zwięźle i jasno wyrażają sumę wszystkich poczynionych doświadczeń.

13. Reguły, hypotezy i teorye, wyprowadzone z faktów przez indukcyą, są, jak to widzieliśmy, tymczasowym niejako wyrazem poszukiwanej prawdy. Aby się stać prawdami rzeczywistemi, aby zamienić się w prawa, potrzeba sprawdzających je dowodów. Lecz reguły, hypotezy i teorye same przez się mają dużą wartość naukową. Są one materyałem, z którego w następstwie wyłaniają się prawa ogólne i zasadnicze, stanowiące właściwą treść nauki. Póki świadomi jesteśmy istotnej wartości tych reguł i hypotez, nie przeceniamy ich i nie poczytujemy za dowiedzione i niewzruszone prawa, póty są one więcej warte od systemu niedostatecznie uzasadnionych, mniej lub więcej dowolnie wygłaszanych twierdzeń, które często uchodzą za niezawodną wiedzę. 13. Dedukcya.

Aby od reguł empirycznych przejść do praw, potrzeba nam koniecznie hypotez. Prowadzą one często do odkrywania nowych faktów, gdyż z reguł hypotetycznych wyciągamy wnioski sprawdzane w doświadczeniach. Proces myślowy, logiczny, jakiego dokonywamy przy tem, nazywa się dedukcyą; jest on zgoła różny od wnioskowania przez indukcyą. Podczas gdy przy indukcyi z jednego lub kilku pojedyńczych twierdzeń wyprowadzamy wniosek treści ogólniejszej, natomiast w rozumowaniu dedukcyjnem od twierdzenia treści ogólniejszej przechodzimy odwrotnie do twierdzenia szczegółowego, do przypadku poszczególnego.

Wnioskowanie dedukcyjne często występuje w formie nazywanej w logice syllogizmem. Za przykład niechaj posłuży syllogizm często przytaczany w podręcznikach logiki:

wszyscy ludzie są śmiertelni; (1)
Sokrates jest człowiek; (2)
więc Sokrates jest śmiertelny (3).

Syllogizm składa się z dwu przesłanek (1 i 2) i z wniosku (3). W przesłance (1) mieści się twierdzenie o całej grupie (człowiek). W przesłance (2) twierdzimy, że jeden osobnik (Sokrates) należy do owej grupy. Ztąd wnioskujemy, że twierdzenie o całej grupie (ludzi), mieszczące się w pierwszej przesłance, stosuje się także do osobnika, jako do owej grupy należącego.

Nikt nie zaprzeczy temu sposobowi rozumowania słuszności formalnej. Cała wartość tej metody jako środka badania naukowego zależy od tego, czy przesłanki są prawdziwe. Gdybyśmy według tego schematu zechcieli zbudować syllogizm:

www.dlibra.wum.edu.pl

wszystkie zwierzęta ssące rodzą żywe młode;
stekowce są zwierzęta ssące;
więc stekowce rodzą żywe młode;

byłby to formalnie syllogizm również słuszny. Wiadomo nam wszakże, że wniosek ten jest fałszywy. Może to stąd tylko pochodzić, że fałszywą jest jedna z przesłanek. Albo nie jest prawdą, że wszystkie zwierzęta ssące rodzą żywe młode, albo nie jest prawdą, że stekowce są zwierzętami ssącemi. Wyżej już rozstrzygnęliśmy tę sprawę, przyznając, że nie wszystkie ssące rodzą żywe młode; moglibyśmy wszakże z równą słusznością uważać pierwszą przesłankę za prawdziwą, ale trzebaby w takim razie (jak to już proponował Geoffroy St. Hilaire) stekowce wyosobnić z grupy zwierząt ssących i utworzyć z nich grupę oddzielną. Na to więc, aby wniosek syllogistyczny był prawdziwy, potrzeba koniecznie, aby obiedwie przesłanki były prawdziwe.

Zastanówmy się bliżej nad syllogizmem a przyznamy, że nie może on być pomocnym do odkrywania nowych prawd. Wniosek wypowiada tu tylko to, co właściwie mieści się już w przesłance. Gdy twierdzimy, że wszyscy ludzie są śmiertelni, wypowiadamy oczywiście jednocześnie, że każdy pojedyńczy człowiek, czy to Sokrates czy Jan czy Piotr, jest śmiertelny. Z syllogizmów przeto wyłącznie nauka wznoszona być nie może. Nie mogą one służyć do odkrywania nowych prawd, lecz nadają się do dowodzenia twierdzeń, które bezpośrednio nie są zrozumiałe całkowicie. W wielu przeto przypadkach, w których rzecz nie przedstawia się tak jasno jak w banalnym naszym przykładzie, może ta metoda rozumowania bardzo okazać się pożyteczną.

Nikt nie zechce przeczyć, że wszyscy ludzie są śmiertelni. Lecz to twierdzenie ani nie jest dowiedzione, ani nie jest prawdą samą przez się zrozumiałą (t. zw. apriorystyczną). Jest to raczej wniosek indukcyjny, opierający się na bardzo szerokiej podstawie. Nietylko my sami doświadczaliśmy, że wielu ludzi nam współczesnych umierało, wiemy nadto, że przed nami inni ludzie, a przed tymi znów inni i t. d. od tysięcy pokoleń żyli i umierali. Według terminologii naszej zatem zdanie powyższe jest regułą, za której prawdziwością przemawiają niezliczone przypadki, podczas gdy nie stwierdzono natomiast ani jednego wyjątku. Podobnie ma się rzecz z wielu innemi twierdzeniami, które uważane bywają za prawdy apriorystyczne lub za pewniki. Wywnioskowano je przez indukcyą; niema bowiem innego źródła naukowego dla twierdzeń ogólnych. Nawet i te umiejętności, które poczytywane są za dedukcyjne w ściślejszem znaczeniu, gdyż cały gmach swojej nauki wznoszą sposobem dedukcyjnym na kilku początkowych

www.dlibra.wum.edu.pl

twierdzeniach ogólnych, ostatecznie spoczywają na podstawie indukcyjnej.

14. Stopień pewności, jakim mierzymy daną gałęź wiedzy, zależny jest od ogólnych jej twierdzeń. W naukach indukcyjnych wnioski wyprowadzane dedukcyjnie z przesłanek, czy to reguł czy hypotez, służą do bezustannego sprawdzania i kontroli przesłanek. Z praw o ruchach planet można z całą ścisłością obliczyć zawczasu zaćmienia słońca i księżyca. Artylerzysta potrafi tak dokładnie oznaczyć kierunek strzału i wielkość ładunku, że pocisk uderza w oznaczony cel. Ścisłości tej przeciwstawić można niepewność skutku tego lub owego zamiaru przedsiębranego w życiu społecznem lub politycznem. W tych bowiem nader zawiłych dziedzinach nie są jeszcze dostatecznie poznane okoliczności wywierające wpływ na bieg rzeczy. Gdyby nawet prawa, wyprowadzone z gorliwie zebranych faktów, były zupełnie niezawodne, to jednakże zdarzenia obliczone z wniosków indukcyjnych mogą wskutek okoliczności nieprzewidzianych wziąć obrót zupełnie inny, niż to wnosić było można z przesłanek [1]). 14. Krytyka zasad logicznych.

Gdy w ten sposób w naukach przyrodniczych ustawicznie poddajemy krytyce nasze przesłanki, możemy usuwać spostrzegane błędy a twierdzenia nasze możemy formułować coraz lepiej. Jest to szczególnie ważne ze względu na hypotezy i teorye, bez których obejść się nie można. Jeżeli wszystkie dające się z nich przez dedukcyą wyprowadzić wnioski zgodne są z faktami i żaden z tych wniosków nie pozostaje w sprzeczności z żadnem pewnem doświadczeniem, w takim razie hypoteza czy teorya odpowiadają swemu zadaniu. Stosujemy je w dalszym ciągu do czasu, kiedy albo dowody doskonałe pozwolą je podnieść do godności prawa, albo ujawni się ich niesłuszność, która każe je nam odrzucić lub zmodyfikować zgodnie z nowemi doświadczeniami.

Często się zdarza, że dwie a nawet i więcej hypotez zadosyć czyni wymaganiom logiki. Wówczas należy obiedwie sprawdzać, póki nie wykryje się fakt, który stanowczo przeważy szalę na jedną stronę. Kierować się można ogólnie przy wyborze jednej z wielu możliwych hypotez tem, że najprostsza z nich czyli ta, która wymaga najmniej przypuszczeń niedowiedzionych, zasługuje na pierwszeństwo.

---

[1]) Uderzenie pocisku we właściwe miejsce mogłoby też być udaremnione przez nagłe uderzenie boczne. Przesłanki, które kierują artylerzystą, zupełnie są niezawodne; lecz nie mógł on wziąć w rachubę niespodziewanego uderzenia bocznego.

www.dlibra.wum.edu.pl

W starożytności wiadomo było, że w rurze pompy woda podnosi się, gdy podniesiemy w górę tłok doskonale do rury dopasowany. Przypuszczano przeto, że natura ma wstręt do próżni i nazwano to zjawisko horror vacui [1]). Lecz oto przy zakładaniu studni w Toskanii zauważono, że nie można w ten sposób podnieść wody wyżej niż na jakie 10 metrów. Gdy doniesiono o tem GALILEUSZOWI, powiedział on, że horror vacui ma chyba pewną granicę; w ten sposób do pierwszej hypotezy przybyła druga. Uczeń GALILEUSZA, TORRICELLI, rozmyślając nad tem, wywnioskował, że zapewne czynnikiem podnoszącym wodę jest ciśnienie powietrza; z tej hypotezy wynika bezpośrednio, że podniesiony słup wody może dojść najwyżej do takiej wysokości, że ciężar jego równa się ciężarowi słupa powietrza o takiejże podstawie i o wysokości atmosfery. Hypoteza ta już choćby z powodu swej prostoty i jasności zasługuje na większe uwzględnienie od nieokreślonego antropomorficznego pojęcia o horror vacui. Lecz można dalej wnosić z niej, że gdyby zamiast wody podnoszono ciecz inną, wysokości musiałyby pozostawać względem siebie w stosunku odwrotnym do ciężarów właściwych cieczy. Gdybyśmy więc np. użyli rtęci zamiast wody, wysokość słupa podniesionego powinnaby nie przenosić 0,76 metra. Ponieważ wniosek ten sprawdził się w doświadczeniu, przeto dowiedziona została wyższość hypotezy TORRICELLIEGO.

Dla objaśnienia zjawisk świetlnych przypuścił NEWTON, że z ciał świecących wychodzą drobne cząstki, które, doszedłszy do oka naszego, pobudzają w niem nerw wzrokowy. Ta hypoteza pozwalała objaśnić wszystkie podówczas znane zjawiska światła (odbicie, załamanie i t. d.). Wbrew tej hypotezie emisyjnej NEWTONA wygłosił wszakże HUYGHENS inną, teoryą undulacyjną, według której wszystkie zjawiska świetlne polegać mają na drganiach materyi nader subtelnej, wypełniającej wszechświat, t. zw. eteru. Obiedwie te teorye jednakową miały wartość naukową, póki wnioski ich zgadzały się ze wszystkiemi znanemi w nauce faktami. Gdy wszakże odkryto fakty nowe, których teorya emisyjna nie potrafiła objaśnić, które natomiast w sposób prosty i łatwy wynikały z teoryi undulacyjnej (polaryzacya i t. p.), oczywiście pominięto teoryą emisyjną i powszechnie przyjęto undulacyjną [2]).

---

[1]) Zważmy, że w przypuszczeniach takich mieści się pogląd antropomorficzny. Nadajemy przyrodzie cechy ludzkie; przyroda występuje tu niby istota obdarzona popędami, skłonnościami, wstrętem i t. d. i odpowiednio do tych pobudek działa tak lub inaczej. (Porów. wyżej § 10).

[2]) Jeżeli nie mówimy o prawie undulacyjnem, lecz o teoryi, pochodzi to ztąd, że tkwi tu coś niedowiedzionego, hypotetycznego, mianowicie przypuszczenie eteru (porówn. także przypisek na str. 34). Rzeczywistego istnienia eteru dowieść nie możemy. Gdy wszakże przypuszczenie tego istnienia daje nam możność objaśnienia zjawisk światła, ma-

www.dlibra.wum.edu.pl

15. Obadwa przeto rodzaje wnioskowania logicznego, indukcya i dedukcya, stosowane są w naukach przyrodniczych. Jednakże indukcyą uważać musimy za źródło najgłówniejsze, niemal wyłączne, z którego czerpiemy materyał wiedzę naszą rozszerzający. Zupełnie przeto jesteśmy uprawnieni nazywać nauki przyrodnicze indukcyjnemi, w przeciwstawieniu do innych, dedukcyjnych. 15. Nauki indukcyjne i dedukcyjne.

Jako umiejętność typowo dedukcyjną uważa się ogólnie matematykę. Niezwykła jasność i ścisłość nauk matematycznych oraz absolutna pewność prawd osiąganych poczytywane bywają za wynik tej metody dedukcyjnej, która wyłącza wszelką wątpliwość i pozwala osiągać pewność, na jaką żadna nauka, opierająca się na rozumowaniu indukcyjnem, zdobyć się nie może.

Wobec zasadniczej doniosłości tego pytania na miejscu będzie wtrącenie tu kilku słów o podstawach logicznych matematyki. Nie możemy oczywiście myśleć o wyczerpaniu tego przedmiotu i musimy poprzestać na rozważeniu zasad geometryi elementarnej. Lecz to, co pokrótce zaznaczyć tu zamierzamy, stosuje się zarazem i do podstaw innych gałęzi matematyki, do wszelkich wogóle nauk dedukcyjnych. Z tak zwanych aksyomatów czyli pewników matematycznych włącznie z pewnemi określeniami (definicyami), w geometryi przez rozumowanie dedukcyjne wyprowadzamy twierdzenia, z których znów inne wypływają twierdzenia, z tych ostatnich znów dalsze i t. d. Cały przeto gmach naukowy wznosi się tu przez szereg ściśle logicznie uzasadnionych wniosków na pewnikach. Jeżeli pewniki te są prawdziwe, to wszystko co z nich wynika jest z konieczności pewne i nie może być podane w wątpliwość.

Jakże więc ma się rzecz z pewnikami, i zkąd nam wiadomo, że są one prawdziwe? Dowieść ich nie można; dla dowodzenia potrzeba przesłanek; same pewniki służą jako przesłanki w dowodzeniach, więc nie mogą opierać się na innych (nie istniejących) przesłankach. Twierdzą niektórzy, że pewniki nie wymagają dowodzenia, że są to prawdy apriorystyczne czyli prawdy takie, o których słuszności bezwzględnej umysł ludzki dzięki istocie swej budowy jest przekonany, których zaprzeczenie wprost nie mieści się w naszym umyśle. Gdy dziecko rozpoczynające naukę usłyszy po raz pierwszy jeden z tych pewników, np. „dwie wielkości równe trzeciej równe są pomiędzy sobą“, oczywiście zgadza się z tem bez zastrzeżeń. Lecz nie dowodzi to jeszcze, że jest to prawda apriorystyczna. Już bowiem na długo przed usłyszeniem pewnika w tej formie, wytwarzały się w umyśle dziecka pojęcia „wielkości“ i „równości“. Wi-

---

gnetyzmu i elektryczności, przeto pozostajemy przy tej teoryi, póki nie znajdzie się inna, lepsza.

www.dlibra.wum.edu.pl

działo ono ludzi dużych i małych, drzewa duże i małe i t. d. i ztąd nauczyło się porównywania przedmiotów pod względem ich wielkości (niezależnie od innych ich własności). Nauczyło się ono także, w jaki sposób dzięki przykładaniu miary dochodzimy do pojęć równości i nierówności. Powstało w niem pojęcie równości jako pojęcie zupełnej co do wymiarów identyczności przedmiotów. Jeżeli zważymy to wszystko, okaże się, że owo twierdzenie przytoczone w pewniku jest właściwie tautologią. Jest ono „zrozumiałe samo przez się“, każde twierdzenie przeciwne jest wprost niepojęte, ponieważ ono wypowiada to tylko, co już mieści się w samem pojęciu równości. Gdy następnie pojęcie to rozszerzamy, gdy jest mowa także o równości powierzchni rozmaitych figur, np. kwadratu i prostokąta, gdzie mówić nie można przecie o absolutnej identyczności tych figur, wówczas owo przekonanie zdobyte na przykładach prostszych wprost przenosi się i na te nowe przypadki.

Inne natomiast pewniki okazują się po analizie ściślejszej jako wyraz przekonania zdobytego i wielokrotnego doświadczenia. Są to w istocie twierdzenia, do których doszliśmy przez indukcyą, a których słusznością dlatego tak jesteśmy przeniknięci, ponieważ przypominamy sobie natychmiast, że niezliczone widywaliśmy przypadki, które pozostają z niemi w zgodzie, a nigdy ani jednego, któryby im przeczył. Pewniki takie są przeto indukcyami opierającemi się na najszerszej podstawie, analogiczne zupełnie z twierdzeniem wyżej omówionem „wszyscy ludzie są śmiertelni“, o których prawdziwości przekonani jesteśmy na zasadzie wielokrotnego doświadczenia. Jeżeli zaś pomimo to zdania „wszyscy ludzie są śmiertelni“ nie nazywamy aksyomatem, pewnikiem, pochodzi to ztąd, że w tym razie lepiej uświadamiamy sobie jego pochodzenie empiryczne, aniżeli w pewnikach geometrycznych.

Gdy pewna gałęź wiedzy doszła do tego, że może uważać za dowiedzioną w zupełności pewną liczbę ogólniejszych indukcyj, wówczas z tych ostatnich wyprowadzać można poszczególne dedukcye. Można przeto posługiwać się metodą dedukcyjną także przy wykładzie praw i faktów w naukach przyrodniczych. Zamiast obierać za punkt wyjścia doświadczenia pojedyńcze i od nich przy pomocy hypotez i teoryj przechodzić do praw, można te ostatnie uważać jako tezy, wyprowadzać z nich dedukcyjnie zjawiska poszczególne i dowieść, że wnioski te zgodne są z rzeczywistością. Lecz droga taka, po której kroczyć można śmiało, gdy już nauka osiągnęła pewien postęp, ta droga, która nieraz znakomicie daje się stosować przy wykładzie przedmiotu, nie jest oczywiście drogą, która prowadziła wiedzę przyrodniczą do dzisiejszego jej rozwoju. Dzieje każdej prawie gałęzi nauki dostarczają przykładów pouczających, dowodzących, że ilekroć zbyt pospiesznie na drogę tę wstę-

www.dlibra.wum.edu.pl

powano, prowadziła ona do błędów i zamętu, z którego dopiero drogami ubocznemi można było powrócić do prawdy.

Tylko astronomia i niektóre większe działy fizyki obecnie już są w stanie na drodze czysto dedukcyjnej przedstawiać swą treść, wychodząc z niewielu tez ogólniejszych. Z prawa ciążenia wyprowadzić można wszystkie zagadnienia mechaniki, zarówno ciał niebieskich jak i mas ziemskich; z teoryi undulacyjnej eteru wyprowadzić można wszelkie twierdzenia optyki. Gdy stwierdzono pewne, stosunkowo nieliczne dane o drodze ciała niebieskiego, można obliczyć ruchy jego na całe stulecia wstecz i przepowiedzieć je na całe stulecia w przyszłości, można z dokładnością przewidzieć zaćmienia słońca i księżyca i t. p. zjawiska w konstelacyach niebieskich. Znane nam nietylko w ogólności, lecz i pod względem stosunków liczbowych zjawiska pozwalają stosować rachunek matematyczny, dzięki czemu dedukcye mają formę ściślejszą aniżeli zwykłe dedukcye logiki wyrażane tylko słowami. W ten sposób matematyczne traktowanie przedmiotu staje się jednocześnie środkiem pomocniczym rozszerzającym wiedzę samą. Z przesłanek, na których opiera się rachunek matematyczny (praw, hypotez lub teoryj), wynikają bowiem wnioski z góry nieprzewidziane, a nie dające się wyprowadzić przez zwykłe rozumowania logiczne. Te wnioski znów bywają sprawdzane doświadczeniem, a gdy okazują się prawdziwemi, stwierdzają słuszność i prawdziwość owych przesłanek. Tym okolicznościom fizyka matematyczna, święcąca zwłaszcza tryumfy w działach mechaniki, optyki i nauki o elektryczności, zawdzięcza wysoki stopień swej doskonałości, która stawia ją pod względem ścisłości na czele wszystkich nauk przyrodniczych.

16. Tak zwane nauki humanistyczne, zwłaszcza filozofia, również bywają nazywane dedukcyjnemi w przeciwstawieniu do nauk przyrodniczych. Lecz i w nich obiedwie metody logiczne, indukcya i dedukcya, to samo mają znaczenie co i w innych naukach. Wogóle co do tych metod logiki mniejsze są zasadnicze różnice, niż się to zwykle przypuszcza. Metod rozumowania nie należy poczytywać za jakieś sztuczne instrumenty, dzięki którym, niby przy pomocy cudownych środków, nauki stworzyć potrafią coś zgoła osobliwego i nieoczekiwanego. Myślenie w nauce niczem się nie różni od myślenia w życiu codziennem; metody rozumowania naukowego nie różnią się od metod, jakiemi posługuje się tak zwany zdrowy rozsądek. Ta tylko jest różnica, że stosujemy je z większą starannością i z większą świadomością o ich istotnej wartości, niż się to dzieje w życiu powszedniem. 16. Stopień pewności wiedzy naszej.

www.dlibra.wum.edu.pl

Pewność wniosków i rezultatów w rozmaitych dziedzinach wiedzy nie zależy też od różnic w metodach logiki, lecz raczej od innych okoliczności. Czyste dedukcye prowadzą do wniosków pewnych i prawdziwych, jeżeli przesłanki są prawdziwe. Zanim więc rozpoczynamy rozumować dedukcyjnie, z największą starannością starać się powinniśmy o zdobycie przesłanek prawdziwych. Wnioski ztąd wyprowadzane ustawicznie znów służyć muszą do sprawdzania słuszności owych przesłanek. W dziedzinie nauk przyrodniczych sprawdzanie takie możliwe jest częściej i w sposób dokładniejszy aniżeli w wielu innych naukach. A tym sposobem usuwa się błędy i coraz silniej utrwala podstawy wiedzy. Słusznie się przeto powiada, że w naukach przyrodniczych nic nie bywa uznawane za prawdę jedynie na podstawie powagi uczonego. Gdy badacz choćby najznakomitszy wygłosi coś nowego, czy to opierając się na faktach nowo odkrytych, czy na wnioskach z faktów dawniej znanych, nie wymaga on nigdy, aby przyjęto tę nowość na wiarę. Każdy, będący w stanie sprawdzić nowe twierdzenie lub skontrolować spostrzeżenie, może się przekonać o ich słuszności lub błędności. A gdy czy to samo odkrycie nowe czy wnioski zeń wyciągnięte okazują się błędnemi, odrzuca się je bez względu na powagę uczonego.

Nieprawdą jest przeto, gdy twierdzą niektórzy, że nauki przyrodnicze nie mogą rościć prawa do pewności, ponieważ oparte są głównie na hypotezach. Nie hypotezy są podstawą poznania, lecz fakty doświadczenia naszego, znajdujące w owych hypotezach zwięzły tylko wyraz. Nie ma wogóle innego źródła poznania naukowego.

W poszczególnych gałęziach nauk przyrodniczych w rozmaitym stopniu udało się dotychczas przeniknąć aż do praw. Tam więc, gdzie przedmiot badania przedstawia osobliwsze trudności, zajmują hypotezy stosunkowo dużo jeszcze miejsca. Lecz i tutaj przez pracę ustawiczną staramy się możliwie i coraz więcej zacieśniać ich dziedzinę. Właściwą bowiem treść nauki stanowią nie hypotezy, lecz fakty doskonale sprawdzone przez ścisłą obserwacyą. Co przez czas jakiś błędnie uchodziło za fakt, usuwa się z nauki po wielokrotnem stwierdzeniu tego błędu. Wszędzie jeszcze w nauce napotykamy luki, i niejedno z uznawanych obecnie twierdzeń może się w przyszłości okazać mylnem. Póki wszakże w umysłach naszych żyje świadomość tej niedoskonałości naszej wiedzy, wiadomości takie więcej są warte, niż gdybyśmy luki te wypełniali przypuszczeniami dowolnemi i fałszywie uważali takie przypuszczenia za istotne fakty.

www.dlibra.wum.edu.pl

ROZDZIAŁ TRZECI.

Metody badania w naukach przyrodniczych w ogólności, szczególnie w fizyologii.

1. Z wywodów rozdziału poprzedniego wynika, że dla postępu nauk przyrodniczych przedewszystkiem potrzeba zebrania możliwie obfitego materyału empirycznego. Gdyby wiadomości nasze o wszystkich poszczególnych zjawiskach przyrody były zupełnie pewne i zakończone, wówczas umysł logicznie wyćwiczony i posiadający całą tę wiedzę potrafiłby ją należycie uporządkować i wyprowadzić ztąd prawa ogólne. Pierwszą tego rodzaju próbę podjął Arystoteles. Lecz oczywiście wiedza ówczesna nietylko nie była dostateczna, lecz i nadto była niepewna, aby owa próba doprowadzić mogła do rezultatu zadawalającego. A pomimo to dzieło Arystotelesa i obecnie jeszcze na prawdziwy zasługuje podziw. Zamiast wszakże kroczyć naprzód po drodze wytkniętej, następcy tego filozofa poprzestawali najczęściej na uważaniu jego nauk wraz z zawartemi w nich błędami za dogmaty, które przekazywali pokoleniom następnym. Komentowanie nauki Arystotelesa, z czasem zniekształconej wskutek nieporozumień, stanowiło przez długie wieki przedmiot rozważań przyrodniczych. I oto w ciągu całego okresu średniowiecznego nie uczyniono prawie żadnego ważniejszego postępu w dziedzinie poglądów przyrodniczych, jakkolwiek dokonane zostały, zwłaszcza przez badaczów arabskich, pewne cenne odkrycia nowych faktów. 1. Początki nowszych badań przyrodniczych.

Zasługę skierowania badań przyrodniczych na nowe tory dzielą pomiędzy sobą głównie Franciszek Bako z Verulamu (1561—1626) i Galileo Galilei (Galileusz) (1564—1642). Pierwszy z tych uczonych wprawdzie sam nie dokonał żadnego ważniejszego odkrycia, miał nawet o wielu zjawiskach dość mętne poglądy. Lecz pomimo to ma tę niespożytą zasługę, że przyrodnikom współczesnym wskazywał z naciskiem doświadczenie jako jedyne

www.dlibra.wum.edu.pl

źródło wiedzy oraz rozwinął prawa logiki indukcyjnej w przeciwstawieniu do panującej podówczas w filozofii niepodzielnie dedukcyi i sprytnej dyalektyki. Galileusza zaś uważać powinniśmy za właściwego twórcę nowoczesnej nauki o przyrodzie nietylko dla licznych odkryć pierwszorzędnych, jakie mu zawdzięczamy, ale bardziej jeszcze dla metod badania, które do odkryć tych go doprowadziły. Wreszcie do zupełnego zwycięstwa doszedł nowy kierunek wiedzy dzięki rozległym i wiekopomnym pracom Izaaka Newtona (1642—1726) i Krystyana Huyghensa (1629—1695). Od owego czasu wprawdzie raz jeszcze na czas krótki tak zwana filozofia natury wyrugowała metody ścisłe nauk przyrodniczych oparte na obserwacyi; lecz zboczenie to szczęśliwie zostało przezwyciężone.

2. Błędy w postrzeganiu.

2. Doświadczenia dokonywane przez nas od najwcześniejszej młodości zależą od najrozmaitszych okoliczności przypadkowych. Pewne fakty zdarzają się często i to wszędzie na zamieszkiwanej przez ludzi powierzchni ziemi; inne występują rzadko i w niektórych tylko ograniczonych miejscach. Wielu ludzi dochodzi do późnego wieku, nie poznawszy z własnego doświadczenia np. trzęsienia ziemi lub spadku meteorytu. Bardzo ważne zjawiska natury mogą się zdarzać w okolicach niezamieszkanych kuli ziemskiej lub na pełnem morzu i nikt ich tam nie obserwuje. A również ludzie, będący świadkami pewnego zjawiska, nie zawsze są usposobieni lub zdolni do takiego obserwowania, jakiego potrzeba koniecznie, jeżeli ma być ścisłość w stwierdzaniu faktu i sądzeniu o nim. Zapytajmy np. rozmaitych ludzi, którzy widzieli jedno i to samo zdarzenie, fakt, zjawisko; rzadko usłyszymy zgodne ze sobą sprawozdania. Jeden zauważył to, drugiego uderzyło co innego, najczęściej uwaga skierowana jest na szczegóły uboczne; a w punktach istotnych, najważniejszych najczęściej relacye rozmaitych osób bardzo bywają odmienne.

Lecz doświadczenia, którym brak ścisłości, w nauce są nieprzydatne. Stanowią one główne źródło wszelkich przesądów, albo, gdy stają się przedmiotem uprawianym przez ludzi nienaukowych, prowadzą do mistycyzmu, odkrywającego poza granicami prawdziwego poznania przyrody tajemnice świata „nadprzyrodzonego.“

3. Obserwacya.

3. Wówczas tylko, gdy ludzie jasno patrzący, wolni od uprzedzeń i przesądów, obdarzeni odpowiednim zapasem wiedzy czynią spostrzeżenia, te ostatnie uważać możemy za dostatecznie pewne, aby mogły stanowić materyał dla opracowania naukowego. Niespodziewanie, nagle występujące zdarzenia sprawiają na umysł

www.dlibra.wum.edu.pl

działanie nie sprzyjające uważnej i objektywnej obserwacyi, pożądanem jest przeto, ażeby zjawiska takie trwały dość długo lub żeby nie zastały obserwatora nieprzygotowanego. Takie wszakże przygotowanie możliwe jest tylko wówczas, kiedy zdarzenia występują powolnie lub gdy poprzedzają je pewne osobliwe objawy, albo wreszcie jeżeli, na podstawie doświadczeń dawniejszych, jesteśmy w stanie, w przybliżeniu przynajmniej, przewidzieć lub zawczasu obliczyć chwilę ich nastąpienia. Gdy tedy zjawisko jakie postrzegamy w ten sposób z całem skupieniem uwagi, nie pomijając żadnej okoliczności ubocznej, nazywamy to obserwacyą naukową, postrzeganiem naukowem.

Takie obserwacye znacznie są dla nauki cenniejsze od spostrzeżeń przypadkowych. Jeżeli zawczasu wiedzieć możemy, kiedy i w jakich warunkach oczekiwać należy pewnego zjawiska, jesteśmy w stanie przysposobić się należycie do obserwowania, uzbroić się w odpowiednie przyrządy i, jeśli potrzeba, postarać się, ażeby współcześnie większa liczba obserwatorów uwagę swą zwróciła na badane zjawisko. Zwłaszcza jest to ważne, gdy mamy do czynienia z takiemi zjawiskami, których wystąpienie z większą lub mniejszą pewnością może być zgóry przepowiedziane, podczas gdy samo obserwowanie mogłoby się nie powieść skutkiem okoliczności niesprzyjających, tak jak to się dzieje np. z zaćmieniami słońca i księżyca, z przejściem gwiazdy przez południk i wielu innemi zjawiskami astronomicznemi, których obserwowanie wymaga jasnego nieba i wogóle sprzyjających warunków atmosferycznych. Jakkolwiek bowiem wystąpienie takiego zjawiska jesteśmy w stanie przewidzieć z całą dokładnością, niekiedy co do ułamka sekundy, to jednakże nie od nas zależy sprowadzenie go dowolne. Tem więc jest rzeczą ważniejszą skorzystanie ze sposobności, która nieprędko znów nadarzyć się może.

Pouczającym w tym względzie przykładem jest zjawisko przejścia planety Wenus przed lub za tarczą słoneczną. Dokładne obserwowanie tego zjawiska pierwszorzędne ma znaczenie dla ścisłego obliczenia odległości ziemi od słońca. Gdy przeto zjawisko to miało nastąpić w latach 1874 i 1882, uzbrojono wiele ekspedycyj naukowych, które w rozmaitych punktach kuli ziemskiej miały je obserwować. Najbliższa bowiem sposobność do podobnych obserwacyj tegoż zjawiska nadarzy się dopiero w roku 2004 i później w 2012-ym. — W innych znów przypadkach obserwacye bywają możliwe tylko w pewnych miejscowościach na globie ziemskim. Pragnąc sprawdzić, czy stekowce (*Monotremata*) składają jaja, badacze musieli się udawać do Australii, w tej bowiem tylko części ziemi żyją stekowce.

www.dlibra.wum.edu.pl

4. Doświadczenia.

4. W bardzo dużym natomiast szeregu przypadków jesteśmy w stanie dowolnie sprowadzić warunki, w których dane postrzeżenie może być dokonane. Wystarczają nieraz w tym celu środki drobne. Gdy pragniemy np. obserwować lot ptaka, siedzącego na gałęzi drzewa, dość będzie wywołać szmer lub rzucić kamień, aby ptaka spłoszyć. Gdy kamień leży na stole, wystarczy zsunięcie go za krawędź stołu, by zauważyć spadek kamienia. W innych razach bywają trudności większe, gdy chodzi o sprowadzenie zjawiska, które obserwować zamierzamy. Lecz jeżeli wogóle jest to możliwe, nie potrzeba czekać, aż ono samo nastąpi. Jeżeli nadto potrafimy do pewnego stopnia zmieniać warunki występowania i przebiegu zjawiska, w takim razie w mocy jest naszej stwierdzenie, jakie okoliczności są tu istotne, a jakie mniejsze mają znaczenie lub zgoła znaczenia nie mają.

Postrzeganie zjawiska w warunkach znanych i dowolnie przez nas stworzonych nazywamy doświadczeniem (eksperyment). Jasną jest rzeczą, jakie przynosi korzyści tego rodzaju postrzeganie w porównaniu z obserwacyą przypadkową, niezależną od woli naszej. Lecz niekiedy trudno jest bardzo odpowiednio ułożyć i opanować warunki niezbędne dla doświadczenia. Doświadczenia tak proste, jak wymienione powyżej przykłady, w rzadkich przypadkach nadają się do głębszego zbadania zjawiska. Że kamień lub wogóle wszelki przedmiot spada, gdy nie jest podparty, to postrzegać możemy często, zarówno mimowoli jak i w warunkach umyślnie ułożonych. Gdy wszakże zależy nam na tem, aby zbadać dokładnie wszystkie okoliczności, w jakich zjawisko dane zachodzi, wówczas do celu pożądanego prowadzić mogą tylko doświadczenia bardzo dokładne i w najrozmaitszy sposób modyfikowane.

Można wykonywać doświadczenia w celu poznania własności pewnego ciała lub w celu stwierdzenia związku pomiędzy pewnemi zjawiskami [1]). W obudwu przypadkach zazwyczaj kieruje nami jakieś przypuszczenie (hypoteza), a zadaniem jest doświadczenia sprawdzić słuszność tego przypuszczenia. Niekiedy przez zręcznie pomyślane doświadczenie jesteśmy w stanie rozstrzygnąć pewne pytanie naukowe na korzyść tej lub innej z dwu jednakowo uprawnionych, lecz wzajem wyłączających się hypotez. Doświadczenie takie często bywa nazywane doświadczeniem krzyżowem (experimentum crucis).

[1]) Pomijamy tu takie doświadczenia, które służą tylko do tego, aby coś już dobrze wiadomego okazać innym w celach nauczania; są to doświadczenia t. zw. szkolne, poglądowe, demonstracyjne.

www.dlibra.wum.edu.pl

Przypuśćmy, że znaleźliśmy ciało, którego barwa oraz inne łatwo dostrzegalne własności pozwalają mniemać, że jest to srebro. Dla sprawdzenia tego przypuszczenia badamy doświadczalnie inne własności tego ciała, pragnąc się dowiedzieć, czy są one zgodne ze znanemi własnościami srebra. Wykuwamy je i przekonywamy się, że poddaje się ono stosunkowo łatwo sile młotka. Oznaczamy jego ciężar właściwy; okazuje się, że tenże wynosi 10,5. Ogrzewamy i uważamy, że się to ciało nie utlenia, a topi się dopiero w dość wysokiej temperaturze (około 1000°). Badamy jeszcze zjawiska pewne zachodzące podczas zastygania i krzepnięcia tego roztopionego ciała i prawie już zdobywamy pewność, że mamy istotnie do czynienia ze srebrem. Pragnąc wszakże jeszcze bardziej się o tem upewnić, badamy nadto działanie kwasów. Przekonywamy się, że kwas solny wcale nie działa, stężony kwas siarczany zmienia je tylko przy ogrzaniu, zaś kwas azotny działa już na zimno. Do otrzymanego przez działanie kwasu azotnego roztworu dodajemy kwasu solnego; powstaje osad biały, który za dodaniem obfitszej ilości amoniaku znów się rozpuszcza. Teraz zdobyliśmy pewność, że mamy rzeczywiście do czynienia ze srebrem. Sprawdzanie dalsze własności tego ciała może tylko jeszcze służyć do potwierdzenia tego rozpoznania, lecz już go zmienić nie jest w stanie [1]).

W tym przeto przypadku doświadczenia służyły do stwierdzenia własności ciała. Następujący zaś przykład posłuży do wskazania, jak doświadczenia pozwalają stwierdzić związek pomiędzy zjawiskami. Benjamin Franklin na zasadzie badań swych nad elektrycznością przypuszczał, że burza atmosferyczna jest zjawiskiem elektrycznem. Hypotezę tę sprawdził w ten sposób, że podczas burzy puścił latawiec z ostrzem żelaznem, u dołu zaś na sznurze konopnym umocował klucz żelazny, który izolowany był od ręki trzymającej latawiec przez sznurek jedwabny. Udało mu się z klucza wydobywać iskry niby z konduktora maszyny elektrycznej.

---

[1]) Jeżeli nie mamy żadnego domysłu co do natury badanego ciała, musimy próbami systematycznemi stwierdzić własności tegoż i wyłączyć własności innych ciał, a z tego okaże się, czy dana substancya jest identyczna z ciałem znanem, czy też stanowi mieszaninę ciał znanych, czy wreszcie mamy do czynienia z ciałem nowem, dotychczas nieznanem. Właściwa w tym celu metoda badania tem jest lepsza, im szybciej i pewniej prowadzi do niezawodnego rezultatu. Sposoby badania opierają się na poprzednio zdobytej znajomości wszelkich własności znanych już ciał, jak to widzieliśmy w wyżej przytoczonym przykładzie ze srebrem. Nauka, obejmująca rozmaite metody wykrywania wszelkich ciał znanych, stanowi treść chemii analitycznej. Pod względem logicznym postępowanie jest tu zupełnie podobne do tego, jakiem posługujemy się przy oznaczaniu rośliny lub zwierzęcia; lecz w przypadku ostatnim doświadczenie w stopniu znacznie mniejszym lub wcale stosowanem nie bywa, raczej przez postrzeganie pilne stwierdzamy cechy i własności badanych przedmiotów przyrody.

www.dlibra.wum.edu.pl

W ten sposób hypoteza była sprawdzona; potwierdził ją jeszcze FRANKLIN innemi doświadczeniami, które w końcu doprowadziły do zbudowania piorunochronów.

Nie zawsze związek pomiędzy dwoma zjawiskami jest tego rodzaju, że jedno bez drugiego zachodzić nie może, że, jak powiadamy, jedno jest warunkiem niezbędnym (conditio sine qua non) dla drugiego. W niektórych przypadkach większa liczba zjawisk w takim pomiędzy sobą pozostaje związku, że każde z nich wpływa na wszelkie inne. Albo też zdarzyć się może, że pewne zjawisko, które mogłoby nastąpić wskutek zwykłych okoliczności, zostaje powstrzymane przez jakąś okoliczność przypadkowo występującą. Proch strzelniczy np. wybucha od iskry; lecz wybuch nie następuje, gdy proch jest mokry. Zależnie przeto od natury warunków, rozmaicie trzeba układać i wykonywać doświadczenia, które posłużyć mają do stwierdzenia własności ciał lub związku pewnych zjawisk. Przypuśćmy np., że stwierdzić należy, w jaki sposób zjawisko A zależy od czterech innych zjawisk B, C, D, E. Całkowity szereg doświadczeń powinienby być tak dokonany, że stale zachowane by były zjawiska C, D, E, gdy tymczasem B nie byłoby wcale lub zmieniałoby się w możliwie dalekich granicach; następnie zachowanoby stale B, D, E a zmienianoby C; to samo powtórzonoby z D i wreszcie z E.

Przykład: Do wzrostu potrzeba roślinom koniecznie, aby pobierały przez korzenie wodę, kwas fosforny, potas i azot w pewnych związkach chemicznych. Pragnąc stwierdzić, wiele potrzeba tych ciał i w jakich związkach działają one najlepiej, dokonywa się doświadczeń w ten sposób, że dostarcza się roślinom w dostatecznej ilości wody oraz związków potasu i azotu, zaś kwasu fosfornego w ilości zmiennej i w rozmaitej postaci. Gdy stwierdzono w ten sposób zależność wzrostu od kwasu fosfornego, podaje się ten kwas wraz z wodą i azotem w ilości wystarczającej, a dowóz potasu zmienia się odpowiednio do wymagań doświadczenia. Wreszcie, tak samo postępuje się ze związkami azotowemi i t. d., aż nakoniec całe zadanie zostanie wyjaśnione.

Wybór środków właściwych, korzystanie z najodpowiedniejszych warunków w obserwacyach i doświadczeniach — oto główne cechy dobrego badacza przyrody; od nich też zależy szybszy lub powolniejszy postęp wiedzy. Przypadek szczęśliwy zrządzić może, że ktoś spostrzeże nowe zjawisko i że dokona może dzięki temu ważnego odkrycia. Lecz ten tylko rzeczywiście potrafi skorzystać z takiego przypadku, kto pojmie właściwie to zjawisko, kto pozna związek tegoż ze znanemi już faktami oraz warunki, od których

www.dlibra.wum.edu.pl

ono zależy i zdoła w ten sposób poddać je zbadaniu wielokrotnemu w warunkach najrozmaitszych.

5. Przykład ostatnio przytoczony wskazuje, że stosunek pomiędzy dwoma zjawiskami niekiedy daje się wyrazić liczbą i miarą, albowiem pewnej dającej się wymierzyć zmianie jednego zjawiska odpowiada pewna dająca się wymierzyć zmiana drugiego. W tych razach, gdzie stosunek taki daje się wykazać i dokładnie wyśledzić, jesteśmy w stanie głębiej poznać wzajemny związek pomiędzy zjawiskami. Prowadzi to bowiem do wykrycia pewnych praw, które mogą ewentualnie być ujęte w formę matematyczną, i otwiera drogę do badania matematycznego zagadnień przyrodniczych, przez co nauka zyskuje ścisłość. Pouczającym w tym względzie przykładem jest odkrycie przez Galileusza praw spadku ciał, które w powiązaniu z prawami Kepplera pozwoliły Newtonowi dojść do wiekopomnego uogólnienia wyrażonego w prawie ciążenia powszechnego. 5. Doświadczenia i pomiary.

Gdy Galileusz w 19 roku życia studyował w Pizie, uderzyło go kiedyś podczas nabożeństwa w katedrze spostrzeżenie, że zarówno małe świeczniki jak duże, zawieszone u sufitu na jednakowo długich łańcuchach, wykonywały równie szybkie ruchy wahadłowe. Rozmyślając nad tem, wysnuł przypuszczenie, że ruchy wahadła możnaby pojmować jako pewien rodzaj spadku ciał. Ciało bowiem drgające ruchem wahadłowym, oddalając się od położenia spoczynkowego, w którem łańcuch czy sznur znajduje się dokładnie w położeniu pionowem, podnosi się, a następnie spada do położenia najniższego, przyczem, wskutek umocowania stałego, jest zmuszone wykonać ruch wzdłuż łuku koła. Jeżeli takie pojmowanie ruchu wahadłowego było słuszne, w takim razie to spostrzeżenie Galileusza musiało pozostawać w sprzeczności z powszechnem podówczas nauczaniem Arystotelesa, że ciała ciężkie spadają prędzej niż lekkie. Gdy widzimy opadanie kamienia i piórka puchu, istotnie spostrzegamy taką różnicę w szybkości spadku, jak przyjmował Arystoteles; lecz pochodzi to, jak słusznie mniemał Galileusz, od oporu powietrza, który oddziaływa zwalniająco w znacznie wyższym stopniu na ciało lekkie niż na ciężkie[1]). Aby dowieść bezpodstawności twierdzenia Arystotelesowego, rozumował Galileusz tak: pomyślmy, że ciało spadające jest rozłożone na dowolną liczbę równych, drobnych cząstek; każda z tych cząstek oczywiście jest lżejszą od całego ciała; wszystkie cząstki spadają jednakowo szybko; trudno po-

[1]) Słuszność takiego przypuszczenia może być obecnie łatwo dowiedziona; należy tylko pozwolić spadać ciałom ciężkim i lekkim w próżni (w przestrzeni pozbawionej powietrza), a przekonamy się, że spadają z jednakową prędkością.

www.dlibra.wum.edu.pl

jąć, dla czegoby miało się cośkolwiek zmienić, gdy cząstki te znów są ze sobą połączone i spadają jako jedno ciężkie ciało.

Rozumując tak, poruszał się Galileusz całkowicie w ogólnie podówczas panującej metodzie dialektycznej. Wszelako bynajmniej nie poprzestał on na tem, lecz wykonywał doświadczenia, pragnąc sprawdzić swe przypuszczenia. Z wysokości wieży pochyłej w Pizie rzucał ciała o rozmaitym ciężarze i przekonał się, że wszystkie spadają z jednakową prędkością, jeżeli tylko były dostatecznie ciężkie i o takim ciężarze właściwym, że zwolnienie wskutek oporu powietrza nie mogło znacznie wpłynąć na ich spadanie. Następnie robił doświadczenia z wahadłami i przekonał się, że szybkość ruchu nie zależy tu wcale od masy wahadła, lecz od jego długości. W dalszym ciągu sądził Galileusz, że prawa spadku ciał dogodniej mogą być badane w tych razach, gdy spadanie zachodzi powolnie, jak to się dzieje np. przy staczaniu się kul po równiach pochyłych, i w tym też kierunku podjął doświadczenia. Tego rodzaju rozważania i doświadczenia nader pomysłowe, o których tylko pobieżnie wspomnieć tu możemy, doprowadziły go ostatecznie do odkrycia praw spadku ciał. Bystrość i przenikliwość umysłu tego badacza tem wyżej cenić i podziwiać należy, że nie posiadał on jeszcze zegara, a do mierzenia czasu posługiwać się musiał zjawiskiem wypływania wody z wązkich otworów.

Gdy obecnie wykonywamy doświadczenia nad spadaniem ciał, posługujemy się odpowiedniemi przyrządami, które pozwalają mierzyć czas znacznie dokładniej, aniżeli mógł to czynić Galileusz. Przypuśćmy na chwilę, że prawo odnośne nie jest nam jeszcze znane i że mamy je dopiero wykryć w wynikach doświadczeń. Oznaczmy przez s przestrzeń, jaką w czasie t przebiega ciało, a znajdziemy wówczas np. w czterech doświadczeniach, że:

w czasie	t	$2\,t$	$3\,t$	$4\,t$
przebiega to ciało drogi	s	$4\,s$	$9\,s$	$16\,s$.

Widać więc, że podczas gdy liczby wyrażające czas zachowują się jak $1:2:3:4$, drogi przebieżone pozostają względem siebie w stosunku $1:4:9:16$, co możemy również wypisać w postaci: $1^2:2^2:3^2:4^2$. Możemy przeto powiedzieć: drogi przebieżone są proporcyonalne do kwadratów z czasu.

Gdy zaś tak się wyrażamy, wyprowadziliśmy już wniosek indukcyjny. Przypuściliśmy, że to co dotyczy tych czterech okresów wymierzonych czasu, dla których osiągnęliśmy pewne rezultaty z doświadczeń, odnosić się będzie także do innych przypadków. Słuszność tej hypotezy, prawdziwość tego przypuszczenia stwierdzić możemy przez nowe doświadczenia. Zmierzymy np. drogi przebieżone w czasie $3^1/_2\,t$ i w czasie $8\,t$ i znajdziemy $12^1/_4\,s$ i $64\,s$, co w zupełności odpowiada przypuszczeniu. Im liczniejsze dokonywa się doświadczenia tego rodzaju, im więcej do-

www.dlibra.wum.edu.pl

świadczeń tych przy pomocy różnych metod dokonywanych daje rezultaty zgodne z hypotezą, tem hypoteza ta bardziej się zbliża do prawa. Staje się ona prawem, a tem samem przestaje być hypotezą, jeżeli potrafimy dowieść, że wnioski z każdej innej hypotezy prowadzą do rezultatów niezgodnych z faktami (porówn. rozdz. II, § 14).

6. W doświadczeniach tego rodzaju trzeba nietylko obserwować, lecz i mierzyć zjawiska, których stosunki badamy, czyli trzeba je porównywać z pewnemi rzeczami, z pewnemi przedmiotami przyjętemi za jednostki miary. 6. Jednostki miar.

Rzeczy lub zjawiska, które mogą być mierzone [1]), nazywamy wielkościami. Różne bywają rodzaje wielkości; porównywać wszakże pomiędzy sobą można tylko wielkości jednego i tego samego rodzaju. Nie można ciepła wydawanego przez piec wyrazić w centymetrach lub prędkości pociągu kolejowego w gramach. Muszą zatem istnieć rozmaite rodzaje jednostek miar. W rzeczywistości wszakże istnieją tylko trzy miary zasadnicze, do których sprowadzić można wszelkie inne miary. Są to miary długości, masy i czasu. Jednostką długości jest centymetr (1 *cm*), jednostką masy gram (1 *g*), jednostką czasu sekunda (1 *sek*). Miary sprowadzone do tych jednostek zasadniczych nazywamy absolutnemi. Obok nich w życiu codziennem, w technice oraz w pewnych poszczególnych gałęziach nauk są w użyciu rozmaite miary praktyczne, które mogą być naturalnie przerachowane na miary w układzie absolutnym.

Centymetr (1 *cm*) jest setną częścią normalnej sztaby metrowej, t. zw. metra normalnego przechowywanego w biurze międzynarodowem miar i wag w St. Cloud pod Paryżem. Według zamiaru pierwotnego metr (1 *m*) miał być częścią dziesięciomilionową ćwierci południka ziemskiego. Wprawdzie ściśle tak nie jest, lecz ostatecznie jest to obojętne, chodzi bowiem głównie o to, aby wszystkie pomiary długości dokonywane były tą samą miarą. Otóż ta pewność o tyle jest zachowana, że wszelkie miary stosowane w pomiarach ścisłych bywają porównywane z owym metrem normalnym lub z jego dokładnemi kopiami. Z miar długości wyprowadzamy miary powierzchni i objętości, centymetr kwadratowy (1 cm^2) i centymetr sześcienny (1 cm^3).

Gram (1 *g*) jest masą centymetra sześciennego (1 cm^3) wody przy

---

[1]) Wyrażenie „mierzyć zjawiska“ użyte jest tu właściwie jako skrócenie. Mierzymy tylko wielkości mające wpływ na zjawisko, jak to objaśnimy w ciągu dalszym.

www.dlibra.wum.edu.pl

+ 4° C., w której to temperaturze woda ma największą gęstość, albo też ciężarem takiej masy wody [1]).

Sekunda (1 *sek*) jest 86400-ną częścią średniej długości dnia słonecznego; dzień gwiazdowy czyli czas między dwoma następującemi po sobie górowaniami jednej i tej samej gwiazdy stałej (czyli chwilami przejścia gwiazdy przez południk miejsca obserwacyi) jest o 0,09 sekundy dłuższy od średniego dnia słonecznego.

Jednostki miary do innych pomiarów służące, a niezbędne dla celów wykładu naszego, poznamy w dalszym ciągu.

Przy dokonywaniu pomiarów posługiwać się możemy pewnemi przyrządami, które zwiększają ścisłość, więc mikroskopami, lunetami, drążkami i t. d. Niektóre pomiary nie mogą być wykonywane bezpośrednio, lecz niejako na drodze ubocznej. Gdy np. oznaczamy temperaturę ciała przy pomocy termometru, polega to na tem, że skutkiem dostatecznie długiego zetknięcia termometru z danem ciałem zawarta w termometrze rtęć przybiera tęż temperaturę co i badane ciało i że temperaturę rtęci poznajemy ze zmiany objętości, tę ostatnią zaś znów ze zmiany długości nici rtęci zamkniętej w rurce termometru. Wszędzie gdzie to tylko jest możliwe, staramy się przez odpowiednie urządzenie przyrządów mierniczych sprowadzić wszelkie pomiary do pomiarów linijnych (długości) i kątowych (części obwodu koła).

7. Błędy w pomiarach.

7. Przy największej nawet staranności w dokonywaniu pomiarów nie możemy jednakże nigdy uniknąć całkowicie pewnych drobnych błędów. Te błędy w obserwacyi i w odczytywaniu rezultatów pomiarowych pochodzą w części z niedokładności instrumentów, w części zaś są spowodowane niedoskonałością naszych narządów zmysłowych. Niedokładności w przyrządach mierniczych niekiedy bywają stałe w danym przyrządzie i mogą być wykryte i ściśle oznaczone przez sprawdzenie przyrządu.

Dobry zegar wahadłowy, taki, jakiego używają w obserwatoryach astronomicznych, nigdy nie jest tak doskonale zgodny z dniem słonecznym lub gwiazdowym, że dokładnie 86400 sekund zegara przypada na jeden dzień słoneczny lub 86400,09 sekund zegara na jeden dzień gwiazdowy. Lecz przez wielokrotne porównanie zegara z przejściem gwiazdy przez południk można dokładnie poznać jego bieg; a jeżeli bieg ten się nie zmienia, można przy pomocy takiego zegara równie ściśle czas mierzyć, jak gdyby nie wskazywał żadnego zboczenia. Bieg zegarów wahadłowych zależy od długości wahadła, i gdyby np. wahadło zmieniało się pod wpły-

[1]) Masa i ciężar nie są pojęcia identyczne. Gdy wszakże dwie masy jednakowe porównywane są na jednakowej odległości od środka ziemi, mają one ciężary jednakowe.

www.dlibra.wum.edu.pl

wem zmian temperatury, zegar taki nie mógłby być użyty do pomiarów dokładnych. Wpływ przeto zmian temperatury na wahadło musi być zniesiony, skompensowany w odpowiedni sposób, t. j. wahadło tak musi być urządzone, że długość jego [1]) pozostaje niezmienna, a dokładność kompensacyi powinna być sprawdzona w szeregu odpowiednich doświadczeń.

Wadliwym przeto przyrządem można jednakże wykonywać pomiary dokładne, jeżeli tylko wiadomo, jak wielki jest błąd popełniany i że błąd ten jest stały. Potrzeba w takim razie przy każdym pomiarze uczynić odpowiednią poprawkę, która błąd ten wyrównywa. Błędy niestałe, czy to zależne od samego przyrządu, czy też od niedoskonałości naszych zmysłów, nie dają się wyrównać w sposób tak prosty. Gdy wszakże wielokrotnie jeden i ten sam pomiar powtarzamy, jesteśmy w stanie stwierdzić, w jakich granicach poruszają się wahania wielkości mierzonej. Z góry już jest prawdopodobieństwo pewne, że odchylenia od prawdziwej, poszukiwanej wartości nie zawsze zachodzą w jednym i tym samym kierunku, tak jak się to dzieje w tych przypadkach, kiedy mamy do czynienia z błędami stałemi, spowodowanemi czy to metodą mierniczą lub przyrządem, czy też nieścisłością organu zmysłu badacza. Wartości mierzone wypadną przeto w części zbyt duże, w części zbyt małe. Gdy więc wykonamy większą liczbę pomiarów i obliczymy średnią arytmetyczną z wartości znalezionych, wówczas błędy w przybliżeniu się wyrównają i otrzymamy wartość niezmiernie zbliżoną do istotnej poszukiwanej wielkości.

Im liczba obserwacyj jest większa, tem większem jest prawdopodobieństwo, że błędy wyrównywają się, znoszą wzajemnie. Według pewnych prawideł matematycznych można wówczas obliczyć, jak wielkim być może jeszcze błąd prawdopodobny, tkwiący w owej średniej arytmetycznej. Jeżeli wielkość jaka oznacza się nie z jednego szeregu doświadczeń, lecz z wielu szeregów pomiarów (np. przy oznaczaniu gęstości ciał, kiedy ważymy raz w powietrzu, drugi raz w wodzie), oczywiście każdy z tych szeregów zawiera błąd w sobie; błąd prawdopodobny rezultatu

---

[1]) Mamy tu na myśli t. zw. „zredukowaną“ długość wahadła. Ponieważ pojedyńcze punkty ciężkiego wahadła na rozmaitej znajdują się odległości od punktu zawieszenia, przeto punkty bliższe—ponieważ poruszałyby się prędzej, gdyby same tylko się wahały—działają przyśpieszająco na punkty odleglejsze, te zaś znów działają zwalniająco na punkty bliższe. W pewnym oznaczonym punkcie wahadła obadwa te działania, przyśpieszające i zwalniające, znoszą się wzajemnie; punkt ten przeto wykonywa takie wahania, jak gdyby sam tylko w całem znajdował się wahadle. Odległość tego punktu od punktu zawieszenia jest długością zredukowaną; od tej odległości zależy prędkość wahania.

www.dlibra.wum.edu.pl

ostatecznego zależeć będzie od tego, czy błędy spostrzeżeń pojedyńczych współdziałają wszystkie w jednym kierunku, czy też w części wyrównywają się wzajemnie. Można obliczyć wielkość prawdopodobną błędu ostatecznego, a doświadczenia tak mogą być urządzone, aby ten błąd w rezultacie był możliwie mały.

8. Stosunek funkcyj.

8. Gdy dwa szeregi wielkości pozostają względem siebie w takim stosunku, że każdej wielkości jednego szeregu odpowiada pewna wielkość w szeregu drugim, stosunek ten nazywamy stosunkiem funkcyj i wyrażamy to ogólnie wzorem $x = f(y)$. W równaniu tem x i y mogą oznaczać wartości rozmaite; są to wielkości zmienne; lecz gdy r ma pewną wartość oznaczoną, to tem samem oznaczoną jest dokładnie wartość y. W znanym nam przykładzie spadku ciał (§ 5) drogi przebieżone i czas trwania spadku pozostają względem siebie w stosunku funkcyj. Każdemu bowiem okresowi czasu odpowiada pewna długość drogi przebieżonej. Możemy przeto napisać $s = f(t)$. Wzór taki wypowiada, że pomiędzy wielkościami s i t zachodzi stosunek liczbowy, choć rodzaj tego stosunku bliżej nie jest określony. W razie gdy stosunek dokładnie jest poznany, można równanie $s = f(t)$ zastąpić innem, które już wskazuje ściśle charakter stosunku liczbowego; w przypadku naszym równanie to będzie $s = a \,.\, t^2$. W równaniu tem s i t są wielkości zmienne, a natomiast jest stałą, która we wszystkich przypadkach zachowuje niezmiennie swą wartość. Przypuśćmy, że $t = 1$, wówczas także $t^2 = 1$ a przeto $s = a$; innemi słowy a jest to liczba wskazująca drogę przebieżoną w pierwszej sekundzie spadania ciała; przy spadku swobodnym, pionowym w średnich szerokościach geograficznych na kuli ziemskiej $a = 4{,}9$ m.

Stosunek funkcyj zawsze jest wzajemny; jeśli bowiem każdej wartości y odpowiada pewna wartość x, więc i odwrotnie każda wartość x ma odpowiadającą sobie wartość y. Równaniu $x = f(y)$ odpowiada przeto zawsze inne równanie $y = f(x)$. Równaniu $s = a \,.\, t^2$ odpowiada równanie niejako odwrotne $t = \pm \sqrt{\frac{s}{a}}$. [1])

9. Prawa wynikające z doświadczeń.

9. Rozważania powyższe wykazują, w jaki sposób z doświadczeń starannie dokonywanych wykrywamy pewne stosunki prawidłowe, które w pewnych razach dają się wyrazić za pomocą wzorów matematycznych. Pragnąc jeszcze dokładniej to wyja-

[1]) Każdej wartości s odpowiadają zatem dwie wartości t, dodatnia i odjemna. Ze względu właśnie na takie przypadki powiedziano wyżej, że niekiedy pewnej wielkości jednego szeregu odpowiada większa liczba wielkości innego.

www.dlibra.wum.edu.pl

śnić, zaczerpniemy jeszcze jeden przykład z innej dziedziny fizyki. Zbadajmy, w jaki sposób ciało ogrzane oddaje swe ciepło otoczeniu chłodniejszemu, a dla możliwego uproszczenia zadania pominiemy wszelką stratę ciepła przez przewodnictwo i przypuścimy, że oddawanie ciepła zachodzi tylko przez promieniowanie.

Aby rozwiązać to zadanie na drodze doświadczalnej, możnaby np. postąpić w sposób następujący. Ogrzewamy termometr z dość dużą kulą rtęciową, dajmy do 20^0. Termometr umieszczony jest w korku dopasowanym do otworu naczynia szklanego kulistego o mocnych ścianach, tak że gdy zamykamy naczynie tym korkiem, kula termometru znajduje się w samym środku naczynia. Do naczynia prócz tego dopasowana jest rura, która może być zamykana kranem. Kiedy korek z termometrem wstawiony już jest dobrze w naczynie, wówczas rurę łączymy z pompą powietrzną i usuwamy powietrze z naczynia; następnie umieszczamy je w dużym zbiorniku i otaczamy całkowicie drobnemi kawałkami lodu, tak że ściany naczynia ochładzają się do 0^0 i zachowują stale tę temperaturę.

Tymczasem termometr już opadł. Czekamy, aż wskaże temperaturę 10^0 i zapisujemy chwilę, kiedy to nastąpiło; potem czekamy aż wskaże 9^0 i znów zapisujemy czas i t. d. Innemi słowy, zapisujemy, ile czasu upływa podczas spadku temperatury od stopnia do stopnia. Oznaczamy literą m czas (w sekundach), podczas którego termometr obniżył się od 10^0 do 9^0. Dalszy przebieg doświadczenia uwidoczni tabliczka następująca.

Termometr wskazuje	Czas, który upłynął od chwili kiedy termometr wskazywał 10^0
10^0	0 sekund
9^0	1 m „
8^0	2,1 m „
7^0	3,4 m „
6^0	4,9 m „
5^0	6,6 m „
4^0	8,7 m „
3^0	11,4 m „
2^0	15,2 m „
1^0	21,5 m „
0^0	40,5 m „

Zastanówmy się, czy z tych faktów da się wyprowadzić pewna prawidłowość [1]). Przypuszczamy hypotetycznie, że promieniowanie ciepła jest proporcyonalne do różnicy pomiędzy temperatu-

[1]) Tymczasem pomijamy zupełnie, jaka jest różnica pomiędzy pojęciami „ciepła“ i „temperatury“. Objaśnienie tych pojęć podamy później. Przypuszczamy tu tylko, że „ciepło“, bez względu na to, czem jest w isto-

www.dlibra.wum.edu.pl

rą ciała oddającego ciepło a temperaturą otoczenia. Ponieważ ta ostatnia utrzymuje się stale na 0^0, przeto owa różnica równa się w każdej chwili temperaturze wskazywanej przez termometr.

W czasie kiedy termometr opadał od 10^0 do 9^0, temperatura jego średnio wynosiła $9^0,5$. W tym czasie ($=$ m sekund) termometr opadł o 1^0; przeto w jednostce czasu spadek wynosił $\frac{1^0}{\text{m}}$. Podczas gdy termometr opadał od 9^0 do 8^0, średnia jego temperatura wynosiła $8^0,5$; obniżenie o 1^0 wymagało czasu 1,1 m (mianowicie 2,1 m—1 m), więc w jednostce czasu obniżenie $= \frac{1^0}{1{,}1\ \text{m}}$. Ażeby opaść z 6^0 do 5^0, podczas czego średnia temperatura wynosiła $5^0,5$, potrzeba było czasu $6{,}6 - 4{,}9 = 1{,}7$ m; spadek w jednostce czasu wynosił zatem $\frac{1^0}{1{,}7\ \text{m}}$ i t. d.

Wartości oznaczone w doświadczeniu zestawiamy jeszcze raz w tablicy, obok nich zaś umieszczamy pod nagłówkiem „obliczono“ wartości, które obliczone zostały w tem przypuszczeniu, że hypoteza nasza o promieniowaniu jest słuszna.

1. Różnica temperatur	2. Czas, w którym temperatura opada o 1^0		3. Spadek temperatury w jednostce czasu	
	Znaleziono	Obliczono	Znaleziono	Obliczono
$9\frac{1}{2}^0$	1 m		$\frac{1}{\text{m}}$	$\frac{1}{\text{m}}$
$8\frac{1}{2}^0$	1,1 m	1,12 m	$\frac{1}{1{,}1\ \text{m}}$	$\frac{1}{1{,}12\ \text{m}}$
$7\frac{1}{2}^0$	1,3 m	1,29 m	$\frac{1}{1{,}3\ \text{m}}$	$\frac{1}{1{,}29\ \text{m}}$
$6\frac{1}{2}^0$	1,5 m	1,46 m	$\frac{1}{1{,}5\ \text{m}}$	$\frac{1}{1{,}46\ \text{m}}$
$5\frac{1}{2}^0$	1,7 m	1,73 m	$\frac{1}{1{,}7\ \text{m}}$	$\frac{1}{1{,}73\ \text{m}}$
$4\frac{1}{2}^0$	2,1 m	2,11 m	$\frac{1}{2{,}1\ \text{m}}$	$\frac{1}{2.11\ \text{m}}$
$3\frac{1}{2}^0$	2,7 m	2,71 m	$\frac{1}{2{,}7\ \text{m}}$	$\frac{1}{2{,}71\ \text{m}}$
$2\frac{1}{2}^0$	3,8 m	3,80 m	$\frac{1}{3{,}8\ \text{m}}$	$\frac{1}{3{,}80\ \text{m}}$
$1\frac{1}{2}^0$	6,3 m	6,33 m	$\frac{1}{6{,}3\ \text{m}}$	$\frac{1}{6{,}33\ \text{m}}$
$\frac{1}{2}^0$	19,0 m	19,00 m	$\frac{1}{19{,}00\ \text{m}}$	$\frac{1}{19{,}00\ \text{m}}$

cie, przechodzi z ciał cieplejszych, o temperaturze wyższej, na ciała zimniejsze, o temperaturze niższej. To przenoszenie się ciepła bez pośrednictwa ciał materyalnych (jak to się dzieje w przypadku naszym, gdzie termometr znajduje się w próżni) nazywamy promieniowaniem.

www.dlibra.wum.edu.pl

W rubryce 2-iej przypuszczono, że pierwsze zanotowanie czasu, w którym termometr opadł z 10^0 do 9^0, jest dokładne, i ztąd obliczono, ile potrzeba czasu, zanim z 9^0 termometr spadnie do 8^0, z 8^0 do 7^0 i t. d., jeżeli słuszną jest hypoteza, że szybkość utraty ciepła jest proporcyonalna do różnicy temperatur. W rubryce 3-ej dokonano obliczenia w przypuszczeniu, że najdokładniejszem jest spostrzeżenie ostatnie (strata ciepła przy spadku temperatury z 1^0 do 0^0). Niema, jak widać z tablicy, zgodności absolutnej pomiędzy liczbami w doświadczeniu odczytanemi a wartościami obliczonemi. Lecz różnice są tak nieznaczne, że usprawiedliwiają w zupełności mniemanie, iż powstały wskutek niedających się uniknąć błędów przy odczytywaniu wskazówek termometru oraz przy notowaniu czasu na zegarku. Jeżeli doświadczenie takie wykonamy wielokrotnie i przekonamy się, że odchylenia są zawsze bardzo drobne i że wahają się już w jednym, już też w drugim kierunku, będziemy zupełnie uprawnieni do poczytania tych odchyleń za nieuniknione błędy spostrzeżeń i do uważania hypotezy za prawdziwą. Hypoteza ta przeto przestanie być hypotezą i stanie się, zgodnie z naszem rozumowaniem poprzedniem, prawem. Istotnie to, cośmy tu rozwinęli, znane jest w fizyce jako prawo Newtona o oziębianiu się ciał i może być wyrażone następującemi słowami:

„Gdy ciało znajduje się w środowisku o temperaturze niższej od swojej własnej i traci ciepło tylko przez promieniowanie, strata ta w każdej cząstce czasu jest proporcyonalna do różnicy pomiędzy temperaturą ciała a temperaturą otoczenia".

10. Prawo wyprowadzone z doświadczeń powyższych jest tak zwanem prawem empirycznem. Prawa takie na razie odnoszą się tylko do tych doświadczeń, z których je wyprowadzono. Jeżeli na oziębienie do 4^0 potrzeba było czasu 8,7 m, a na oziębienie do 3^0 czasu 11,4 m, a pragniemy się dowiedzieć, jaką miał temperaturę termometr w czasie 10 m po rozpoczęciu doświadczenia, to możemy na pewno przypuścić, że w tym czasie temperatura była pośrednia pomiędzy 3^0 i 4^0. Możemy ją obliczyć, jeśli przypuścimy, że prawidłowość, jaką znaleźliśmy dla stopni całkowitych pomiędzy 10^0 a 0^0, zachowana jest także pomiędzy 3^0 a 4^0. Gdybyśmy wszakże chcieli z danych doświadczenia powyższego obliczyć, jak oziębiać się będzie ciało o temperaturze 200^0 w środowisku o 50^0, nie moglibyśmy już mieć z góry pewności, że i w tych warunkach prawo powyższe zachowuje siłę. Okazało się w rzeczy samej, że przy większych różnicach temperatur oziębienie następuje prędzej, niż możnaby oczekiwać z prawa powyższego.

10. Prawa empiryczne i racyonalne.

www.dlibra.wum.edu.pl

Przy rozważaniu powyższem prawa spadku ciał wynikło, że, jeżeli tylko niema żadnych zakłóceń ze strony oporu powietrza i t. p., prawo to zachowuje swą siłę zawsze w całej swej rozciągłości. Wiemy prócz tego, że może ono właściwie być wyprowadzone jako szczególny przypadek prawa daleko ogólniejszego, mianowicie prawa ciążenia powszechnego. Tego rodzaju prawa w odróżnieniu od empirycznych nazywają się racyonalne. Prawa empiryczne ograniczone są do ciasnego zakresu objętego przez doświadczenia odnośne; prawa zaś racyonalne mają siłę nieograniczoną, jeżeli ich prawdziwość została stwierdzona przez zgodność wszystkich wynikających dedukcyj z doświadczeniem.

W tych granicach, w jakich prawo siłę swą zachowuje, można z dwu oznaczonych przez doświadczenie wartości wyznaczyć wszelkie wartości pośrednie. Jeżeli nie zależy na ścisłości absolutnej, a interwal nie jest zbyt duży, wystarczy rozłożenie interwalu tego na pewną liczbę równych części, t. j. przypuszcza się, że zmiany wewnątrz interwalu zachodzą zupełnie jednostajnie, albo innemi słowy, że zmiany obudwu wartości zmiennych są względem siebie proporcyonalne.

Z tabliczki na str. 55 widzimy, że w czasie oziębiania się po czasie 3,4 m termometr opadł do 7^0, a po czasie 4,9 m do 6^0. Ażeby oznaczyć w przybliżeniu, jaki byłby stan termometru po czasie 4 m, przypuśćmy, że opadanie temperatury z 7^0 do 6^0 zachodzi jednostajnie (proporcyonalnie do czasu). Spadek temperatury o cały stopień wymagał czasu 1,5 m; przeto na $0^0,1$ przypada czas 0,15 m. Od 3,4 m do 4 m jest czasu 0,6 m, czyli $4 \times 0,15$ m, zatem do czasu 4 m termometr opadłby jeszcze o $0,^04$ czyli wskazywałby $6^0,6$ [1]).

11. Doświadczenia ilościowe i jakościowe.

11. Doświadczenia mające na celu odszukanie stosunków liczbowych pomiędzy szeregami różnych wielkości, możemy nazywać ilościowemi. W wielu wszakże przypadkach poprzestać musimy na stwierdzeniu, czy w danych warunkach wogóle zachodzi lub nie zachodzi pewne zjawisko lub jakakolwiek zmiana, albowiem nie jesteśmy w stanie mierzyć badanych zjawisk. Takie doświadczenia w odróżnieniu od tamtych nazywać możemy jakościowemi. I doświadczenia jakościowe stanowić mogą cenny nabytek wiedzy. Im warunki, w jakich zjawisko przebiega, są różnorodniejsze i zawilsze, tem jest trudniej wykonywać doświadczenia ilościowe, albowiem nie można z dostateczną pewnością zmieniać poszczególnych warunków, nie zmieniając współcześnie innych. Do-

[1]) Bliższe szczegóły o metodzie takiego obliczania, którą nazywamy interpolacyą, porówn. w przypisach na końcu książki.

www.dlibra.wum.edu.pl

piero powoli i stopniowo, w miarę postępu w poznawaniu związku pomiędzy oddzielnemi szczegółami w zjawisku zawiłem, dojść można do tego, że wpływ każdego warunku da się ilościowo oznaczyć. Zjawiska życiowe roślin i zwierząt należą bez wątpienia do najzawilszych. Ztąd też doświadczenia ilościowe w fizyologii połączone są zazwyczaj z bardzo znacznemi trudnościami. Dzieje wiedzy wskazują przykłady ostrzegające, że doświadczenia przedwczesne, dokonywane przy pomocy środków niedostatecznych, prowadzić mogą do poważnych błędów i złudzeń.

12. Przyrządy.

12. Zależnie od przedmiotów, z któremi dokonywamy doświadczenia i zależnie od zadań, które rozwiązać zamierzamy, stosujemy metody badania najrozmaitsze. Pragnąc wykonywać doświadczenia w warunkach możliwie najpomyślniejszych, badacze starali się nietylko doskonalić środki obserwacyi, lecz nadto obmyślili urządzenia i przyrządy (aparaty), które spełniałyby o ile można najlepiej warunki dla doświadczeń nieodzowne[1]).

Przyrządy służą albo do pomiarów, jak miary, wagi, zegary, termometry i t. d., albo do obserwowania zjawisk rozmaitych w pewnych oznaczonych warunkach, więc do doświadczeń. Przyrządy pierwszego szeregu jednakowe są prawie we wszystkich gałęziach wiedzy. W wielu przypadkach nadaje im się wysoki stopień ścisłości przez zastosowanie pewnych środków pomocniczych, które wspomagają, niejako doskonalą sprawność naszych organów zmysłowych (mikroskopy i t. p.)[2]). Przyrządy szeregu drugiego rozmaicie są sporządzone zależnie od tego, jakim służą celom; bywa wszakże, że przyrząd obmyślony i zbudowany do badań w pewnej dziedzinie wiedzy może być użyty w innej dziedzinie, jeżeli zostanie odpowiednio przystosowany do tego celu specyalnego, do którego ma być pomocnym. W fizyologii dużego nabrały znaczenia pewne przyrządy, które równie dobre oddają usługi przy badaniu jak i przy wykładzie, tak zwane przyrządy schematyczne. Zasada, na której się one opierają, polega na tem, ażeby to, co ma być

---

[1]) Obok przyrządów służących do badań naukowych istnieją inne, któremi posługujemy się przy nauczaniu, przy wykładzie, dla okazywania faktów i praw już zbadanych. Są to t. zw. przyrządy wykładowe, do demonstracyi (pokazywania) zjawisk, o których mowa w wykładzie.

[2]) Do przyrządów mierniczych, pomiarowych należą także t. zw. przyrządy graficzne (piszące, samopiszące); mają one rozległe zastosowanie w fizyologii. Zasada, na której się one opierają, wyłożona jest bliżej w przypisach na końcu książki.

www.dlibra.wum.edu.pl

zbadane lub przedstawione, było odtworzone, reprodukowane w sposób możliwie prosty. Im bardziej się powiedzie wszystkie warunki istotne zjawiska możliwie wiernie odtworzyć, warunki zaś uboczne albo zupełnie wyłączyć, lub przynajmniej, o ile można, najbardziej uprościć, tem przyrząd lepiej spełniać będzie swe przeznaczenie.

Tak np. przy badaniu krążenia krwi poznano, że serce działa jak pompa ssąco-tłocząca, która utrzymuje krew wewnątrz sprężystych rur (naczyń krwionośnych) w ustawicznym ruchu. Budujemy przyrząd, który możliwie wiernie naśladuje takie urządzenie. Serce zastępujemy pompą ssąco-tłoczącą z odpowiedniemi klapami, naczynia krwionośne rurkami elastycznemi i t. d. Z tym, jak powiadamy, przyrządem schematycznym, wykonywamy doświadczenia, zmieniamy to jednę, to drugą część, badamy ten lub ów szczegół i w ten sposób dowiadujemy się wielu rzeczy, których w zwierzęciu z taką łatwością dostrzedz nie bylibyśmy w możności. Wprowadzamy pewne zmiany w przyrządzie takim i uważamy, czy wpływają one na rezultat ostateczny, czy nie. W ten sposób zwracamy uwagę na szczegóły istotne w badanem zjawisku i zbliżamy się znakomicie do zrozumienia związku pomiędzy temi szczegółami. Następnie rozważamy, jak dalece to, czegośmy się dowiedzieli przy badaniu tego przyrządu schematycznego, daje się przenieść na stosunki panujące w zwierzęciu żywem. Takie doświadczenia z przyrządami schematycznemi w wielu kierunkach przyczyniły się do rozszerzenia zakresu naszej wiedzy. Zwłaszcza zaś te przyrządy, gdy są dobrze obmyślone, okazują się pożytecznemi przy wykładzie, albowiem wiele szczegółów zjawiska badanego występuje tu wyraźniej i jaśniej, aniżeli w żywem zwierzęciu, w którem pewne narządy i czynniki działające trudno są przystępne dla obserwacyi bezpośredniej.

13. Obserwacye i doświadczenia na tworach żywych.

13. Najważniejszem wszelako źródłem poznania w fizyologii pozostaje zawsze obserwacya zjawisk w istotach żyjących. Obserwacye takie w części mogą być dokonywane bez żadnych zawilszych przygotowań, w części zaś wymagają znacznej wprawy i bardzo złożonych środków pomocniczych. Że człowiek przez całe życie regularne wykonywa ruchy oddechowe, podczas których klatka piersiowa naprzemian rozszerza się i kurczy, to widzimy już przy obserwacyi powierzchownej. Że przytem przez nos i usta wchodzi i wychodzi powietrze, możemy stwierdzić w bardzo łatwy sposób, np. trzymając przed otworem nosa lekki przedmiot (piórko puchu). Że powietrze wydechowe zawiera dużo pary wodnej, poznajemy po tem, że powstaje osad tej pary, jeżeli to wydechowe powietrze zostaje oziębione. Że to powietrze obfituje również w dwutlenek węgla, nie tak już jest łatwo dowieść; w tym celu

www.dlibra.wum.edu.pl

trzebaby je dopiero zetknąć z wodą wapienną lub wodą barytową, w których powstałby od dwutlenku węgla osad (węglanu wapnia, węglanu barytu). Że serce bije prawidłowo, czujemy to niekiedy; możemy też wnosić o tem ze zjawiska t. zw. uderzenia wierzchołkowego lub ze zjawiska tętna (pulsu). Lecz związek obudwu tych zjawisk z biciem serca nie jest tak bezpośrednio widoczny; dopiero rozległe badania pozwoliły nam związek ten wykryć. Że otwór źrenicy zmienia się, łatwo to dostrzedz przy oglądaniu oczu; nie jest też trudnem stwierdzenie, że zmiana ta pozostaje w związku ze zmianą siły światła wpadającego w oko; w świetle jasnem źrenica się zwęża, w ciemności rozszerza się. Aby wszakże całkowicie wyjaśnić związek pomiędzy temi zmianami źrenicy a zmianami w intensywności światła, potrzeba było bardzo zawiłych, długich i mozolnych badań nad własnościami układu nerwowego.

Pewne spostrzeżenia mogą być dokonywane tylko przy pomocy mikroskopu, który pozwala obrazy badanych przedmiotów w mniejszym lub większym stopniu powiększać. Dotyczy to przedewszystkiem badań nad zjawiskami życiowemi istot najdrobniejszych ze świata zwierzęcego i roślinnego, których wogóle okiem gołem dostrzedz nie można. Lecz i ciała zwierząt i roślin większych, wyższych złożone są z części drobnych, których budowa subtelna, dająca się poznać tylko przy pomocy mikroskopu, daje nader cenne wskazówki przy badaniu zjawisk życia. Żyjątka mniejsze, a w niektórych przypadkach i większe zwierzęta i rośliny są dostatecznie przezroczyste, tak że można je rozglądać bezpośrednio nawet przy znaczniejszych powiększeniach. Często udaje się badanie pojedyńczych części większych ustrojów, oderwanych od całości bez istotnego uszkodzenia ich budowy wewnętrznej. Lecz najczęściej dokładniejsze badanie budowy nie jest możliwe bez odpowiedniego, uprzedniego przygotowania badanego materyału. Technika mikroskopowa, służąca do tych specyalnych celów, niezmiernie się rozwinęła i udoskonaliła w ostatnich latach. Potrzeba wszakże pilnego i krytycznego rozważenia stosowanych metod mikroskopowych, aby stwierdzić za każdym razem, o ile otrzymane obrazy mikroskopowe mogą być uważane za wierne odbicia stanu życiowego, i w ten sposób uniknąć pomyłek wynikających z t. zw. „produktów sztucznych“ czyli z tych zmian, które powstają w badanym organie, tkance czy komórce wskutek użycia rozmaitych środków pomocniczych.

Niezależnie od badania budowy anatomicznej służy mikroskop nadto do poznawania pewnych zjawisk, ruchów lub zmian w budowie, bądź to zachodzących podczas badania bez współudzia-

www.dlibra.wum.edu.pl

łu naszego, bądź też umyślnie sprowadzonych. Zwłaszcza duże mają znaczenie tak zwane reakcye mikrochemiczne, t. j. występujące w badanym objekcie mikroskopowym zmiany wskutek działania tego lub owego odczynnika, który dodajemy albo przed sporządzeniem preparatu lub dopiero podczas samego badania. We wszystkich przeto tych przypadkach posługujemy się kombinacyami metod doświadczalnych z obserwacyą przy współczesnem uzbrojeniu oka w mikroskop.

Spostrzeżenia takie i doświadczenia mogą niekiedy być dokonywane na istotach żywych, w niczem nieuszkodzonych. To samo dotyczy innego rodzaju doświadczeń, w których albo zwierzę całe, albo pewne części jego ciała umyślnie umieszczamy w pewnych niezwykłych warunkach. Jeżeli zasłonimy oko ręką a następnie przez odjęcie ręki szybko wystawimy je na działanie jasnego światła, dostrzeżemy wspomniane już wyżej zjawisko zwężenia źrenicy. To samo doświadczenie dokonane na zwierzęciu martwem pozostaje bez rezultatu. Mamy tu więc przed sobą zjawisko życiowe; lecz na razie pozostaje nierozstrzygniętem pytanie, czy wpływ światła na tęczówkę jest bezpośredni czy też zachodzi w sposób zawilszy, przez szereg innych wpływów. Zliczmy częstość tętna i oddechu w spokoju, następnie wykonajmy nużącą pracę fizyczną i bezpośrednio potem znów zbadajmy tętno i oddech, a przekonamy się o znacznem przyśpieszeniu jednego i drugiego; gdy ciało pozostanie znów w spokoju, powróci też poprzednia szybkość oddechu i tętna.

14. Wiwisekcya.

14. Wszelako nie wiele jest zjawisk życia, które możnaby wybadać i poznać należycie w sposób tak prosty. Obserwacya narządów (organów) położonych w głębi ciała, pragnienie zbadania ich w pewnych warunkach szczególnych wymaga koniecznie usunięcia części powierzchownych nieprzezroczystych lub pewnych innych zawiłych sposobów przygotowania się do doświadczeń. Oczywiście musi to być dokonane na zwierzęciu żywem, bo jakkolwiek możemy jeszcze na trupach rozpoznać kształty i położenie organów, lecz nie jesteśmy w stanie dojrzeć tego, co zachodzi w nich za życia.

Taki eksperyment na zwierzęciu żywem nazywamy wiwisekcyą. Niejednokrotnie roztrząsano pytanie, czy człowiek jest uprawniony do tego rodzaju doświadczeń na zwierzętach, do doświadczeń, które zazwyczaj nie mogą być przeprowadzone bez sprawiania zwierzętom bólu. Sprawy tej, niezmiernie poważnej nie możemy tu rozważać wszechstronnie, tak jak ona na to zasługuje. Zwłaszcza nie jest zamiarem naszym odpieranie tu owych

www.dlibra.wum.edu.pl

licznych, błędami przepełnionych opisów wiwisekcyj i męczarń straszliwych, jakie, zdaniem profanów, cierpią biedne zwierzęta w instytutach fizyologicznych. Fizyologowie nie są doprawdy tak okrutni, jak ich często opisują. Dzięki właśnie dokładnej swej znajomości zjawisk życia raczej są skłonni do poczytywania każdego zwierzęcia za istotę czującą. I dlatego uważają za rzecz naturalną usypianie (odurzanie, narkotyzowanie) zwierzęcia przed wiwisekcyą, o ile nie staje temu w niezmiernie rzadkich przypadkach na przeszkodzie sam cel doświadczenia. Pomijając te rzadkie przypadki, narkoza znosząca ból jest nawet pożyteczną dla samego doświadczenia, bo usuwa przeszkody wynikające z niespokojnego zachowywania się zwierzęcia. Dla nas rozstrzygającem jest przeświadczenie, że wiwisekcye są niezbędne dla wyjaśnienia zjawisk, których w inny sposób zgoła zbadać by nie było można. Cel ten, cel posuwania naprzód nauki, wynajdywania środków ku uśmierzaniu cierpień i leczeniu chorób, w zupełności usprawiedliwia owe doświadczenia wiwisekcyjne. Pożytek osiągany przez wiwisekcye dla wiedzy naszej i dla dobra ludzkości dowodnie stwierdzają dzieje nauk biologicznych. Niema w fizyologii i patologii człowieka bodaj ani jednego rozdziału, w którym doświadczenia wiwisekcyjne nie rozstrzygałyby zagadnień ważnych, pytań pierwszorzędnego znaczenia; tym badaniom zawdzięcza ludzkość największe swe tryumfy w zwalczaniu i leczeniu chorób.

www.dlibra.wum.edu.pl

ROZDZIAŁ CZWARTY.

Materya i eter.

1. Materya.

1. Wrażenia rozliczne, które sprawiają na nas przedmioty natury, dają się ostatecznie sprowadzić do różnic powodowanych przez rozmaite nasze narządy zmysłowe. Gdy jedno i to samo zjawisko działa jednocześnie na rozmaite organy zmysłów, zdarza się często, że jedno z odebranych wrażeń jest silniejsze od innych; ono też szczególnie zwraca na siebie naszą uwagę. Ponieważ dopiero głębsze wniknięcie prowadzi do zrozumienia, że wrażenia te tyleż są zależne od rozmaitości w budowie organów zmysłowych, ile od własności ciał przyrody lub rodzaju zjawisk, nic przeto dziwnego, że piewsze próby klasyfikacyi zjawisk przyrody opierały się wyłącznie na wywoływanych przez nie wrażeniach zmysłowych. Odróżniano zjawiska światła, dźwięku, ciepła i t. d. Ztąd powstało wyobrażenie, że tyleż istnieje rozmaitych substancyj, ile znamy różnych działań, że więc istnieje w przyrodzie substancya świetlna, cieplikowa i t. d. Znacznie później dopiero podjęto próby wyjaśnienia zjawisk niezależnie od ich działania na zmysły, poznania ich niejako samych w sobie i odpowiedniego uklasyfikowania. Jak daleko posunęliśmy się w tem zrozumieniu zjawisk, w tej ich analizie, okaże się w dalszym ciągu niniejszego wykładu.

We wszystkich rozważaniach następujących wychodzimy z założenia, że poza naszą czującą i świadomą siebie jaźnią istnieje jeszcze coś, co jest dla naszego ja dostępne dla postrzegania. Cały ów świat przedmiotów i zjawisk poza nami stojący nazywamy światem zewnętrznym, a to, z czego, według mniemania naszego, złożony, zbudowany jest ten świat, nazywamy materyą [1]).

---

[1]) Nie możemy tutaj rozważać pytania, czy „świat zewnętrzny“ ma istnienie realne, czy też istnieje tylko w naszej wyobraźni (porówn. rozdz. I, § 3). Przypuszczamy tylko, że ten świat zewnętrzny, jeżeli istnieje, może

www.dlibra.wum.edu.pl

Materya wydaje nam się niejednostajnie rozmieszczoną w przestrzeni. Odbieramy wrażenie, że istnieje ona w pojedyńczych, „odgraniczonych“ miejscach przestrzeni, które oddzielone są od siebie przestrzeniami napozór pustemi. Te ograniczone skupienia materyi nazywają się ciała. Przypisujemy ciałom rozmaite własności, zależnie od tego, jakie odbieramy od nich wrażenia. Kształt, wielkość, barwa, twardość i t. p. bardzo mogą być różne w rozmaitych ciałach, albo mogą być przez nas w pewnej mierze zmieniane. Jedna wszelako własność charakteryzuje wszystkie ciała bez wyjątku, a tą jest ciężar. Jest to cecha swoista wszelkiej materyi. Wówczas gdy będziemy brali pod uwagę rozmaite własności materyi, poza jej ciężarem, będziemy poszczególne jej rodzaje nazywali ciałami albo substancyami. Ołów jest innem ciałem, inną substancyą niż szkło, lecz i ołów i szkło są materyą.

2. Ciśnienie.

2. Połóżmy na rękę kawał ołowiu a doznamy wrażenia ucisku, ciśnienia. To samo wrażenie, co prawda w innym stopniu, sprawia kawał kredy, kawał drzewa lub naczynie napełnione wodą. Otwór obszernego naczynia szklanego zamknijmy cienkim kauczukiem, który owiążmy mocno dokoła krawędzi naczynia; na kauczuk połóżmy owe ciała wymienione, a zobaczymy, że kauczuk wpukla się ku dołowi. Stopień tego wpuklenia jest różny; najsilniej występuje ono pod ciężarem tego ciała, które sprawia też największe ciśnienie na rękę. Tego rodzaju doświadczenia prowadzą do wniosku, że ciała wywierają ciśnienie na swoją podstawę. Jeżeli podstawą jest powierzchnia czująca, wrażliwa, jak skóra ciała naszego, wówczas owo ciśnienie odczuwamy; gdy podstawą jest powierzchnia mogąca się wyginać, jak płytka kauczukowa, wnosimy o ciśnieniu ze zmiany kształtu płytki. Gdy niekiedy postrzegamy to samo działanie a jednocześnie inne postrzeżenia nie pozwalają nam rozpoznać obecności ciała ciężkiego, przypuszczamy wówczas, że zachodzić jednak musi coś podobnego. Jeżeli np. z naczynia szklanego zamkniętego płytką kauczukową wypompujemy

---

być postrzegany jedynie przez zmysły nasze, że więc i dla świadomości naszej o tyle ma istnienie rzeczywiste, o ile poznajemy go zmysłami. Dzięki naszej sile postrzegawczej owo istnienie realne świata z taką koniecznością się nam narzuca, że tego wrażenia osłabić nie może żadne przekonanie filozoficzne o istnieniu świata wyłącznie tylko w wyobraźni naszej. W dalszym ciągu przeto mówić będziemy o świecie zewnętrznym, tak jak gdyby jego istnienie było dowiedzione bez zastrzeżeń. Pogląd jasny na stosunek świata zewnętrznego do naszej samowiedzy zawdzięczamy głównie Kantowi.

www.dlibra.wum.edu.pl

powietrze, spostrzeżemy także, że płytka wpukli się ku wnętrzu naczynia. Ztąd wnosimy, że i powietrze jest ciałem ciężkiem i że tylko dlatego poprzednio ciśnienia powietrza nie dostrzegliśmy, ponieważ zarówno nad jak i pod płytką kauczukową wywierało ono jednakowe, lecz w kierunkach przeciwnych ciśnienia, które w działaniu swem na płytkę wzajemnie się równoważyły.

Zarówno wrażenie ucisku, jak i stopień zginania się kauczuku pouczają nas, że nie wszystkie ciała wywierają ciśnienie jednakowe. Temi wszakże sposobami nie jesteśmy w stanie dokonywać pomiarów dokładnych. Dla ścisłego mierzenia posługujemy się wagami. Gdy na obudwu końcach równoramiennego drążka zawieszone dwa ciała wywierają ciśnienia jednakowe, ciała te równoważą się wzajemnie i powiadamy, że są jednakowo ciężkie, że mają jednakowy ciężar. Z podobnych doświadczeń przekonywamy się, że ciężar ciał zależy od dwu okoliczności: 1) od wymiarów—z dwu ciał, mających zupełnie jednakowe inne własności, cięższe jest to, które ma większą objętość, 2) od natury samego ciała—dwa ciała jednakowej objętości mogą jednakże mieć rozmaite ciężary. Jeden decymetr sześcienny ołowiu jest cięższy od jednego decymetra sześciennego drzewa.

Dla wyrażenia liczbowego ciężaru ciał posługujemy się jako jednostką miary ciężarem jednego centymetra sześciennego wody w temperaturze + 4° C. Ciężar ten nazywa się 1 gram [1]).

3. Masa. 3. Ciężar ciała nie jest jednakże wielkością absolutnie stałą, niezmienną. Zależy on od jeszcze czegoś, nietylko od samego ciała. Umocujmy stale górny koniec długiej cienkiej nici spiralnej lub drutu stalowego, a u końca dolnego zawieśmy kulkę ołowianą; nić spiralna odpowiednio do ciężaru kuli wydłuży się. Zawieśmy następnie dwie, trzy i t. d. podobnych kulek, a spostrzeżemy, że wydłużenia spirali pozostają w pewnym stosunku prawidłowym do ciężarów. Możemy przeto posługiwać się tego rodzaju przyrządem do mierzenia ciężarów, do ważenia, i nazywamy przyrząd taki wagą sprężynową. Zawieśmy kulę ołowianą u takiej wagi sprężynowej i z przyrządem tym wejdźmy na wysoką wieżę, a zobaczymy, że na tej wysokości sprężyna nieco mniej się wyciąga, niż u stóp wieży. Kula ołowiana nie zmieniła się przez wyniesienie jej na wysokość

[1]) Gram (1 *g*) jest, jak nam wiadomo z rozdz. III, § 6, jednostką masy. O stosunku obudwu pojęć „masy“ i „ciężaru“ oraz o powodach, dla których możemy jednostki masy używać także jako jednostki ciężaru, porówn. paragrafy następujące.

www.dlibra.wum.edu.pl

wieży, zmieniła się tylko jej odległość od ziemi [1]). Widzimy ztąd, że to, co nazywamy ciężarem kuli ołowianej, zależne jest od pewnego stosunku pomiędzy nią a ziemią. Rozmaicie działają w tym względzie kule ołowiane różnych wielkości; różnie też działają kule ołowiane i kule drewniane o jednakowych objętościach. Zatem substancya i objętość ciał stanowią dwa czynniki; trzeci czynnik zależy od położenia ciała w stosunku do ziemi. Doświadczenia te każą nam wnosić, że powinniśmy od ciężaru ciał odróżniać coś jeszcze, co stanowi właściwość ciał niezależnie od ich położenia. Tą właściwością jest masa. Masa kuli ołowianej pozostaje zawsze jednakową, ciśnienie wszakże przez nią sprawiane czyli jej ciężar (waga) zależy popierwsze od jej masy, powtóre od masy ziemi i potrzecie od odległości wzajemnej obudwu tych mas (kuli i ziemi).

Jeżeli dwie równe masy znajdują się w jednakowem położeniu względem ziemi, to i ciężary ich są równe. Jeżeli masy nie są równe, w takim razie ciężary pozostają w stosunku prostym do mas; te same więc liczby, które wyrażają masy w gramach, wyrażają również ich ciężary (w pewnem określonem położeniu względem ziemi). Gdy dwie równe masy położone są na szalkach wagi, znajdują się one w jednakowej odległości od środka ziemi; działają więc w jednakowy sposób na obadwa ramiona drążka

---

[1]) Ponieważ zarówna ziemia jak i kula ołowiana mają pewne wymiary, należy przeto wymierzyć odległość pomiędzy ich środkami (centrami), przyczem ziemię uważać będziemy za kulę. W ciałach o innych kształtach zamiast środka geometrycznego uwzględnić trzeba t. zw. punkt ciężkości. Ponieważ ziemia w istocie nie jest kulą, lecz elipsoidem spłaszczonym, zatem ciało na powierzchni ziemi u biegunów bliżej będzie się znajdowało środka ziemi aniżeli u równika. Gdybyśmy ciało jakie zważyli na tej samej wadze sprężynowej raz u równika, drugi raz u bieguna, to w drugim razie okazałoby się cięższem. Z wagami drążkowemi trudniej jest dowieść tego wpływu odległości od środka ziemi. Powiodło się to wszakże fizykowi Jolly'emu w sposób następujący. Ustawił on wagę ścisłą na wysokości $5^1/_2$ *m* nad podłogą w pokoju. Po każdej stronie drążka zawieszone były dwie szalki jedna nad drugą w odległości pionowej około 5 *m*. Położono na obiedwie górne szalki dwa ciężary, które dokładnie doprowadziły przyrząd do równowagi. Gdy następnie jeden z ciężarów przełożono na szalkę dolną, okazało się, że jest on cięższy; trzeba było po drugiej stronie dodać niewielki ciężarek, ażeby znów sprowadzić równowagę.

Działanie ziemi na jednostkę masy, różne w różnych miejscach kuli ziemskiej, nazywamy stałą ciążenia dla danego miejsca. Od tej liczby zależy wielkość $a = 4{,}9$, którą poznaliśmy w rozdz. III, § 8, omawiając prawo spadku ciał.

www.dlibra.wum.edu.pl

wagi i równowaga nie jest zakłócona. Rozumiemy przeto, w jaki sposób przy pomocy wagi możemy oznaczać masę i ciężar ciał[1]).

4. Podzielność materyi.

4. Przyjrzyjmy się jakiemukolwiek ciału kształtu dowolnego, np. bryle szkła otrzymanej w hucie szklanej. Niechaj bryła ta waży, przypuśćmy, 1 kilogram. Rozbijmy ją młotem, starając się wszakże, aby żaden odłamek, choćby najmniejszy, nie zginął. Wszystkie odłamki razem wzięte ważą oczywiście także 1 kilogram. Jeden z nich, ważący np. 10 gramów, rozbijmy w moździerzu i zetrzyjmy na drobny proszek, tak aby pojedyńcze cząstki zaledwie mogły być dostrzeżone gołem okiem. Rozglądane przez mikroskop cząstki te wyglądają jak zaostrzone odłamki, podobne z wejrzenia i z innych własności do większego kawała szkła. Każda więc z tych cząstek jest jeszcze szkłem. Przy pomocy dość czułej wagi moglibyśmy oznaczyć ciężar takiej drobnej cząstki; wynosiłby on jakiś ułamek miligrama, przypuśćmy $^1/_{10}$ miligrama. Gdyby wszystkie przez roztarcie otrzymane cząstki były równe, wówczas z owego kawałka szkła ważącego 10 gramów otrzymalibyśmy 100000 (10^5) takich cząstek. A gdybyśmy całą bryłę pierwotną

---

[1]) Jak już wspomniano w rozdziale poprzednim, liczne doświadczenia naukowe doprowadziły do jednej z najwspanialszych indukcyj, którą w następstwie uznano jako prawdziwą we wszystkich szczegółach i którą znamy obecnie w nauce pod nazwą prawa powszechnego ciążenia Newtona. Orzeka ono, iż wszystkie ciała przyciągają się nawzajem w stosunku prostym do swych mas i w stosunku odwrotnym do kwadratów swych odległości. Zjawisko ciężaru ciał i zależnego odeń ucisku przez ciała sprawianego jest tylko szczególnym przypadkiem tego prawa ogólnego.

Rozmaite poszczególne prawa działania mas, np. prawa swobodnego spadku ciała, prawa ruchu wahadłowego, prawa ruchu ciał niebieskich i t. d. dają się w sposób dedukcyjny wyprowadzić z prawa ciążenia powszechnego.

Napotkano pewną trudność w tłumaczeniu faktu, że ciała działają nawzajem, nie stykając się ze sobą i nie mając pomiędzy sobą żadnego czynnika materyalnego. Jest to wszakże trudność natury metafizycznej, nie przyrodniczej. Prawo ciążenia nie ma wcale na celu objaśnić, w jaki sposób zachodzi działanie ciał na siebie. Wypowiada ono tylko, jaka w tem działaniu przejawia się prawidłowość. Jakąkolwiek jest przyczyna (metafizyczna) owego „przyciągania," samo prawo, będące tylko wyrazem ścisłym faktów, w niczem nie jest zależne od owych rozważań metafizycznych. Wszystkie obliczone z tego prawa wnioski zgodne są z obserwacyami i doświadczeniami. A to wystarcza do uznania prawdziwości tego prawa. (Porówn. rozdz. II, § 10.)

www.dlibra.wum.edu.pl

w ten sposób rozdrobnili, otrzymalibyśmy 10000000 (10^7) takich cząstek.

Zamiast bryły szkła weźmy garść piasku. Łatwiej niż szkło możemy ją rozdzielić, przynajmniej na tyle części, ile zawartych jest w niej ziaren. Liczba tych ziaren jest olbrzymia, lecz w każdym razie skończona. Gdyby nam starczyło czasu i cierpliwości, moglibyśmy je zliczyć. Jeżeli nie zależy na absolutnej ścisłości, można nawet stosunkowo łatwo obliczenia tego dokonać. Niechaj cała garść waży 1 kilogram. Odważmy z niej małą część, dajmy, 1 gram. W tej części obliczamy ziarna i znajdujemy, że jest ich n. W takim razie cała garść zawiera ziaren 1000 n.

Przypuśćmy na razie, że nie mamy możności dalszego jeszcze dzielenia pojedyńczych ziaren piasku. A jakże rzecz ma się ze szkłem? Czy przy jego dzieleniu także dochodzimy do pewnej granicy, po za którą dalsze rozdrabnianie jest niemożliwe, czy też mamy przypuścić, że można je prowadzić do nieskończoności?

Doświadczenie nie daje odpowiedzi bezpośredniej na to pytanie. Musimy przeto na innej drodze szukać wyjaśnienia w tym względzie.

Wetknijmy drut cienki w piasek, a napotkamy opór bardzo nieznaczny. Pomiędzy ziarenkami znajdują się przestrzenie powietrzem wypełnione; w te przestrzenie przenika drut. W bryłę szklaną nie możemy wetknąć choćby najcieńszego druta. Lecz z tego wolno nam tyle tylko wnioskować, że, jeżeliby i szkło miało się składać z cząstek oddzielnych, podobnych do ziaren piasku, przestrzenie pomiędzy temi cząstkami muszą być mniejsze od grubości najcieńszych drutów, jakiemi rozporządzamy. I z piaskiem próba by się nie powiodła, gdybyśmy zechcieli weń wetknąć zamiast cienkiego druta gruby na kilka centymetrów pręt.

O to więc chodzi, aby wynaleźć coś, co dość jest cienkie, subtelne, by mogło przeniknąć w przestrzenie pomiędzy cząstkami szkła, jeżeli przestrzenie takie istnieją. Jest coś tak subtelnego, a tem jest promień światła. Wprawdzie dokładnie nie wiemy, czem jest istotnie promień świetlny, lecz możemy z pewnością stwierdzić, że ma on pewną, choć niesłychanie nieznaczną grubość. Ponieważ światło przechodzi przez szkło, zdaje się to więc przemawiać za tem, że istnieją przerwy, przestrzenie pomiędzy cząstkami szkła.

Wniosek ten znajduje poparcie znakomite w następującej obserwacyi. Gdy wystawimy szkło na silne ciśnienie, możemy je ugnieść. Jeżeli szkło składa się z oddzielnych cząstek, możemy

www.dlibra.wum.edu.pl

przypuścić, że w kierunku ściśnięcia przestrzenie pomiędzy cząstkami stały się mniejsze aniżeli w kierunku prostopadłym do tamtego. Musiałoby w takim razie się okazać, że światło w inny sposób przechodzi w jednym, a w inny w drugim kierunku. Tak też jest istotnie [1]).

5. Materya składa się z oddzielnych cząstek,

5. Zwróćmy uwagę na inne ciało, na wodę. Do naczynia, zawierającego wodę wrzućmy kawał cukru. Cukier rozpada się i, jak powiadamy, rozpuszcza się w wodzie. Skłócamy mieszaninę pręcikiem szklanym i z otrzymanego jednostajnego roztworu kroplę umieszczamy na płytce szklanej. Kropla wygląda zupełnie jednorodnie; jednakże musi się ona składać ze ścisłej mieszaniny wody i cukru. Przemawia za tem już choćby jej smak słodki. Gdy kropla ta odparuje na płytce szklanej, pozostaje osad z drobnych cząstek cukru. Skoro woda z cukrem ściśle były zmieszane w kropli, przeto cząstki cukru musiały wniknąć pomiędzy cząstki wody. Zatem i cukier i woda muszą się chyba składać z oddzielnych, przerwami od siebie oddzielonych cząstek.

Do dużej butelki o zawartości kilku litrów nalejmy małą ilość wody i zatkajmy ją. Część wody odparowuje i wypełnia butelkę parą. Ilość wody odparowująca w ten sposób jest ściśle określona dla każdej temperatury; reszta wody pozostaje w stanie ciekłym na dnie. To samo doświadczenie zróbmy z alkoholem zamiast wody. I w tym razie pewna oznaczona część alkoholu przechodzi w stan pary. W doświadczeniu trzeciem z eterem wynik jest taki sam.

Mamy więc trzy butelki. Jedna zawiera parę wodną, druga parę alkoholu, trzecia parę eteru. W każdym z tych trzech przypadków para całkowicie wypełnia butelkę; więcej pary butelka zawrzeć nie może, jak to widać wyraźnie ztąd, że jeszcze reszta cie-

---

[1]) Zwyczajny promień światła może być porównany z doskonale okrągłym prętem; ma on jednakową grubość we wszystkich kierunkach. Są wszakże promienie światła (nazywamy to światło spolaryzowanem), których grubość w jednym kierunku jest większa niż w kierunku do tamtego prostopadłym, możnaby więc porównać je z cienką blaszką. Taki promień światła spolaryzowanego przechodzi równie dobrze w rozmaitych kierunkach przez szkło zwyczajne. Lecz jeżeli szkło zostanie w jednym kierunku mocno ściśnięte, wówczas w kierunku tym promień spolaryzowany przechodzi trudniej aniżeli w prostopadłym do tegoż kierunku.

Pouczającą odmianą tego doświadczenia jest następujące doświadczenie. Przepuszczamy promień światła przez blaszkę szklaną, którą wprawiamy w drgania (t. zw. podłużne). Powstają w ten sposób w szkle miejsca zgęszczenia i rozszerzenia w odstępach regularnych, a odpowiednio do tego światło w tych miejscach przechodzi rozmaicie.

www.dlibra.wum.edu.pl

czy pozostaje na dnie, nie odparowując. Weźmy teraz czwartą butelkę i wlejmy do niej trzy krople: kroplę wody, kroplę alkoholu i kroplę eteru. W tej butelce wszystkie trzy gatunki pary wypełniają jej wnętrze i mianowicie każda para w takiej ilości, jak gdyby była sama tylko. Przestrzeń przeto wypełniona parą wodną i nie mogąca już pomieścić więcej tej pary, mogła jednakże zawrzeć w sobie parę alkoholu i eteru. Gdyby para wodna wypełniała przestrzeń w całej jej ciągłości, nie możnaby zrozumieć, jak w tejże przestrzeni pomieścić się mogły jeszcze pary alkoholu i eteru. Jeżeli zważymy nadto, że butelki zawierały jeszcze i powietrze czyli mieszaninę dwu gazów, azotu i tlenu, dojdziemy do wniosku, że gazy i pary [1]) zupełnie swobodnie przenikają się nawzajem. Byłoby to oczywiście niemożliwe, gdyby gazy i pary wypełniały przestrzeń w całej jej ciągłości. Łatwo jednak staje się to zrozumiałem w przypuszczeniu, że składają się one z oddzielnych cząstek, pomiędzy któremi są wolne przerwy, przestrzenie.

Rozważanie takie może również być zastosowane w przykładzie roztworu cukru w wodzie. Gdyby woda nieprzerwanie wypełniała zajmowaną przez siebie przestrzeń, nie możnaby było zrozumieć, w jaki sposób cząstki cukru mogą się w tejże przestrzeni pomieścić.

6. Granica podzielności.

6. Wiadomo ogólnie, że woda, w której rozpuszczono mydło, ma znaczną spoistość, dzięki czemu można z niej robić bańki mydlane. Zwłaszcza gdy dodać jeszcze nieco gliceryny, można wytwarzać bańki bardzo duże o odpowiednio nieznacznej grubości ścianek. Jeżeli w wodzie takiej, umieszczonej w płytkiej miseczce, zanurzymy otwór niewielkiego naczynia szklanego (zlewki), to po ostrożnem wyjęciu naczynia pozostanie na niem cienka błona zamykająca otwór na kształt pęcherza. Trzymajmy zlewkę tak, aby błona ta miała położenie pionowe i skierujmy na nią jasne światło, a dostrzeżemy, że błona połyskuje w delikatnych barwach tęczowych, tak jak to widać w bańkach mydlanych. Występowanie tych barw pozwala obliczyć grubość owej błony. Ponieważ woda z powodu ciężaru swego spływa na dół, przeto błonka wody mydlanej, ustawiona prostopadle, staje się w górnej swej części coraz cieńszą, aż wreszcie przerywa się. Zanim następuje to przerwanie, owa górna część błonki staje się czarną lub szarą. Obliczono, że w tej chwili grubość jej wynosić musi mniej niż 0,000166 milimetra. Zdaje się, że błona nie może stać się cieńszą bez rozerwania się.

[1]) O gazach i parach porówn. rozdz. VI.

www.dlibra.wum.edu.pl

To stosunkowo proste doświadczenie nasuwa następujące rozważania. Gdyby woda była substancyą doskonale ciągłą, nieprzerwanie jednorodną, możnaby sobie wyobrazić, że da się wyciągnąć do cienkości nieskończonej. Jeżeli zaś składa się z cząstek oddzielnych, przerywanych pewnemi odległościami, w takim razie połączenie tych cząstek musi ustać i błonka musi się zerwać w chwili, gdy wskutek ciężkości owe cząsteczki oddalą się od siebie znaczniej niż to odpowiada normalnej ich odległości wzajemnej. Ponieważ przerwanie takie zachodzi zawsze wówczas, gdy grubość błonki opada poniżej pewnej oznaczonej, nader drobnej wprawdzie, lecz zawsze jeszcze skończonej i dającej się wymierzyć wielkości, zdaje się przeto, że przy tej grubości dochodzimy do granicy, po za którą hypotetyczne cząstki w wodzie ciekłej dalej oddalone od siebie być nie mogą.

7. Zmiany objętości ciał i ich stanu skupienia.

7. Do tych samych wniosków prowadzą zjawiska spostrzegane na ciałach pod wpływem zmian ciśnienia i temperatury; zmiany te dotyczą objętości albo stanu skupienia. Gdy woda pod ciśnieniem jednej atmosfery przechodzi ze stanu ciekłego w stan gazowy lub parowy, objętość jej powiększa się w stosunku 1:1700. Gazy i pary nie mają wszelako wogóle objętości stałej, lecz objętość ich zależy w sposób prawidłowy od ciśnienia na nie wywieranego. Na innem miejscu będzie o tem mowa obszerniej. Tymczasem wystarczy uwaga, że i te zjawiska stają się zrozumiałe w przypuszczeniu, że ciała składają się z oddzielnych cząstek i że zmiany objętości następują w ten sposób, że średnia odległość pomiędzy cząstkami zmienia się. Hypoteza ta prowadzi zarazem do zrozumiałego wyobrażenia o różnicach w stanie skupienia ciał. Możemy mianowicie pomyśleć, że w ciałach stałych są pewne określone odległości i położenia cząstek hypotetycznych, mało zmieniające się od wpływów zewnętrznych. W ciałach ciekłych są wprawdzie określone odległości cząstek, zmienne tylko w pewnych ciasnych granicach; lecz cząstki te, przy zachowaniu owych średnich odległości, dają się z wielką łatwością przemieszczać. Wreszcie w ciałach gazowych zarówno odległości jak i położenie wzajemne cząstek w wysokim stopniu są zależne od warunków zewnętrznych, więc bardzo łatwo ulegają zmianom.

Wobec tego wszystkiego usprawiedliwionem jest przypuszczenie, że wszelka materya składa się z cząstek poszczególnych, oddzielonych od siebie przestrzeniami pustemi [1]).

[1]) W dalszym ciągu zajmiemy się rozważeniem pytania, czy te przestrzenie w rzeczywistości są puste, czy też wyobrazić sobie należy, że

www.dlibra.wum.edu.pl

Hypoteza ta, jako wyjaśniająca w sposób prosty mnóstwo zjawisk, które w razie przeciwnym byłyby niezrozumiałe, uważaną być musi za podstawę cenną badań przyrodniczych.

Owe oddzielne, hypotetyczne ułamki materyi, z których się wszelkie ciała składają, nazywamy cząsteczkami (molekułami). Ponieważ nader rozmaite są ciała w przyrodzie, różniące się swemi własnościami, przeto tyleż istnieć musi różnych rodzajów cząsteczek. Cząsteczki jednej i tej samej substancyi w sobie jednorodnej muszą w zupełności być sobie równe. Ciało składające się z różnego rodzaju cząsteczek jest mieszaniną rozmaitych materyj.

Ciało jednorodne, złożone z samych jednakowych cząsteczek, może jednakże w postaci swej zewnętrznej być zmienne zależnie od położenia, odległości i stanu ruchu tych cząsteczek. Woda, jak wiadomo, może występować w trzech stanach skupienia; pomimo to musimy przyjąć, że jej cząsteczki we wszystkich tych trzech stanach mają najzupełniej jednakowy skład i budowę. Gdyby się one zmieniły, nie byłyby już oczywiście cząsteczkami wody. Podobnie też mają np. cząsteczki szkła pewne określone własności, któremi różnią się od wszystkich innych cząsteczek, nie będących szkłem. Możemy zatem powiedzieć także, że cząsteczki są najmniejszemi ułamkami materyi, obdarzonemi jeszcze własnościami tej materyi; ciało jednorodne jest niczem innem jak sumą wszystkich swoich, pomiędzy sobą jednakowych, jednorodnych cząsteczek.

8. Rozbiór uważny znanych nam zjawisk przyrody poucza, że pewna ich część może być pojmowana w przypuszczeniu, że cząsteczki hypotetyczne w istocie swej się nie zmieniają, lecz zmienia się tylko ich położenie w przestrzeni. Albo cząsteczki, składające ciała, w położeniu swem pozostają, lecz ciała w całości swej zmieniają miejsce na ziemi lub w przestrzeni wszechświata. Tutaj należą wszelkie zjawiska z zakresu prawa ciążenia, ruchy gwiazd, spadanie ciał i tym podobne. Albo też cząsteczki jednego lub większej liczby ciał zmieniają położenie względem siebie, jednakże przytem cząsteczki same w sobie trwają bez zmiany. Tutaj zaliczyć trzeba zjawiska sprężystości (elastyczności), zmian objętości przy wahaniach temperatury i ciśnienia, zjawiska roztworów i t. d. W przeciwstawieniu do wszystkich powyższych zjawisk w innym szeregu zjawisk zmieniają się same ciała w sobie; na miejsce pe- 8. Dwa rodzaje zjawisk przyrody.

---

wypełnione są czemś innem, co nie jest materyą lub jest pewnym szczególnym rodzajem materyi (porówn. § 16 i 17).

www.dlibra.wum.edu.pl

wnych dokładnie określonych ciał występują ciała inne z własnościami zgoła innemi. Gdy zmieszamy proszek żelaza z proszkiem siarki, obadwa ciała zachowają w mieszaninie wszystkie swe własności. Przez mikroskop moglibyśmy jeszcze rozpoznać oddzielne cząstki żelaza i siarki; przy pomocy magnesu, który przyciąga cząstki żelaza, nie wywiera zaś widocznego wpływu na cząstki siarki, moglibyśmy w zupełności rozdzielić dwie te substancye. Gdy natomiast mieszaninę taką w jednem miejscu mocno rozgrzejemy, natychmiast cała masa pocznie się żarzyć, a po ostygnięciu zobaczymy zamiast proszku pierwotnego twardą, połyskującą masę, która nie jest już ani żelazem ani siarką, lecz ciałem innem z zupełnie innemi własnościami, t. zw. siarkiem żelaza.

9. Łączenie i rozkład ciał.

9. Powiadamy, że w tym przypadku żelazo połączyło się z siarką i że z połączenia tego powstało nowe ciało, siarek żelaza. Siarek żelaza jest doskonale jednorodny; wszystkie jego cząstki, wszystkie ułamki mają nawskroś jednakowy skład, i jeżeli ciało to składa się z cząsteczek (molekuł), mogą to być tylko cząsteczki siarku żelaza. Jednakże przypuścić musimy, że w cząsteczkach tych jest zawarte zarówno żelazo jak siarka, że więc muszą one być złożone z rozmaitych materyj i że na te części składowe znów rozłożoneby być mogły.

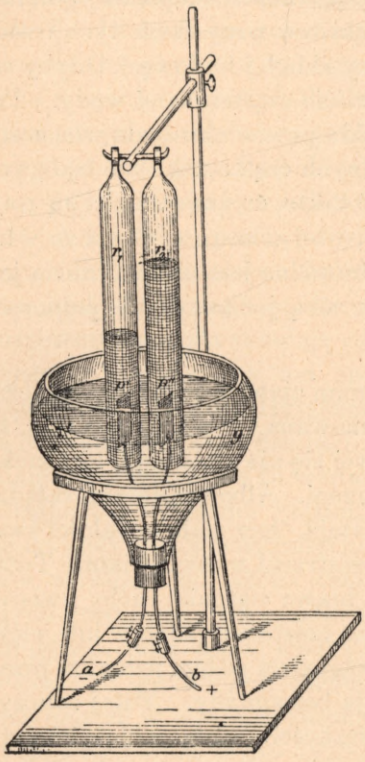


Fig. 1.

Rozkład wody przez prąd elektryczny.

Druty a i b połączone są z biegunami bateryi elektrycznej, a z biegunem odjemnym (katodą), b z dodatnim (anodą). Druty wychodzące z a i b izolowane są przez warstwę laku; blaszki platynowe p' i p'' mają połysk metaliczny. Naczynie g oraz cylindry r_1 i r_2 wypełnione są wodą zakwaszoną. W r_1 zbiera się wodór, w r_2 tlen.

Rozważmy inny przykład. Wypełniamy naczynie wodą, do której dodaliśmy nieco kwasu siarczanego. W naczyniu znajdują się dwie blaszki platynowe, które drutami miedzianemi są połączoz biegunami silnej bateryi elektrycznej. Prąd elektryczny płynie przez wodę. Widzimy, jak blaszki platynowe pokrywają się pęcherzykami gazu, które odrywają się następnie i podnoszą na powierzchnię wody. Jeżeli nad

www.dlibra.wum.edu.pl

każdą blaszką pomieścimy odwrócony dnem do góry i wodą wypełniony cylinder szklany, będziemy mogli gazy owe zbierać oddzielnie z nad obudwu platynowych blaszek. Bliższe badanie okazuje, że jednym z tych gazów jest tlen, drugim wodór i że każdy z nich ma charakterystyczne własności, cechujące je i wówczas, gdy są w inny sposób otrzymane. Po dokładnem wysuszeniu gazów mieszamy je i wprowadzamy do suchego cylindra nad rtęcią. Przepuszczamy następnie iskrę elektryczną przez tę mieszaninę. Następuje nieznaczny wybuch, po którym gazy znikły, lecz zamiast nich znajduje się w cylindrze mała ilość wody.

Przedstawiliśmy dwa zjawiska wprost przeciwne. Przez połączenie wodoru z tlenem powstała woda; ten proces podobny jest do utworzenia się siarku żelaza z żelaza i siarki. W pierwszem zaś doświadczeniu z wodą nastąpił jej rozkład na wodór i tlen[1]).

Doświadczeń takich moglibyśmy przytoczyć więcej. Wszystkie prowadzą do następującego wniosku: są ciała, które w pewnych warunkach łączą się z sobą; ciało, które z tego połączenia powstaje, ma własności zgoła różne od własności części składowych, z których powstało. Znane są inne ciała, które dają się rozłożyć na dwie części składowe lub większą tychże liczbę, a powstające składniki znów różnią się własnościami od ciała, z którego się wytworzyły. Lecz istnieje też szereg takich ciał, których nie można rozłożyć na prostsze części składowe żadnemi znanemi dotychczas środkami. Te ciała nazywamy ciałami prostemi albo pierwiastkami. Do takich pierwiastków należą przytoczone w przykładach powyższych: żelazo, siarka, wodór, tlen. Badaniem własności pierwiastków i ich związków, badaniem metod służących do rozkładu ciał złożonych i wytwarzania związków ze składników prostszych zajmuje się chemia; zjawiska natomiast, w których skład cząsteczek nie ulega przemianie, należą do zakresu fizyki.

10. Atomy.

10. Znamy dotychczas siedmdziesiąt kilka pierwiastków; z nich niektóre, występujące w przyrodzie w nieznacznych ilościach, poznano dopiero w nowszych czasach, w części zaś w ostatnich latach. Niektóre pierwiastki występują w przyrodzie w stanie wolnym, t. j. nie połączone chemicznie z pierwiastkami innemi. Lecz przeważna liczba ciał przyrody składa się ze związków czyli połączeń chemicznych rozmaitych pierwiastków. Prócz znajdowanych

[1]) Woda składa się w rzeczywistości tylko z tych dwu części składowych. Dodany w tem doświadczeniu kwas siarczany służy do tego tylko, ażeby zwiększyć przewodnictwo elektryczne wody.

www.dlibra.wum.edu.pl

w przyrodzie związków poznano też dokładnie mnóstwo związków, które w sposób sztuczny dają się przyrządzić w pracowniach i fabrykach chemicznych. Olbrzymią jest liczba możliwych kombinacyj w połączeniach znanych dotychczas pierwiastków, i liczni chemicy pracują ustawicznie nad przyrządzaniem coraz to nowych związków, w części z zainteresowania czysto naukowego, w części w celu wzbogacenia nowemi związkami techniki lub zapasu środków leczniczych.

Rozumiemy, że cząsteczki takich ciał, które są połączeniami pierwiastków, muszą być złożone, albowiem mogą jeszcze ulegać dalszemu rozkładowi. Lecz gdy rozłożyliśmy cząsteczki takiego ciała złożonego, np. szkła lub wody, nie mamy już do czynienia ze szkłem ani z wodą, lecz z ciałami zupełnie innemi. Przy pomocy środków mechanicznych co prawda rozłożenie cząsteczek nie daje się uskutecznić; w najskrajniejszym przypadku, jak to wynika z doświadczenia z błonką wody, opisanego w § 6-ym, możnaby może wyciągnąć ciało w cienką warstwę pojedyńczych cząsteczek. Inne wszakże środki fizyczne, jak podniesienie temperatury, prąd elektryczny i t. p. pozwalają osiągnąć rozkład cząsteczek. Zjawiska tego rodzaju stanowią przedmiot oddzielnej gałęzi wiedzy, chemii fizykalnej. Najskuteczniejszym wszakże środkiem rozkładu jest działanie wzajemne różnych ciał na siebie, przyczem w grę wchodzi t. zw. powinowactwo chemiczne. Tego rodzaju zjawiska stanowią przedmiot chemii w znaczeniu ściślejszem.

Owe drobniejsze części, z których więc składać się muszą cząsteczki ciał złożonych, nazywają się atomy. Skoro siarek żelaza jest związkiem żelaza z siarką, przeto każda jego cząsteczka koniecznie zawierać musi dwa te pierwiastki: atomy żelaza i atomy siarki. Również każda cząsteczka wody składać się musi z atomów wodoru i atomów tlenu. I podobnie być musi w każdem ciele złożonem, w każdym związku. Natomiast może nasunąć się pytanie, czy i cząsteczki ciał prostych t. j. pierwiastków, nie dających się rozłożyć, także jeszcze są złożone. Jeśli tak jest, w takim razie atomy, składające takie cząsteczki pierwiastków, są tu jednakowe, t. j. cząsteczka tlenu składa się z atomów tlenu, cząsteczka wodoru z atomów wodoru i t. d. W przeciwnym razie cząsteczka pierwiastku byłaby niepodzielna; pojęcie cząsteczki byłoby w tym razie identyczne z pojęciem atomu.

Doświadczenia chemii każą nam wnosić, że i cząsteczki pierwiastków składają się zazwyczaj z atomów, najczęściej każda cząsteczka z dwu atomów; cząsteczka wodoru np. złożona jest z dwu atomów wodoru. Są wszakże również pierwiastki, których czą-

www.dlibra.wum.edu.pl

steczki wyobrazić sobie należy zbudowane z większej liczby atomów, a są i inne, których atomy stanowią zarazem cząsteczki czyli każda ich cząsteczka składa się z jednego atomu. Przykłady odpowiednie oraz powody, skłaniające do tych poglądów, poznamy później. Dowiemy się też następnie, że niekiedy cząsteczki związków złożone są z bardzo dużej liczby atomów. Znamy związki, składające się z czterech, pięciu i więcej pierwiastków i w których cząsteczka niewątpliwie złożona jest z większej liczby atomów każdego z tych pierwiastków. Nie jesteśmy w stanie podać maksymalnej liczby atomów, jaka znajdować się może w cząsteczce. Znane są ciała, w których prawdopodobnie cząsteczka złożona jest z setek, a nawet tysięcy atomów.

Najdrobniejsze ułamki materyi, które nazywamy atomami, obdarzone są własnościami stałemi, niezmiennemi, które różnią je od wszelkich atomów innego rodzaju, innych pierwiastków. Atom tlenu ma inne własności niż atom wodoru, atom żelaza inne niż atom siarki i t. d. Jakkolwiek atomy różnych pierwiastków łączą się w najróżnorodniejsze związki, wszelako gdy ze związków tych są wydzielone, mają znów wszystkie właściwe sobie cechy, tak samo jak przed połączeniem. Nigdy jeszcze dotychczas nie powiodła się przemiana jednego pierwiastku na inny. Tlen zawsze pozostaje tlenem, żelazo zawsze żelazem. Mamy prawo przypuszczać, że po wszystkie czasy było tak i tak będzie.

Najtroskliwsze badania chemików, dokonywane przy pomocy najdoskonalszych środków, dowiodły także, że pierwiastki nie łączą się ze sobą w stosunkach dowolnych, lecz w pewnych ściśle oznaczonych stosunkach liczbowych. Aby pozostać przy wymienionych już przykładach, powiemy, że $3^1/_2$ grama żelaza łączą się z 2 gramami siarki na $5^1/_2$ grama siarku żelaza; 8 gramów tlenu z 1 gramem wodoru dają 9 gramów wody. Jeżeli pierwiastki, mogące połączyć się ze sobą, zmieszamy w stosunku innym, niż to odpowiada właściwemu, jedynie ścisłemu ich stosunkowi połączenia, w takim razie z tego, który jest w nadmiarze, pozostanie odpowiednia część w stanie wolnym.

11. Z przykładów przytoczonych wynika, że masa zawarta w związku równa się dokładnie sumie mas, z których związek powstał. Jeżeli więc dokonamy znów rozkładu wody i zbierzemy powstające gazy, otrzymamy na każdy gram rozłożonej wody dokładnie $^8/_9$ grama tlenu i $^1/_9$ grama wodoru. Suma mas części składowych równa się przeto masie związku, z którego części te otrzymano. 11. Stałość mas.

www.dlibra.wum.edu.pl

Niezależnie od olbrzymiej różnorodności procesów chemicznych, dokonywanych ustawicznie w pracowniach i przebiegających w przyrodzie, zawsze otrzymujemy ten sam rezultat liczbowy. Od czasu kiedy Lavoisier (1743—1794) po raz pierwszy dowiódł przez ścisłe ważenie, że w zjawiskach chemicznych ciężar materyi pozostaje niezmiennym, najprostsze jak i najzawilsze procesy chemiczne niezliczoną moc razy były pod tym względem badane z całą ścisłością przez najznakomitszych uczonych, i zawsze otrzymywano ten sam wynik. Ani razu nie dostrzeżono wyjątku. Dotyczy to wszelkich bez wyjątku zjawisk przyrody, zarówno w świecie martwym jak i w świecie tworów żywych. Roślina czy zwierzę ustawicznie pobierają z otoczenia rozmaite substancye i również oddają swemu otoczeniu ciała różnego charakteru chemicznego. W ciele zwierząt i roślin zachodzą bardzo zawikłane procesy fizyczne i chemiczne. Wszędzie, gdzie śledzimy te zjawiska i przy badaniu ich ilościowem posługujemy się wagami, przekonywamy się, że suma ciężaru pierwotnego + ciężar materyi pobranej równa się sumie ciężaru ostatecznego + ciężar materyi wydalonej. Niema najsłabszego powodu do przypuszczenia, że są zjawiska w przyrodzie, w którychby się to nie sprawdzało.

Poznanie tej stałości, niezmienności, trwałości masy materyi było faktem pierwszorzędnego znaczenia w dziejach badań przyrodniczych. Dopiero gdy poznano, że podczas wzrostu i obumierania roślin i zwierząt materya ani nie tworzy się z niczego ani nie znika, nie niszczeje bez śladu; gdy dowiedziono, że wzrastanie ciężaru metalów przy utlenianiu pochodzi od łączenia się ich z tlenem, a ubytek ciężaru drzewa, węgla i t. p. przez spalanie się oraz ubytek ciężaru zwierząt wskutek oddychania powstają ztąd, że część produktów spalenia (dwutlenek węgla i woda) uchodzi w stanie gazowym, dopiero od owego czasu badanie procesów chemicznych pozyskało podstawę pewną i trwałą. Okazało się, że poznane prawo jest powszechne, że stosuje się ogólnie do wszystkich bez wyjątku zjawisk przyrody. Jest to podstawowe prawo całej nauki o przyrodzie i możemy je ująć w następujące twierdzenie:

Pierwsze prawo zasadnicze przyrody:

Suma wszelkiej materyi w przyrodzie jest niezmienna; nie może ona być powiększona ani zmniejszona w żadnem znanem nam zjawisku przyrody [1]).

[1]) Nazywają to prawo niekiedy prawem zachowania materyi. Wyraz „zachowanie“ użyty tu jest w znaczeniu trwałości, niezniszczalności.

www.dlibra.wum.edu.pl

12. Ta stałość istniejących w przyrodzie mas dotyczy nie- 12. Stałość ciał pierwiastkowych.
tylko sumy wszelkiej materyi, lecz i poszczególnych, jakościowo różnych jej rodzajów. Raz na zawsze każdy pierwiastek znajduje się w pewnej oznaczonej ilości, która ani nie może być powiększona ani zmniejszona. Nie znamy żadnego sposobu, który pozwoliłby nam zamienić jeden pierwiastek na drugi. Złoto, srebro, żelazo, tlen, azot, siarka, fosfór i t. d. mogą zarówno pomiędzy sobą jak i z licznemi innemi pierwiastkami łączyć się w najrozmaitsze związki. Gdy zaś związki te ulegną rozkładowi, otrzymamy znów każdy z pierwiastków w takiej ilości, w jakiej zawarty był w związku. Jeżeli występują niekiedy drobne różnice przy obliczaniu analiz, tłumaczą się one dostatecznie niedokładnością metod służących do oddzielania pierwiastków i nieuniknionemi, acz nieznacznemi, błędami właściwemi każdemu niemal doświadczeniu. Im bardziej metody bywają ulepszane a błędy doświadczalne unikane, tem mniejsze stają się owe uchylenia analityczne.

Ulepszenia takie w metodach analizy chemicznej mogą prowadzić do odkrywania nowych pierwiastków, których przedtem nie odróżniano od pierwiastków znanych, które, że tak powiemy, zapisywano na rachunek innych. Pouczającym w tym względzie przykładem jest odkrycie w powietrzu atmosferycznem przez lorda Rayleigha i Williama Ramsaya w latach 1894—1898 pierwiastków: argonu, helu, kryptonu, neonu i antargonu. Według najlepszych dotychczasowych rozbiorów chemicznych powietrze składa się z nieco nad 20% tlenu, 79% azotu i drobnych ilości innych gazów, dwutlenku węgla, amoniaku, pary wodnej i t. d. Jeżeli usuniemy wszystkie te gazy w drobnych ilościach zawarte oraz całkowity tlen, a pozostałość, która uważaną była dawniej za czysty azot, wystawimy na znaczne ciśnienie w bardzo nizkiej temperaturze, wówczas azot skropli się. Lecz mały ułamek tej pozostałości, złożony głównie z argonu, pozostaje w stanie gazowym, gdyż argon oraz inne wymienione gazy przechodzą w stan ciekły dopiero pod ciśnieniem jeszcze znaczniejszem.

Azot tworzy związki chemiczne z wielu innemi pierwiastkami; wprawdzie powinowactwo jego chemiczne czyli zdolność łączenia się nie jest bardzo znaczna, lecz bądźcobądź znaczniejsza niż argonu. W rozbiorach związków azotowych okazywały się przeto pewne małe odchylenia, z których wnosić było można, że nie wszystko, co w powietrzu atmosferycznem uważano za azot, wchodziło w skład owych związków azotowych. Te uchylenia wyjaśnione zostały przez odkrycie argonu. Podobnie ma się z odkryciem innych, dawniej nieznanych a rzadkich w przyrodzie pierwiastków, których nie umiano dobrze oddzielić od pierwiastków do nich podobnych a towarzyszących im w przyrodzie. Oczywiście absolutna ilość każdego pierwiastku w naturze bynajmniej się przez to nie zmieniła. Póki

www.dlibra.wum.edu.pl

nie umiano oddzielić argonu od azotu, oceniano zbyt wysoko ilość tego ostatniego, była ona wszakże w rzeczywistości zupełnie taką samą jak obecnie, a i argon istniał już wówczas, jakkolwiek go nie znano.

Może się coś podobnego niejednokrotnie jeszcze zdarzyć, wiele jeszcze może poznamy pierwiastków nowych, dotychczas nieznanych, albo może też w przyszłości z listy pierwiastków wypadnie który z nich wykreślić, gdyby się okazało, że jest identyczny z innym. Niektóre pierwiastki występują w dwu lub większej liczbie odmian t. zw. allotropowych (np. siarka lub fosfór); otóż byłoby możliwem, że dwa pierwiastki, które uważamy obecnie za ciała jakościowo różne, okażą się odmianami tylko jednej i tej samej materyi. Wówczas oczywiście uda się jedno z tych ciał zamienić na drugie, lecz będzie to tylko przemiana pozorna, bo w istocie jest to jedna i ta sama materya. To, co nazywamy pierwiastkami, są to takie ciała, których przy pomocy środków, jakiemi obecnie rozporządzamy, nie potrafimy rozłożyć ani na inne ciała zamienić. Nie przesądzamy bynajmniej, co przyszłość w tym względzie przyniesie. Umysły spekulacyjne mogą dowolnie rozmyślać nad tem, że wszystkie pierwiastki są tylko odmianami jednej jedynej materyi podstawowej. Materya byłaby w takim razie jednego tylko rodzaju i masa jej byłaby niezmienna, jak obecnie (t. j. przy obecnym stanie wiedzy) masa każdego pierwiastku. Rozważając materyą jako złożoną z cząsteczek, które znów składają się z atomów, moglibyśmy też przypuścić, że atomy złożone są z jeszcze mniejszych jednostek owej pra-materyi. Należałoby mniemać w takim razie, że własności atomów poszczególnych pierwiastków wynikają z liczby i układu owych atomów pierwotnej materyi, pra-atomów. Lecz roztrząsania tego rodzaju wychodzą poza obręb tego, co mamy prawo wnioskować ze znanych dotychczas i dobrze uzasadnionych faktów.

13. Ciężar atomu i ciężar cząsteczki.

13. Poprzestańmy przeto na poglądach współczesnych, opartych na faktach, i przyjmijmy, że wszelka materya składa się z oddzielnych ułamków—cząsteczek, które znów złożone są z atomów. Wykład dalszy pouczy nas, jak daleko dojść można z temi poglądami i w jaki sposób możemy, w tem przypuszczeniu trwając, objaśnić sobie zjawiska przyrody. Ze wszystkiego wszakże, czego dowiedzieliśmy się dotychczas, wynika, że pojęcie atomu zawiera w sobie nietylko bardzo drobną ilość materyi o określonych cechach jakościowych, lecz także pewną określoną masę tej materyi, innemi słowy, każdy atom—jeśli przypuścić, że wszelkie ważenia wykonywano w jednakowych warunkach[1])—ma pewien określony ciężar.

[1]) To znaczy: przy jednakowej wartości stałej ciążenia (porówn. § 3, str. 67 przypisek). W tym przypadku, jak widzieliśmy, masa może być

www.dlibra.wum.edu.pl

Ten ciężar atomu zależy od natury jego, różny więc jest dla każdego pierwiastku. Oznaczamy go przez porównywanie z ciężarem atomu takiego pierwiastku, którego ciężar obraliśmy jako jednostkę. Jako jednostkę taką wybrano ciężar atomu wodoru, okazało się bowiem, że jest to najlżejszy ze znanych pierwiastków. Prawda, że nie jesteśmy w stanie podać ciężaru atomu wodoru a więc i żadnego innego pierwiastku w zwykłych naszych jednostkach wagowych, np. w ułamkach miligrama, ponieważ nie mamy możności wydzielić, wyosobnić atomu i zważyć go. Lecz na tem też bynajmniej nam nie zależy. Wszelkie miary są tylko porównawczemi. Gdy powiadamy, że ciało jakie, np. kawał szkła waży 30 gramów, znaczy to tylko, że zawiera ono tyleż masy co 30 centymetrów sześciennych wody o temperaturze 4° C. A gdy mówimy, że ciężar atomu azotu równa się 14, znaczy to, że w jednym atomie azotu zawiera się tyleż masy, co w 14 atomach wodoru. W rozdziale VII-ym powrócimy jeszcze do tego przedmiotu i obszerniej go rozwiniemy.

Suma ciężarów atomów połączonych w cząsteczkę daje ciężar cząsteczki danego ciała, pierwiastku lub związku chemicznego. Znając ciężary atomów oraz liczbę różnych atomów w cząsteczce zawartych, znamy także ciężar cząsteczki, który jest właśnie sumą ciężarów wszystkich atomów. Liczby odnośne wskazują, wiele masy zawiera się w cząsteczce danego ciała w jednostkach tej masy, która przypada jednemu atomowi wodoru.

14. Ciało każde zajmuje ograniczoną przestrzeń. Obojętnem jest na razie, czy wypełnia ono tę przestrzeń nieprzerwanie, czy też, jak to przypuściliśmy, składa się z oddzielnych cząstek materyalnych, pomiędzy któremi są przestrzenie próżne. Wielkość przestrzeni zajmowanej przez ciało nazywamy jego objętością. Jak wiadomo, objętość zależy od temperatury i ciśnienia, masa zaś (więc i ciężar) ciała od jego natury chemicznej i liczby cząsteczek. Ilość przeto masy zawartej w pewnej objętości różna jest dla rozmaitych ciał. Porównajmy masę jakiego ciała zawartą w jednostce objętości z masą zawartą w jednym centymetrze sześciennym wody dystylowanej o 4° C., a otrzymamy jako stosunek tych mas liczbę, którą nazywamy ciężarem właściwym danego ciała. Gdy mówimy, że ciężar właściwy czystego złota wynosi 19,25, znaczy to, że 1 centymetr sześć. złota waży tyleż co 19,25 gramów wody o temp. 4° C. 14. Ciężar właściwy.

---

uważana za równą ciężarowi, więc masa może być oznaczona przez ciężar.

www.dlibra.wum.edu.pl

Mieszaniny nie mają, tak jak czyste związki chemiczne, oznaczonego ciężaru właściwego; ich ciężar właściwy waha się w pewnych granicach, zależnie od ilości wchodzących w skład tych mieszanin części składowych. Rozumiemy przeto, dla czego powiadamy np., że krew ludzka ma ciężar właściwy 1,045—1,060 [1]). Dla unikania ułamków często mnożymy przez tysiąc liczby wskazujące ciężary właściwe, t. j. podajemy ciężar jednego litra substancyi w gramach albo, co na to samo wychodzi, ciężar jednego centymetra sześciennego w miligramach. Tak więc dla wody otrzymujemy liczbę 1000, dla złota 19250, dla krwi 1045—1060, dla czystego, bezwodnego alkoholu 794,6.

Jeżeli w jednym centymetrze sześciennym wody zawarta jest jedna jednostka masy, natomiast w jednym centym. sześć. złota jest 19,25 jednostek masy, można przeto powiedzieć, że w złocie masa gęściej jest skupiona niż w wodzie. Dla tego też często nazywamy gęstością ciał ów stosunek ciężarów mas czyli ciężar właściwy. Dwie mogą być przyczyny większej gęstości złota niż wody. Popierwsze, ciężar cząsteczkowy złota może być większy od ciężaru cząsteczkowego wody, powtóre liczba cząsteczek w jednostce objętości może być większa w złocie niż w wodzie. Co do możliwości drugiej, możemy tylko o gazach wypowiedzieć coś dokładniejszego, o czem obszerniej będzie mowa w dalszym ciągu. Natomiast jasnem jest, że jeśli gęstość może uledz zmianie pod wpływem środków mechanicznych jak ciśnienia, lub pod wpływem temperatury, zmiany te muszą polegać na zwiększeniu lub zmniejszeniu liczby cząsteczek w jednostce objętości. Tak np. liczba 19,25, podana jako ciężar właściwy złota, odnosi się tylko do złota lanego i do temperatury 0^0. Przez wykuwanie i inne sposoby obrobienia gęstość złota może być zwiększona do ciężaru właściwego 19,6, a złoto strącone z roztworów związków tego metalu może nawet i wyższe osiągnąć ciężary właściwe.

15. Braki w poglądach na materyą.

15. Rozwinięte powyżej poglądy na budowę materyi pozwalają nam z dostateczną jasnością pojmować niezmiernie dużą liczbę zjawisk przyrody. Pragnąc zdać sobie sprawę ze zjawisk połączeń i rozkładów chemicznych oraz z mnóstwa procesów fizycznych, potrzeba tylko atomom, cząsteczkom lub wogóle masom przypisać zdolność zmiany położenia w przestrzeni, czyli innemi słowy

[1]) Gdyby zmiany objętości zależne od temperatury i ciśnienia były jednakowe dla wszystkich ciał, w takim razie liczby ciężarów właściwych stwierdzone dla pewnej oznaczonej temperatury i dla pewnego oznaczonego ciśnienia zachowałyby swą wartość również dla wszelkich innych temperatur i ciśnień. Lecz to dotyczy, jak zobaczymy, tylko gazów. Podaje się przeto zazwyczaj ciężary właściwe w pewnej temperaturze i dla ciśnienia jednej atmosfery.

www.dlibra.wum.edu.pl

zdolność wykonywania ruchów. Będziemy o tych zjawiskach ruchu mówili w dalszym ciągu w rozdziale następnym. Pozostaje wszakże pewien duży szereg zjawisk przyrody, dla których wyjaśnienia poglądy powyższe o materyi nie wystarczają.

Za przykład posłużyć może doświadczenie następujące. Przyrząd zegarowy z młoteczkiem uderzającym w dzwonek umieszczamy pod dzwonem pompy pneumatycznej. Widzimy, jak młotek regularnie uderza w dzwonek i za każdym razem słyszymy dźwięk dzwonka. Mamy więc dwa rozmaite zjawiska fizyczne, które postrzegamy z całą dokładnością. Jeżeli następnie wypompujemy powietrze z pod dzwona pneumatycznego, dźwięk dzwonka zegarowego stawać się będzie coraz słabszy, aż wreszcie zupełnie umilknie; lecz ruchy młotka nadal będą widoczne.

Badanie zjawisk dźwiękowych, akustycznych poucza, że cząsteczki dzwonka zegarowego wprawione zostają w drganie przez uderzenia młotka, że drgania te udzielają się powietrzu wewnątrz dzwonu pneumatycznego, ztąd przenoszą się na cząsteczki szklanej ściany dzwonu, dalej na cząsteczki powietrza zewnętrznego i wreszcie na błonę bębenkową naszego ucha. Podrażnienie zakończeń nerwowych w uchu sprowadza wrażenie dźwięku. Gdy powietrze z wnętrza szklanego dzwona pneumatycznego zostało usunięte, zbrakło ośrodka do przenoszenia drgań dzwonka, i przewodnictwo zjawiska dźwiękowego stało się niemożliwe.

Przez tę samą wszakże przestrzeń, w której wytworzyliśmy, jak powiadamy, próżnię wskutek wypompowania z niej powietrza, w której przeto niema materyi w znaczeniu tem, w jakiem pojęcia tego używaliśmy dotychczas, przez tę samą, powtarzamy, przestrzeń udziela się nam inne zjawisko, zjawisko świetlne. Pomimo bowiem wypompowania powietrza i umilknięcia dzwonka dla ucha naszego, widzimy jednak jeszcze ruchy młotka i jego uderzanie o dzwonek. I to zjawisko świetlne, jak dowodzą ścisłe badania fizyczne, polega na ruchach drgających. Lecz to, co drga w tem zjawisku, nie może być materyą tego rodzaju, jaki poznaliśmy dotychczas. Podobnie dzieje się ze zjawiskami elektrycznemi i magnetycznemi. I te zjawiska przenoszą się w tak zwanej próżni, w przestrzeni niewypełnionej materyą taką, jaką poznaliśmy dotąd w wykładzie naszym.

16. Ciała, które zostały „naelektryzowane“, nabyły własności, jakich przedtem nie posiadały, nie zmieniwszy wszakże swej masy. To samo rzec można o żelazie namagnetyzowanem. Pragnąc objaśnić tego rodzaju zjawiska, przypuszczano dawniej, że prócz materyi właściwej istnieją inne jeszcze substancye tak sub- 16. Eter.

www.dlibra.wum.edu.pl

telne, że nie mają wcale ciężaru, są nieważkie. Nazywano je n i e w a ż n i k a m i. Materya miała nabywać nowych własności przez łączenie się z temi hypotetycznemi nieważnikami. Przytem dla każdej własności przyjmowano osobny nieważnik. Mówiono więc o substancyi czyli materyi świetlnej (świetlik), która wypływa, promieniuje niby z ciał świecących i wnikając do oka naszego, sprawia wrażenie światła. Mówiono o substancyi cieplnej (cieplik), o nieważnikach elektrycznych (zazwyczaj o dwu „fluidach“ elektrycznych) i magnetycznych. Według podstaw logicznych, wyłożonych w rozdziale drugim, powinniśmy, o ile można, jaknajbardziej ograniczyć liczbę przypuszczeń hypotetycznych przy wyjaśnianiu zjawisk przyrody. Gdy wszakże zjawisk światła, elektryczności i magnetyzmu oraz ciepła promienistego w żaden sposób wytłumaczyć nie można wyłożonemi wyżej poglądami na materyą, przeto j e d n o jeszcze co najmniej przypuszczenie winniśmy dopuścić. Lecz gdy przyjmiemy, że prócz zwykłej materyi, którą już poznaliśmy, istnieje jeden jeszcze inny rodzaj materyi hypotetycznej, wystarczy to w zupełności do zrozumienia w s z y s t k i c h zjawisk przyrody [1]).

Ten drugi rodzaj materyi nazywa się e t e r, a wyobrażamy go sobie, na podobieństwo materyi właściwej, jako złożony z oddzielnych cząstek, z cząsteczek (molekuł) eteru. Hypotetyczne te cząsteczki eteru wypełniają całą przestrzeń wszechświatową. Wielkość ich tak jest nieznaczna, że w porównaniu z niemi przestrzenie pomiędzy cząsteczkami materyalnemi muszą być uważane za ogromnie duże. Cząsteczki eteru przeto przenikają w te przestrzenie międzycząsteczkowe materyi i mogą tak przechodzić przez wszelkie ciała, jak powietrze, woda lub drobne ziarnka piasku przesiewają się przez sito Można zatem przestrzeń ograniczoną stałemi ścianami opróżnić z powietrza, uwolnić od wszelkiej materyi, lecz nie można jej w żaden sposób opróżnić z eteru. Ruchy zaś, drgania wszelkie, powstające w eterze lub udzielone eterowi przenoszą się od cząsteczki do cząsteczki tegoż i w ten sposób przenoszą się choćby na najznaczniejsze odległości. Mogą więc te drgania eteru przenosić się zarówno przez tak zwaną próżnię jak i po przez wszelkie ciała materyalne.

Wynika z poprzedzającego, że eter hypotetyczny, zgodnie

---

[1]) Idzie tu tylko o zjawiska światła, elektryczności i magnetyzmu. Zjawiska ciepła, jak to zobaczymy w rozdziale następnym, mogą być sprowadzone do ruchu materyi (właściwej), albo też są pewnemi odmianami zjawisk świetlnych (ciepło promieniste).

www.dlibra.wum.edu.pl

z naszemi o nim wyobrażeniami, jest właściwie pewnego rodzaju materyą, tem tylko różniącą się od materyi zwykłej, że jest nieskończenie mniej gęsty. Dla spostrzeżeń naszych jest on zupełnie nieważki. To, co nazywamy ciężarem, jest wyrazem pewnego stosunku cząstek materyalnych pomiędzy sobą, stosunku ujętego w znane prawo ciążenia Newtona. Dla ciał ziemskich możemy za pomocą wag oznaczać ciężary, które wyrażają stosunek ciążenia pomiędzy temi ciałami a ziemią; co do ciążenia ciał niebieskich, wnosimy o niem z wpływów, jakie ciała te wywierają nawzajem na swe ruchy. Lecz wszystkie metody, stosowane przy tych badaniach stosunków wzajemnych pomiędzy ciałami materyalnemi zawodzą nas, gdy chcemy je przenieść na eter wypełniający wszechświat. Wynika to z następującego rozważania. Pragnąc się przekonać, że powietrze ma ciężar, musimy porównać przestrzeń wypełnioną powietrzem z przestrzenią próżną. Ważenie w powietrzu sprawia, jak wiadomo, że każde ciało wydaje się lżejszem o tyle, ile waży wyparta przez nie objętość powietrza; powietrze ważone w powietrzu ma, że tak powiemy, ciężar równy zeru. Przypuśćmy teraz, że istnieje odpowiedni do masy eteru stosunek pomiędzy tymże a ziemią, stosunek dość wyraźny, aby go można oznaczyć przy pomocy dość czułej wagi; oczywiście uczynićby to można tylko w razie, gdybyśmy potrafili zważyć pewną masę eteru w przestrzeni od eteru wolnej, co naturalnie jest zgoła niemożliwe. Również stwierdzić nie jesteśmy w stanie, czy masy eteru działają na siebie na podobieństwo cząstek materyalnych. I w tym celu bowiem powinnibyśmy byli rozporządzać ograniczonemi masami eteru, oddzielonemi od siebie przestrzeniami od eteru wolnemi.

Takie zestawianie ciał materyalnych z eterem i odróżnianie ich jako dwu rozmaitego rodzaju materyj, różniących się tylko gęstością, wywoła może zarzut, że przecie materya bezpośrednio jest przystępna dla zmysłów naszych, eter natomiast jest tylko czystą fikcyą. Lecz z rozważań poprzedzających wynika, że to samo dotyczy także materyi. Bo choć napozór tak bardzo jasne są wrażenia zmysłowe, które świadczą o istnieniu materyi, jednakże niczem nie jest dowiedzione przypuszczenie, że wrażenia te sprowadza materya istniejąca objektywnie poza naszą czującą i świadomą jaźnią. Stwarzamy tę hypotezę, ponieważ pozwala ona w sposób prosty i zupełnie zadawalający objaśnić wszelkie zjawiska przyrody, z wyjątkiem pewnej tylko części objawów. By i te ostatnie jasno sobie tłumaczyć, dopełniamy hypotezę o materyi hypotezą o eterze.

Obawiano się, że hypoteza eteru obok hypotezy o materyi wprowadza pewien rodzaj dualizmu w poglądach na przyrodę. Lecz

www.dlibra.wum.edu.pl

obawa to nieuzasadniona. Wyobrażenie o materyi jako czemś, istniejącem po za naszem ja i sprawiającem wszelkie, od najwcześniejszego dzieciństwa znane nam wrażenia zmysłowe, tak jest w nas głęboko zakorzenione, że i eteru nie wyobrażamy sobie inaczej, tylko przypisujemy mu gęstość niesłychanie małą. Pomiędzy materyą a eterem nie ma, według pojęć naszych, większej różnicy aniżeli pomiędzy rozmaitemi rodzajami samych ciał materyalnych, np. pomiędzy gazami a ciałami stałemi. Możnaby zresztą i w ten sposób dualizmu tego uniknąć, że wyobrazilibyśmy sobie materyą jako gęstsze w pewnych miejscach przestrzeni skupienia eteru. Możnaby pomyśleć, że to, co nazywamy atomem wodoru, jest zagęszczoną masą cząsteczek eteru w pewnem określonem ugrupowaniu a więc i o pewnych określonych własnościach, podczas gdy atom tlenu składa się z innej liczby cząsteczek eteru w innem ugrupowaniu. Lecz spekulacye takie zbyt niedostatecznie są jeszcze uzasadnione; wartość ich nie może jeszcze być sprawdzona przez porównanie wniosków, jakie ztąd wynikają, z doświadczeniem; nie możemy przeto wchodzić w głębsze ich roztrząsanie. Poprzestając na przypuszczeniach wyżej zrobionych, możemy jasno i konsekwentnie wytłumaczyć zjawiska przyrody, o ile są one dla zmysłów naszych przystępne. I dlatego hypotezy powyższe o materyi i eterze są doskonałemi środkami pomocniczemi w naukowem poznawaniu przyrody; mówimy też o atomach i cząsteczkach materyi i eteru, jak gdyby ich istnienie było zupełnie niewątpliwe. Lecz natychmiast poglądy te musiałyby upaść, gdybyśmy poznali jakikolwiek fakt, który się z niemi nie zgadza, lub gdybyśmy w stanie byli utworzyć poglądy inne, które lepiejby się nadawały do jasnego tłumaczenia faktów.

www.dlibra.wum.edu.pl

ROZDZIAŁ PIĄTY.

Ruch i energia.

1. Podścielisko, substrat postrzeżeń naszych, materya uja- 1. Ruch.
wnia nam się w postaci ograniczonych, w przestrzeni rozmieszczonych ciał. Spostrzeżenia najwyraźniejsze, powtarzające się ustawicznie dowodzą, że ciała te zmieniają położenia względem siebie czyli poruszają się. Od najwcześniejszego przeto dzieciństwa przywykliśmy widzieć ruchy; są one bezpośrednio dla zmysłów naszych przystępne, gdy inne zjawiska trudniej trafiają do naszej świadomości.

Przenosząc wyobrażenia o ruchach, zdobyte na masach widocznych, ciałach, także i na hypotetyczne cząsteczki, atomy i eter, dochodzimy do poglądu rozleglejszego na wszelkie zjawiska przyrody. Potrzeba przeto koniecznie zapoznać się dokładnie z rozmaitemi rodzajami ruchu i z prawidłowościami, jakie w nich zachodzą.

Odróżniamy: 1) ruch ciał czyli mas, ruch molarny; należą tu zjawiska padania ciał, ruch gwiazd i t. p.—2) ruch cząsteczek (molekularny); do tego ruchu sprowadzić można zjawiska zmiany objętości i t. p.—3) ruch atomów, obejmujący zjawiska chemiczne łączenia się i rozkładu ciał.—4) ruch eteru, którym objaśniamy zjawiska światła, elektryczności i magnetyzmu.

Gdy przy ruchu mas położenie cząstek ciała składających pozostaje niezmienione, gdy więc ciało porusza się jako jedna całość, wówczas możemy pominąć kształt (wymiary i t. d.) ciała i pomyśleć całą masę poruszającego się ciała zjednoczoną w jednym punkcie (punkt ciężkości). Cząsteczki, atomy lub cząsteczki eteru, o których ruchach hypotetycznych często mówimy, nie mają w wyobrażeniu naszem żadnych znaczniejszych wymiarów; są one, jak się mówić zwykło, nieskończenie małe, mogą przeto być przyjmowane za punkty. Takie sprowadzenie wszelkich zjawisk ruchowych

www.dlibra.wum.edu.pl

do stosunków pomiędzy punktami sprawia, że mechanika czyli nauka o ruchach może być traktowana ściśle matematycznie. Nauka ta osiągnęła też dzięki temu wysoki stopień rozwoju. Przeniesienie metod i rezultatów, zaczerpniętych z mechaniki, na ruchy przypuszczalne cząsteczek i eteru pozwoliło również ściśle badać i inne zjawiska przyrody. Tak tedy rozumieć należy, gdy mówimy, że wszelka nauka o przyrodzie dąży do tego, by się stać mechaniką.

2. Rodzaje ruchu.

2. Ruchy wszelkie są albo postępowe (postępujące) albo drgające. W pierwszym razie poruszające się ciało zajmuje ustawicznie nowe położenia w przestrzeni; w drugim powraca ono w pewnych odstępach czasu do położenia pierwotnego. Jeżeli ciało znajduje się raz w położeniu A a następnie w położeniu B, to linia $\overline{AB}$, łącząca obadwa punkty oznacza drogę przez ciało przebytą. Wyraz $\overline{AB}$ mieści w sobie dwa znaczenia; wskazuje nietylko długość drogi, lecz i kierunek ruchu; wypowiada, że ruch odbył się w kierunku od A do B. Gdy ruch zachodzi w kierunku przeciwnym, oznaczamy go przez $\overline{BA}$. $\overline{AB}$ i $\overline{BA}$ są to długości jednakowe, równe, lecz kierunki przeciwne. Możemy też dlatego opatrzyć te wyrazy znakami matematycznemi przeciwnemi. Zatem $\overline{BA} = -\overline{AB}$, a więc $\overline{AB} + \overline{BA} = 0$. Znaczy to, że jeżeli ruch idzie naprzód od A do B a następnie od B do A, ostateczny rezultat $= 0$; ciało powróciło znów do pierwotnego swego położenia. Jest to ruch drgający.

Prócz długości i kierunku drogi uwzględniamy jeszcze czas potrzebny do przebycia drogi. Nazwijmy drogę s a czas (w sekundach) t, w takim razie $\frac{s}{t}$ jest drogą przebytą w jednostce czasu (1 sekundzie) czyli prędkością, szybkością ruchu[1]).

---

[1]) Określając w ten sposób prędkość, przypuszczamy, że w każdej cząstce czasu t przebieżona jest jednakowa cząstka drogi s. W tym razie nazywamy prędkość jednostajną, w razie przeciwnym mówimy o prędkości niejednostajnej. Prędkość niejednostajna może być przyspieszona lub zwolniona, zależnie od tego czy szybkość wzrasta czy też zmniejsza się. Jeżeli ciało przebiega drogę s w czasie t z prędkością niejednostajną, wówczas $\frac{s}{t}$ oznacza jego prędkość przeciętną czyli średnią dla czasu t. W rzeczywistości w każdym momencie ciało ma inną prędkość; można ją wyrazić dla każdego momentu, podając, jak wielką jest droga, jaką przebiegłoby ciało w ciągu sekundy, gdyby się prędkość w tym czasie nie zmieniła.

www.dlibra.wum.edu.pl

Pojęcia przestrzeni i czasu, któremi się tu posługujemy, nie dają się porównać z pojęciami o przedmiotach czyli ciałach. Są to raczej formy poglądowe, uwarunkowane własnościami naszych organów zmysłowych i naszej świadomości. To, że ciałom przypisujemy pewne wymiary, że postrzegamy ciała ugrupowane obok siebie, spowodowane jest specyalną budową oka naszego i organów dotyku oraz możnością zmieniania stanowiska, z którego rozglądamy przedmioty. Przypisujemy przestrzeni trzy wymiary, albowiem jesteśmy w stanie w trzech rozmaitych kierunkach dostrzegać różnice. Gdyby narządy zmysłowe, którym zawdzięczamy możność postrzegania świata zewnętrzego, były inaczej zbudowane, może rozróżnialibyśmy tylko dwa, a może więcej niż trzy wymiary. Dla tego też w teoryi rozprawiać można o przestrzeniach więcej niż trzywymiarowych, o wielowymiarowych; lecz przestrzeń, o której istotnie posiadamy wyobrażenie, jest trzywymiarową.

Pogląd na czas zależny jest od własności naszej świadomości. Zmieniają się stany świadomości, pozostaje wszakże pamięć stanów dawniejszych. Ztąd dochodzimy do pojęć współczesności i następczości kolejnej. Możemy też powiedzieć, że czas ma tylko jeden wymiar. Można matematycznie przedstawić czas jako linię, która w obu kierunkach wydłuża się do nieskończoności. Punkt jakikolwiek na tej linii może posłużyć do oznaczenia teraźniejszości; wówczas w jednę stronę od tego punktu iść będzie przeszłość, w przeciwną zaś przyszłość.

3. Jeżeli nagle zmienia się kierunek ruchu, wówczas droga ruchu staje się łamaną; gdy zaś kierunek stopniowo, powoli się zmienia, droga jest krzywą. Prostym przykładem tego rodzaju jest ruch kołowy. Pragnąc w tym razie oznaczyć szybkość ruchu, można podać albo długość łuku czyli części obwodu koła przebieżonej w jednostce czasu (prędkość linijna) albo wielkość odpowiadającego temu łukowi kąta środkowego czyli centralnego (prędkość kątowa). 3. Drgania.

Za przykład posłużyć tu może ruch obrotowy lub ruch wirowy bąka, kiedy ciało obraca się dokoła osi przechodzącej przez jego punkt ciężkości. (Przykład: koło rozpędowe maszyny). Wszystkie punkty ciała opisują przytem koła, wykonywają ruchy kołowe. Promienie tych kół są tem większe, im punkty bardziej są oddalone od osi; szybkości przeto, wyrażone w jednostkach długości, są rozmaite. Lecz kąty, opisywane przez promienie w oznaczonym czasie, równe są dla wszystkich punktów. Innemi słowy: szybkości linijne są różne, natomiast szybkości kątowe jednakowe.

Ruchy wahadła są ruchami kołowemi, lecz obejmują tylko nieznaczną część obwodu koła i w regularnych odstępach czasu

www.dlibra.wum.edu.pl

zmieniają kierunek. Kiedy mówimy o drganiach, mamy właśnie na myśli tego rodzaju ruchy naprzemian w jednę i drugą stronę zachodzące. Zazwyczaj łączy się z tem pojęcie stosunkowo szybkiego, częstego powtarzania się tych ruchów. Poza tem zresztą ruchy te nadzwyczaj mogą być różnorodne, drogi przebiegane mogą być prostolinijne i krzywolinijne, szybkości mogą być jednostajne i różnorodne. Nauka o drganiach niezmiernie duże ma znaczenie dla wielu działów fizyki (akustyki, optyki i t. d.). W drganiach rozróżniamy:

1) Czas trwania jednego drgania czyli czas, którego potrzeba ciału drgającemu, aby po skończeniu całkowitego ruchu powróciło znów do punktu wyjścia, do pierwotnego swego położenia. Jeżeli przy ustawicznie powtarzających się drganiach czas trwania pojedyńczych drgań jest zawsze jednakowy, w takim razie można zamiast trwania jednego drgania podać także liczbę drgań w jednostce czasu. Oczywiście jest to samo, czy powiemy, że jedno drganie kamertonu trwa $^1/_{256}$ sekundy, czy też że kamerton wykonywa 256 drgań na sekundę.

2) Amplituda drgań, zwana także wydłużeniem (elongacyą) lub intensywnością drgań. Jest to największa odległość, do jakiej dochodzi punkt drgający, odległość w prostej linii pomiędzy dwoma najskrajniejszemi położeniami.

3) Rodzaj ruchu pomiędzy owemi położeniami najskrajniejszemi. Jeżeli nietylko szybkość drgań jest zawsze jednakowa, jednostajna, ale i sam ruch zachodzi zawsze w sposób dokładnie taki sam, wówczas drgania nazywamy prawidłowemi, w przeciwnym zaś razie nieprawidłowemi [1]).

4. Energia.

4. Rozpatrzmy teraz, czem różnią się ciała spoczywające od ciał będących w ruchu. Porównajmy dwie zupełnie jednakowe masy, dajmy dwie kule ołowiane jednakowego ciężaru, z których jedna spoczywa a druga znajduje się w ruchu. Kula spoczywająca jest rzeczą dość niewinną. Leżąc na ręku wywiera ona ciśnienie zależne od swego ciężaru. Lecz gdy ołowiana a będąca w ruchu kula napotka na swej drodze rękę, może ją dotknąć bardzo boleśnie, a nawet przy dostatecznej szybkości zmiażdżyć ją lub nawskroś przebić. Kula przeto w ruchu będąca wywiera pewne działanie, posiada pewną siłę, której nie ma kula w spoczynku; tę zdol-

[1]) Odróżnianie to jest ważne w akustyce. Drgania prawidłowe wywołują w nas wrażenia tonów i dźwięków, nieprawidłowe zaś wrażenie szmerów.

www.dlibra.wum.edu.pl

ność do wykonywania pewnych działań nazywamy energią. Sprobójmy zmierzyć tę energią. Nabijamy broń taką kulą i strzelamy. Wybuch prochu wyrzuca kulę z lufy z niezmierną szybkością. Przypuśćmy, że zmierzyliśmy tę szybkość. Niechaj się ona równa v, a masa kuli niechaj będzie m. Kierujemy broń w szereg gęsto jedna za drugą ustawionych, jednakowo grubych desek. Przekonywamy się, że dzięki energii swej kula przebija pierwszą deskę, przyczem musi przezwyciężyć siłę, z jaką spojone są ze sobą cząstki drzewa. Lecz po tem siła jej się wyczerpała i kula pozostaje utkwiona w drugiej desce. Nabijmy broń dokładnie taką samą kulą, lecz nadajmy jej szybkość dwa razy większą czyli $= 2\ v$; obecnie przebije kula 4 deski; przy szybkości $3\ v$ przebije 9 desek, przy szybkości $4\ v$ przebije 16 desek i t. d.

Kula zatem o masie m przebiła:

przy szybkości:	v	$2\ v$	$3\ v$	$4\ v$
liczbę desek:	1	4	9	16.

Powtarzamy te doświadczenia, lecz z kulą o masie $2\ m$. Przekonywamy się, że przebija ona:

przy szybkości:	v	$2\ v$	$3\ v$	$4\ v$
liczbę desek:	2	8	18	32.

Streśćmy wyniki tych dwu szeregów doświadczeń, a okaże się, że energia (mierzona wywołanem przez nią działaniem) wzrasta wprost proporcyonalnie do masy i proporcyonalnie do kwadratu szybkości ciała poruszającego się, czyli energia jest proporcyonalna do iloczynu mv^2. Pewne powody, których wyłożyć tu nie pozwala nam zakres tej książki, każą wyrażać energią ściśle przez połowę iloczynu z masy przez kwadrat szybkości, więc $e = {}^1/_2\, mv^2$.

5. Praca.

5. Gdyby człowiek dokonał zapomocą dłuta lub świdra przebicia lub przedziurawienia desek, co uważaliśmy za miarę energii kuli będącej w ruchu, powiedzielibyśmy, że wykonał on pewną pracę. Możemy przeto powiedzieć, że i kula wykonała pracę. Wielkość tej pracy (liczba przebitych desek) służyła nam za miarę energii kuli przy danej szybkości. Łatwiej jeszcze możemy ocenić wielkość pracy przy podnoszeniu ciężarów. Rozumie się, że wykonana praca tem musi być większa, im większy jest ciężar i im znaczniejsza wysokość, na jaką ciężar ten podnosimy. Wynika ztąd, że można mierzyć pracę iloczynem z ciężaru przez wysokość. Jeżeli A oznacza pracę, to

$$A = g \cdot h.$$

Jeżeli w równaniu tem zamiast g wstawimy jednostkę ciężaru (1 kilogram $= kg$) a zamiast h jednostkę długości (1 metr $= m$),

www.dlibra.wum.edu.pl

otrzymamy jednostkę miary pracy czyli jednostkę pracy, kilogramometr (1 *kgm*) [1]). Tą miarą mierzy się praca w technice, niezależnie od tego czy wykonywa ją człowiek czy machina.

6. Przemiana energii.

6. Chcąc w podobny sposób mierzyć energią kuli, ustawiamy broń pionowo z otworem lufy w górę zwróconym, tak ażeby kula wyrzucona została pionowo w górę. Gdybyśmy dokładnie śledzić mogli ruch kuli, dostrzeglibyśmy, że wznosi się z szybkością malejącą ustawicznie aż do pewnej wysokości, tam krótką chwilę przystaje a następnie pada z szybkością coraz wzrastającą. Gdy znów doszła do punktu, z którego poczęła się wzbijać w górę, to jest do wysokości wylotu lufy, wówczas ma dokładnie tę samą szybkość, a więc i tę samą energią, z jaką opuściła lufę.

W tej formie doświadczenie nie daje się dobrze obserwować w oddzielnych okresach. Możemy je wszakże zastąpić doświadczeniem innem, w zasadzie całkiem do tamtego podobnem. Bierzemy wahadło zwyczajne, kulę zawieszoną na drążku, który obraca się około punktu zawieszenia A. Wyprowadzamy wahadło z położenia pionowego i następnie puszczamy kulę; wahadło wykonywa pewną liczbę wahań (drgań), w których w obiedwie strony od pionu zakreśla dokładnie jednakowe kąty. Jeżeli w skrajnem swem położeniu na prawo, w położeniu AC wahadło zostanie zatrzymane, utworzy ono z pionem kąt α; punkt ciężkości kuli znajduje się wówczas w C, jest przeto w porównaniu z B wyniesiony na wysokość CE. Gdy puścimy teraz kulę, powraca ona do B i osiąga przy tem szybkość, dzięki której biegnie dalej w lewo do położenia AD. Jeżeli, jak tego dowodzi doświadczenie, $\sphericalangle BAD = \sphericalangle BAC$, w takim razie masa wahadła podniesioną została na wysokość DF. Lecz łatwo dowieść, że $DF = CE$. Masa kuli wahadła podniosła się zatem dokładnie na taką wysokość, z jakiej poprzednio spadła.

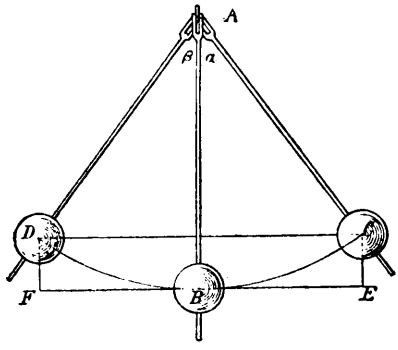


Fig. 2.

Wahadło AB zawieszone jest w punkcie A. Gdy sprowadzone jest do położenia AC, punkt ciężkości wyniesiony został na wysokość CE. Puszczone w tem miejscu wykonywa ono ruch w kierunku przeciwnym, dochodzi do położenia AD, tak że kąt $\beta = \alpha$. Punkt ciężkości podniósł się na wysokość $DF = CE$.

[1]) W układzie miar absolutnym (porówn. rozdz. III. § 6) należałoby przyjąć za podstawę 1 *g* i 1 *cm*. Ta jednostka pracy naukowa (gramocentymetr) jest zbyt mała dla celów praktycznych, przeto zastępujemy ją przez kilogramometr. 1 kilogramometr (*kgm*) = 100000 czyli 10^5 gramocentymetrów (*gcm*).

www.dlibra.wum.edu.pl

Podnoszenie się kuli wystrzelonej w kierunku pionowym i podnoszenie się kuli wahadła są w istocie zupełnie podobne zjawiska. W obudwu razach przyczyna podniesienia tkwi w pewnej energii, jaką posiadają kule, gdy znajdują się w najniższych swych położeniach. Kula wyrzucona z lufy otrzymuje tu swą siłę rzutu (swą szybkość) od uderzenia prochu eksplodującego, wahadło zaś zyskuje siłę wskutek spadku z wysokości CE. Z tego ostatniego doświadczenia widzimy, że pozyskana szybkość wystarcza, aby kulę wahadła wynieść na taką samą wysokość, z jakiej spadła. Możemy ztąd wyprowadzić wniosek następujący. Ażeby podnieść masę m na wysokość h, wykonywamy pracę $m.h$. Potrzeba na to pewnej energii. Gdy masa spada, osiąga ona energią, dzięki której znów może być wyniesiona na wysokość h. Energia ta zatem jest ściśle równą tej, jaka została zużyta przy podniesieniu. A zatem przy podniesieniu i spadku energia ani nie została straconą ani pozyskaną.

7. Rozmaite formy energii.

7. Rozważmy dwie równe masy m_1 i m_2, z których jedna spoczywa na ziemi, druga zaś na pewnej podstawie w wysokości h ponad powierzchnią ziemi. Wiadomo dobrze, że masy te nie są zupełnie równowartościowe. Aby pierwszą z nich podnieść, musielibyśmy wykonać pracę, czyli, innemi słowy, zużyć energią. Druga wszakże masa może pracę wykonać; potrzeba tylko, ażeby z wysokości swej spadła. Gdyby np. pierwszą z nich była masa wody w stawie na powierzchni ziemi, drugą zaś takaż sama masa wody w stawie na górze, ta ostatnia, spadając, mogłaby np. obracać koła młyńskie albo turbinę, a zatem wykonywać pracę. Woda taka na górze posiada przeto energią; lecz energia ta jest oczywiście innego rodzaju aniżeli energia wyrzuconej z lufy kuli lub wahadła w położeniu najniższem. Kula karabinowa i wahadło zawdzięczają swą energią temu, że znajdowały się w ruchu, że posiadały pewną szybkość; natomiast zarówno kula karabinowa i wahadło w najwyższych swych położeniach, jak i woda na pewnej wysokości zawdzięczają swą energią tylko temu swemu położeniu, które sprawia, że mogą one spadać i pozyskać w ten sposób pewną szybkość.

Dwa przeto rodzaje energii odróżniać winniśmy:
energią położenia czyli energią potencyalną i
energią ruchu czyli energią cynetyczną [1]).

---

[1]) Energia położenia bywa też nazywana siłą napięcia, energia ruchu zaś siłą żywą. Lecz te określenia mniej nadają się do wyrażenia jasnego tego pojęcia, jakie przywiązujemy do nich.

www.dlibra.wum.edu.pl

8. Perpetuum mobile.

8. Powróćmy raz jeszcze do doświadczenia z wahadłem. Podczas gdy wahadło z najniższego swego położenia podnosi się do najwyższego po jednej stronie od pionu, całkowita energia ruchu, jaką ono posiada w położeniu najniższem, zostaje zużytą na podniesienie jego masy. Lecz przez to bynajmniej energia ta nie zniweczyła się. Albowiem w tem nowem, najwyższem położeniu wahadło, przez obniżenie się, jest w stanie znów pozyskać szybkość, a więc osiągnąć znów energią. Podczas tych wahań zatem naprzemian ciągle energia ruchu przechodzi w energią położenia i odwrotnie. Doświadczenie to poucza również, że przy tych przemianach energia zużyta do pierwszego podniesienia wahadła znów zostaje odzyskana, lecz nigdy nie zwiększa się.

Przypuśćmy na chwilę, że wahadło, spadające z wysokości h, mogłoby w dalszym ciągu wahania po drugiej stronie wznieść się nieco wyżej, np. do wysokości $h_1 > h$. Możnaby w takim razie obmyśleć jakiś przyrząd, któryby pozwolił ową małą nadwyżkę wykonanej pracy zużyć, np do podniesienia małego ciężaru γ na wysokość β. Gdyby się to samo powtarzało przy każdem wahaniu wahadła, możnaby przez zsumowanie wszystkich tych drobnych ilości pracy $\gamma . \beta$ wreszcie pozyskać pracę dość znaczną. Nie byłoby granicy dla ilości tej pracy; gdyby wahadło możliwie długo ruchy swe wykonywało, mogłaby ona wreszcie stać się niezmiernie dużą. Zużycie przeto pierwotne małej pracy $a = m . h$ stałoby się niewyczerpanem źródłem pracy.

Dawniej przypuszczano, że proces takiego pozyskania niewyczerpanego źródła pracy jest możliwy. Sądzono, że cała rzecz polega tylko na tem, ażeby zręcznie zbudować odpowiedni przyrząd, a wówczas nieznaczny bodziec dostarczy dowolnej ilości energii, którą możnaby zastosować do wszelkich potrzeb. Mechanizm taki nazwano *perpetuum mobile*. Tysiące głów, niekiedy nawet nader sprytnych, mozoliło się nad zbudowaniem odpowiedniego przyrządu. Lecz wszystkie te wysiłki okazały się daremne. Doświadczenie zawsze przekonywało o niemożliwości wynalezienia perpetuum mobile. A skoro tak jest, to oczywiście pochodzi to tylko ztąd, że przy przekształcaniu energii położenia na energią ruchu lub odwrotnie nie można nigdy zyskać więcej pracy, niż się jej włożyło. Przeświadczenie przeto o niemożliwości stworzenia perpetuum mobile służy za potwierdzenie tego, że w przeobrażeniach energii ruchu na energią położenia i odwrotnie nigdy nowej energii zyskać nie można.

Trudniej jest nieco wykazać, że nigdy też energia straconą, zniweczoną być nie może. Napozór i na pierwszy rzut oka do-

www.dlibra.wum.edu.pl

świadczenie zdaje się nawet dowodzić czegoś wprost przeciwnego. Tak np. w przykładzie z wahadłem, wahania po sobie następujące stają się stopniowo coraz mniejsze i wreszcie zupełnie ustają. Dzieje się tak skutkiem oporu powietrza, tarcia w miejscu zawieszenia wahadła i t. d. Ażeby więc utrzymać wahadło w ciągłym ruchu, trzeba mu za każdem wahaniem udzielić nieznacznego uderzenia, co w naszych zegarach uskutecznia mechanizm pobudzany przez opadający ciężar lub sprężynę napiętą; i dla tego w pewnych odstępach czasu trzeba zegar nakręcać. Te straty energii możemy ograniczyć, jeżeli pozwolimy wahadłu poruszać się w próżni; wahania trwają wówczas dłużej, amplitudy wahań nie tak szybko maleją. Na razie zajmuje nas wszakże bardziej pytanie, co się też staje z tą cząstką energii, którą tracimy przez opór powietrza, tarcie i t. d.

Jeżeli kuli bilardowej udzielimy przez uderzenie pewnej szybkości, to przez ruch jej na powierzchni poziomej praca nie zostanie dokonana, tak jak się to dzieje przy pionowym ruchu w górę; tutaj energia ruchu nie przechodzi w energią położenia, musiałaby przeto energia ruchu trwać bezustannie, kula musiałaby się z wciąż jednakową szybkością poruszać wiecznie. Gdy dobiegła do krawędzi bilardu, zmienia się kierunek ruchu, lecz na szybkość ruchu wpływu to miećby nie mogło [1]).

Lecz w rzeczywistości dostrzegamy ustawiczne zmniejszanie się szybkości i wreszcie wstrzymanie się kuli. I w tym razie przypisujemy stratę energii tarciu. Lecz cóż przytem stało się z energią? To samo pytanie zadać sobie możemy w poprzednio rozpatrywanym przykładzie. Co stało się z energią kuli ołowianej, wyrzuconej z lufy, gdy przebiła pewną liczbę desek i wreszcie w jednej z nich utkwiła?

9. Ruch cząsteczek.

9. Odpowiedź na to pytanie brzmi: we wszystkich tych przypadkach energia z mas przenosi się na cząsteczki. Wprawdzie te ruchy cząsteczek nie są widoczne dla oka, lecz ich objawy dają się wykazać i mierzyć w inny sposób.

Ruchy cząsteczek t. j. zmiany położenia cząsteczek we wnętrzu ciała występują w ciałach sprężystych wskutek działającej z zewnątrz siły, wyciągającej lub uciskającej. To samo powiedzieć

---

[1]) Gdy kula uderza o drugą kulę, udziela ona tej ostatniej części swojej energii; zamiast masy m poruszają się teraz dwie masy m i m' z szybkościami zmniejszonemi, lecz suma podzielonych w ten sposób energij e' i e'' musi być równą energii pierwotnej e.

www.dlibra.wum.edu.pl

można o zmianach objętości wskutek zmian temperatury. Gdy pręt metalowy u jednego swego końca zostanie umocowany tak, ażeby w tym kierunku żadnym przemieszczeniom uledz nie mógł, i następnie ogrzewać go będziemy za pomocą płomienia podstawionej lampki, pręt ten się wydłuży. Wszystkie jego cząsteczki oddalają się nieco od siebie; lecz że nie mogą usuwać się w kierunku ku końcowi umocowanemu, przeto ruch ich odbywa się w kierunku przeciwnym. Drobne te ruchy sumują się, jak to widać w obrazie schematycznym (Fig. 3). W ten sposób u wolnego końca ruch

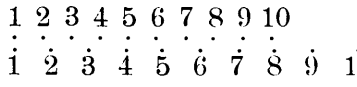


Fig. 3.
Przemieszczenie cząsteczek wskutek ogrzania.

ten łatwo dostrzedz przez wydłużenie się pręta.

Ruchy drgające cząsteczek, które nie powodują żadnych zewnętrznie dostrzegalnych zmian kształtów lub sprowadzają je w stopniu bardzo nieznacznym, występują w zjawiskach dźwiękowych. Zmiany położenia cząsteczek są tu przeważnie peryodyczne; powtarzają się w regularnych odstępach czasu.

Drgania dźwiękowe cząsteczek niekiedy łatwo dają się rozpoznać. Dotknijmy lekko palcami kamertonu dźwiękowego, a poczujemy osobliwe drganie spowodowane peryodycznemi ruchami jego cząsteczek. Jeżeli umocujemy na jednem ramieniu kamertonu lekkie pióro, będziemy mogli drgania te zapisywać na powierzchni ruchomej, co posłużyć może do oznaczenia ich amplitud i szybkości (porówn. przypisy w końcu książki). Ruchy drgających strun można bezpośrednio dojrzeć okiem, jeżeli zachodzą dość powolnie; struna napięta, na której znajdują się lekkie skrawki papieru, zrzuca je, gdy poczyna dźwięczeć. W innych znów przypadkach ruchy cząsteczkowe sprowadzają zagęszczenia i rozrzedzenia mas, które to zmiany dają się wykazać przy pomocy środków subtelniejszych, jak np. przez działanie światła spolaryzowanego (porówn. przypisek na str. 70).

Powody, które później lepiej poznamy, skłaniają nas do przypuszczenia, że cząsteczki wszystkich ciał materyalnych znajdują się w ustawicznym ruchu drgającym i że szybkość tego ruchu cząsteczek wzrasta z podniesieniem temperatury. Wynika ztąd, że każde ciało, zupełnie bez względu na to, czy jako całość znajduje się w spoczynku czy w ruchu, zawiera w sobie pewien zapas energii i że zapas ten tem jest większy, im temperatura jest wyższa. Musimy przeto przyjąć, że oprócz rozważanej już poprzednio energii położenia mas i energii ruchu mas czyli wogóle oprócz energii mas (energii molarnej) istnieje

www.dlibra.wum.edu.pl

jeszcze także energia cząsteczek. I tutaj możemy odróżniać energią położenia i energią ruchu. To, co nazywamy ciepłem, a co poznajemy po pewnych działaniach charakterystycznych (wzbudzanie pewnych wrażeń czuciowych dzięki pośrednictwu nerwów skóry, zmiany objętości ciał i t. d.), pojmujemy jako energią ruchu cząsteczek.

10. Z energią położenia cząsteczek spotykamy się w ciałach sprężystych, gdy znajdują się one w t. zw. stanie napięcia, np. sprężyna zgięta lub gazy ściśnięte i t. p. Pragnąc objaśnić te przypadki, powrócimy jeszcze raz do przykładu z bronią. Znów wyobraźmy sobie, że kula wyrzucona zostaje w kierunku pionowym w górę. Wzbija się ona do pewnej wysokości h, którą obliczyć można, znając szybkość pierwotną kuli. Na tej wysokości, przypuśćmy, stoi osoba, która chwyta kulę natychmiast po jej przybyciu. Można bezkarnie w tej wysokości kulę schwytać, gdyż podczas wznoszenia się straciła ona stopniowo całkowitą swą energię molarną i na owej wyżynie nie przedstawia już niebezpieczeństwa. Teraz zależy od nas w zupełności, co zamierzamy dalej z kulą uczynić. Możemy ją w górze umieścić w skrzynce; energia położenia, na którą zamieniła się energia ruchu, zostanie w tym razie zapasowo złożona. Skoro wszakże damy kuli znów spaść, energia położenia znów zamieni się na energią ruchu. 10. Energia cząsteczek.

A teraz zamiast broni nabijanej prochem weźmy t. zw. sprężynówkę. Gdy w tamtym przypadku uderzenie kuli, które udzieliło jej pewnej szybkości, sprowadzone zostaje przez prężność gazów powstających przy wybuchu prochu, natomiast w doświadczeniu ze sprężynówką czyni to uderzenie napiętej uprzednio elastycznej sprężyny metalowej.

Aby udzielić sprężynie tego napięcia, trzeba było wykonać pracę. Przez zakręcenie śruby ścisnęliśmy sprężynę w przestrzeni mniejszej, niż zajmowała przedtem. Cząstki sprężyny wskutek tego przybrały położenie odmienne, pozyskały energią położenia, która znów zamienia się na energią ruchu, gdy rozluźniamy sprężynę przez odsunięcie zasuwki.

I wiatrówka, w której zużywamy pracę na ściśnięcie powietrza, działa w sposób podobny. W powietrzu ścieśnionem cząsteczki bardziej są zbliżone do siebie aniżeli pod zwykłem ciśnieniem. Przez otwarcie klapy powietrze znów się rozszerza i w ten sposób uderza w kulę, która przez to nabywa pewnej szybkości.

W obudwu razach dokonano pracy na to, ażeby cząsteczki sprężyny lub powietrza doprowadzić do położenia, w którem one

www.dlibra.wum.edu.pl

znów zdolne są pracę wykonać. Mamy tu przeto do czynienia z przykładami energii położenia cząsteczek, analogicznej z energią położenia molarnego, którą pozyskała kula karabinowa, gdy dosięgła szczytu swej drogi. Analogia staje się tem zupełniejsza, że i ta energia położenia, gdy raz się wytworzyła, może być przez czas dowolny niejako w zapasie złożona, zanim znów zostanie wyzwolona t. j. zamieniona na energią ruchu. W przypadku z kulą wyzwalamy tę energią położenia przez upuszczenie kuli z wysokości, przy sprężynie napiętej przez odsunięcie zasuwki, przy powietrzu ściśniętem w wiatrówce przez otworzenie klapy.

11. Przyczyna strat energii.

11. Energia ruchu, jaką osiągnąć może kula przy spadaniu, zależy od wysokości spadku, t. j. od różnicy w energii położenia przed spadkiem i po spadku [1]). Zupełnie podobnie dzieje się w przypadku ze sprężynówką i z wiatrówką. Szybkość osiągana przez kulę w broni takiej zależy od napięcia sprężyny lub powietrza, to zaś napięcie znów zależy od pracy zużytej do skręcenia sprężyny lub ściśnięcia powietrza.

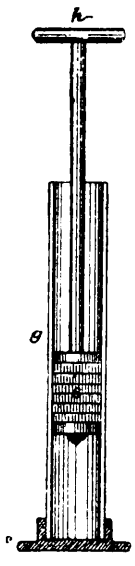


Fig. 4

Krzesiwo pneumatyczne.

Doskonale cylindryczna rura szklana *g* od dołu zamknięta jest szczelnie podstawą mosiężną. Dobrze dopasowany tłok *s* może być przesuwany w rurze przy pomocy rękojeści *h*. Jeżeli do *s* przymocujemy kawałek hubki i tłok silnym ruchem zsuniemy w dół rury, wówczas powietrze w *g* tak mocno się rozgrzewa, że hubka się zapala.

Zwłaszcza w tym ostatnim przypadku ścisłe pomiary przekonają, że energia kuli wypada nieco mniejszą, aniżeli odpowiada to pracy użytej na ściśnięcie powietrza. Lecz doświadczenie pouczy nas też, co jest przyczyną tej straty pozornej.

Wiadomo, że powietrze przez ściskanie rozgrzewa się. Aby dowieść tego, możemy użyć t. zw. krzesiwa pneumatycznego (Fig. 4). Do małego, u dołu zamkniętego cylindra szklanego dopasowany jest szczelnie korek. Korek ten umocowany na rękojeści może być przesuwany w cylindrze. Na dolnej powierzchni korka umieszczone jest ciało łatwo zapalne, np. hubka. Jeżeli ujmiemy rękojeść i silnym ruchem wtłoczymy korek w cylinder, hubka się zapali wskutek silnego rozgrzania się powietrza w cylindrze.

Powietrze zawarte w wiatrówce również rozgrzewa się od ściśnięcia; można to podniesienie temperatury rozpoznać przez dotknięcie się ręką lub w inny sposób dokładniejszy. Skoro wszakże, jak przypuszczamy, ciepło jest rodzajem energii ruchu cząsteczkowego, zjawisko całe przedstawia nam się w ten sposób: praca użyta na ściśnięcie powietrza

[1]) Gdy kula leży na powierzchni ziemi, jest ona oddalona od środka ziemi o wielkość r (promień kuli ziemskiej). Gdy wyniesiemy ją na wyso-

www.dlibra.wum.edu.pl

przeobraziła się w części na energią położenia cząsteczek (wytworzenie powietrza ścieśnionego), w części na energią ruchu cząsteczek (ogrzanie powietrza). Ciepło ztąd powstałe udzieliło się otoczeniu. Tylko zaś pierwsza owa część energii złożona została zapasowo i mogła posłużyć do wyrzucenia kuli.

Objaśnienie to stosuje się także do owych przypadków, w których wahadło lub kula bilardowa tracą energią przez tarcie. Wiadomo wszakże, że przez tarcie powstaje ciepło. Gdy dwa ciała trą się o siebie, wówczas praca mechaniczna, jaka się przez to zużywa, przechodzi w ciepło. Pytamy teraz, czy potrafimy mierzyć energią w tej nowej postaci ciepła, a jeżeli jest to możliwe, jak się zachowuje suma rozmaitych wytworzonych postaci energii do ilości pierwotnej energii.

12. Musimy w tym celu przedewszystkiem znaleźć niezawodną miarę ciepła. Temperatura sama przez się nie jest tu miarą właściwą. Gdy jedno i to samo źródło ciepła działa na rozmaite ciała, rozgrzewają się one w różnym stopniu. Jak więc pozyskamy jednostkę miary ciepła? 12. Mierzenie ciepła.

Jeżeli to, co nazywamy „ciepłem“, jest pewnym rodzajem energii, w takim razie możemy je mierzyć, jak i inne postaci energii, działaniem, pracą, jaką ono wykonać jest w stanie. Taki pogląd na istotę ciepła bardzo powolnie zdobył sobie uznanie w nauce. Do połowy jeszcze XIX stulecia mówiono o cieple jako czemś materyalnem. Ponieważ zaś ciało przez ogrzewanie nie staje się cięższem, przeto ową materyą cieplną czyli t. zw. cieplik umieszczono wśród ciał nieważkich, nieważników. Pogląd ten upadł, lecz jednakże tu i owdzie posługujemy się jeszcze przestarzałemi wyrażeniami i mówimy np. o ilościach ciepła, tak samo jak mówimy o kilogramach. Nic to zresztą nie szkodzi, jeżeli tylko zdajemy sobie zawsze sprawę z tego, że nie pojmujemy przez to ilości materyalnych, lecz pewne wartości energii.

Jeżeli dwa różnej temperatury ciała A i B pozostają ze sobą w zetknięciu, różnice ich temperatur wyrównywają się po pewnym czasie. Ciało cieplejsze ochładza się, ciało zimniejsze ogrzewa się.

---

kość h, odległość jej od środka ziemi wyniesie $r+h$. Od tych odległości zależy energia położenia, jaką ma kula w obudwu przypadkach. Podobnie dzieje się w przypadkach analogicznych. Jeżeli masę gazu o objętości V ściśniemy do objętości $^1/_2\ V$, zmniejszymy też przez to do połowy średnią odległość wzajemną pomiędzy cząsteczkami gazu; dzięki temu cząsteczki te zyskują znaczniejszą energią położenia. Bliżej objaśnimy ten przypadek w rozdziale następnym.

www.dlibra.wum.edu.pl

Wyrównanie to następuje tem szybciej, im zetknięcie jest ściślejsze. Zmieszajmy 1 kilogram wody o temperaturze 80° z 1 kilogramem wody o 20°, a otrzymamy 2 kilogramy wody o 50°. Lecz zmieszajmy 1 kilogram wody o 80° z 1 kilogramem rtęci o 20°, a mieszanina mieć będzie temperaturę 78°,25. W pierwszym przypadku zatem jeden kilogram wody stracił 30°, a ciepło to wystarczyło do ogrzania drugiego kilograma o 30°. W drugim kilogram wody stracił 1°,75, a to ciepło wystarczyło na ogrzanie 1 kilograma rtęci o 58°,25. Ztąd wniosek, że rtęć łatwiej jest ogrzać niż wodę.

Podobne wyniki otrzymuje się też z innemi ciałami. Zgodzono się przeto w pomiarach ilościowych ciepła przyjąć za podstawę działanie ciepła na wodę, a za jednostkę obrano taką ilość ciepła, jakiej potrzeba na ogrzanie 1 kilograma wody o jeden stopień Celsyusza. Tę ilość ciepła nazywamy ciepłostką (kaloryą) [1]).

Gdy ciężar g wynosimy na wysokość h, wykonywamy pracę $= g.h$. Gdy ciężar ten znów spada z wysokości h, wówczas wyzwala się energia równoważna owej pracy $g.h$. Otóż możemy w ten sposób urządzić doświadczenie, ażeby wskutek opadania ciężaru dwie zetknięte ze sobą płyty metalowe tarły się o siebie. Całkowita energia spadającego ciężaru zamieni się przez to na ciepło. Jeżeli płyty leżą w wodzie, ciepło ich wodzie się udzieli. W sposób podobny fizyk angielski Joule wymierzył, że energia odpowiadająca spadaniu ciężaru 424 kilogramów z wysokości 1 metra, ogrzewa 1 kilogram wody o jeden stopień Celsyusza. Zatem energia cząsteczkowa jednej ciepłostki odpowiada energii, która mogłaby wynieść 424 kilogr. na wysokość metra czyli wykonać pracę 424 kilogramometrów. Wyrażamy ten stosunek, powiadając, że r ó w n o w a ż n i k m e c h a n i c z n y j e d n e j c i e p ł o s t k i = 424 k i l o g r a m o m e t r o m.

Podobnie jak w tem doświadczeniu praca mechaniczna zamie-

---

[1]) Gdy mierzymy małe ilości ciepła, posługujemy się jako jednostką tysiączną częścią ciepłostki; nazywamy tę miarę ciepłostką (kaloryą) małą. Jest to ta ilość ciepła, jaka ogrzewa 1 g wody o jeden stopień Celsyusza. W fizyologii często mamy do czynienia z jeszcze mniejszemi ilościami ciepła, dla których i ta mała ciepłostka jest jeszcze zbyt dużą miarą. Posługujemy się wówczas tysiączną częścią małej ciepłostki czyli ilością ciepła, która ogrzewa o jeden stopień 1 mg (miligram) wody. Jest to t. zw. mikrokalorya. Dużą ciepłostkę oznaczamy: 1 Ca, małą 1 ca, mikrokaloryą 1 μca. Zatem:

1 Ca = 1000 ca = 1000000 μca
1 ca = 1000 μca.

www.dlibra.wum.edu.pl

nia się na ciepło, można też odwrotnie ciepło zamienić na pracę mechaniczną. Dzieje się to mianowicie w maszynach termodynamicznych, do których między innemi należy maszyna parowa. Część ciepła doprowadzona do wody w kotle parowym dzięki prężności pary zamienia się na ruch tłoka czyli na pracę mechaniczną. W tym i wszystkich podobnych razach każda ciepłostka pobierana przez parę wytwarza 424 kilogramometrów.

13. Najgłówniejszem źródłem ciepła jest t. zw. powinowactwo chemiczne. Gdy tlen i wodór łączą się na wodę, wyzwala się energia, która wystąpić może w postaci ciepła albo też, w części przynajmniej, w postaci pracy mechanicznej. Zjawisko łączenia się ciał z tlenem nazywamy utlenieniem lub paleniem. Ciepło ztąd pochodzące nazywamy ciepłem spalania. Każde ciało ma ściśle oznaczone ciepło spalania. Gdy 1 *kg* wodoru spala się na wodę, wytwarza się przytem tyle ciepła, że można ogrzać 34 000 *kg* wody o jeden stopień. Powiadamy przeto, że ciepło spalania wodoru = 34 000. Ciepło spalania węgla przy łączeniu się tegoż z tlenem na dwutlenek węgla = 8000. 13. Energia chemiczna.

Energia występująca przy utlenianiach lub w innych procesach chemicznych w postaci ciepła może być uważana za szczególny przypadek przeobrażania się energii położenia na energią ruchu. Wyobraźmy sobie mieszaninę tlenu i wodoru. Każdy z tych gazów składa się z cząsteczek, które znów złożone są z atomów, a mianowicie każda cząsteczka tlenu składa się z dwu atomów tlenu i każda cząsteczka wodoru składa się z dwu atomów wodoru. W mieszaninie obudwu gazów obadwa rodzaje cząsteczek przenikają się nawzajem; wszystkie pozostają w żwawym ruchu, tem żwawszym, im wyższą jest temperatura mieszaniny. Gdy wskutek zbliżenia płomienia do mieszaniny, wyładowania w niej iskry elektrycznej lub innej jakiej przyczyny zachodzi w cząsteczkach pewne zakłócenie, wówczas atomy tlenu i wodoru w tak blizkiem znaleźć się mogą ze sobą zetknięciu, że połączą się, a mianowicie w ten sposób, że co dwa atomy wodoru z jednym atomem tlenu utworzą razem jednę cząsteczkę wody. Atomy wodoru i atomy tlenu, póki są ze sobą niepołączone, posiadają przeto, dzięki wzajemnemu powinowactwu chemicznemu, energią położenia; dążą one niejako nawzajem do siebie, podobnie jak ciężar dąży do spadku. Przy przejściu atomów z jednego położenia w drugie (ze stanu cząsteczek wodoru i tlenu do stanu cząsteczek wody) energia położenia atomów przeobraża się w energią ruchu cząsteczkowego. Następuje rozgrzanie w wymienionym już wyżej stopniu, t. j. na każdy kilogram wodoru wydziela się 34 000 ciepłostek. Podobnie dzieje się we wszystkich innych procesach palenia i wogóle przy powstawaniu związków chemicz-

www.dlibra.wum.edu.pl

nych. Gdy natomiast związki chemiczne mają być rozłożone, należy oczywiście znów przywrócić energią położenia atomów. Trzeba wykonać pracę, podobnie jak przy podniesieniu ciężaru. Potrzeba w tym celu wydatku innej energii, np. dowozu ciepła z zewnątrz.

Przez urządzenie odpowiednie można osiągnąć, aby energia wyzwalająca się w zjawiskach chemicznych wystąpiła całkowicie lub częściowo w postaci innej niżeli jako ciepło. Gdy, jak się to dzieje w maszynie parowej, część ciepła zamienia się na pracę mechaniczną, za to mniej ciepła udziela się otoczeniu. Suma tego ciepła wydalanego na zewnątrz i pracy (zamiast której można podać jej równoważnik cieplikowy t. j. jednę ciepłostkę za każde 424 kilogramometry) daje tę samą wartość, jak gdyby całkowita energia wystąpiła w postaci ciepła. Ostateczny przeto bilans energii pozostaje niezmieniony.

I w tworach żywych zachodzą spalenia, których energia ujawnia się w postaci ciepła i pracy mechanicznej. Przytem praca mechaniczna w części pochodzi bezpośrednio z energii chemicznej, bez zboczenia przez formę ciepła, jak się to dzieje w maszynie parowej. Lecz w tym przypadku suma wszystkich występujących postaci energii równą być musi energii, jaka da się obliczyć z ciepła spalania wszystkich utlenień zachodzących w danym organizmie.

14. Energia eteru.

14. Podobnie jak wyobrażamy sobie, że cząsteczki w każdem ciele znajdują się w ruchu drgającym, tak też przypuszczamy, że wewnątrz każdej cząsteczki poruszają się atomy i że ruchy te stają się tem żwawsze, im wyższa jest temperatura. W pewnych warunkach dojść może do tego, że powinowactwo atomów połączonych w cząsteczkę zostanie pokonane i związek chemiczny rozpadnie się na prostsze części składowe. Ze zjawiskami tego rodzaju poznamy się jeszcze później. Wyobrażamy sobie podobnie w ustawicznych ruchach drgających cząsteczki i atomy eteru. Zgodnie z tem i eter posiadać musi energią, której przejawy występują w zjawiskach światła, elektryczności i magnetyzmu. Skoro to, co nazywamy światłem, może sprowadzić podrażnienie narządu nerwowego (oka), musi przeto samo być pewnym rodzajem energii. Ponieważ zjawiska światła doprowadziły nas do poglądu, że polegają one na drganiach hypotetycznego eteru, musimy przeto zjawiska nazywane świetlnemi uważać za szczególny przypadek energii ruchu eteru.

Światło jest w stanie różne sprowadzać działania. Zmieszajmy w ciemności chlor z wodorem, a potrafimy mieszaninę tę niezmiernie dłu-

www.dlibra.wum.edu.pl

go bez zmiany przechować zdala od światła. Lecz gdy mieszanina ta zostanie wystawiona na wpływ światła, natychmiast gazy się połączą na gaz chlorowodorny, czemu towarzyszy znaczne wydzielenie ciepła [1]). Gdy światło pada na niektóre związki chemiczne, np. na chlorek srebra, związki te się rozkładają. W innych przypadkach może światło albo przejść przez ciała bez zmiany, albo zostaje w mniejszym lub większym stopniu zatrzymane, pochłonięte. W tym ostatnim razie ciało, jeżeli jest nieprzezroczyste, rozgrzewa się, czyli energia ruchu eteru przenosi się na cząstki materyalne, przekształca się, na energią cząsteczek. Coś podobnego zachodzi w obudwu przypadkach z początku przytoczonych. Lecz również może energia cząsteczek przejść na eter. Gdy podnosi się temperatura ciała materyalnego, energia drgań jego cząsteczek wzrasta. Energia ruchu cząsteczek w części przenosi się na cząstki eteru znajdujące się pomiędzy cząsteczkami materyalnemi a ztąd dalej i na cząstki eteru poza ciałem. Z każdego przeto ciała wychodzą ustawicznie drgania eteru rozchodzące się we wszystkich kierunkach. Gdy drgania te trafiają na skórę naszą, odczuwamy je jako ciepło; gdy trafiają na ciała inne, podnosi się temperatura tych ostatnich. Nazywamy przeto tę postać energii ciepłem promienistem. Przy pewnej liczbie drgań tych eteru działają one na nasz nerw wzrokowy. Powiadamy wówczas, że ciała wysyłają światło czyli świecą.

W opisanym ostatnio przykładzie energia ruchu cząsteczek przeobraża się w energią ruchu eteru; w przykładach poprzednich zaś przeciwnie energia ruchu eteru przechodzi w energią ruchu cząsteczkowego [2]).

15. Zjawiska elektryczne.

15. Zanurzmy dwa różne metale, np. cynk i platynę w ciecz odpowiednią, a będziemy mieli tak zwany łańcuch galwaniczny. Występujące z cieczy części obu metalów połączmy za pomocą drutu, a otrzymamy prąd elektryczny; przepływanie takiego

---

[1]) Wydzielanie się ciepła pochodzi, jak zwykle przy powstawaniu związku chemicznego, z przemiany energii chemicznej położenia na energią ruchu cząsteczkowego. Działanie światła polega tylko na zapoczątkowaniu procesu łączenia zmieszanych ze sobą części składowych. Gdy gazy zmieszane są ze sobą w takim stosunku, w jakim się łączą (w przypadku chlorowodoru równe objętości chloru i wodoru), wówczas połączenie zachodzi przy silnem oświetleniu gwałtownie, powstaje wybuch. Potrzeba przeto zachowania pewnej ostrożności przy wykonywaniu tego doświadczenia. Porówn. także przypisek na str. 108.

[2]) Przemiana taka zachodzi także wówczas, gdy drgania eteru padają na naszą skórę, bez względu na to, czy były wpierw widoczne czy nie. Wzmaga się przez to energia ruchu cząsteczkowego w skórze; ten przyrost ruchu cząsteczkowego odczuwamy jako ciepło.

www.dlibra.wum.edu.pl

prądu rozpoznać można dzięki pewnym działaniom zarówno w obrębie przewodników, po których prąd płynie, jak i nazewnątrz przewodników. Przewodniki, przez które prąd przechodzi, rozgrzewają się albo—jeżeli należą do t. zw. elektrolitów—rozkładają się na swe chemiczne części składowe; jeżeli prąd płynie obok igły magnetycznej swobodnie i ruchomo zawieszonej, igła ta się odchyla od położenia spoczynku, które nadaje jej magnetyzm ziemski. Z tych i tym podobnych działań prądu elektrycznego poznajemy w nim pewną postać energii, którą możemy mierzyć właśnie owemi sprawianemi przezeń działaniami oraz porównywać z innemi postaciami energii.

W każdym łańcuchu galwanicznym zachodzą zjawiska chemiczne. Cynk metaliczny łączy się z tlenem; to utlenianie w innych warunkach wytworzyłoby tylko ciepło. Lecz w warunkach zachodzących w łańcuchu galwanicznym energia całkowicie lub w części występuje w formie prądu elektrycznego. Część tej energii następnie znów w przewodnikach przeobraża się w ruch cząsteczkowy ciepła, albo przy przepływaniu przez elektrolity zużywa się na rozkład związków chemicznych. Pomiary dokładne wykazały, że suma wszelkich postaci energii występujących w obwodzie strumienia elektrycznego, t. j. prądu galwanicznego, rozkładu elektrolitów, wytwarzanego ciepła i t. d. zależy od ilości utlenianego cynku i jest zawsze równowartościowa ilości ciepła powstającego przez utlenianie się cynku w inny sposób [1]).

Prąd elektryczny może także wykonywać działania motoryczne lub mechaniczne t. j. sprowadzać ruch, a odwrotnie praca mechaniczna może wytwarzać prądy elektryczne. I w tych razach pomiędzy energią mechaniczną a powstającą z niej elektryczną oraz wszelkiemi wywołanemi przez tę ostatnią działaniami istnieje określony stosunek tego rodzaju, że całkowita suma wszelkich nowopowstających postaci energii jest równoważna energii ruchu

[1]) Gdy jedna forma energii zamienia się na inną, nie można mówić bez zastrzeżeń o równości, ponieważ działania, przejawy energii wyrażają się w różnych miarach. Pracę mechaniczną mierzymy kilogramometrami, ciepło ciepłostkami. Wiemy, że przy zamianie ciepła na pracę, na każdą ciepłostkę otrzymujemy 424 *kgm*. I odwrotnie praca 424 *kgm* może wytworzyć ilość ciepła równą jednej ciepłostce. Dla wyrażenia tego stosunku używamy wyrazu r ó w n o w a ż n o ś ć. Powiadamy, że 424 *kgm* jest mechanicznym równoważnikiem jednej ciepłostki. Prąd elektryczny mierzymy tak zwaną siłą prądu. Za miarę służy tu ilość metalu, wydzielona przez elektrolizę roztworu solnego w ciągu sekundy.

www.dlibra.wum.edu.pl

użytej do wytworzenia prądu. Jeżeli tę ostatnią osiągamy przy pomocy maszyn parowych lub podobnych przyrządów, w takim razie zamiast energii mechanicznej możemy potrzebne do jej wytworzenia ciepło spalania porównywać wprost z wytworzoną energią elektryczną.

16. Ze wszystkiego powyższego wynika, że rozmaite postaci energii mogą się przeobrażać nawzajem, lecz że we wszystkich tych przeobrażeniach całkowita ilość energii ani zwiększyć ani zmniejszyć się nie może. Aby dowieść tego ostatniego, należy też pilną zwrócić uwagę na przekształcenia w takie postaci energii, które powstają w doświadczeniach pomimo woli naszej, które staramy się wprawdzie zredukować do minimum, lecz których powstawaniu zupełnie zapobiedz nie możemy. One to dają powód do strat energii pożytecznej. Im wszakże dokładniej i uważniej uwzględniamy wszelkie zjawiska występujące w zawiłych procesach przemian energii, tem jaśniej i ściślej wyłania się twierdzenie o niezmienności, stałości sumy energii. Twierdzenie to zatem, podobnie jak prawo o stałości materyi, wynika jako wniosek indukcyjny z niesłychanie dużej liczby pojedyńczych spostrzeżeń, którym nie można przeciwstawić ani jednego spostrzeżenia z twierdzeniem tem sprzecznego. Gdy zaś i wszelkie dedukcye logiczne wynikające z tego wniosku sprawdzają się w doświadczeniach, przypuszczenie zaś, że ilość całkowita energii mogłaby nie być stałą, prowadzi do wniosków sprzecznych z doświadczeniem, przeto w twierdzeniu owem uznać musimy prawo podstawowe, które—jako analogiczne z prawem o stałości materyi wyłożonem w rozdziale czwartym—wypowiadamy następującemi słowami: 16. Stałość ilości energii.

Drugie prawo zasadnicze przyrody:

Suma wszelkiej energii w przyrodzie jest stała, niezmienna; w żadnem znanem nam zjawisku nie zwiększa się ona ani nie zmniejsza [1]).

Dokonajmy raz jeszcze przeglądu rozmaitych postaci energii, jakie poznaliśmy. Zależnie od tego czy mamy do czynienia z ruchami całych mas, czy cząsteczek materyalnych (lub atomów), czy eteru, odróżniamy formy następujące:

1. Energia położenia molarnego (mas); przykład: kamień podniesiony, staw wysoko położony i t. p.

---

[1]) Prawo to bywa często nazywane prawem zachowania energii, podobnie jak prawo zachowania materyi, o którem była mowa w rozdz. IV, § 11. Porówn. przypisek na str. 78 i 93.

www.dlibra.wum.edu.pl

2. Energia ruchu molarnego; przykład: kula wyrzucona z karabinu, kamień padający i t. p.
3. Energia położenia molekularnego (cząsteczek); przykład: sprężyna napięta, powietrze ściśnięte i t. p.
   3 a) Energia położenia atomów; powinowactwo chemiczne.
4. Energia ruchu cząsteczek; przykład: ciało ogrzane[2]).
   4 a) Energia ruchu atomów; przechodzi np. w procesie utleniania w energią ruchu cząsteczek jako ciepło spalania.
5. Energia położenia eteru: zjawiska elektryczności w spoczynku i analogiczne zjawiska magnetyzmu.
6. Energia ruchu eteru: zjawiska światła, ciepła promienistego, elektryczności płynącej i analogiczne zjawiska magnetyzmu.

Jaki stopień pewności przypisywać mamy obudwu prawom podstawowym w przyrodzie, prawu stałości materyi i prawu stałości energii?

Oczywiście jest rzeczą niemożliwą śledzenie wszelkich zjawisk, w których materya zmianom ulega, z wagami w ręku, badanie, czy przy tem coś zyskuje się lub traci na ciężarze, sprawdzanie, że suma mas biorących w danem zjawisku udział, pozostaje niezmienioną. Lecz we wszystkich doświadczeniach, które prowadzono w tym kierunku z całą ścisłością, ta niezmienność mas stale i wyraźnie się ujawniała. Ważono tysiące tysięcy razy od owego czasu, kiedy Lavoisier wygłosił zdanie o stałości ciężarów w procesach chemicznych, i wciąż codziennie w pracowniach chemicznych dokonywa się nowych ważeń; lecz ani razu nie stwierdzono wyjątku z tego prawa. Podobnie ma się z prawem o zachowaniu energii. Pomiary dokonywane w celu sprawdzania tego prawa, są trudne i wymagają doskonałych przyrządów oraz bardzo skrupulatnego wykonania. Ilekroć wszakże nie szczędzono trudu w tym kierunku, wynik zawsze był ten sam. Nigdy nie stwierdzono ani straty ani zysku energii. Wiemy też, że gdyby to prawo nie było słuszne, musiałoby być możliwem zbudowanie perpetuum mobile. A gdy pomimo niezliczonych trudów, jakich nie

---

[1]) Ponieważ ciało każde zawsze ma pewną temperaturę, więc przedstawia zawsze zapas pewien energii cząsteczkowej; zapas ten jest tem większy, im temperatura jest wyższa. Tego rodzaju energia może wytworzyć pracę tylko w tym razie, gdy w temperaturach różnych ciepło od ciała cieplejszego przechodzi na ciało zimniejsze.

www.dlibra.wum.edu.pl

szczędzono w tym celu, nie powiodło się to ani razu, przeto odwrotnie tę niemożliwość zbudowania perpetuum mobile możemy uważać za potwierdzenie słuszności prawa o zachowaniu energii. Jednem słowem, dwa powyższe prawa o zachowaniu materyi i o zachowaniu energii uważać powinniśmy za najpowszechniejsze uogólnienia z doświadczeń, dowiedzione o tyle, o ile to wogóle jest możliwe we wnioskach indukcyjnych. We wszelkiem przeto badaniu zjawisk przyrody dwa te prawa przyjmujemy jako zrozumiałe same przez się przesłanki przy wszystkich rozważaniach, i sprawdzamy słuszność wniosków ztąd czerpanych zawsze, o ile sięga naukowe doświadczenie nasze. Również ścisłe badanie wszelkich zjawisk w naturze ożywionej nie pozwoliło wykryć ani jednego przypadku, któryby pozostawał w sprzeczności z owemi dwoma prawami podstawowemi. Ztąd jesteśmy uprawnieni dwa te prawa uważać także za podstawę badań naukowych w zakresie zjawisk życia [1]).

17. Zanim zakończymy z tym przedmiotem, musimy jeszcze omówić jeden punkt osobliwie ważny w fizyologii. Widzieliśmy, że energia położenia, jaką mamy np. w ciężarze podniesionym na pewną wysokość, w strunie napiętej lub w powietrzu ściśniętem, może być złożona jako zapas, który we właściwym czasie daje się zamienić znów na energią ruchu. Kula, która leży, dajmy na wysokości 10 metrów, może w tej wysokości pozostać dni, miesiące lub lata całe; dopiero gdy przez lekkie uderzenie usuniemy ją poza krawędź podpory, na której spoczywa, lub wysuniemy z pod niej samą podporę, sprowadzamy spadek kuli. Ze sprężynówki kula zostanie wyrzucona dopiero wówczas, gdy odsuniemy zasuwkę, która utrzymuje sprężynę w napięciu; wiatrówka nie wyrzuci kuli, zanim nie otworzymy klapy. Ciężar podniesiony, sprężyna napięta i t. d. są to przykłady energii złożonej w zapasie; potrzeba wszakże pewnej siły, pewnego działania pomocniczego, aby sprowadzić to przejście energii położenia w energię ruchu [2]). Lecz ta siła pomocnicza nie pozostaje bynajmniej w żadnym oznaczonym, stałym stosunku do wyzwalającej się energii. Uderzenie bardzo słabe może zrzucić kulę z wysokości; energia, jaką ta kula osiąga przy spadaniu, nie zależy zupełnie od siły owego uderzenia, lecz

17. Wyzwolenie energii.

[1]) Świat istot żywych jako całość jest, jak to w dalszym ciągu obszerniej rozwiniemy, wspaniałym przykładem ilustrującym obadwa prawa zasadnicze o trwałości materyi i energii (porówn. rozdziały XVI i XVII).

[2]) Ztąd nazwa „energia potencyalna“; porówn. str. 93 i odpowiedni przypisek.

www.dlibra.wum.edu.pl

jedynie tylko od masy spadającej i od wysokości spadku. Siła wiatru lub lekkie uderzenie nogą kozicy może spowodować osunięcie się skały lub obruszenie się lawiny, która sprowadza najokropniejsze spustoszenia. Nie inaczej dzieje się ze sprężynówką i wiatrówką; działanie przez nie wywierane zależy od napięcia sprężyny lub ściśniętego powietrza, lecz nie od siły użytej na odsunięcie zasuwki lub otworzenie klapy.

W energii ruchu otrzymanej z energii położenia nie ujawnia się przeto siła owego działania pomocniczego, które ruch ów wyzwoliło. Owa siła pomocnicza posłużyła tylko do tego, aby uwolnić, ujawnić lub, jak powiadamy, wyzwolić energią. Podobnie dzieje się w przeważnej liczbie przypadków przemiany energii chemicznej położenia na energią ruchu. Iskra wywołująca wybuch całej beczki prochu; iskra elektryczna, powodująca łączenie wodoru z tlenem na wodę, czemu towarzyszy bardzo znaczne wydzielanie się ciepła,—są to siły wyzwalające energią, nie pozostające w żadnym ilościowym stosunku do powstającej ilości energii [1]). Powinowactwo chemiczne czyli energia położenia atomów przeobraża się tu na ciepło, na pracę mechaniczną i na inne formy energii, które wszakże zupełnie nie zależą od energii iskry, lecz jedynie od ilości pierwotnej energii powinowactwa chemicznego. Do tych sił wyzwalających należą także bodźce czyli podniety, mające doniosłe znaczenie we wszelkich zjawiskach życiowych. Będziemy o nich obszernie mówili w dalszym ciągu.

18. Stopniowe wyzwalanie energii.

18. Niekoniecznie całkowita w zapasie złożona energia położenia musi odrazu przejść w energią ruchu. Jeżeli w wiatrówce otworzymy klapę tylko na krótki czas, wówczas część tylko ściśniętego powietrza może ujść nazewnątrz; w powietrzu pozostałem mieści się jeszcze energia położenia. Powtórne otworzenie klapy znów wyzwala część energii i t. d. Przy dostatecznie dużej zawartości powietrza i dość silnem ściśnięciu tegoż można przeto z broni takiej wielokrotnie bez przerwy strzelać. Bardziej jeszcze pouczający przykład mamy w każdym zegarze. Potrzeba pewnej pracy, aby zegar nakręcić, albo przez podniesienie ciężaru albo przez napięcie sprężyny. Przy nakręcaniu zegara zatem energia ruchu przeobraża się w energią położenia. Podczas biegu zegara ta ostatnia znów zamienia się na energią ruchu; ciężar opada albo sprężyna rozkręca się, a jednocześnie kółka i wskazówki

[1]) Wyzwoleniem energii jest także opisane wyżej, str. 103, działanie światła na mieszaninę chloru i wodoru.

www.dlibra.wum.edu.pl

w ruch są wprawiane. Lecz ta odwrotna przemiana zachodzi w pojedyńczych, rytmicznych wyładowaniach; zawsze tylko pewien ułamek energii położenia wyzwala się i zamienia na ruch, a reszta pozostaje jeszcze w zapasie. W ten sposób energia, którą zużyliśmy w ciągu niewielu sekund dla nakręcenia zegara, wydatkuje się małemi niejako dawkami w ciągu wielu godzin, w niektórych zegarach w ciągu dni i tygodni. Podobne zjawiska spotykamy w procesach życiowych. Dopiero ścisłe poznanie obudwu podstawowych praw natury (zachowania materyi i zachowania energii) umożliwiło zrozumienie naukowe tych zjawisk fizyologicznych.

www.dlibra.wum.edu.pl

ROZDZIAŁ SZÓSTY.

Gazy i ciecze.

1. Własności ciał.

1. Wszystkie zjawiska przyrody, jak widzieliśmy, dadzą się podzielić na dwie grupy: zjawiska fizyczne i chemiczne (rozdz. IV, § 8). Te ostatnie zazwyczaj występują w tych tylko razach, kiedy zetkną się ze sobą ciała chemicznie różne. O tych zjawiskach później będzie mowa. Obecnie zaś omówimy pewne zjawiska czysto fizyczne, które duże mają znaczenie w procesach życiowych.

Wszelkie zjawiska zależą od własności i od stanów chwilowych materyi, której są one podścieliskiem [1]). Własności materyi zależą znów od jej składu chemicznego. Pierwiastek każdy ma swe własności stałe, również niezmienne ma własności każdy związek chemiczny. Lecz bywają też w przyrodzie mieszaniny związków o pewnym mniej więcej stałym, mało wahającym się stosunku swych części składowych; w innych mieszaninach ugrupowanie, układ części składowych jest także w pewnych granicach oznaczony. W tych wszystkich przypadkach mieszaniny odznaczają się pewnemi mniej lub więcej stałemi cechami, tak że do pewnego stopnia można o nich mówić jak o związkach chemicznych.

Tak np. powietrze atmosferyczne jest mieszaniną tlenu, azotu i nieznacznych ilości innych gazów. Gazy te wszystkie wchodzą w skład powietrza mniej więcej w oznaczonym stosunku ilościowym, ztąd powietrze ma pewne stałe własności. To samo rzec należy o krwi, mleku, moczu i t. p.; choć w tych ostatnich wahania w składzie większe bywają niż w składzie powietrza, lecz są one bądźcobądź dostatecznie małe, tak że o owych cieczach możemy mówić do pewnego stopnia jako o ciałach swoistych ze stałemi własnościami.

[1]) W rozważaniach dalszych nie uwzględniamy zupełnie zjawiska ciążenia, właściwego w równym stopniu wszelkiej materyi.

www.dlibra.wum.edu.pl

Jakie znaczenie ma układ, ugrupowanie części składowych, pouczyć mogą przykłady następujące. Minerał kwarc jest związkiem chemicznym pierwiastków krzemu i tlenu; inny minerał mika jest połączeniem krzemu, tlenu, glinu, potasu i wodoru; znów inny felspat składa się z potasu, glinu, krzemu i tlenu. Wszystkie te trzy minerały, spojone ze sobą w pewien sposób, tworzą skałę o pewnych stałych własnościach, t. zw. granit. Pewna liczba związków chemicznych, złożonych z węgla, wodoru i tlenu w oznaczonym stosunku ilościowym, tworzy grupę t. zw. wodanów węgla. Inne związki, zawierające też same pierwiastki, lecz w innym stosunku ilościowym, stanowią grupę tłuszczów. Z pierwiastków: tlenu, węgla, wodoru, azotu, najczęściej też drobnych ilości siarki i fosforu, składają się związki t. zw. białkowe (proteiny). Otóż ciała, utworzone ze związków wszystkich powyższych trzech grup (wodanów węgla, tłuszczów i związków białkowych), nadto z dodatkiem wody i soli stanowią masy, z których składa się ciało istot żywych. Mieszaniny te przybierają kształty komórek, włókien i t. d.; z nich złożone są tkanki i organy i wreszcie całe organizmy obdarzone wszystkiemi owemi swoistemi cechami, właściwemi zwierzętom i roślinom.

Rozważanie ogólnych własności ciał rozpoczniemy najlepiej od omówienia stanu gazowego, albowiem tutaj stosunki są najprostsze i najłatwiej dają się zrozumieć. Mamy wystarczające powody do przypuszczania, że w gazach cząsteczki stosunkowo bardzo znacznie są od siebie oddalone [1]). Działają one przeto na siebie w bardzo małym stopniu lub nie działają nawzajem wcale; każda cząsteczka może, niezależnie od cząsteczek sąsiednich, oddziaływać na wszelkie wpływające na nią bodźce ruchowe. Ztąd wszystkie gazy, jak się o tem natychmiast przekonamy, zachowują się pod względem fizycznym zupełnie jednakowo; w ciałach ciekłych i stałych dzieje się to w znacznie słabszej mierze.

Gdy pragniemy wykonywać doświadczenia z gazami, musimy je zamykać w naczyniach odpowiednich. Przyrząd nadający się do wykazania własności gazów widzimy na fig. 5-ej. Cztery wązkie rury szklane wychodzą z jednej rury wspólnej i umieszczone są na podobieństwo czterech ramion świecznika. Rura duża, wspólna zgięta jest łukowo ku górze; jest ona od tamtych wyższa i u góry otwarta. Cztery rury krótsze u góry mogą być zamknięte za pomocą kranów. Wszystkie rury w całym przyrządzie mają podziałki, które pozwalają odczytywać ilości zawartych w nich ga-

[1]) Wszelkie gazy mają bardzo nieznaczny ciężar właściwy w porównaniu z cieczami i ciałami stałemi.

www.dlibra.wum.edu.pl

zów i stan poziomu rtęci. Tuż ponad zgięciem rury długiej, u góry otwartej, nasadzona jest rurka mała z kranem h_5. Cały ten system rur wypełniamy naprzód rtęcią, którą wlewamy w rurę r; następnie do każdej z czterech krótszych rur przez otwarcie kranów górnych wpuszczamy gazy, a wypieraną wskutek tego rtęć upuszczamy przez kran dolny, poczem górne krany zamykamy. W ten sposób napełniamy rurę pierwszą wodorem, drugą tlenem, trzecią powietrzem atmosferycznem, czwartą gazem błotnym (metanem). Z tych czterech gazów pierwsze dwa są pierwiastki, trzeci jest mieszaniną, czwarty zaś jest związkiem chemicznym węgla z wodorem.

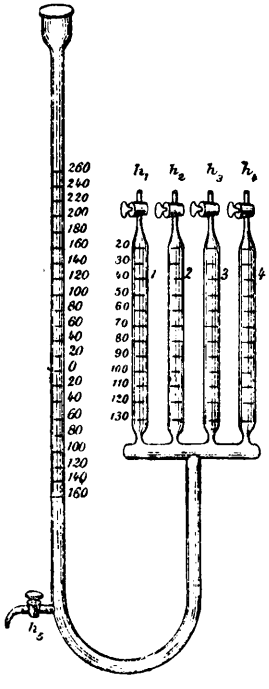


Fig. 5.
Przyrząd służący do okazania zachowania się gazów pod wpływem rozmaitego ciśnienia.
Cztery rury 1, 2, 3, 4 wypełniamy naprzód przez r rtęcią całkowicie, następnie przez odpowiednie krany wprowadzamy do każdej rury inny gaz, przyczem wypieraną rtęć upuszczamy przez kran h_5. Wlewając rtęć do r lub upuszczając ją przez h_5, możemy gazy poddać rozmaitemu ciśnieniu.

Gdy wlejemy do rury otwartej jeszcze więcej rtęci, podnosi się ona w tej rurze szybciej niż w rurach zamkniętych; gdy przez ostrożne otwarcie kranu h_5 upuścimy nieco rtęci, opada ona w rurze otwartej szybciej niż w zamkniętych. Jeżeli rtęć w rurze otwartej stoi na tym samym poziomie co i w rurach zamkniętych, to wówczas gazy zawarte w czterech krótszych rurach pozostają pod ściśle tem samem ciśnieniem co i powietrze w pokoju. Ciśnienie to można odczytać na barometrze. Gdy rtęć w otwartej rurze stoi wyżej, ciśnienie w gazach zamkniętych w rurach jest wyższe od ciśnienia atmosferycznego; gdy rtęć stoi niżej, ciśnienie to jest mniejsze od atmosferycznego [1]). Aby oznaczyć ciśnienie, pod jakiem znajdują się gazy, trzeba do ciśnienia barometrycznego dodać lub odjąć od niego różnicę poziomów rtęci w rurze r i w pozostałych czterech rurach.

2. Zachowanie się gazów pod różnem ciśnieniem.

2. Przypuśćmy, że ciśnienie atmosferyczne wynosi 740 milimetrów, a objętość każdego z czterech gazów zawartych w krótszych rurach wynosi 100 centym. sześć. Jeżeli w sposób wyżej opisany będziemy podnosili lub zmniejszali ciśnienie, wówczas ob-

[1]) O mierzeniu ciśnienia atmosferycznego za pomocą barometru porówn. § 6.

www.dlibra.wum.edu.pl

jętości wszystkich gazów zmieniać się będą w sposób zupełnie jednakowy. Przy zwiększaniu ciśnienia objętości się zmniejszają, przy opadaniu ciśnienia objętości zwiększają się. Aby objętość 100 centym. sześć. zmniejszyć do 90 centym. sześć., musimy tyle dolać rtęci, że w rurze otwartej podniesie się jej poziom o 82 milimetry; jeżeli różnicę poziomów doprowadzimy do 185 milimetrów, objętości wszystkich gazów zredukują się do 80 centym. cześć. Upuśćmy rtęci tyle, aż w rurze otwartej znajdować się będzie jej poziom o 67 milimetr. niżej niż w zamkniętych, a wówczas objętości gazów wyniosą po 110 centym. sześć. Gdy różnicę poziomów (przy upuszczaniu rtęci) doprowadzimy do 124 milimetrów, objętości będą = 120 centym. sześć.

Widzimy przeto: 1) że każdemu ciśnieniu odpowiada pewna oznaczona objętość i 2) że zmiany objętości jednakowe są w rozmaitych gazach.

Aby poznać jeszcze dokładniej stosunek pomiędzy ciśnieniem a objętością gazów, zestawmy wyniki liczbowe naszych doświadczeń:

ciśnienie w milimetrach	740	740+82	740+185	740—67	740—124
objętość w cent. sześć.	100	90	80	110	120

albo wyraźniej jeszcze:

ciśnienie w milimetrach	740	822	925	673	616
objętość w cent. sześć.	100	90	80	110	120

Pomnóżmy liczby górnego szeregu przez liczby dolnego, a otrzymamy iloczyny

74000 73980 74000 74030 73920.

Wszystkie te liczby z małemi odchyleniami wahają się około 74000. Nasuwa się przypuszczenie, że te wahania pochodzą od nieuniknionych błędów doświadczalnych. Istotnie, doświadczenia staranniejsze, dokonane przy pomocy przyrządów ściślejszych, dały w rezultacie liczby zgodniejsze. Nazwijmy objętość v, ciśnienie p, a powiemy, że

$$vp = \text{liczbie stałej (constans)}$$

czyli: iloczyn z objętości przez ciśnienie pewnej ograniczonej masy gazu jest wielkością stałą.

Prawo to można wyrazić także w następujących słowach: objętość pewnej ilości gazu jest odwrotnie proporcyonalna do ciśnienia, pod którem gaz ten pozostaje. Objętość pewnej masy gazu, która przy ciśnieniu jednej atmosfery zajmuje jeden litr, wynosi przy 2 atmosferach $^1/_2$ litra czyli 500 centym. sześć., przy 10 atmosferach = $^1/_{10}$ litra czyli 100 centym. sześć., przy $^1/_2$ atmosfery = 2 litrom czyli 2000 centym. sześć. i t. d.

www.dlibra.wum.edu.pl

Prawo to odkrył już w r. 1662 anglik Robert Boyle, niezależnie zaś od niego w roku 1676 powtórnie odkrył je uczony francuzki Mariotte. Nosi też ono ztąd nazwę prawa Boyle'a lub prawa Mariotte'a [1]).

3. Zachowanie się gazów w rozmaitych temperaturach.

3. W opisanych wyżej doświadczeniach nie było wcale mowy o temperaturze; przypuszczaliśmy, że temperatura gazów podczas trwania doświadczenia nie zmienia się. Łatwo wszakże dowieść można, że temperatura znaczny wywiera wpływ na objętość i ciśnienie gazu.

Gdy jednę z rur obejmiemy ręką, tak że gaz w niej zawarty od ciepła ręki się ogrzeje, zauważymy, że rtęć w rurze tej opada. Po odjęciu ręki rtęć wraca do poprzedniego poziomu.

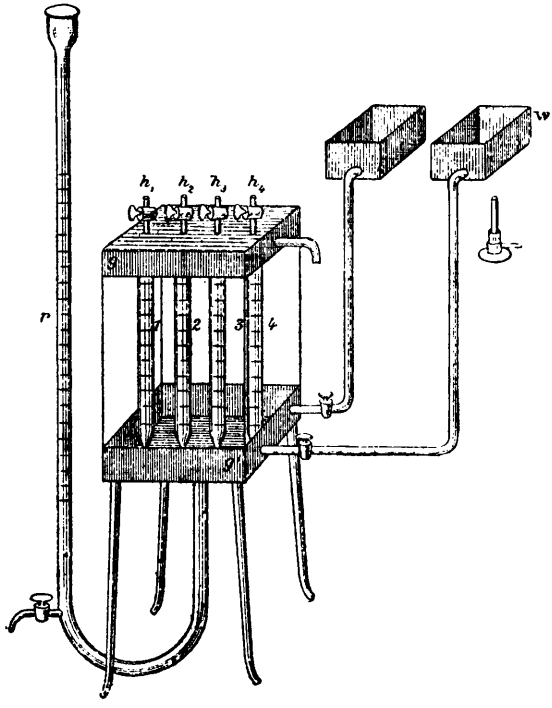


Fig. 6.

Przyrząd służący do okazania zachowywania się gazów pod wpływem rozmaitych temperatur.

Przyrząd podobny do przedstawionego na fig. 5; tylko rury gazowe są tu otoczone skrzynką, w której dolnej części przechodzą dwie rurki, w górnej zaś jedna. Przez rurki dolne można doprowadzać wodę zimną lub gorącą ze zbiorników *k* i *w*. W ten sposób można dowolnie zmieniać temperaturę gazów, utrzymując je zawsze w stopniu jednakowym dla wszystkich.

Pragnąc przez czas dłuższy utrzymać wszystkie rury, zawierające gazy rozmaite, w równomiernem rozgrzaniu, posługujemy się następującem urządzeniem. Jak wskazuje fig. 6, dolna pozioma rura, z której cztery krótsze rury wychodzą, umieszczona jest pomiędzy płytami metalowemi, na które nasadza się dobrze dopasowaną skrzynkę szklaną. Skrzynka ta u góry i u dołu ujęta jest w oprawy metalowe; w dolnej oprawie mieszczą się z boku dwie rurki, w górnej jedna. Rurki dolne sięgają do naczyń

[1]) Jest to prawo empiryczne (porówn. rozdz. III, § 4). Dalsze dopiero badania mogą przekonać, jak daleko prawo to sięga.

www.dlibra.wum.edu.pl

blaszanych *k* i *w* ustawionych wyżej; jedno z tych naczyń zawiera wodę zimną, w drugiem zaś woda ogrzewa się płomieniem lampki gazowej. Przy otwarciu kranów zamykających te boczne rurki dopuszczamy do skrzynki szklanej dowolnie zimnej lub gorącej wody, która, omywając rurki z gazami, ochładza je lub ogrzewa a spływa przez rurkę umieszczoną u góry skrzynki. W ten sposób gazy zawarte w rurach równomiernie mogą być ogrzane lub ochłodzone do żądanej temperatury.

Ogrzawszy nasamprzód gazy przez wpuszczanie wody ciepłej, sprowadzamy ich rozszerzanie się, wskutek czego rtęć w rurze otwartej podnosi się. Gdy temperatura podniosła się do 28°, miarkujemy dalszy dopływ wody ciepłej i przez odpowiednie regulowanie płomienia gazowego staramy się, aby temperatura ta przez czas pewien utrzymała się stale. Przez upuszczenie rtęci doprowadzamy ją znów do jednakowego poziomu w rurach zamkniętych i w otwartej. Wszystkie gazy wówczas znów znajdują się pod ciśnieniem atmosferycznem. Okazuje się, że we wszystkich czterech rurach objętość powiększyła się w jednakowej mierze. Jeżeli przez silniejsze ogrzanie wody doprowadzimy temperaturę gazów do 38°, znów nastąpi ich rozszerzenie i znów, po wyrównaniu poziomów rtęci, wszystkie cztery gazy zajmować będą jednakowe objętości. Dopuśćmy teraz zimnej wody i utrzymujmy znów przez czas pewien temperaturę na wysokości 28°. Gazy skurczą się, rtęć podniesie się w rurach zamkniętych a opadnie w otwartej. Przez wlewanie rtęci do tej ostatniej wyrównywamy wysokość słupa rtęci w tej rurze z rtęcią w czterech rurach zamkniętych i przekonywamy się, że objętości gazów dokładnie są te same co i poprzednio w tej samej temperaturze. Doprowadźmy temperaturę do 18° i znów to samo spostrzeżemy.

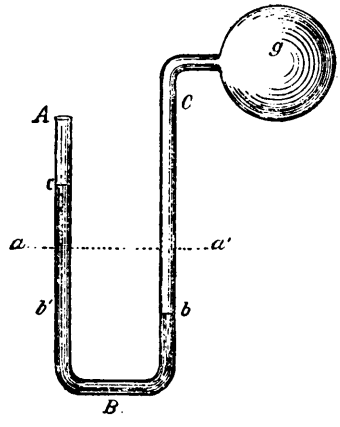


Fig. 7.
Wzrastanie ciśnienia przez ogrzewanie.
Przez objęcie ręką kuli szklanej *g* ogrzewa się zawarte w niej powietrze. Ciecz, która poprzednio znajdowała się na poziomie *a a'* w kolankach rury *ABC*, opada teraz w kolanku *BC* do *b*, a w kolanku *BA* podnosi się do *c*.

Widzimy przeto: 1) że każdej temperaturze odpowiada pewna oznaczona objętość i 2) że zmiany objętości w rozmaitych gazach zachodzą w zupełnie jednakowy sposób.

www.dlibra.wum.edu.pl

Wzrastanie temperatury powiększa objętość gazów, opadanie temperatury zmniejsza objętość. Gdy przeto pewną masę gazu będziemy ogrzewali, lecz nie pozwolimy mu się rozszerzać, wówczas ciśnienie wzrastać musi. Można tego dowieść zapomocą doświadczenia.

W butelce o objętości mniej więcej jednego litra zawarte jest powietrze (Fig. 7). Butelka ta łączy się z rurką w kształcie litery U wypełnioną w części cieczą i służącą za manometr [1]). Gdy powietrze w butelce zostanie ogrzane, wówczas ciecz w otwartem kolanie rurki podnosi się i wskazuje tem, że ciśnienie w butelce podniosło się.

Oczywista, że w tym razie objętość powietrza zmieniła się nieco; mianowicie powiększyła się o tyle, o ile ciecz w manometrze opadła w kolanku połączonem z butelką. Ponieważ rura manometryczna jest bardzo wązka, przeto ten przyrost objętości tak jest nieznaczny w stosunku do całkowitej objętości powietrza w butelce, że możemy go pominąć. Gdyby rurka manometryczna nie była bardzo wązka, nastąpiłaby zmiana zarówno objętości jak i ciśnienia; przy obliczaniu rezultatów doświadczenia należałoby w takim razie uwzględnić obiedwie te zmiany. Zdarza się bardzo często przy praktycznem wykonywaniu doświadczeń, że nie można urzeczywistnić absolutnie dokładnie warunków, jakich wymaga teorya doświadczenia. Otóż jeżeli błąd popełniony bardzo jest drobny w porównaniu z tem, co obserwujemy jako główny wynik doświadczenia, lub jeżeli jesteśmy w stanie oznaczyć wielkość błędu, wówczas rezultat bądźcobądź daje się doskonale spożytkować. Nie zależy nam zresztą na absolutnej wielkości błędu, idzie tylko o jego wartość względną. Gdy mamy oznaczyć ciężar 10 kilogramów, to przy błędzie popełnionym o 1 gram rezultat wypadłby za duży lub za mały o $^1/_{10000}$. Lecz gdybyśmy mieli zważyć 10 gramów, taki sam błąd o 1 gram przy ważeniu wynosiłby już $^1/_{10}$ całkowitej oznaczonej wartości. W tym ostatnim przypadku byłby więc w rzeczywistości błąd 1000 razy większy niż w pierwszym. Pragnąc równie dokładnie ważyć, musielibyśmy w tym ostatnim razie być pewni, że błąd wynosi conajwyżej 1 miligram.

4. Temperatura absolutna.

4. Jeżeli w doświadczeniach nad związkiem między objętością i temperaturą mierzylibyśmy objętości gazów w temperaturach rozmaitych (18°, 28°, 38° i t. d.) i baczylibyśmy na to, aby pomiary te były dokonywane zawsze przy jednakowem ciśnieniu, przekonalibyśmy się, że jednakowym różnicom temperatur odpowiadają też jednakowe zmiany objętości. Ścisłe doświadczenia dowiodły, że każdemu stopniowi skali temperatur według

[1]) O teoryi manometru porówn. § 6.

www.dlibra.wum.edu.pl

Celsyusza odpowiada zmiana objętości gazu o $^1/_{273}$ tej objętości, jaką gaz ma przy 0°. Ażeby jaśniej wyrazić tę prawidłowość, wyobraźmy sobie, że mamy wązki, wysoki cylinder ($r\,r'$, fig. 8), który na całej swej długości jednakowy ma przekrój poprzeczny, i że na cylindrze tym odgraniczyliśmy pewną objętość powietrza przy pomocy łatwo poruszającego się, lecz szczelnie przylegającego tłoczka q [1]). Pomieszczamy cały cylinder w topniejącym lodzie, tak że zawarte w nim powietrze ma temperaturę 0°, i oznaczamy górną granicę zawartego w cylindrze powietrza. Następnie podnosimy temperaturę powietrza w cylindrze do 100° i oznaczamy położenie tłoczka liczbą 100. Odległość pomiędzy 0 a 100 dzielimy na 100 równych części i każdą z tych części nazywamy stopniem. Zbudowaliśmy w ten sposób termometr, mianowicie termometr powietrzny. Jest on podzielony według skali Celsyusza. Skalę tę przedłużamy poniżej 0°, a stopnie w dół od zera oznaczamy jako odjemne w przeciwstawieniu do dodatnich powyżej zera. Podział ten uwidoczniony jest na naszej figurze.

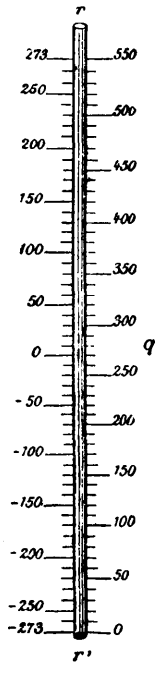


Fig. 8.

Termometr powietrzny i skala absolutna temperatur.

W rurze cylindrycznej rr' mała nitka rtęci q odgranicza pewną ilość powietrza. W temperaturze lodu topniejącego nitka rtęci znajduje się pośrodku rury. Po stronie lewej podane są stopnie temperatury według skali Celsyusza, po prawej według skali absolutnej. Szczegóły w tekście.

Poniżej zera dochodzimy do — 273 stopni. Każda podziałka wskazuje, jak wielką jest objętość powietrza w danej temperaturze. Objętość przy 0° nazwijmy v, w takim razie w temperaturze + 50° objętość wynosi $v + \frac{50}{273} v$; w temperaturze 100° mielibyśmy objętość $v + \frac{100}{273} v$; w temperaturze — 100° natomiast $v - \frac{100}{273} v$ i t. d.

Podział na stopnie Celsyusza jest dowolny, nie usprawiedliwiony właściwie istotą rzeczy. Przyjęto ten podział powszechnie, ponieważ punkty stałe 0° i 100° (punkt topnienia lodu i wrzenia wody) łatwo i dokładnie dają się oznaczyć. Z tej wszakże skali możemy z łatwością przejść do skali innej, która teoretycznie lepiej jest uza-

[1]) Gdy cylinder bardzo jest wązki, wyobrazić sobie możemy tłok taki z nitki rtęci. Gdy nić ta ma 20 *mm* (milimetrów) długości, a barometr, jak przypuszczamy, wskazuje ciśnienie 740 *mm*, w takim razie powietrze w cylindrze pozostaje pod ciśnieniem normalnem 760 *mm*.

www.dlibra.wum.edu.pl

sadniona i ma pewne zalety. Skala ta jest wypisana po prawej stronie naszego rysunku.

Wypiszmy 0 na samym dole, tam gdzie według skali Celsyusza przypada — 273, i liczmy ztąd stopnie ku górze, a będziemy mieli liczbę 173 w miejscu gdzie przypada — 100, liczbę 273 tam gdzie przypada 0, liczbę 373 tam gdzie jest + 100 i t. d. Skalę tę, w której niema stopni odjemnych, gdyż zero znajduje się w punkcie najniższym, nazywamy skalą absolutną temperatur. Stopnie temperatury według Celsyusza zamieniamy na stopnie skali absolutnej, dodając do stopni Celsyusza liczbę 273 [1]).

Porównajmy objętości powietrza z temperaturami według skali absolutnej, a wyłoni się prawo niezmiernie proste. W temperaturze 273 objętość $= v$; w temperaturze 323 (273 + 50) objętość $= v + \frac{50}{273} v = v\left(1 + \frac{50}{273}\right) = v\frac{323}{273}$; w temperaturze 373 objętość $= v + \frac{100}{273} v = v\left(1 + \frac{100}{273}\right) = \frac{373}{273} v$ i t. d.

Innemi słowy: Objętość odgraniczonej ilości gazu przy stale jednakowem ciśnieniu jest wprost proporcyonalna do temperatury absolutnej.

Z rozważań dotychczasowych możemy także wywnioskować, jak się zachowa gaz, gdy ogrzewać go będziemy w przestrzeni zamkniętej, w której rozszerzać się nie będzie w stanie. Pomyślmy ilość gazu o objętości V, ciśnieniu p i temperaturze (absolutnej) T ogrzaną do temperatury 2 T; gdyby ciśnienie pozostało niezmienione, gaz ten zająłby objętość 2 V. Ażeby tę objętość zredukować znów do V, musielibyśmy ciśnienie podnieść do 2 p. Wynika ztąd, że:

ciśnienie ograniczonej ilości gazu przy stale jednakowej objętości jest wprost proporcyonalne do temperatury absolutnej.

Ta prawidłowość w zachowaniu się objętości gazu w zależności od temperatury współcześnie była odkryta przez Gay-Lussaca i Daltona (1802); ztąd prawo to nazywamy prawem Gay-Lussaca lub Daltona. Złączmy to prawo z prawem Boyle'a czyli Ma-

[1]) Wszelkie temperatury podawane w książce niniejszej odnoszą się albo do skali Celsyusza albo do skali absolutnej; mając na myśli tę ostatnią, zawsze wyraźnie to zaznaczamy. Tu i owdzie oznaczamy literą t temperatury według skali Celsyusza, zaś literą T temperatury według skali absolutnej.

www.dlibra.wum.edu.pl

RIOTTE'a, a wypowiemy wszystko o stosunku objętości, ciśnień i temperatur w jednem zdaniu następującem:

Objętość oznaczonej ilości gazu jest wprost proporcyonalna do temperatury absolutnej a odwrotnie proporcyonalna do ciśnienia [1]).

5. Zachowanie się cząsteczek gazu.

5. Widzieliśmy, że to, co nazywamy ciepłem, może być pojmowane jako pewien rodzaj ruchu cząsteczek. Im temperatura ciała jest wyższa, tem większą być musi energia tego ruchu. Jeżeli przypuścimy, że cząsteczki gazu stosunkowo bardzo od siebie są oddalone, mamy prawo wnosić, że cząsteczki te odbywają długie drogi w kierunku prostolinijnym i ze znaczną szybkością, zanim uderzą o ścianę tej przestrzeni, w której gaz jest zamknięty, lub zanim dwie cząsteczki o siebie uderzą. Gdy uderzenie takie nastąpi, wówczas cząsteczki odskakują jak ciała sprężyste i posuwają się w dalszym ciągu w innym kierunku [2]). Być może, że nie wszystkie cząsteczki biegną z dokładnie tą samą szybkością. Lecz możemy pomyśleć szybkość średnią czyli przeciętną dla pewnej oznaczonej masy gazu. Im temperatura jest wyższa, tem ta szybkość średnia jest też większa i tem jest więc większa energia cząsteczek.

Wyobraźmy sobie pewną ilość gazu zamkniętą w przestrzeni o objętości sześcianu, którego boki mają po 1 decymetrze, więc w objętości 1 litra. Ta masa gazu składa się z nieznanej nam, lecz pewnej oznaczonej liczby cząsteczek. Nazwijmy tę liczbę n. Każda cząsteczka może przebiedz drogę 1 decymetra, zanim przy wła-

---

[1]) Przy wykonywaniu badań fizycznych, chemicznych i fizyologicznych zdarza się często potrzeba mierzenia objętości gazów. Ponieważ pomiary te są dokonywane w rozmaitych temperaturach i przy różnych ciśnieniach, przeto nie możnaby ich porównywać bezpośrednio. Zazwyczaj więc oblicza się je tak, iż podaje się objętość, jakąby gaz zajmował w pewnej oznaczonej temperaturze (0°) i przy oznaczonem ciśnieniu (760 *mm* rtęci czyli średniem ciśnieniu atmosfery na powierzchni morza). Nazywamy tę objętość zredukowaną. Wyłożone powyżej prawa pozwalają zrozumieć, jak to przerachowanie, redukowanie się odbywa.

[2]) Rój komarów bezustannie poruszających się w powietrzu w ciepły dzień letni daje nam przybliżone pojęcie o tem, jak wyobrażać sobie należy stan, w którym znajdują się cząsteczki pewnej ograniczonej ilości gazu. Słup mający w średnicy jakie pół metra a wysokością sięgający często do wielu metrów stoi niewzruszenie w jednem miejscu; lecz we wnętrzu tego słupa najżwawszy odbywa się ruch. Pojedyńcze komary biegną i „tańczą“ czyli poruszają się w liniach zygzagowatych w najrozmaitszych kierunkach.

www.dlibra.wum.edu.pl

ściwej sobie szybkości uderzy o ścianę. W pewnym oznaczonym ułamku czasu, np. w ciągu jednej sekundy o każdą ścianę uderzy pewna oznaczona liczba cząsteczek. Każda cząsteczka ma drobną lecz oznaczoną masę m oraz średnią szybkość v; energia przeto każdej cząsteczki wynosi $^1/_2\, m\, v^2$. Przypuśćmy, że w ciągu owego przyjętego ułamku czasu o każdy centymetr kwadratowy każdej ze sześciu ścian sześcianu uderza a cząsteczek, przeto całkowita energia uderzeń na tę powierzchnię centymetra kwadratowego wyniesie $a\ ^1/_2\, m\, v^2$.

6. Mierzenie ciśnienia gazu.

6. Wyobraźmy sobie, że sześcian wypełniony gazem jest ze wszystkich stron otoczony próżnią i że w jednej ze ścian jego wycięliśmy otwór o powierzchni 1 centymetra kwadratowego. Cząsteczki, które padają na tę powierzchnię, mogłyby wówczas bez przeszkody na zewnątrz ujść. Po pewnym czasie całkowita liczba n cząsteczek doszłaby do otworu i sześcian opróżniłby się.

Możemy zapobiedz temu uchodzeniu cząsteczek na zewnątrz, jeżeli otwór znów zamkniemy. Jeżeli zamkniemy otwór lekką płytką, w takim razie uderzające o płytkę z wewnątrz cząsteczki będą usiłowały ją odepchnąć. Chcąc temu zapobiedz, musimy z zewnątrz płytkę nacisnąć z pewną siłą. Możemy to uskutecznić, nakładając na płytkę pewien ciężar, a za pomocą dokładnego doświadczenia można się przekonać, jak wielki być musi ciężar, któryby starczył właśnie na powstrzymanie gazu od ulatniania się. Nazwijmy ten ciężar p. Wówczas $p = a\ ^1/_2\, m\, v^2$. W ten sposób przeto mierzymy sumę energij wszystkich cząsteczek, które w jednostce czasu uderzają o płytkę.

W równaniu $p = a\ ^1/_2\, m\, v^2$ po stronie prawej mamy same wielkości niewiadome. Tylko rezultat ostateczny, wywierane przez cząsteczki ciśnienie zmierzyć możemy. Wielkość a, liczba cząsteczek uderzających o jednostkę powierzchni, musi wzrastać wraz z powierzchnią. Gdyby ów otwór miał 2 centym. kwadr. zamiast jednego, wówczas o tę dwa razy większą powierzchnię uderzałaby w jednostce czasu dwa razy większa liczba cząsteczek: musielibyśmy ciśnienie z zewnątrz podwoić, chcąc przeciwdziałać ciśnieniu wewnętrznemu gazu.

To więc, co nazywamy ciśnieniem gazu, może być mierzone pewnym ciężarem przy uwzględnieniu jednoczesnem powierzchni. Rozumiemy przeto, co znaczy, gdy mówimy, że ciśnienie atmosfery wynosi 1,033 kilograma na 1 cm^2. [1])

[1]) Tyle wynosi średnio ciśnienie atmosfery u poziomu morza; wraz z podnoszeniem się powyżej tego poziomu ciśnienie opada w sposób pra-

www.dlibra.wum.edu.pl

Najczęściej w inny sposób mierzymy ciśnienie gazu. Jeżeli rurę ABC kształtu litery U, otwartą u obudwu końców (fig. 9) wypełniamy w części cieczą, ciecz ta w obudwu kolanach rury na jednakowym znajduje się poziomie (na zasadzie prawa o rurach połączonych). Na powierzchnie cieczy z obudwu stron działa ciśnienie atmosfery; ponieważ jest ono z obudwu stron jednakowe, przeto nie może zakłócić równowagi cieczy. Nie zmienia się ten stan w niczem, jeśli kolano BC połączone jest z naczyniem g, póki tylko powietrze w tem ostatniem pod temże znajduje się ciśnieniem. Lecz gdy ciśnienie gazu w naczyniu g wzmaga się, wówczas ciecz w kolanie BC opada, dajmy do b a podnosi się natomiast w kolanie otwartem do c. W b poprowadzimy linię poziomą bb'; wysokość słupa cieczy $b'c$ jest miarą przewagi ciśnienia, miarą wskazującą, o ile ciśnienie gazu w g przeważa ciśnienie atmosferyczne, które, tak jak i poprzednio, działa na ciecz w kolanie otwartem. Przyrząd taki nazywa się manometr.

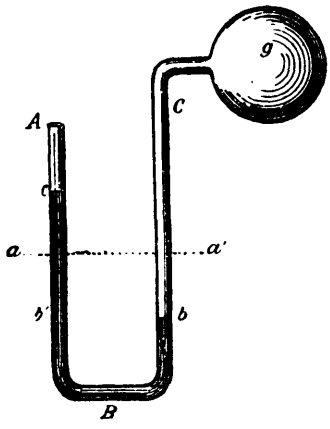


Fig. 9.
Manometr.
Gdy wzrasta ciśnienie gazu w g, ciecz opada w kolanku BC a podnosi się w kolanku BA. Różnica poziomów cieczy $= cb$ jest miarą przewagi ciśnienia w g nad ciśnieniem atmosferycznem.

W tym razie nie potrzeba uwzględniać powierzchni czyli przecięcia poprzecznego rury, albowiem w miejscu b, gdzie działa ciśnienie słupa cieczy $b'c$, przecięcie tego słupa cieczy równe jest przecięciu, na które działa ciśnienie gazu w przeciwnym kierunku. Natomiast musimy tu uwzględnić ciężar właściwy cieczy, którą wypełniony jest manometr.

Przypuśćmy, że przecięcie poprzeczne rury równa się dokładnie 1 centym. kwadr., że ciecz jest rtęcią, a wysokość $b'c = 760$ milimetr. Ciężar właściwy rtęci $= 13{,}59$. Słup rtęci o wysokości 760 milimetr. i podstawie (przecięciu poprzecznem) 1 centym. kwadr. ma objętości 76 centym. sześcien. i waży przeto $76 \times 13{,}59 = 1032{,}84$ gram. lub w okrągłej liczbie 1,033 kilogram., którą to liczbę poznaliśmy jako ciśnienie jednej atmosfery na powierzchnię 1 centym. kwadr. W barometrze przeto słup rtęci, na który z jednej strony ciśnie atmosfera, gdy z drugiej znajduje się próżnia, u poziomu morza stoi na wysokości 760 milimetr. Ciśnienie jednej atmosfery wynosi zatem 760 milimetrów, ciśnienie pół atmosfery

---

widłowy W tych razach, w których nie zależy na dużej ścisłości, liczy się zwykle 1 kilogram zamiast 1,033 kilograma.

www.dlibra.wum.edu.pl

= 380 milimetr., ciśnienie $^1/_{10}$ atmosfery = 76 milimetr. rtęci (wyraz „rtęć“ skracamy, pisząc *hg*).

Jeżeli mierzone ciśnienia są bardzo małe, trudnoby było odczytywać różnice w wysokościach obudwu słupów rtęci. Lepiej jest wówczas wypełnić manometr cieczą o mniejszym ciężarze właściwym. Jeżeli użyjemy wody (skracamy, pisząc *aq*), wszystkie wysokości wypadną 13,59 raza większe aniżeli przy rtęci; 1 milim. *hg* = 13,59 milim. *aq*. Ciśnienie jednej atmosfery (= 760 milim. *hg*) odpowiada słupowi wody o wysokości większej niż 10 metrów (dokładnie 10,328); $^1/_{1000}$ atmosfery daje jeszcze różnicę 1 milim. wysokości, co łatwo daje się odczytać.

7. Teorya cynetyczna gazów.

7. Powróćmy do rozważania powyższego masy gazu zamkniętej w ograniczonej przestrzeni. Przypuściliśmy, że w tej masie jest n cząsteczek i że w ciągu jednej sekundy a takich cząsteczek uderza o powierzchnię ściany wielkości 1 centym. kwadr. Ściśnijmy ten gaz do połowy objętości; liczba cząsteczek pozostanie n, a w temperaturze pierwotnej nie zmieni się też ich szybkość; lecz obecnie każda cząsteczka uderzy o ścianę, gdy przebieży tylko połowę drogi poprzedniej. W tym samym przeto czasie dwa razy większa liczba cząsteczek uderzać będzie o ściany. Działanie tych uderzeń czyli ciśnienie ogólne gazu będzie przeto dwa razy większe niż przy poprzedniej objętości.

Gdy zmienia się temperatura pewnej ograniczonej masy gazu, wówczas nie zmienia się ani liczba cząsteczek ani droga przebiegana przez nie, natomiast zmienia się ich szybkość. Przypuszczenie najprostsze każe przyjąć, że energia ruchu cząsteczek jest proporcyonalna do temperatury absolutnej. Przekonaliśmy się, że przy stałej objętości ciśnienie wzrasta proporcyonalnie do temperatury absolutnej, zaś przy stałem ciśnieniu objętość wzrasta proporcyonalnie do temperatury absolutnej; odpowiada to właśnie naszemu założeniu. Ztąd wnosić wypada, że słusznem jest to wyobrażenie, jakie wyrobiliśmy sobie o stanie cząsteczkowym gazów. Wypada więc wyobrazić sobie, że gazy składają się z oddzielnych cząsteczek, które w ustawicznym pozostają ruchu i że szybkości cząsteczek wzrastają proporcyonalnie do temperatury absolutnej. Takie pojmowanie natury gazów rozwija fizyka obszerniej w t. zw. teoryi cynetycznej gazów.

8. Dyfuzya gazów.

8. Rozwijając wyżej pojęcie ciśnienia gazu, rozpatrywaliśmy przykład, w którym gaz, zawarty w przestrzeni sześciennej, przez otwór w jednej ze ścian sześcianu mógł przenikać do próżni. Zbadamy obecnie, co się stanie, jeżeli dwa gazy różne, zawarte każdy

www.dlibra.wum.edu.pl

w sześcianie takim, zetknąć się będą mogły ze sobą przez otwór w ścianie dzielącej obadwa sześciany.

Nazwijmy obadwa gazy *A* i *B*, sześciany połączone ze sobą oznaczmy cyframi *1* i *2*; literą *l* oznaczmy otwór w ścianie granicznej. W każdej jednostce czasu *a* cząsteczek gazu zawartego w sześcianie *1* dobiega do otworu *l* z prędkością zależną od temperatury. Niektóre z nich uderzą o cząsteczki gazu *B* i zostaną odrzucone. Znaczna wszakże część przeniknie pomiędzy cząsteczki gazu *B*, które, wedle przypuszczenia naszego, bardzo są wzajem od siebie oddalone. To samo w zupełności dotyczy cząsteczek gazu *B*. Nastąpi przeto zmieszanie obudwu gazów; ten proces mieszania się gazów ukończy się wówczas dopiero, gdy obadwa gazy w obudwu sześcianach zupełnie równomiernie zmieszają się z sobą. Od tej chwili taka sama liczba cząsteczek gazu *A* przenikać będzie z sześcianu *1* do sześcianu *2* jak i w kierunku przeciwnym, a to samo dziać się będzie z cząsteczkami gazu *B*. Trwale przeto już zachowany będzie stan zmieszania równomiernego.

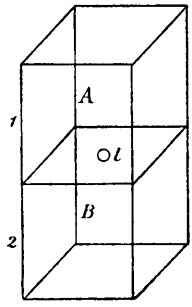


Fig. 10.
Mieszanie się gazów.
Sześciany *1* i *2* są wypełnione dwoma rozmaitemi gazami *A* i *B*. W ścianie wspólnej obudwu sześcianów jest otwór *l*. Cząsteczki gazu *A* dochodzące do tego otworu mogą przeniknąć do sześcianu *2*; również cząsteczki gazu *B* mogą przejść do sześcianu *1*. W ten sposób następuje po pewnym czasie zupełne zmieszanie się obudwu gazów.

Zjawisko to, któreśmy tu przedewszystkiem wysnuli teoretycznie z poglądów naszych na stan gazowy, nazywa się dyfuzyą; w tym zaś szczególnym przypadku tutaj rozpatrzonym nazywamy je także swobodną dyfuzyą gazów. Pragnąc zdemonstrować to zjawisko, możemy wykonać doświadczenie następujące.

Kilka cylindrów szklanych o szerokich, dobrze odszlifowanych krawędziach, które szczelnie dają się zamykać odpowiedniemi płytkami szklanemi, wypełniamy rozmaitemi gazami, np. dwutlenkiem węgla i wodorem. Wprawdzie na oko gazy te niczem od siebie się nie różnią, bo obadwa są zupełnie bezbarwne. Lecz gdy w cylindrze z dwutlenkiem węgla pomieścimy tlejące drewienko, zgaśnie ono natychmiast, gdy zaś to samo zrobimy w cylindrze z wodorem, gaz zapłonie i spali się słabo świecącym, błękitnym płomieniem. Wlejmy do cylindra z dwutlenkiem węgla nieco klarownej wody wapiennej lub barytowej, a zmętnieje ona natychmiast. Zanurzmy odwrócony ku dołowi otwór takiego cylindra (z dwutlenk. węgla) w rtęci, usuńmy pod rtęcią płytkę zakrywającą otwór cylindra i przy pomocy pipetki zakrzywionej wprowadźmy do jego wnętrza roztwór wodanu potasu; utworzy się z dwutlenku węgla i wodanu potasu związek, który pozostanie w roztworze; gaz zniknie, rtęć podniesie się w cylindrze i cał-

www.dlibra.wum.edu.pl

kowicie go wypełni. Te ostatnie dwie próby zawodzą w zupełności, gdy je wykonywamy z wodorem.

Własności te wystarczają do odróżnienia obudwu gazów. Otóż, weźmy teraz cylinder wypełniony wodorem, odwróćmy go i postawmy otworem na otworze cylindra wypełnionego dwutlenkiem węgla, usuńmy następnie obiedwie płytki szklane zamykające otwory cylindrów i zbliżmy cylindry otworami, aby dokładnie przystawały do siebie krawędziami i aby tym sposobem gazy w nich zawarte były odcięte od powietrza zewnętrznego.

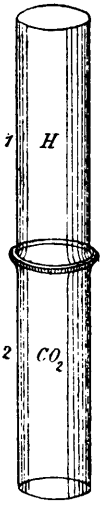


Fig. 11.

Mieszanie się gazów.

Cylinder szklany *1* jest wypełniony czystym wodorem, cylinder *2* czystym dwutlenkiem węgla. Otwory zamykamy płytkami szklanemi, stawiamy cylinder *1* na *2* i usuwamy płytki. Po pewnym czasie przekonać się można, że w obudwu cylindrach zmieszały się obadwa gazy zupełnie jednostajnie.

Po pewnym czasie ostrożnie znów wsuńmy pomiędzy cylindry płytki szklane, rozdzielmy je i zbadajmy ich zawartość. W obudwu cylindrach wykażemy obecność zarówno dwutlenku węgla jak wodoru. Woda wapienna zmętnieje za dodaniem do każdego cylindra. Roztwór wodanu potasu zwiąże część zawartości w każdym cylindrze; to zaś, co pozostanie, wskazuje własności wodoru; pali się mianowicie płomieniem błękitnym.

Każdy więc gaz przenika w przestrzeń zajmowaną przez inny gaz. Jeżelibyśmy dość długo poczekali przed rozdzieleniem cylindrów, moglibyśmy dowieść, że nastąpiło zupełnie równomierne zmieszanie gazów w obudwu cylindrach. Jeżeli obadwa cylindry były jednakowej wielkości, to w końcu każdy z nich zawiera równe części dwutlenku węgla i wodoru. Zwrócimy tu jeszcze uwagę na to, że wodór ma ciężar właściwy znacznie mniejszy od dwutlenku węgla. W doświadczeniu naszem gaz lżejszy znajdował się w górnym cylindrze, a pomimo to opuścił się do cylindra dolnego, gdy tymczasem gaz cięższy uniósł się do cylindra górnego. Teorya cynetyczna gazów tłumaczy nam łatwo te zjawiska. Wynika też z tej teoryi, że podobnie jak w naszem doświadczeniu dwa gazy, tak też i trzy gazy lub nawet większa ich liczba może się doskonale mieszać przez dyfuzyą.

9. Ciśnienie parcyalne i ciśnienie całkowite mieszanin gazowych.

9. Rozważanie mieszanin gazowych nasuwa inne jeszcze uwagi. W jednej z rur na fig. 5-ej mamy 100 cm^3 powietrza atmosferycznego. Jak widzieliśmy, powietrze zachowywało się tak samo zupełnie jak i inne gazy. Powietrze to składa się z 4 objętości azotu i 1 objętości tlenu [1]). Ciśnienie równa się chwilowemu ciśnieniu atmo-

[1]) W rzeczywistości składa się powietrze z blizko 21% tlenu, około 79% azotu, oraz bardzo nieznacznych ilości innych gazów. Aby uprościć wykład, podajemy wyżej owe liczby zaokrąglone.

www.dlibra.wum.edu.pl

sfery czyli 740 *mm* słupa rtęci, a temperatura wynosi 18°. Jeżeli z tej mieszaniny gazów usuniemy całkowicie tlen [1]), objętość się zmniejszy a jednocześnie opadnie ciśnienie. Azot, który pozostanie po tem usunięciu tlenu, doprowadźmy znów do ciśnienia atmosferycznego, a w takim razie zajmie on objętość 80 cm^3 czyli $^4/_5$ części pierwotnej objętości przyjętej za 100. Gdybyśmy natomiast o tyle obniżyli ciśnienie, aby azot zajął objętość 100 cm^3, w takim razie manometr, połączony z przestrzenią przez gaz ten wypełnioną, wskazałby nam, że ciśnienie wynosi tylko 592 *mm* słupa rtęci czyli $^4/_5$ ciśnienia atmosferycznego.

Lecz w pierwotnej objętości powietrza atmosferycznego obadwa gazy, tlen i azot, równomiernie były w całej przestrzeni zmieszane. Ktoby o tem wątpił, mógłby przez zbadanie ilościowe jakichkolwiek części tego powietrza przekonać się, że gazy te zawsze są zmieszane w jednakowym stosunku. Innemi słowy, 80 cm^3 azotu rozdzieliło się równomiernie w 100 cm^3 powietrza, a również w tejże objętości 100 cm^3 równomiernie było rozmieszczonych 20 cm^3 tlenu. A w takim razie, zgodnie z prawem Boyle'a, w mieszaninie pierwotnej azot musiał wywierać ciśnienie tylko 592 *mm* a tlen ciśnienie tylko 148 *mm* rtęci. Ten udział każdego gazu w ciśnieniu całkowitem nazywamy ciśnieniem parcyalnem (cząstkowem) danego gazu. Ciśnienie całkowite mieszaniny gazowej jest sumą ciśnień parcyalnych jej części składowych. Gdy znamy skład procentowy mieszaniny gazowej, oznaczamy ciśnienia parcyalne poszczególnych części składowych, dzieląc ciśnienie całkowite w stosunku ilości oddzielnych gazów. Widzimy przeto, że wniosek przytoczony w §§ 2-im i 3-im, że wszystkie gazy w jednakowej objętości i w jednakowej temperaturze wywierają ciśnienie jednakowe, słuszny jest także dla części składowych mieszaniny gazowej.

10. Hypoteza Avogadro'a.

10. Dowiedzieliśmy się w § 6-ym, że ciśnienie gazu uważać można jako wynik uderzeń cząsteczek gazowych o ściany przestrzeni gaz zawierającej. We wzorze powyżej rozwiniętym

$$p = a\ ^1/_2\ m\ v^2$$

litera a oznacza liczbę cząsteczek, które w jednostce czasu uderzają o jednostkę powierzchni ściany, zaś $^1/_2\ m\ v^2$ oznacza energią ruchu właściwą każdej cząsteczce. Masa m, zatem i ciężar każdej

[1]) Możemy to uczynić w ten sposób, że wnosimy fosfór do mieszaniny gazów. Fosfór łączy się z tlenem na trwały związek chemiczny.

www.dlibra.wum.edu.pl

pojedyńczej cząsteczki oczywiście zależy od składu chemicznego cząsteczki, ma więc dla każdego gazu inną wartość (porówn. rozdz. IV § 13). Jak znaczną jest szybkość ruchu cząsteczek, nie wiemy; wszystko, co o tej szybkości wypowiedzieć umiemy, to tylko, że wzrasta ona proporcyonalnie do temperatury absolutnej (porówn. § 7). Jeżeli m_1 i m_2 oznaczają ciężary cząsteczkowe dwu różnych gazów, a v_1 i v_2 prędkości właściwe tym cząsteczkom w pewnej oznaczonej temperaturze, więc $^1/_2\, m_1\, v_1^2$ i $^1/_2\, m_2\, v_2^2$ wyrażają właściwą tymże energią ruchu; w takim razie możemy przyjąć hypotezę, że

$$^1/_2\, m_1\, v_1^2 = {}^1/_2\, m_2\, v_2^2$$

czyli, innemi słowy, przypuszczamy, że energia ruchu cząsteczek wszelkich gazów zawsze jest jednakowa w jednej i tej samej temperaturze. Lecz w takim razie, wobec jednakowego zawsze zachowywania się wszystkich gazów wobec zmian temperatury i ciśnienia, a musi mieć zawsze jednakową wartość. Dochodzimy przeto do wniosku:

Jednakowe objętości wszelkich gazów mierzone w tej samej temperaturze i przy tem samem ciśnieniu, zawierają jednakowe liczby cząsteczek.

Jest to słynna hypoteza wygłoszona przez uczonego włoskiego Avogadro'a w roku 1811. Ma ona znaczenie doniosłe dla chemii teoretycznej, o czem jeszcze później obszerniej wypadnie nam wspomnieć. Czyni ona najzupełniej zrozumiałem owo osobliwe zjawisko zgodnego, jednakowego zachowywania się wszelkich gazów wobec zmian temperatury i ciśnienia. Zgodność wszelkich wniosków z tej hypotezy z faktami, które poznamy jeszcze w ciągu dalszym (w rozdz. VIII), daje jej wysoki bardzo stopień pewności. Stała się też ta hypoteza znakomitem poparciem dla teoryi cynetycznej gazów.

Hypoteza Avogadro'a w powyższem przedstawieniu naszem opiera się na przypuszczeniu, że energia ruchu cząsteczek zależy jedynie od temperatury absolutnej, że więc ta energia jest jednakowa we wszystkich gazach [1]). Z równania

$$^1/_2\, m_1\, v_1^2 = {}^1/_2\, m_2\, v_2^2$$

możemy bezpośrednio wyprowadzić równanie inne:

$$m_1 : m_2 = v_2^2 : v_1^2$$

---

[1]) Moglibyśmy także postąpić odwrotnie, t. j. przyjąć naprzód, że liczby cząsteczek są jednakowe, a ztąd wywnioskować równość energii ruchu.

www.dlibra.wum.edu.pl

czyli: ciężary cząsteczkowe dwu gazów zachowują się odwrotnie proporcyonalnie do kwadratów prędkości ich cząsteczek (w jednakowej temperaturze).

Nasuwa się pytanie, czy możemy cokolwiek stwierdzić o szybkości ruchu cząsteczek gazu.

Gdy gazy wypływają pod ciśnieniem stałem z bardzo wązkich otworów, można skonstatować, że prędkość, z jaką wypływają, jest odwrotnie proporcyonalna do pierwiastków kwadratowych z ciężarów właściwych. Skoro, w myśl hypotezy Avogadro'a, jednakowe objętości rozmaitych gazów zawierają jednakową liczbę cząsteczek, przeto ciężary właściwe pozostają względem siebie w stosunku tym samym, co i ciężary cząsteczek. Wynik więc doświadczenia w związku z tą hypotezą daje nam możność porównywania pomiędzy sobą ciężarów cząsteczkowych rozmaitych gazów.

Gdy dwa gazy przez otwór dyfundują, mieszają się z sobą, to w początku, kiedy ciśnienia równe są po obudwu stronach, szybkości dyfundowania muszą być odwrotnie proporcyonalne do ciężarów cząsteczkowych. Gaz lżejszy dyfunduje szybciej od cięższego. Po stronie pierwszego z nich przeto ciśnienie będzie się zmniejszało, po stronie drugiego natomiast będzie wzrastało. Gdy otwór jest duży, wówczas taka różnica ciśnień nie może nastąpić, gdyż natychmiast następuje prąd gazu w kierunku od ciśnienia wyższego do ciśnienia niższego. Natomiast gdy otwór jest wązki, następuje różnica ciśnienia i przez pewien czas się utrzymuje.

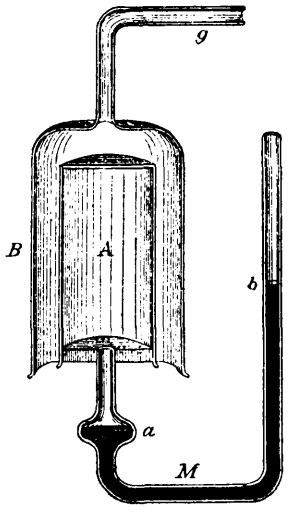


Fig. 12.
Dyfuzya gazów przez ścianę porowatą.
Słabo wypalone, więc porowate naczynie gliniane A połączone jest z manometrem przy pomocy dobrze dopasowanego korka. Nad tem naczyniem umieszczamy dzwon szklany B, do którego przez rurę g dopływa stumień wodoru. Lekki wodór znajdujący się pomiędzy A i B dyfunduje szybciej do A, aniżeli gazy cięższe (tlen i azot) mogą z A się wydobywać. Ztąd ciśnienie w A się zwiększa i podnosi do wysokości b rtęć w manometrze M.

Opadanie ciśnienia po stronie gazu lżejszego nastąpi prędzej i wyższy osiągnie stopień, jeżeli dyfuzya może jednocześnie zachodzić przez liczne wązkie otwory, np. przez pory ściany z gliny, gipsu, drzewa lub t. p. Można to pięknie okazać w sposób następujący. A jest cylinder porowaty, jakiego używa się do ogniw galwanicznych dla prądu stałego. Od dołu jest on zatkany korkiem, w którego otworze umieszczony jest manometr. Cylinder ten nakrywany dzwonem szklanym B, do którego dopływa wodór. Ten lekki gaz bardzo szybko przenika przez pory gliny do wnętrza

www.dlibra.wum.edu.pl

cylindra, gdy tymczasem zawarte w tem wnętrzu cięższe gazy atmosferyczne, tlen i azot, dyfundują na zewnątrz powolniej. Wskutek tego następuje wzmożenie ciśnienia wewnątrz cylindra glinianego, a to ciśnienie staje się widocznem przez podniesienie się rtęci w manometrze.

Gdy manometr osiągnął pewne ciśnienie stałe, usuńmy dzwon szklany z nad cylindra glinianego, a wówczas dojrzymy, że ciśnienie we wnętrzu cylindra opadnie a nawet może się stać odjemnem. Wodór, który poprzednio szybciej przenikał do wnętrza cylindra aniżeli powietrze mogło zeń uchodzić na zewnątrz, obecnie znów szybciej uchodzi na zewnątrz aniżeli powietrze wpływać może do wnętrza cylindra. W obudwu razach przeto gaz lżejszy szybciej dyfunduje.

Można też wykonać to doświadczenie z gazem oświetlającym, który również lżejszy jest od powietrza atmosferycznego, lecz w tym razie wynik nie jest tak wyraźny, zmiany ciśnienia widoczne na manometrze nie są tak znaczne, jak w doświadczeniu z wodorem. Gaz oświetlający jest mieszaniną gazów, w której znaczną część stanowi tak zwany gaz błotny (metan). Zmieszany z powietrzem gaz błotny daje mieszaniny wybuchające. Te mieszaniny są jedną z najczęstszych przyczyn wybuchów w kopalniach węgla. Rzeczą jest przeto niesłychanie ważną dość wczesne rozpoznanie obecności gazu błotnego. Otóż na opisanem dopiero co doświadczeniu polega zasada używanego w tym celu przyrządu. Naczynie zamknięte płytką z gliny znajduje się w połączeniu z manometrem. Jeżeli w środowisku, w jakiem jest ta płytka, znajduje się gaz błotny, dyfunduje on, jako lżejszy, szybciej do naczynia, aniżeli powietrze z naczynia dyfunduje na zewnątrz. We wnętrzu przeto ciśnienie wzrasta; rtęć podnosi się w kolanku r manometru; to sprowadza zamknięcie obwodu prądu galwanicznego i wprowadza w ruch dzwonek alarmujący.

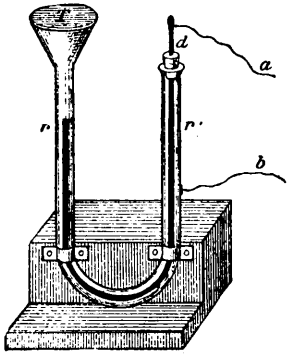


Fig. 13.

Przyrząd wskazujący obecność gazu błotnego.

Otwór rurki lejkowatej $r\,r$ zamknięty jest płytką gipsową lub glinianą. Jeżeli powietrze zawiera gaz błotny, przenika on szybciej przez tę płytkę do lejka aniżeli powietrze atmosferyczne może na zewnątrz uchodzić. Ciśnienie w rurce dzięki temu wzrasta, rtęć podnosi się do r'; z chwilą kiedy rtęć dotknie drutu d, zamyka się obwód bateryi elektrycznej umieszczonej pomiędzy a i b i dzwonek umieszczony w tym obwodzie poczyna dzwonić.

11. Własności cieczy.

11. Własność gazów, dzięki której zmieniają one swą objętość w zależności od ciśnienia, nazywamy także sprężystością (elastyczność). Weźmy strzykawkę (szpryckę) szklaną, taką, jakiej używają w pracowniach anatomicznych do wstrzykiwań w naczynia krwionośne. W cylindrze szklanym możemy przesuwać tłok szczelnie dopasowany. W końcu dolnym cylinder ujęty jest w opra-

www.dlibra.wum.edu.pl

wę mosiężną i może być zamykany za pomocą kranu. Umieszczamy tłok mniej więcej pośrodku cylindra i zamykamy kran. Jeżeli następnie zsuniemy tłok aż ku dolnemu końcowi cylindra i puścimy go, powróci on natychmiast do swego położenia pierwotnego. To samo nastąpi, jeżeli wyciągniemy tłok ku górze i następnie go puścimy. Można przeto powietrze w cylindrze strzykawki ścisnąć czyli zagęścić, albo wyciągnąć niejako czyli rozrzedzić; z chwilą kiedy siła ściskająca lub rozrzedzająca przestanie działać, gaz natychmiast powraca do swej objętości pierwotnej [1]).

Z powodu tej doskonałej sprężystości nazwano także gazy płynami sprężystemi (elastycznemi) w przeciwstawieniu do płynów właściwych czyli cieczy. I ciecze rozszerzają się przy podnoszeniu temperatury, lecz stopień rozszerzalności nie jest dla wszystkich cieczy jednakowy, ani nie jest tak równomierny dla jednej i tej samej cieczy, jak to się dzieje dla gazów. W tym względzie zachodzą nawet bardzo osobliwe odchylenia. Tak np. woda przy wzrastaniu temperatury od 0^0 do 4^0 nie rozszerza się, lecz przeciwnie zmniejsza swą objętość, kurczy się, a dopiero powyżej 4^0 przy dalszem podnoszeniu się temperatury zwiększa objętość, wszakże nie równomiernie, lecz w temperaturach wyższych w stopniu znaczniejszym.

Zwiększanie ciśnienia bardzo nieznacznie wpływa na ciecze. Woda pod ciśnieniem jednej atmosfery zmniejsza swą objętość zaledwie o 50-milionową część. Ażeby ją ścisnąć do połowy objętości pierwotnej, trzebaby przeto użyć ciśnienia 10000 atmosfer, oczywiście w przypuszczeniu, że ściśliwość będzie równomierna. Równie trudno jest przez zmniejszenie ciśnienia rozszerzyć ciecz, zmniejszyć jej gęstość. Natomiast z łatwością dają się oddzielać od siebie cząstki cieczy; pozostają one w luźnem ze sobą spojeniu; w rozmaitych cieczach siła tego spojenia jest różna, a zależna także od temperatury. Tę siłę nazywamy spójnością. Ona jest przyczyną tworzenia się kropel. Cząstki cieczy póty pozostają w związku spójnym ze sobą, póki ciężar kropli nie stanie się dostatecznym do przezwyciężenia spójności t. j. do oderwania kropli od reszty cieczy.

Cząsteczki cieczy pozostają więc względem siebie w pewnem oddaleniu, zmieniającem się wraz z temperaturą, lecz prawie zupeł-

---

[1]) Gdy takie wahanie w ciśnieniu powstaje w jednem miejscu masy gazowej, zmiana ta udziela się cząstkom sąsiednim i rozchodzi się we wszystkie kierunki od miejsca pierwotnego. Na takiem zjawisku polega m: in. przenoszenie się dźwięku.

www.dlibra.wum.edu.pl

nie niezależnem od ciśnienia. Cząsteczki te łatwo się względem siebie przemieszczają, jakkolwiek ich oddalenia wzajemne przez to się nie zmieniają. Ztąd też pochodzi, że ciecz przybiera wszelkie możliwe formy, kształty, całkiem zależnie od naczynia, w które ją wlewamy. Pozostawiona samej sobie t. j. wolna od wpływu wszelkich sił zewnętrznych (i siły ciążenia) przybierze ciecz postać kulistą.

Podobnie jak cząsteczki gazu, tak i cząsteczki cieczy wyobrazić sobie musimy w ustawicznym ruchu. Lecz drogi przebiegane przez oddzielne cząsteczki, z powodu silniejszego oddziaływania ich wzajemnego, są tu krótkie. Prawdopodobnie cząsteczki pozostają w ruchu drgającym, przebiegając drogi zygzagowate w małej bardzo przestrzeni, przyczem wszystkie pozostają w pewnem względem siebie oddaleniu średniem. Gdy pod wpływem temperatury wzrastającej wzmaga się energia tych ruchów cząsteczkowych, wówczas wzrasta owa średnia odległość pomiędzy cząsteczkami, a tem samem powiększa się całkowita objętość cieczy. Że zaś wobec nieznacznej odległości wzajemnej cząsteczki wywierają na siebie wpływ ustawiczny, przeto energia ich nie tak równomiernie wzmaga się wraz z podnoszeniem temperatury, jak się to dzieje w gazach; ztąd więc zmiany objętości nie są równomierne ani jednakowe dla wszelkich cieczy.

12. Cząsteczki cieczy na powierzchniach.

12. Mówiliśmy dotychczas tylko o cząsteczkach znajdujących się wewnątrz cieczy; są one ze wszech stron otoczone innemi cząsteczkami, które oddziaływają nawzajem w sposób zupełnie jednakowy. Przypuśćmy, że wpływ jednych cząsteczek na inne sięga aż do odległości r; w takim razie każda cząsteczka, która od powierzchni znajduje się na odległości mniejszej niż r, ulega silniejszym wpływom od wnętrza aniżeli w kierunku na zewnątrz cieczy. Gdy podczas swych ruchów cząsteczki dochodzą do powierzchni cieczy, wówczas niejako są przyciągane przez cząsteczki znajdujące się wewnątrz cieczy. Lecz jeżeli prędkość ruchu cząsteczki, a tem samem i jej energia przekracza pewną wartość, może ona przezwyciężyć owo przyciąganie ze strony cząsteczek pod powierzchnią znajdujących się. Cząsteczka tedy odrywa się od pozostałej cieczy i przechodzi do przestrzeni ponad cieczą, bez względu na to, czy ta przestrzeń jest próżna czy też wypełniona innem ciałem, nie stawiającem przeszkody takiemu przenikaniu, np. gazem. W tym razie owa oderwana od cieczy cząsteczka może się w dalszym ciągu poruszać swobodnie w przestrzeni i zachowuje się odtąd jak cząsteczka gazowa. Powiadamy, że ciecz paruje; zamienia się ona w części na parę.

www.dlibra.wum.edu.pl

Z tego, co powiedziano wyżej, staje się zrozumiałem, dlaczego parowanie tem żwawiej zachodzi, im temperatura jest wyższa. Każdej cieczy odpowiada pewna temperatura, w której i wewnątrz cieczy energia cząsteczek dostatecznie staje się dużą do przezwyciężenia siły spójności oraz ciśnienia wywieranego przez cząsteczki wyżej położone. W tej temperaturze cała ciecz może się zamienić na parę, ciecz znajduje się w stanie wrzenia [1]). Z naczynia otwartego ciecz stopniowo całkowicie może odparować, tem szybciej, im wyższą jest temperatura. Lecz gdy naczynie jest zamknięte, a nad cieczą znajduje się gaz lub próżnia, to oczywiście cząsteczki parującej cieczy w tej przestrzeni będą mogły przebiegać drogi ograniczone; odbijają się one od ścian naczynia i podczas swych ruchów od czasu do czasu uderzać muszą znów o powierzchnię cieczy. Zależnie od szybkości przenikają one wówczas mniej lub więcéj głęboko wewnątrz cieczy i mogą być tu zatrzymane. Im parowanie dłużej trwa, im większą staje się liczba cząsteczek cieczy w przestrzeni ponad jej powierzchnią, tem częściej następować musi takie przenikanie cząsteczek pary wgłąb cieczy. Musi przeto nastąpić chwila, kiedy liczba cząsteczek odrywających się od cieczy równa będzie liczbie powracających do niej. Od tej chwili ilość pary będzie stałą. Powiadamy, że w tym stanie przestrzeń jest nasycona parą. Jak znaczną jest ta ilość pary nasycającej przestrzeń, to zależy od wielkości przestrzeni oraz od temperatury, lecz nie od ilości cieczy, w przypuszczeniu oczywiście, że cieczy jest dosyć dla wytworzenia takiej ilości pary, któraby przestrzeń nasyciła, zanim odparuje. Kropla wody wystarcza już do nasycenia parą wodną 3—4 litrowej przestrzeni [2]).

Ilość pary potrzebnej do nasycenia przestrzeni możemy oznaczyć na wagę. W 1 m^3 powietrza w temperaturze 15° może być zawartych 12,8 g pary wodnej; nie więcej, albowiem nadmiar skropliłby się na wodę ciekłą; lecz i nie mniej, gdy osiągnięty jest punkt nasycenia. Ponieważ cząsteczki pary wodnej znajdujące się nad wodą ciekłą zachowują się zupełnie tak jak cząsteczki gazowe, czy to gdy są same tylko czy też gdy są zmieszane z prawdziwym gazem, przeto wywierają one odpowiednie do swej ilości ciśnienie (albo ciśnienie parcyalne). Ciśnienie to, którego wiel-

---

[1]) Jeżeli ponad cieczą znajdują się gazy, w takim razie ciśnienie mające być przezwyciężone składa się z ciśnienia samej cieczy i ciśnienia gazu nad cieczą spoczywającego. Pod ciśnieniem normalnem jednej atmosfery (760 *mm*) woda wre przy 100°, pod ciśnieniem 700 *mm* rtęci już przy 97°,72 i t. d.

[2]) Porówn. doświadczenia opisane w rozdz. IV, § 4.

www.dlibra.wum.edu.pl

kość zależy od temperatury, nazywamy prężnością pary danej cieczy w odpowiedniej temperaturze. Przy 18^0 np. prężność pary wodnej = 15,4 *mm* słupa rtęci; przy 24^0 prężność pary wodnej = 22 *mm* słupa rtęci i t. d.

Przy 100^0 prężność pary wodnej = 760 *mm* słupa rtęci, t. j. równa się ciśnieniu atmosfery. W tej przeto temperaturze całkowita woda przejść może w stan pary, jak to się dzieje wówczas, kiedy woda wre.

13. Własności par.

13. Gdy ciecz zawarta jest w naczyniu, nie wypełniając go całkowicie, i gdy nad cieczą powietrze z naczynia jest usunięte, wówczas ta przestrzeń próżna tyle zawiera pary owej cieczy, ile odpowiada temperaturze, t. j. ciecz póty paruje, aż osiągniętą zostaje prężność pary dla danej temperatury. Jeżeli przestrzeń nad cieczą zmniejszymy do połowy, np. przez opuszczenie tłoka, wówczas—gdybyśmy mieli do czynienia z gazem prawdziwym—ciśnienie, zgodnie z prawem Boyle'a, zdwoiłoby się. Lecz w przypadku naszym tak się nie stanie; natomiast część pary skropli się na ciecz, ciśnienie zaś (prężność) pozostanie bez zmiany. I odwrotnie, jeżeli przestrzeń zwiększymy, powstanie z cieczy większa ilość pary i znów to samo będzie ciśnienie. Powtórzmy to samo doświadczenie w temperaturach wyższych, a zobaczymy, że tylko prężność pary t. j. ciśnienie będzie większe w stosunku do temperatury, lecz zresztą wynik doświadczenia się nie zmieni. Gdy temperatura zostaje podniesiona do punktu wrzenia cieczy, wówczas prężność pary, jak nam już wiadomo, staje się równą ciśnieniu atmosfery. Pragnąc ułatwić dalsze rozumienie wywodów naszych, pozostańmy przy przykładzie konkretnym, przy wodzie. Ogrzewamy wodę do 100^0, a powstającej ztąd parze pozostawiamy możność dowolnego rozszerzania się. W chwili kiedy woda całkowicie już zamieniła się na parę, zamykamy szczelnie przestrzeń wypełnioną przez parę. Mamy przestrzeń objętości V, w której znajduje się para wodna o temperaturze 100^0 i ciśnieniu 760 *mm* słupa rtęci. Utrzymujemy przestrzeń tę stale w temperaturze 100^0. Gdy przestrzeń tę zmniejszymy, część pary skropli się na wodę ciekłą, reszta zaś pary zachowuje ciśnienie 760 *mm*. Gdy natomiast przestrzeń zwiększamy, para się rozszerza; nowa ilość pary wytworzyć się nie może, bo niema wody; więc w tym razie ciśnienie opada tak jak w gazach prawdziwych, zgodnie z prawem Boyle'a.

Widzimy przeto, że ta para wodna przy 100^0 różni się od gazów tylko przy ciśnieniach powyżej 760 *mm*, zaś przy ciśnieniach niższych zachowuje się zupełnie tak jak gazy. Podnieśmy temperaturę, a para rozszerzy się, jeżeli ciśnienie nie zostaje zmienione. Lecz gdy przy podnoszeniu temperatury utrzymamy stałą objętość

www.dlibra.wum.edu.pl

t. j. nie pozwolimy parze się rozszerzać, wówczas ciśnienie się podnosi, a skroplenie (kondensacya) nie następuje. W temperaturze 200° ciśnienie = 11689 *mm* rtęci t. j. większe od 15 atmosfer; dopiero przy dalszem podnoszeniu ciśnienia przez zmniejszenie objętości znów część pary przechodzi w wodę ciekłą. Im temperatura wyższa, tem większy jest obszar ciśnień, w którego granicach para zachowuje się jak gaz.

Zupełnie w sposób podobny zachowują się pary innych cieczy. Cała różnica zależy tylko od puktu wrzenia. Im temperatura wyżej leży ponad punktem wrzenia, tem para podobniejsza jest do gazu; im więc punkt wrzenia cieczy jest niższy, tem łatwiej jest stan ten osiągnąć. Niema przeto różnicy zasadniczej pomiędzy parą a gazem. Wszystkie tak zwane gazy t. j. ciała, które znajdują się w stanie gazowym w temperaturze zwykłej i przy średniem ciśnieniu (zbliżonem do atmosferycznego) możemy poczytywać za pary takich cieczy, których punkty wrzenia położone są bardzo nizko. W zgodzie z tym poglądem pozostaje też doświadczenie, wskazujące, że niektóre gazy przez samo tylko oziębienie zagęszczają się na ciecze, tak np. dwutlenek siarki skrapla się przy—20°, amoniak przy—40° [1]). Co się tyczy przeważnej liczby gazów, to skroplenie ich możliwe jest tylko przy współczesnem zastosowaniu wysokiego ciśnienia i nizkich temperatur. Zwłaszcza odnosi się to do tych gazów, których dawniej wcale skroplić nie umiano i które nazywano przeto gazami „trwałemi“ albo „nieściśliwemi“. Gdy wszakże temperatura wznosi się bardzo wysoko ponad punkt wrzenia, wówczas skroplenie gazu nie jest możliwe nawet przy użyciu najznaczniejszych, jakie osiągnąć potrafimy, ciśnień. Temperatura najwyższa, w której przy użyciu odpowiedniego ciśnienia dany gaz może być skroplony, nazywa się temperaturą krytyczną tego gazu.

14. Za zjawisko niejako przeciwstawne do parowania uważać można absorpcyą, pochłanianie gazów czyli przenikanie cząsteczek gazu do wnętrza cieczy. Gdy gaz znajduje się ponad cieczą, cząsteczki jego podczas swych ruchów uderzają o powierzchnię cieczy i dzięki właściwej im energii przenikają pomiędzy cząsteczki cieczy. Ilość pochłanianego przez ciecz gazu różna jest zależnie od rodzaju cieczy i od jakości gazu; zależy ona prócz tego od

14. Chłonienie gazów.

[1]) Jeżeli zwiększamy ciśnienie do stopnia takiego, że zbliżamy się do skroplenia gazu, wówczas prawo Boyle'a-Mariotte'a nie ma już swej siły; zmniejszanie się objętości zachodzi w tych warunkach w postępie szybszym, aniżeli zwiększanie ciśnienia. Mamy przed sobą stan skupienia materyi niejako przejściowy, pośredni między gazowym i ciekłym.

www.dlibra.wum.edu.pl

temperatury i od ciśnienia. Nas zajmuje najgłówniej zachowanie się gazów występujących w istotach żywych, tlenu, azotu i dwutlenku węgla, względem wody i roztworów wodnych.

Woda destylowana świeżo przyrządzona może być wolna zupełnie od gazów pochłoniętych; lecz w zetknięciu z powietrzem natychmiast pochłania gazy z atmosfery. Można ją od gazów absorbowanych uwolnić, utrzymując ją przez dłuższy czas w próżni albo gotując ją dostatecznie długo. Przechowywana następnie w szczelnie zamkniętych i wolnych od gazów naczyniach pozostaje taka woda bez zawartości gazu.

Gdy wodę taką skłócamy z gazem w naczyniu zamkniętem, przyczem ustawicznie zachodzi ścisłe zetknięcie cieczy z gazem, wówczas absorpcya następuje bardzo szybko. Można oznaczyć dokładnie ilość pochłoniętego w ten sposób przez ciecze gazu. Przekonano się przez liczne takie oznaczenia, że *każda ciecz pochłania pewną oznaczoną ilość każdego gazu*. Ilość ta zależy od temperatury i od ciśnienia. Powiadamy, że *ciecz jest nasycona gazem* w danej temperaturze i pod danem ciśnieniem, gdy w tych warunkach większa ilość gazu przez daną objętość cieczy pochłonięta być nie może.

W miarę podnoszenia się temperatury absorpcya się zmniejsza, w miarę wzrastania ciśnienia absorpcya zwiększa się. *Ilość gazu absorbowana przez pewną objętość cieczy wzrasta proporcyonalnie do ciśnienia* (prawo Henry'ego). Ponieważ zgodnie z prawem Boyle'a objętość gazu jest odwrotnie proporcyonalna do ciśnienia, można przeto prawo Henry'ego wyrazić także w następujący sposób: *objętość gazu pochłonięta przez oznaczoną ilość cieczy jest niezależna od ciśnienia* [1]).

Objętość gazu, którą pochłania jednostka objętości cieczy przy 0^0, nazywamy *spółczynnikiem absorpcyjnym* gazu dla danej cieczy.

Im większe jest ciśnienie, pod którem gaz się znajduje, tem większa liczba cząsteczek w każdej jednostce czasu uderza o powierzchnię cieczy i przenika w nią. Z drugiej strony natomiast liczba cząsteczek gazu, które znów z cieczy przechodzą do przestrzeni gazowej ponad powierzchnią cieczy, tem jest większa, im ciecz więcej zawiera gazu. Pomiędzy ilością gazu pochłoniętego a ciśnieniem gazu musi przeto wytworzyć się pewien stały stosunek, przy którym ciecz w każdej jednostce czasu tyleż pochłania cząsteczek gazu, ile ich oddaje.

---

[1]) Przypuszczamy, że mierzenie objętości gazu odbywa się tu pod tem samem ciśnieniem co i absorpcya gazu.

www.dlibra.wum.edu.pl

Szybkość, z jaką poruszają się cząsteczki gazu we wnętrzu cieczy, która je pochłania, znacznie jest mniejsza od szybkości, jaką cząsteczki te mają w czystej przestrzeni gazowej. Lecz szybkość ta musi wzrastać wraz z temperaturą. Ztąd też absorpcya zmniejsza się w miarę podnoszenia się temperatury cieczy. W temperaturze wrzenia, kiedy ciecz sama przechodzi w stan gazu, ustaje też wszelka absorpcya gazu.

Dla wody spółczynnik absorpcyjny wynosi:

tlenu	0,041	siarkowodoru	4,371
azotu	0,020	dwutlenku siarki	79,789
dwutlenku węgla	1,797	amoniaku	1050,000
wodoru	0,019	chlorowodoru około	500,000
gazu błotnego	0,054.		

Z mieszaniny rozmaitych gazów każdy pochłonięty zostaje dokładnie w takim stosunku, jaki odpowiada jego ciśnieniu parcyalnemu (prawo Daltona). Tak więc z powietrza atmosferycznego woda pochłania

$$\text{azotu } {}^4/_5 \times 0{,}02 = 0{,}016$$
$$\text{tlenu } {}^1/_5 \times 0{,}04 = 0{,}008.$$

Powietrze zatem pochłonięte przez wodę zawiera na 2 objętości azotu 1 objętość tlenu; takie powietrze stosunkowo obfitsze jest w tlen aniżeli powietrze atmosferyczne, co oczywiście niesłychanie jest ważne dla zwierząt w wodzie żyjących.

Woda, zawierająca w roztworze ciała stałe, zazwyczaj absorbuje, pochłania mniej gazów niż woda destylowana. Lecz jeżeli pomiędzy owemi rozpuszczonemi w wodzie ciałami a gazami zachodzić mogą pewne działania chemiczne, wówczas prawa absorpcyi gazów już siły swej nie mają. Te stosunki pomiędzy gazami a cieczami niezmiernie ważne mają znaczenie w sprawie oddychania.

Gdy ciecz zawierająca pochłonięte gazy znajdzie się w zetknięciu z innemi gazami lub z inną cieczą, i gdy prężność po obudwu stronach warstwy granicznej jest nierówna, następuje wówczas wymiana gazów. Przypuśćmy np., że ciecz zawiera azot, tlen i dwutlenek węgla i tyle mianowicie każdego z tych gazów, ile odpowiada ciśnieniom parcyalnym tych gazów w atmosferze pozostającej z cieczą w zetknięciu. Jeżeli nastąpi zwiększenie ilości dwutlenku węgla w powietrzu, ciecz pochłonie tego gazu więcej; jeżeli ilość dwutlenku węgla w powietrzu zmniejszy się, wówczas ciecz zwróci znów powietrzu część tego gazu [1]).

---

[1]) Gdy ciecz pod znacznem ciśnieniem zostanie nasycona gazem, jak się to dzieje np. przy przyrządzaniu wód gazowych, to część gazu wydobywa się natychmiast, jeżeli ciśnienie zostanie zmniejszone. To samo od-

www.dlibra.wum.edu.pl

15. Dyfuzya gazów przez przegrody wilgotne.

15. Gdy dwa gazy oddzielone są od siebie cienką warstewką cieczy lub błoną [1]) napojoną cieczą, zachodzi wymiana tych gazów, przyczem gaz, który pochłania się w stopniu silniejszym, przenika szybciej.

Można napełnić duże otwarte naczynie szklane dwutlenkiem węgla, doprowadzając ten gaz rurą do dnia naczynia sięgającą. Z powodu swego znaczniejszego ciężaru [2]) dwutlenek węgla układa się poniżej powietrza atmosferycznego i wypiera w ten sposób to ostatnie przez górny otwór. Dwutlenek węgla powoli dyfunduje w powietrze, jeżeli pozostawić otwartem wypełnione nim naczynie. Można następujące wykonać doświadczenia, mając naczynie napełnione dwutlenkiem węgla gazowym.

Bańki mydlane wypełnione wodorem puśćmy na dwutlenek węgla, a będą one się utrzymywały na jego powierzchni, niejako będą na nim pływały. Bańki takie powiększają się przytem do znacznej objętości, albowiem dwutlenek węgla przenika do nich szybciej aniżeli występować z nich może wodór. Stają się one przez to cięższe, powoli opadają i wreszcie pękają. Pęcherz mokry, słabo wypełniony powietrzem, również nadyma się powoli coraz więcej, gdy zostanie włożony do naczynia wypełnionego dwutlenkiem węgla. W obudwu tych przypadkach dwutlenek węgla szybciej przenika przez wilgotną warstwę, ponieważ znacznie więcej jest on absorbowany przez wodę aniżeli wodór, tlen lub azot.

16. Mieszanie się cieczy.

16. Rozmaite ciecze, obojętne względem siebie chemicznie t. j. nie działające nawzajem chemicznie, mieszają się ze sobą albo we wszelkim stosunku ilościowym, albo w pewnym tylko stosunku oznaczonym, lub wreszcie wcale się nie mieszają. W każdym stosunku mieszają się np. alkohol i woda, w pewnym stosunku oznaczonym mieszają się eter i woda, w żadnym zaś stosunku nie mieszają się oliwa i woda. Mieszanina alkoholu z wodą w dowolnym stosunku jest cieczą jednorodną, która co do własności swych zajmuje miejsce pośrednie pomiędzy temi obiema cieczami. Smakiem i wonią mieszanina taka najzupełniej przypomina alkohol i działa też jak alkohol, tylko w stopniu słabszym.

---

nosi się do wód wydobywających się ze znacznych głębi ziemi; mają one w sobie dużą ilość gazu pochłoniętego, ponieważ w głębiach tych znaczne panuje ciśnienie.

[1]) Błona służy tylko do tego, aby ciecz przybrała pewną formę i utrzymała się w potrzebnem skupieniu, pozatem utkanie samej błony nie ma tu znaczenia.

[2]) Dwutlenek węgla jest około 1½ raza cięższy od powietrza atmosferycznego i 22 razy cięższy od wodoru.

www.dlibra.wum.edu.pl

Ciężar właściwy tej mieszaniny jest pośredni pomiędzy wodą a alkoholem. Możemy przeto przypuścić, że w mieszaninie tej obadwa składniki jako takie są zawarte.

Zlejmy razem wodę z eterem (etylowym), skłóćmy dobrze tę mieszaninę i następnie pozostawmy ją w spokoju: utworzą się dwie warstwy dokładnie od siebie oddzielone. Lecz ciecze nie rozdzieliły się całkowicie; woda zawiera w sobie obecnie nieco eteru (około $^1/_{14}$ do $^1/_{12}$ swej objętości), a eter zawiera nieco wody (około $^1/_{36}$ swej objętości). Eter zawierający wodę ma ciężar właściwy mniejszy od wody zawierającej eter. Dlatego warstwa eteru wodnego układa się ponad wodą eterową. Granica pomiędzy temi dwiema warstwami wyraźna jest dla oka z powodu rozmaitego zachowywania się tych cieczy względem światła.

Jeżeli będziemy wreszcie skłócać wodę z oliwą, nie nastąpi wcale zmieszanie; oliwa rozdziela się na drobne kropelki, lecz po pewnym czasie w spokoju całkowita oliwa zbierze się nad wodą, bo jest od wody lżejsza.

Ponieważ alkohol ma ciężar właściwy mniejszy od oliwy, woda zaś większy, można przeto przez zmieszanie wody z alkoholem przyrządzić ciecz o ciężarze właściwym oliwy. I taka ciecz nie miesza się z oliwą. Jeżeli do większej masy takiej cieczy wpuścimy za pomocą pipety nieco oliwy, zbija się ona w kulę, która doskonale jest odgraniczona od mieszaniny wody z alkoholem.

17. Dyfuzya cieczy.

17. Weźmy dwie ciecze mieszające się z sobą, lecz mające różne ciężary właściwe, np. wodę i alkohol, i ostrożnie nalewajmy lżejszą na warstwę cięższej, tak żeby nie nastąpiło natychmiastowe zmieszanie. Choćby obiedwie ciecze, jak właśnie w przykładzie naszym z wodą i alkoholem, były przezroczyste i bezbarwne, jednakże z powodu rozmaitej łamliwości w nich światła dojrzymy wyraźnie granicę pomiędzy niemi. Lecz granica ta niedługo się utrzyma, albowiem natychmiast rozpoczyna się dyfuzya; ciecze mieszają się z sobą, jakkolwiek starannie unikamy wstrząśnień, zmian temperatury i t. p. Można to zjawisko łatwiej obserwować, jeżeli wybierze się ciecz zabarwioną, np. nasycony roztwór siarczanu miedzi [1]), który ma kolor błękitny, i na nią naleje wody destylowanej. Po krótkim już czasie owa granica niewyraźnie się zarysowuje. Barwa błękitna rozszerza się ku górze, gdy jednocześnie roztwór od dołu staje się bledszy. Biorąc próby z warstw górnych,

[1]) O roztworach oraz innych stosunkach pomiędzy ciałami stałemi a cieczami będziemy jeszcze mówili w rozdz. VII-ym.

www.dlibra.wum.edu.pl

możemy w nich sposobami chemicznemi wykryć obecność siarczanu miedzi. Zachodzi więc niejako wędrówka soli (siarczanu miedzi) rozpuszczonej w dolnej warstwie. Ta wędrówka trwa póty, aż ciecz we wszystkich warstwach nie stanie się zupełnie jednorodną w swym składzie chemicznym.

Istnieją poważne powody do przypuszczania, że w roztworze nietylko cząsteczki rozpuszczalnika, lecz i cząsteczki ciała rozpuszczonego zachowują się podobnie jak cząsteczki cieczy. Można sobie wyobrazić, że cząsteczki ciała rozpuszczonego poruszają się we wszelkich możliwych kierunkach pomiędzy cząsteczkami rozpuszczalnika (cieczy rozpuszczającej). W naszym więc przykładzie cząsteczki siarczanu miedzi poruszają się pomiędzy cząsteczkami wody, w której są rozpuszczone.

Jeżeli powierzchnia górna roztworu graniczy z powietrzem, to oczywiście cząsteczki siarczanu miedzi nie mogą wyjść poza tę granicę [1]). Lecz jeżeli ponad roztworem znajduje się czysta woda, wówczas cząsteczki siarczanu miedzi mogą przenikać pomiędzy cząsteczki wody i rozprzestrzeniać się tu dalej. Jednocześnie cząsteczki z górnej warstwy czystej wody przenikają do roztworu i rozcieńczają go. Trwa to póty, aż rozmieszczenie cząsteczek soli (siarczanu miedzi) w całej masie wody nie stanie się zupełnie równomierne.

Szybkość dyfuzyi różna jest dla rozmaitych substancyj chemicznych; dla jednego i tego samego ciała dyfuzya zachodzi tem prędzej, im stężenie (koncentracya) roztworu jest większe i im wyższą jest temperatura. Wraz z koncentracyą wzrasta liczba cząsteczek ciała stałego w jednostce objętości roztworu; wraz z temperaturą wzrasta energia ruchu cząsteczkowego. Gdy rośnie koncentracya lub temperatura, powiększa się liczba cząsteczek, które w jednostce czasu przekraczają powierzchnię graniczną. Z podnoszeniem się temperatury prócz tego wzrasta szybkość, z jaką cząsteczki biegną po przejściu swem do sąsiedniego środowiska.

18. Dyfuzya cieczy przez przegrody porowate.

18. Jeżeli dwie ciecze oddzielone są od siebie ścianą porowatą, np. płytą glinianą, wówczas obiedwie przenikają w pory, gdzie stykają się ze sobą i tutaj dyfundują. Przegroda porowata daje możność oddzielenia każdej chwili cieczy z obudwu stron

[1]) Gdyby zamiast siarczanu miedzi było w roztworze ciało lotne, t. j. takie, które w temperaturze danej może przejść w stan gazowy, wówczas oczywiście byłoby możliwe przejście tego ciała do przestrzeni gazowej ponad cieczą. Ciało takie stopniowo ulatniałoby się z roztworu.

www.dlibra.wum.edu.pl

i stwierdzenia, wiele z każdej cieczy przeniknęło na drugą stronę. Do doświadczeń tego rodzaju zamiast płyt glinianych używa się zwykle błon zwierzęcych lub roślinnych albo błon sztucznych podobnej budowy. Jeżeli po jednej stronie znajduje się czysta woda, a po drugiej roztwór wodny, okazuje się, że przenikanie wody w jednym kierunku zachodzi szybciej aniżeli przenikanie ciała rozpuszczonego w kierunku przeciwnym [1]).

Za przykład niechaj posłuży doświadczenie następujące. Szeroki cylinder szklany od dołu jest zamknięty błoną i w części wypełniony roztworem siarczanu miedzi; dolną swą częścią jest on zanurzony w naczyniu większem szklanem *g*, wypełnionem wodą destylowaną. Wkrótce spostrzegamy, że siarczan miedzi przenika przez błonę do wody, gdyż ta barwi się stopniowo na niebiesko, gdy tymczasem roztwór w cylindrze staje się bledszy. Jednocześnie też objętość cieczy w cylindrze powiększa się. Jeżeli cylinder szklany w górnej swej części przechodzi w rurę wązką, ciecz w tej rurze podnieść się może do znacznej wysokości. Dopiero gdy w cylindrze ciśnienie wysoką już osiągnęło wartość, ustaje dalsze przenikanie doń wody z naczynia zewnętrznego. W dalszym ciągu wspomnimy o tem, jak w tym względzie odmiennie zachowują się liczne ciała organiczne.

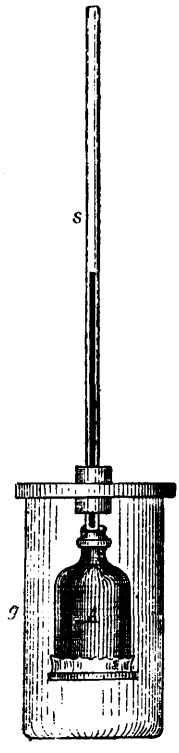


Fig. 14.
Endosmometr.
Dzwon szklany *A*, który u dołu zamknięty jest pęcherzem lub pergaminem roślinnym i wypełniony roztworem siarczaczanu miedzi, połączony jest w górnej części za pomocą korka z rurą *s*. Zawieszamy ten dzwon w naczyniu *g* napełnionem czystą wodą. Siarczan miedzi dyfunduje na zewnątrz, co poznajemy po zabarwieniu błękitnem wody. Lecz ponieważ współcześnie więcej wody dyfunduje do wnętrza, przeto ciecz podnosi się w rurze *s*.

Zjawisko tego rodzaju nazywamy osmozą (także diosmozą). Znane są też błony, przez które wogóle przechodzi tylko woda lub inne rozpuszczalniki, zupełnie zaś przeniknąć przez nie nie mogą żadne związki rozpuszczone. Błony takie znane są jako półprzepuszczalne. Wśród błon zwierzęcych i roślinnych znane są bardzo liczne takie błony półprzepuszczalne. To też zjawiska osmozy pierwszorzędne mają znaczenie w życiu organicznem. Na tem miejscu rozwiniemy tylko

[1]) Błonę musimy sobie wyobrazić jako tkankę, w której mnóstwo jest łączących się z sobą kanalików. Dyfuzya zachodzi w tych kanalikach. Bardzo do tych doświadczeń odpowiednim jest t. zw. pergamin roślinny, t. j. papier, który przez odpowiednie nań działanie stężonym kwasem siarczanym nabył mocy i utkania jednorodnego.

www.dlibra.wum.edu.pl

ogólnie prawa osmozy; później dopiero zajmiemy się temi zjawiskami w istotach żywych. Do badania zjawisk tych nadają się doskonale błony półprzepuszczalne sztucznie przyrządzane w ten sposób, że na ściankach odpowiednich naczyń wytwarza się osady związków chemicznych.

Ponieważ błony same przez się cienkie są i łatwo się rozrywają, przeto staramy się je sztucznie wytworzyć na powierzchniach porowatych, łatwo przepuszczających ciecze, a dostatecznie mocnych i trwałych. Weźmy np. porowate naczynie gliniane, takie, jakich używają do elementów galwanicznych, napełnijmy je roztworem siarczanu miedzi i wylejmy zeń następnie ten roztwór. Ściana naczynia pozostaje zmoczona tym roztworem. Napełnijmy znów naczynie roztworem żelazocyanku potasu i znów roztwór ten wylejmy. Na ścianie wewnętrznej naczynia glinianego utworzył się osad żelazocyanku miedzi w postaci ciągłej cienkiej błonki, która, przylegając doskonale do ściany glinianej, może bez szkody znieść bardzo znaczne ciśnienia. Sama ściana gliniana pozwala przenikać zarówno wodzie jak i ciałom w wodzie rozpuszczonym. Natomiast cienka błonka żelazocyanku potasu, pokrywająca tę ścianę od wnętrza, przepuszczalna jest tylko dla wody, nie zaś dla rozpuszczonych w wodzie związków.

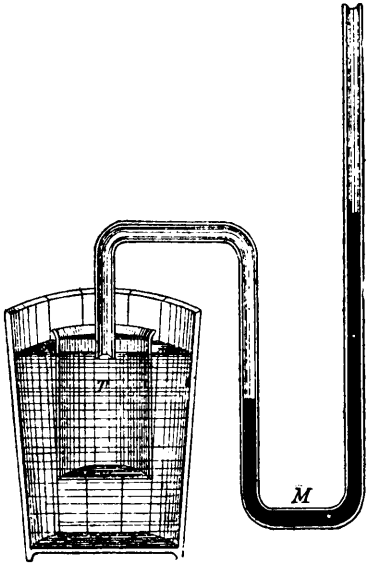


Fig. 15.
Ciśnienie osmotyczne.
Porowate naczynie gliniane *T* wewnątrz jest powleczone błoną półprzepuszczalną z żelazocyanku miedzi. Wypełnione jest ono roztworem cukru lub soli i połączone przy pomocy dobrze dopasowanego korka z manometrem *M*. Gdy wstawimy to naczynie w większe naczynie z wodą czystą, woda weń przenika póty, aż powstanie pewne zależne od koncentracyi roztworu ciśnienie, które zmierzyć można, odczytując poziom rtęci w manometrze.

Napełnijmy takie naczynie gliniane roztworem cukru, zamknijmy je korkiem przedziurawionym, przez którego otwór przechodzi kolanko odpowiednio zagiętej rurki manometrycznej (Fig. 15), a wówczas, nalawszy rtęci do tej rurki, będziemy mogli we wnętrzu naczynia wytworzyć znaczne ciśnienie. Ciecz filtruje się przez błonę i ukazuje się w postaci kropel na powierzchni zewnętrznej naczynia glinianego. Lecz ciecz ta to czysta woda; przez błonę cząsteczki cukru nie przechodzą.

Wstawmy takie naczynie gliniane z roztworem cukru w naczynie obszerniejsze wypełnione wodą czystą, a natychmiast roz-

www.dlibra.wum.edu.pl

pocznie się osmoza. Cukier nie dyfunduje z wnętrza glinianego naczynia na zewnątrz, lecz woda czysta przenika do wnętrza; wskutek tego wzrasta w naczyniu glinianem ciśnienie, rtęć w manometrze podnosi się aż do osiągnięcia pewnej wysokości. Podnoszenie rtęci ustaje, osmoza przerywa się, woda przestaje dyfundować do wnętrza naczynia glinianego. Ciśnienie, jakie powstało w naczyniu roztwór cukru zawierającem, nazywamy ciśnieniem osmotycznem danego roztworu.

19. Ciśnienie osmotyczne.

19. Wykonywając doświadczenia takie z roztworami rozmaitego stężenia (rozmaitej koncentracyi), przekonywamy się, że ciśnienie osmotyczne wzrasta proporcyonalnie do stężenia roztworu i proporcyonalnie do temperatury absolutnej. Wykonywając doświadczenia z rozmaitemi ciałami, znajdujemy wartości rozmaite dla stężeń jednakowych i dla jednakowych temperatur; lecz prawidłowość wyrażona wyżej dotyczy wszelkich ciał a także i innych rozpuszczalników oprócz wody. Badając pod tym względem ciała o znanym ciężarze cząsteczkowym, przekonywamy się, że ciśnienia osmotyczne (w jednakowej temperaturze i przy jednakowej zawartości procentowej) zachowują się odwrotnie proporcyonalnie do ciężarów cząsteczkowych rozpuszczonych ciał.

Dwa ciała A i B mają ciężary cząsteczkowe m_a i m_b; n cząsteczek ciała A waży tedy n, m_a a n cząsteczek ciała B waży n. m_b. Ciężary jednakowej liczby cząsteczek obudwu tych ciał pozostają więc względem siebie w stosunku $m_a : m_b$. Z każdego z tych ciał odważmy oznaczoną ilość, dajmy po 1 gramie i ilość tę rozpuśćmy w 100 cm^3 wody, a będziemy mieli roztwory jednoprocentowe. Liczby cząsteczek dwu tych ciał rozpuszczonych w pewnej oznaczonej objętości cieczy muszą, wobec jednakowej zawartości procentowej, być odwrotnie proporcyonalne do ciężarów cząsteczkowych. Możemy przeto wniosek wyżej przytoczony wyrazić także w następujących słowach: ciśnienie osmotyczne jest wprost proporcyonalne do liczby rozpuszczonych w jednostce objętości cząsteczek i do temperatury absolutnej, albo jeszcze inaczej: przy jednakowem ciśnieniu osmotycznem i w jednakowej temperaturze w danej objętości roztworu zawarte są jednakowe liczby cząsteczek rozpuszczonych.

Zgodność tego twierdzenia z prawem analogicznem dla gazów (porówn. § 10) wskazuje, że układ cząsteczkowy podobny jest w obudwu tych stanach materyi. Podobnie jak wyobrażamy so-

www.dlibra.wum.edu.pl

bie, że cząsteczki gazu w odległościach od siebie względnie dalekich biegną swobodnie po liniach prostych i wywierają na zamykające je ściany ciśnienie wzrastające wraz z liczbą cząsteczek, tak też pomyśleć możemy, że cząsteczki ciała rozpuszczonego poruszają się, drgają wewnątrz rozpuszczalnika i dzięki tym ruchom drgającym, dzięki właściwej im energii wywierają ciśnienie. Z poglądu takiego bezpośrednio można wyprowadzić zjawiska mieszania się cieczy oraz dyfuzyi przez przegrody porowate. Lecz gdy przegroda jest przepuszczalna tylko dla rozpuszczalnika, nie zaś dla ciał rozpuszczonych, wówczas rozmaite mogą nastąpić przypadki:

Przypadek pierwszy. Po jednej stronie błony półprzepuszczalnej znajduje się roztwór, po drugiej czysta woda, która może przez błonę przenikać. Jeżeli w endosmometrze nie może powstać większe ciśnienie, w takim razie woda przenika weń stopniowo w coraz większej ilości, aż koncentracya roztworu stanie się nieskończenie mała. Jeżeli natomiast przestrzeń, zawierająca roztwór jest ograniczona, tedy ciśnienie podnosi się do wysokości ciśnienia osmotycznego, zależnego od liczby cząsteczek zawartych w jednostce objętości roztworu. Przypadek ten powyżej już rozpatrzyliśmy.

Przypadek drugi. Po obudwu stronach błony półprzepuszczalnej są roztwory jednego i tego samego ciała. Woda przechodzi w tym razie od roztworu bardziej rozcieńczonego do bardziej stężonego, póki koncentracye się nie wyrównają, albo, innemi słowy, póki nie wyrównają się po obudwu stronach błony ciśnienia osmotyczne.

Przypadek trzeci. W cieczy rozpuszczono kilka ciał rozmaitych; każdemu z nich przypada ciśnienie parcyalne zależne od liczby cząsteczek tegoż zawartych w jednostce objętości rozpuszczalnika. Suma tych ciśnień parcyalnych równa jest całkowitemu ciśnieniu osmotycznemu roztworu. Gdy po obudwu stronach błony półprzepuszczalnej znajdują się roztwory rozmaite, każdy z nich ma właściwe sobie ciśnienie osmotyczne, niezależnie od tego, czy to ciśnienie pochodzi od jednego tylko związku rozpuszczonego, czy też składa się z pewnej sumy ciśnień parcyalnych. Gdy ciśnienia osmotyczne w dwu cieczach odgrodzonych od siebie błoną półprzepuszczalną są równe, nazywamy te ciecze izotonicznemi.

Zjawisko nieco staje się odmiennem w razie, jeżeli błona oddzielająca ciecze jest przepuszczalna nietylko dla rozpuszczalnika,

www.dlibra.wum.edu.pl

ale i dla jednego lub większej liczby związków rozpuszczonych. Przypadek dość prosty tego rodzaju poznaliśmy w § 18-ym.

Wszystkie opisane tu pokrótce zjawiska duże mają znaczenie w pewnych czynnościach życiowych. Omawiając te czynności w dalszym ciągu, będziemy mieli sposobność zbadać dokładniej te zjawiska oraz osobliwe warunki, w których one zachodzą.

www.dlibra.wum.edu.pl

ROZDZIAŁ SIÓDMY.

Rozpuszczanie się ciał i nasiąkanie.

1. Budowa ciał stałych.

1. Dla uzupełnienia wiadomości naszych o własnościach fizycznych materyi, z której składa się ciało istot żywych, pozostaje nam jeszcze powiedzieć słów kilka o ciałach stałych. Wprawdzie wspomniano już o nich ubocznie w rozdziale poprzednim (§ 17), lecz mowa tam była tylko o stanie roztworów, w którym ciała te właściwie już przestały być stałemi, a przeszły niejako w składowe części cieczy.

We właściwym stanie skupienia stałym wyobrazić sobie powinniśmy cząsteczki ciała jako wogóle bardziej jeszcze do siebie zbliżone niż to się dzieje, według poglądu naszego, w cieczach [1]). Cząsteczki przeto wywierają tu wpływ na siebie w wyższym znacznie stopniu. Ciała stałe przeto mają formy pewne (kształty), trudno ulegające zmianom pod wpływem czynników zewnętrznych, podczas gdy formy gazów i cieczy zależą od postaci zamykających je naczyń. Ztąd też i zachowanie się ciał stałych w zależności od ciśnienia, zmian temperatury i t. d. nie jest tak prawidłowe, jak to się dzieje w gazach i cieczach.

Układ, ugrupowanie cząsteczek ciała stałego nie zawsze bywają zupełnie jednorodne. Układ ten może być różny w rozmaitych kierunkach. W tych przypadkach działania zewnętrzne, jak ciśnienie, siła wyciągająca i t. p. mogą w pewnym kierunku sprowadzić zmiany znaczniejsze niż w kierunku innym. Gdy te różnice w ugrupowaniu widoczne są gołem okiem lub przy rozglądaniu przez mikroskop, gdy więc ciało stałe składa się z blaszek, włókien, ziarenek lub t. p., wówczas mówimy o prawidłowej budowie,

---

[1]) Zgodnie z tem ciężary właściwe ciał stałych przeważnie są wysokie; z szeregu pierwiastków stałych lżejszemi od wody są tylko potas, lityn i sód.

www.dlibra.wum.edu.pl

strukturze ciała [1]). Nie należy wszakże przypuszczać, aby choćby najdrobniejsze, przy najznaczniejszych powiększeniach widzialne ziarenka były cząsteczkami; są to raczej olbrzymie skupienia cząsteczek; w każdem z tych najdrobniejszych ziarenek czy włókien mieszczą się olbrzymie liczby cząsteczek. Jeżeli ugrupowanie cząsteczek jest odmienne w kierunku trzech różnych wymiarów przestrzeni, wówczas i sposób działania każdej cząsteczki w owej drobniutkiej sferze, w której działanie to się ujawnia, nie jest we wszystkich kierunkach jednakowy. Pomyślmy o cząsteczce lub grupie cząsteczek w punkcie A w przestrzeni a dokoła tego punktu opisaną płaszczyznę, wewnątrz której działania wychodzące z A a wpływające na inne cząsteczki lub grupy cząsteczek są jednakowo silne; w ciele zupełnie jednorodnie zbudowanem, t. j. w takiem, którego cząsteczki lub grupy cząsteczek ułożone są absolutnie jednakowo we wszystkich kierunkach, owa płaszczyzna jednakowego oddziaływania cząsteczkowego musi być płaszczyzną kulistą. Ciało takie jest jednorodne i pod względem fizycznym; własności tegoż (spójność, zachowanie się względem światła, ciepła, elektryczności i t. d.) są jednakowe we wszystkich kierunkach. Lecz gdy działania wychodzące z punktu A różne są w trzech kierunkach przestrzeni, wówczas owa płaszczyzna ma formę zawilszą; jeżeli wielkość działania zmienia się w sposób prawidłowy, płaszczyzna oznaczająca sferę działania jednakowego przybiera postać elipsoidu. Zgodnie z tem i własności fizyczne nie są jednakowe w rozmaitych kierunkach.

W t. zw. tkankach czyli w częściach składowych ciała istot żywych zawsze, czy to makroskopowo t. j. gołem okiem czy mikroskopowo, można wykazać pewną budowę, strukturę. Strukturze odpowiadają pewne właściwości fizyczne. Sześcian z drzewa znacznie łatwiej daje się łupać w kierunku swych włókien aniżeli w kierunku do tych włókien prostopadłym; w kierunku włókien lepszym też jest przewodnikiem ciepła, jak tego dowieść można w bardzo prostem doświadczeniu. Gładko odheblowaną, wyciętą w kierunku włókien tabliczkę drzewa powlekamy cienką, możliwie jednostajną i jednakowej grubości warstwą stopionego wosku. Po zastygnięciu wosku kładziemy na tabliczkę gorący drut, a wówczas dokoła tegoż wosk topi się tak daleko, jak sięga ciepło druta w stopniu dostatecznym do podniesienia temperatury powyżej punktu topliwości wosku. Okazuje się, że linia ograniczająca powierzchnię stopionego wosku jest elipsą,

[1]) Części składowe wyższych istot żywych wskazują, w tem znaczeniu, pewną budowę; budowa ta musi oczywiście być uwzględniona przy rozważaniu zachodzących w tych istotach zjawisk życiowych.

www.dlibra.wum.edu.pl

której oś duża przypada w kierunku włókien drzewa [1]). Różnice wszakże pod względem fizycznym mogą występować także i bez widocznej struktury. Rozpuśćmy klej w wodzie wrącej, wylejmy go następnie w cienkiej warstwie na płytę szklaną i pozwólmy ostygnąć, a otrzymamy cienką blaszkę jednorodnie zbudowaną we wszystkich kierunkach. Blaszka ta przepuszcza jednakowo we wszystkich kierunkach światło spolaryzowane. Lecz gdy blaszkę tę nieco wyciągniemy w jednym kierunku, natychmiast różnice wystąpią; blaszka staje się podwójnie załamującą światło z tej samej przyczyny, dla której szkło staje się podwójnie załamującem, gdy je ściskamy w jednym kierunku (porówn. rozdz. IV, § 4). Jak się o tem w dalszym ciągu dowiemy, galaretę klejową wyobrażać sobie powinniśmy jako złożoną z grup cząsteczkowych, w których ściśle są ze sobą zmieszane cząsteczki kleju z cząsteczkami wody. Przez wyciągnięcie te grupy cząsteczek oddalają się nieco od siebie w kierunku siły wyciągającej, a zbliżają się do siebie w kierunku do tamtego prostopadłym; może i kształty samych grup cząsteczkowych nieco się przytem zmieniają. Wskutek powstających w ten sposób różnic w ugrupowaniu cząsteczek światło inaczej przechodzi w jednym kierunku, inaczej w kierunku do tamtego prostopadłym.

Często bardzo dostrzegamy podwójne załamanie światła w składowych częściach tkanek zwierzęcych i roślinnych, zwłaszcza w takich, które mają budowę włóknistą. Wnosimy ztąd, że w tkankach tych ugrupowanie cząsteczek jest rozmaite w różnych kierunkach.

2. Kryształy i ciała bezkształtne.

2. W ciałach pod względem chemicznym zupełnie jednorodnych t. j. złożonych z cząsteczek jednakowych występują również podobne różnice własności w trzech kierunkach przestrzeni, jakie sprowadzić można przez pewne szczególne układy cząsteczek lub przez czynniki zewnętrzne (ciśnienie, wyciąganie i t. p.). I takim przeto ciałom przypisać musimy pewną budowę osobliwą; lecz szczegółów tej budowy rozpoznać nie można gołem okiem ani przy znacznych powiększeniach mikroskopowych, lecz tylko przy pomocy pewnych środków pomocniczych fizycznych (światło spolaryzowane i t. d.). W tych przypadkach przypuścić należy, że owe różnice tkwią już w każdej poszczególnej cząsteczce, że sfery działania samych cząsteczek są różne w trzech kierunkach przestrzeni.

---

[1]) Gdy doświadczenie to wykonamy z płytką metalową przewodzącą ciepło jednakowo we wszystkich kierunkach, otrzymamy po stopieniu wosku figurę kolistą. Gdy wykonamy toż samo z tabliczką drzewa odheblowaną w kierunku prostopadłym do kierunku włókien, otrzymamy znów inną figurę zależną od przebiegu warstw (pierścieni rocznych drzewa).

www.dlibra.wum.edu.pl

To zaś pociąga za sobą, że cząsteczki te układają się w pewien szczególny sposób, gdy ze stanu ciekłego lub gazowego przechodzą w stan stały. Ciało przybiera wówczas i zewnętrznie postać geometrycznie prawidłową, odpowiadającą układowi wewnętrznemu cząsteczek. Tego rodzaju ciała nazywają się kryształy. Formy krystaliczne (piramidy, sześciany, pryzmaty i t. d.) charakteryzują się płaszczyznami płaskiemi nachylonemi względem siebie pod oznaczonemi kątami; odpowiednio do tych płaszczyzn kryształy wskazują pewne różnice w łupliwości, w przewodnictwie ciepła, w przepuszczalności światła i t. d. w rozmaitych kierunkach.

Dla wielu ciał formy krystaliczne tak są charakterystyczne, że obok cech i własności innych służą do rozpoznawania tychże ciał. Zwłaszcza ma to duże znaczenie w tych przypadkach, kiedy badana materya znajduje się w ilości zbyt małej, aby można ją było poddać dokładnemu rozbiorowi chemicznemu, a to tem więcej, że nawet w kryształach bardzo drobnych forma krystaliczna daje się rozpoznać pod mikroskopem. Ciała nie występujące w postaci krystalicznej nazywamy bezkształtnemi (amorficznemi).

Ogólnie możnaby powiedzieć, że związki chemiczne o prostszej budowie (czyli takie, których cząsteczki składają się z niezbyt dużej liczby atomów) krystalizują łatwiej aniżeli bardziej złożone, o składzie chemicznym zawilszym. Ztąd też ciała organiczne, występujące w organizmach żywych, z powodu bardzo złożonego składu swego rzadziej przybierają postać krystaliczną. Wogóle wszakże nie jest to prawidło bezwzględne; znamy bowiem bardzo dużo wyjątków.

Jedno i to samo ciało może w różnych warunkach występować w rozmaitych formach krystalicznych, a również może się znajdować w postaci bezkształtnej. Nazywamy tę właściwość allotropią. Tak np. węgiel występuje w formach ośmiościennych, oktaedrycznych (jako dyament), w formie blaszek i tabliczek sześciobocznego układu krystalicznego (jako grafit) oraz w postaci bezkształtnej. Siarka występująca w przyrodzie wskazuje niekiedy piękne formy krystaliczne (ośmiościany rombowe), a formy podobne otrzymujemy po odparowaniu roztworów siarki z siarku węgla. Natomiast ze siarki stopionej przy powolnem ostyganiu wydzielają się pryzmatyczne kryształy o podstawie rombowej; ostygając szybciej, siarka ma postać bezkształtną. Jak widać z tych przykładów, i ciała będące pierwiastkami (elementy chemiczne) mogą krystalizować. Czy rozmaite formy krystaliczne jednego i tego samego ciała powstają wskutek minimalnych domieszek obcych, czy wskutek szczególnych warunków, w jakich krystalizacya się odbywa, to najczęściej trudne jest niezmiernie do rozstrzygnięcia w każdym poszczególnym przypadku.—Ciała złożone, mające analogiczny skład chemiczny, często wskazują jednakowe formy

www.dlibra.wum.edu.pl

krystaliczne (izomorfia). Jak z tych słów niewielu o formach krystalicznych wynika, nauka o kryształach (krystalografia) duże ma znaczenie dla fizyki i chemii.

W organizmach żywych zdarza się także występowanie kryształów, o czem przy sposobności będzie mowa w rozdziałach następnych.

3. Roztwory. 3. Do własności najistotniejszych, charakteryzujących ciała stałe, należy ich zachowanie się względem cieczy. Pewne ciała łatwo rozpuszczają się w wodzie, inne trudno, znów inne wogóle się nie rozpuszczają. Ciała rozpuszczalne w wodzie, mogą nie rozpuszczać się zupełnie w innych cieczach, np. w alkoholu, i odwrotnie. Woda, zawierająca już pewne ciała w roztworze, inaczej zachowuje się względem innych ciał aniżeli woda czysta [1]). Ponieważ woda, a również mnóstwo ciał w niej rozpuszczalnych bardzo są w przyrodzie rozpowszechnione, przeto roztwory wodne duże niezmiernie mają znaczenie w zjawiskach natury martwej, zarówno jak w zjawiskach zachodzących w tworach żywych.

Gdy wodę zmieszamy ze stosunkowo znaczną ilością materyi w niej rozpuszczalnej, część tejże tylko się rozpuści, a nadmiar pozostanie bez zmiany. Roztwór, zawierający tyle właśnie rozpuszczonego ciała, ile najwyżej w danych warunkach rozpuścić się może, nazywamy roztworem nasyconym. Gdy roztwór zawiera ilość znaczną ciała rozpuszczonego, gdy jest blizkim stanu nasycenia, nazywamy go stężonym (skoncentrowanym); gdy zaś daleki jest od stanu nasycenia, nazywa się rozcieńczonym. Gdy dokładniej pragniemy wskazać ilość ciała rozpuszczonego, obliczamy ją zwykle na 100 części roztworu. Roztwór np. 20-procentowy jest to roztwór, który w 100 centymetrach sześciennych zawiera 20 gramów danego ciała [2]).

---

[1]) Wodę zupełnie czystą przyrządzamy przez staranną, wielokrotną destylacyą w naczyniach, których woda nie niszczy, np. w naczyniach platynowych. Pierwsze i ostatnie oddestylowane porcye, zawierające zanieczyszczenia łatwiej i trudniej lotne, nie bywają użyte. Woda pozbawiona wszystkich ciał rozpuszczonych jest prawie zupełnym izolatorem, t. j. nie przewodzi elektryczności.

[2]) Często rozumie się też tak, że roztwór 20%-wy zawiera 20 gramów ciała rozpuszczonego w 100 gramach rozpuszczalnika. Gdy woda jest rozpuszczalnikiem, różnica istotna pomiędzy temi dwoma określeniami nie wynosi dużo; lecz różnica ta występuje w stopniu znaczniejszym, gdy mamy ciecz o ciężarze właściwym bardzo różnym od 1. Określenie podane w tekście stosowane bywa częściej

Gdy odważymy tyle gramów związku chemicznego, ile wynosi ciężar jego cząsteczki (porówn. rozdz. VIII § 6 i nast.), ilość tę nazywamy

www.dlibra.wum.edu.pl

Rozpuszczalność zmienia się w zależności od temperatury. Zazwyczaj w miarę podnoszenia się temperatury rozpuszczalność wzrasta, lecz zdarza się i tak, że w wyższych temperaturach znów rozpuszczalność się zmniejsza.

Dla przykładu rozpuszczalności niektórych ciał w wodzie w rozmaitych temperaturach podajemy tabliczkę, wskazującą, wiele gramów danego ciała rozpuszcza się w 100 gramach wody.

Temperatura	azotan potasu	chlorek sodu	chlorek amonu	siarczan wapnia
0°	13,32	35,52	28,40	0,19
20°	31,20	36,01	37,28	0,21
40°	63,97	36,64	46,16	0,21
60°	110,90	37,25	55,04	0,21
80°	172,00	38,22	63,92	0,20
100°	247,00	39,61	72,80	0,17

Jako przykład ciała bardzo trudno rozpuszczalnego przytaczamy chininę, której 1 część na wagę wymaga do rozpuszczenia 1667 części wody.

Przy oziębianiu się roztworów nasyconych na gorąco część ciała rozpuszczonego wydziela się; przez odparowanie rozpuszczalnika może wydzielić się całkowita rozpuszczona masa, często w stanie krystalicznym.

Wiele jest soli, a również i ciał innego charakteru chemicznego, które podczas rozpuszczania się w wodzie łączą się z pewną częścią wody; rozpuszczone są w tym razie właściwie nie ciała pierwotne, lecz ich związki z wodą, t. zw. wodany. Po odparowaniu takiego roztworu owa woda przyłączona (hydratacyjna) pozostaje w związku z ciałem i może być zeń

---

cząsteczką gramową danego ciała. Opierając się na tej jednostce, możemy w inny jeszcze sposób określić koncentracyą roztworów, a sposób ten okazuje się bardzo dogodnym przy porównywaniu roztworów rozmaitych ciał. Podajemy mianowicie taką objętość roztworu, w której zawarta jest jedna cząsteczka gramowa ciała rozpuszczonego, albo zamiast tego, liczbę cząsteczek gramowych rozpuszczonych w jednym litrze cieczy. Tak np. roztwór 20%-wy chlorku sodu zawiera jednę cząsteczkę gramową w 292,5 cm^3 cieczy; a 20%-wy roztwór chlorku potasu zawiera jednę cząst. gram. w 372,5 cm^3.

W rozważaniach następujących umyślnie są wyłączone wszystkie przypadki, w których wskutek działania cieczy na ciało stałe to ostatnie ulega przeobrażeniu w swym składzie chemicznym. Tylko wówczas, gdy takiego przeobrażenia chemicznego niema, możemy przypuszczać, że cząsteczki ciała stałego są rozmieszczone pośród cząsteczek cieczy, lecz nie uległy jeszcze zmianie w swej budowie cząsteczkowej. W tem znaczeniu możemy też pochłanianie gazów przez ciecze oraz mieszanie się różnych cieczy pojmować jako rozpuszczanie się.

www.dlibra.wum.edu.pl

wydalona dopiero przez znacznie silniejsze rozgrzanie. Jeżeli ciało rozpuszczone wydziela się z roztworu w postaci krystalicznej, wówczas pewna ilość wody może pozostać w połączeniu z kryształami. I ta część wody, t. zw. woda krystalizacyi, może być wydalona przez silne ogrzanie lub powoli może się ulatniać z kryształów przy leżeniu tychże przez czas dłuższy w powietrzu suchem. Forma krystaliczna najczęściej przy tej utracie wody krystalizacyi zanika; kryształy rozpadają się na bezkształtny proszek.

4. Własności roztworów.

4. Roztwory różnią się nietylko swemi własnościami chemicznemi od czystego rozpuszczalnika, lecz i pod względem cech fizycznych. Mają one inny ciężar właściwy, inny spółczynnik rozszerzalności pod wpływem ciepła, inną spójność, inny spółczynnik załamania światła i t. d. Zwłaszcza uwagi godnemi są zmiany punktu wrzenia i zamarzania roztworów oraz ich przewodnictwo elektryczne, przy badaniu bowiem tych cech fizycznych występują na jaw pewne nader ważne prawidłowości. Woda czysta, destylowana zamarza, krzepnie przy 0^0, wre (pod ciśnieniem 760 *mm* rtęci) przy 100^0, ma w temperaturze 18^0 prężność pary 15,4 *mm* rtęci, a jej spółczynnik załamania światła = 1,33 [1]). Natomiast roztwór 25 gramów soli kuchennej w 100 gramach wody zamarza przy—4^0, wre przy 105^0, ma spółczynnik załamania światła = 1,53 i t. d.

Im większa ilość ciała stałego rozpuszczona jest w pewnej jednostce objętości rozpuszczalnika, tem punkt zamarzania jest niższy, i tem punkt wrzenia jest wyższy. Jeżeli stężenie, koncentracyą roztworu podajemy w cząsteczkach gramowych na jeden litr, to okazuje się, że obniżenie punktu zamarzania jest proporcyonalne do liczby cząsteczek gramowych, zupełnie niezależnie od natury chemicznej ciała rozpuszczonego. Prawo to dotyczy wszelkich rozpuszczalników, dla każdego wszakże rozpuszczalnika obniżenie punktu zamarzania, obliczone na jednę cząsteczkę gramową, wyraża się inną liczbą. Dla wody to obniżenie = 1,85, dla benzolu = 5,1 i t. d.

To samo odnosi się do podniesienia punktu wrzenia; ono też jest proporcyonalne do liczby cząsteczek gramowych rozpuszczonych w jednym litrze. Oznaczamy to podniesienie punktu wrzenia, mnożąc liczbę cząsteczek gramowych przez pewien stały spółczynnik. Spółczynnik ten dla wody jako rozpuszczalnika = 0,52, dla benzolu = 2,7.

---

[1]) Spółczynnikiem załamania światła nazywamy stosunek wstawy (sinus) kąta padania do wstawy kąta załamania przy przejściu promienia światła z próżni do danego ciała.

www.dlibra.wum.edu.pl

Obadwa te prawa są ścisłe tylko dla niezbyt stężonych roztworów. Gdy natomiast mamy do czynienia z roztworami rozcieńczonemi tak zwanych elektrolitów czyli związków rozkładających się pod wpływem prądu elektrycznego (porówn. rozdz. IX, § 3), wówczas pod uwagę wziąć należy, że związki te w mniejszej lub większej części rozpadają się na swe elektrycznie różnoimienne części składowe (iony), że więc liczba cząsteczek wolnych w cieczy jest większa aniżeli wypada to z obliczenia ciężaru cząsteczki i z koncentracyi [1]).

Skoro stwierdzone zostały prawa podnoszenia się punktu wrzenia i obniżenia punktu zamarzania na szeregu ciał, których ciężar cząsteczkowy zkądinąd był dokładnie znany, można przeto odwrotnie na zasadzie obserwowanego obniżenia punktu zamarzania lub podniesienia punktu wrzenia oznaczyć ciężar cząsteczki takiego związku chemicznego, którego skład chemiczny nie jest jeszcze znany. Porówn. rozdz. VIII, § 14.

Gdy oziębiamy powolnie roztwory rozcieńczone, naprzód zamarza, po opadnięciu temperatury poniżej punktu zamarzania rozpuszczalnika, część tego ostatniego, przez co oczywiście roztwór staje się bardziej stężony. Wskutek tego znów punkt zamarzania staje się niższy i reszta rozpuszczonego ciała pozostaje w roztworze. Gdy oziębiamy w dalszym ciągu, powtarza się to samo, aż dojdzie roztwór do stanu nasycenia dla danej temperatury. Dopiero następnie krzepnie cała masa. Przy ogrzewaniu tej masy topi się naprzód rozpuszczalnik i powoli rozpuszcza w sobie wydzielone ciało, które znajdowało się w roztworze.

Zjawisko to prawdopodobnie ma duże znaczenie przy działaniu temperatur nizkich na tkanki i organy żywe. Jak się dowiemy w ciągu dalszym, materya żywa jest przepojona roztworami rozcieńczonemi najrozmaitszych ciał nieorganicznych i organicznych. Gdy tkanki takie zamarzają i następnie znów pozwalamy im odtajać, woda czysta powstająca z lodu może szkodliwie oddziałać na organizowane ich części składowe. Tem objaśnia się znany fakt, że zamarznięte tkanki żywe przy szybkiem odtajaniu bardzo często zostają zniszczone, podczas gdy nie zostają uszkodzone, jeżeli ogrzewamy je powolnie, przy czem woda ma dosyć czasu na powolne rozpuszczanie w sobie wydzielonych uprzednio ciał. Wiedzą o tem dobrze ogrodnicy; ztąd też przestrzegają pilnie prawidła, że zmarznięte rośliny ogrzewają powolnie w przestrzeni, której temperatura wynosi mało co więcej nad 0^0.

Niektóre ciała rozpuszczają się tylko w wodzie, inne w wodzie nie są rozpuszczalne, lecz rozpuszczają się w alkoholu, znów inne rozpuszczają

---

[1]) W roztworach bardzo rozcieńczonych wszystkie cząsteczki rozpadają się na iony; liczbę cząsteczek gramowych wypada wówczas pomnożyć przez 2.

www.dlibra.wum.edu.pl

się w alkoholu i eterze i t. p. Są to wiadomości ważne pod względem praktycznym, również np. gdy chodzi o oznaczenie obniżenia punktu zamarzania lub podniesienia punktu wrzenia, albowiem dla każdego ciała należy użyć odpowiedniego dlań rozpuszczalnika [1]). Stosunki rozpuszczalności służą także jako własności charakterystyczne przy opisywaniu ciał i mogą być często środkiem pozwalającym wydzielać z mieszanin ciała poszczególne. Tak naprzykład z mieszaniny, zawierającej ciała rozpuszczalne w części tylko w wodzie a w części tylko w alkoholu, można przez wytrawianie wodą wydzielić naprzód tylko związki w wodzie rozpuszczające się. Jeżeli inną porcyą takiej mieszaniny rozpuścimy w alkoholu i dodamy dużo wody, pozostaną w roztworze te tylko ciała, które rozpuszczają się zarówno w wodzie jak w alkoholu (lub w bardzo rozcieńczonym alkoholu), podczas gdy ciała tylko w alkoholu rozpuszczalne zostają strącone, opadają w postaci osadu. Manipulacye tego rodzaju służą w wielu badaniach chemicznych jako ważne przygotowania wstępne w celu tymczasowego oddzielenia części składowych rozmaitych mieszanin [2]).

Z szeregu ciał białkowych nader ważnych dla chemii fizyologicznej, a o których obszerniej mówić będziemy w rozdz. X-ym, niektóre rozpuszczają się w wodzie czystej, inne tylko w wodzie, która zawiera już w roztworze pewne sole, znów inne opadają z roztworów, gdy dodajemy do nich pewnych soli. Takie dodawanie soli służyć przeto może jako środek pozwalający oddzielać jedne ciała białkowe od innych.

5. Roztwory rzekome.

5. Roztwory ciał organicznych i niektórych, znacznie mniej licznych, nieorganicznych różnią się swemi własnościami bardzo głęboko od roztworów zwykłych. Gdy rozpuścimy w wodzie sól kuchenną, cukier lub inny związek zaliczany powszechnie do ciał rozpuszczalnych, otrzymamy roztwór doskonale przezroczysty. Jeżeli ciało rozpuszczone jest zabarwione, zabarwionym jest również roztwór; pochłania on część przechodzącego przezeń światła i przepuszcza tylko światło w pewnych barwach; lecz zawsze rozglądane poprzez roztwór taki przedmioty ukazują nam wyraźnie i jasno od-

---

[1]) Dla tego też przytaczaliśmy wyżej obok wody zawsze i benzol jako przykład innego rozpuszczalnika.

[2]) Od tego rodzaju opadania osadów odróżnić należy te przypadki, w których związki opadają z roztworów wskutek zmian chemicznych. Gdy dodamy kwasu siarczanego do roztworu wodanu barytu, utworzy się nierozpuszczalny siarczan barytu; całkowita ilość barytu opada, zostaje strącona w postaci siarczanu barytu. Niektóre ciała białkowe przechodzą w odmianę nierozpuszczalną przez ogrzanie ich roztworów; można np. z roztworu albuminu strącić całkowity albumin, ogrzewając taki roztwór do 75°. Powiadamy, że białko w tych warunkach ścina się, krzepnie. O tych zjawiskach obszerniej będzie mowa w rozdz. IX-ym i X-ym.

www.dlibra.wum.edu.pl

graniczone swe kontury. Natomiast roztwory innej grupy ciał, za których typ posłużyć może białko, są mętne, w mniejszych rozcieńczeniach opalizujące. Gdy pada na takie roztwory światło silne, wówczas widzieć można kierunek promieni, co dowodzi, że w części światło zostaje odbite od drobnych w cieczy zawieszonych cząstek. Część zaś przechodząca światła podlega pewnym zmianom u krawędzi tych cząstek wskutek t. zw. uginania. To wszystko nasuwa domniemanie, że ciało rozpuszczone nie jest, jak to przypuszczać należy dla roztworów prawdziwych, rozłożone na cząsteczki, które pojedyńczo rozproszone są w cieczy, lecz pozostaje w postaci większych skupień cząsteczkowych, które w sposób powyżej opisany działają na światło.

Weźmy roztwór alkoholowy ciała w wodzie nierozpuszczalnego, np. żywicy i roztwór taki małemi kroplami wpuszczajmy do wody, ustawicznie przy tem skłócając wodę; zobaczymy, że żywica wydziela się w postaci bardzo delikatnych cząstek, które z powodu nieznacznego swego ciężaru właściwego unoszą się w wodzie. Ciecz taka opalizuje, nie jest ona doskonale przezroczystą; gdy rozglądamy przedmioty przez cienką warstwę takiej cieczy, ukazują nam się one jakby zamglone, nie mają konturów wyraźnych. Z jasnego światła przechodzącego promienie silniej załamujące się (błękitne i fioletowe) pochłaniają się w stopniu znaczniejszym niż promienie czerwone; ze światła odbitego promienie czerwone odbijają się w stosunku większym niż błękitne. Gdy snop promieni dość silnych pada na ciecz taką, można kierunek ich, dzięki odbijaniu się i rozpraszaniu przez zawieszone cząstki, śledzić zupełnie tak samo, jak śledzimy kierunek promieni światła w pyle unoszącym się w powietrzu. Ponieważ roztwory białka i innych ciał podobnych zachowują się zupełnie tak samo, przypuścić przeto należy, że polega to na tej samej przyczynie.

Te własności optyczne każą nam wnosić, że owe związki białkowe i ciała do nich podobne nie są w cieczach właściwie rozpuszczone, przynajmniej nie są rozpuszczone w sposób taki, jak rozpuszczają się sole, cukier i t. p. Nazywamy przeto roztwory tego rodzaju rzekomemi. I pod innemi jeszcze względami wykazują one pewne osobliwości fizyczne. Zwłaszcza szczególną jest duża spoistość takich roztworów, która przy znaczniejszych stężeniach nadaje im lepkość i ciągliwość [1]).

---

[1]) Od lepkości zależy też m. in. szybkość, z jaką ciecze płyną w wązkich rurkach. Ponieważ krew jest roztworem wielu ciał, wśród których znajdują się także ciała białkowe i t. p., przeto w nauce o krążeniu krwi ten wpływ znacznej ciągliwości, lepkości powinien być uwzględniony.

www.dlibra.wum.edu.pl

Podobnie do białka zachowują się z ciał organicznych: klej, ciała śluzowate (mucyny), rozmaite rodzaje gum, dekstryna; z ciał nieorganicznych zaś wodany kwasu krzemowego i wodany glinu. Wszystkie te ciała tworzą grupę, która i pod innemi względami fizycznemi różni się od grupy ciał dających prawdziwe roztwory. Ponieważ przeważna część tych ostatnich często wydziela się z roztworów w postaci krystalicznej, tamte zaś (z bardzo nielicznemi wyjątkami) wogóle nie są do krystalizacyi zdolne, przeto odróżniamy też dwie te grupy ciał jako krystaloidy i koloidy (od wyrazu *colla*—klej).

Gdy krystaloid jaki, np. chlorek sodu polejemy taką ilością wody, która nie starczy do rozpuszczenia wszystkiego, nadmiar tej soli pozostanie niezmieniony. Zlejmy roztwór a pozostanie miazga złożona z soli kuchennej i z roztworu zatrzymanego przez siłę przylegania pomiędzy stałemi cząstkami soli. Miazgę tę rozłóżmy w cienkiej warstwie na bibule lub na talerzach ze słabo wypalonej gliny, a w takim razie ciecz całkowicie będzie mogła być wessana przez pory bibuły lub gliny; pozostanie w końcu nierozpuszczona sól kuchenna w stanie niezmienionym.

Koloidy inaczej zachowują się w podobnych warunkach. Tak np. białko surowicze w stanie czystym i suchym stanowi ciało bezbarwne dość kruche; zetrzyjmy je w moździerzu na proszek delikatny, oblejmy wodą, zamieszajmy dobrze pręcikiem szklanym i pozostawmy znów w spokoju, a zobaczymy, że ciecz znajdująca się ponad osadem jest takim roztworem rzekomym, którego własności opisaliśmy wyżej. Osad zaś nie stanowi już proszku, lecz utworzony jest z miękkiej galaretowatej masy. Jeżeli starać się będziemy osad ten wysuszyć przy pomocy bibuły lub gliny niewypalonej, tak jak to uczyniliśmy z mokrą miazgą soli kuchennej, powiedzie się to w bardzo nieznacznym stopniu. Tylko przez dłuższe suszenie na powietrzu, szybciej zaś w temperaturze wyższej lub w próżni można tę masę galaretowatą pozbawić wody. Po wysuszeniu wszakże nie otrzymamy już proszku, lecz masę zbitą podobną do rogu, którą dopiero przez ponowne sproszkowanie można doprowadzić do takiego stanu, w jakim była przed zarobieniem jej wodą.

6. Pęcznienie.

6. Umieśćmy nieco proszku albuminu surowiczego na szkiełku przedmiotowem, dodajmy kroplę wody, a zobaczymy pod mikroskopem, że woda przenika w ziarenka albuminu, które powiększają się i wreszcie, gdy dwa ziarenka zetkną się, zlepiają się ze sobą. Nazywamy to zjawisko pęcznieniem.

Pragnąc na większą skalę postrzegać to zjawisko, bierzemy dwie cienkie tabliczki kleju, sprzedawanego pod nazwą żelatyny, i kładziemy je w wodę. Klej nasiąka wodą i przez to zwiększa swą objętość. To po-

www.dlibra.wum.edu.pl

większanie się objętości wskutek pęcznienia może niekiedy sprowadzać znaczne działania mechaniczne. Kliny z drzewa, wtłoczone w otwory świdrowe w skałach i następnie zwilżone mogą rozsadzać skały; czaszki rozpadają się na oddzielne kości, jeżeli wnętrze jamy czaszkowej wypełnimy grochem i całą czaszkę następnie włożymy do wody.

Klej napęczniały gotujemy z niewielką ilością wody, a rozpuści się na ciecz lepką, gęstą; utworzy roztwór rzekomy, mający wszelkie własności charakterystyczne dla takich roztworów. Gdy roztwór taki zastygnie, powstanie zeń żelatyna. Roztwór krzepnie, lecz nie ma już konsystencyi takiej, jaką miał klej przed rozpuszczeniem. Zatrzymuje on w sobie całkowitą wodę, jaką pobrał przy nasiąkaniu (pęcznieniu) i rozpuszczaniu się, i woda ta pozostaje nader ściśle zmieszana z masą stałą. Ta nowa substancya (galareta, żelatyna) różni się niektóremi cechami istotnemi od znanych nam ciał stałych.

Ciała stałe mogą być gięte, łamane, rozdzierane przez uciskanie, wyciąganie, skręcanie i t. p. Owa galareta z kleju stosunkowo łatwo może być rozerwana. Oderwany ułamek ma, jak to zwykle dzieje się z ciałami stałemi, brzegi zazębione i pewien kształt. Połóżmy taki kawałek oderwany na płytę szklaną, a zobaczymy po pewnym czasie, że brzegi zaokrąglają się powoli i w końcu cały kawałek przybiera postać płaskiej, o gładkich brzegach kropli. Galareta taka nie jest zatem ciałem stałem we właściwem znaczeniu; do pewnego stopnia zachowuje się jak ciecz, różniąc się wszakże tem od niej, że przemieszczenie cząsteczek zachodzi tu bardzo powolnie.

Zjawiska podobne spostrzegamy też w niektórych innych ciałach, jak w smole, laku i t. p. w temperaturach niezbyt dalekich poniżej punktu topliwości tych ciał. Ciała te przed stopieniem się zupełnem miękną i stają się giętkie. Jeżeli w pokoju ciepłym położymy laskę laku, podparłszy ją tylko dwoma końcami, gnie ,się ona jedynie tylko wskutek własnego ciężaru, część środkowa nie podparta powoli opada. Zawieśmy ciężarek na cienkim drucie owijającym taką laskę laku pośrodku, a drut ten powoli zagłębia się w laku, przecina go wreszcie, ciężarek spada, lecz powierzchnie przecięte znów powyżej drutu sklejają się z sobą, tak że laska laku nie dzieli się na dwie połowy. Doświadczenie to udaje się tem lepiej, im wyższa jest temperatura pokoju. Można podobne zjawiska obserwować i w innych ciałach, lecz potrzeba do tego ciśnień bardzo znacznych.

Z powyższego widzimy, że ciała koloidowe, pobierając wodę, nasiąkając wodą i pęczniejąc wskutek tego, przechodzą w stan skupienia, zajmujący niejako miejsce pośrednie pomiędzy stanem stałym a ciekłym. Stan ten nazywamy też często półciekłym. Spo-

www.dlibra.wum.edu.pl

tykamy się z nim bardzo często w materyi żywej. Mnóstwo zjawisk biologicznych staje się zrozumiałemi dopiero przy uwzględnieniu i jasnem uświadomieniu sobie własności ciał półciekłych. Istota zjawiska pęcznienia polega na tem, że cząsteczki wody przenikają pomiędzy cząsteczki ciał koloidowych i tworzą z temiż nowe, o osobliwych własnościach kompleksy, skupienia cząsteczek [1]). Ujawnia się to też wyraźnie, gdy substancye koloidowe opadają, osiadają ze swych roztworów. Gdy w roztworze prawidłowym (w roztworze krystaloidów) powstaje osad, czy to przez odparowywanie części rozpuszczalnika (wody), czy to w ten sposób, że dodajemy obficie alkoholu do ciała w wodzie rozpuszczonego a w alkoholu nierozpuszczalnego, zawsze ciało rozpuszczone osiada, wydziela się w takim stanie, w jakim było rozpuszczone t. j. w stanie bezwodnym lub w związku z pewną ilością wody, przyłączoną podczas rozpuszczania się [2]). Ciała koloidowe natomiast opadają z roztworów zawsze w stanie napęcznienia; podczas opadania porywają one ze sobą tyle wody, że zdarza się niekiedy, gdy roztwór jest stężony, że cała masa krzepnie. Widzimy to np. wówczas, gdy ogrzewamy białko jaja. Albumin ścinający się, krzepnący przy ogrzaniu do jakich 70° nasiąka całkowicie wodą, w której był rozpuszczony. Podobnie dzieje się przy ogrzewaniu surowicy krwi; i surowica krwi krzepnie, ponieważ białko surowicze, które staje się w temperaturze wyższej nierozpuszczalnem, nasiąka przytem całkowitą ilością wody. Analogiczne zjawiska postrzegamy w krzepnięciu krwi podczas wydzielania się z niej włóknika i przy wydzielaniu się sernika z mleka. Zjawiska tego rodzaju obejmujemy mianem ogólnem ścinania się ciał białkowych [3]).

Możemy zgodnie z wywodami powyższemi następujący urobić sobie pogląd na stan skupienia półciekły. Cząsteczki ciała koloidowego wraz z zawartemi pomiędzy niemi cząsteczkami wody tworzą większe skupienia, agregaty cząsteczek, rozmieszczone w rozpuszczalniku. Wielkość tych skupień bardzo może być roz-

---

[1]) To samo odnosi się też do ciał koloidowych, pęczniejących nie w wodzie, lecz w innych cieczach; tak więc zachowuje się np. kauczuk w alkoholu, eterze, chloroformie, siarku węgla; żywica w alkoholu i t. p.

[2]) Osad może też być krystaliczny i cząsteczki jego zawierają wówczas niekiedy t. zw. wodę krystalizacyi. Aby stosunków zachodzących przy opadaniu osadów z roztworów zanadto nie komplikować, pomijamy tu przypadki, w których przez dodanie nowego ciała do roztworu związek rozpuszczony podlega przeobrażeniu chemicznemu.

[3]) O rozmaitych wymienionych tu ciałach bliższe szczegóły znaleźć można w rozdz. X-ym.

www.dlibra.wum.edu.pl

maita. Jeżeli są małe a przestrzenie pomiędzy niemi są stosunkowo duże, wówczas mamy roztwór rzekomy. Gdy skupienia te są większe i gęściej obok siebie umieszczone, masa ma konsystencyą gąbki przepojonej cieczą; stałe, napęczniałe kompleksy cząsteczek tworzą w tym razie niejako skielet, rusztowanie, pośród którego znajdują się przestrzenie wypełnione cieczą. To jest właściwy stan skupienia półciekły, który wszakże, zależnie od stosunku ilościowego pomiędzy substancyą stałą i ciekłą, może wykazywać wszelkie możliwe stopnie pośrednie pomiędzy stanem wyraźnie ciekłym a wyraźnie stałym.

Ciała porowate, t. j. ciała stałe zawierające mnóstwo drobnych powietrzem wypełnionych przestrzeni i kanalików, mogą również, choć nie składają się z materyi pęczniejącej, nasiąkać znaczniejszą ilością wody. Lecz tego rodzaju pobierania wody, jakie spostrzegamy np. w gipsie, pumeksie i t. p., nie należy utożsamiać z nasiąkaniem wody, prowadzącem do pęcznienia. Tutaj, w przykładzie z gipsem, pumeksem i t. p. woda wstępuje w przestrzenie przedtem wypełnione powietrzem i wypiera powietrze. To też, gdy ściany owych przestrzeni nie są zdolne do pęcznienia, objętość i kształt takich ciał stałych nie zmieniają się po nasiąknięciu wodą. Gdy natomiast ciało mogące pęcznieć zawiera w sobie przestrzenie, kanaliki i t. p. wypełnione powietrzem, woda przenika naprzód do nich, a następnie i w samą substancyą ciała; materya pęczniejąca powiększa swą objętość, w części zwężając owe kanaliki, które wreszcie mogą zupełnie zniknąć. Podczas wysychania tych ciał powstać mogą nowe przestrzenie, szczeliny, szpary, jak to często obserwujemy w masach pochodzenia zwierzęcego i roślinnego [1]).

Z ciał koloidowych napęczniałych część wody usunąć można przez wyciśnięcie. Jeszcze więcej nieco wody tracą takie ciała, gdy nieco dłużej pozostają w powietrzu suchem lub w próżni. Lecz chcąc je pozbawić wody całkowicie, musimy je przez czas dłuższy wystawić na działanie temperatury conajmniej 110°.

7. Materya żywa, t. j. materya będąca podścieliskiem wszelkich zjawisk życiowych, wykazuje własności cechujące ciała o stanie skupienia półciekłym. Uwzględnić tu należy trzy ważne okoliczności. Popierwsze: utwory półciekłe łatwo zmieniają swój kształt, odkształcają się pod wpływem sił uciskających i wyciągających, bez względu na to, czy siły te działają z zewnątrz czy też 7. Osmoza koloidów.

[1]) Zjawiska podobne widzimy w żywicach i ciałach podobnych, które pęcznieją w alkoholu, po odparowaniu zaś alkoholu zmniejszają swą objętość i tworzą się w nich rysy, szczeliny i t. d.

www.dlibra.wum.edu.pl

występują jako objawy energii we wnętrzu samej materyi żywej. W ten sposób powstają charakterystyczne dla zjawisk życiowych ruchy swoiste żywej materyi. Powtóre: z powodu doskonałego przepojenia materyi żywej roztworem wodnym mogą tu zachodzić zjawiska dyfuzyi zupełnie tak samo jak we właściwych cieczach; gazy i ciała rozpuszczone bezustannie dyfundują pomiędzy materyą żywą a jej otoczeniem. Po trzecie: owe zjawiska dyfuzyjne sprawiają, że ciała najrozmaitsze, w szczególności też tlen, doprowadzone zostają w zetknięcie z temi związkami organicznemi, z których składa się żywa materya; tutaj więc w materyi żywej mogą zachodzić przeobrażenia chemiczne, a produkty tych przemian mogą być usuwane nazewnątrz, gdy z drugiej strony zzewnątrz przenikają nowe związki niezbędne do podtrzymania całego tego procesu chemicznego przerobu materyi.

Jak już wspomniano w rozdz. VI-ym § 17, przy mieszaniu się (dyfuzyi) dwu cieczy różną jest bardzo dla ciał rozmaitych szybkość, z jaką cząsteczki jednej cieczy rozchodzą się wśród cząsteczek drugiej. Wszystkie ciała koloidowe mają bardzo nieznaczną szybkość dyfuzyi. Gdy dyfuzya zachodzi przez przegrody porowate, jak płyty gliny i t. p., wówczas szybkość w owych wązkich kanalikach jeszcze jest mniejsza; a gdy kanaliki bardzo są wązkie, jak np. w błonach zwierzęcych, papierze, pergaminie roślinnym i t. p., wówczas szybkość dyfuzyi tak znacznie może się zmniejszyć, że po jakich 24—48 godzinach może nic prawie z danego ciała koloidowego nie przeniknąć przez błonę. Błona taka zachowuje się względem koloidów podobnie jak błona półprzepuszczalna (rozdz. VI § 18), gdy tymczasem przepuszcza doskonale krystaloidy.

Pragnąc okazać tę własność koloidów, napełniamy endosmometr (Fig. 14, str. 139) roztworem białka i zanurzamy go dolnym końcem zamkniętym przez pergamin roślinny w większe naczynie z wodą. Woda przenika przez błonę do roztworu białka, co łatwo poznać po tem, że poziom cieczy szybko podnosi się w rurze endosmometru. Natomiast nic lub prawie nic nie przenika z roztworu białka w kierunku przeciwnym przez błonę. Woda pozostaje zupełnie klarowna; po dłuższym nawet czasie żadnemi odczynnikami chemicznemi nie można w niej wykryć obecności białka. Powiadamy przeto, że białko nie dyfunduje. Również nie dyfundują inne jeszcze związki ważne, wchodzące w skład organów zwierząt i roślin. Gdy rozważamy przeobrażenie i krążenie materyi w zjawiskach życiowych, musimy koniecznie uwzględnić te różnice w dy-

www.dlibra.wum.edu.pl

fuzyi, zachodzące pomiędzy związkami koloidowemi a zmieszanemi z temiż krystaloidami.

Jeżeli w cieczy wypełniającej endosmometr obok koloidów znajdują się też rozpuszczone krystaloidy, te ostatnie dyfundują przez błonę. Można spożytkować to zjawisko w celu oddzielenia koloidów od krystaloidów, gdy ciała te znajdują się zmieszane w roztworze. Taki sposób oddzielania nazywamy dializą.

Przyrząd służący do dializy, t. zw. dializator (fig. 16) składa się z nizkiego naczynia cylindrycznego A, którego dno utworzone jest z papieru pergaminowego. Jeżeli w naczynie to wlejemy roztwór białka, który prócz białka zawiera jeszcze rozpuszczone związki krystaloidowe, i pozostawimy je w wodzie wypełniającej obszerniejsze naczynie B, wówczas dyfundują do naczynia zewnętrznego wszystkie krystaloidy i po pewnym czasie w A pozostanie czysty roztwór białka.

Gdy przestrzeń, w której znajduje się roztwór, zamknięta jest ścianami przepuszczalnemi i otoczona roztworem mniej stężonym, wówczas więcej wody przeniknie na wewnątrz niż może jej wydobyć się na zewnątrz. Albo tedy objętość roztworu wewnętrznego zwiększać się będzie, albo, jeżeli ściany nie są podatne i rozszerzać się nie mogą, wzrastać będzie ciśnienie w tym roztworze. Odwrotnie dziać się będzie, jeżeli roztwór wewnętrzny mniej jest stężony od zewnętrznego. Weźmy pęcherz świński, napełnijmy go w części roztworem soli, zwiążmy i umieśćmy w wodzie: pęcherz nadyma się, ponieważ woda szybciej przenika do jego wnętrza, aniżeli roztwór soli może na zewnątrz dyfundować. To samo dzieje się, gdy pęcherz zawierający alkohol kładziemy w wodę, bo alkohol powolniej dyfunduje przez błony zwierzęce aniżeli woda. Lecz obok charakteru cieczy ma też i budowa błony wpływ pewien na szybkość ruchu dyfuzyjnego. Gdy np. oddzielamy alkohol od wody cienką błoną kauczukową, alkohol szybciej przez taką błonę dyfunduje niż woda.

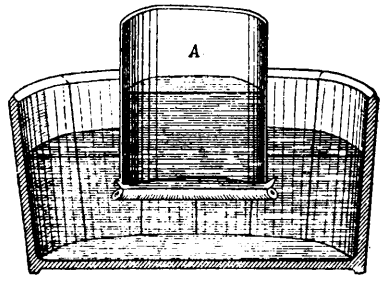


Fig. 16.

Dializator.

Naczynie A zamknięte od dołu błoną z pergaminu roślinnego zawiera wodę, w której rozpuszczone są koloidy i krystaloidy; naczynie B zawiera wodę czystą. Krystaloidy dyfundują przez błonę na zewnątrz, koloidy pozostają w naczyniu A.

Na zjawiska te zwrócono pilną uwagę przy badaniu ruchów dyfuzyjnych w roślinach. Zjawisko osmozy, kiedy ciśnienie lub objętość w zamkniętej przestrzeni wzrastają, nazywamy endosmozą, w przeciwnym razie zaś eksosmozą.

www.dlibra.wum.edu.pl

8. Osmoza w komórkach roślinnych.

8. Masy półciekłe, stanowiące podścielisko zjawisk życiowych, złożone są z mieszaniny ścisłej substancyj koloidowych z wodą, w której rozpuszczone są związki krystaloidowe. Nie uprzedzając tymczasem dalszego wykładu o budowie tych mas, zauważymy tu tylko, że występują one w drobnych skupieniach, t. zw. komórkach, które przepojone są roztworami zawierającemi rozmaite związki koloidowe i krystaloidowe. Właściwa masa tych komórek zowie się protoplazmą. Niekiedy, szczególnie w komórkach roślinnych, te komórki z protoplazmy złożone otoczone są błoną odmiennego składu, t. zw. błoną komórkową.

Fig. 17 przedstawia komórkę roślinną wypełnioną jeszcze całkowicie przez protoplazmę [1]). Błona komórkowa składa się z materyi, nazywanej celulozą (błonnik). Własności fizyczne tej błony są podobne do cienkiej błony pergaminu roślinnego, który także złożony jest z celulozy. Błona ta łatwo przepuszcza związki krystaloidowe, trudno zaś koloidowe. Zawartość komórki natomiast, owa napół ciekła protoplazma zachowuje się pod wielu względami tak jak materya półprzepuszczalna. Pobiera ona wodę lub wydala ją, lecz ciała w wodzie rozpuszczone z wielką zaledwie trudnością przenikają przez nią, niektóre nawet wcale nie przenikają [2]).

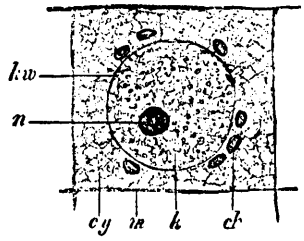


Fig. 17.

Młoda komórka roślinna z błoną (*m*), jądrem (*k*) i protoplazmą czyli cytoplazmą (*cy*), wypełniającą całkowicie komórkę. Inne części składowe komórki opisane będą w dalszym ciągu.

Gdy komórka taka rośnie, wzmaga się w niej znacznie zawartość wody przez pobieranie zzewnątrz, protoplazma zaś powiększa się w stopniu niewielkim. Wskutek tego całkowita ciecz nie może znajdować się w stanie nasiąkniętym w substancyi koloidowej; zawartość komórki rozdziela się na część ciekłą (sok komórkowy) i część stałą (właściwie półciekłą) czyli właściwą protoplazmę. Sok komórkowy zbiera się często w jednej lub kilku jamkach, t. zw. wodniczkach (wa-

---

[1]) Pomijamy tymczasem inne części składowe komórki, jak jądro i t. d.

[2]) Zachowanie się protoplazmy wobec rozmaitych związków prawdopodobnie zależy w dużym stopniu od stosunków chemicznych. Ztąd też rozmaite komórki nie zawsze jednakowe wykazują własności. Wiadomości nasze w tej dziedzinie badań bardzo są jeszcze niekompletne, albowiem od niezbyt dawna dopiero rozpoczęły się tu poszukiwania doświadczalne. Niektóre fakty z zakresu badań odnośnych będą przytoczone w dalszym ciągu wykładu.

www.dlibra.wum.edu.pl

kuole), gdy tymczasem protoplazma tworzy masę przylegającą do ścian lub (przy stosunkowo mniejszej zawartości soku komórkowego) skupia się przy ścianach oraz tworzy niejako sznurki przeciągające przez wnętrze komórki, jak to widzimy na fig. 18 *A* i *B*.

Wielkość wodniczek zależy od stosunku cieczy do masy protoplazmatycznej. Czy nadmiar cieczy zbiera się w jednej większej wodniczce, czy w większej liczbie mniejszych, na to, obok innych okoliczności, wpływa głównie spoistość protoplazmy. Przykłady przytoczone odnoszą się do komórek o ścianach trwałych, opierających się dość znacznemu ciśnieniu. W komórkach mających błony słabsze lub zgoła błon pozbawionych dojść nie może do utworzenia się większych wodniczek. W tych bowiem razach wszelkie poza pewną miarę wychodzące skupienie cieczy rozsadziłoby protoplazmę i ciecz wystąpiłaby z komórki.

W komórce roślinnej o budowie takiej, jaką przedstawia fig. 18 *B*, panuje pewne ciśnienie osmotyczne zależne od koncentracyi soku komórkowego. W położeniu, jakie zajmuje taka komórka w ciele rośliny, otoczona ze wszech stron komórkami innemi i omywana cieczą, zawartość komórki w osmotycznem swem ciśnieniu musi pozostawać w równowadze z otoczeniem. Gdy komórka została wyosobniona, jesteśmy w stanie oznaczyć panujące w niej ciśnienie osmotyczne, pomieszczając ją w roztworach o rozmaitem stężeniu.

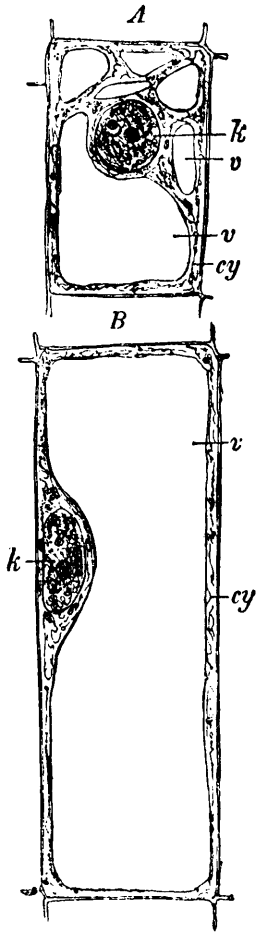


Fig. 18.
Dwie starsze komórki roślinne.
W obudwu w miarę wzrostu ilość soku komórkowego znacznie się powiększyła, o wiele mniej zaś ilość protoplazmy. Ztąd protoplazma w komórce *B* skupiona jest w cienkiej warstwie u ściany błony komórkowej, w komórce *A* zaś prócz skupienia większego w jednem miejscu jeszcze występuje w postaci pasem; sok komórkowy w *A* zawarty jest w wielu wodniczkach, w *B* zaś w jednej wodniczce dużej. *k*—jądro, *v*—wodniczka, *cy*—protoplazma.

Wynik takiego badania przedstawiony jest na fig. 19 (str. 162). Na rysunku 1-ym mamy niezupełnie jeszcze wyrośniętą komórkę. Pomieszczona w 4%-ym roztworze saletry komórka ta przybrała kształt wyobrażony w rys. 2-im; oddała ona wodę i zmniejszyła się nieco wskutek sprężystości swej błony. W roztworze saletry 6%-wym ilość soku komórkowego jeszcze bardziej zmniejszyła się w objętości przez wystąpienie części wody na ze-

www.dlibra.wum.edu.pl

wnątrz; warstwa protoplazmy oddziela się od błony otaczającej komórkę (rys. 3). Wreszcie w rys. 4-ym widzimy jeszcze wyraźniej to zjawisko, które wystąpiło tu pod wpływem $10^0/_0$-wego roztworu saletry. Badania dokładne nad tem zjawiskiem wykonał DE VRIES i nazwał je plazmolizą.

Jasną jest rzeczą, że już roztwór 4%-wy saletry musi mieć większe ciśnienie osmotyczne aniżeli pierwotny sok komórkowy, albowiem już w takim roztworze komórka oddaje na zewnątrz wodę. Jeżeli postaramy się znaleźć taki roztwór, w którym właśnie dopiero poczynają występować pierwsze ślady tych zmian w budowie, podczas gdy roztwór nieco tylko więcej rozcieńczony nie sprowadza w komórce żadnej zmiany, w takim razie ów roztwór będzie w przybliżeniu izotoniczny z sokiem komórkowym. Doświadczenia tego rodzaju dowiodły np., że komórki naskórko-

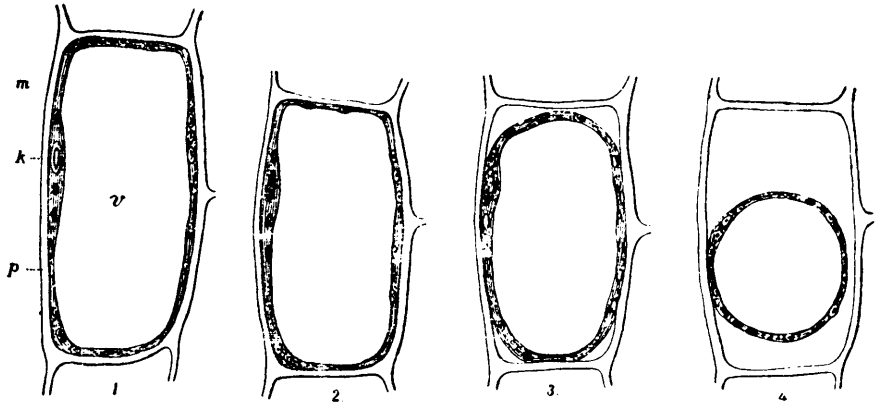


Fig. 19.
Plazmoliza. Zmiany komórki roślinnej pod wpływem roztworów saletry rozmaitego stężenia. *m*—błona komórki, *k*—jądro, *p*—protoplazma.
1 stan pierwotny; 2 w roztworze 4%-wym; 3 w 6%-wym; 4 w 10%-wym.

we z dolnej powierzchni liścia trzykrotki dwubarwnej (*Tradescantia discolor*) wykazują pierwsze ślady plazmolizy w roztworze saletry potasowej, zawierającym 0,13 cząsteczek gramowych w litrze wody. Gdy natomiast używamy roztworu cukru trzcinowego, potrzeba do wywołania plazmolizy roztworu zawierającego 0,22 cząsteczek gramowych w litrze. Ponieważ roztwory rozcieńczone saletry rozszczepiają się na iony (porówn. str. 151), przeto, gdyby dysocyacya była całkowita, stosunek cząsteczek gramowych musiałby być jak 0,13 : 0,26.

Komórki tracić też mogą wodę przez parowanie; tkanki roślinne marszczą się wówczas, więdną, tracą swą soczystość, swój stan napięcia, swoją jędrność (turgor). Jak widać na fig. 19-ej, przy naturalnem ciśnieniu osmotycznem komórki błona komórkowa napięta jest nieco ponad swą objętość naturalną. Napręża się ona, tak jak napręża się rura elastyczna, gdy wci-

www.dlibra.wum.edu.pl

skamy w nią powietrze lub ciecz. Gdy część wody odparowuje, błona komórkowa może się zmniejszyć dzięki swej sprężystości. Ponieważ zachodzi to w stopniu jednakowym we wszystkich komórkach całej rośliny lub pewnej części oddzielonej, przeto też cały taki utwór wskutek utraty wody wątleje, więdnie; natomiast znów odzyskuje swój stan napięcia, swą jędrność, gdy komórki mogą znów pobrać wodę lub, innemi słowy, gdy mogą powrócić do takiego ciśnienia osmotycznego, jakie odpowiada zawartości ciał rozpuszczonych w ich soku komórkowym.

Ponieważ sok komórkowy zawiera w roztworze wiele ciał rozmaitych, przeto, kiedy w roztworze 0,13%-wym saletry występują pierwsze oznaki plazmolizy, wnosić możemy, że suma wszystkich cząsteczek rozpuszczonych w jednostce objętości soku komórkowego równa się liczbie cząsteczek w takiejże objętości 0,13%-wego roztworu saletry. Każde bowiem z ciał rozpuszczonych w soku komórkowym wywiera pewne ciśnienie osmotyczne proporcyonalne do liczby cząsteczek tego ciała, a całkowite ciśnienie osmotyczne soku komórkowego musi się równać sumie tych ciśnień parcyalnych. Sumę tę zmierzyć możemy, odnajdując taki roztwór saletry, który jest izotoniczny z sokiem komórkowym. Do takiegoż rezultatu ostatecznego dojdziemy, używając zamiast roztworu saletry roztworu innego [1]).

I tutaj znów widzimy analogią pomiędzy gazami a roztworami. W mieszaninie gazów mamy ciśnienie całkowite, będące sumą ciśnień parcyalnych poszczególnych składowych części tej mieszaniny. Toż samo z ciśnieniem osmotycznem, kiedy większa liczba ciał jest rozpuszczona w jednej cieczy. Jeżeli znamy ilości pojedyńczych związków rozpuszczonych, możemy też oznaczyć odpowiadające im parcyalne ciśnienia osmotyczne.

9. W sposób odmienny zachodzą zjawiska osmotyczne w komórkach t. zw. nagich czyli nie otoczonych błonami; komórki takie bardzo są rozpowszechnione w świecie zwierzęcym. Warstwa skrajna protoplazmy takich komórek ma zwykle nieco inną budowę aniżeli reszta protoplazmy; nie stanowi ona trwałej błony w znaczeniu właściwem, lecz ma konsystencyą nieco stalszą, bardziej zbitą. Pod względem osmotycznym protoplazma żywa zachowuje się wobec przeważnej liczby krystaloidów jak błona półprzepuszczalna. Komórka tak zbudowana musi z omywającej ją cieczy pobierać wodę lub wodę otoczeniu swemu oddawać zależnie od tego, czy ciśnienie osmotyczne w jej wnętrzu większe jest czy mniejsze niż w środowisku zewnętrznem. W przypadku

9. Osmoza w ciałkach krwi.

[1]) Cząsteczki dysocyowane powinny być liczone podwójnie.

www.dlibra.wum.edu.pl

pierwszym, gdy ciecz otaczająca komórkę jest hypotoniczna (t. j. ma ciśnienie osmotyczne niższe od takiegoż ciśnienia wewnątrz komórki), komórka musi nabrzmiewać; gdy zaś ciecz otaczająca jest hypertoniczna (t j. ma wyższe ciśnienie osmotyczne niż w komórce), musi komórka marszczyć się, kurczyć się. Równowaga zachodzi wówczas, kiedy sok komórkowy i ciecz zewnętrzna są izotoniczne.

Można te zjawiska doskonale obserwować na czerwonych ciałkach krwi, pływających w cieczy krwi czyli w osoczu (porówn. rozdz. XI, § 5). Pod mikroskopem ciałka krwi ukazują się jako małe, płaskie krążki, pośrodku cieńsze niż u brzegów. Osocze zawiera w roztworze bardzo wiele związków chemicznych. Ciałka krwi i osocze muszą być oczywiście izotoniczne; w przeciwnym bowiem razie krążki krwi nie mogłyby bez zmiany w osoczu pozostawać. Jeżeli do kropli krwi rozglądanej przez mikroskop dodamy nieco wody, osocze zostanie rozcieńczone, czyli stanie się hypotoniczne, ciśnienie osmotyczne osocza zmniejszy się. Wskutek tego woda wstępuje w ciałka krwi, objętość ich się powiększa, co poznajemy natychmiast po spłaszczeniu się ich zagłębienia pośrodku. Gdy natomiast do kropli krwi dodamy nieco soli kuchennej lub innego związku rozpuszczalnego w osoczu, to ostatnie staje się hypertoniczne; woda występuje z krążków krwi, marszczą się one, tracą swą formę kulistą, zazębiają się. Czerwone ciałka krwi, możliwie doskonale oddzielone od osocza, umieszczajmy w roztworach solnych rozmaitego stężenia, a potrafimy oznaczyć stężenie takie, w którem ani ciałka krwi nie pęcznieją ani się marszczą. Roztwory takiego stężenia, w którem ciałka krwi się nie zmieniają, są izotoniczne z zawartością tych ciałek.

Jedna z wielu części składowych czerwonych krążków krwi osobliwie nas zajmuje. Jest to czerwony barwnik, hemoglobina, któremu same ciałka a przez nie i krew zawdzięczają swą barwę (porówn. rozdz. X § 5 i rozdz. XI § 4). Hemoglobina jest związkiem krystalicznym, łatwo rozpuszcza się w wodzie i z roztworu takiego wydziela się w postaci pięknych kryształów; jako krystaloid łatwo też dyfunduje przez błony. A pomimo to nie dyfunduje hemoglobina z wnętrza krążka krwi do osocza. Prawdopodobnie znajduje się hemoglobina w luźnem połączeniu chemicznem z jednym z trudno dyfundujących związków ciałka krwi i wskutek tego traci swą zdolność dyfuzyjną. Lecz gdy ciałka krwi znajdą się w zetknięciu z cieczą hypotoniczną, wówczas hemoglobina z nich występuje. Osocze normalne krwi jest bezbarwne, ponieważ całkowita hemoglobina zawarta jest wyłącznie w ciałkach krwi; gdy rozcieńczymy osocze, rozpuszcza się w niem hemoglobina występująca z ciałek krwi, i samo osocze

www.dlibra.wum.edu.pl

stają się czerwone. Toż samo nastąpić może także, gdy na skutek pewnych działań chemicznych ciałka krwi takiej podlegają zmianie, że ich protoplazma nie może już zatrzymać w sobie hemoglobiny; w tym przeto razie nie potrzeba bynajmniej zmiany ciśnienia osmotycznego w osoczu.

Zjawiska osmotyczne mają w wielu razach bardzo doniosłe znaczenie dla objawów życia, ponieważ zawartość wody środowisk, w których poruszają się i przebywają istoty żywe, podlegać może niekiedy znacznym wahaniom. Materye zawarte w protoplazmie mogą wszakże ulegać zmianom chemicznym pod wpływem związków zawartych w środowisku otaczającem. To maskuje często owe czysto fizyczne zjawiska osmozy; staje się bowiem możliwem, że pewne substancye przenikają do protoplazmy, gdy tymczasem taż sama protoplazma okazuje się nieprzenikliwą dla ciał innych. Badania tych zjawisk, zwłaszcza niezmiernie ważnych dla czynności chłonienia (rezorpcyi) (porówn. rozdz. XI i XVI) dopiero w czasach

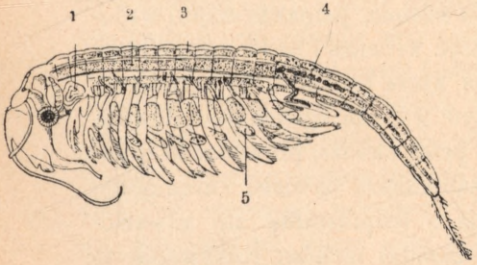


Fig. 20.



Fig. 21.

Branchipus stagnalis, skrzelonóg żyjący w stawach i bagnach (fig. 20), przeniesiony do wody słonej zamienia się na Artemia salina (fig. 21); zaś przy jeszcze większej zawartości soli na Artemia Milhausenii.

1 gruczoł muszlowy, 2 kiszki, 3 serce, 4 jądro, 5 skrzela, a_1, a_2—różki.

ostatnich poczęły zwracać na siebie uwagę fizyologów. Obiecują one jasne rzucić światło na niejednę dotychczas zagadkową sprawę fizyologiczną, gdy udoskonalenie samych metod badania pozwoli podejmować zagadnienia trudniejsze.

Wspomnimy tu jeszcze o fakcie, który tłumaczy się opisanemi dopiero co zjawiskami. W stawach i bagnach przebywa skorupiak należący do rzędu skrzelonogów, który nosi w zoologii nazwę *Branchipus stagnalis*. Jeżeli przeniesiemy go do wody słonej, po pewnym czasie zmienia się on zewnętrznie i przechodzi w inny gatunek, *Artemia salina*. Przy jeszcze znaczniejszej zawartości soli *Artemia salina* znów w inny przemienia się gatunek *Artemia Milhausenii*; a znów odwrotnie, gdy *Artemia salina* przeniesiemy do wody słodkiej, przeobraża się ona na *Branchipus* (zadychra). Widzimy na tym przykładzie, jak większe lub mniejsze ciśnienie osmotyczne może pociągnąć za sobą skutki prowadzące do zmian tak znacznych, że powstają nietylko dwa rozmaite rodzaje, ale

www.dlibra.wum.edu.pl

nawet dwa różne gatunki z owej formy pierwotnej. Jak w istocie różnemi są te zwierzątka, poucza o tem rzut oka na rysunki fig. 20 i 21 [1]).

10. Osmoza jako przyczyna ruchu.

10. Szybkie więdnięcie komórek roślinnych wskutek utraty wody może niekiedy sprowadzić ruchy widoczne, o czem obszerniej mówić będziemy w rozdz. XVIII-ym. Zazwyczaj powolniej zachodzą skrzywienia i zginanie się rozmaitych tkanek roślinnych sprowadzane przez niejednostajne pęcznienie lub utratę wody; te zmiany kształtów również bywają nieraz tak znaczne, że można pewnemi częściami roślin posługiwać się jako hygrometrami do mierzenia wilgotności powietrza. W innych znów razach zmiany objętości, powstające na skutek zmian w zawartości wody, prowadzą do spękania, rozrywania i t. p. tkanek, jak to obserwujemy często na drzewie, które przed zupełnem wyschnięciem zostało użyte na meble. Jakkolwiek te zjawiska czysto fizyczne nie są zjawiskami życiowemi w znaczeniu ścisłem, jednakże często wspomagają one niejako istotne funkcye życiowe i nader ważne mają znaczenie dla sprawy zachowania życia osobnika lub utrwalenia życia gatunku. Tutaj np. zaliczyć wypada zgięcia powodowane jednostronnem pobieraniem wody przez okwiat; prowadzi to w powietrzu wilgotnem do zupełnego zamknięcia okwiatu chroniącego pręciki od uszkodzeń; wysychanie i rozpraszanie się zawartości (pyłek, zarodniki) pylników i zarodni mchów; rozrywanie się owocni w pewnych miejscach i rozpraszanie się nasienia nieraz na odległości bardzo dalekie, jak to widać bardzo pięknie w owocni maku (*Papaver somniferum*). Jeden z najbardziej w tym względzie zajmujących przykładów przedstawiają owoce roślin bodziszkowatych (*Geraniaceae*). U *Erodium gruinum* (czaplinosek v. iglica) np. owocki mają długie, silnie wilgoć przyciągające ości, a u grubszego końca dolnego zaopatrzone są w szczecinkę ku górze skierowaną. Przy dużej zawartości wody ości są wyprostowane,

---

[1]) Rodzaj *Branchipus* posiada 11 par odnoży, a prócz tego 9 tylnych odcinków odnoży pozbawionych, o klapce końcowej długiej, zaopatrzonej w szczecinki na krawędziach umieszczone. Druga para różków ma kształt szczypców zaopatrzonych, u samców, w przysadki nitkowate lub klapkowate. Długość zwierzęcia wynosi 12—14 *mm*. — Rodzaj *Artemia* posiada 11 par odnoży i 8 odcinków tylnych bez odnoży; klapka końcowa krótka; u gatunku *A. salina* zaopatrzona jest w nieliczne szczecinki, których brak zupełnie u *A. Milhausenii*; nie widzimy tu żadnych przysadek na drugiej parze różków. Długość *A. salina* dochodzi do 8—10 *mm*, *A. Milhausenii* do 6—8 *mm*. Zadychra (*Branchipus*) spotyka się w wodach o małej zawartości soli, *A. salina* w zbiornikach słonych zawierających 10—15% soli, a *A. Milhausenii* w bardziej w sól obfitujących jeziorach Krymu.

www.dlibra.wum.edu.pl

przy wysychaniu zaś skręcają się ich końce dolne na kształt śrubki lub grajcarka. Gdy owocek taki padnie na ziemię, wśrubowuje się on w grunt coraz głębiej, gdyż sztywna szczecinka nie pozwala mu wydostać się ku górze, aż wreszcie dosięgnie takich warstw gruntu, w których dość jest wody, aby nasienie mogło kiełkować.

Mniej uderzające dla oka, lecz bynajmniej nie mniej doniosłego znaczenia są zmiany kształtów zachodzące wskutek zjawisk osmotycznych i pęcznienia w najdrobniejszych elementach istot żywych.

Ze stężonej galarety klejowej uformujmy krążek cienki i rzućmy go w wodę; pęcznieje on dość równomiernie we wszystkich kierunkach i zachowuje przeto swą formę prawie bez zmiany. Jeżeli takie same krążki sformujemy z mieszaniny kleju i gumy tragantowej, grubieją one znacznie przy nasiąkaniu wodą i stają się prawie kuliste. Guma tragantowa znacznie łatwiej nasiąka wodą niż klej; sama guma taka w wodzie pęcznieje na masę podobną do śluzu. W mieszaninie natomiast z klejem pęcznienie tak dalece może tylko zajść, o ile pozwala na to elastyczność kleju; ponieważ przy pewnej oznaczonej powierzchni kula największą ma objętość, przeto krążek tem bardziej zbliża się do formy kulistej, im objętość jego bardziej się powiększa przez pobieranie wody. Gdyby z jakiegokolwiek powodu w jednym kierunku masa pęczniejąca mogła się wyciągać znaczniej niż w innych, krążek podczas pęcznienia inne przybrałby formy.

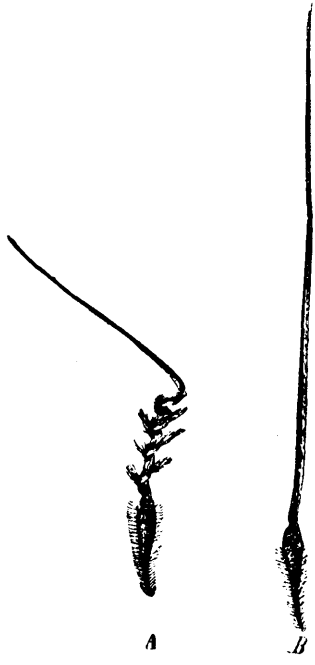


Fig. 22.
Owocki Erodium gruinum.
A w stanie suchym, *B* w stanie wilgotnym. Wobec zachodzącego naprzemian wilgotnienia i wysychania owocek przenika w grunt, szczecinka bowiem z włoskami w górę sterczącemi uniemożliwia wysunięcie się ku górze.

11. Budowa komórkowa i komórki „sztuczne.“

11. Gdy obok siebie w roztworze hypotonicznym jest kilka rozmaitych utworów roślinnych czy zwierzęcych nasiąkających wodą, wszystkie one, pęczniejąc, zwiększają swą objętość. Komórki bardzo od siebie oddalone, pomiędzy któremi duża jest ilość substancyi międzykomórkowej, ogólnie przybierają kształt kulisty. Lecz gdy komórki tak są gęsto skupione, że przy rozrastaniu stykają się

www.dlibra.wum.edu.pl

z sobą, wówczas spłaszczają się wzajemnie i w końcu tworzą mniej lub więcej prawidłowe figury poliedryczne. Jeżeli ciało komórki wytwarza trwalszą błonę, otoczkę, kształt komórki wówczas zależny jest oczywiście od tej otoczki; komórki takie, choć się i bezpośrednio z sobą stykają, nie zawsze przybierają formy tak prawidłowe, jak się to dzieje w tych samych warunkach z komórkami nagiemi, nie posiadającemi błon.

Komórki okrągławe, leżące blizko siebie pozostawiają między sobą przestrzenie międzykomórkowe o określonych formach. Jeżeli w tych przestrzeniach wydzielają się ciała nierozpuszczalne, jak osady wapienne i krzemionkowe w gąbkach, powstają wówczas igły mniej lub więcej foremne i kształtne, jak wskazuje fig. 23. Podobnie dzieje się z częściami jednej i tej samej komórki oddzielonemi od siebie sokiem komórkowym. W bardzo rzadkich zaledwie przypadkach jesteśmy w stanie stwierdzić dokładnie mechanizm powstawania tych form rozmaitych, występujących zarówno w komórkach pojedyńczych jak i w agregatach, skupieniach komórek. Poznano wszakże niektóre punkty wytyczne, pozwalające zrozumieć do pewnego stopnia niektóre zjawiska tego rodzaju częściej powtarzające się.

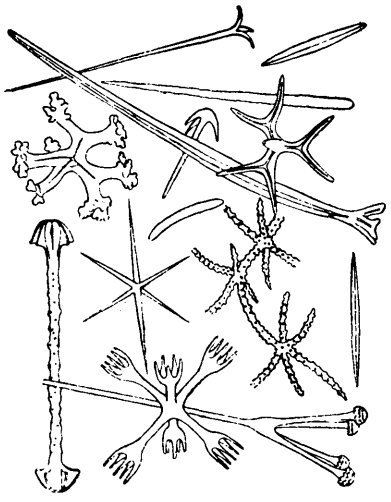


Fig. 23.
Igły krzemionkowe w gąbkach, wytworzone w przestworzach międzykomórkowych.

Zmieszajmy doskonale oliwę z cukrem, solą lub innem ciałem dobrze rozpuszczającem się w wodzie; drobną ilość tej mieszaniny skłóćmy w większej ilości wody i kroplę tej mieszaniny rozglądajmy pod mikroskopem przy dużem powiększeniu; dostrzeżemy, jak przestrzenie odgraniczone od siebie cienkiemi warstwami oliwy i wypełnione roztworami stężonemi rozdymają się od przenikającej w nie wody [1]). Skutkiem tego

[1]) Ponieważ w przestrzeniach otoczonych ściankami z oliwy ciśnienie osmotyczne jest większe, musi przenikać w nie woda. Cienkie warstewki oliwy zachowują się jak błony półprzepuszczalne. Pozostawiamy na uboczu pytanie, czy przytem woda przenika przez warstwę oliwy, gdy ta ostatnia składa się z chemicznie czystego tłuszczu, czy też może to nastąpić wówczas tylko, kiedy do oliwy domieszane są drobne ślady mydła.

www.dlibra.wum.edu.pl

uciskają one nawzajem, spłaszczają się i tworzą sześciokątne, czworoboczne lub kwadratowe pola podobne do powierzchni plastrów miodu.

Podobną budowę piankową lub plastrową widzimy często w żywych komórkach; można przypuścić, że powstaje ona w podobny sposób. Jeżeli roztwory stężone ciał krystaloidowych zmieszane są pośród bardzo spoistej substancyi koloidowej łatwo nasiąkającej wodą, muszą one przez przyciąganie wody tworzyć wakuole coraz bardziej zwiększające swą objętość, gdy tymczasem owa substancya koloidowa zbija się w postaci siatki mniej lub więcej prawidłowej budowy, której oka tworzą owe wakuole.

Kropelkę stężonego roztworu chlorniku miedzi dodajmy do rozcieńczonego roztworu żelazocyanku potasu (soli żółtej), a na obwodzie kropli utworzy się błonka nierozpuszczalnego żelazocyanku miedzi. Ta błona osadowa jest błoną półprzepuszczalną. Otacza ona przestrzeń wypełnioną roztworem chlorniku miedzi, w której ciśnienie osmotyczne jest większe aniżeli w przestrzeni zewnętrznej zawierającej roztwór rozcieńczony. Woda przeto przenika do wnętrza. Ponieważ owa błona osadowa mało jest podatna na ciśnienie, przeto rozrywa się w niektórych miejscach. W tych punktach roztwór chlorniku miedzi znów w bezpośredniem znajdzie się zetknięciu z roztworem żelazocyanku potasu; powstają więc znów błony osadowe, które zamykają utworzone luki. Endosmoza wody postępuje w ten sposób coraz dalej aż do chwili, kiedy zawartość owej coraz bardziej powiększającej się „komórki sztucznej“ i ciecz zewnętrzna stają się izotoniczne. Zjawiska podobne wywołać można w roztworach taniny (garbnika), dodając kroplę roztworu kleju nie ścinającego się [1]). Powstające błony garbnikanu kleju są nieco elastyczne. Zwiększanie się objętości powstających tu kulek, „rośnięcie komórek sztucznych“ zachodzi tu przeto znacznie równomierniej aniżeli przy stosowaniu chlorniku miedzi i żelazocyanku potasu. „Komórki“ zachowują prawie doskonałą formę kulistą, podczas gdy w doświadczeniu poprzedniem mają kształty nieprawidłowe.

Doświadczenia te ze sztucznemi piankami i sztucznemi komórkami mają jedynie tylko wartość naśladownictwa schematycznego pewnych warunków, zachodzących w zjawiskach życiowych i w tych najdrobniejszych elementach morfologicznych, komórkach, które poczytujemy za podstawo-

---

[1]) Jeżeli do wody, w której napęczniał klej, dodamy kwasów lub alkaliów, klej rozpuszcza się łatwiej przy ogrzewaniu i nie ścina się na żelatynę po ochłodzeniu. Tanina (garbnik, kwas garbnikowy) wytwarza w takich roztworach osady garbnikanu kleju, które zupełnie są nieprzepuszczalne.

www.dlibra.wum.edu.pl

wą materyą żywą. Doświadczenia te mogą w pewnym stopniu posłużyć do wyświetlenia zjawisk życia; lecz świadomi być winniśmy zawsze, że spełniają one tylko pewną część warunków wpływających na objawy życiowe komórki, i dążyć musimy do poznania również tych czynników i objawów, któremi właściwe zjawiska życia różnią się od zjawisk postrzeganych w owych „komórkach sztucznych.“

www.dlibra.wum.edu.pl

ROZDZIAŁ ÓSMY.

Związki chemiczne.

1. Wobec zdolności pierwiastków chemicznych do łączenia się pomiędzy sobą, pojmujemy, że tylko nieznaczna ich część występuje w naturze w stanie wolnym. Bardzo rozpowszechnione w stanie pierwiastkowym są tylko tlen i azot, w mniejszych ilościach występują metale t. zw. rodzime: miedź, złoto i t. p. Materye natomiast najbardziej rozpowszechnione jak: woda, sól kuchenna, wapno i t. p. są związkami chemicznemi. Znaczna większość związków występujących w przyrodzie zawiera tlen, wszystkie zaś t. zw. połączenia organiczne, będące częściami składowemi ciał zwierzęcych i roślinnych, zawierają zawsze węgiel [1]). Niektóre związki chemiczne złożone są tylko z dwu pierwiastków, inne z trzech, czterech i większej liczby w najrozmaitszych stosunkach. Aby poznać prawa, według których związki te się tworzą, najlepiej rozważyć naprzód połączenia z dwu złożone pierwiastków a rozpocząć od związków gazowych lub takich, które łatwo otrzymać w stanie gazowym, albowiem prawa zasadnicze ujawniają się tu wyraźniej niż w związkach ciekłych lub stałych. 1. Ciała proste i złożone.

2. Jakkolwiek wszystkie gazy zachowują się jednakowo względem zmian ciśnienia i temperatury, każdy wszakże gaz, czy jako pierwiastek czy ciało złożone, ma pewne własności, które różnią go od innych. Wiele jest gazów bezbarwnych i przezroczy- 2. Związki pomiędzy gazami.

---

[1]) Tradycyjny podział chemii na nieorganiczną i organiczną zachowujemy tu ze względów praktycznych, jakkolwiek mnóstwo związków węgla nigdy w tworach żyjących nie występuje, inne zaś połączenia węglowe, o których sądzono dawniej, że mogą być wytworzone tylko dzięki osobliwym procesom życiowym, umiemy wytwarzać także sztucznie w pracowniach chemicznych. (Porówn. także § 6 oraz rozdziały IX i X.)

www.dlibra.wum.edu.pl

stych, dla oka przeto naszego wszystkie one wyglądają jednakowo. Inne wszelako własności (palność, rozpuszczalność i t. d.), a zwłaszcza gęstość, t. j. ciężary równych objętości, pozwalają je doskonale odróżniać.

Gdy rozkładamy wodę przy pomocy prądu elektrycznego, wówczas na anodzie czyli w miejscu, gdzie prąd wstępuje w wodę, wydziela się tlen, na katodzie zaś czyli tam, gdzie prąd występuje, wydziela się wodór. Można to łatwo sprawdzić, posługując się przyrządem fig. 1 str. 74. Jeżeli umieszczone nad płytkami platynowemi rurki, w których się gazy zbierają, są podzielone na równe objętości, okazuje się, że na każdy centymetr sześcienny tlenu w tym samym czasie wywiązują się dokładnie dwa centym. sześć. wodoru.

3. Rozkład i tworzenie się wody.

3. W pewnych razach wygodniej jest zbierać razem gazy w miarę tego jak się wydzielają, nie oddzielając ich od siebie. Do tego celu używa się przyrządu widocznego na fig. 24, t. zw. woltametru[1]). Pozostawmy wolny koniec zgiętej rurki, przez którą gaz uchodzi, pod wodą i nad tym otworem umieśćmy dnem do góry szerszą rurę wypełnioną wodą, a powiedzie nam się w ten sposób zebrać mieszaninę gazów wydzielanych. Zbierzmy około 15 cm^3 tej mieszaniny gazowej, następnie pod wodą zamknijmy palcem otwór rury, wyjmijmy ją następnie z wody i do otworu zbliżmy płomień świecy: gazy nagle łączą się z sobą, słyszymy wybuch i dostrzegamy słabo świecący płomyk przenikający wgłąb rury. Tę mieszaninę gazów na-

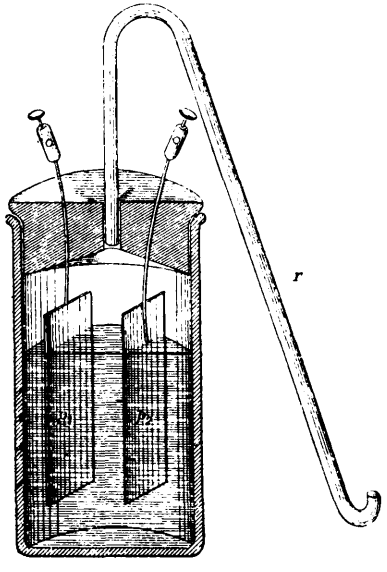


Fig. 24.
Woltametr.
Prąd elektryczny, przechodzący przez płytki platynowe p_1 i p_2 zanurzone w wodzie, rozkłada wodę na jej części składowe: tlen i wodór. Obadwa gazy zmieszane z sobą uchodzą przez rurę r i mogą nad otworem tej rury być zbierane.

[1]) Woltametr służyć może do mierzenia ilości elektryczności przepływającej przez przewodniki, ilość ta bowiem jest proporcyonalna do ilości wydzielanych gazów.

www.dlibra.wum.edu.pl

zywamy gazem piorunującym. Połączenie wodoru z tlenem na wodę zachodzi nagle, gdy tylko nastąpi zetknięcie z ogniem; obadwa gazy bowiem są tu już z sobą zmieszane. A że woda wytwarzająca się tu, zajmuje w stosunku do objętości gazów nieskończenie małą objętość, przeto powietrze zzewnątrz wdziera się w powstającą próżnię, sprawiając detonacyą.

Gdy idzie o to, ażeby oznaczyć ilości wodoru albo tlenu, które znikają przy łączeniu się tych gazów na wodę, wówczas sprowadzamy eksplozyą wewnątrz przestrzeni odgraniczonej rtęcią od otoczenia i do wykonania syntezy posługujemy się iskrą elektryczną. Przyrządy w tym celu używane nazywają się eudiometry. W formie odpowiedniej do wykładów mamy taki eudiometr przedstawiony w fig. 25*a*; górna część kolanka r_2 z kranem h_1 oddzielnie w większym rozmiarze wyobrażona jest w fig. 25*b*. Jak widzimy, przy takiem położeniu kurka h_1, jaki mamy w fig. 25*b*, kolanko r_2 jest zamknięte; gdy kurek odkręcimy na 180°, wówczas r_2 przez zakrzywiony (punktami oznaczony) otwór w kranie łączy się z powietrzem zewnętrznem przy *b*. W takiem położeniu kurka można przez otwór górny w drugiem kolanie *r* całą rurę kształtu litery *U* wypełnić rtęcią, podczas gdy przez *b* uchodzi powietrze. Gdy rtęć ukaże się w wydrążeniu kurka przy *b*, zamykamy kurek; kolanko r_1 r_2 rurki *U* zawiera wówczas tylko rtęć.

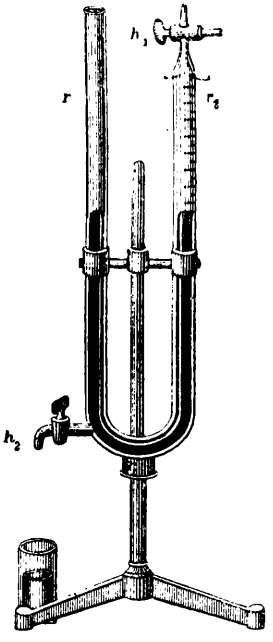


Fig. 25*a*.

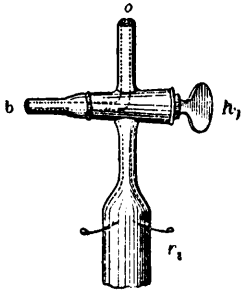


Fig. 25*b*.

Eudiometr. Kran górny powiększony. Przez obrót kranu h_1 o 180° można albo połączyć *b* z r_2 albo *b* z *o*. Gdy kran obracamy o 90°, obadwa połączenia są przerwane.

Przypuśćmy, że przy pomocy tego eudiometru pragniemy oznaczyć zawartość tlenu w powietrzu pokojowem. Obracamy kurek *h* znów o 180° i ostrożnie otwieramy kurek h_2. Rtęć wylewa się przez h_2 a powietrze z pokoju wstępuje przez *b* do eudiometru. Gdy wstąpiło około 20 cm^3 powietrza, zamykamy h_2 a h_1 obracamy o 180°. Bądź przez dolewanie rtęci przez *r* lub przez od-

www.dlibra.wum.edu.pl

puszczenie jej przez h_2 doprowadzamy rtęć do jednakowego poziomu w obu kolankach rurki U; wówczas powietrze zamknięte w r_1 r_2 znajduje się pod temże ciśnieniem, jakie chwilowo panuje w atmosferze. Objętość zawartego w r_1 r_2 badanego powietrza odczytujemy na podziałce rurki. Przypuśćmy, że wynosi ona dokładnie 20 cm^3.

Wiadomo, że zawartość tlenu w powietrzu atmosferycznem waha się zwykle od 20 do 21%. Jeżeli niema jakich szczególnych powodów każących mniemać, że w danym przypadku ta zawartość jest dużo różna, w takim razie należy przypuszczać, że w owych 20 cm^3 powietrza znajduje się nieco więcej niż 4 cm^3 tlenu, które z nieco większą nad 8 cm^3 objętością wodoru mogą się połączyć na wodę.

Koniec kurka b łączymy zapomocą rurki kauczukowej ze zbiornikiem, w którym znajduje się czysty wodór, albo z przyrządem, w którym gaz ten się wytwarza, i pozwalamy temu gazowi uchodzić na zewnątrz przez b i o. Gdy możemy być pewni, że powietrze atmosferyczne całkowicie już zostało wyparte z wydrążenia w kranie, odwracamy go znów o 180° i ostrożnie otwieramy kran h_2. Wodór wstępuje do eudiometru i miesza się tu z powietrzem.

Gdy objętość tej mieszaniny powietrza i wodoru doszła do jakich 30 cm^3, obracamy kran h_1 o 180° i zamykamy h_2. Znów wyrównywamy poziomy rtęci w obudwu kolankach rurki eudiometrycznej i odczytujemy objętość mieszaniny gazowej. Przypuśćmy, że wynosi ona obecnie 29 cm^3. Mamy więc w eudiometrze zamkniętą mieszaninę złożoną z 20 cm^3 powietrza z pokoju i 9 cm^3 wodoru.

Aby w mieszaninie tej wywołać wybuch i tem sprowadzić połączenie wodoru z tlenem na wodę, musimy druciki platynowe, wtopione w górnym końcu kolanka r_2, połączyć z maszynką indukcyjną i wyładować, aby iskry elektryczne przebiły mieszaninę gazów. Eksplozya mogłaby wszakże strzaskać przyrząd lub wyrzucić rtęć z aparatu. Dla uniknięcia tego postępujemy tak: otwieramy kran h_2 i wypuszczamy nieco rtęci, przez co mieszanina gazowa znajduje się już pod nieco niższem ciśnieniem; następnie otwór górny kolanka r r_1 zatykamy mocno korkiem kauczukowym. Gdy teraz nastąpi wybuch, uderzenie zostanie złagodzone wskutek tego, że powietrze zamknięte nad rtęcią w r r_1 służy niby opór sprężysty.

Po wybuchu wyjmujemy korek, znów rtęć doprowadzamy w obudwu kolankach do jednakowego poziomu i odczytujemy objętość. Niechaj wynosi ona 16,7 cm^3. Otóż obliczamy teraz w sposób następujący. Przed wybuchem była objętość 29, po wybuchu 16,7 cm^3. Znikła zatem objętość 12,3 cm^3. Trzecia część tego ubytku = 4,1 cm^3 przypadać musi na tlen. Zatem w 20 cm^3 powietrza pokojowego było 4,1 cm^3 tlenu; zawartość przeto tlenu wyrażona procentowo = 20,5.

www.dlibra.wum.edu.pl

Gdybyśmy zamiast mieszaniny powietrza atmosferycznego z wodorem wprowadzili do eudiometru czysty t. zw. gaz piorunujący, to po wybuchu objętość tegoż równałaby się zeru. Gdyby się powiodło dokonać wybuchu w temperaturze 100°, wówczas powstająca z połączenia wodoru z tlenem woda byłaby się znajdowała w stanie gazowym i możnaby objętość tego gazu łatwo porównać z objętością mieszaniny gazowej (wodoru i tlenu), z której owa para wodna powstała. Pragnąc to uczynić, umieszczamy eudiometr w obszerniejszej rurze szklanej a w przestrzeń pomiędzy rurami wprowadzamy strumień pary wodnej z kociołka, w którym woda utrzymywana jest we wrzeniu. Okazuje się wówczas, że para wodna, która powstała z 3 objętości mieszaniny piorunującej, zajmuje 2 objętości. Oczywiście mierzymy objętość gazu piorunującego (mieszaniny 2 ob. wodoru i 1 ob. tlenu) wówczas dopiero, gdy temperatura jego dzięki otaczającej go parze doszła do 100°. Tylko w takim razie objętości gazu przed wybuchem i po wybuchu dają się z sobą porównywać, t. j. w jednakowych temperaturach i pod jednakowem ciśnieniem.

Z doświadczeń tych, zarówno jak z przytoczonych już wyżej o rozkładzie wody na tlen i wodór, możemy następujące wyprowadzić wnioski:

1. Woda może być rozłożona na dwa gazy: wodór i tlen. Objętości tych gazów zachowują się względem siebie jak 2 : 1.
2. Gdy dwie objętości wodoru łączą się z jedną objętością tlenu w temperaturze tak wysokiej, że całkowita powstająca ztąd woda pozostaje w stanie gazowym, w takim razie para wodna, utworzona z trzech pierwotnych objętości (2 wodoru + 1 tlenu), zajmuje tylko dwie objętości.

4. Prawo stałych stosunków objętościowych.

4. Pragnąc rozstrzygnąć, czy mamy tu do czynienia z prawem ogólnem, zbadajmy jeszcze w podobny sposób dwa związki wodoru z innemi gazami. Ponieważ powstające tu połączenia są ciałami gazowemi i w zwykłej temperaturze pokojowej, przeto nie potrzeba ogrzewania ich do 100°. Gdy zmieszamy równe objętości wodoru i chloru w naczyniu szklanem i mieszaninę tę wystawimy na jasne światło słoneczne, nastąpi ich połączenie przy gwałtownym wybuchu. W rozproszonem świetle dziennem łączenie się tych dwu gazów zachodzi powolnie. Zbierzmy te gazy w eudiometrze ustawionym w miejscu niezbyt jasnem, a będziemy mogli sprowadzić ich połączenie z wybuchem przy pomocy iskry elektrycznej, podobnie jak to uczyniliśmy z mieszaniną wodoru i tlenu.

www.dlibra.wum.edu.pl

Przekonamy się w tym razie, że 1 objętość wodoru łączy się z 1 objętością chloru na 2 objętości chlorowodoru. Przekonano się także, że 2 objętości amoniaku dają się rozłożyć na 3 objętości wodoru i 1 objętość azotu.

Okazuje się zatem, że:

1 objętość wodoru i 1 ob. chloru dają 2 ob. chlorowodoru
2 objętości „ „ 1 „ tlenu „ 2 „ pary wodnej
3 „ „ „ 1 „ azotu „ 2 „ amoniaku.

Przy pierwszem z tych połączeń niema więc zmniejszenia objętości czyli zagęszczenia, w drugiem następuje zmniejszenie do $^2/_3$, w trzeciem wreszcie do $^1/_2$ pierwotnej objętości niepołączonych gazów. We wszystkich trzech przypadkach gazy łączą się według prostych stosunków objętościowych. Taka sama prawidłowość okazuje się we wszelkich związkach, jeżeli one zarówno jak składowe ich części są gazami lub mogą być zamienione na gazy przez odpowiednie podniesienie temperatury.

5. Prawo stałych stosunków wagowych.

5. Ponieważ każdy gaz ma właściwą sobie gęstość, czyli litr każdego gazu ma stały ciężar, bezpośrednio zatem wynika, że łączenie się gazów zachodzi też zawsze w określonych, stałych stosunkach ciężarów.

Gęstość, czyli ciężar właściwy ciał stałych i ciekłych oznaczamy przez porównywanie z wodą (rozdz. IV, § 14). Jeden cm^3 wody waży 1 g, 1 cm^3 żelaza waży 7,75 g, zatem ciężar właściwy żelaza = 7,75. Jeden cm^3 zwykłego powietrza atmosferycznego waży przy 0^0 i 760 mm rtęci [1]) 0,0012928 g. Dla wyrażania ciężaru właściwego gazów liczby te są niedogodne z powodu małej ich wartości. Gdy wszakże są one tylko liczbami, wyrażającemi stosunki ilościowe, można przeto także jakikolwiek gaz, np. powietrze atmosferyczne, przyjąć za jednostkę porównawczą i oznaczać, jak ciężar pewnej objętości danego gazu zachowuje się (w tejże temperaturze i pod jednakowem ciśnieniem) do ciężaru takiejże objętości powietrza atmosferycznego. Według tego gęstość wodoru równałaby się 0,06926, gęstość tlenu wynosiłaby 1,10563 i t. d. Ponieważ wodór jest najlżejszy ze wszystkich znanych gazów, najdogodniej jest przeto obrać ten gaz za jednostkę i z nią porównywać gęstość innych gazów. Zobaczymy, jakie korzyści przedstawia to dla przeglądu pierwiastków gazowych i ich związków [2]).

---

[1]) To bliższe określenie jest konieczne ze względu na prawo Boyle'a i Gay-Lussaca (porówn. rozdz. VI, § 6).

[2]) Gęstość czyli ciężar właściwy gazu lub pary oznaczamy albo przez ważenie pewnej objętości tychże i porównanie tego ciężaru z ciężą-

www.dlibra.wum.edu.pl

6. Gęstość gazów i ciężar cząsteczkowy.

6. W dalszych rozważaniach obierzemy przeto zamiast zwykle używanej jednostki ciężaru (1 *g*) jednostkę inną, mianowie ciężar jednego litra wodoru w temperaturze 0° i pod ciśnieniem 760 *mm* rtęci. Jednostkę tę nazwano 1 kryt [1]). Ponieważ jeden litr wodoru waży przy 0° i 760 *mm* rtęci 0,08954 *g*, możemy więc liczby oznaczające gęstości według jednego systemu zamieniać na inny system, mnożąc lub dzieląc je przez 0,08954 lub w skróceniu przez 0,09.

Posługując się tym nowym sposobem, otrzymujemy, że:

1 litr wodoru waży	1	kryt;	gęstość wodoru	=	1
1 „ chloru „	35,2	„	„ chloru	=	35,2
1 „ tlenu „	16,0	„	„ tlenu	=	16,0
1 „ azotu „	14,0	„	„ azotu	=	14,0.

Zmieszawszy 1 *l* wodoru z 1 *l* chloru, mamy 2 *l* gazu oraz masę 1 + 35,2 = 36,2 krytu. Gdy mieszanina ta łączy się na chlorowodór, powstają 2 *l* chlorowodoru o masie 36,2; zatem 1 *l* chlorowodoru waży $\frac{36,2}{2}$ = 18,1 krytu. Gęstość chlorowodoru = 18,1.

Dwa litry wodoru i 1 litr tlenu ważą razem 2 + 16 = 18 krytów. Ponieważ dają one 2 *l* pary wodnej, więc 1 *l* pary waży $\frac{18}{2}$ = 9 krytów. Gęstość pary wodnej = 9.

Trzy litry wodoru i 1 litr azotu ważą razem 17 krytów. Dają one 2 litry amoniaku, zatem 1 litr amoniaku waży $\frac{17}{2}$ = 8,5 krytu. Gęstość amoniaku = 8,5.

Według hypotezy Avogadra jednakowe objętości rozmaitych gazów (w równej temperaturze i równem ciśnieniu) zawierają jednakową liczbę cząsteczek. Wypływa ztąd, że ciężary cząsteczek pozostawać muszą w tych samych względem siebie stosunkach co

---

rem takiejże objętości wodoru (w tej samej temperaturze i pod tem samem ciśnieniem), albo przez oznaczenie objętości zajmowanej przez pewną ilość wagową gazu, albo wreszcie przez mierzenie prędkości, z jaką gaz wypływa z wązkiego otworu (porówn. rozdz. VI § 10). Ta ostatnia metoda jest najłatwiejsza w wykonaniu, lecz nie daje rezultatów tak ścisłych, jak dwie pierwsze.

[1]) Nazwę tę wprowadził znakomity chemik A. W. Hofmann. κριθή znaczy po grecku ziarno jęczmienia i ztąd miałoby oznaczać bardzo mały ciężar, podobnie jak gran (od *granum*—ziarno), który dawniej również był stosowany jako nazwa bardzo drobnego ciężaru i obecnie jeszcze używany bywa w niektórych układach wagowych, np. w angielskim (angiel. *grain*).

www.dlibra.wum.edu.pl

i ciężary równych objętości gazów odnośnych. Jeżeli 1 *l* wodoru waży 1 kryt i jeśli w 1 litrze zawiera się *n* cząsteczek, to jedna cząsteczka wodoru waży $\frac{1}{n}$ krytu. Podobnie wynika, że jedna cząsteczka chloru waży $\frac{35{,}2}{n}$ krytu, jedna cząsteczka tlenu $\frac{16}{n}$ krytu, jedna cząsteczka azotu $\frac{14}{n}$ krytu. Liczba *n* nie jest nam znana, ale pomimo to wyrazy $\frac{1}{n}$, $\frac{35{,}2}{n}$, $\frac{16}{n}$ i $\frac{14}{n}$ są liczbami dokładnie określonemi. Wyobraźmy sobie garść zupełnie jednakowych ziaren śrótu, ważącą 10 *g*. Gdybyśmy wiedzieli, wiele jest ziaren, moglibyśmy powiedzieć, wiele każde ziarno waży. Oznaczmy przez *m* nieznaną nam liczbę ziaren; wprawdzie $\frac{10}{m}g$ nie jest ciężarem znanym nam dokładnie, lecz bądźcobądź jest to ciężar zupełnie określony, tylko nie dający się na razie znaną liczbą wyrazić [1]).

7. Gęstość gazów i ciężary atomów.

7. Jeżeli 1 litr wodoru i 1 *l* chloru dają 2 *l* chlorowodoru, znaczy to, że z *n* cząsteczek wodoru i *n* cząsteczek chloru powstaje 2 *n* cząsteczek chlorowodoru. Lecz cząsteczka chlorowodoru jest złożona, składa się bowiem z pierwiastków chloru i wodoru; musi przeto zawierać najmniej jeden atom wodoru i jeden atom chloru. W tem ostatniem przypuszczeniu musimy dojść do wniosku, że do utworzenia 2 *n* cząsteczek chlorowodoru potrzeba 2 *n* atomów wodoru i 2 *n* atomów chloru.

W jednym litrze chloru było zatem zawartych 2 *n* atomów chloru, a w jednym litrze wodoru 2 *n* atomów wodoru. Ponieważ zaś 1 litr gazu zawiera *n* cząsteczek, wynika więc, że jedna cząsteczka wodoru składa się z 2 atomów wodoru, a jedna cząsteczka chloru składa się z 2 atomów chloru. Wobec tego zaś z gęstości gazu możemy obliczyć ciężar jego atomów. Oczywiście bowiem 1 atom wodoru ważyć musi $\frac{1}{2n}$ krytu, a 1 atom chloru ważyć musi $\frac{35{,}2}{2n}$ krytu.

---

[1]) Liczba *n* (liczba cząsteczek zawartych w jednym litrze gazu przy 0° i 760 *mm*) może być w przybliżeniu obliczona; oceniają ją na 61×10^{24} czyli na 61 kwadrylionów.

www.dlibra.wum.edu.pl

Podobne rozważanie prowadzi do wniosku, że cząsteczka wody składać się musi z 3 atomów, mianowicie z 2 atomów wodoru i 1 atomu tlenu; również cząsteczka amoniaku złożona być musi z 4 atomów, t. j. z 1 atomu azotu i 3 atomów wodoru. Możemy to wyrazić krótko a jasno, wprowadzając dla każdego atomu pewien znak umówiony. Chemicy posługują się jako takiemi znakami czyli symbolami pierwszemi literami nazw łacińskich pierwiastków. W tych razach, gdy nazwy dwu różnych pierwiastków mają tę samą literę początkową, dodaje się dla odróżnienia jeszcze jednę z liter następnych. Dla pierwiastków, które poznaliśmy dotychczas, przyjęto symbole następujące:

H (Hydrogenium) dla wodoru
O (Oxygenium) „ tlenu
N (Nitrogenium) „ azotu
Cl (Chlorum) „ chloru.

A zatem litera

H oznacza jeden atom wodoru i ciężar $\frac{1}{2n}$ krytu
O „ „ „ tlenu „ „ $\frac{16}{2n}$ „
N „ „ „ azotu „ „ $\frac{14}{2n}$ „
Cl „ „ „ chloru „ „ $\frac{35{,}2}{2n}$ „

Zaznaczmy też, że

HH albo H_2 oznacza cząsteczkę wodoru i ciężar $\frac{1}{n}$ krytu
OO „ O_2 „ „ tlenu „ „ $\frac{16}{n}$ „
NN „ N_2 „ „ azotu „ „ $\frac{14}{n}$ „
ClCl „ Cl_2 „ „ chloru „ „ $\frac{35{,}2}{n}$ „
a HCl „ „ chlorowodoru „ $\frac{36{,}2}{2n} = \frac{18{,}1}{n}$ krytu
H_2O „ „ wody „ $\frac{18}{2n} = \frac{9}{n}$ „
NH_3 „ „ amoniaku „ $\frac{17}{2n} = \frac{8{,}5}{n}$ „

Symbole przeto H, O, N, Cl mają nietylko znaczenie jakościowe, określające charakter chemiczny danego pierwiastku, lecz i znaczenie ilościowe. Podają one najmniejszy ciężar danego pierwiastku, który może

www.dlibra.wum.edu.pl

dać związek chemiczny z pewnym ciężarem innego pierwiastku. Ciężar ten co prawda nieznany jest dokładnie, ponieważ nie jest nam dobrze znana liczba n. Ponieważ wszakże liczba ta jest jednakowa dla równych objętości wszelkich gazów, przeto mamy przynajmniej dokładnie podany stosunek ciężarów atomowych.

Jako jednostkę przy mierzeniu ciężarów atomowych obierzmy ciężar jednego atomu wodoru, a otrzymamy następujące stosunki liczbowe dla omówionych wyżej pierwiastków i związków.

	Ciężar atomu	Ciężar cząsteczki
H	1	2
O	16	32
Cl	35,2	70,4
N	14	28
H_2O	(1 + 1 + 16)	18
HCl	(1 + 35,2)	36,2
NH_3	(14 + 1 + 1 + 1)	17

Podobnych obliczeń łatwo możemy dokonać i dla innych pierwiastków i związków, do czego w dalszym ciągu jeszcze powrócimy.

Odważmy jakiegokolwiek związku tyle gramów, ile wyraża jego ciężar cząsteczkowy, więc np. 18 g wody, 17 g amoniaku, a w obudwu tych masach muszą być zawarte jednakowe liczby cząsteczek. Masy te są niejako chemicznie równowartościowe. Nie znamy prawdziwych ciężarów cząsteczek, ponieważ liczby n dokładnie nie znamy. Wyobraźmy sobie wszakże cząsteczkę H_2, której ciężar rzeczywisty $= \frac{1}{n}$ krytu, powiększoną do ciężaru 1 g, a będziemy musieli pomnożyć przez ten sam spółczynnik wszystkie inne ciężary cząsteczkowe, ażeby pozostały niezmienionemi stosunki ich ciężarów. I w istocie tylko o te stosunki idzie nam, gdy rozważamy związki chemiczne. Dla wody otrzymamy wówczas ciężar cząsteczki 18 g, dla amoniaku 17 g i t. d. Te ciężary nazywamy cząsteczkami gramowemi odpowiednich związków (porówn. przypisek na str. 148).

8. Uogólnienie prawa o stałości stosunków wagowych.

8. Twierdzenie wyprowadzone dotychczas dla gazów przez nas poznanych, mianowicie, że ich łączenie się zachodzi w stosunkach ściśle oznaczonych ciężarów, ma znaczenie bardzo ogólne i dotyczy wszelkich związków chemicznych. Przypomnijmy sobie np. związek siarki z żelazem, o którym była mowa w rozdz. IV § 8. Gdy 32 g siarki zmieszamy z 56 g żelaza i dokonamy ich połączenia, otrzymamy 88 g siarku żelaza. Badanie najdokładniejsze wy-

www.dlibra.wum.edu.pl

kazuje, że ani ślad żelaza ani siarki nie pozostał tu niepołączony. Gdybyśmy wzięli np. 33 *g* siarki lub 57 *g* żelaza, otrzymalibyśmy tak samo tylko 88 *g* siarku żelaza; w pierwszym razie pozostałby 1 *g* siarki, w drugim 1 *g* żelaza w stanie niepołączonym.

W licznych przypadkach dwa pierwiastki łączyć się mogą ze sobą w kilku stosunkach. Jeżeli umieścimy w kolbce szklanej węgiel, przypuśćmy w najczystszym stanie tegoż, jako dyament, wypełnimy kolbę tlenem i ogrzejemy w ten sposób np., że ześrodkujemy na owej szczypcie dyamentu światło słoneczne, posługując się szkłem wypukłem, to węgiel połączy się z tlenem, utleni się czyli spali. Powstanie dwutlenek węgla, w którym 12 części na wagę węgla połączonych jest z 32 częściami na wagę tlenu; pozostały w kolbie tlen nie bierze udziału w zachodzącym tu procesie chemicznym. Gdy wszakże węgiel spala się w niedostatecznej ilości tlenu, wówczas tworzy się zupełnie inny związek w stosunku 12 części wagowych węgla na 16 części wagowych tlenu. Ten związek to tlenek węgla. Zwróćmy tu uwagę na dwa ważne punkty: 1) ciężary tlenu, które łączą się z 12 częściami wagowemi węgla, pozostają względem siebie w prostym stosunku 16 : 32 = 1 : 2—i 2) ciężar tlenu (16) jest ten sam, jaki spotkaliśmy już przedtem przy łączeniu się wodoru z tlenem na wodę; tam mieliśmy 16 : 2.

Fakty te bynajmniej nie są odosobnione. Wszędzie, gdzie jeden i ten sam pierwiastek tworzyć może z innym pierwiastkiem więcej niż jeden związek, ilości na wagę wchodzące w skład związków zawsze są prostemi wielokrotnemi pewnej liczby podstawowej, właściwej każdemu pierwiastkowi. Jakiekolwiek badać będziemy związki danego pierwiastku z innemi pierwiastkami, zawsze znajdziemy, że jego ilości wagowe wchodzące w skład związków wyrażają się tą właśnie liczbą podstawową lub prostą jej wielokrotną.

Owa liczba podstawowa, zdaje się, stanowi przeto najmniejszą wogóle istniejącą ilość danego pierwiastku. Mówimy o jej ciężarze, biorąc za punkt wyjścia „kryt“ czyli ciężar jednego litra wodoru przy 0° i 760 *mm* rtęci i jako jednostkę ciężarów atomowych obierając ciężar atomu wodoru $= \frac{1}{2n}$ krytu. W ten sposób otrzymujemy ciężary atomów wszelkich pierwiastków, których związki dają się zanalizować. Są one wyrażone w wielokrotnych ciężaru atomu wodoru.

www.dlibra.wum.edu.pl

Ciężary atomów i symbole chemiczne najważniejszych pierwiastków, występujących w świecie żywym [1]).

Węgiel	C	12	*Brom	Br	80
Wodór	H	1	Sód	Na	23
Tlen	O	16	Potas	K	39
Azot	N	14	Wapień	Ca	40
Siarka	S	32	Magnez	Mg	24,2
Fosfór	P	31	Żelazo	Fe	56
Chlor	Cl	35,2	*Mangan	Mn	55
Fluor	Fl	19	*Miedź	Cu	63,2
Krzem	Si	28,2	*Glin	Al	27
Jod	J	126	*Cynk	Zn	65.

Pierwiastki oznaczone gwiazdką * nie we wszystkich ustrojach żywych zostały wykryte; brom tylko w roślinach morskich, miedź w niektórych rzadkich roślinach oraz we krwi skorupiaków i mięczaków, cynk tylko w fiołkach żółtych rosnących na gruncie galmanowym (zawierającym rudy cynkowe), glin w różnych gatunkach widłaków [2]).

9. Analiza związków chemicznych.

9. Ze wszystkiego, czego dowiedzieliśmy się o związkach gazów, wynika, że można stwierdzić skład cząsteczkowy, jeżeli związek jest gazowy lub może być w gaz przeprowadzony przez odpowiednie podniesienie temperatury, w tem przypuszczeniu wszakże, że znane są ciężary atomowe pierwiastków związek składających. Nie możemy tu przytaczać owych zmudnych badań, które pozwoliły oznaczyć ciężary atomów. Na kilku tylko przykładach pragniemy pokazać, w jaki sposób poznajemy skład związku chemicznego i jak wyrażamy skład ten odpowiednim wzorem. W tym celu trzeba oznaczyć 1) skład procentowy danego ciała i 2) gęstość jego pary t. j. ciężar jednego litra w stanie gazu lub pary przy 0^0 i 760 *mm*.

Aby oznaczyć skład procentowy związku, trzeba go poddać rozbiorowi chemicznemu, analizie, zanalizować czyli rozłożyć na części składowe. Metodę analizy objaśnimy na ciałach orga-

---

[1]) Liczby podane w tej tablicy są nieco zaokrąglone. Oznaczenia ścisłe dały np. dla węgla 11,92, dla tlenu 15,88, dla azotu 13,94, dla chloru 35,18 i t. d.

[2]) Zdarzyć się też może, że materye nie należące właściwie do składu ciała żywych istot, przypadkowo się w niem znajdą. Jeżeli materye te nie są silnemi truciznami niszczącemi życie, mogą one albo znów zostać wydalone, albo też pozostają w ciele. Tak np. znajdujemy nieraz ołów lub inne metale za życia wchłonięte w trupach ludzkich, zwłaszcza nagromadzone w wątrobie.

www.dlibra.wum.edu.pl

nicznych, gdyż te ostatnie mają dla nas bardzo doniosłe znaczenie. Wszystkie ciała organiczne zawierają węgiel, na co pierwszy zwrócił uwagę Lavoisier, prócz tego prawie zawsze wodór i tlen, niektóre jeszcze i azot, fosfór, siarkę, te lub owe wreszcie inne pierwiastki z tabliczki pomieszczonej powyżej. Ponieważ z powodów, które jeszcze później przytoczymy, zwłaszcza ważną jest rzeczą odróżnianie pomiędzy ciałami organicznemi bezazotowemi a zawierającemi azot, przeto, mając do czynienia z nieznanem ciałem organicznem, rozpoczynamy badanie od próby na azot.

Jako przykłady wybierzmy dwa znane związki organiczne: cukier gronowy i klej. Nasypmy miałko sproszkowanego cukru do tygla platynowego, utrzymywanego w rozżarzeniu przez podstawiony pod nim płomień lampki gazowej (Bunsena), a zobaczymy, że cukier stopi się i masa pęcznieje. Następnie poczyna wydobywać się para. Jeżeli nad tyglem potrzymamy zimną płytkę platynową, osiądzie na niej para, która zdaje się składać z czystej wody. Po pewnym czasie substancya się zapala; cukier pali się. Gdy płomień zgaśnie, wówczas w tyglu pozostaje luźna, gąbczasta, czarna masa wyglądająca jak węgiel. Żarzymy tygiel mocniej, a masa ta stopniowo znika; wreszcie w tyglu nic nie pozostaje. Owa masa czarna istotnie była węglem, który w wysokiej temperaturze połączył się z tlenem powietrza i wytworzył dwutlenek węgla CO_2, który się ulotnił.

Powtórzmy to doświadczenie z tą różnicą, że zamiast w tyglu umieśćmy proszek cukru w długiej, wązkiej, u dołu zatopionej rurze szklanej, a zjawisko nieco będzie odmienne. Para wydobywająca się przy rozżarzeniu rury osiada w górnych, zimnych częściach rury. Jeszcze łatwiej można się teraz przekonać, że składa się ona z wody. Na dnie znów znajdujemy czarną masę, która wszakże teraz, z powodu niedostatecznego dopływu tlenu powietrznego do wązkiej rury, pozostaje niezmienioną nawet po dłuższem żarzeniu. Możemy się przekonać, że istotnie ma ona wszelkie własności węgla.

Z powyższego wnosić można, że cukier zawierać musi węgiel i wodór, z których przy całkowitem spaleniu powstają dwutlenek węgla i woda. Czy zawarte są w nim inne jeszcze pierwiastki, tego na razie powiedzieć nie umiemy; tyle tylko jeszcze wynika z tych prób, że nie mogą w nim być pierwiastki nie dające się spalić i wytwarzające przy spaleniu związki trwałe, nielotne. Takie bowiem pierwiastki po spaleniu cukru w tyglu musiałyby w nim pozostać w postaci popiołu.

Przyjrzyjmy się z kolei, jak się w tych samych warunkach zachowuje klej. I to ciało topi się, wydaje parę i pozostawia węgiel, który w końcu spala się bez pozostałości. Lecz podczas spalania klej wydaje osobliwą woń przypominającą palące się pióra. Aby się dowiedzieć, zkąd to pochodzi, powtórzmy tę próbę po uprzedniem zmieszaniu kleju sprosz-

www.dlibra.wum.edu.pl

kowanego z pewną ilością wapna sodowego (t. j. wapna napojonego ługiem sodowym). Potrzymajmy pręcik szklany zwilżony kwasem solnym w parze, która wydobywa się z rozgrzanej masy, a utworzą się gęste, białe obłoczki. To dowodzi, że z masy tej wydobywa się amoniak (tworzący z kwasem solnym obłoczki chlorku amonu czyli salmiaku). Że zaś wiadomo, że amoniak złożony jest z azotu i wodoru, mamy przeto prawo wnosić, że w kleju obok węgla i wodoru zawarty jest azot.

10. Rozbiór pierwiastkowy ilościowy.

10. Doświadczenie dokonane tutaj z cukrem i klejem możemy nazywać rozbiorem (analizą) jakościowym. Poznaliśmy w tych ciałach obecność pewnych, nieobecność innych pierwiastków. Pragnąc jednak stwierdzić dokładniej charakter związków, musimy dokonać rozbioru pierwiastków ilościowego (analizy ilościowej elementarnej). Metody tego rozbioru wynalezione zostały przez Lavoisiera a następnie udoskonalone przez Liebiga i in. Przedstawimy tu dla przykładu podobny rozbiór cukru [1]).

Do rury ze szkła trudno topliwego, o długości około 80 *cm*, u jednego końca wyciągniętej i zatopionej, wsypujemy naprzód tlenniku miedzi (do *a*), następnie odważoną ilość delikatnie sproszkowanego cukru [2]) dobrze zmieszanego ze sproszkowanym tlennikiem miedzi (do *b*), dalej znów tlenniku miedzi (do *c*), później mieścimy w niej korek azbestowy. Wreszcie zatykamy ją dobrze dopasowanym korkiem. Przez ten korek przechodzi cienka, pod kątem prostym zgięta rurka szklana, która łączy się z rurką *r* (w kształcie litery *U*) wypełnioną chlorkiem wapnia. Z tą

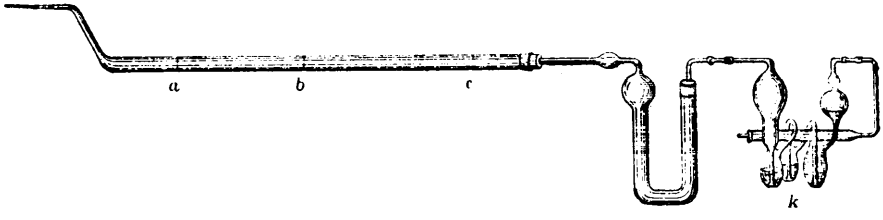


Fig. 26.

Rozbiór pierwiastkowy.

Rura szklana wypełnia się do *a* tlennikiem miedzi, pomiędzy *a* i *b* mieszaniną ciała analizowanego i tlennikiem miedzi, od *b* do *c* znów tlennikiem miedzi. Rura *r* zawiera kawałki chlorku wapnia, który pochłania całkowitą wodę, przyrząd zaś kulkowy *k* zawiera stężony ług potasowy, który pochłania całkowity dwutlenek węgla.—Szczegóły w tekście.

ostatnią połączony jest za pomocą rurki kauczukowej przyrządzik kulkowy, wypełniony ługiem potasowym, a z nim jeszcze łączy się rurka, w której znajdują się kawałki potasu gryzącego. Rurka *r* zawierająca chlorek

[1]) Pomijamy tu tymczasem oznaczenie ilościowe azotu w materyach organicznych pierwiastek ten zawierających. Porówn. rozdz. X.

[2]) Znamy rozmaite materye cukrowe; użyta do analizy w przykładzie naszym nazywa się cukrem gronowym, gdyż znajduje się obficie w gronach winnych.

www.dlibra.wum.edu.pl

wapnia i przyrządzik k wraz z rurką z potasem gryzącym zostały uprzednio oddzielnie zważone. Za pomocą podstawionych palników ogrzewamy rurę szklaną naprzód pomiędzy b i c, później pomiędzy a a zatopionym końcem, wreszcie rozgrzewamy też mieszaninę cukru i tlenniku miedzi pomiędzy b i a. Cukier rozkłada się i całkowity zawarty w nim węgiel przechodzi w dwutlenek węgla, a całkowity wodór zamienia się na wodę. Tlennik miedzi, złożony z miedzi i tlenu, gdy rozżarzony jest w zetknięciu z ciałami organicznemi, oddaje im tlen i służy tu jako środek zapewniający całkowite spalenie węgla i wodoru.

Produkty rozkładu cukru mogą uchodzić tylko otwartym końcem rury. Woda tu wytworzona zatrzymuje się w rurze r wypełnionej chlorkiem wapnia, ponieważ chlorek wapnia jest środkiem hygroskopijnym t. j. chciwie pochłaniającym wodę. Wszystek zaś utworzony dwutlenek węgla zatrzymuje się w ługu potasowym w przyrządziku k, a woda mogąca z tego ostatniego odparowywać pochłonięta zostaje w małej rurce z potasem gryzącym. Nieco wody i dwutlenku węgla pozostaje jeszcze pod koniec spalania w rurze. Aby i tę resztę przeprowadzić do r i k, na zamknięty ostry koniec rury szklanej naciągamy rurkę kauczukową, która drugim końcem połączona jest z innym przyrządem zawierającym chlorek wapnia i z przyrządzikiem napełnionym ługiem. Następnie wewnątrz kauczukowej rurki odłamujemy ostry koniec rury i ze zbiornika gazowego przepuszczamy powietrze atmosferyczne przez rurę. Powietrze oczyszcza się oczywiście w ten sposób od pary wodnej i dwutlenku węgla, porywa ze sobą zawarte jeszcze w rurze resztki wody i dwutlenku węgla i przeprowadza je do r i k. Powtórne zważenie r i k pozwala nam oznaczyć, wiele wody i wiele dwutlenku węgla przyrządom tym przybyło. W próbie podobnej znaleziono (na 100 g cukru): [1])

145,64 g CO_2	co odpowiada	39,72 g C
60,30 g H_2O	„	6,70 g H
		46,42

Brak przeto do 100 g jeszcze 53,58 g. Ta różnica przypadać musi na tlen, ponieważ ze 100 g cukru nie powstało nic innego jak tylko CO_2 i H_2O. Cukier gronowy składa się zatem z trzech pierwiastków: węgla, wodoru i tlenu. Skład jego procentowy, według rozbioru naszego [2]), jest następujący:

[1]) Ilości wagowe oznaczone w rozbiorze przerachowane są na 100 g cukru i wyrażają zawartość procentową. W rzeczywistości rozbiór został dokonany z ilością znacznie mniejszą (mniej niż 1 g) cukru.

[2]) Zawartość tlenu w cukrze nie została oznaczona bezpośrednio, lecz obliczona z różnicy pomiędzy ciężarem cukru (100) i sumą węgla i wodoru (46,42). Dwutlenek węgla (CO_2) i woda (H_2O), które powstały podczas analizy, zawierają znacznie więcej tlenu, niż było go w cukrze; tlenu niezbędnego do zupełnego spalenia cukru dostarczył tlennik miedzi.

www.dlibra.wum.edu.pl

39,72% C
6,70 „ H
53,58 „ O
100,00.

11. Obliczenie wzoru chemicznego

11. Chcąc ze składu procentowego cukru

39,72 C : 6,70 H : 53,58 O

obliczyć wzór chemiczny t. j. oznaczyć, wiele atomów z zawartych tu trzech pierwiastków mieści się w jednej cząsteczce, podzielmy otrzymane liczby przez odpowiednie ciężary atomowe. Otrzymamy:

$$\frac{39,72}{12}\,C : \frac{6,70}{1}\,H : \frac{53,58}{16}\,O =$$

$$= 3,31\,C : 6,70\,H : 3,35\,O.$$

Ponieważ liczba atomów może być wyrażona tylko liczbami całkowitemi, przeto zaokrąglamy na

3 atomy C, 6 atomów H i 3 atomy O.

Tem snadniej możemy to uczynić, że uchylenia z pewnością położyć należy na karb nie dających się uniknąć drobnych pomyłek. Możemy przeto przyjąć za wzór cukru $C_3H_6O_3$; lecz z tą samą słusznością moglibyśmy napisać CH_2O lub $C_2H_4O_2$ albo ogólnie $(CH_2O)_n$, gdzie n oznacza dowolną liczbę całkowitą. Wszystkie bowiem te wzory zgadzają się dobrze z rezultatem rozbioru, który wszak wskazuje nam tylko stosunek zawartości ilościowej trzech części składowych w cukrze. Obliczamy według któregokolwiek z tych wzorów skład procentowy cukru, a otrzymamy zawsze

40,0% C, 6,66% H i 53,33% O,

co nieco różni się od liczb otrzymanych przez analizę właśnie z powodu błędów, popełnionych przy ważeniu i innych niezbędnych operacyach.

Wszystkie więc te wzory mają jednakowe prawdopodobieństwo. Aby przeto jednemu z nich oddać bezwarunkowe pierwszeństwo, musimy poszukać pewnej cechy charakterystycznej, pewnego sposobu, pozwalającego stanowczo rzecz rozstrzygnąć. Jest jeden tylko taki sposób. Potrzeba oznaczyć ciężar cząsteczki cukru.

12. Rozbiór i obliczenie wzoru chemicznego eteru.

12. Oznaczenie gęstości pary dla cukru nie jest możliwe, albowiem nie można go zamienić na parę; wcześniej już rozkłada się to ciało przy ogrzewaniu. Powtórzmy więc nasze doświadczenie z innym związkiem, który, podobnie jak cukier, składa się tylko z węgla, wodoru i tlenu, lecz łatwo może być badany w stanie gazowym. Wybieramy w tym celu eter.

www.dlibra.wum.edu.pl

Eter (eter etylowy) jest cieczą klarowną, bezbarwną, ruchliwszą bo lżejszą od wody i ma ciężar właściwy 0,725. Łatwo ulatnia się i spala. Pali się płomieniem świecącym; przy spaleniu tworzy się dwutlenek węgla i woda. Rozbiór okazuje, że 100 części eteru zawierają:

C	64,865
H	13,513
O	21,622
	100,000.

Dzieląc te liczby przez ciężary atomów odnośnych pierwiastków, otrzymujemy:

dla C 64,865 : 12 = 5,405
„ H 13,513 : 1 = 13,513
„ O 21,622 : 16 = 1,351.

Druga z otrzymanych liczb ma się do ostatniej jak 10 : 1, pierwsza do ostatniej jak 4 : 1. Przypuśćmy przeto, że cząsteczka eteru zawiera jeden atom tlenu, a w takim razie zawierać będzie musiała 10 atomów wodoru i 4 atomy węgla. Wzór chemiczny eteru będzie więc $C_4H_{10}O$ lub jakakolwiek wielokrotna tegoż. Weźmy z tych wzorów najprostszy t. j. $C_4H_{10}O$, to z niego obliczymy ciężar cząsteczki na

$$(4 \times 12) + (10 \times 1) + (1 \times 16) = 74.$$

Ponieważ eter łatwo i bez rozkładu można zamienić na parę (eter wre przy 35°), możemy przeto oznaczyć gęstość jego pary, a tem samem i ciężar jego cząsteczki. Ważymy pewną ilość eteru, zamieniamy ją na parę, oznaczamy zajmowaną przez nią objętość, mierzymy dokładnie temperaturę i ciśnienie pary. Obliczamy następnie, wiele waży w tej samej temperaturze i przy temże ciśnieniu równa objętość wodoru. Dzieląc ciężar eteru przez ciężar takiej samej objętości wodoru, otrzymujemy ciężar właściwy czyli gęstość pary eteru w stosunku do wodoru jako jednostki. Otrzymujemy jako rezultat 37.

Wiemy wszakże (porówn. § 7), że cząsteczka wodoru ma ciężar 2, więc ciężar cząsteczki eteru $= 2 \times 37 = 74$. Z wielu przeto możliwych wzorów chemicznych eteru okazuje się słusznym jedynie najprostszy wzór $C_4H_{10}O$.

13. Aby dojść do prawdziwych wzorów chemicznych dla ciał takich, których gęstości pary oznaczyć nie możemy, mamy sposoby rozmaite polegające na znanych nam już w części prawidłowościach. Często stosowana metoda t. zw. stechiometryczna polega na tem, że oznaczamy na wagę ilość badanego związku, która łączy się z innym znanym nam związkiem lub z pierwiastkiem, którego ciężar atomowy jest nam znany. Przypuśćmy, że

13. Metoda stechiometryczna.

www.dlibra.wum.edu.pl

poddaliśmy rozbiorowi kwas octowy i otrzymaliśmy wynik, że 100 części kwasu tego zawierają 40,00 C, 6,66 H i 53,33 O. Liczby te, podzielone przez ciężary atomowe odnośnych pierwiastków, dają:

$$\text{dla C } 40{,}00 : 12 = 3{,}33$$
$$\text{„ H } 6{,}66 : 1 = 6{,}66$$
$$\text{„ O } 53{,}33 : 16 = 3{,}33.$$

Obliczamy ztąd wzór: CH_2O lub wielokrotną tegoż. Kwas octowy łączy się ze srebrem w taki sposób, że 1 atom wodoru występuje i zastępuje go 1 atom srebra [1]). Odważoną ilość tego związku, octanu srebra, wyprażmy, a wówczas substancya organiczna się spali, pozostanie zaś srebro metaliczne. Pozostałość po wyżarzeniu stanowi 64,7% całości. Octan srebra składa się zatem z 64,7% srebra i 35,3% substancyi organicznej. Ciężar atomu srebra wynosi 108. Zatem ciężar x substancyi organicznej znajdujemy z proporcyi:

$$64{,}7 : 35{,}3 = 108 : x$$
$$x = 59.$$

Dodajmy do tego ciężar jednego atomu H, a otrzymamy dla ciężaru cząsteczki kwasu octowego $59 + 1 = 60$. Wzór CH_2O daje $12 + 2 + 16 = 30$; musimy go zatem podwoić i pisać $C_2H_4O_2$.

14. Metoda osmotyczna i inne.

14. Jeżeli ciała, których ciężary cząsteczkowe mamy oznaczyć, są rozpuszczalne, możemy do oznaczenia posługiwać się własnościami roztworów, które poznaliśmy w rozdziale szóstym. Roztwory izotoniczne (porówn. rozdz. VI § 19) zawierają w jednakowych objętościach rozpuszczalnika równą liczbę cząsteczek ciała rozpuszczonego. Rozpuśćmy w litrze wody jednę cząsteczkę gramową ciała A, którego ciężar cząsteczkowy jest nam znany i wybadajmy, wiele potrzeba rozpuścić gramów danej substancyi B w jednym litrze, aby obadwa roztwory były izotoniczne, a oznaczymy w takim razie cząsteczkę gramową, zatem i ciężar cząsteczkowy owego ciała B.

Przy tych oznaczeniach dogodniejsze jest obliczanie stężenia (koncentracyi) roztworów według cząsteczek gramowych zamiast zwykłego obliczania według procentów na wagę. Jeżeli w 100 cm^3 rozpuszczalnika rozpuszczono a, b lub c gramów związku, powiadamy, że mamy roz-

[1]) Zrozumiemy w dalszym ciągu (porówn. rozdz. IX), dlaczego wiemy, że 1 atom srebra zastępuje jeden atom wodoru. Skład procentowy kwasu octowego jest taki sam, jak cukru, lecz wzory tych dwu związków są różne. Mamy w tem dowód, jak ważną jest rzeczą poznanie dokładne wzoru związku chemicznego.

www.dlibra.wum.edu.pl

twór *a*-, *b*- lub *c*-procentowy. Lecz roztwory rozmaitych ciał przy jednakowej zawartości procentowej niejednakowe mają w sobie liczby cząsteczek. Podzielmy liczbę gramów danej substancyi przez jej ciężar cząsteczkowy, a otrzymamy koncentracyą w postaci bardzo dogodnej dla porównywania ciśnień osmotycznych.

Saletra potasowa ma wzór chemiczny KNO_3 a ciężar cząsteczki = 101. Jeżeli 5,05 *g* saletry jest rozpuszczonych w 100 *g* wody, powiadamy, że jest to roztwór 5,05%-wy. Roztwór taki w litrze zawiera 50,5 *g*. Podzielmy tę ostatnią liczbę przez 101, a otrzymamy 0,5; roztwór zawiera więc $^1/_2$ cząsteczki gramowej w litrze. Roztwór taki okazuje się izotonicznym z roztworem cukru gronowego o zawartości 18% czyli mającym 180 *g* cukru w litrze. Należałoby przeto wnosić, że 180 jest połową cząsteczki gramowej cukru gronowego, że więc ciężar cząsteczki cukru = 360. Lecz to wniosek błędny. Liczbę tę trzeba przepołowić; ciężar cząsteczki cukru gronowego = 180. O przyczynach tego odchylenia napomknęliśmy już na str. 151 i str. 162. Porówn. niżej § 16.

Z rozbioru pierwiastkowego wyprowadziliśmy dla cukru gronowego ogólny, bliżej nieokreślony wzór $(CH_2O)n$. Przypuśćmy, że n = 1, a otrzymamy ciężar cząsteczki 12 + 2 + 16 = 30. Skoro wszakże prawdziwy ciężar cząsteczki = 180, przeto wzór prawdziwy musi być $C_6H_{12}O_6$.

W wielu razach do oznaczenia ciężaru cząsteczkowego z korzyścią posługiwać się możemy prawidłowościami, o których była mowa w rozdziale siódmym (podniesienie punktu wrzenia, obniżenie punktu zamarzania, przewodnictwo elektryczne roztworów) [1].

Gdy mamy do czynienia z ciałami, które w wodzie wcale się nie rozpuszczają lub nie rozpuszczają się w niej bez zmiany, wówczas używamy innych rozpuszczalników: alkoholu, benzolu i in. Przy pomocy tej lub innej z ostatnio opisanych metod powiodło się oznaczyć ciężary cząsteczkowe takich ciał, do których nie można stosować metody przez oznaczenie gęstości pary oraz metody stechiometrycznej. Pomimo to, zwłaszcza pośród ciał najważniejszych dla fizyologii są jeszcze takie, dla których żadna z metod dotąd znanych do celu nie prowadzi, a trudność ich otrzymania w stanie doskonałej czystości sprawia, że i rozbiór pierwiastkowy przybliżoną daje tylko możność oznaczenia wzoru chemicznego. W tych więc przypadkach musimy tymczasem poprzestać na podaniu składu procentowego; w najlepszym razie podać możemy wzór, mający większe lub mniejsze prawdopodobieństwo.

---

[1]) Czy metody te dadzą się także zastosować do t. zw. roztworów rzekomych (roztworów ciał koloidowych), na to potrzeba jeszcze dalszych badań ściślejszych.

www.dlibra.wum.edu.pl

15. Dysocyacya gazów.

15. Nie powinniśmy sobie wyobrażać, aby kompleksy atomów, nazywane przez nas cząsteczkami, były utworami niewzruszenie trwałemi i nieruchomemi. Mnóstwo danych przemawia za tem, że nietylko cząsteczki znajdują się w ustawicznym ruchu, lecz że i wewnątrz każdej cząsteczki atomy poruszają się bezustannie, tak wszakże, że przez to wspólny punkt ciężkości bynajmniej nie ulega przemieszczeniu. I te ruchy stają się szybsze, gdy temperatura się podnosi; w temperaturze zaś dostatecznie wysokiej odległość pomiędzy atomami stać się może tak znaczną, że dzięki temu pokonane zostaje ich wzajemne przyciąganie (powinowactwo chemiczne). Następuje wówczas rozpad, rozkład cząsteczki już to na oddzielne atomy, już też na mniejsze grupy atomów. Można przeto wiele związków chemicznych rozłożyć przez dostatecznie silne ogrzewanie, zwłaszcza związki takie, których części składowe wszystkie lub w części są gazami lub stają się gazowemi w temperaturze wyższej.

Rozkład tego rodzaju nazywamy dysocyacyą. Gdy np. ogrzewamy tlennik rtęci w trudno topliwej rurze szklanej, rozkłada się on na parę rtęci i tlen; rtęć w stanie ciekłym osiada w chłodnych miejscach rury, tlen zaś w postaci gazu uchodzi. Rozkład taki zachodzi już przy słabszem ogrzewaniu, nawet w cieple pokoju, lecz bardzo powolnie. Chlorek amonu NH_4Cl przy ogrzewaniu odparowuje; lecz jednocześnie następuje rozkład, a w temperaturach powyżej 350° mamy już tylko mieszaninę amoniaku NH_3 i chlorowodoru HCl. Ponieważ w temperaturach niższych niż 350° rozkład chlorku amonu nie jest zupełny, przeto w tym wypadku znajdują się obok siebie cząsteczki chlorku amonu, amoniaku i chlorowodoru [1]). Im temperatura bardziej się podnosi, tem większą jest liczba cząsteczek amoniaku i chlorowodoru a mniejszą chlorku amonu.

Ponieważ objętość i ciśnienie gazu zależą od liczby zawartych w przestrzeni cząsteczek, przeto gazy, które w miarę wzrastania temperatury coraz bardziej się dysocyują, odchylają się pozornie od praw Gay-Lussaca i Boyle-Mariotte'a (porówn. rozdz. VI § 2 i 3). Objętości tych gazów przy stałem ciśnieniu szybciej wzrastają, niż odpowiada to podwyższeniu temperatury. Jednocześnie gęstość zmniejsza się; w tem-

[1]) Ponieważ amoniak ma ciężar cząsteczki 17, a chlorowodór 36,2, przeto cząsteczki chlorowodoru powolniej przenikają przez przegrody porowate. Jeżeli parę przeprowadzimy przez rurę, w której przegroda taka jest umieszczona, wówczas chlorowodór zbiera się przed tą przegrodą, gdy tymczasem amoniak szybciej przechodzi do drugiej części rury.

www.dlibra.wum.edu.pl

peraturach, w których dysocyacya jest zupełna, gęstość jest o połowę mniejsza aniżeli byćby powinna według ciężaru cząsteczki związku.

Podobne zjawisko jak w chlorku amonu spostrzegamy np. na pięciochlorku fosforu, który w temperaturach powyżej 182° rozpada się na trójchlorek fosforu i chlor: $PCl_5 = PCl_3 + Cl_2$. Lecz i pierwiastki, czyli ciała, których cząsteczki z jednakowych składają się atomów, mogą rozpaść się przy podniesieniu temperatury na pojedyńcze atomy lub na cząsteczki o mniejszej liczbie atomów. Cząsteczki pary jodu w niższej temperaturze złożone są z 2 atomów; w temperaturach powyżej 500° wszakże poczynają się rozdzielać, a przy 1500° istnieją już tylko pojedyńcze atomy jodu; gęstość jodu w tych temperaturach wynosi już tylko połowę gęstości poniżej 500°.

Z oznaczeń gęstości par i gazów pierwiastków i ich związków wynika, że cząsteczki wodoru, tlenu, azotu, chloru, pary bromu i jodu poniżej 500° oraz fluoru złożone są z dwu atomów; cząsteczki pierwiastków, które w niższych temperaturach są stałe, jak jod, fosfór, siarka, arsen i t. p. w stanie tym prawdopodobnie są złożone z większej liczby atomów. Te z nich, które mogą przybierać stan skupienia gazowy, rozpadają się przytem na mniejsze cząsteczki; siarka ma wówczas dwa atomy, fosfór cztery atomy w cząsteczce.

Dwa atomy pierwiastków chlorowcowych (halogenów: chloru, jodu, bromu, fluoru) łatwo się oddzielają od siebie w obecności takich ciał, z któremi mogą się łączyć. Tak np. w obecności sodu z jednej cząsteczki chloru powstają dwie cząsteczki chlorku sodu. Powiadamy, że pierwiastki te z łatwością reagują chemicznie. W porównaniu z niemi wodór, tlen i azot są stosunkowo leniwemi, mało do reagowania zdolnemi pierwiastkami, atomy ich bowiem silniej są ze sobą połączone w cząsteczki. Gdy wszakże rozdzielamy w jakikolwiek sposób te atomy lub gdy one wyzwalają się z jakichkolwiek swoich związków, wówczas te wolne, swobodne atomy w chwili wyzwalania się, zanim jeszcze zdążą połączyć się pomiędzy sobą na cząsteczki, również w wysokim stopniu do reagowania chemicznego są skłonne. Taki stan wolnych atomów nazywamy stanem wytwarzania się, wyzwalania, „*status nascendi*.“

Atomy niedawno temu odkrytych pierwiastków argonu i helu bardziej jeszcze są bezwładne; w nadzwyczaj małym stopniu posiadają zdolność łączenia się z innemi pierwiastkami. Prawdopodobnie w nich atomy są odosobnione; każda cząsteczka składa się tylko z jednego atomu. To samo prawdopodobnie dotyczy wszystkich metalów; dowiedziono tego dla tych metalów, które badano

www.dlibra.wum.edu.pl

w stanie pary i których gęstość pary oznaczono. Ich związki gazowe mają dokładnie tę samą objętość, co i zawarta w nich para metalu [1]).

16. Dysocyacya związków rozpuszczonych.

16. W rozdziale VI-ym dowiedzieliśmy się, że cząsteczki ciała rozpuszczonego zachowują się tak jak cząsteczki gazu. W rozpuszczalniku cząsteczki te wykonywają ruchy według tych samych praw co cząsteczki gazu w przestrzeni i odpowiednio do tego wywierają ciśnienie osmotyczne, które, podobnie jak ciśnienie gazów, jest proporcyonalne do temperatury absolutnej. Przyjmując i dla ciał rozpuszczonych, że obok ruchów cząsteczkowych zachodzą drgające wewnątrzcząsteczkowe ruchy atomów i że ruchy te wzmagają się z wzrastaniem temperatury, pojąć możemy z łatwością, dlaczego i w tych ciałach nastąpić może dysocyacya. Wszakże ten dysocyacyjny rozkład cząsteczek nie zachodzi we wszystkich ciałach rozpuszczalnych, lecz tylko w takich, które w roztworach swych są przewodnikami elektryczności, w tak zwanych elektrolitach, które pod wpływem prądu elektrycznego rozkładają się. Powstające przy tem dwie części składowe mogą być wolnemi atomami lub grupami atomów. Dysocyacya tem jest znaczniejsza, im temperatura jest wyższa i im roztwór bardziej jest rozcieńczony. Tak np. w roztworze saletry potasowej KNO_3 znajdują się obok siebie cząsteczki KNO_3, K i NO_3. Im roztwór mniej jest stężony, tem więcej jest w nim produktów rozkładu K i NO_3; ciśnienie osmotyczne przeto przy znacznem rozcieńczeniu roztworu zbliża się coraz bardziej do podwójnej wartości ciśnienia osmotycznego obliczonego z ciężaru cząsteczkowego. Oto przyczyna, dla której przy porównaniu ciśnienia osmotycznego roztworu saletry z takiemże ciśnieniem roztworu cukru gronowego (porówn. str. 189) zmuszeni byliśmy podzielić przez 2 liczbę znalezioną dla ciężaru cząsteczki cukru (porówn. także str. 162). Należy tę okoliczność uwzględnić przy wszelkich oznaczeniach ciężaru cząsteczkowego, opierających się na ciśnieniu osmotycznem, obniżeniu punktu zamarzania lub podwyższeniu punktu wrzenia. Wartości liczbowe otrzymywane przy obserwowaniu wszystkich tych zjawisk zależą bowiem zawsze od liczby rozpuszczonych w jednostce objętości cząsteczek. Gdy w rozcieńczonych roztworach elektrolitów cząsteczki się rozszczepiają, ciśnienie osmotyczne staje się większem aniżeli to wypada z obliczenia ciężaru cząsteczkowego rozpuszczonego związku.

[1]) Metale różnią się od wszelkich pozostałych pierwiastków, t. zw. metaloidów, do których należą też argon i hel (pomimo swych cząsteczek jednoatomowych), pewną liczbą cech wspólnych, zwłaszcza dobrem przewodnictwem ciepła i elektryczności.

www.dlibra.wum.edu.pl

Do roztworu elektrolitu zanurzmy dwie blaszki platynowe połączone z różnoimiennemi biegunami stosu galwanicznego; nastąpi rozkład, dysocyacya rozpuszczonego związku, a produkty dysocyacyi o różnoimiennym ładunku elektrycznym wędrują w dwu przeciwnych kierunkach ku biegunom elektrycznym. Części powstałe z rozkładu nazywają się iony. Część składowa, która przenosi ładunek elektryczny od bieguna dodatniego (anody) do odjemnego (katody), nazywa się kationem, druga, przenosząca się do anody, anionem. U biegunów czyli elektrod elektryczność się wyzwala, produkt zaś chemiczny albo uchodzi w postaci cząsteczek gazowych, albo wydziela się w postaci stałej, albo wreszcie wywołuje następcze reakcye chemiczne w rozpuszczalniku. Elektrolity zatem przewodzą elektryczność, gdy współcześnie ulegają rozkładowi. Zachodzi tu przeto inne zjawisko aniżeli przy przewodnictwie metalów, które przenoszą od atomu do atomu napięcie elektryczne, nie zmieniając się przytem pod względem chemicznym.

Jeżeli jedna ze składowych części ciała rozpuszczonego jest gazem w temperaturze roztworu, w takim razie może ona wskutek dysocyacyi ulotnić się z roztworu, tem łatwiej, im ciśnienie parcyalne tego gazu nad roztworem jest mniejsze. Zjawisko to ma doniosłe znaczenie w procesie oddychania, t. j. pobierania tlenu i oddawania dwutlenku węgla, nieodmiennie występującym we wszelkich ustrojach żywych (porówn. rozdz. XI § 9 i rozdz. XVI). U zwierząt wyższych w zjawisku oddychania pośredniczy krew. We krwi, mianowicie w czerwonych ciałkach krwi, znajduje się barwnik czerwony, hemoglobina, który przyłączyć może tlen, a w osoczu t. j. w ciekłej części krwi rozpuszczone są rozmaite sole, zwłaszcza węglany i fosforany alkaliów, które łączyć się mogą z dwutlenkiem węgla. Gdy krew znajdzie się w próżni, wówczas uchodzą nietylko gazy w niej pochłonięte, lecz i te, które wydzielają się wskutek dysocyacyi. Gdy krew znajdzie się w powietrzu ubogiem w tlen, wówczas tlen z niej się wydziela; gdy znajdzie się w powietrzu ubogiem w dwutlenek węgla, uchodzi z niej dwutlenek węgla. Hemoglobina traci całkowity połączony z nią tlen, gdy ciśnienie parcyalne tlenu w powietrzu z krwią zetkniętem opada poniżej 10 *mm* rtęci. Roztwory dwuwęglanu sodu przez dysocyacyą nie oddają całkowitego dwutlenku węgla [1]); część tego gazu silniej jest związana i może być wydzielona jedynie przez

[1]) O stosunku kwasu węglanego do dwutlenku węgla porówn. rozdz. IX § 9.

www.dlibra.wum.edu.pl

kwasy, które silniejsze niż dwutlenek węgla mają powinowactwo do sodu. W stanie suchym związek tlenu z hemoglobiną nie traci swego tlenu; natomiast sproszkowany dwuwęglan sodu wydziela, choć powolnie, część swego dwutlenku węgla nawet w suchem powietrzu atmosferycznem, szybciej oczywiście w temperaturze wyższej.

Roztwory węglanu sodu, nasycone dwutlenkiem węgla pod rozmaitem ciśnieniem, nie są wprost posłuszne prawu absorpcyi Henry-Daltona (rozdz. VI § 14), albowiem zachodzi tu nie proste pochłanianie, lecz zjawisko zawilsze, w którem współdziałają łączenie się chemiczne i dysocyacya. To samo dotyczy roztworów hemoglobiny względem tlenu i krwi względem obudwu gazów: tlenu i dwutlenku węgla.

www.dlibra.wum.edu.pl

ROZDZIAŁ DZIEWIĄTY.

Budowa związków chemicznych.

1. Opisane w pierwszych paragrafach rozdziału poprzedniego metody rozkładu i tworzenia związków są reakcyami chemicznemi dokonywanemi przy pomocy środków fizycznych. Były tam w części syntezy, w części rozkłady, analizy. Odmiennie zazwyczaj przebiegają reakcye, w których działają środki czysto chemiczne. 1. Substytucya (podstawienie).

Sód metaliczny w zetknięciu z wodą może zapłonąć i spalić się z wytworzeniem gazu. Gaz ten możemy zebrać w naczyniu odwróconem dnem do góry i przekonamy się, że jest to czysty wodór. Powiadamy przeto, że sód dokonał rozkładu wody i wydzielił z niej wodór.

Pragnąc przekonać się, co się stało z sodem i tlenem wody, musimy zbadać pozostałą po tej reakcyi wodę.

Woda chemicznie czysta nie ma wyraźnego smaku; nie zmienia błękitnego ani czerwonego papieru lakmusowego. Woda natomiast, która pozostała po owem doświadczeniu z sodem, ma słaby wprawdzie lecz wyraźny smak, zwany „ługowatym,“ i niebieszczy czerwony papier lakmusowy.

Jeżeli doświadczenie to wykonamy z większą ilością sodu, możemy przez odparowanie wody otrzymać jeden z wytworzonych tu produktów (drugim produktem jest wodór). Po odparowaniu wody pozostaje masa biała, promienisto krystalizująca, nieco przeświecająca i na powietrzu łatwo rozpływająca się. Masa ta była rozpuszczona w wodzie; musiała ona powstać obok wodoru podczas reakcyi sodu na wodę.

Rozbiór chemiczny wykazuje, że otrzymane tu ciało składa się z sodu, tlenu i wodoru i że skład ten daje się wyrazić wzorem NaOH. Nazywamy to ciało wodan sodu. Woda, jak nam wiadomo, składa się z 2 atomów wodoru i 1 atomu tlenu, ma więc wzór

www.dlibra.wum.edu.pl

chemiczny H_2O. Możemy przeto wyrazić reakcyę chemiczną, jaka tu zaszła, następującem równaniem:

$$\underset{\text{woda}}{H_2O} + \underset{\text{sód}}{Na} = \underset{\text{wodan sodu}}{NaOH} + \underset{\text{wodór}}{H}$$

Należałoby zatem wyobrazić sobie, że z wody wystąpił jeden atom wodoru, a na miejsce jego wstąpił jeden atom sodu. Reakcyę taką nazywamy podstawieniem, zastąpieniem (substytucya). Możemy wodan sodu uważać niejako za wodę, w której jeden atom wodoru jest zastąpiony przez jeden atom sodu. Zastąpienia takie niezmiernie często zachodzą w zjawiskach chemicznych. Można schematycznie wyprowadzić wszystkie znane związki chemiczne z niewielu związków typowych w ten mianowicie sposób, że poszczególne atomy w owych typach wyobrażamy sobie zastępowane przez inne atomy.

Poznaliśmy już związek chlorowodór, którego wzór chemiczny jest HCl. Jest to ciało gazowe. Gaz ten obficie chłoniony jest przez wodę: 1 objętość wody w temperaturze pokojowej rozpuszcza w sobie około 400 objętości chlorowodoru. Gdy wodę, zawierającą w sobie HCl, dodamy do nasyconego roztworu wodanu sodu, wydzieli się biała masa krystaliczna. Zbadanie bliższe okazuje, że wytworzyła się sól kuchenna czyli chlorek sodu, którego skład wyraża się wzorem NaCl. Reakcya, jaka tu się odbyła, może być ujęta w równanie:

$$\underset{\text{chlorowodór}}{HCl} + \underset{\text{wodan sodu}}{NaOH} = \underset{\text{chlorek sodu}}{NaCl} + \underset{\text{woda}}{HOH}$$

Chlorowodór i wodan sodu zamieniają się na chlorek sodu i wodę.

Mamy tu wymianę połączonych pierwiastków albo podwójne podstawienie, podwójne zastąpienie. Z HCl powstał związek NaCl przez wystąpienie H i wstąpienie Na, gdy tymczasem wyzwolony atom H w związku NaOH zastąpił atom Na i w ten sposób znów wytworzył wodę. Jeżeli rozpatrywać nam było wolno NaOH jako wodę, w której jeden atom H był zastąpiony przez Na, to również możemy NaCl uważać niejako za HCl, w którym miejsce wodoru zajmuje sód.

2. Kwasy, zasady, sole.

2. Trzy ciała, któreśmy tu poznali, posiadają pewne własności, pozwalające upatrywać w nich typy (w innem znaczeniu niż w § 1) dla całych gromad związków. Roztwór wodanu sodu ma smak ługowaty i niebieszczy czerwony papier lakmusowy. Roztwór chlorowodoru ma smak kwaśny, nie zmienia czerwonego

www.dlibra.wum.edu.pl

lakmusu, lecz czerwieni papier lakmusowy niebieski. Czysta woda nie ma smaku ani ługowego ani kwaśnego i ani niebieszczy czerwonego ani czerwieni błękitnego lakmusu. Zmiany barw muszą przeto pochodzić od substancyj rozpuszczonych w wodzie, z jednej strony od wodanu sodu, z drugiej od chlorowodoru. Podobnie jak czysta woda, tak i roztwór chlorku sodu, powstający przez zmieszanie owych dwu roztworów wodanu sodu i chlorowodoru, pozostaje bez wpływu i na niebieski i na czerwony lakmus; różni się on wszakże smakiem od czystej wody, gdyż smakuje wyraźnie słono.

Ciała, zachowujące się podobnie jak roztwór chlorowodoru, nazywają się kwasy; ciała, które podobne są w powyższych własnościach do wodanu sodu, nazywają się zasady. Mówimy o pierwszych, że mają odczyn kwaśny, o drugiej grupie ciał, że mają odczyn zasadowy albo alkaliczny. Ciała, które, podobnie jak chlorek sodu, powstają z działania zasady na kwas i zachowują się tak jak chlorek sodu, nazywają się sole. Jeżeli te ostatnie nie czerwienią błękitnego lakmusu ani nie niebieszczą czerwonego, to powiadamy, że oddziaływają obojętnie. Są bowiem sole, które wskazują odczyn kwaśny, są i takie, które mają odczyn zasadowy.

Utworzenie się NaCl z HCl i NaOH nastąpiło przy jednoczesnem wytworzeniu się wody. Chlor i sód mogą się też połączyć, gdy bezpośrednio ze sobą znajdą się w zetknięciu. Reakcya ta zachodzi bardzo żywo w temperaturze wyższej. Gdy ogrzewamy sód w chlorze gazowym, łączą się one bezpośrednio na NaCl, a łączeniu temu towarzyszy ukazanie się płomienia; powstający chlorek sodu występuje jako biała para, która w chłodniejszych częściach przyrządu osiada w stanie stałym. Gdy ogrzewamy sód w strumieniu chlorowodoru, to i wówczas powstaje chlorek sodu; lecz współcześnie wyzwala się wodór. Reakcye te możemy wyrazić równaniami:

	Cl	+	Na	=	NaCl		
	chlor		sód		chlorek sodu		
i	HCl	+	Na	=	NaCl	+	H
	chlorowodór		sód		chlorek sodu		wodór.

3. Z rozmaitych tych reakcyj możemy wyprowadzić niektóre wnioski o własnościach atomów różnorodnych. Możemy powiedzieć, że atomy łączą się, bo mają względem siebie powinowactwo. Jest to co prawda tylko nazwa pewnej przypisywanej przez nas atomom właściwości, której bliżej nie znamy. Lecz pojmowa- 3. Powinowactwo chemiczne atomów.

www.dlibra.wum.edu.pl

nie takie pozwala nam dobrze rozumieć istotę tych reakcyj. Możemy też wnioskować, że powinowactwa te bywają rozmaitego stopnia. Skoro Na wypiera ze związku H_2O jeden atom H, to oczywiście należy mu przypisać względem grupy OH siłę powinowactwa większą niż powinowactwo pomiędzy OH i H. Również należy przypuścić, że istnieje silniejsze powinowactwo między Cl i Na aniżeli między Cl i H, skoro wodór zostaje rugowany przez Na. Wreszcie pomiędzy Na i H może zachodzić powinowactwo chemiczne nader słabe zaledwie, albowiem dwa te pierwiastki w zwykłej temperaturze wcale się bezpośrednio z sobą nie łączą; potrzeba do tego dopiero pośredniczącego ogniwa, którem jest atom tlenu w związku NaOH.

Gdy H i Cl łączą się na HCl, powstający ztąd związek jest kwasem. Gdy łączą się Na i Cl, powstaje sól. O i H łączą się na wodę H_2O, związek w zupełności obojętny [1]). Wreszcie w związku NaOH poznaliśmy ciało zasadowe. Widzimy ztąd, że i Na, podobnie jak Cl, daje związki rozmaitego charakteru, zależnie od rodzaju owej drugiej części składowej, z którą się łączy.

Rozmaite więc pierwiastki, zależnie od swych podstawowych własności, działają rozmaicie, lecz na własności owe wpływają także inne pierwiastki, te mianowicie, z któremi następuje połączenie. Wiele danych przemawia za tem, że mają w tym kierunku pewne znaczenie własności elektryczne właściwe atomom oraz grupom atomowym—na co zwróciliśmy już uwagę w rozdz. VIII § 16. Ponieważ części, na które rozpadają się cząsteczki elektrolitów, zachowują się odmiennie pod względem elektrycznym, przeto atomy i grupy atomowe muszą być obdarzone pewnemi własnościami elektrycznemi, które prawdopodobnie warunkują ich zdolność łączenia się chemicznego.

Podobnie do chloru zachowują się jod, brom i fluor. I te pierwiastki łączą się z wodorem na kwasy: HJ (jodowodorny), HBr (bromowodorny), HFl (fluorowodorny), a z sodem, potasem oraz innemi metalami na sole. Zawdzięczają te pierwiastki swej właściwości tworzenia soli z metalami nazwę solotwórczych (halogeny), którą nadano całej grupie: Cl, Br, J i Fl. Podobnemi do sodu są potas, lityn, srebro i inne, które z grupą OH dają odpowiednie wodany. Charakterystycznem jest dla kwasów HCl, HBr, HJ

---

[1]) Pomimo tej obojętności woda we wszystkich prawie reakcyach chemicznych duże ma znaczenie już to w ten sposób, że jako rozpuszczalnik umożliwia działanie wzajemne na siebie związków rozpuszczonych, już też dzięki temu, że sama ulega rozkładowi, a powstające ztąd pierwiastki, wodór i tlen, biorą udział w procesie chemicznym.

www.dlibra.wum.edu.pl

i HFl, że przy zetknięciu z wymienionemi dopiero metalami lub odpowiadającemi tymże wodanami atom wodoru z kwasów tych zostaje wyparty i powstają odpowiednie sole NaCl, KCl, LiCl, AgCl lub odnośne sole jodowe, bromowe i fluorowe. Dzieje się to przy współczesnem wyzwoleniu wolnego wodoru, jeżeli kwas działa bezpośrednio na metal, natomiast przy współczesnem tworzeniu się wody, jeżeli działają na się kwas i wodan, jak to wyżej przytoczyliśmy w równaniu dla chlorowodoru. To samo dotyczy wszelkich kwasów; we wszystkich kwasach zawarty jest conajmniej jeden atom H, który łatwo daje się zastąpić przez metal, co prowadzi do utworzenia się soli. Gdy wszakże w HCl, HBr, HJ i HFl atom wodoru bezpośrednio jest połączony z drugim atomem, w innych natomiast grupach kwasów wodór bezpośrednio związany jest z tlenem. Powrócimy jeszcze do tego przedmiotu.

4. W ciałach HCl, HBr, HJ, HFl, NaCl, KCl, LiCl, AgCl poznaliśmy związki złożone z pojedyńczych atomów dwu różnych pierwiastków. Każdy z wymienionych metalów może, podobnie jak z Cl, tworzyć według tegoż typu związki z J, Br i Fl. Inaczej wszakże zachowują się związki któregokolwiek z tych pierwiastków z tlenem. O łączy się z 2 H na wodę H_2O, albo z jednym atomem H i jednym Na na wodan sodu NaOH. Według tego typu ostatniego są też zbudowane wodany innych wspomnianych przez nas dotąd metali: wodan potasu KOH, wodan litynu LiOH, wodan srebra AgOH [1]). 4. Wartościowość pierwiastków.

Jest przeto istotna różnica pomiędzy pierwiastkami H, Cl, J, Br, Fl, Na, K, Li, Ag z jednej strony a pierwiastkiem O z drugiej. Lecz i tlen w tym względzie nie pozostaje w odosobnieniu. Podobnie do tlenu np. zachowuje się siarka. Znany jest związek H_2S, siarkowodór (siarek wodoru), związek Cl_2S (dwuchlorek siarki) i t. p. Znów inaczej ma się rzecz z azotem; łączy się on jednym swoim atomem z 3 atomami wodoru na amoniak NH_3, któremu to typowi odpowiada związek NCl_3 (trójchlorek azotu) i podobne. Wreszcie znamy związek węgla z wodorem CH_4 (metan czyli gaz błotny), któremu odpowiada związek analogiczny CCl_4 (czterochlorek węgla).

Powinowactwo chemiczne czyli zdolność łączenia się pierwiastków pomiędzy sobą w innem przeto jeszcze znaczeniu, aniżeli widzieliśmy już wyżej (§ 3), wskazuje pewne stopniowanie. Jeden atom chloru może się

[1]) Co do srebra, to wymienione reakcye zachodzą tylko w pewnych warunkach szczególnych.

www.dlibra.wum.edu.pl

złączyć tylko z 1 atomem wodoru lub sodu, jeden atom tlenu z 2 atomami wodoru lub 2 atomami chloru. Azot łączy się z 3 atomami wodoru lub chloru, węgiel z czterema. Dwa atomy połączone z jednym atomem tlenu mogą być jednorodne, tego samego pierwiastku, jak w wodzie H_2O, lub różnorodne, jak w wodanie sodu NaOH. Śledząc w ten sposób skład rozmaitych związków, wprowadzamy ład i porządek w owym pozornym chaosie najrozliczniejszych ciał chemicznych.

Pragnąc oznaczyć różnice zachodzące w tym względzie pomiędzy pierwiastkami, powiadamy, że pierwiastki obdarzone są rozmaitą wartościowością. Wodór jest jednowartościowy, tlen dwuwartościowy, azot trójwartościowy, węgiel czterowartościowy. Z szeregu pierwiastków występujących w organizmach zwierzęcych i roślinnych i przeto pierwszorzędne mających znaczenie w chemii biologicznej są:

jednowartościowe: H, Cl, Br, J, Fl, K, Na, Li, (Ag) [1])
dwuwartościowe: O, S, Ba, Ca, Mg, Fe [1])
trójwartościowe: N [1]), P [1])
czterowartościowe: C, Si.

Gdy jeden atom pierwiastku pomieszczonego w pierwszym szeregu łączy się z jednym atomem innego pierwiastku tegoż szeregu, wówczas — wobec jednowartościowości obudwu pierwiastków — zdolności łączenia się, powinowactwu obudwu staje się zadość i powstaje związek niejako nasycony. Gdy wszakże atom jednowartościowego pierwiastku połączy się z atomem dwuwartościowego, oczywiście jedna jednostka wartościowości pozostanie jeszcze wolna, nienasycona. Pierwiastek dwuwartościowy może przyłączyć jeszcze jeden atom tego samego lub innego jednowartościowego pierwiastku. Zwykle oznacza się kreskami jednostki wartościowości chemicznej. Piszemy więc: H′, Cl′, Br′ i t. d., natomiast O″, S″, N‴, C⁗ lub C^{IV}. Dla związków jednowartościowych pierwiastków posługujemy się następującemi wzorami obrazowemi:

H — Cl	Na — Cl	K — Fl
chlorowodór	chlorek sodu	fluorek potasu

dla związków dwuwartościowych pierwiastków pomiędzy sobą:

Ba = O	Ca = S
tlenek barytu	siarek wapnia

[1]) Żelazo, azot, fosfór zajmują stanowisko wyjątkowe, albowiem w rozmaitych związkach, zdaje się, odznaczają się różną wartościowością. Pierwiastków o wartościowości wyższej nie przytaczamy tu, nie mają bowiem znaczenia dla nas jako nie występujące w związkach spotykanych w materyi żywej. Srebro pomieściliśmy w nawiasie; nie występuje ono wprawdzie w świecie ożywionym, lecz było już przytoczone wyżej.

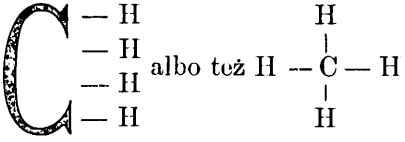
www.dlibra.wum.edu.pl

a dla połączeń pomiędzy pierwiastkami jednowartościowemi a dwuwartościowemi:

H — O — H Na — O — H
woda wodan sodu.

Podobnie układamy schematycznie wzory połączeń pierwiastków trój-, cztero- lub pięciowartościowych pomiędzy sobą lub z pierwiastkami innej wartościowości, czego przykłady jeszcze spotykać będziemy dalej.

5. Ponieważ dla celów naszych niezmiernie jest ważnem dokładne poznanie związków organicznych czyli zawierających w swym składzie węgiel, przeto, biorąc za punkt wyjścia związek CH_4, metan czyli gaz błotny, zajmijmy się niem nieco bliżej. Możemy metan obrazowo przedstawić w taki sposób: 5. Węglowodory.



Pomyślmy, że z cząsteczki metanu ujęty jest jeden atom wodoru, a pozostanie nienasycona grupa CH_3, w której jedna jednostka wartościowości węgla jeszcze pozostaje wolną. Grupa ta zachowuje się w zupełności jak pierwiastek jednowartościowy i może przyłączyć do siebie atom jakiegokolwiek istotnego pierwiastku jednowartościowego (lub inną grupę jednowartościową), np. chlor, brom, jod. Od pierwiastków jednowartościowych różni się CH_3 tem, że nie jest to coś jednorodnego, lecz grupa złożona z różnych pierwiastków. Dla odróżnienia od atomów nazywamy ją też grupą atomów jednowartościową albo rodnikiem jednowartościowym. Pragnąc oznaczyć jej jednowartościowość, możemy dodać kreskę CH_3'. Rodniki istnieć nie mogą jako takie, lecz tylko w połączeniu z innemi rodnikami lub atomami, jak to jeszcze lepiej zrozumiemy z dalszych rozważań.

Rodnik CH_3' otrzymał nazwę metyl. Gdy się on łączy z atomem jednowartościowym, np. chlorem, wówczas powstaje związek (już nasycony) CH_3—Cl chlorek metylu (chlorometan) [1].

---

[1]) W przykładach przytoczonych oraz następnych pomijamy wzgląd, o ile wymienione tu w rozważaniach teoretycznych reakcye w istocie dadzą się praktycznie wykonać. W wielu przypadkach możliwe jest to tylko na drodze ubocznej, którą opisywać tu uważamy za rzecz zbyteczną.

www.dlibra.wum.edu.pl

Ujmijmy metanowi jeszcze jeden atom wodoru, a pozostanie rodnik CH_2'' metylen, który, gdy przyłączy dwa atomy chloru, da $CH_2{=}Cl_2$ chlorek metylenu (dwuchlormetan). Z metylenu przez dalszą utratę atomu wodoru powstaje grupa CH''' metenyl, która połączona z trzema atomami chloru daje $CH{\equiv}Cl_3$ chlorek metenylu (trójchlormetan). Ten ostatni związek znany jest pod nazwą chloroform. Jeżeli ujmiemy jeszcze jeden atom wodoru, pozostanie czterowartościowy atom węgla C'''', który może być połączony z czterema atomami węgla na $C{\equiv}Cl_4$, czterochlorek węgla.

Poznaliśmy przeto związki następujące:

CH_4	CH_3Cl	CH_2Cl_2
metan	chlorek metylu (chlorometan)	chlorek metylenu (dwuchlorometan)
$CHCl_3$		CCl_4
chlorek metenylu (trójchlorometan)		czterochlorek węgla.

Znane są także związki analogiczne pomiędzy temi rodnikami węglowodorowemi a innemi pierwiastkami jednowartościowemi, np. jodem i bromem.

Powróćmy do rodnika jednowartościowego CH_3'. Dwie takie grupy mogą połączyć się ze sobą. Powstaje wówczas związek

$$CH_3 - CH_3,$$

który nazywa się etan. Przez ujęcie od etanu jednego atomu wodoru powstaje jednowartościowa grupa $CH_3{-}CH_2'$, etyl. Etyl znów może się połączyć z Cl, J lub innym jakim pierwiastkiem jednowartościowym. Lecz również może się sprzęgnąć z rodnikiem CH_3, a otrzymamy w tym ostatnim razie związek $CH_3{-}CH_2{-}CH_3$, propan. Z tego znów związku przez odjęcie atomu H powstaje rodnik jednowartościowy propyl $CH_3{-}CH_2{-}CH_2'$. Ponowne sprzężenie tego rodnika z rodnikiem metylowym daje nam butan $CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$ i t. d.

Chemicy wytworzyli i poznali dokładnie znaczną [1]) liczbę związków tego rodzaju, dających się wyprowadzić z metanu. Związki te układają się w nieprzerwany szereg, w którym każdy związek różni się od poprze-

---

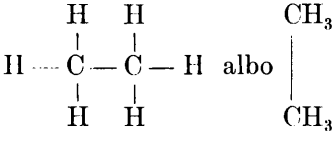
[1]) Znane są tego rodzaju związki zawierające do 30 i więcej atomów węgla. Nazwy czterech przytoczonych przypominają ciała znane nam już z poprzedniego i pozostające z niemi w związku genetycznym. Wyższe węglowodory otrzymały nazwy od liczby atomów węgla, przy użyciu liczebników greckich, więc pentan, heksan, heptan i t. d. Składają się one tylko z węgla i wodoru, i cały ten szereg nazywamy węglowodorami

www.dlibra.wum.edu.pl

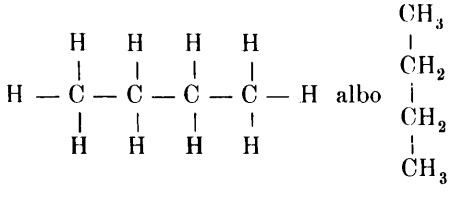
dniego o jeden więcej atom węgla i dwa atomy wodoru, jak to widać z zestawienia czterech pierwszych ogniw tego szeregu:

metan	$= CH_4$
etan $(CH_3 - CH_3)$	$= C_2H_6$
propan $(CH_3 - CH_2 - CH_3)$	$= C_3H_8$
butan $(CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3)$	$= C_4H_{10}$.

6. We wzorach podanych w szeregu CH_4, C_2H_6 i t. d. wyrażono tylko, że w jednej cząsteczce danego związku węglowodorowego zawarta jest pewna liczba atomów węgla oraz pewna oznaczona liczba atomów wodoru. Z tego, co nam wiadomo z rozdziału poprzedniego, wzory te wyrażają jednocześnie ciężary cząsteczkowe odnośnych związków. Są one ścisłe, dokładne, jeżeli rozbiór pierwiastkowy oraz oznaczenie gęstości pary [1]) prowadzą do rezultatów zgodnych z wzorami. Jeżeli z wzorem etanu C_2H_6 porównamy wzór pomieszczony w nawiasie $CH_3 - CH_3$, zobaczymy, że ten ostatni liczbowo wyraża wprawdzie to samo, lecz w rzeczywistości jest niejako wymowniejszy. Zawarte jest w nim twierdzenie, że jedna cząsteczka etanu składa się z dwu grup metylowych CH_3', albo że w cząsteczce etanu każdy atom węgla połączony jest z trzema atomami wodoru a powstałe w ten sposób grupy sprzęgły się ze sobą dzięki wolnej czwartej jednostce wartościowości węgla. Jeszcze jaśniej możemy to wyrazić, gdy układ cząsteczkowy etanu uzmysłowimy zapomocą schematów następujących: 6. Wzory budowy.



W podobny sposób możemy dla butanu przyjąć obraz cząsteczki:



szeregu metanowego. Wyższe ogniwa tego szeregu, z szesnastu i więcej atomami węgla, zawarte są w parafinie, pozostającej po destylacyi nafty surowej (ropy). Ztąd też i wszystkie te węglowodory zwą się parafiny lub węglowodory szeregu parafinowego.

[1]) Albo jaka inna metoda oznaczenia ciężaru cząsteczkowego, jaką stosujemy wówczas, kiedy dane ciało nie może być otrzymane w stanie gazu lub pary.

www.dlibra.wum.edu.pl

który orzeka, że dwie grupy metylowe (CH_3) są tu ze sobą powiązane przy pomocy ułożonych pomiędzy niemi dwu grup metylenowych $(CH_2)''$.

Tego rodzaju wzory chemiczne podają przeto nietylko stosunki liczbowe atomów w cząsteczce, lecz nadto mieszczą w sobie pewne twierdzenia o układzie, uporządkowaniu atomów, o budowie cząsteczki. Nazywamy też takie wzory wzorami budowy (konstytucyi), gdy tymczasem owe wzory prostsze, które nie wypowiadają nic więcej nad to, ile atomów różnych pierwiastków zawiera cząsteczka związku, nazywamy wzorami empirycznemi. Wzory empiryczne otrzymujemy z rezultatów rozbioru chemicznego; gdy przybywa nadto oznaczenie ciężaru cząsteczki, wówczas wzór empiryczny staje się wzorem dokładnym, ścisłym, racyonalnym. Gdy wszakże mamy dojść do wzoru budowy, musimy się liczyć z wartościowością atomów. Wzory, przyjęte hypotetycznie, sprawdzamy przez badanie rozmaitych związków pochodzących z danego badanego ciała przez rozszczepianie, podstawianie, syntezę i t. d.

W bardzo licznych przypadkach okazują się w tym kierunku nader odpowiedniemi związki chlorowe, bromowe i jodowe pochodzące od węglowodorów. Jeżeli np. z metanu przyrządzimy CH_3J i działać będziemy na ten związek sodem, otrzymamy etan i jodek sodu. Reakcyę tę wyrazimy równaniem:

$$2\ CH_3J + 2\ Na = C_2H_6 + 2\ NaJ$$

Znaczy to, że 2 cząsteczki jodku metylu i 2 atomy sodu dają 1 cząsteczkę etanu i 2 cząsteczki jodku sodu. Można to wyrazić także temi słowami: gdy sód działa na jodek metylu, odbiera on temu ostatniemu jod, wytwarzając jodek sodu; wyzwolone w ten sposób dwie grupy metylowe wiążą się nawzajem, dając etan. Jeśli tak jest istotnie, to wynika, że etan jest złożony z dwu grup metylowych. Wniosek ten potwierdza się tem, że za pomocą odpowiednich środków można znów z jednej cząsteczki etanu wytworzyć 2 cząsteczki jodku metylu.

Podobnie ma się z następującemi ogniwami szeregu homologicznego węglowodorów. Z jodku etylu i jodku metylu możemy działaniem sodu przyrządzić propan, z jodku propylu i jodku metylu możemy otrzymać butan i t. d. Jednem słowem, wszelkie badania przemawiają za słusznością wykładanego tu poglądu na sposób wiązania się atomów w węglowodorach.

7. Alkohole.

7. Z każdego związku w szeregu metanowym można wyprowadzić dużą liczbę ciał w inny sposób złożonych. Zajmiemy się wszakże tylko takiemi, które albo występują w organizmach ży-

www.dlibra.wum.edu.pl

wych, albo posłużyć mogą do lepszego zrozumienia budowy tych ostatnich.

Wyobrażając sobie, że z cząsteczki wody H—O—H ujęty został jeden atom wodoru, otrzymamy grupę jednowartościową O—H′ t. zw. hydroksyl. Już przy poznawaniu wodanów metali moglibyśmy wymienić ten rodnik, albowiem wodan sodu NaOH jest niczem innem jak połączeniem pierwiastku jednowartościowego Na′ z jednowartościowym również rodnikiem O—H′.

Podobnie jak z jednowartościowemi pierwiastkami, rodnik ten może też wejść w połączenie z innemi rodnikami jednowartościowemi.

Przez wiązanie się hydroksylu z rodnikami węglowodorów szeregu metanowego powstają ciała złożone, którym obecność grupy hydroksylowej nadaje pewne określone własności chemiczne. Nazywamy te ciała alkoholami, zapożyczając dawnej nazwy jednego z nich dla całego szeregu. Każdemu węglowodorowi z szeregu metanowego odpowiada jeden alkohol (lub niekiedy większa ich liczba, a to z powodów, które wkrótce poznamy).

Węglowodory:	Odpowiadające im alkohole:
CH_4	CH_3OH
metan	alkohol metylowy
$CH_3—CH_3$	$CH_3—CH_2OH$
etan	alkohol etylowy
$CH_3—CH_2—CH_3$	$CH_3—CH_2—CH_2OH$
propan	alkohol propylowy
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_3$	$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2OH$
butan	alkohol butylowy
i t. d.	i t. d.

Alkohol propylowy powstał przez wprowadzenie grupy hydroksylu do jednej z grup metylowych propanu.

Z $CH_3—CH_2—CH_3$
utworzył się: $CH_3—CH_2—CH_2OH$.

Obiedwie grupy metylowe w propanie ułożone są symetrycznie względem łączącej je grupy metylenu CH_2. Możemy je uważać za równoznaczne ogniwa całego kompleksu atomowego w cząsteczce propanu. Gdybyśmy napisali wzór alkoholu propylowego

$$CH_2OH—CH_2—CH_3,$$

nie różniłby się on istotnie niczem od powyższego wzoru. Jeżeli wszakże umieścimy grupę OH zamiast atomu wodoru nie w grupie metylowej, lecz w grupie metylenowej (CH_2), otrzymamy zupełnie

www.dlibra.wum.edu.pl

co innego. W przedstawieniu obrazowem obiedwie te różne pozycye grupy hydroksylu prowadzą do następujących związków:

$$(1)\quad \begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} \qquad \text{i (2)} \quad \begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_3 \end{matrix}$$

Dwa te związki odmiennie są zbudowane; budowa ich jest różna, jakkolwiek obadwa składają się z jednakowej liczby atomów węgla, wodoru i tlenu. Wzór empiryczny dla obudwu jest jednakowy C_3H_8O. Wzory budowy wszakże są różne.

W istocie też znane są dwa alkohole odpowiadające temu wzorowi empirycznemu, mające jednakowe ciężary cząsteczkowe, a jednakże różniące się od siebie własnościami fizycznemi i reakcyami chemicznemi. Jeden z nich wskazuje punkt wrzenia 97,4°, drugi 85°. Pod działaniem jednych i tych samych środków, dają one różne produkty przemiany. Chemicy nazwali jeden z tych alkoholów, mianowicie $CH_3-CH_2-CH_2OH$ alkoholem propylowym normalnym; drugiemu zaś o wzorze $\begin{matrix} CH_3-CH-CH_3 \\ | \\ OH \end{matrix}$ nadali nazwę alkohol wtórny propylowy albo alkohol izopropylowy.

Ciała, które pomimo jednakowego jakościowego i ilościowego składu atomów, różnią się od siebie rozmaitym układem atomów wewnątrz cząsteczki, nazywamy izomerycznemi. Izomerya nie występuje w związkach, dających się wyprowadzić przez proste podstawienie z metanu i etanu, lecz we wszystkich węglowodorach, które zawierają więcej niż dwa atomy węgla [1]).

---

[1]) Okoliczność, że niema izomeryi, gdy atom jednowartościowy lub rodnik jednowartościowy wstępuje do związków pochodzących od metanu CH_4, dowodzi, że wszystkie cztery jednostki powinowactwa węgla są pomiędzy sobą równoznaczne. Oznaczmy te cztery jednostki powinowactwa liczbami porządkowemi 1, 2, 3, 4. Otóż gdyby jedna z nich, przypuśćmy oznaczona liczbą 4, miała inne znaczenie aniżeli trzy inne, w takim razie

$$\begin{matrix} & 4 & \\ & | & \\ 3- & C & -1 \\ & | & \\ & 2 & \end{matrix}$$

byłoby możliwem otrzymanie dwu różnych chlorków metanu lub dwu różnych alkoholów, np.:

www.dlibra.wum.edu.pl

Wszystkie powstające z węglowodorów alkohole mają pewną liczbę wspólnych własności. Gdy działa na nie HCl, HJ lnb podobne związki wodoru, wówczas Cl (lub J) wstępuje do związku węglowego a jednocześnie tworzy się woda, np.:

$$CH_3OH + HCl = CH_3Cl + H_2O.$$

Gdy zaś alkohol znajduje się w zetknięciu z sodem lub potasem, metal wstępuje na miejsce wodoru w grupie hydroksylowej a wodór wyzwala się (w stanie gazu):

$$CH_3OH + Na = CH_3ONa + H.$$

W pierwszym przeto przypadku alkohol zachowuje się jak wodan (metylu), w drugim jak kwas. Niemniej wszakże nie powinniśmy alkoholu nazywać zasadą ani kwasem. Niema on odczynu kwaśnego ani alkalicznego, a powstające z niego związki chlorowe lub sodowe nie wykazują własności soli. Pochodne alkoholów, w których wodór hydroksylowy jest zamieniony przez metal, nazywają się alkoholaty odnośnych metalów. Wobec tego, że wodór połączony z O łatwo może być wyparty przez metal, wynika, że osobliwsza pozycya tego atomu wodoru, jego przynależność do grupy hydroksylowej oznacza pewne odrębne jego własności, w przeciwstawieniu do reszty atomów wodoru połączonych z węglem. Dzięki tej grupie hydroksylowej alkohole mogą łączyć się i tworzyć związki z rozmaitemi pierwiastkami i rodnikami, zkąd znów powstają nowe, bardziej złożone połączenia.

Alkohol etylowy $CH_3—CH_2OH$ składa się z dwu grup metylowych, z których w jednej jeden atom wodoru jest zastąpiony przez hydroksyl.

Jeżeli i w drugim rodniku metylowym H zastąpimy przez OH, otrzymamy alkohol wzoru

$$\begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CH_2OH. \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} & Cl & & & H & \\ & | & & & | & \\ H— & C & —H & i\ H— & C & —Cl \\ & | & & & | & \\ & H & & & H & \end{matrix}$$

Gdy wszakże nigdy się to nie powiodło, nie może przeto być żadnej różnicy pomiędzy czterema jednostkami wartościowości w atomie węgla. Również nie może być takiej różnicy w etanie, ponieważ w $CH_3—CH_3$ obiedwie grupy metylowe zupełnie jednakowo są zbudowane. Dopiero od propanu poczyna się możliwość izomeryi, ponieważ tutaj mamy dwie grupy metylowe i jednę metylenową.

www.dlibra.wum.edu.pl

Podobnie możemy z propanu $CH_3—CH_2—CH_3$ wyprowadzić alkohol o trzech rodnikach hydroksylowych

$$\begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array}$$

Ten ostatni związek znany jest jako gliceryna. Alkohole o dwu hydroksylach nazywamy dwuhydroksylowemi, o trzech trzyhydroksylowemi i t. d. Gliceryna jest więc alkoholem trzyhydroksylowym.

8. Aldehydy, ketony.

8. Sprobójmy wprowadzić do metanu więcej niż jednę grupę hydroksylową: otrzymamy naprzód cząsteczkę o wzorze $H_2=C<^{OH}_{OH}$. Dwie takie sąsiadujące z sobą grupy OH nie są trwałe; jedna z nich łączy się z wodorem drugiej na wodę, która się wydziela, a pozostaje ciało składu $H_2=C=O$ albo $H—C<^{H}_{=O}$. Ciało to nosi nazwę formaldehyd. Różni się ono od alkoholu metylowego $H_3=C-OH$ tem, że ma o dwa atomy wodoru mniej i posiada w sobie atom tlenu podwójnie (dwiema jednostkami wartościowemi) związany z węglem. W takiż sposób z etanu i dalszych węglowodorów wyprowadzamy odpowiednie aldehydy:

z $CH_3 \cdot CH_3$ . . . . aldehyd etylowy $CH_3 \cdot C<^{H}_{=O}$

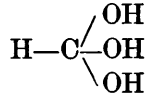
z $CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_3$ . . . . aldehyd propylowy $CH_3 \cdot CH_2 \cdot C<^{H}_{=O}$ i t. p.

Jak wynika z tych wzorów, charakterystyczną dla aldehydów jest grupa jednowartościowa $—C<^{H}_{=O}$ albo (CHO), t. zw. rodnik aldehydowy. Dzięki tej grupie, dzięki jej nieznacznej trwałości aldehydy łatwo ulegają reakcyom chemicznym. Zapoznamy się później z niektóremi dla nas ważniejszemi aldehydami, należącemi do grupy ciał cukrowych.

Pewne pokrewieństwo z aldehydami, zarówno co do pochodzenia jak i co do reakcyj chemicznych, wykazują t. zw. ketony. Są to ciała zawierające rodnik — CO — jako łącznik pomiędzy dwiema jednowartościowemi grupami organicznemi. Keton najprostszy składa się z rodnika ketonowego —CO— i dwu grup metylowych, więc ma wzór: $CH_3—CO—CH_3$. Ten dwumetylketon czyli, jak go zwykle nazywają, aceton, występuje w ciele naszem w pewnych stanach chorobowych. Keton bardziej złożony, o czterech atomach węgla, ma wzór $CH_3 \cdot CH_2—CO—CH_3$. Jest to metyletylketon (keton metyletylowy). Inne związki ketonowe poznamy później przy wykładzie o wodanach węgla.

www.dlibra.wum.edu.pl

9. Jeśli wprowadzimy do metanu trzy grupy hydroksylowe zamiast trzech atomów wodoru, dojdziemy do cząsteczki o budowie 9. Kwasy.



Gdy i ztąd znów wystąpi jedna cząsteczka wody, powstanie związek  . Ma on wszelkie własności kwasu. Jest to kwas mrówkowy, zwany tak, gdyż znajduje się w ciele mrówek. Od etanu w ten sam sposób dojdziemy do $CH_3—COOH$, kwasu octowego, od propanu do $CH_3—CH_2—COOH$, kwasu propionowego, od butanu do $CH_3—CH_2—CH_2—COOH$, kwasu masłowego.

Każdemu z trzech pierwszych węglowodorów (metan, etan, propan) odpowiada jeden kwas, od butanu pochodzą dwa izomeryczne kwasy masłowe, jeszcze wyższym węglowodorom odpowiada większa liczba kwasów izomerycznych.

Wszystkie ciała tej budowy mają jednakowe w pewnym względzie własności, które już znane nam są jako charakterystyczne dla kwasów, t. j. mają odczyn kwaśny (na lakmus), a wodór grupy OH zamieniają łatwo na metal, przez co tworzą się sole.

Oto ważniejsze kwasy tego szeregu:

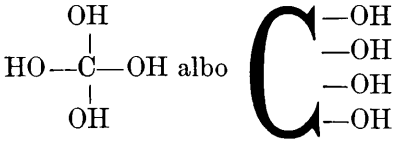
kwas mrówkowy	H	COOH
„ octowy	$C H_3$	COOH
„ propionowy	$C_2 H_5$	COOH
„ masłowy	$C_3 H_7$	COOH
„ kapronowy	$C_5 H_{11}$	COOH
„ kaprylowy	$C_7 H_{15}$	COOH
„ kaprynowy	$C_9 H_{19}$	COOH
„ mirystynowy	$C_{13} H_{27}$	COOH
„ palmitowy	$C_{15} H_{31}$	COOH
„ margarowy	$C_{16} H_{33}$	COOH
„ stearowy	$C_{17} H_{35}$	COOH

Wszystkie te kwasy zawierają grupę atomów COOH, którą nazywamy karboksyl. Rzadko i w nieznacznych tylko ilościach w stanie wolnym, częściej w połączeniu z alkaliami występują one w tworach żywych; w większych natomiast ilościach niektóre z nich w połączeniu chemicznem z gliceryną (p. wyżej § 7) występują jako t. zw. tłuszcze, których budowę poznamy później. Ztąd też cały szereg tych kwasów nosi nazwę kwasów tłuszczowych. Wyższe czyli bogatsze w węgiel kwasy tego szeregu, poczynając

www.dlibra.wum.edu.pl

od kwasu kaprynowego, są to ciała stałe, krystalizujące, w wodzie nierozpuszczalne. Z alkaliami tworzą sole w wodzie rozpuszczające się, t. zw. mydła.

Wyobraźmy sobie, że moglibyśmy w metanie CH_4 zastąpić wszystkie cztery atomy wodoru grupami hydroksylowemi. Otrzymalibyśmy wówczas związek o budowie



Sąsiadujące z sobą grupy hydroksylowe działają na siebie, wskutek czego wyzwalają się 2 cząsteczki wody, pozostaje zaś ciało składu O=C=O, które znane nam już jest jako dwutlenek węgla CO_2; zowie się ono także bezwodnikiem kwasu węglanego lub, mniej ściśle, kwasem węglanym. Jeżeli ów związek hypotetyczny $C(OH)_4$ straci tylko jednę cząsteczkę wody, wówczas pozostanie $O=C<^{OH}_{OH}$ czyli $CO(OH)_2$; dwa rodniki hydroksylowe połączone tu są z grupą C=O. To jest prawdziwy kwas węglany (który jednak w stanie wolnym nie istnieje, lecz w tych warunkach, w jakich utworzyć się może, rozszczepia się natychmiast na wodę i dwutlenek węgla). Wobec tego, że zawiera on dwie grupy hydroksylowe, może przybrać dwa atomy jednowartościowego lub jeden atom dwuwartościowego metalu wzamian za swój wodór hydroksylowy. Z sodem przeto, który jest metalem jednowartościowym, lub z dwuwartościowym wapniem powstają następujące sole kwasu węglanego czyli węglany.

$CO<^{OH}_{ONa}$ czyli $NaHCO_3$ kwaśny węglan sodu,

$CO<^{ONa}_{ONa}$ czyli Na_2CO_3 obojętny węglan sodu,

$CO^{O}_{O}\}Ca$ czyli $CaCO_3$ węglan wapnia.

Wszystkie te trzy węglany występują w ciałach żywych istot, a prócz nich jeszcze również węglan potasu (kwaśny i obojętny) oraz węglan magnezu.

Kwas węglany nazywa się kwasem dwuzasadowym, ponieważ zawiera dwa w jednakowy sposób umieszczone rodniki hydroksylowe, których atomy wodoru mogą być zastąpione przez metale. I inne kwasy, zarówno nieorganiczne jak organiczne, mogą zawierać, jak nam wiado-

www.dlibra.wum.edu.pl

mo, dwie lub i więcej grup hydroksylowych w cząsteczce. Z kwasów podobnych pod tym względem do węglanego wymienimy dwuzasadowy kwas siarczany $SO_2{<}^{OH}_{OH}$. Za przykład kwasu trójzasadowego posłużyć może kwas fosforny $PO{<}^{OH}_{OH}{}_{OH}$, którego sole potasowe, sodowe, wapienne i amonowe (porówn. § 16) często występują w tworach żyjących. Wolny kwas siarczany (obok kwasu chlorowodornego) znaleziono w ślinie ślimaka *Dolium galea*.

Kwasy tłuszczowe jednozasadowe wyprowadziliśmy z węglowodorów w ten sposób, że grupę metylową zamieniliśmy na grupę karboksylową. Z etanu $CH_3—CH_3$ powstał kwas octowy $CH_3—COOH$. Dokonajmy tejże przemiany i z drugą grupą metylową, a otrzymamy kwas dwuzasadowy COOH—COOH. Jest to rozpowszechniony bardzo w państwie roślinnem kwas szczawiowy, otrzymany po raz pierwszy ze szczawiu. Kwas ten występuje też w moczu ludzkim, mianowicie w postaci soli wapiennej (szczawian wapnia). Zawierając dwie tylko grupy karboksylowe, stanowi kwas szczawiowy najprostszy typ kwasu organicznego dwuzasadowego. Sól potasowa kwaśna (sól szczawikowa) ma wzór $\begin{matrix}COOK\\|\\COOH\end{matrix}$, obojętna sól wapienna $\begin{matrix}COO\\|\\COO\end{matrix}>Ca$.

Podobnie jak od etanu przechodzimy do kwasu szczawiowego, możemy od innych węglowodorów przejść do innych kwasów dwuzasadowych; np. od butanu $CH_3 — CH_2 — CH_2 — CH_3$ do kwasu bursztynowego $COOH—CH_2—CH_2—COOH$, znajdującego się w bursztynie, a występującego też w tkankach i sokach zwierzęcych.

Znane są także kwasy organiczne trój- i więcej zasadowe, zawierające trzy i więcej grup karboksylowych. Do trójzasadowych należy kwas cytrynowy.

Inny znów szereg kwasów, ważnych zarówno pod względem teoretycznym jak praktycznym, otrzymujemy z kwasów tłuszczowych, gdy jeden lub większą liczbę atomów wodoru połączonych z węglem zastąpimy grupami hydroksylowemi. Od kwasu mrówkowego przechodzimy w ten sposób do kwasu węglanego: z $CO{<}^{H}_{OH}$ tworzy się $CO{<}^{OH}_{OH}$. Kwas węglany można przeto uważać za hydroksylowany kwas mrówkowy. Pozostałe kwasy szeregu tłuszczowego dają odpowiednie kwasy hydroksytłuszczowe albo, krócej, oksytłuszczowe.

Z $CH_3—COOH$ powstaje $CH_2(OH)—COOH$, kwas oksyoctowy. Z $CH_3 — CH_2 — COOH$ powstaje albo $CH_3 — CH(OH) — COOH$, kwas α-oksypropionowy, albo $CH_2(OH)—CH_2—COOH$, kwas β-oksypropionowy.

www.dlibra.wum.edu.pl

Jak widać z tych wzorów, od kwasu propionowego pochodzą dwa izomeryczne kwasy hydroksylowe, różniące się pomiędzy sobą położeniem grupy hydroksylowej w łańcuchu węglowym; są to dwa kwasy mleczne. Kwa α-oksypropionowy powstaje przy kwaśnieniu mleka, podczas fermentacyi mlecznej pewnych rodzajów cukru, prawie stale znajduje się także w żołądku u człowieka, i nosi też nazwę: kwas mleczny fermentacyjny. Kwas β-oksypropionowy inaczej nazywa się etylenomleczny.

Oczywistą jest rzeczą, że im łańcuch węglowy kwasu tłuszczowego jest dłuższy, tem też większą musi być liczba odpowiadających temu kwasowi kwasów oksytłuszczowych (pochodnych hydroksylowych).

10. Izomerya kwasów winnych i mlecznych.

10. Gdy dwa lub więcej rodników hydroksylowych wstępuje zamiast wodoru do cząsteczki kwasu organicznego, wówczas powstają dwuoksykwasy, trójoksykwasy i t. d. Jako przykład tych kwasów przytoczymy tu kwas winny. W powyżej już wymienionym kwasie bursztynowym

$$\begin{array}{l} CH_2—COOH \\ | \\ CH_2-COOH \end{array}$$

zastąpimy symetrycznie dwa atomy H przez dwa hydroksyle, a otrzymamy symetryczny kwas dwuoksybursztynowy

$$\begin{array}{l} CH(OH)-COOH \\ | \\ CH(OH)-COOH. \end{array}$$

Ciałem tem, które znamy jako kwas winnny, musimy się tu bliżej zająć nietylko dlatego, że jest ono bardzo rozpowszechnione w państwie roślinnem, lecz głównie dlatego, że miało i ma ono ważne znaczenie w rozwoju najnowszych poglądów naszych na budowę wielu ciał organicznych ważnych w fizyologii.

Z kamienia winnego (*cremor tartari*) czyli kwaśnej soli potasowej kwasu winnego, który przy przechowywaniu wina osiada powoli w beczkach w postaci gruboziarnistej skorupy, chemik szwedzki Scheele po raz pierwszy wydzielił sam kwas winny w roku 1769. W sześćdziesiąt lat później dowiódł Berzeliusz, że również w kamieniu winnym występujący kwas, t. zw. kwas gronowy, który otrzymują także jako produkt uboczny przy fabrykacyi kwasu winnego, złożony jest tak samo jak kwas winny. To odkrycie doprowadziło Berzeliusza do rozwinięcia poglądu na izomeryą. W reakcyach swych chemicznych obadwa te kwasy wskazywały bardzo nieznaczne różnice, natomiast zachowywały się odmiennie pod względem optycznym: kwas winny skręca płaszczyznę światła spolaryzowanego w prawo, zaś gwas gronowy jest optycznie bierny (nie działa na światło spolaryzowane). Zupełnie jasne wytłumaczenie tych zjawisk oraz stosunku wzajemnego obudwu tych kwasów podał Pasteur w pracy,

www.dlibra.wum.edu.pl

która zasłużyła sobie na wielką sławę. Wykrystalizował on roztwór soli sodo-amonowej kwasu gronowego i przekonał się, że otrzymane pojedyńcze kryształy różniły się w pewnym względzie od siebie, jakkolwiek wszystkie jednakowo dobrze były ukształtowane; gdy mianowicie jedne miały pewne płaszczyzny, t. zw. hemiedryczne, zwrócone w prawo, u innych płaszczyzny te zwrócone były w lewo (Fig. 27). Te dwie różne formy nie dawały się nałożyć na siebie; kryształy z płaszczyznami hemiedrycznemi prawemi były jak gdyby odbiciem lustrzanem kryształów z płaszczyznami hemiedrycznemi lewemi, zachowywały się te różne kryształy względem siebie w ukształtowaniu jak np. prawa rękawiczka względem lewej. PASTEUR oddzielił mechanicznie kryształy „prawe“ od „lewych“ i następnie wyosobnił z nich odpowiednie kwasy. Z kryształów „prawych“ otrzymał znany mu już zwykły kwas winny, a z „lewych“ otrzymał nowy kwas, który zgadzał się z kwasem winnym i co do składu chemicznego i co do innych własności, różnił się zaś od niego tylko tem, że skręcał o tyleż płaszczyznę światła spolaryzowanego w lewo, o ile tamten skręcał ją w prawo. PASTEUR nazwał te kwasy: prawowinny i lewowinny. W kształtach ich krystalicznych ujawniają się też same przeciwieństwa co i w kryształach ich soli sodowo-amonowych; jedna forma przedstawia niby odbicie zwierciadlane drugiej. Dowiedziono w ten sposób, że kwas gronowy optycznie bierny złożony jest z dwu składowych części optycznie czynnych, z części skręcającej w prawo i z drugiej skręcającej o tyleż w lewo płaszczyznę polaryzacyi. Sprawdzić można było ten wniosek jeszcze w ten sposób, iż powiodło się z roztworu równych ilości kwasu prawowinnego i lewowinnego otrzymać kryształy biernego optycznie kwasu gronowego.

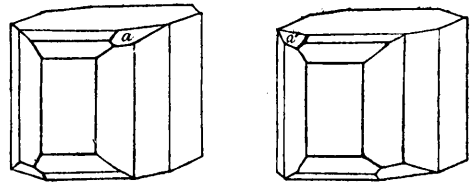


Fig. 27.
Kryształy otrzymane z roztworu soli sodoamonowej kwasu gronowego.
Płaszczyzny kryształów a i a' są asymetryczne; zachowują się ono względem siebie jak przedmiot do swego obrazu w zwierciadle. Jeden kryształ zwraca płaszczyznę polaryzacyi w prawo, drugi w lewo.

Lecz do tych trzech odmian kwasu dwuoksybursztynowego przybyła jeszcze czwarta. Przy odpowiedniem ogrzewaniu zamienić można kwas prawowinny na odmianę optycznie nieczynną, kwas mezowinny, który tem się różni od kwasu gronowego, że nie może być rozszczepiony na dwa optycznie przeciwne sobie „antypody.“

Znane są przeto cztery odmiany izomeryczne składu $C_4H_6O_6$. Lecz cztery te kwasy nietylko są izomerami, mają one nadto jednakową budowę; sposób powiązania atomów węgla, wodoru i tlenu jest w nich jedna-

www.dlibra.wum.edu.pl

kowy; są one wszystkie kwasami dwuoksybursztynowemi. Dla wyjaśnienia tego szczegółowego przypadku izomeryi nie możemy już poprzestać na wzorach budowy, poznanych dotąd; zawodzą nas one w tym razie, podobnie jak w innych przypadkach analogicznych. Wspominaliśmy (str. 212) o obudwu kwasach mlecznych; różnica pomiędzy niemi, jak sobie przypominamy, polega na różnem położeniu grupy hydroksylowej OH. Znamy wszakże jeszcze trzeci kwas mleczny, znajdujący się w soku mięsnym, t. zw. kwas mięsomleczny lub paramleczny, który musimy uważać, podobnie jak kwas mleczny fermentacyjny, za kwas α-oksypropionowy. W przeciwieństwie wszakże do kwasu mlecznego fermentacyjnego, który optycznie zachowuje się biernie, kwas mięsomleczny skręca płaszczyznę polaryzacyi w prawo; i sole jego też nie są w zupełności podobne do soli kwasu fermentacyjnego. Jednem słowem, mamy tu nowy przykład, że nawet przy jednakowej budowie ciała izomeryczne nie muszą być ze sobą identyczne. Tego rodzaju izomerye występują w wielu związkach spotykanych w ciałach zwierzęcych i roślinnych. Powstaje tedy pytanie, jak wyjaśnić należy te różnice.

11. Asymetrya węgla.

11. Tego rodzaju związki izomeryczne, jak widzimy, jednakowo są zbudowane, lecz fizycznie różnią się między sobą. Co się tyczy ich składu i charakteru chemicznego, mogą one wskazywać największe w tym względzie różnice, mogą należeć do najrozliczniejszych grup chemicznych; lecz zawsze zawierają pierwiastek węgla. Należy przeto przypuścić, iż przyczyna owej osobliwej izomeryi tkwi we własnościach niezwykłych tego właśnie pierwiastku. Niezależnie od siebie dwaj uczeni Le Bel i van't Hoff podjęli wytłumaczenie tego zjawiska na zasadzie hypotezy o asymetryi (niesymetryczności) węgla (1874). Poglądy ich rozwinięte w początku na podstawie skromnego dosyć zapasu faktów, w następstwie pozyskały znaczne poparcie dzięki dużej liczbie nowych odkryć, tak że obecnie naukę Le Bela i van't Hoffa zaliczyć można do najlepiej uzasadnionych teoryj chemicznych.

Pomiędzy czterema jednostkami wartościowości w atomie węgla niema różnicy, sądząc z tego, czego nas uczy doświadczenie z węglowodorami i ich pochodnemi (porówn. przypisek na str. 206). Należy ztąd wnosić, że są one jednakowo, równomiernie rozmieszczone w przestrzeni. Zwykły sposób przedstawiania budowy cząsteczki metanu $H-\overset{\overset{H}{|}}{\underset{\underset{H}{|}}{C}}-H$ na płaszczyźnie nie uwzględnia oczywiście stosunków przestrzennych. Nie możemy się przeto nim posługiwać, gdy zajmuje nas zagadnienie obecne. Jeden

www.dlibra.wum.edu.pl

jest tylko sposób, jeden schemat równomiernego uporządkowania przestrzennego dla czterech z jednego punktu wychodzących działań siły (bez względu na rodzaj tej siły), który zadosyć czyni warunkom naszym. Jest to położenie, jakie mają kąty prawidłowego tetraedru. Możemy sobie wyobrazić atom węgla jako utwór kulisty, którego środek, centr przypada w środku ciężkości prawidłowego tetraedru 1, 2, 3, 4 (Fig. 28). Kierunki działania czterech jednostek wartościowości przedstawimy zatem przez linie poprowadzone od atomu węgla do kątów tetraedru.

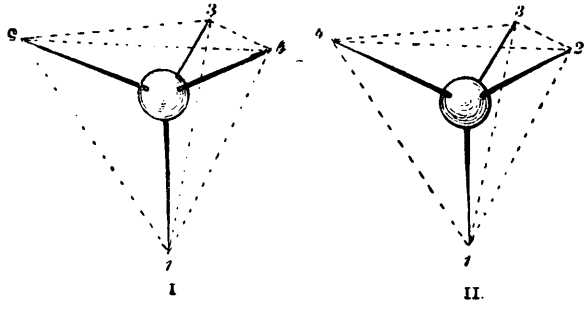
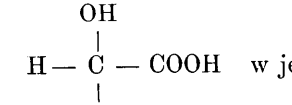


Fig. 28.

Asymetrya węgla.

Atom węgla przedstawiony jest w postaci kuli, której punkt ciężkości przypada w punkcie ciężkości prawidłowego tetraedru. Gdy wszystkie 4 kąty połączone są z jednakowemi atomami lub rodnikami, wówczas jest obojętne, czy pomyślimy o związku takim jak I, czy o takim jak II. Gdy wszakże np. w kątach 2, 3 i 4 pomieszczone są rozmaite atomy lub rodniki, wówczas inny jest układ w I, gdzie od 1 przechodzimy przez 2, i 3 do 4, a inny w II. W przypadku pierwszym ruch odbywa się w kierunku wskazówki zegara, w drugim ruch jest wprost przeciwny.

Jeżeli w kątach 1, 2, 3, 4 pomieszczone są atomy wodoru, w takim razie nasz tetraedr jest obrazem cząsteczki metanu. Jeżeli jeden lub dwa atomy wodoru są zastąpione przez inne jednowartościowe atomy lub rodniki, wówczas ów obraz cielesny cząsteczki nie przedstawia jeszcze żadnej wątpliwości, nie dopuszcza możności rozmaitego tłumaczenia, czyli, innemi słowy, takie podstawienie prowadzi zawsze do jednej tylko nowej cząsteczki. Lecz gdy we wszystkich czterech kątach tetraedru pomieszczone są różne atomy lub rodniki, wtedy ich uporządkowanie dać może dwa różne obrazy przestrzenne, już nie identyczne, zatem odpowiadające dwóm rozmaitym cząsteczkom. Na fig. 28 w rysunkach I i II cyfry porządkowe 1, 2, 3, 4 tak są rozmieszczone, że tetraedry nie dają się na siebie nałożyć; fig. I jest odbiciem zwierciadlanem fig. II i odwrotnie. Różnica pomiędzy obudwoma rysunkami daje się i w następujący sposób wyrazić: poruszajmy się od 1 przez 2 do 3, a wówczas w fig. I posuwać się będziemy w kierunku wskazówki na zegarze, a na fig. II w kierunku przeciwnym; w fig. I zwracamy się na prawo, w fig. II zaś na lewo. Wyobraźmy sobie teraz, że w kwasie dwuoksybursztynowym



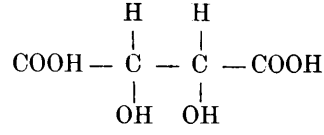
w jednym przypadku H, OH, COOH i CH(OH) . COOH

www.dlibra.wum.edu.pl

są umieszczone przestrzennie według fig. I, w drugim zaś przypadku są według fig. II, a otrzymamy obrazy, schematy, wzory budowy przestrzennej cząsteczek kwasu prawowinnego i lewowinnego.

We wszelkich związkach organicznych o conajmniej jednym atomie węgla, z którym sprzęgnięte są cztery różne atomy lub rodniki, możliwe są tego rodzaju izomerye. Taki atom węgla nazywamy asymetrycznym [1]), związki zaś, których izomerya polega tylko na różnicy w rozmieszczeniu przestrzennem atomów i grup atomowych, nazywają się związkami stereoizomerycznemi. Jeżeli cząsteczka zawiera więcej niż jeden atom węgla asymetryczny, mogą oczywiście występować rozmaite związki stereoizomeryczne w większej liczbie.

Bez wątpienia w związku z asymetryą węgla pozostaje czynność optyczna czyli własność skręcania płaszczyzny polaryzacyi związków organicznych. Znane są wprawdzie związki zawierające węgiel asymetryczny, a optycznie bierne, lecz nie znamy żadnego związku organicznego optycznie czynnego, któremu brak byłoby asymetrycznego atomu węgla. Przeważna część związków białkowych i wodanów węgla, stanowiących najważniejsze części składowe ciał zwierzęcych i roślinnych, działa na światło spolaryzowane, z czego znów o związkach, których budowy jeszcze nie znamy (ciała białkowe), wnosimy, że zawierają węgiel asymetryczny. Jak już wspomniano kilkakrotnie, dwa kwasy winne są optycznie bierne, mianowicie kwas gronowy i kwas mezowinny. Co do pierwszego, to jego bierność optyczna jest zrozumiała, ponieważ składa się on z równych części kwasu prawowinnego i lewowinnego. Bierność zaś nie dającego się rozszczepić kwasu mezowinnego możemy pojąć z budowy przestrzennej jego cząsteczki. W cząsteczce kwasu winnego



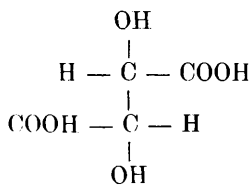
mamy nie jeden, lecz dwa atomy asymetrycznego węgla, których jednostki wartościowości poza tem jednakowo są nasycone. Jeżeli dokoła obudwu atomów węgla rozmieszczenie atomów i rodników jest takie, że wynikają ztąd optyczne działania w jednym i tym samym kierunku, wówczas mamy kwas prawowinny lub lewowinny; gdy natomiast kierunek jest

---

[1]) Właściwie mówiąc, nie atom węgla jest asymetryczny, lecz asymetryą wytwarza ugrupowanie atomów dokoła węgla. Lecz utarło się w mowie wyrażenie „węgiel asymetryczny," które i my w tekscie przytaczamy.

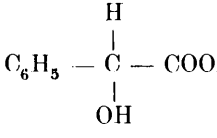
www.dlibra.wum.edu.pl

różny w rozmieszczeniu atomów i grup dokoła obudwu asymetrycznych atomów węgla, jak to wskazuje schemat



wówczas działania na płaszczyznę polaryzacyi w kierunku prawym i lewym znoszą się wzajemnie; i dlatego kwas mezowinny jest optycznie bierny.

Możemy przeto powiedzieć: bierność optyczna polega albo na tem, że dane ciało jest związkiem równych ilości cząsteczek w prawo skręcających i w lewo skręcających, t. zw. „optycznych antypodów," albo też pochodzi ztąd, że wewnątrz samej cząsteczki rozmieszczenia niesymetryczne znoszą się nawzajem w swem działaniu optycznem. Gdy mamy rozstrzygnąć, czy w danym razie mamy do czynienia z pierwszą czy z drugą możliwością, wówczas staramy się związek optycznie bierny rozszczepić na jego optycznie czynne części składowe. PASTEUR dokonał takiego rozkładu kwasu gronowego przez wykrystalizowanie soli sodoamonowej (porówn. str. 213); dla innych kwasów z asymetrycznym węglem okazało się doskonałym środkiem pomocniczym w tym celu sporządzenie ich połączeń ze strychniną lub podobnemi ciałami. Co wszakże na osobliwą zasługuje uwagę ze względu fizyologicznego, to rozszczepianie takich związków przy pomocy pewnych grzybków. Hodując pewne grzybki rozszczepkowe (*Schizomycetes*) lub woreczkozarodnikowe (*Ascomycetes*) w roztworach ciał podlegających rozkładom, uważamy, że rozkładają one zawsze naprzód tylko jednę optycznie czynną część składową, pożerają ją niejako, skutkiem tego pierwotnie bierny optycznie roztwór staje się optycznie czynnym, i z takiego roztworu dopiero można wyosobnić część składową pozostałą, nienaruszoną przez grzybki. Tak np. bierny optycznie kwas migdałowy



rozszczepia się pod wpływem grzybka *Penicillium glaucum*, kwas lewomigdałowy ulega rozkładowi, zniszczeniu, a kwas prawomigdałowy pozostaje bez zmiany. Odwrotnie znów pewne grzybki rozszczepkowe, które rozwijają się w roztworach biernego kwasu migdałowego, niszczą kwas prawomigdałowy a pozostawiają bez zmiany kwas lewomigdałowy. Fakty te dowodzą najoczywiściej, że kwas migdałowy bierny

www.dlibra.wum.edu.pl

(sztuczny) [1]) składa się z dwu części składowych stereoizomerycznych optycznie czynnych.

Powróćmy jeszcze na chwilę do izomeryi kwasów α-oksypropionowych. Dwa kwasy o budowie $CH_3 . CH(OH) . COOH$ znane były oddawna, kwas mleczny fermentacyjny optycznie bierny i kwas mięsomleczny, skręcający płaszczyznę polaryzacyi w prawo. Teorya wymagała jeszcze istnienia trzeciego stereoizomerycznego kwasu, który musiał oczywiście skręcać w lewo. Gdy przyrządzimy sól strychninową kwasu biernego, możemy ją rozszczepić na dwa antypody optyczne, z których jeden jest znanym kwasem mięsomlecznym, a drugi owym poszukiwanym izomerem w lewo skręcającym. Rozszczepianie przy pomocy grzybków dało się tu także przeprowadzić z powodzeniem. *Penicillium glaucum*, hodowane w roztworze zwykłego mleczanu amonu, wytworzyło zeń sól w prawo skręcającego kwasu mięsomlecznego. Z drugiej strony udało się przy pomocy pewnych grzybków rozszczepkowych [2]) tak przeprowadzić fermentacyą cukru, że powstał przy tem bezpośrednio kwas lewomleczny. Gdy następnie ten ostatni mieszano z równą ilością kwasu mięsomlecznego, powstał z połączenia obudwu kwas mleczny optycznie bierny.

12. Etery alkilowe, bezwodniki kwasowe i estry.

12. Działając na alkoholat metalu jodkiem węglowodorowym, otrzymujemy jodek metalu, podczas gdy pozostałe rodniki łączą się ze sobą, np.

$$\underset{\text{sodometylalkoholat}}{CH_3ONa} + \underset{\text{jodek metylu}}{CH_3J} = CH_3 - O - CH_3 + \underset{\text{jodek sodu}}{NaJ}$$

$$\underset{\text{sodoetylalkoholat}}{CH_3 - CH_2ONa} + \underset{\text{jodek metylu}}{CH_3J} = CH_3 - CH_2 - O - CH_3 + \underset{\text{jodek sodu}}{NaJ}$$

$$\underset{\text{sodoetylalkoholat}}{CH_3 - CH_2ONa} + \underset{\text{jodek etylu}}{CH_3 - CH_2J} = CH_3 - CH_2 - O - CH_2 - CH_3 + \underset{\text{jodek sodu}}{NaJ}$$

Jak przykłady te wskazują, powstają w ten sposób nowe związki, w których dwa jednakowe lub różne rodniki alkoholowe

[1]) Kwas migdałowy naturalny zwraca płaszczyznę polaryzacyi w lewo.

[2]) Odpowiedniemi są w tym celu pewne gatunki wibryonów zbliżone morfologicznie do wibryonu cholery; również lasecznik (*bacillus acidi laevolactici*), który jest, zdaje się, specyficznym ustrojem fermentacyi „lewomlecznej."

www.dlibra.wum.edu.pl

(węglowodorowe) połączone są ze sobą przy pomocy umieszczonego pomiędzy niemi atomu tlenu. Można także sprowadzić tworzenie się tych związków, jeżeli pozostawić alkohole w zetknięciu z ciałami chciwie przyciągającemi i pochłaniającemi wodę. Wówczas powstają nowe te związki dzięki utracie wody przez alkohole, jak to wskazują równania następujące:

$$CH_3OH + CH_3OH = CH_3—O—CH_3 + HOH$$

$$\begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} + CH_3OH = \begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CH_2—O—CH_3 \end{matrix} + HOH$$

$$\begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} + \begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CH_3OH \end{matrix} = \begin{matrix} CH_2 \\ | \\ CH_2—O—CH_2 \end{matrix} \begin{matrix} CH_3 \\ | \\ \end{matrix} + HOH$$

W pierwszym przypadku rodniki dwu cząsteczek alkoholu metylowego łączą się na związek $CH_3—O—CH_3$ przy współczesnej utracie wody. W przypadku drugim dzieje się to samo z rodnikami jednej cząsteczki alkoholu metylowego i jednej alkoholu etylowego; w trzecim z dwiema cząsteczkami alkoholu etylowego. Zachodzi tu utrata wody (dehydratacya, obezwodnienie), powstają bezwodniki alkoholów czyli etery alkoholowe (etery alkilowe). Etery takie, zawierające dwa jednakowe rodniki alkoholowe, nazywają się proste, te zaś, które złożone są z dwu różnych rodników alkoholowych, nazywają się mieszane. Najbardziej znanym tego rodzaju związkiem jest alkohol etylowy $C_2H_5—O—C_2H_5$, zwany najczęściej wprost alkoholem a używany tak często w życiu codziennem jako środek narkotyczny oraz stosowany do rozpuszczania rozmaitych ciał w praktyce chemicznej.

Podobne zjawisko odwodniania, obezwodniania może nastąpić także z cząsteczkami kwasów; powstają wówczas bezwodniki kwasowe [1]). Równanie

$$CH_3COOH + CH_3COOH = CH_3CO—O—CH_3CO + HOH$$

tłumaczy tworzenie się jednej cząsteczki bezwodnika kwasu octowego z dwu cząsteczek tego kwasu przy jednoczesnej utracie wody.

Gdy takie obezwodnienie, dehydratacya zachodzi przy łączeniu się rodnika alkoholowego z rodnikiem kwasowym, to powstają ciała, które nazywają się etery kwasowe czyli estry, np.

$$CH_3COOH + CH_3OH = CH_3CO - O - CH_3 + HOH$$

kwas octowy — alkohol metylowy — eter metylowy kwasu octowego czyli octan metylu

[1]) W rzeczywistości bezwodników kwasowych nie przyrządzamy bezpośrednio z kwasów.

www.dlibra.wum.edu.pl

$$CH_3COOH + CH_3CH_2OH = CH_3CO-O-CH_2CH_3 + HOH$$

kwas octowy — alkohol etylowy — octan etylu (eter octowy).

Związki takie tworzą się pomiędzy alkoholami a nieorganicznemi zarówno jak i organicznemi kwasami. Zaznaczyć należy w szeregu tego rodzaju związków rozpowszechnione w państwie roślinnem i zwierzęcem, a wspomniane już wyżej połączenia trójwartościowego alkoholu, gliceryny, z wyższemi kwasami tłuszczowemi. Związki te to tłuszcze roślinne i zwierzęce. Są to prawdziwe estry, związki rodników owych kwasów tłuszczowych z rodnikiem alkoholu, gliceryny. Ponieważ mają one duże znaczenie fizyologiczne, zajmiemy się przeto niemi bliżej w rozdziale następnym.

Wiele tych bezwodników można otrzymać sposobem sztucznym z ich części składowych przez odjęcie wody; wszystkie zaś, przyłączając pierwiastki wody, rozszczepiają się na owe prostsze składowe części, z których dają się złożyć. Pierwszy z tych procesów chemicznych to synteza, drugi nazywamy analizą, rozkładem. Synteza i analiza, jako metody chemiczne znakomicie się przyczyniły do dokładniejszego poznania budowy mnóstwa związków organicznych.

Literami R_1 i R_2 oznaczmy dwa dowolne, mniej lub więcej złożone jednowartościowe rodniki węglowodorowe (alkilowe); otóż bezpośrednio lub na drodze ubocznej, pośredniej, można zawsze dokonać następujących reakcyj:

a) reakcye syntetyczne:

alkohole $\begin{cases} R_1OH + R_1OH = R_1 - O - R_1 + HOH \\ R_1OH + R_2OH = R_1 - O - R_2 + HOH \end{cases}$ bezwodniki alkoholów = etery

kwasy $\begin{cases} R_1COOH + R_1COOH = R_1CO-O-COR_1 + HOH \\ R_1COOH + R_2COOH = R_1CO-O-COR_2 + HOH \end{cases}$ bezwodniki kwasowe

kwas + alkohol $\begin{cases} R_1COOH + R_1OH = R_1CO - O - R_1 + HOH \\ R_1COOH + R_2OH = R_1CO - O - R_2 + HOH \end{cases}$ estry

b) reakcye analityczne, rozkładowe:

$$R_1 - O - R_1 + HOH = R_1OH + R_1OH$$
$$R_1 - O - R_2 + HOH = R_1OH + R_2OH \text{ i t. d.}$$

Rozszczepienia takie w niektórych związkach następują już przy zetknięciu z wodą, w innych razach trzeba sięgać po pomoc wyższych temperatur, pary wodnej, lub należy działać kwasami albo innemi jeszcze środkami. Podobne zjawiska rozkładu zachodzą także w odpowiednich warunkach z bardziej złożonemi cząsteczkami wodanów węgla i ciał biał-

www.dlibra.wum.edu.pl

kowych; rozszczepienia te mają także duże znaczenie w zjawiskach życiowych. Bardzo często przy takiem przybieraniu pierwiastków wody rozszczepianie związków koloidowych lub nierozpuszczalnych prowadzi do produktów rozpuszczalnych i krystalicznych. Te zjawiska rozszczepiania nazwano ogólnie rozkładami hydrolitycznemi lub hydrolizami. W dalszym ciągu wypadnie nam jeszcze często o nich wspominać. Zauważymy tu jeszcze tylko, że w szczególności takie hydrolizy wodanów węgla i ciał białkowych mogą być sprowadzane nietylko pod wpływem już wymienionych wyżej czynników chemicznych, lecz także przez działanie pewnych osobliwych substancyj zawartych w organizmach zwierzęcych i roślinnych, t. zw. enzymów.

13. Związki nienasycone.

13. We wszystkich rozważanych związkach organicznych atomy węgla były ze sobą zawsze powiązane pojedyńczo t. j. pojedyńczemi jednostkami wartościowości, jako to wskazuje schemat następujący:

$$CH_3—CH_2—CH_2— \ldots\ldots CH_2—CH_2—CH_3 .$$

Związki takie nazywamy nasyconemi. W łańcuchu węglowym takich związków nic się nie zmienia, gdy zamiast jednego lub większej liczby atomów wodoru wstępują do cząsteczki inne atomy lub grupy atomów czyli rodniki. Jeżeli nowo wstawiane rodniki są znów łańcuchami węglowemi o wiązaniu pojedyńczem, w takim razie otrzymujemy cząsteczki z łańcuchami bocznemi; tak np. gdy w cząsteczce butanu zamiast jednego z dwu atomów wodoru w grupie metylenowej wprowadzimy grupę etylową:

$$\begin{array}{c} CH_3 - CH - CH_2 - CH_3 \\ \quad\quad | \\ \quad\quad C_2H_5 \end{array}$$

I w tych wszystkich przypadkach mamy jeszcze wciąż do czynienia ze związkami nasyconemi. Istnieją wszelako także związki, w których atomy węgla wiążą się ze sobą podwójnie lub potrójnie czyli zużywają po dwie lub trzy jednostki wartościowości na wzajemne ze sobą łączenie się. Najprostszemi tego rodzaju cząsteczkami są:

$$\begin{array}{ccc} H_2C{=}CH_2 & \text{i} & HC{\equiv}CH \\ \text{etylen} & & \text{acetylen.} \end{array}$$

Od etylenu i acetylenu, w podobny sposób jak od metanu, dają się wyprowadzić długie szeregi węglowodorów, alkoholów, aldehydów, kwasów i t. d. Wszystkie te pochodne związki, zawierające conajmniej jedno wiązanie podwójne lub potrójne, lecz mogące zawierać ich też więcej, nazywamy nienasyconemi [1]). Wymieniamy tu dla przykładu chole-

[1]) Nie należy mieszać tego pojęcia „nienasycenia“ z tem, które poznaliśmy, mówiąc o grupach atomów czyli rodnikach, które mają

www.dlibra.wum.edu.pl

sterynę $C_{27}H_{45}OH$, alkohol nienasycony, znajdujący się w cieczach zwierzęcych (żółć; kamienie żółciowe złożone są często całkowicie z cholesteryny) i zwłaszcza w substancyi nerwów, a również w ciałach roślin; oraz kwas olejowy (elainowy), kwas tłuszczowy, podobny do stearowego, $C_{18}H_{34}O_2$, zawarty w tłuszczach zwierzęcych i bardzo obficie w olejach tłustych (oliwa, olej migdałowy). Kwas olejowy, przyłączając dwa atomy H, przechodzi w kwas stearowy; łańcuch przeto węglowy musi być jednakowo zbudowany w obudwu tych kwasach, tylko że w kwasie olejowym w pewnem miejscu występuje wiązanie podwójne:

$$CH_3—CH_2—CH_2— \ldots\ldots —CH{=}CH—CH_2—COOH,$$

Wszystkie związki węglowe, które ostatecznie dają się wyprowadzić od metanu, zwykliśmy nazywać pochodnemi metanu. Również często, a nawet i częściej posługujemy się dla nich nazwą związków szeregu tłuszczowego; należą tu—pomiędzy bardzo licznemi, najróżnorodniejszemi związkami—także tłuszcze zwierzęce i roślinne oraz zawarte w tychże kwasy tłuszczowe.

Ugrupowanie atomów węgla [1]) we wszystkich tych związkach wyobrazić sobie możemy w postaci łańcucha otwartego. Bynajmniej nie ma to znaczyć, że atomy węgla wiążą się z sobą w linii prostej, jak ogniwa łańcucha spoczywającego na równej powierzchni. Zgodnie z tem, co powiedziano wyżej (porówn. str. 215) o położeniu przestrzennem jednostek wartościowości węgla odpowiednio do kątów tetraedru, wnosić należy, że kierunek tego łańcucha w przestrzeni podobny być musi do linii wciąż zbaczającej i odchylającej się od kierunku pierwotnego. Lecz pomimo to mamy tu do czynienia zawsze z pewnym szeregiem atomów, z łańcuchem otwartym, o dwu końcach otwartych. I to właśnie charakteryzuje wszystkie związki gromady metanowej, tłuszczowej.

14. Pierścień benzolowy.

14. W przeciwstawieniu do tych pochodnych metanu znamy bardzo dużą liczbę związków organicznych, których cząsteczka zawiera w sobie jako jądro pierścień zamknięty składający się z atomów węgla. Nie chcemy tu rozważać wszystkich, a bardzo rozmaitych poznanych dotychczas pierścieni węglowych; objaśnimy tylko budowę pierścienia najważniejszego, benzolowego i poznamy niektóre, bardziej nas interesujące pochodne benzolu.

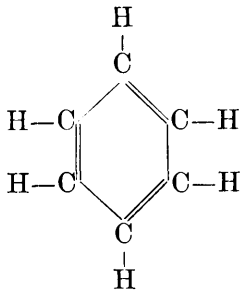
---

jeszcze jednę lub więcej jednostek wartościowości wolnych, t. j. niezwiązanych.

[1]) Wyłączone są tu ogniwa szeregu metanowego i etanowego, a więc związki o jednym lub dwu atomach węgla, w których nie ma jeszcze mowy o budowie łańcuchowej.

www.dlibra.wum.edu.pl

Sześć atomów węgla, jak to wskazuje schemat



łączy się w zamknięty, z sześciu ogniw złożony pierścień w taki sposób, że każdy poszczególny atom z jednym sąsiednim wiąże się pojedyńczo (jedną jednostką wartościowości), z drugim zaś podwójnie (dwiema jednostkami wartościowości). Każdemu przeto atomowi węgla pozostaje wolna jedna jednostka wartościowości; gdy wszystkie te wolne jednostki wartościowości zostaną nasycone przez atomy wodoru, mamy wówczas cząsteczkę najprostszego związku benzolowego, mianowicie węglowodór C_6H_6, benzol. Każdy z tych sześciu atomów wodoru w jednakowy sposób może być zamieniony na atomy jednowartościowe lub rodniki, grupy atomowe węglowodorowe, rodniki kwasów nieorganicznych lub organicznych, grupy zawierające azot i t. d. Wynika ztąd znaczna liczba i różnorodność pochodnych benzolu. Pierścień benzolowy zachowuje się bardzo opornie względem czynników chemicznych. Gdy poddajemy głębszym reakcyom chemicznym rozmaite związki benzolowe, wówczas zachodzą najróżnorodniejsze podstawienia zamiast wodoru, lecz sam pierścień benzolowy, jądro cząsteczki pozostaje nienaruszone. Trwałość ta ujawnia się także przy analizie, rozkładzie rozmaitych ciał białkowych. Jeżeli w skomplikowanej cząsteczce białka zawarte jest jądro benzolowe, możemy być pewni, że nie rozpadnie się ono, a zatem nie ujdzie naszej uwagi przy najrozmaitszych rozkładach i rozszczepieniach cząsteczki.

Pogląd na budowę cząsteczki benzolu, prawie powszechnie obecnie przyjęty, od niedawna stosunkowo panuje w nauce. Gdy w roku 1834 wykryto w smole po destylacyi węgla kamiennego dobre źródło do wydobywania karbolu, surowy ten materyał w następstwie znakomicie był wyzyskiwany do wyrobu najrozmaitszych związków benzolowych. Brak było wszelako zadawalającego objaśnienia budowy tych ciał aż do roku 1865, w którym Kekulé opracował swą teoryą benzolu. Ta nauka o zamkniętym, sześcioogniwowym pierścieniu węglowym od owego czasu wielokrotnym podlegała sprawdzaniom i doskonale została poparta mnó-

www.dlibra.wum.edu.pl

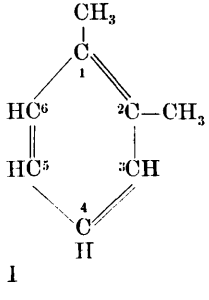
stwem dowodów. Możemy ją przeto poczytywać za teoryą dobrze uzasadnioną, za wyraz najlepszy tego, co charakteryzuje wszystkie pochodne benzolowe.

15. Pochodne benzolu. Związki aromatyczne.

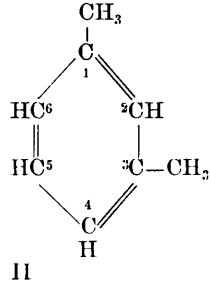
15. Wszystkie pochodne benzolu znane są także pod nazwą związków aromatycznych, nie dla tego wszakże, że wiele z nich odznacza się swoistym zapachem aromatycznym, lecz dlatego że dawniej, zanim powiodła się synteza, niektóre z nich otrzymywano z olejów i żywic aromatycznych [1]).

Podobnie jak w szeregach związków metanowych, tak i wśród pochodnych benzolu znajdują się węglowodory, alkohole, aldehydy, kwasy, etery i t. p. Przytoczymy tu niektóre przykłady tych ciał i na nich poznamy niektóre szczególne właściwości związków aromatycznych. W benzolu C_6H_6 zamieńmy 1, 2, 3 . . . . . 6 atomów wodoru na metyl, etyl, propyl i t. d., a otrzymamy węglowodory aromatyczne: metylbenzol = toluol $C_6H_5 \cdot CH_3$, dwumetylbenzol = ksylol $C_6H_4(CH_3)_2$, etylbenzol $C_6H_5 \cdot C_2H_5$ i t. d.

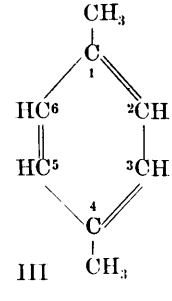
Zatrzymajmy się na dwumetylbenzolu i dowiedzmy się o osobliwszym fakcie, mianowicie, że istnieje nie jeden, lecz trzy dwumetylbenzole. Wogóle poucza nas doświadczenie, że wszelkie pochodne benzolu o dwu zastąpionych atomach wodoru — czy to jednakowe czy różne będą nowowprowadzone atomy lub rodniki — istnieją w trzech izomerycznych odmianach. W teoryi swej benzolowej Kekulé w następujący sposób objaśnia ten rodzaj izomeryi. Jakkolwiek sobie wyobrazimy postać pierścienia benzolowego, zawsze, gdy dwa atomy wodoru będą zastąpione przez inne atomy lub rodniki, otrzymane być muszą trzy cząsteczki odmienne, których różnice polegają na tem, że rozmaite są w nich względne położenia nowowprowadzonych, zastępujących atomów. Gdy dwa atomy wodoru zamieniamy na dwie grupy metylowe, otrzymamy 3 dwumetylbenzole, których budowa odpowiada następującym wzorom:



I



II



III

[1]) Obiedwie wielkie gromady związków alifatycznych (tłuszczowych) i aromatycznych obejmują obecnie wprawdzie przeważną, lecz jednakże nie całkowitą treść chemii organicznej. Przez czas dość długi po-

www.dlibra.wum.edu.pl

Sześć atomów węgla w benzolu, albo, mówiąc ściślej, ich wartościowości (6 pojedyńczych jednostek wartościowości), ujawniające się nazewnątrz, zupełnie są pomiędzy sobą równoznaczne [1]). Gdy wstępuje tylko jedna grupa metylowa, oczywiście jest obojętnem, przy którym atomie węgla zastąpi ona wodór. Istnieje jeden tylko metylbenzol (toluol), i wogóle nie ma ani jednego przypadku izomeryi w takim pochodnym związku benzolowym, w którym jeden atom wodoru jest zastąpiony. Dopiero zastąpienie drugiego atomu wodoru daje możliwość różnic; ów drugi atom zastąpionego wodoru może bowiem znajdować się w bezpośredniem sąsiedztwie pierwszego, albo też może od niego być oddzielonym przez jeden lub dwa atomy węgla. Ponieważ stosunek przestrzenny położenia 1 do 2 jest identyczny z położeniem 1 do 6, a położenie 1 do 3 identyczne z położeniem 1 do 5, przeto prócz wymienionych trzech możliwości niema żadnej innej, która prowadziłaby do benzolu dwumetylowego. Położenie odpowiadające fig. I (położenie 1, 2) nazywa się orto-

„ „ II (położenie 1, 3) „ „ meta-

„ „ III (położenie 1, 4) „ „ para-

W rozpatrywanym tu szczególnym przypadku mamy więc ortodwumetylbenzol, metadwumetylbenzol i paradwumetylbenzol, lub nazywamy je i piszemy krócej o- ksylol, m- ksylol i p- ksylol, wzory zaś odnośne:

$$C_6H_4 < \begin{matrix} CH_3\ (1) \\ CH_3\ (2) \end{matrix} \quad C_6H_4 < \begin{matrix} CH_3\ (1) \\ CH_3\ (3) \end{matrix} \quad C_6H_4 < \begin{matrix} CH_3\ (1) \\ CH_3\ (4). \end{matrix}$$

Odpowiednie izomery występują we wszystkich dwupodstawionych (dwusubstytuowanych) produktach (pochodnych) benzolu.

Nazywamy ten rodzaj izomeryi izomeryą położenia, albowiem wynika ona z właściwych pochodnym benzolu rozmaitym położeniom wprowadzanych atomów lub rodników.

Teorya Kekulégo każe oczekiwać, że w pochodnych benzolu powstających przez wprowadzenie trzech i czterech nowych atomów lub rodników spotykamy się również z tego rodzaju izomerami. Pomijamy wszakże tutaj te przykłady.

---

dział związków organicznych na dwie grupy był wystarczający. Lecz od czasu postępu na polu syntezy związków węglowo-azotowych i t. p. poznano mnóstwo ciał nowych, które odrębne zajmują miejsce w układzie związków węgla.

Schemat sześcioboczny właściwie nic bliższego nie orzeka o istotnej postaci cząsteczki benzolu. Ma on tylko na celu wskazanie budowy pierścieniowej oraz charakterystycznego wiązania naprzemian pojedyńczego i podwójnego.

[1]) Dla uprzystępnienia rozważań dalszych atomy węgla w pierścieniu benzolowym opatrzone są w figurach I, II i III cyframi porządkowemi.

www.dlibra.wum.edu.pl

Zastąpmy w pierścieniu benzolowym jeden lub więcej atomów wodoru przez rodnik OH, a otrzymamy hydroksylowe pochodne, t. zw. oksybenzole C_6H_5OH, $C_6H_4(OH)_2$, $C_6H_3(OH)_3$ i t. d. Ze względu na swe pochodzenie, są te ciała podobne do alkoholów ciał tłuszczowych, lecz własnościami zbliżają się raczej do kwasów; wodór ich grup hydroksylowych z łatwością wymienia się na metale. Nazywają się związki tej gromady fenole. Pierwszy z nich, zwany wprost fenolem C_6H_5OH, jest ogólnie znany jako środek dezinfekcyjny; zwiemy go inaczej kwasem karbolowym. Trójoksybenzol $C_6H_3(OH)_3$ jest t. zw. pirogallol czyli kwas pirogallowy, który otrzymuje się z kwasu gallusowego, substancyi nader rozpowszechnionej w roślinach. Roztwory alkaliczne pirogallolu chciwie pochłaniają tlen.

Gdy zamiast atomu wodoru do benzolu wstępuje grupa aldehydowa — COH lub karboksylowa — COOH, powstają ciała $C_6H_5 . COH$ i $C_6H_5 . COOH$. Pierwsze z nich to najprostszy z aldehydów aromatycznych, benzaldehyd czyli olejek migdałów gorzkich [1]), wonna część składowa migdałów gorzkich; drugie to najprostszy kwas aromatyczny, kwas benzoesowy (będźwinowy), stanowiący główną część składową żywicy benzoesowej.

Od kwasu benzoesowego przez wymianę jednego atomu H na OH przechodzimy do hydroksylowanego kwasu benzoesowego czyli do kwasu oksybenzoesowego $C_6H_4 <^{OH}_{COOH}$. Ponieważ kwas ten jest już produktem benzolu dwusubstytuowanym, muszą przeto istnieć trzy jego odmiany izomeryczne. Tak jest też istotnie. Znany jest kwas o- oksybenzoesowy, m- oksybenzoesowy i p- oksybenzoesowy, z których pierwszy zasługuje na osobliwszą uwagę jako cenny środek leczniczy i przeciwbakteryjny: jest to kwas salicylowy.

Podobnie jak alkohole i kwasy szeregu tłuszczowego, tak też fenole i kwasy aromatyczne mogą wytwarzać etery i bezwodniki. Tworzenie się eterów zachodzi najczęściej pomiędzy cząsteczką fenolu i cząsteczką alkoholu z gromady metanowej np.:

$$C_6H_5OH + CH_3OH = C_6H_5 - O - CH_3 + H_2O.$$

Do tych nowopoznanych przez nas połączeń należą z jednej strony pewne ciała, otrzymywane ze smoły węgla kamiennego, odznaczające się przenikliwą wonią oraz własnościami przeciwbakteryjnemi (dezinfekcyjne-

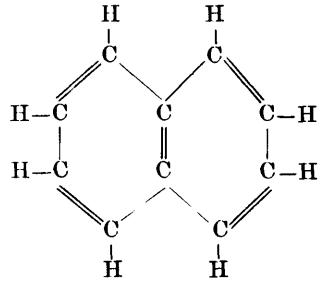
---

[1]) Nie należy mieszać tego olejku gorzkich migdałów z olejkiem migdałowym zwykłym, przez wyciśnięcie otrzymywanym z migdałów słodkich i gorzkich. Benzaldehyd w związku z innemi rodnikami pozostaje jako glukozyd, t. zw. amygdalina, w pozostałej po wyciśnięciu masie. (Porówn. rozdz. X, § 3.)

www.dlibra.wum.edu.pl

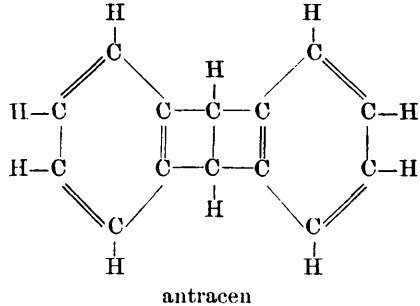
mi), jak kreozot, gwajakol; z drugiej zaś niektóre związki pachnące, zawarte w roślinach (wanilina, heliotropina, kumaryna).

Poznaliśmy rozmaite ciała, pochodzące od benzolu przez zastępowanie w nim pojedyńczych atomów wodoru rozmaitemi atomami i rodnikami. Dla rozmaitych innych grup ciał aromatycznych mamy punkt wyjścia w węglowodorach, utworzonych przez spojenie kilku pierścieni benzolowych. Tak np. cząsteczka węglowodoru $C_{10}H_8$ naftaliny przedstawia spojone dwa pierścienie benzolowe o budowie widocznej z dołączonego schematu.

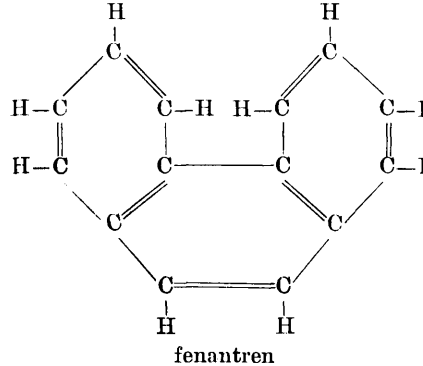


naftalina

W antracenie $C_{14}H_{10}$ dwa pierścienie benzolowe są ze sobą spojone przy pomocy grup pośrednich złożonych z atomów węgla i wodoru. Izomeryczny z antracenem fenantren $C_{14}H_{10}$ złożony jest z trzech spojonych ze sobą pierścieni benzolowych.



antracen



fenantren

Przytoczone tutaj oraz inne, jeszcze bardziej złożone cząsteczki stoją na czele dużych gromad związków, które dają się wyprowadzić z naftaliny, antracenu, fenantrenu i t. p. przez podstawianie zamiast wodoru innych pierwiastków lub rodników. Przeważna liczba tych ciał znana jest jako wytwory syntezy chemicznej; lecz niektóre z nich występują także w świecie roślinnym (a może i zwierzęcym), np. barwniki marzanny (alizaryna, purpuryna) należące do gromady antracenu lub aloes.

16. W przeglądzie dotychczasowym związków organicznych umyślnie pominęliśmy ciała zawierające azot. Podział związków węglowych na zawierające azot i bezazotowe ma duże znaczenie w chemii ogólnej, lecz jeszcze w wielu względach jest ważniejszy w fizyologii. W rozdziale następnym poznamy dokładniej najważ-

16. Związki azotu.

www.dlibra.wum.edu.pl

niejsze dla fizyologii ciała organiczne azotowe. Tutaj natomiast pragniemy tylko zestawić poglądowo najgłówniejsze typy związków azotowych.

Azot występuje w związkach już to jako pierwiastek trójwartościowy, już też jako pięciowartościowy. Za typ związku z azotem trójwartościowym służyć może amoniak NH_3, za typ zaś połączeń, w których azot jest pięciowartościowy, wodan amonu $NH_4 \cdot OH$. Podobnie jak związki węgla dają się wyprowadzić z metanu CH_4 przez zastępowanie w nim atomów wodoru innemi pierwiastkami lub rodnikami, tak związki azotu można przez podstawianie wyprowadzać z jednego z dwu powyższych typowych związków.

Związek NH_4OH, wodan amonu, uważamy za wodan, w którym zamiast jednego atomu metalu grupa jednowartościowa NH_4 (amon) połączona jest z hydroksylem. Wodan ten NH_4OH jest silnym zasadowym związkiem i, podobnie jak wodany metalów, tworzy sole z kwasami nieorganicznemi i organicznemi, np.

NH_4OH	+	HCl	=	NH_4Cl	+	HOH
wodan amonu		chlorowodór		chlorek amonu		woda

NH_4OH	+	CH_3COOH	=	$CH_3 \cdot COONH_4$	+	HOH
wodan amonu		kwas octowy		octan amonu		woda.

Od amoniaku przez odjęcie jednego lub dwu atomów wodoru pochodzą rodniki: jednowartościowy amid NH_2 i dwuwartościowy imid NH''. Ponieważ rodniki te mogą być wprowadzone do rozmaitych związków węglowych zamiast jednego lub dwu atomów wodoru albo też zamiast innych grup lub rodników, powstaje przeto możliwość otrzymywania bardzo znacznej liczby najrozmaitszych związków organicznych azotowych. Do najprostszych organicznych pochodnych amoniaku dochodzimy przez zastępowanie wodoru w amoniaku jednowartościowemi grupami węglowodorowemi z szeregu metanowego (tłuszczowego) lub benzolowego (aromatycznego) np. $NH_2 \cdot CH_3$ metyliak, $NH(CH_3)_2$ dwumetyliak, $NH_2 \cdot C_6H_5$ amidobenzol czyli fenyliak (ponieważ grupę jednowartościową C_6H_5 nazywamy fenyl). Fenyliak jest ciałem znanem powszechniej pod nazwą aniliny, która służy jako punkt wyjścia dla mnóstwa związków barwnych (barwniki anilinowe) oraz dla niektórych środków leczniczych (np. antyfebryna). I wszystkie trzy atomy wodoru z amoniaku mogą być w ten sposób zastąpione; za przykład posłużyć może trójmetyliak $N(CH_3)_3$ występujący

www.dlibra.wum.edu.pl

często jako produkt rozkładu ciał białkowych. Wszystkie te ciała obejmuje ogólna nazwa aminy.

17. Kwasy amidowe i amidy.

17. Inny szereg organicznych pochodnych amoniaku powstaje przez wstąpienie grupy NH_2' w kwasy organiczne. Z kwasu octowego $CH_3 . COOH$ tworzy się $CH_2(NH_2) . COOH$ kwas amidooctowy, inaczej zwany glikokol[1]). Ten kwas sprzężony z innym, t. zw. cholalowym, znajduje się w żółci, a połączenie to nosi nazwę kwasu glikocholowego.

Glikokol w połączeniu z kwasem benzoesowym daje kwas hipurowy, występujący dość obficie w moczu zwierząt roślinożernych. Takie połączenie tych dwu kwasów następuje w ten sposób, że zamiast jednego atomu wodoru grupy NH_2 wstępuje rodnik jednowartościowy $C_6H_5 . CO'$ (benzoil), utworzony z kwasu benzoesowego przez odjęcie od niego hydroksylu. Kwas hipurowy można zatem nazwać inaczej benzoilglikokol, a wzór jego da się wypisać: $CH_2 . (NH . C_6H_5CO) . COOH$.

Od kwasu propionowego $CH_3 . CH_2 . COOH$ pochodzą dwa różnie zbudowane kwasy amidowe, $CH_3 . CH(NH_2) . COOH$ [kwas α-amidopropionowy] i $CH_2(NH_2) . CH_2 . COOH$ [kwas β-amidopropionowy]. Gdy pierwszy z nich wiąże się z jednowartościową grupą oksyfenylową $C_6H_4 < {}^{OH}$ i to w ten sposób, że obiedwie grupy umieszczone są w pierścieniu benzolowym w położeniu para, powstaje w takim razie kwas paraoksyfenyl-α-amidopropionowy $C_6H_4 < {}^{OH}_{CH_2 . CH(NH_2) . COOH}\ {}^{(1)}_{(4)}$. Inaczej nazywa się ten związek tyrozyna i jest bardzo charakterystycznym produktem rozkładu ciał białkowych oraz substancyi rogowej (lecz nie kleju); tworzy się w szczególności także z gnijącego białka. Wszystkie prawie procesy życiowe a także procesy chemiczne sztuczne, w których z białka powstaje tyrozyna, zazwyczaj prowadzą także do utworzenia innego kwasu amidowego, t. zw. leucyny czyli kwasu α-amidokapronowego, któremu odpowiada wzór chemiczny $C_4H_9 . CH(NH_2) . COOH$.

Bardzo łatwo otrzymać można leucynę i tyrozynę z trzustki; prawdopodobnie związki te stale, choć w małych ilościach, zawarte są w tym organie.

Dwuzasadowy kwas bursztynowy $COOH . CH_2 . CH_2 . COOH$, który już poznaliśmy (porówn. str. 211), daje także ważne w fizyologii pochodne amidowe. Wymienimy tu dwa takie związki: kwas jednoamidobursztynowy czyli asparaginowy

---

[1]) Nazwa „glikokol“ (od greck. *γλυκύς*—słodki i łacińsk. *colla* — klej) wskazuje, że ciało mające smak słodki powstaje przy rozkładzie kleju.

www.dlibra.wum.edu.pl

$$\begin{array}{l} CH(NH_2) \cdot COOH \\ | \\ CH_2 \cdot COOH \end{array}$$

oraz amid tego ostatniego, w którym zamiast hydroksylu w grupie COOH znajduje się amid; ten związek nazywa się asparagina:

$$\begin{array}{l} CH(NH_2) \cdot COOH \\ | \\ CH_2 \cdot CONH_2 . \end{array}$$

Obadwa te ciała są rozpowszechnione w państwie roślinnem. Kwas asparaginowy obficie występuje w melasie po burakach, asparagina zaś zwłaszcza w bardzo młodych roślinach, w szparagach, nasionach grochu i zbóż; ztąd sądzono, że asparagina ma pewne znaczenie fizyologiczne w procesie dojrzewania roślin.

W pewnych roślinach i produktach roślin spotyka się obok kwasu asparaginowego inny jeszcze dwuzasadowy kwas amidowy, kwas glutaminowy

$$CH_2 < \begin{matrix} CH(NH_2) \cdot COOH \\ CH_2 \cdot COOH \end{matrix}$$

Kwas ten tworzy się również przy rozkładzie białka zwierzęcego.

Wreszcie ze względu na ich znaczenie fizyologiczne wspomnieć należy o pochodnych amidowych kwasu węglanego. Jeżeli NH_2 wstępuje zamiast hydroksylu do cząsteczki $CO < \begin{matrix} OH \\ OH \end{matrix}$, to powstaje kwas amidowęglany czyli karbaminowy $CO < \begin{matrix} NH_2 \\ OH \end{matrix}$; gdy i drugi rodnik OH zamienia się na NH_2, otrzymujemy amid kwasu karbaminowego czyli karbamid $CO < \begin{matrix} NH_2 \\ NH_2 \end{matrix}$, t. j. mocznik [1]).

Pewne spostrzeżenia przemawiają za tem, że kwas karbaminowy jest poprzednikiem mocznika w ciele zwierzęcem.

Przytoczone przez nas dotąd proste związki amidowe głównie dla tego nas zajmują, ponieważ występują w tworach żywych jako produkty

---

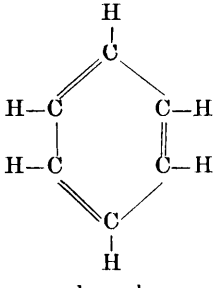
[1]) Mocznik został odkryty przez Rouelle'a i opisany po raz pierwszy w roku 1773 pod nazwą Extractum saponaceum urinae W roku 1799 otrzymali go w stanie czystym Foucroy i Vauquelin. Syntetycznie otrzymał go Wöhler w r. 1828 z izocyanianu amonu $CON \cdot NH_4$, który wskutek przemieszczenia atomów wewnątrz cząsteczki przeobraża się na mocznik $CO(NH_2)_2$. Ta synteza Wöhlera ma doniosłe znaczenie dla biologii, albowiem po raz pierwszy związek, który do owego czasu poczytywano za wyłączny wytwór organizmu zwierzęcego, został otrzymany w sposób sztuczny.

www.dlibra.wum.edu.pl

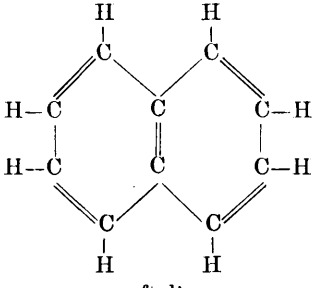
rozkładu ciał białkowych lub też jako związki poprzedzające syntetyczne białko. Lecz nie są one bynajmniej wyłącznemi, jedynemi azotowemi cegiełkami, na które rozpadają się tak zawiłe w swej budowie związki białkowe. Prócz nich znajdujemy jeszcze całe szeregi związków o budowie nie tak prostej, zawierających po 3, 4 i 5 atomów azotu, o charakterze zasadowym lub kwasowym, często też związki o strukturze pierścieniowej. Krótko tylko wspomnimy tu o kwasie moczowym $C_5H_4N_4O_3$, o kreatynie $NH = C<^{NH_2}_{N(CH_3).CH_2.COOH}$, o bezwodniku tejże czyli kreatyninie i o zasadach ksantynowych. Z temi ostatniemi wypadnie nam się jeszcze zapoznać w rozdziale następnym. Zarówno zasady ksantynowe jak i kwas moczowy wywodzą się z pierścienia, a raczej z układu pierścieniowego, zbudowanego z atomów węgla i azotu, lecz różnego od pierścienia benzolowego.

18. Pierścienie węglowo-azotowe. Alkaloidy.

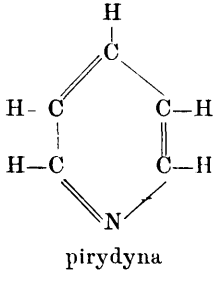
18. Typ jądra benzolu i naftaliny powtarza się w zasadowych związkach azotowych, pirydynie i chinolinie i pochodnych tychże. Dwie te zasady nietylko z budowy swojej pierścieniowej są podobne do benzolu i naftaliny, lecz i z całego zachowania się chemicznego, zwłaszcza pod względem oporności na rozmaite czynniki chemiczne. Jeżeli we wzorze benzolu jeden rodnik CH zamienimy na trójwartościowy atom azotu, otrzymamy pirydynę; gdy to samo uczynimy z naftaliną, otrzymamy chinolinę.



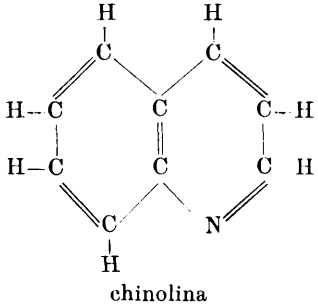
benzol



naftalina



pirydyna



chinolina

W przeciwstawieniu do obojętnych chemicznie węglowodorów: benzolu i naftaliny, pirydyna i chinolina dzięki swemu atomowi azotu mają

www.dlibra.wum.edu.pl

charakter wyraźnie zasadowy; z kwasami tworzą one, tak jak pochodne amoniaku, sole. Ponieważ zawarte w tych zasadach atomy wodoru mogą, jak w węglowodorach, w najrozmaitszy sposób być zastępowane przez inne pierwiastki i grupy atomowe, przeto stanowią one znów ciała podstawowe, z których wywodzą się liczne, rozmaicie złożone i zawiłe związki azotowe. Z pomiędzy tych licznych pochodnych zaznaczamy tu t. zw. alkaloidy, zasadowe związki azotowe pochodzenia roślinnego, odznaczające się w wysokim stopniu działaniem fizyologicznem na żywe ustroje. Do tych alkaloidów, mających własności trujące, lecz stosowanych także bardzo często w celach leczniczych, należą między innemi: morfina, kodeina, chinina, strychnina, atropina, nikotyna.

O związkach azotowych z gromady ciał białkowych będzie mowa w rozdziale następnym.

www.dlibra.wum.edu.pl

ROZDZIAŁ DZIESIĄTY.

Wodany węgla, tłuszcze i ciała białkowe.

1. Związki podstawowe w ciele roślin i zwierząt.

1. Jakkolwiek niesłychanie rozmaitym wydaje nam się skład chemiczny żywych tworów, jednakże trzy tylko grupy związków organicznych prawie wyłączny mają udział w budowie każdego ciała zwierzęcego i roślinnego oraz w najważniejszych funkcyach życiowych. Są to: wodany węgla, tłuszcze i ciała białkowe. Pod względem znaczenia ciała białkowe należy umieścić na pierwszem miejscu. Nietylko co do masy, lecz i co do ważności fizyologicznej stanowią one część składową najważniejszą wszystkich ustrojów żywych, wszystkich organizmów; są one niejako podstawą chemiczną, podścieliskiem wszelkiego życia. I wodany węgla i tłuszcze bardzo są rozpowszechnione w świecie żywym; tamte przeważnie występują w roślinach, tłuszcze zaś w znaczniejszych skupieniach w roślinach, a jeszcze więcej w zwierzętach. Bardzo często obadwa te rodzaje związków znajdują się obok siebie, lecz może także brakować wodanów węgla lub tłuszczów, nie można ich przeto uważać za absolutnie niezbędne dla wszelkiej komórki żywej.

W jednym z rozdziałów następnych dowiemy się, że trzy te gromady związków organicznych wytwarzają się w roślinach i że stanowią dla organizmów zwierzęcych najważniejsze materye pokarmowe, odżywcze. Co do składu chemicznego, różnią się one pomiędzy sobą przedewszystkiem tem, że wodany węgla i tłuszcze złożone są tylko z pierwiastków: węgla, wodoru i tlenu, białka zaś prócz tych zawierają jeszcze pierwiastki: azot, siarkę i bardzo często fosfór. Ponieważ dla znaczenia fizyologicznego, odżywczego (dla zwierząt) rozstrzygającą jest zawartość lub brak azotu, przeto odróżniamy także wodany węgla i tłuszcze jako materye pokarmowe bezazotowe od ciał białkowych—azotowych.

Zawartość węgla w wodanach węgla wynosi w liczbie okrą-

www.dlibra.wum.edu.pl

głej 40%, w tłuszczach 60—80%; tlenu zawierają wodany węgla około 50%, w tłuszczach ilość jego waha się pomiędzy 30 a 10%. Wodany węgla zatem bardziej są utlenione niż tłuszcze; spalenie ich całkowite — na CO_2 i H_2O — wymaga mniej tlenu niż spalenie tłuszczów, a co za tem idzie, wytwarza też mniejszą ilość ciepła niż spalenie tłuszczów.

2. Wodany węgla.

2. Wodany węgla są to związki o składzie empirycznym $C_m(H_2O)_n$ czyli zawierają pierwiastki H i O w tym samym stosunku, w jakim pierwiastki te tworzą wodę. Ztąd też ich nazwa; są to niejako połączenia wody z węglem $[C_m + (H_2O)_n]$ [1]). W wielu wodanach węgla m = n; wówczas wzór upraszcza się, mianowicie $(CH_2O)_m$. Tymczasem *m* przyjmujemy za nie mniejsze od 3, tak że skład najprostszego wodanu węgla—tak zwanej glicerozy—wyraża się wzorem $C_3H_6O_3$.

Zazwyczaj, uwzględniając tylko najważniejsze związki węglowodanowe, jakie w naturze występują, dzielimy wodany węgla na 3 grupy: zwyczajne cukry (monosacharydy lub glukozy $C_6H_{12}O_6$), cukry podwójne (dysacharydy, sacharozy $C_{12}H_{22}O_{11}$) i polisacharydy $(C_6H_{10}O_5)_m \pm {}_nH_2O$.

Nie wystarcza wszakże ten podział dla objęcia całej gromady wodanów węgla, od czasu gdy wykryto w ustrojach żywych wodany węgla o 5 atomach C i gdy poczęto otrzymywać syntetycznie związki tej grupy o 3, 7 i 9 atomach węgla. Emil Fischer, którego badania wniosły nowe światło do nauki o cukrach, rozróżnia wedle atomów C następujące szeregi cukrów:

Triozy	$C_3H_6O_3$
Tetrozy	$C_4H_8O_4$
Pentozy	$C_5H_{10}O_5$
Heksozy (=glukozy)	$C_6H_{12}O_6$
Heptozy	$C_7H_{14}O_7$
Nonozy	$C_9H_{18}O_9$
Heksobiozy (=sacharozy)	$C_{12}H_{22}O_{11}$ *)
Heksotriozy (=należące do polisacharydów)	$C_{18}H_{32}O_{16}$ **)

*) $= 2(C_6H_{12}O_6) - H_2O$

**) $= 3(C_6H_{12}O_6) - 2H_2O$.

[1]) Nie ma to bynajmniej znaczyć, że taką jest istotnie budowa wodanów węgla. Nie należy również mniemać, że każdy związek, który zawiera pierwiastki C, H i O w stosunku powyższym, powinien być zaliczony do wodanów węgla. Tak np. nie należą do wodanów węgla związki takie jak: kwas octowy ($C_2H_4O_2$), kwas mleczny ($C_3H_6O_3$); również nie należą do nich np. inozyt ($C_6H_{12}O_6$) lub benzochinon ($C_6H_4O_2$).

www.dlibra.wum.edu.pl

Układ ten, który uwzględnia przedewszystkiem wzór cząsteczki, nie daje się jeszcze zupełnie ściśle przeprowadzić dla polisacharydów, albowiem tutaj w nieznacznej dopiero mierze pokonano trudności nastręczające się przy oznaczaniu ciężaru cząsteczki. Musimy tymczasem poprzestać na dość rozległem określeniu „polisacharydy."

W obrębie każdej grupy można jeszcze dalej rozgraniczać wodany węgla, opierając się na ich cechach chemicznych. Cukry są albo aldehydami albo ketonami; składowi ich odpowiada wzór R.CHO albo R.CO.R′ (porówn. rozdz. IX § 8). Nazywa się je też za przykładem E. Fischera aldozy = cukry aldehydowe albo ketozy = cukry ketonowe. Zwłaszcza wyraźnie różnice te występują w grupie heksoz, cukrów najlepiej poznanych.

W zjawiskach życiowych na pierwszy plan występują glukozy (heksozy), sacharozy (heksobiozy) i niekrystalizujące polisacharydy. Wszystkie inne wodany węgla ustępują wymienionym co do ważności biologicznej, i dla tego w ciągu dalszym poprzestaniemy na uwzględnieniu owych trzech grup. Tylko o pentozach jeszcze ubocznie pokrótce wspomnimy.

Zarówno w stosunku do sacharoz jak i do polisacharydów glukozy mają się tak jak wodany do bezwodników. Z wzorów wyżej podanych dają się wyprowadzić równania:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 2C_6H_{12}O_6$$
$$(C_6H_{10}O_5)_m + {}_mH_2O = {}_mC_6H_{12}O_6.$$

Przeobrażenia chemiczne wyrażone w tych równaniach nie są wypisane dowolnie; owe cukry podwójne i przeważna liczba polisacharydów dają się istotnie przeobrazić na glukozy przez hydrolizę, dodatek wody. Ten blizki stosunek glukoz zarówno do sacharoz jak i polisacharydów czyni z nich teoretycznie najważniejszą grupę wodanów węgla; glukozy stanowią niejako klucz do reszty grup węglowodanowych.

3. Glukozy. 3. Glukozy są to ciała krystalizujące, rozpuszczalne w wodzie i alkoholu, dyfundujące przez błony, optycznie czynne, mające smak słabo słodki. Ich zdolność do krystalizacyi nie zawsze jest wyrażona dobrze; niektóre znane są dotychczas tylko w postaci syrupów. Najbardziej znanym przedstawicielem glukoz jest cukier gronowy czyli wprost glukoza, zwana dawniej także dekstrozą dla swojego działania na światło spolaryzowane, gdyż skręca płaszczyznę polaryzacyi w prawo. Cukier ten występuje bardzo często w państwie roślinnem, w towarzystwie innych glukoz, w owocach słodkich (jagodach, gronach winnych, jabłkach i t. d.), w miodzie; i w ciele zwierzęcem znajduje się często, choć w małych ilościach, mianowicie we krwi i innych cieczach. Połączony chemicznie z grupami już to szeregu tłuszczo-

www.dlibra.wum.edu.pl

wego, już aromatycznego, cukier ten znajduje się w wielu roślinach w postaci t. zw. glukozydów [1]).

Cukier gronowy łatwo może być otrzymany na większą skalę z mączki kartoflanej lub mączki innego pochodzenia przez hydrolizę t. j. rozpuszczenie mączki w gorącym rozcieńczonym kwasie siarczanym i następne gotowanie pod ciśnieniem. Ztąd też nazwa cukru kartoflowego lub mączkowego. Syntetycznie po raz pierwszy otrzymał go Emil Fischer w roku 1890. Teoretycznie możemy wywieść ten związek od normalnego heksanu $C_6H_{14} = CH_3 . CH_2 . CH_2 . CH_2 . CH_2 . CH_3$. W pierwszych pięciu grupach węglowych zastąpmy po jednym atomie wodoru przez rodnik OH, a ostatni metyl zamieńmy na rodnik aldehydowy COH, a otrzymamy normalny aldehyd pentaoksyheksylowy $CH_2(OH) . CH(OH) . CH(OH) . CH(OH) . CH(OH) . CHO$ = cukier gronowy. Pod względem budowy jest to więc związek zarazem alkoholowy i aldehydowy, jest to aldoza. Charakter alkoholowy ujawnia się w tem, że daje on alkoholaty i estry, charakter zaś aldehydowy w tem, że energicznie odtlenia alkaliczne roztwory soli metalowych (np. srebra).

Własność odtleniania jest zasadą, na której opierają się próby Trommera i Nylandera, pozwalające wykrywać cukier. Polegają te próby na tem, że roztwory alkaliczne soli miedzi i bizmutu przy ogrzewaniu z cukrem odtleniają się (redukują się) w sposób widoczny dla oka. Posługując się roztworem miedzi o znanej dokładnie zawartości (roztwór Fehlinga), możemy nietylko wykrywać cukier, lecz i oznaczać ilościowo jego zawartość w badanych roztworach.

Jako aldehyd, cukier gronowy oddziaływa bezpośrednio na fenylhydrazynę, aromatyczny związek zasadowy o wzorze $C_6H_5NH . NH_2$. Dwa te ciała mianowicie, działając na siebie, wytwarzają związek podwójny, pięknie krystalizujący, t. zw. fenylglukosazon. Ponieważ ciało to może być otrzymane z roztworów zawierających choćby nawet małą ilość cukru gronowego, przeto odczyn ten znalazł zastosowanie przy odszukiwaniu cukru. Powstające tu kryształy żółtej barwy (Fig. 29) pra-

---

[1]) Glukozydy są związki składu dość złożonego. Zawierają one rodnik węglowodanowy oraz rodnik alkoholowy, aldehydowy lub fenolowy. Pod wpływem kwasów lub pewnych fermentów rozszczepiają się na swe części składowe. W glukozydach: salicynie, populinie, hesperydynie, amygdalinie—wodanem węgla jest cukier gronowy. Inne glukozydy dają inne cukry. Amygdalina zawarta w migdałach gorzkich rozszczepia się na trzy części składowe: glukozę, benzaldehyd (olejek migdałów gorzkich) i kwas pruski:

$$C_{20}H_{27}NO_{11} + 2H_2O = 2C_6H_{12}O_6 + C_6H_5 . CHO + CNH.$$

Ferment dokonywający tego rozszczepienia, emulsyna, zawarty jest w samych migdałach gorzkich.

www.dlibra.wum.edu.pl

wie zawsze mają bardzo charakterystyczny kształt igieł ułożonych promienisto; ich punkt topliwości leży przy 204—205°, co może posłużyć do stwierdzenia ich identyczności w przypadkach wątpliwych. I z innych związków cukrowych, ze wszystkich mianowicie aldoz i ketoz, otrzymać można analogicznie złożone połączenia podwójne z fenylhydrazyną. Dlatego też fenylhydrazyna jest nader cennym odczynnikiem dla wykrywania wodanów węgla—cukrów. Wszystkie te związki podwójne aldoz i ketoz z fenylhydrazyną, najczęściej bardzo charakterystyczne dla owych poszczególnych wodanów węgla, obejmujemy nazwą ogólną osazony.

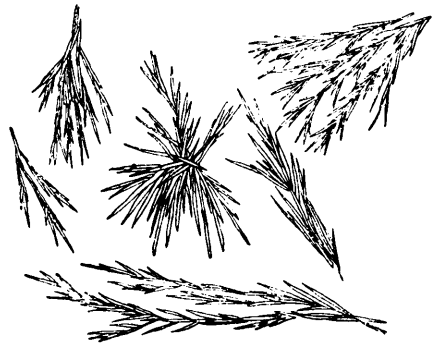


Fig. 29.
Kryształy fenylglukosazonu.

Wzór budowy glukozy wskazuje, że cząsteczka zawiera cztery asymetryczne atomy węgla. Należy przeto oczekiwać naprzód, że istnieje większa liczba ciał stereoizomerycznych, którym wzór ten odpowiada, i powtóre, że wśród tych wielu odmian jedne zwracają w prawo płaszczyznę polaryzacyi, inne w lewo, znów inne wreszcie są optycznie bierne. Istotnie obadwa te przypuszczenia są słuszne. Z 16 możliwych związków stereoizomerycznych, które przewiduje teorya Le Bela i van't Hoffa, i które wszystkie mają budowę glukozy, znane są już trzy: glukoza, mannoza i galaktoza; a prócz trzech ich odmian, w prawo zwracających płaszczyznę polaryzacyi i występujących w przyrodzie, otrzymano nadto te heksozy w postaci biernej optycznie oraz w odmianach zwracających płaszczyznę polaryzacyi w lewo. Gdy przeto znajdujemy się wobec możliwości zamiany związków, należy, podobnie jak to czynimy z kwasami winnemi, wyraźnie oznaczać daną odmianę cukru jako zwracającą w prawo lub w lewo albo optycznie bierną.

4. Niezmiernie pod względem biologicznym interesującemi są rozkłady cukru gronowego pod wpływem działania drobnoustrojów (mikroorganizmów) czyli t. zw. fermentacye. Pewne grzybki zarodnikowe i rozszczepkowe hodowane w cieczach, które zawierają cukier, sprowadzają rozkład tego ostatniego w bardzo charakterystyczny sposób. 4. Fermentacye.

Trzy rodzaje fermentacyi zaznaczamy tutaj:

1. Fermentacya alkoholowa (spirytusowa), którą sprowadzają drożdże (*Saccharomyces*) oraz niektóre inne grzybki (Mucor.). Glukoza rozszczepia się tu na alkohol i dwutlenek węgla:

www.dlibra.wum.edu.pl

$$\underset{\text{glukoza}}{C_6H_{12}O_6} = \underset{\text{alkohol}}{2\,C_2H_5OH} + \underset{\text{dwutl. węgla.}}{2\,CO_2}.$$

W znacznych rozmiarach proces ten zachodzi przy przyrządzaniu napojów alkoholowych z owoców zawierających mączkę i cukier. Posługujemy się też na małą skalę fermentacyą drożdżową, gdy chcemy w cieczach podejrzanych o zawartość cukru wykryć tę zawartość. Do takiej próby fermentacyjnej używamy rurki kształtu takiego, jak to widać na fig. 30.

Napełniamy rurkę badaną cieczą do wysokości takiej, jak to widać na rysunku, następnie dodajemy świeżych drożdży kawałek wielkości grochu i pozostawiamy przyrządzik na 24 godziny w temperaturze pokoju. W razie obecności glukozy wywiązuje się skutkiem fermentacyjnego działania drożdży dwutlenek węgla, który zbiera się w zamkniętem kolanku rurki. Że zebrany gaz jest istotnie dwutlenkiem węgla, dowieść można, wprowadzając przy pomocy zagiętej pipety ług potasowy do zamkniętego kolanka rurki: gaz szybko i całkowicie zostaje pochłonięty. W porównaniu z innemi odczynami na cukier ta próba fermentacyjna musi być uważana za reakcyą najpewniejszą.

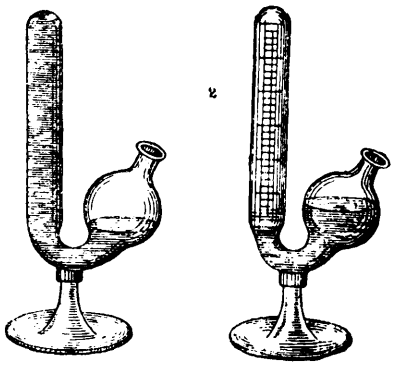


Fig. 30.

Przyrząd służący do okazania fermentacyi alkoholowej cukru pod wpływem drożdży; 1 przed fermentacyą, 2 po fermentacyi.

2. Fermentacya mleczna. Wywołują ją grzybki rozszczepkowe kształtu pręcików (*bacterium lactis*, *bacillus acidi lactici*). Jedna cząsteczka glukozy rozszczepia się tu na dwie cząsteczki kwasu mlecznego: $C_6H_{12}O_6 = 2\ C_3H_6O_3$.

Ten kwas mleczny pochodzący z fermentacyi jest optycznie biernym kwasem α-oksypropionowym $CH_3 . CH(OH) . COOH$, o którym mówiliśmy, wykładając o izomeryi w rozdziale IX (str. 212). Ten to kwas powoduje kwaśnienie mleka. (Przy kwaśnieniu mleka źródłem tego kwasu jest cukier mleczny; porówn. niżej § 7.)

3. Fermentacya masłowa. Laseczník, *bacillus butyricus*, grzybek bezpowietrzny, wytwarza z glukozy normalny kwas masłowy, dwutlenek węgla oraz wodór w stanie pierwiastkowym:

$$C_6H_{12}O_6 = C_4H_8O_2 + 2\ CO_2 + 2\ H_2.$$

Fermentacya ta zachodzi tem szybciej, im ciecz cukrowa lepiej jest uwolniona od tlenu i im lepiej ochraniamy ją od zetknięcia z powietrzem.

www.dlibra.wum.edu.pl

Gdy mleko przez dłuższy czas kwaśnieje, wówczas do fermentacyi mlecznej przyłącza się fermentacya masłowa.

Lasecznik kwasu mlecznego (*bacillus acidi lactici*) i lasecznik masłowy (*b. butyricus*) nie są jedynemi drobnoustrojami, które sprowadzają owe kwaśne fermentacye; dużą znamy liczbę innych jeszcze bakteryj obdarzonych tą samą własnością, choć w mniejszym stopniu [1]).

5. Cukrowi gronowemu towarzyszy zwłaszcza w państwie roślinnem często cukier owocowy, fruktoza [2]), np. w owocach słodkich i w miodzie. Jako prawdziwa heksoza cukier ten ma skład empiryczny $C_6H_{12}O_6$; pod względem budowy jest to keton-alkohol, ketoza o wzorze 5. Fruktoza, galaktoza, mannoza.

$$CH_2(OH) \cdot CH(OH) \cdot CH(OH) \cdot CH(OH) \cdot CO \cdot CH_2(OH).$$

Fruktoza naturalna w czystym zupełnie stanie jest ciałem krystalicznem. W wodzie rozpuszcza się łatwiej od glukozy. Zwraca w lewo płaszczyznę polaryzacyi; udało się sztucznie otrzymać jej odmianę optycznie przeciwną oraz optycznie bierny cukier owocowy, złożony z dwu odmian czynnych. Na roztwory alkaliczne soli metalicznych te ketozy działają podobnie jak cukier gronowy; również dają z fenylhydrazyną taki sam fenylglukosazon jak i cukier gronowy. Ta ostatnia okoliczność rozstrzygnęła o ich budowie i pozwoliła E. Fischerowi zamienić cukier gronowy na cukier owocowy. Z drożdżami fruktoza fermentuje znacznie powolniej niż glukoza, tak że gdy poddana jest fermentacyi mieszanina obudwu cukrów, zawsze następuje chwila, w której glukoza całkowicie już znikła z roztworu a pozostała tylko fruktoza.

Galaktoza, krystaliczna, w wodzie trudno rozpuszczalna heksoza, jest aldozą o budowie cukru gronowego, lecz o innej konfiguracyi asymetrycznych atomów węgla. Daje najpospolitsze odczyny na cukier, lecz trudno fermentuje z drożdżami. Pod względem fizyologicznym ma ona znaczenie jako pochodząca od cukru mlecznego, z którego zwykle się przyrządza, oraz jako część składowa cerebryny, ciała zawierającego azot, o charakterze glukozydu, znajdującego się w substancyi mózgu. Od dłuższego czasu wiadomem było, że przez gotowanie z rozcieńczonym kwasem siarczanym powstaje z cerebryny związek odtleniający, o cechach cu-

---

[1]) O grzybkach bezpowietrznych porówn. rozdz. XIV, o fermentacyi oraz innych zjawiskach sprowadzanych przez t. zw. fermenty i enzymy rozdz. XVI i XVII.

[2]) Ponieważ cukier owocowy odchyla w lewo płaszczyznę polaryzacyi, nazywano go przeto dawniej lewulozą. Nazwa ta jest właściwie przestarzała od czasu, kiedy poznano inne jeszcze cukry odznaczające się tą samą własnością optyczną, i powinna być zarzucona.

www.dlibra.wum.edu.pl

kru. Nazywano ten związek „cukrem mózgowym"; w następstwie poznano w nim galaktozę.

Inną heksozę, której przypadło w udziale duże znaczenie przy sztucznej syntezie cukru gronowego i owocowego, jest mannoza. Jest to produkt utlenienia mannitu, alkoholu sześciohydroksylowego o wzorze $C_6H_8(OH)_6$, znajdującego się w wielu roślinach, zwłaszcza zaś w mannie czyli soku zasuszonym jesionu mannitowego (*Fraxinus Ornus*) i w soku z modrzewia (*Larix*). Można otrzymać mannozę bezpośrednio z bulw salepu (*Tubera Salep*, okrągłych bulw storczyka wązkolistnego *Orchis Morio*). Mannoza naturalna jest cukrem aldehydowym, w prawo skręcającym płaszczyznę polaryzacyi, stereoizomerycznym z cukrem gronowym; działa on odtleniająco na roztwory alkaliczne soli metali, a pod wpływem drożdży fermentuje równie łatwo jak glukoza. Ozason jej, fenylmannosazon, jest identyczny z glukosazonem; ta okoliczność pozwoliła wyciągnąć pewne wnioski co do stosunku budowy przestrzennej mannozy do takiejże budowy cukru gronowego. Mannoza w lewo skręcająca oraz optycznie bierna mogą być sztucznie otrzymane.

6. Pentozy. 6. W niewielu słowach wspomnimy tu o wodanach węgla z 5 atomami węgla, o pentozach. W stanie wolnym nie wykryto ich dotychczas w roślinach, lecz powstają one z gum roślinnych i z ciał pektynowych pod działaniem kwasów rozcieńczonych. Są to ciała o smaku słodkim, krystalizujące, optycznie czynne, o ogólnym wzorze $C_5H_{10}O_5$. Odtleniają alkaliczny roztwór miedzi, lecz nie fermentują z drożdżami. Należy tu arabinoza, otrzymywana z gumy arabskiej i z buraków. Jest to aldoza o budowie $CH_2(OH).CH(OH).CH(OH).CH(OH).CHO$, i z fenylhydrazyną daje arabinosazon; dalej ksyloza czyli cukier drzewny (z gumy drzewnej).

Jako pentozę metylowaną pojmować należy ramnozę, wodan węgla, tworzący się z glukozydów: ksantoramniny i kwercytryny. Ma ona wzór $CH_3.C_5H_9O_5$ i budowę $CH_3.[CH(OH)]_4.CHO$, jest więc aldozą.

W pewnych zaburzeniach przerobu materyi w ciele ludzkiem pentozy występują w moczu.

7. Sacharozy. 7. Przechodzimy obecnie do cukrów podwójnych, disacharydów, sacharoz czyli heksobioz. Należą tu cukier trzcinowy, cukier mleczny i maltoza. Wszystkie trzy są ciałami krystalicznemi, rozpuszczalnemi w wodzie, zwracającemi płaszczyznę polaryzacyi w prawo, o ogólnym wzorze $C_{12}H_{22}O_{11}$. Z bliskiego ich związku z heksozami

$$2\,C_6H_{12}O_6 - H_2O = C_{12}H_{22}O_{11}$$

należałoby wnosić, że powinno się udać otrzymanie ich z heksoz. Lecz dotychczas synteza taka się nie powiodła. Natomiast łatwo

www.dlibra.wum.edu.pl

idzie rozszczepianie sacharoz na heksozy. Słuszniej przeto będzie, jeżeli stosunek pomiędzy temi dwoma rodzajami cukrów wyrazimy tymczasem równaniem:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 2\,C_6H_{12}O_6.$$

Cukier trzcinowy czyli burakowy znajduje się w soku wielu roślin, zwłaszcza w buraku cukrowym (*Beta vulgaris*) i w trzcinie cukrowej (*Saccharum officinarum*), z których sposobami fabrycznemi zostaje przyrządzany. Żaden inny rodzaj cukru nie ma takiego znaczenia jak trzcinowy jako środek spożywczy. Doskonale cukier ten krystalizuje (cukier kryształowy). Kryształy ogrzewane do 150° topią się; w temperaturze 190—200° stopiona masa brunatnieje, wydzielając specyficzny zapach, a cukier zamienia się na karamel o gorzkim smaku, który już nie jest ciałem krystalicznem. Cukier trzcinowy nie daje bezpośrednio zwykłych odczynów na cukier (Trommera, Nylandera), nie łączy się z fenylhydrazyną, a z drożdżami fermentuje dopiero po uprzedniem rozszczepieniu się na heksozy. Rozszczepienie to, t. zw. inwersya, może być łatwo sprowadzone przez gotowanie z rozcieńczonemi kwasami, lecz zachodzi również pod wpływem rozmaitych enzymów (fermentów), zwłaszcza enzymu, zawartego w drożdżach, a zwanego inwertyną. W obudwu przypadkach, przyłączając wodę, rozpada się cukier trzcinowy na równe części glukozy i fruktozy:

$$\underset{\text{cukier trzcinowy}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O = \underset{\text{glukoza}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{fruktoza.}}{C_6H_{12}O_6}$$

Jeżeli roztwór cukru zbadamy polarymetrycznie przed inwersyą i po inwersyi, przekonamy się o zmianie kierunku zwracania płaszczyzny polaryzacyi; roztwór cukru trzcinowego zwraca w prawo, a roztwór mieszaniny, złożonej z równych części glukozy i fruktozy, zwraca w lewo. I dla tego cukier powstający z cukru trzcinowego od działania kwasu nazwano cukrem inwertowanym, zanim poznano prawdziwy skład utworzonej tu mieszaniny. Lecz obecnie wiadomo, że cukier t. zw. inwertowany nie jest chemicznie jednorodnem ciałem, lecz mieszaniną dwu heksoz. Roztwór tej mieszaniny skręca w lewo płaszczyznę polaryzacyi, ponieważ specyficzna własność skręcania fruktozy w lewo jest większa od siły skręcania glukozy w prawo, tak że w mieszaninie równych części dwu tych heksoz działanie fruktozy (cukru owocowego) przeważa.

Cukier mleczny, laktoza, zawarty jest dość obficie w mleku zwierząt ssących. Jest to związek o słabym słodkim smaku, łatwo w wodzie rozpuszczalny. Kryształy tego cukru zawierają jednę cząsteczkę wody, odpowiada im przeto wzór $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$. Zwraca płaszczyznę polaryzacyi w prawo. Na roztwory soli metalów działa odtleniająco (redukująco), podobnie jak zwyczajne cukry (heksozy). Z fenylhydrazyną two-

www.dlibra.wum.edu.pl

rzy charakterystyczny fenyllaktosazon. Z drożdżami nie fermentuje, natomiast łatwo ulega fermentacyi mlecznej (*bacillus acidi lactici* i in.). Rozcieńczone kwasy rozszczepiają go na glukozę i galaktozę:

$$\underset{\text{cukier mleczny}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O = \underset{\text{glukoza}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{galaktoza.}}{C_6H_{12}O_6}$$

Cukier słodowy czyli maltoza w większej ilości, o ile się zdaje, w stanie gotowym nie występuje ani w roślinach ani w ciele zwierząt. Maltoza powstaje zawsze z mączki pod wpływem enzymów roślinnych lub zwierzęcych, t. zw. diastatycznych czyli zcukrzających, tak np. przy sporządzaniu brzeczki piwnej lub zacieru w gorzelniach, kiedy diastaza słodowa działa na jęczmień, kartofle lub inne owoce obfitujące w mączkę. Również tworzy się maltoza w ciele zwierzęcem przy trawieniu mączki (porówn. rozdz. XI § 17 i rozdz. XVII). Jako produkt pośredni tworzy się ona z mączki przy rozszczepianiu hydrolitycznem za pomocą rozcieńczonego kwasu siarczanego. Maltoza łatwo rozpuszcza się w wodzie. Krystalizując z roztworów, łączy się jej cząsteczka z jedną cząsteczką wody, ma więc skład podobny do laktozy, $C_{12}H_{22}O_{11}+H_2O$. Wobec odczynników na cukier zachowuje się zupełnie tak samo jak cukier gronowy; często też dawniej była maltoza nie odróżnianą od cukru gronowego, tembardziej że, rozszczepiając się, daje tylko glukozę:

$$\underset{\text{maltoza}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O = \underset{\text{glukoza}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{glukoza.}}{C_6H_{12}O_6}$$

Maltoza skręca w prawo płaszczyznę polaryzacyi silniej niż glukoza. Z fenylhydrazyną daje fenylmaltosazon. Z drożdżami fermentuje bezpośrednio, bez uprzedniego rozszczepienia.

8. Polisacharydy.

8. Trzecia grupa wodanów węgla, polisacharydy, obejmuje, oprócz kilku ciał krystalizujących i do cukrów podobnych, substancye następujące: mączka roślinna, mączka zwierzęca (glikogen), dekstryny, błonnik (drzewnik, celluloza) oraz ciała gumowe i pektynowe. Jeżeli pominiemy raffinozę, heksotriozę $C_{18}H_{32}O_{16}+5H_2O$ krystalizującą i znajdującą się w nasionach bawełny, dalej laktozynę, heksoheksozę $C_{36}H_{62}O_{31}$ otrzymaną z niektórych roślin goździkowatych, oraz kilka innych cukrów roślinnych rzadko napotykanych, będziemy mogli w następujący sposób scharakteryzować polisacharydy. Są to ciała nie krystalizujące, nie mające smaku słodkiego, w części rozpuszczające się w wodzie, w części pęczniejące z wodą, w części nierozpuszczalne w niej, o wzorze empirycznym $(C_6H_{10}O_5)m\pm nH_2O$. Pod względem fizycznym różnią się od krystalicznych i łatwo dyfundujących cukrów tem, że wogóle trudno albo wcale nie dyfundują przez błony. Są to ciała koloidowe; nazwano je też dla tego sa-

www.dlibra.wum.edu.pl

charokoloidami. Na alkaliczne roztwory soli metalowych nie działają redukująco; nie łączą się z fenylhydrazyną. Przez działanie rozcieńczonych kwasów ulegają prawie wszystkie hydrolizie i przechodzą w zwykłe cukry; ciała gumowe i pektynowe zamieniają się też w części na pentozy.

Mączki rozmaitego rodzaju czyli amylozy niezmiernie są rozpowszechnione w państwie roślinnem. Jako produkt działania syntetycznego komórek zawierających chlorofil, znajduje się mączka w roślinach wszędzie, gdzie jest chlorofil, gdy tymczasem brak jej zazwyczaj w roślinach bez chlorofilu (we wszystkich grzybach i w niektórych wodorostach) (porówn. rozdz. XVI). W utworach, które stanowią zbiorniki zapasów materyi odżywczej dla następnych pokoleń lub dla późniejszego okresu wegetacyjnego, więc w nasionach, korzeniach, kłębach, znajdujemy często mączkę w bardzo znacznych ilościach. Te właśnie części roślin służą nam za materyał do dobywania mączki.

W owych zbiornikach mączka złożona jest w postaci ziaren. Ziar-

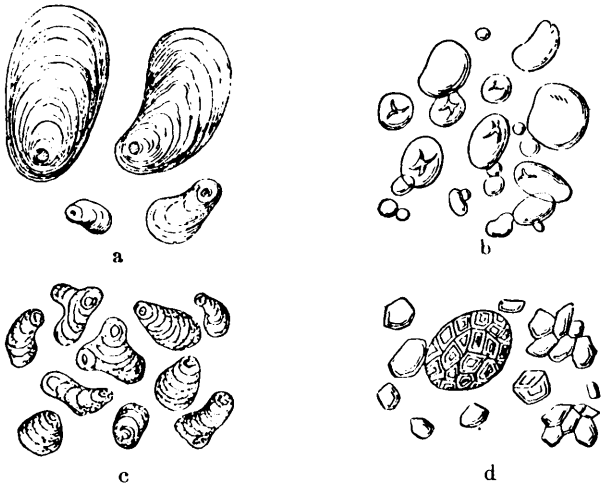


Fig. 31.
Ziarna mączki, a kartofla, b żyta, c saga, d ryżu.

na to małe, kształtów okrągłych, eliptycznych, owalnych lub wielokątnych, mają wymiary różne, wahające się w dość dalekich granicach nawet w jednym i tym samym gatunku mączki. Kształt ich i rysunek bardzo jest różny u rozmaitych roślin, lecz dla każdego gatunku rośliny tak stały i charakterystyczny, że przez badanie mikroskopowe można stwierdzić pochodzenie różnych rodzajów mączki. Często ujawnia się w ziarnach uwarstwienie współśrodkowe, koncentryczne dokoła jądra lub wielu jąder, jak to widzimy w mączce z kartofla lub z saga na fig. 31; w innych gatunkach

www.dlibra.wum.edu.pl

widać formy stereometryczne, pozornie dobrze ukształtowane, jak w mączce ryżowej.

W podobnych wypadkach skłonni jesteśmy przypuścić, że mamy tu do czynienia z budową krystaliczną, tem więcej, że ziarna mączki załamują światło podwójnie. Lecz mączka nigdy nie krystalizuje. Kształty kanciaste powstają z ucisku ziaren jednych na drugie. Zachowanie się mączki względem niektórych rozpuszczalników pozwala odróżniać w ziarnach warstwę zewnętrzną złożoną z substancyi podobnej do błonnika (cellulozy), t. zw. błonnika mączkowego czyli farynozy, i właściwą zawartość czyli granulozę. Nie należy wszakże wyobrażać sobie tej warstwy zewnętrznej jako błony doskonale oddzielonej od zawartości i zgoła od tejże różnej w składzie chemicznym. Otoczka zewnętrzna wiąże się z granulozą warstwami przejściowemi, a jej substancya wedle wszelkiego prawdopodobieństwa różni się od granulozy tylko większą zbitością, gęstością i mniejszą zawartością wody.

W wodzie gorącej pęcznieją silnie ziarna mączki, błonka ich pęka a napęczniała zawartość tworzy lepką, galaretowatą masę lub, w obecności dużej ilości wody, ciecz mętną, trudno filtrującą się i nie dyfundującą, t. zw. klajster mączny. Przefiltrowany klajster skręca w prawo płaszczyznę polaryzacyi. Długotrwałe gotowanie lub działanie nań pewnych środków chemicznych zamienia go na mączkę rozpuszczalną. Odczyny na cukier wypadają ujemnie z klajstrem lub mączką rozpuszczalną, również nie działają na nie drożdże, natomiast znamy bardzo czuły i dlatego doskonale nadający się do wykrywania mączki odczyn z jodem. Ziarna mączki, a również klajster i mączka rozpuszczona za dodaniem jodu (jod rozpuszczony w roztworze jodku potasu czyli t. zw. roztwór Lugola) barwią się błękitnie lub fioletowo, tworząc połączenie jodu z mączką (mączka jodowa) [1]).

Wszystkie rodzaje mączki przez gotowanie z kwasami lub od działania enzymów diastatycznych przechodzą w cukier. Ten proces zcukrzania, który nader ważne ma znaczenie pod względem tak chemiczno-technicznym jak fizyologicznym, pojmujemy jako stopniowo postępujące rozszczepianie hydrolityczne. Powstaje tu naprzód mączka rozpuszczalna, następnie szereg dekstryn, później

---

[1]) Błękitna mączka jodowa stanowi dobry przykład dla dysocyacyi związku pod wpływem wysokiej temperatury. Gdy ogrzewamy wodę, w której znajduje się taka mączka jodowa, związek ten się rozszczepia; zabarwienie błękitne znika. Po ochłodzeniu zabarwienie powraca, bo następuje połączenie się jodu z mączką. Można wykonać to doświadczenie kilkakrotnie z jednakowym skutkiem. Lecz w końcu zabarwienie błękitne staje się coraz słabsze, aż wreszcie znika zupełnie, gdyż jod przez ogrzewanie stopniowo się ulatnia.

www.dlibra.wum.edu.pl

maltoza, wreszcie cukier gronowy. Zauważyliśmy już wyżej, że przy zcukrzaniu pod wpływem fizyologicznie tak ważnych enzymów zwierzęcych i roślinnych tworzy się nie cukier gronowy, lecz przeważnie maltoza.

Mączka zwierzęca czyli glikogen, inaczej jeszcze zwana mączką wątrobową, odkryta po raz pierwszy przez Kl. Bernarda i prawie jednocześnie przez Hensena w wątrobie zwierząt kręgowych, ma skład, któremu najprawdopodobniej odpowiada wzór $(C_6H_{10}O_5)_6+H_2O$. Glikogen zwłaszcza obficie znajduje się w wątrobie dobrze odżywianych zwierząt i można dowieść jego obecności bezpośrednio w komórkach wątrobowych, gdzie występuje w postaci bezkształtnych ziarenek; występuje wszakże również w mięśniach i w innych tkankach, we krwi i w innych cieczach organizmu; zdaje się nawet, że bardzo jest rozpowszechniony, mianowicie w protoplazmie wszelkich komórek zwierzęcych zdolnych do rozwoju. Z niektórych mięczaków można wydobyć dość znaczne ilości glikogenu. Tak np. ostryga zawiera do 10% swej suchej substancyi w formie glikogenu; w innych mięczakach znajdowano ilości jeszcze większe. I w państwie roślinnem napotykano glikogen, w grzybkach pleśniowych, w truflach, w drożdżach. Co do znaczenia biologicznego, stanowi glikogen materyą zapasową, która przy nadmiernem odżywianiu skupia się a w okresie odżywiania niedostatecznego zużywa się na pokrycie potrzeb organizmu; podczas dłużej trwającego głodzenia znika prawie w zupełności z organów.

W stanie suchym stanowi glikogen proszek biały bez smaku, podobnie jak mączka roślinna. W wodzie rozpuszcza się, dając ciecz opalizującą, która silnie skręca w prawo płaszczyznę polaryzacyi. Od jodu barwi się na czerwono z odcieniem winnym lub brunatnym. Gotowana z rozcieńczonym kwasem siarczanym zamienia się na cukier gronowy; enzymy diastatyczne przeprowadzają ją w maltozę. Żywe komórki wątrobowe odznaczają się zdolnością przeobrażania skupionego w nich glikogenu w cukier gronowy.

9. Dekstryny, jak to już wspomniano, są produktami pośredniemi pomiędzy mączką a cukrem. Gdy w początku stulecia ubiegłego poznano sacharyfikacyą mączki zachodzącą przez działanie rozcieńczonego kwasu siarczanego, wykryto też, że tworzy się przytem naprzód ciało podobne do gumy arabskiej. Ciało to, które w stanie suchym jest białym, bezkształtnym proszkiem, rozpuszczającym się w wodzie na klarowną, lepką, ciągliwą ciecz śluzowatą, otrzymało później nazwę: dekstryna, ponieważ skręca w prawo płaszczyznę polaryzacyi. Dekstryna nie jest

9 Hydroliza mączki.

www.dlibra.wum.edu.pl

wszakże jednorodnym chemicznie związkiem, lecz mieszaniną zmiennego składu, jak o tem przekonywają reakcye z jodem. Przy zcukrzaniu mączki tworzy się nasamprzód mączka rozpuszczalna, która barwi się od jodu na błękitno lub fioletowo. Później następuje amylodekstryna, nie zawsze dająca się z łatwością oddzielić od mączki rozpuszczonej, według niektórych autorów nawet identyczna z tą ostatnią, wskutek czego tu i owdzie obiedwie nazwy używane są jako identyczne; jej roztwór barwi się od jodu fioletowo. Gdy działanie rozszczepiające kwasu postępuje dalej, wówczas powstaje erytrodekstryna, którą jod barwi na czerwono, i która stanowi główną część składową dekstryny handlowej, stosowanej powszechnie jako środek klejący. Wreszcie jako stopnie poprzedzające maltozę występują achroodekstryna i maltodekstryna, które, podobnie jak cukier, nie dają już reakcyj barwnych z jodem. W miarę postępującego rozszczepiania cząsteczki mączki stopień skręcania płaszczyzny polaryzacyi w szeregu tych produktów maleje coraz bardziej.

Czyste dekstryny nie działają odtleniająco na roztwory soli metalów i nie fermentują z drożdżami. Dyfundują one w nieznacznym stopniu. Wątpliwą jest rzeczą, czy dekstryna występuje w mięśniach i we krwi, jak to świadczą niektórzy badacze; w dość dużej ilości zawarta jest natomiast w piwie i w chlebie.

Błonnik (celluloza) bardzo jest rozpowszechniony w państwie roślinnem. Stanowi on podstawową substancyą organiczną błon komórkowych we wszystkich komórkach roślinnych. W komórkach młodych błona jest cienka i elastyczna, sprężysta. Z biegiem czasu wszakże twardnieje i ulega zazwyczaj pewnym zmianom (drzewnienie, korkowacenie), które wzmagają odporność błonnika na rozmaite wpływy chemiczne. I w państwie zwierzęcem napotykamy błonnik, mianowicie w pokrywie osłonic i w pancerzu chitynowym owadów. Bardzo czystą odmianę błonnika przedstawiają pewne włókna przędne pochodzenia roślinnego, jak bawełna, włókna lnu i konopi i t. p. Rozglądane przez mikroskop pozwalają one dostrzedz pewną charakterystyczną budowę błonnika, właściwą i różną dla materyj rozmaitego pochodzenia, co służy jako środek rozpoznawczy dla rozmaitego rodzaju włókien.

Ze wszystkich polisacharydów błonnik (czysta bawełna lub papier szwedzki używany do filtrowania) zachowuje się względem czynników chemicznych najobojętniej. Woda, zimne i gorące a rozcieńczene kwasy i zasady nie działają nań wcale. Tylko odczynnik Schweizera t. j. roztwór amoniakalny wodanu miedzi rozpuszcza błonnik, nie zmieniając go chemicznie. W zimnym stężonym kwasie siarczanym rozpuszcza się on na gęstą ciecz; gdy roztwór ten rozcieńczymy, wydziela się masa galaretowata, t. zw. amyloid, który barwi się od jodu na niebiesko; lecz gdy pozo-

www.dlibra.wum.edu.pl

stawimy roztwór na czas dłuższy lub ogrzejemy go, następuje rozszczepienie hydrolityczne aż do dekstryny i cukru gronowego. Można przeto z błonnika drzewnego, najlepiej z wiórów drzewnych przyrządzić cukier (glukozę), a potem z tego cukru alkohol. Odczyn amyloidowy służy zwykle do wykazywania obecności cellulozy. Badany przedmiot, który oczywiście wolny być musi od mączki, np. skrawek mikrotomowy zwilża się roztworem jodu; nie ma reakcyi, gdyż sam drzewnik od jodu się nie barwi; następnie dodaje się kroplę stężonego kwasu siarczanego: jeżeli wystąpi błękitne zabarwienie, dowód to obecności drzewnika [1]).

Błonnik podobny ma do mączki skład empiryczny: $(C_6H_{10}O_5)_n$. Jak wielką liczbą jest n, nie wiemy; nie ma wszakże wątpliwości, że jest ona dla cząsteczki błonnika większą niż dla cząsteczki mączki. Ze spostrzeżeń bowiem nad ziarnami mączki i nad błonami komórkowemi okazuje się, że błonnik jest produktem powstającym przez syntezę z mączki, i odwrotnie działanie kwasu siarczanego na bawełnę wskazuje, że przez rozszczepienie błonnika tworzy się mączka (amyloid). Jeżeliby więc cząsteczka mączki dawała się wyrazić wzorem $(C_6H_{10}O_5)_{20}$, za czem wiele przemawia doświadczeń, możnaby błonnik przyjąć za $(C_6H_{10}O_5)_{30}$.

Enzymy diastatyczne pozostają bez wpływu na bawełnę i papier. Bezpośrednio nie dowiedziono jeszcze, że są one w stanie zcukrzyć delikatne błony młodych komórek roślinnych, lecz jest to prawdopodobne, jeżeli opierać się na tem, co nam wiadomo z fizyologii żywienia.

Materye gumowe i pektynowe są polisacharydami świata roślinnego. W organizmach zwierzęcych występują bardzo rzadko. Związki gumowe i blizko z niemi spowinowacone śluzy roślinne mają wogóle skład, któremu odpowiada wzór chemiczny $(C_6H_{10}O_5)$, lecz w wielu przypadkach skład ich empiryczny nie jest jeszcze dobrze poznany. W wodzie rozpuszczają się, dając roztwór gęsty, trudno filtrujący się, albo tylko pęcznieją, gdy są z wodą zmieszane. Bezpośrednio nie działają redukująco na sole metalów; lecz gdy ulegną hydrolizie przez gotowanie z kwasami rozcieńczonemi, mają wówczas własności redukujące podobnie jak zwykłe cukry. Pomiędzy produktami powstającemi przy ich zcukrzaniu znaleziono galaktozę i arabinozę, pentozę aldehydową $(C_5H_{10}O_5)$.

Najbardziej znaną jest guma arabska czyli zasuszony sok z pewnych gatunków afrykańskich i arabskich akacyj. Dalej należy tu

---

[1]) Nie należy utożsamiać tego amyloidu z materyą inną, również amyloidem nazwaną, która występuje w pewnych procesach chorobowych w organach zwierząt ssących, przy tak zwanem zwyrodnieniu amyloidowem. Ten amyloid patologiczny zawiera azot i bywa zaliczany do albuminoidów.

www.dlibra.wum.edu.pl

guma wiśniowa z drzew wiśni i śliwy oraz wydzielana przez rozmaite gatunki traganku (*astragalus*) guma tragantowa.

Ze śluzów roślinnych wymienimy tylko śluz z siemienia lnianego.

Nazwa ciała pektynowe obejmuje substancye w części rozpuszczalne w wodzie, w części nierozpuszczalne, tworzące galarety, a otrzymywane z soku dojrzałych słodkich owoców (jabłek, gruszek), mięsistych korzeni (marchew, buraki) lub wreszcie z kor pewnych drzew. Skład ich chemiczny nie jest jeszcze dostatecznie wyjaśniony. Według rozbiorów dotychczasowych bynajmniej nie zawsze zgodny on jest z najogólniejszym wzorem wodanów węgla $(CH_2O)_m \pm_n H_2O$. Jeżeli pomimo to zaliczamy ciała pektynowe do wodanów węgla, czynimy to, opierając się na tem, że dla prawdziwego związku pektynowego, kwasu metapektynowego $C_{12}H_{22}O_{11}$ dowiedziono dokładnie, że może przejść w arabinozę.

10. Tłuszcze, ich rozpowszechnienie i własności.

10. Podczas gdy wodany węgla stanowią w ciałach zwierzęcych zawsze tylko bardzo skromną cząstkę ich masy a natomiast bardzo obficie występują w roślinach, stosunek ten dla tłuszczów jest wprost odwrotny. Jest to tem osobliwsze, że przecie zwierzęta roślinożerne stale pobierają w pokarmie znaczne ilości wodanów węgla. Obfitują w tłuszcze niektóre tylko nieliczne rośliny, które też służą nam za źródło, z którego tłuszcz ten wydobywamy. Oliwa, olej z nasion bawełny, olej makowy, lniany, palmowy, masło kakaowe są znanemi ogólnie tłuszczami roślinnemi. Tam gdzie w roślinach tłuszcz obficiej występuje, służy on, podobnie jak wodany węgla, jako materyał zapasowy. Lecz pospoliciej skupiają się większe masy tłuszczu u zwierząt wszelkich klas; po obfitem zwłaszcza karmieniu składa się on w tak zwanej tkance tłuszczowej w postaci zawierających tłuszcz komórek w tkance łącznej i stanowi nieraz znaczną bardzo część całkowitej masy ciała.

Tłuszcze roślinne i zwierzęce są ciałami w stanie czystym ciekłemi (oleje), półstałemi (masło, tłuszcz ludzki) lub stałemi (łój); nie mają smaku ani zapachu, bezbarwne lub słabo żółtawej barwy. Tłuszcze konsystencyi stałej topią się już przy ogrzewaniu umiarkowanem i w stanie stopionym zachowują się jak oleje. W wodzie tłuszcze się nie rozpuszczają, lecz rozpuszczają się w gorącym, mocnym alkoholu. Z ostygającego roztworu alkoholowego w przeważnej części znów się wydzielają; te z nich, które zdolne są do krystalizacyi, przybierają przytem kształty agregatów krystalicznych. Najłatwiej można je rozpuścić w eterze, eterze naftowym, benzolu, chloroformie i siarku węgla.

Posługujemy się też temi rozpuszczalnikami, gdy mamy oznaczyć zawartość tłuszczu w tkankach roślinnych lub zwierzęcych, w środku pokarmowym lub wogóle w jakiejkolwiek materyi tłuszcz zawierającej.

www.dlibra.wum.edu.pl

W tym celu badane ciało, o ile to jest możliwe, naprzód doskonale suszymy — przez ogrzewanie w suszarce odpowiedniej; następnie proszkujemy je i w postaci luźnego proszku umieszczamy w odpowiednim przyrządzie ekstrakcyjnym, gdzie podlega ono przez dłuższy czas ustawicznie przepływającemu prądowi eteru, aż tłuszcz zupełnie zostanie wytrawiony. Jeżeli ten wyciąg, ekstrakt tłuszczu pozostawimy aż do odparowania rozpuszczalnika, pozostanie czysty tłuszcz. Z cieczy wodnej, zawierającej tłuszcz, można ten ostatni wydzielić, jeżeli się ją dostatecznie skłóci z eterem; pozostawia się następnie naczynie w spokoju na czas pewien, poczem zauważyć można, że utworzyły się dwie dokładnie odgraniczone warstwy cieczy, górna eterowa i dolna wodna; w warstwie górnej, której oddzielenie nie przedstawia trudności, znajduje się rozpuszczony tłuszcz.

Z powodu znacznej zawartości węgla, tłuszcze dobrze się spalają. Przy paleniu dają płomień świecący i mocno kopcący. Ogrzewane do wysokiej temperatury, lecz nie zapalone, rozkładają się, tworząc akroleinę, która odznacza się przenikliwym gryzącym zapachem i działaniem drażniącem na błony śluzowe.

11. Jeżeli silnie skłócamy z wodą tłuszcz ciekły lub stopiony w naczyniu zamkniętem, rozdziela on się mechanicznie na bardzo drobne kropelki, które przez pewien czas pozostają od siebie oddzielone, w zawieszeniu. Gdy przestaniemy skłócać, wówczas kropelki natychmiast poczynają unosić się ku górze i po kilku już minutach całkowity tłuszcz znajduje się znów w jednej warstwie na powierzchni wody. Inaczej wszakże się stanie, gdy skłócimy tłuszcz z roztworem gumy arabskiej. W tym razie tłuszcz tak równomiernie, delikatnie rozdzieli się w całej cieczy, że nabiera ona wejrzenia mlecznego i oddzielnych kropelek tłuszczu gołem okiem rozpoznać już tu nie można. Nawet w pozostawionej w spokoju cieczy krople tłuszczu pozostają tu zawieszone równomiernie w całej masie, a gdy po dłuższym czasie nawet wypływają na powierzchnię, nie spływają się ze sobą, lecz układają obok siebie. Ciecz taka, która zawiera tłuszcz w nader subtelnem rozdzieleniu w postaci mikroskopowych kropelek, nazywa się emulsyą tłuszczową (zawiesiną tłuszczową). Zdolność tworzenia takich emulsyj z tłuszczami, zdolność emulgowania tłuszczów mają wogóle roztwory gęste koloidowych wodanów węgla, ciał białkowych, materyj kleistych i śluzowych. Doskonale także działają emulgująco roztwory mydła. Zrozumiemy przeto, dlaczego przy skłócaniu naturalnego tłuszczu z ługami lub z roztworem sody otrzymujemy trwałe emulsye: alkali przedewszystkiem zamienia wolny kwas tłuszczowy, zawarty w tłuszczu, (porówn. niżej o składzie tłuszczów naturalnych) na sól, część tłuszczu zostaje w ten sposób zmydlona, a utworzone mydło utrzymuje później całkowity tłuszcz w stanie emulsyi. Stosunki, zachodzące w kisz- 11. Emulsye tłuszczowe.

www.dlibra.wum.edu.pl

kach u zwierząt wyższych, bardzo sprzyjają emulgowaniu tłuszczów: żółć zawierająca materye śluzowe i ciała alkaliczne, oraz alkaliczna wydzielina trzustkowa, rozszczepiająca tłuszcze, wspomagają się nawzajem w działaniu na tłuszcz pobierany w pokarmach.

Naturalnemi emulsyami tłuszczowemi są: mleko, żółtko jaja, oraz białe, żółte i czerwone soki mleczne wielu roślin, które co prawda obok tłuszczu zawierają jeszcze w zawiesinie kauczuk i żywicę (*Chelidonium*, *Euphorbia*, *Papaver somniferum*; zagęszczony sok mleczny z tej ostatniej jest znanym ogólnie makowcem — opium).

12. Budowa chemiczna tłuszczów.

12. Pod względem budowy tłuszcze (obojętne) występujące w ciałach roślin i zwierząt są to estry wyższych kwasów tłuszczowych. Jak wiadomo z rozdziału poprzedniego (§ 12), ester kwasowy powstaje z połączenia kwasu i alkoholu, przyczem współcześnie odszczepia się woda:

$$CH_3COOH + C_2H_5OH = CH_3CO \cdot O \cdot C_2H_5 + H_2O$$

octan etylu czyli ester etylowy kwasu octowego.

Ester składa się więc, jak widać, z rodnika alkoholowego i kwasowego, połączonych ze sobą przy pośrednictwie atomu tlenu. W przeważnej liczbie tłuszczów jednę część składową stanowi trójwartościowy rodnik alkoholu gliceryny $CH_2(OH) . CH(OH) . CH_2(OH)$, mianowicie grupa $C_3H_5\equiv$; drugą częścią składową są trzy rodniki jednozasadowego wyższego kwasu tłuszczowego. Wybierzmy jako przykład połączenie powstające z gliceryny i kwasu stearowego $C_{18}H_{36}O_2$, a otrzymamy obojętny ester stearoglicerynowy (stearan glicerylu) o budowie

$$\begin{matrix} & O \cdot C_{18}H_{35}O \\ C_3H_5 - & O \cdot C_{18}H_{35}O \\ & O \cdot C_{18}H_{35}O \end{matrix}$$

lub w skróceniu $C_3H_5(C_{18}H_{35}O_2)_3$. Ester ten nazywają także: gliceryd kwasu stearowego albo, pragnąc oznaczyć, że zawiera trzy rodniki kwasu stearowego, trójstearyna.

We wzorze trójstearyny zastąpmy rodnik kwasu stearowego przez rodniki: kwasu palmitowego $C_{16}H_{32}O_2$, olejowego $C_{18}H_{34}O_2$, kaprylowego $C_8H_{16}O_2$, kapronowego $C_6H_{12}O_2$, masłowego $C_4H_8O_2$, a otrzymamy wzory estrów glicerynowych wymienionych kwasów czyli tłuszczów:

trójpalmityna	$C_3H_5(C_{16}H_{31}O_2)_3$
trójoleina	$C_3H_5(C_{18}H_{33}O_2)_3$
trójkaprylina	$C_3H_5(C_8H_{15}O_2)_3$

www.dlibra.wum.edu.pl

trójkapronina $C_3H_5(C_6H_{11}O_2)_3$
trójbutyryna $C_3H_5(C_4H_7O_2)_3$.

Tłuszcze naturalne roślinne i zwierzęce są w przeważnej części mieszaninami trójstearyny, trójpalmityny i trójoleiny. Do tych trzech estrów przybywają jeszcze w różnych tłuszczach inne glicerydy; tak np. w tłuszczu mlecznym (maśle) jeszcze trójkaprylina, trójbutyryna i trójkapronina. Konsystencya tłuszczów zależy od stosunku ilościowego zawartych w nich glicerydów. Im jest w nich więcej stałych glicerydów, trójstearyny i trójpalmityny, tem tłuszcz sam jest stalszy (łój barani, wołowy); im bardziej przeważa trójoleina, tem tłuszcz bardziej się zbliża konsystencyą swą do oleju (tłuszcz ciała ludzkiego z zawartością około 60% trójoleiny ma konsystencyą półstałą; oliwa, zawierająca przeszło 70% trójoleiny, jest ciekła). Obok glicerydów tłuszcze naturalne zawierają zazwyczaj jeszcze nieznaczną ilość kwasów wolnych, mianowicie tych kwasów tłuszczowych, które w stanie estrów stanowią główną masę danego tłuszczu.

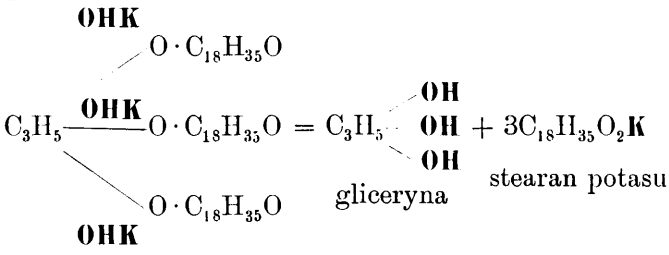
Zbliżone składem, lecz nieco odmiennie są złożone ciała woskowe, olbrot i tłuszcz z wełny. W nich oprócz wymienionych glicerydów występują jeszcze i zupełnie inne estry kwasów tłuszczowych. Tak więc w wosku pszczelim zawarty jest kwas cerotynowy $C_{27}H_{54}O_2$ i ester palmitowy alkoholu mirycylowego $C_{30}H_{61}(OH)$; w wosku chińskim znajdują się wyższe estry kwasu cerotynowego; w olbrocie, tłuszczu występującym w kościach czaszkowych wieloryba, zawarty jest głównie ester palmitowy alkoholu cetylowego $C_{16}H_{33}(OH)$. Tłuszcz z wełny owczej oraz wogóle tłuszcze wydzielane przez skórę zwierząt i przylegające do wełny, włosów, piór, kopyt i t. d. odznaczają się zawartością estrów cholesteryny, t. j. alkoholu nienasyconego $C_{27}H_{45}(OH)$, o którym już wyżej była wzmianka (porówn. rodz. IX, § 13). Produkt otrzymywany z potu wełnianego, obfitujący w estry cholesteryny, znany jest jako lanolina; ma ona duże zastosowanie w przyrządzaniu maści leczniczych. W porównaniu z glicerydami estry cholesterynowe odznaczają się większą odpornością na działanie czynników chemicznych, zwłaszcza takich, które rozszczepiają tłuszcze; odpowiedniejsze są przeto aniżeli zwykłe tłuszcze w tych razach, kiedy stosujemy je jako środki ochronne na skórę.

13. Zmydlanie.

13. Podobnie jak polisacharydy i sacharozy, tak i tłuszcze pod wpływem przegrzanej pary wodnej i przez gotowanie z kwasami rozcieńczonemi ulegają rozszczepieniu hydrolitycznemu. Przyłączając wodę, rozkładają się one w tym razie na swe części składowe: kwas tłuszczowy i glicerynę lub odpowiedni inny zawarty w danym tłuszczu wyższy alkohol. Rozkład ten zachodzi jeszcze

www.dlibra.wum.edu.pl

lepiej, gdy zamiast pary wodnej lub kwasów, gotujemy tłuszcze z ługami alkalicznemi, z alkoholowym roztworem ługu potasowego lub z alkoholatem alkalicznym. Oczywiście powstaje w tym razie nie wolny kwas tłuszczowy, lecz sól jego (potasowa lub sodowa) czyli mydło. Rozkład taki nazywa się też dlatego zmydleniem. Zachodzi to zmydlanie w myśl następującego równania schematycznego:



Sole alkaliczne kwasów tłuszczowych, zwykłe mydła rozpuszczają się w wodzie, sole zaś ziem alkalicznych nie są w wodzie rozpuszczalne.

Zmydlaniem powinno się właściwie nazywać tylko rozszczepianie tłuszczów, w którem powstaje sól alkaliczna (sodu, potasu i podobnych alkalicznych metalów) kwasów tłuszczowych, t. j. mydło. Lecz nazwę tę uogólniono i nazywamy obecnie zmydleniem wszelki rozkład estrów na ich części składowe (kwas i alkohol). Tak np. mówimy także o zmydlaniu octanu etylu $CH_3CO \cdot O \cdot C_2H_5$, gdy tenże rozszczepia się na kwas octowy i alkohol etylowy.

Ważnym jest pod względem fizyologicznym fakt, że tłuszcze zmydlają się także od działania pewnych enzymów. Rozszczepiające tłuszcz enzymy znajdują się w niektórych roślinach, np. w nasionach rącznika i lnu; najlepiej wszakże poznany jest enzym wytwarzany w trzustce zwierząt wyższych, który wraz z sokiem trzustkowym przechodzi do kiszek. Enzym ten, t. zw. steapsyna lub trypsyna, bardzo ma ważne znaczenie w trawieniu tłuszczów.

Tłuszcze półstałej i ciekłej konsystencyi, gdy są pozostawione w zwykłej temperaturze pokojowej przy dostępie powietrza, często same przez się ulegają pewnej zmianie; mianowicie odczyn ich staje się kwaśny, niekiedy też zmieniają barwę i wydają przykrą woń, a także nieprzyjemny mają smak. Mówimy, że tłuszcz jełczeje. Wiadomo powszechnie, że masło zwłaszcza latem szybko ulega jełczeniu. Istota tej zmiany polega na częściowym rozkładzie tłuszczu, a dalej i kwasów tłuszczowych. Obecność wolnego kwasu w tłuszczu zjełczałym daje się wykryć powonieniem (kwas masłowy), a jeszcze lepiej próbami chemicznemi. Nie wiadomo wszakże dotychczas zupełnie dobrze, przez co rozkład ten zostaje sprowa-

www.dlibra.wum.edu.pl

dzony. Tu i owdzie przy jełczeniu tłuszczów wykazywano udział drobnoustrojów, bakteryj, lecz badania nad tym przedmiotem nie mogą dotychczas być uważane za zupełnie ukończone.

14. Ciała białkowe

14. We wstępie do rozdziału niniejszego już zaznaczyliśmy różnicę główną pomiędzy ciałami białkowemi z jednej strony, a wodanami węgla i tłuszczami z drugiej. Przejdziemy obecnie do szczegółowego zaznajomienia się z białkiem.

Pod nazwą ciał białkowych (proteinowych) rozumiemy pewne materye organiczne, zawierające azot i zawarte we wszelkich tkankach zwierzęcych i roślinnych, a stanowiące co do masy i znaczenia swego najgłówniejszy materyał wszelkiej substancyi żywej. Pomimo licznych badań chemicznych nad ciałami białkowemi nie jesteśmy jeszcze dotychczas w stanie znaleźć dla nich chemicznie dość ścisłego określenia, a przeto i nie potrafimy stworzyć dla nich układu naukowo zupełnie zadawalniającego. Trudność główna pochodzi ztąd, że nie powiodło się dotychczas—z bardzo niewieloma wyjątkami—otrzymać poszczególnych ciał białkowych w stanie krystalicznym. Już samo uwolnienie białka od towarzyszących mu stale ciał mineralnych (związków sodu, potasu, wapnia) przedstawia często niepokonane prawie trudności. Pomimo to starano się wielokrotnie oznaczyć ciężar cząsteczkowy [1]) oddzielnych ciał białkowych. Lecz otrzymywane przytem wartości tak się wahają, że trudno myśleć o znalezieniu wzoru empirycznego tyle wszakże na pewno z nich wynika, że ciężar cząsteczki ciał; białkowych musi być bardzo znaczny (8000—15000), że mamy więc tu do czynienia z cząsteczkami o budowie nader zawiłej.

Dla fizyologii oczywiście niezmiernie doniosłego byłoby znaczenia poznanie prawdziwego składu tych związków w takiej postaci, w jakiej znajdują się one w materyi żywej. Lecz niestety, w tym stanie nie są ciała białkowe bardzo dostępne dla badań chemicznych, albowiem niezmiernie są wrażliwe na słabe choćby czynniki fizyczne i chemiczne. Już przy ogrzewaniu umiarkowanem,

---

[1]) Ponieważ ciała białkowe nie mogą być zamienione na parę, a nawet nie znoszą temperatury wody wrącej bez zmiany, przeto liczba metod oznaczania ciężaru cząsteczki wogóle jest dla tych związków ograniczona. Jeżeli pominiemy rozbiory ilościowe ciał białkowych, oraz ich połączeń, które to rozbiory mogą być spożytkowane w pewnej mierze do pośredniego oznaczania ciężaru cząsteczki, to pozostanie z metod bezpośrednich tylko oznaczanie obniżenia punktu zamarzania (porówn. rozdz. VIII, § 14).

www.dlibra.wum.edu.pl

przy działaniu na nie wody, alkoholu lub roztworów solnych, zachodzą w nich zmiany, które mniej lub więcej oddalają je od stanu pierwotnego. To więc, co poddajemy badaniu, nie jest już naturalnem ciałem białkowem. Niezbędne operacye wstępne, służące do wyosobniania części składowych żywej materyi, wytwarzają już odmiany składników pierwotnych, niejako stalsze, trwalsze ich formy. Własności tych ostatnich służą nam za podstawę do znajomości cech i reakcyj całej tej gromady związków. O owych mniej trwałych postaciach ciał białkowych, występujących w świeżych żywych tkankach, możemy ogólnie tyle tylko powiedzieć, że obdarzone są większą niż owe formy trwałe zdolnością do reakcyj chemicznych. Natomiast nie potrafimy tej różnicy w zdolności reakcyjnej wytłumaczyć nawet hypotetycznem przypuszczeniem.

Wszystkie bez wyjątku ciała białkowe zawierają węgiel, wodór, tlen, azot, siarkę; w wielu z tych związków przybywa jeszcze fosfór, w niektórych żelazo, w bardzo niewielu jod. W popiele, powstającym po spaleniu ciał białkowych, znajdujemy przeto kwas siarczany, niekiedy kwas fosforny, rzadziej tlennik żelaza, w pewnym przypadku jod w połączeniu z metalem alkalicznym. Ich zawartość azotu zazwyczaj daje się rozpoznać już po tem, że spalone w płomieniu wydają woń palonego rogu lub przypalonych piór (włosów). Pewniejszą jest próba Lassaignea, polegająca na tem, że ciało organiczne zawierające azot, gdy jest ogrzewane w stanie suchym z sodem metalicznym, wytwarza cyanek sodu, a ten ostatni może być łatwo wykryty przez dodanie koperwasu żelaznego, chlorniku żelaza i kwasu solnego (tworzy się mianowicie t. zw. błękit pruski).

W stanie zupełnie suchym ciała białkowe nie zmieniają się. Natomiast w obecności wody nadzwyczaj łatwo ulegają zmianie. Od rozkładu można je uchronić tylko przez sterylizacyę, t. j. uwalniając je od drobnoustrojów, bądź przez ogrzewanie, bądź też przez dodanie środków chemicznych, które zabójczo działają na mikroorganizmy. Gdy brak tych środków ostrożności, ciała białkowe poczynają gnić pod wpływem rozwijających się na nich, jako na podłożu doskonałem, drobnoustrojów. Rozkład zachodzi tu stopniowo, lecz bez przerwy. Wśród produktów rozkładu, których jakość i ilość zależy i od materyi gnijącej i od gatunku bakteryj gnilnych i wreszcie od wielu okoliczności ubocznych, znajdują się: amoniak, siarkowodór, indol, skatol, zasady aminowe (amoniaki złożone), leucyna, tyrozyna, glikokol i kwasy tłuszczowe (porówn. rozdz. XVI, § 11 i rozdz. XVII, § 10).

www.dlibra.wum.edu.pl

15. Doskonale uzasadnionego układu ciał białkowych przeprowadzić jeszcze nie możemy wobec niedostatecznej znajomości ich budowy. Potrafimy wszakże, opierając się na składzie ich procentowym, na odczynach i produktach rozkładu, ułożyć je w pewne grupy, które znów na bardziej szczegółowe dadzą się podzielić podgrupy. 15. Podział ciał białkowych. Proteiny.

Odróżniamy więc:

I. Proteiny czyli ciała białkowe właściwe,
II. Proteidy,
III. Albuminoidy.

I. Proteiny czyli ciała białkowe w znaczeniu ściślejszem. Jest to grupa najważniejsza; z nich to przeważnie zbudowana jest materya żywa. Zawierają one zawsze siarkę, niektóre też i fosfór. Skład procentowy nie jest stały, lecz waha się w dość wązkich granicach. W stanie możliwej czystości, uwolnione od towarzyszących im w przyrodzie soli, te ciała białkowe zawierają pierwiastki w następującym stosunku procentowym:

50 —55 % węgla
6,5— 7,3 % wodoru
19 —24 % tlenu
15 —18 % azotu
0,3— 2,4 % siarki
0,4— 0,85% fosforu.

Z liczb tych szczególny musimy położyć nacisk na wartość liczebną azotu; przy pewnych bowiem zastrzeżeniach zawartość azotu w materyi roślinnej lub zwierzęcej służy nam za miarę ich zawartości białkowej. W badaniach nad przerobem (przeróbką, przemianą) materyi, o czem będzie mowa w jednym z rozdziałów następnych, oznaczenia ilościowe białka wykonywają się bardzo często. Gdyby w każdym poszczególnym przypadku chciano z badanego materyału wydzielać substancye białkowe, byłoby to pracą prawie nie do pokonania; otóż zamiast tego, oznacza się ilościowo azot i zadanie analityczne znakomicie się ułatwia. Ciała białkowe zawarte w mięsie mają w sobie azotu 16%, z czego wynika, że jednemu gramowi azotu odpowiada $\frac{100}{16} = 6{,}25$ grama białka. Gdy więc np. w próbie świeżego mięsa oznaczyliśmy zawartość azotu, potrzeba znalezioną liczbę pomnożyć przez 6,25 dla otrzymania zawartości białka w tem mięsie.

Metody oznaczania azotu, któremi można się w tych celach posługiwać, są następujące:

www.dlibra.wum.edu.pl

1. Metoda Dumasa. Badaną substancyę pomieszczamy w rurze, z której powietrze zostało wyparte przez CO_2, mieszamy z tlennikiem miedzi i spalamy. Produkty spalenia w stanie gazowym, mianowicie CO_2, H_2O i N wprowadzamy do eudiometru wypełnionego mocnym ługiem potasowym. Dwutlenek węgla i woda zostają pochłonięte przez ług, a z pozostałej w eudiometrze objętości azotu można obliczyć jego zawartość procentową w badanej materyi. Jest to ze wszystkich znanych sposobów najdokładniejszy, lecz wymaga tyle czasu, że rzadko go stosujemy w badaniach, w których wykonać trzeba długi szereg analiz.

2. Metoda Willa i Varrentrappa. Mieszamy badaną substancyę z wapnem sodowem i ogrzewamy mieszaninę w rurze do spalań organicznych. Azot uchodzi tu w postaci amoniaku NH_3. Zbieramy uchodzący gaz w naczyniu zawierającem kwas solny HCl. Tutaj amoniak łączy się z kwasem solnym na salmiak NH_4Cl, który za dodaniem chlorniku platyny $PtCl_4$ tworzy z tym ostatnim osad podwójnej soli: platynochlorek amonu (platynosalmiak). Osad ten pozostawia po wyżarzeniu platynę metaliczną, którą ważymy, a z otrzymanej ilości platyny z łatwością obliczyć możemy ilość azotu.

3. Metoda Kjeldahla. Przez ogrzewanie ze stężonym kwasem siarczanym, zawierającym domieszkę P_2O_5, ciała organiczne azotowe rozkładają się całkowicie; z azotu powstaje przytem NH_3, który łączy się z kwasem. Gdy dokonano rozkładu, wówczas przesyca się kwas ługiem sodowym, destyluje uwolniony NH_3 i zbiera ten gaz w naczyniu zawierającem kwas „normalnego“ stężenia, co pozwala oznaczyć ilość amoniaku sposobem miarowym (mianowanie). Sposób ten bardzo dobrze się nadaje do badań fizyologicznych. Można go stosować do wszelkich związków azotowych ciał zwierzęcych i roślinnych, do środków pokarmowych i do wszelkich wydzielin i wydalin zwierzęcych. Samo wykonanie takiego rozbioru nie jest trudne i wymaga nie wiele czasu.

Biorąc za podstawę stosunki rozpuszczalności, podzielić możemy proteiny na klasy następujące:

1. Albuminy,
2. Globuliny,
3. Nukleoalbuminy,
4. Ciała białkowe skrzepłe (ścięte),
5. Albuminaty,
6. Albumozy,
7. Peptony.

Przeważna liczba protein, występujących w tkankach roślinnych i zwierzęcych oraz w sokach tkankowych, mieści się w pierwszych trzech szeregach. Można je ztamtąd wydzielić bez głębszych

www.dlibra.wum.edu.pl

zmian, stosując ostrożnie pewne odczynniki chemiczne. Wyosobnione w ten sposób w stanie możliwie naturalnej czystości albuminy, globuliny i nukleoalbuminy nazywają się także ciałami białkowemi rodzimemi, gdyż od nich właściwie jako od związków pierwotnych pochodzą grupy pozostałe, niejako zdenaturyzowane białka, ścięte, albuminaty, albumozy i peptony.

16. Grupy poszczególne protein.

1. Albuminy rozpuszczają się w wodzie. Te t. zw. roztwory białkowe nie są wszelako prawdziwemi roztworami; filtrując je przez bibułę, otrzymujemy w filtracie zaledwie nieznaczną ilość „rozpuszczonej“ materyi, podobnie jak przy filtrowaniu roztworów mączki lub gumy. Gdy obojętny, wodny roztwór albuminu ogrzewamy do wrzenia, białko krzepnie, ścina się.

Pod wpływem kwasów i zasad albuminy przechodzą w albuminaty, przy dalszem działaniu kwasów i zasad w albumozy, w końcu w peptony.

Znamy wiele odczynników, które strącają albuminy z roztworów i podobnie też działają i na inne proteiny, co pozwala rozpoznawać te ciała białkowe. Odczynnikami temi są niektóre kwasy, sole metalów ciężkich, mieszaniny soli z kwasami, alkohol. Bardzo często stosowanym odczynnikiem jest np. kwas octowy zmieszany z żelazocyankiem potasu.

Jako albuminy najważniejsze wymienić należy: albumin surowiczy, zawarty we krwi, albumin jaja, główna część składowa białka jaja, laktalbumin, obok sernika stanowiący ważną białkową część składową mleka.

2. Globuliny prawie zawsze towarzyszą albuminom. We krwi i w cieczach tkanek zwierzęcych co do ilości najczęściej ustępują albuminom, w roślinach wszakże ilościowo górują nad albuminami; stanowią też większą część białka mięśniowego. Nie rozpuszczają się w wodzie, natomiast w rozcieńczonych roztworach obojętnych soli metalów alkalicznych. Nasycanie ich roztworów solą kuchenną sprowadza częściowe ich wydzielanie, nasycanie siarczanem magnezu strąca je całkowicie. (Na albuminy obiedwie te sole nie działają). Przy ogrzewaniu obojętnych ich roztworów globuliny ścinają się.

Do globulinów należą: globulin surowiczy, zawarty w surowicy krwi obok albuminu surowiczego; fibrynogen, z którego wytwarza się włóknik krwi i który sprowadza krzepnięcie krwi; globulin czerwonych ciałek krwi, który połączony chemicznie z hematyną daje barwnik krwi czyli hemoglobinę; oraz miozynogen, globulin charakterystyczny dla włókien mięsnych. Wreszcie zdaje się, że do tej grupy zaliczyć też należy białko zawarte w gruczole tarczowym a odznaczające się zawartością jodu.

3. Nukleoalbuminy czyli białka jądrowe (zawarte w jądrach komórek). Te ciała białkowe zawarte są przeważnie w utworach, z któ-

www.dlibra.wum.edu.pl

rych zbudowane są wszelkie tkanki, t. j. w komórkach [1]), w znacznie zaś mniejszej ilości w cieczy tkankowej, międzykomórkowej; w komórce samej jądro osobliwie obfituje w nukleoalbuminy. Ciecze, pochodzące z materyału rozkładowego komórek, oczywiście też mają w sobie dużo tych białek jądrowych. Za typ takiej cieczy posłużyć może mleko; jej nukleoalbuminem jest kazeina czyli sernik.

Nukleoalbuminy nie rozpuszczają się w wodzie ani w rozcieńczonych roztworach obojętnych soli potasu i sodu. W alkaliach rozpuszczają się łatwo, kwasy rozcieńczone strącają je z roztworów. Takie zachowanie względem zasad i kwasów upoważnia nas do przypisania nukleoalbuminom charakteru kwasowego. Te związki białkowe mogą być rozłożone na albumin i nuklein zawierający fosfór. Rozmaite nukleiny, które mogą być odszczepione z nukleoalbuminów przy użyciu odpowiednich odczynników, reagują jak wyraźne kwasy. Zawartość fosforu w nukleinach waha się od 5 do 9%, w kazeinie zaś wynosi tylko 0,85%. W popiele po nukleinach znajdujemy często obok kwasu fosfornego drobne ilości żelaza.

4. Ciała białkowe ścięte. Wszystkie rodzime albuminy i globuliny, gdy ogrzewamy ich roztwory obojętne lub słabo kwaśne, ścinają się czyli krzepną, t. j. wydzielają się w postaci mniej lub więcej grubych kosmków albo jako zbita masa. Jeżeli roztwór zawiera dużo białka, wówczas całkowicie może skrzepnąć [2]). Temperatura, w jakiej następuje ścinanie się (koagulacya) białka, różna jest dla rozmaitych ciał białkowych. Podobnie jak ogrzanie działa także dodanie obfitej ilości mocnego alkoholu. Znamy również rozmaite substancye, które sprowadzają krzepnięcie pewnych określonych roztworów białkowych; są to t. zw. fermenty ścinające (koagulacyjne). Należy do nich ferment włóknikowy, który z fibrynogenu wytwarza stały włóknik (fibrynę) i tem sprowadza znane zjawisko krzepnięcia krwi. Dobrze nie wiemy, jakiego rodzaju zmianie podlega cząsteczka białka przy koagulacyi. Niektórzy badacze pojmują ten proces jako odszczepianie się wody; skrzepłe białko było by więc niejako bezwodnikiem białka. Lecz jest to tylko domniemanie niczem nie poparte. Bądź co bądź skrzep białkowy jest już białkiem zdenaturyzowanem. Stracił on w zupełności rozpuszczalność białka rodzimego i w żaden sposób nie może być z powrotem zamieniony na białko rozpuszczalne, z którego powstał. Kwasy, alkalia a także fermenty trawiące powoli rozpuszczają skrzepłe ciała białkowe, przeprowadzając je w albumozy i peptony.

Do tego szeregu ciał należą: białko jaja ścięte przez ogrzewanie,

---

[1]) O komórkach, ich budowie i znaczeniu fizyologicznem będzie mowa w jednym z rozdziałów następnych.

[2]) Porówn. rozdz. VII, § 6.

www.dlibra.wum.edu.pl

dalej włóknik (fibryna) krwi i miozyna, skrzepłe białko mięśniowe, którego tworzenie się w obumierającym mięśniu sprowadza zjawisko tężca pośmiertnego.

5. Albuminaty. Kwasy mineralne i alkalia z łatwością działają na rodzime albuminy i globuliny, denaturyzując je. Albuminy i globuliny tworzą w tym razie związki charakteru solnego: z kwasami t. zw. acidalbuminy (kwasoalbuminy), z alkaliami zaś alkalialbuminaty

Do kwasoalbuminów należy syntonina, którą otrzymać łatwo, działając kwasami rozcieńczonemi na białko mięsa. Albuminaty łatwo się rozpuszczają w rozcieńczonych kwasach i alkaliach; przy zobojętnianiu zaś tych roztworów opadają. Ogrzewanie ich słabo kwaśnych lub alkalicznych roztworów nie sprowadza ścinania się.

6. Albumozy. Umiarkowane, nie zbyt długotrwałe działanie kwasów mineralnych zamienia albuminy i globuliny na łatwo rozpuszczalne i niekrzepnące już ciała białkowe. Podobnie jak kwasy mineralne działają także fermenty trawiące, o których jeszcze później będzie mowa. Powstają przy takiem działaniu rozliczne produkty białkowe, które obejmujemy ogólną nazwą albumoz. W przeważnej liczbie albumozy nie są już modyfikacyami, lecz produktami poczynającego się rozszczepienia rodzimych ciał białkowych.

Albumozy posiadają w pewnym stopniu własności dyfuzyjne. W stosunku do kwasów mineralnych odznaczają się charakterem zasadowym, tak np. wiążą dość znaczne ilości kwasu solnego Z roztworów opadają całkowicie przez nasycanie roztworu siarczanem amonu.

7. Peptony. Peptony powstają z rodzimego i skrzepłego białka w ten sam sposób co i albumozy; lecz by dojść do peptonów, potrzeba dłuższego, więc głębszego działania kwasów mineralnych lub fermentów. Traktowanie ciał białkowych alkaliami prowadzi również do peptonów.

W składzie swym procentowym peptony dość znacznie różnią się od rodzimych protein. Nie trzeba ich też uważać za odmiany białka, lecz właściwie za produkty rozszczepienia, co i ztąd wynika, że ciężar ich cząsteczkowy jest znacznie niższy od prawdopodobnego ciężaru cząsteczki białka (wynosi mianowicie $^1/_{20}$ do $^1/_{10}$ tego ostatniego).

Peptony rozpuszczają się łatwo w wodzie. Przez błony zwierzęce dyfundują znacznie łatwiej niż albumozy. Podobnie jak te ostatnie dają z kwasem solnym połączenia o charakterze soli; siarczan amonu nie strąca ich z roztworów.

17. Rozszczepianie się białka przy przejściu w pepton, czyli peptonizacya białka daje się porównać ze zcukrzaniem się mączki. W obudwu przypadkach cząsteczka pierwotna o budowie bardzo zawiłej, pobierając coraz więcej wody, rozpada się na mniejsze kom- 17. Hydroliza ciał białkowych.

www.dlibra.wum.edu.pl

pleksy atomowe, na cząsteczki prostsze. Zjawisko jest tu analogiczne do inwersyi cukru lub do zmydlania się tłuszczów, z tą tylko różnicą, że wobec znacznej wielkości cząsteczki białka i mączki po pierwszem rozszczepieniu następuje drugie, za niem idzie trzecie, i tak dalej zajść może cały szereg następujących po sobie rozszczepień, zanim z pierwotnej cząsteczki osiągnięte zostaną ostatnie składowe części, do których rozkład taki doprowadzić może. Ze względu na udział wody w tym procesie nazwano go hydrolizą [1]) lub rozszczepieniem hydrolitycznem. Podobnie jak przy zcukrzaniu mączki, tak też przy peptonizacyi białka hydroliza prowadzi naprzód do szeregu produktów pośrednich, mniej lub więcej dokładnie dających się chemicznie zdefiniować; pomiędzy mączką a cukrem zajmują miejsce dekstryny, pomiędzy białkiem a peptonem albumozy. Możemy przeto zachowanie się ciał białkowych w tym względzie wyrazić następującemi słowami:

Ciała białkowe rodzime w pewnych warunkach rozszczepiają się hydrolitycznie, pod wpływem kwasów mineralnych, alkaliów i niektórych fermentów; naprzód tworzą się tu albumozy, w dalszem rozszczepianiu peptony.

18. Proteidy.

18. II. Nazwą proteidy obejmujemy gromadę związków proteinowych, które pojmować należy jako połączenia białka z pewnemi nie białkowemi, lecz również zawile złożonemi materyami organicznemi.

Poddając proteidy rozkładowi za pomocą kwasów mineralnych, otrzymujemy z ich części niebiałkowej wodany węgla (glukozy), barwniki zawierające żelazo (hematyny) lub t. zw. zasady nukleinowe. Odpowiednio do tego dzielimy proteidy na:

1. Glukoproteidy,
2. Hemoglobiny i
3. Nukleoproteidy.

1. Glukoproteidy. Typowemi przedstawicielami tej gromady są mucyny czyli materye śluzowe.

Mucyny zawarte są w wydzielinach ślinianek (gruczołów ślinowych) i gruczołów śluzowych, w ścięgnach zwierząt wyższych, w skórze ślima-

[1]) Obok nazwy „hydroliza“ (uwodnienie) używa się często w temże znaczeniu nazwy „hydratacya“. Sądzimy, że słuszniej byłoby mówić o hydratacyi tylko w tych przypadkach, kiedy zachodzi powstawanie połączeń z wodą, tworzenie się t. zw. wodanów („hydraty“); nazwę zaś „hydroliza“ zachować dla reakcyj, w których pod wpływem przyłączania wody zachodzi rozszczepienie związku.

www.dlibra.wum.edu.pl

ków, w otoczkach śluzowych jaj żabich. W państwie roślinnem nie napotkano ich dotychczas. W składzie swym różnią się od ciał białkowych mniejszą zawartością węgla, a zwłaszcza azotu. Tak np. mucyna z gruczołu podszczękowego zawiera 48,8% C, 6,8% H, 12,3% N, 0,84% S, 31,2% O.

Mucyny mają charakter kwasowy. W wodzie czystej nie rozpuszczają się, lecz rozpuszczają się za dodaniem bardzo drobnej ilości ługu potasowego lub sodowego. Kwas octowy strąca je z takiego roztworu. Roztwory są gęste, śliskie, ciągliwe; przy ogrzewaniu nie krzepną.

Gotowanie z kwasami mineralnemi rozszczepia je i składnik białkowy ulega hydrolizie (peptonizacyi), z drugiej zaś części składowej powstaje związek węglowodanowy, który działa redukująco, podobnie jak cukier gronowy, na niektóre sole metalów ciężkich.

Prócz mucyn prawdziwych znamy jeszcze szereg ciał podobnych, t. zw. mukoidy i mucynoidy, które różnią się od mucyn zachowaniem się wobec niektórych odczynników.

2. Hemoglobiny. Barwnik czerwony zawierający żelazo, hemoglobina, znajdujący się we krwi zwierząt kręgowych oraz wielu bezkręgowych i mający olbrzymie znaczenie w funkcyi oddychania, jest proteidem. Należy on do niewielu ciał białkowych, które otrzymać można w stanie krystalicznym. Kształt kryształów hemoglobiny, pochodzącej z krwi rozmaitych zwierząt, bardzo bywa różny. Że zaś i rozpuszczalnością w wodzie oraz składem ilościowym różnią się przetwory hemoglobiny u rozmaitych zwierząt, przyjąć przeto musimy, że istnieją różne hemoglobiny. Wzory empiryczne, wyprowadzone z rozbiorów dobrze krystalizujących preparatów, wykazują znaczne pomiędzy sobą różnice. Tak np. dla hemoglobiny z krwi końskiej obliczono wzór na:

$$C_{712}H_{1130}N_{214}O_{245}FeS_2,$$

dla hemoglobiny z krwi psa

$$C_{758}H_{1203}N_{195}O_{218}FeS_3.$$

Tym wzorom odpowiadają ciężary cząsteczek 16710 i 16669.

Hemoglobiny łatwo rozpuszczają się w wodzie, tworząc czerwonokrwistą ciecz [1]). Gdy roztwór taki ogrzewamy lub dodajemy doń kwasu, bardzo szybko zabarwia się na ciemnobrunatno; barwnik krwi rozszczepia

---

[1]) W roztworach bardzo rozcieńczonych i w niezbyt grubych warstwach barwa jest bladoróżowa. Gdy światło przechodzące przez takie warstwy rozglądamy za pomocą spektroskopu, dostrzegamy w widmie dwie wązkie, ciemne smugi absorpcyjne pomiędzy liniami Fraunhofera D i E, w tych razach, gdy hemoglobina połączona jest z tlenem. Jeżeli zaś hemoglobina całkiem jest tlenu pozbawiona, wówczas ukazuje się tylko nieco szersza smuga w okolicy położonej pomiędzy powyżej wymienionemi smugami. W warstwie grubszej pochłania się światło całkowicie z wyjątkiem

www.dlibra.wum.edu.pl

się na globulin (globin) i hematynę. Ta ostatnia jest barwnikiem zawierającym żelazo o składzie stosunkowo niezawiłym $C_{32}H_{32}N_4FeO_4$.

Z kwasem chlorowodornym tworzy hematyna (po odszczepieniu wody) związek solny doskonale krystalizujący, heminę $= C_{32}H_{30}N_4FeO_3 \cdot HCl$, którego przyrządzenie służyć może za cenny środek pomocniczy przy rozpoznawaniu krwi (kryształy heminy TEICHMANNA). Druga część, na którą rozpada się hemoglobina, jest wolnym od żelaza globulinem krzepnącym przy ogrzaniu roztworu; stanowi on 96% hemoglobiny.

3. Nukleoproteidy. Podobnie jak nukleoalbuminy, tak i nukleoproteidy składają się z białka i części składowej zawierającej fosfór. Tutaj wszakże druga część tem się odznacza, że można z niej odszczepić pewne organiczne ciała zasadowe, mianowicie t. zw. ciała ksantynowe. Związki ksantynowe, poznane dotychczas jako części składowe nukleoproteidów, nazywamy także zasadami nukleinowemi; są to mianowicie:

Ksantyna	$C_5H_4N_4O_2$
Guanina	$C_5H_5N_5O$
Hypoksantyna	$C_5H_4N_4O$
Adenina	$C_5H_5N_5$

W każdym nukleoproteidzie znajduje się zawsze tylko jedna z tych czterech zasad.

Nukleoproteidy zawarte są zwłaszcza w jądrach komórek zwierzęcych. Ztąd one same lub ich produkty rozkładu przechodzą do cieczy tkankowych.

Co do ich zachowania się chemicznego, należy je uważać za kwasy. Z alkaliami tworzą sole rozpuszczalne w wodzie; z roztworów obojętnych strącają się po zakwaszeniu (np. kwasem octowym).

Jeżeli podziałać na nukleoproteid mieszaniną pepsyny z kwasem solnym, która zamienia ciała białkowe na albumozy i peptony („trawi białko"), wówczas część składowa białkowa odszczepia się i rozpuszcza, a druga fosfór zawierająca nie podlega zmianie. W ten sposób udaje się otrzymać tę ostatnią w stanie czystym, t. j. wolną od białka. Według tej metody wyosobniono tę fosforową część składową komórki z trzustki, z gruczołów limfatycznych, z białych ciałek krwi, z komórek nasiennych zwierzęcych i t. p. Nazywamy tę część składową nukleinem. Skład

---

promieni czerwonych. Krew nierozcieńczona jest zupełnie nieprzezroczysta nawet w cienkich warstwach; w bardzo cienkiej warstwie wskazuje te same własności optyczne co i roztwory hemoglobiny. Wymienione tu cechy optyczne hemoglobiny, oraz również charakterystyczne cechy jej produktów rozkładu służyć mogą do odróżniania krwi od innych cieczy w tych razach, kiedy ciałek czerwonych dojrzeć nie można i gdy nie udaje się wykrycie hemoglobiny w sposób chemiczny.

www.dlibra.wum.edu.pl

i własności nukleinu zmienne są zależnie od jego pochodzenia; istnieje więc nie jeden nuklein, lecz cała grupa nukleinów. Zawartość fosforu w poszczególnych nukleinach waha się od 3 do 10%; tak więc:

nuklein z ikry łososia zawiera 9,6% fosforu
„ „ krwi gęsiej „ 6—7% „
„ „ komórek drożdży „ 3,2—4% „

Wszystkie prawdziwe nukleiny charakteryzują się tem, że gotowane z kwasem solnym dają zasady nukleinowe. Należy od nich odróżniać fosforowe części składowe nukleoalbuminów (sernika), z których zasady nukleinowe nie powstają. Te ostatnie, podobne zresztą do nukleinów składowe części komórek oznaczono nazwą pseudonukleiny albo paranukleiny.

Nukleiny zarówno jak pseudonukleiny często zawierają także żelazo.

19. III. Albuminoidy. Substancye organiczne, wchodzące w skład tkanek skieletowych i stanowiące niejako twardą podstawę ciała zwierzęcego, objęto jako ostatnią grupę ciał białkowych nazwą albuminoidów. 19. Albuminoidy.

Albuminoidy pochodzą bezwątpienia od białka. O ile się zdaje, tylko organizm zwierzęcy posiada zdolność wytwarzania ich z ciał białkowych; w roślinach bowiem związków tych nie znajdujemy. Pod względem składu i własności różnią się one zarówno pomiędzy sobą jak i od swej substancyi macierzystej. W wodzie nie rozpuszczają się, lecz i w innych cieczach nie są rozpuszczalne inaczej, jak po uprzednim mniej lub więcej głębokim rozkładzie.

Oto najważniejsze gromady albuminoidów:

1. Keratyny,
2. Elastyny,
3. Kollageny,
4. Skeletyny.

1. Keratyny. Organiczna materya podstawowa utworów rogowych, jak zrogowaciałych komórek naskórka, włosów i piór, wełny, paznogci, rogów i kopyt składa się z keratyny.

Sądząc z rozbiorów pierwiastkowych tkanek złożonych z keratyny, trzeba przypuszczać, że jest duża liczba keratyn. Wszystkie one zawierają stosunkowo dużo, bo 2 — 5% siarki. Przy gotowaniu keratyny z wodą część siarki się odszczepia. Niema rozpuszczalnika dla keratyny. Wprawdzie przegrzana para wodna oraz ługi alkaliczne powolnie działają rozpuszczająco na nią, lecz zachodzi tu już dość głęboki proces hydrolityczny. Tkanka keratynowa przy spalaniu w płomieniu wydaje znaną woń palonego rogu. Pomiędzy produktami rozkładu, powstającemi przez długotrwałe gotowanie ciał keratynowych z kwasami mineralnemi, obok innych związków występują dość obficie leucyna i tyrozyna, które poznaliśmy już jako produkty rozkładu gnilnego ciał białkowych.

www.dlibra.wum.edu.pl

2. Elastyny. Włókna sprężyste (elastyczne), stale zawarte we włóknistej tkance łącznej, błony sprężyste i tkanka sprężysta składają się przeważnie z elastyny. Najobficiej występuje elastyna w więzie karkowym (*ligamentum nuchae*) i w ścianie wielkich tętnic.

Pod względem składu swego elastyna zbliża się do ciał białkowych, z tą tylko różnicą, że zawiera bardzo mało siarki. Elastyna z więzu karkowego, zdaje się, zupełnie jest od siarki wolna.

Rozmaite elastyny są w wodzie nierozpuszczalne; obojętnie też się zachowują wobec rozcieńczonych kwasów i alkaliów. Stężone kwasy i ługi rozpuszczają je, co wszakże połączone jest już z rozkładem.

3. Kollageny. W ciele zwierząt kręgowych kollagen czyli materya klej dająca (klejotwórcza, klejorodna) występuje bardzo obficie. Jest to organiczna substancya podstawowa kości — jako taka znana pod nazwą osseina, — chrząstek i tkanki łącznej włóknistej.

Zawiera przeciętnie 50,75% C, 6,47% H, 17,86% N, 24,32% O i 0,60% S. W porównaniu z ciałami białkowemi, z których kollagen powstaje, zawartość w nim węgla jest przeciętnie nieco mniejsza a zawartość tlenu nieco większa, co przemawia za tem, że kollagen tworzy się z białka przez utlenianie. Lecz utlenianiu temu towarzyszy współcześnie rozkład; gdy bowiem rozkładamy kollagen, gotując go przez dłuższy czas z kwasami, znajdujemy w produktach rozkładu jeszcze leucynę, lecz niema już tyrozyny. Grupa zatem tyrozynowa, znajdująca się w białku, musiała się oddzielić podczas przejścia białka w kollagen. Charakterystycznym dla kollagenu produktem rozkładu jest, obok leucyny, jeszcze glikokol.

W wodzie, kwasach rozcieńczonych i alkaliach kollagen nie jest rozpuszczalny, lecz rozpuszcza się w mieszaninie pepsyny z kwasem solnym. W kwasach rozcieńczonych pęcznieje.

Dłuższe gotowanie z wodą zamienia kollagen na glutynę czyli klej (colla). Proces ten może jest zwykłą hydratacyą, uwodnieniem, przyłączeniem elementów wody. O ile się zdaje, klej przez ogrzanie do 130° może znów być zamieniony na kollagen.

W wodzie zimnej klej pęcznieje, nie rozpuszczając się; w wodzie gorącej rozpuszcza się na ciecz lepką, ciągliwą, która ochłodzona krzepnie w galaretę, ścina się na t. zw. żelatynę. Roztwory kleju nie dyfundują. Gotowany z rozcieńczonemi kwasami mineralnemi, zmienia się klej w podobny sposób jak białko, rozszczepia się hydrolitycznie, i tworzą się tu podobne do albumoz i peptonów glutozy i peptony klejowe. Podobne zmiany sprowadza działanie mieszaniną pepsyny i kwasu solnego.

4. Skeletyny. Tutaj zaliczamy szereg rozmaitych związków albuminoidowych, które stanowią organiczną substancyą w utworach pokrywowych i skieletowych u niektórych zwierząt niekręgowych. Pozostają

www.dlibra.wum.edu.pl

one w związku genetycznym z ciałami białkowemi, mniej zawierają niż te ostatnie węgla (46—50%) a znacznie więcej tlenu (24—28%). Zachowują się wogóle obojętnie względem wody oraz rozcieńczonych kwasów i alkaliów; gotowane z rozcieńczonemi kwasami rozszczepiają się hydrolitycznie, a dalej ulegają i głębszemu rozkładowi. Produkty ich rozkładu podobne są lub identyczne z produktami rozkładu białka: ciała peptonowe, leucyna, tyrozyna, glikokol.

Ponieważ nie są one dotychczas dostatecznie zbadane, a co do niektórych nawet wątpliwa jest jeszcze ich przynależność do ciał białkowych, przeto w kilku tylko słowach wymienimy tu najważniejsze z nich.

Spongina, substancya organiczna gąbki.

Konchiolina, znajduje się w skorupach muszel i ślimaków.

Korneina, organiczna część składowa skieletu niektórych korali.

Fibroina i serycyna, dwa główne składniki jedwabiu surowego.

Chityna, znajduje się głównie w zwierzętach stawonogich, np. w pancerzu skorupiaków, w pokrywach owadów. Wielce jest jeszcze nieprawdopodobnem, czy wogóle chitynę można zaliczać do albuminoidów; przeczą temu jej produkty rozkładu. Pod wpływem stężonego kwasu solnego rozkłada się chityna na ciało cukrowe z rodnikiem azotowym $C_6H_{11}O_5$ NH_2 (glukozamin) i kwas octowy.

www.dlibra.wum.edu.pl

ROZDZIAŁ JEDENASTY.

Przegląd ogólny zjawisk życiowych.

1. Zwierzęta ssące.

1. Rozważania dotychczasowe niczego właściwie jeszcze nie powiedziały nam o zjawiskach życia. Wychodząc z założenia, że dla pojmowania czynności życiowych niezbędną jest znajomość własności fizycznych i chemicznych materyi żywej, staraliśmy się przedewszystkiem o ile można dokładne dać pojęcie o tych własnościach. Pragnąc poznać właściwe zjawiska życiowe, musimy uważniej obserwować samą istotę żywą. Gdy wszakże nie we wszystkich tworach żywych zjawiska życiowe w jednakowy zachodzą sposób, potrzeba by przeto, chcąc wszystkie zjawiska odnośne poznać, poddać wszystkie istoty żyjące rozważaniu porównawczemu. Taka fizyologia porównawcza nie tylko jest bardzo trudna, ale nadto, wobec niedostatecznego jeszcze poznania czynności u wielu istot żywych, nie jest jeszcze możliwa do przedstawienia w sposób wyczerpujący. Uważam przeto za rzecz odpowiednią, abyśmy zadanie badań fizyologicznych w najszerszym zakresie poznali nasamprzód w ogólnym przeglądzie zjawisk życiowych, które ujawniają się w pewnej grupie istot podobnych do siebie we właściwościach najważniejszych. Po zdobyciu w ten sposób poglądu ogólnego, można będzie z łatwością podjąć zadanie porównania czynności życiowych u tworów rozmaitych i poznać odrębności, podobieństwa i różnice zachodzące pomiędzy istotami rozmaitemi. Nasuwa się zatem pytanie, jaką ze znanych nam istot żywych mamy w tym celu wybrać.

Pewne względy przemawiają za tem, abyśmy rozpoczęli od tworów o budowie możliwie najprostszej. Lecz właśnie u tych tworów niektóre ważne zjawiska życiowe trudne są do zbadania lub zgoła są dla postrzegania bezpośredniego niedostępne; można o tych zjawiskach wnioskować tylko przez analogią, gdy je poznano już w innych istotach żywych. Gdy zaś z drugiej strony wybierzemy do takiego przeglądu ogólnego twór wysoko organizowany, np. człowieka, napotkamy wprawdzie trudność pochodzącą

www.dlibra.wum.edu.pl

ztąd, że mnóstwo zjawisk usuwa się z pod obserwacyi bezpośredniej, bo zachodzą one we wnętrzu ciała; lecz powstające ztąd luki dają się wypełnić w inny sposób, zwłaszcza przez badanie istot tak w budowie swej zbliżonych do człowieka, że zdobyte w tem badaniu wiadomości dadzą się wprost na człowieka przenieść.

Pod względem budowy anatomicznej należy człowiek do szeregu zwierząt ssących, a zjawiska życia przebiegają w nim w sposób podobny jak u innych ssaków. Jest przeto rzeczą dość obojętną, jakie zwierzę ssące wybierzemy do tego przeglądu wstępnego, mającego nam posłużyć do zoryentowania się śród zjawisk życia zwierzęcego. Względy zewnętrzne, łatwość w zdobyciu i t. p. każą nam wybrać królika. Fakty, jakie tu przytaczamy o budowie i czynnościach tego zwierzęcia, ogólnie odnoszą się do każdego zwierzęcia ssącego, a nawet w wielu szczegółach istotnych do każdego zwierzęcia kręgowego, albowiem ssące stanowią jednę z grup zwierząt kręgowych, które wszystkie dużo mają z sobą wspólnego pod względem zarówno anatomicznym jak fizyologicznym.

Rozpatrywanie zjawisk życia nie jest możliwe, jeżeli nie ma się pojęcia jasnego o budowie anatomicznej badanego zwierzęcia. W rozdziale przeto niniejszym krótki podamy przegląd budowy i czynności fizyologicznych zwierząt ssących, nawiązując przedewszystkiem do królika, lecz mając jednocześnie uwagę zwróconą na stosunki analogiczne u człowieka.

Ciało królika jest całkowicie pokryte mocną, zbitą, gęsto uwłosioną skórą. Jakkolwiek nie wszystkie zwierzęta ssące mają tak równomiernie rozwiniętą skórę (futro) jak królik, jednakże dla wszystkich charakterystycznem jest występowanie włosów prawdziwych w powłoce zewnętrznej. Można nawet ssaki określić jako zwierzęta kręgowe uwłosione. Własności inne, jak np. rodzenie żywych młodych, które dawniej przytaczano w definicyach, określeniach zwierząt ssących, musimy z tych definicyj wyłączyć, gdyż okazało się, że nie są one wszystkim ssakom wspólne (por. rozdz. II, § 5).

Gdy, jak to w naszym dzieje się przypadku, u zwierzęcia już zewnętrznie odróżniamy pewne pojedyńcze odcinki ciała, głowę, nogi i t. p, nazywamy je częściami ciała lub członkami. Rozbiór, rozczłonkowanie anatomiczne wnętrza ciała ukazuje dalsze, doskonale odgraniczone masy, jak serce, wątrobę, mięśnie, kości i t. d., które nazywamy o r g a n a m i [1]) czyli n a r z ą d a m i. Wreszcie do-

[1]) Znaczenie istotne tej nazwy oraz pochodzącej od niej nazwy „organizm“ wyraźniej jeszcze się ujawni z rozważań dalszych.

www.dlibra.wum.edu.pl

kładniejsze badanie organów, zwłaszcza też przy pomocy mikroskopu poucza, że narządy składają się z pewnej liczby utworów powtarzających się w rozmaitym układzie w organach rozmaitych; utwory te tymczasowo, zastrzegając sobie dalszy ich rozbiór, nazwijmy tkankami i uważajmy je na razie za ostatnie części składowe ciała.

W króliku naszym zewnętrznie odróżnić możemy: głowę, szyję, tułów, ogon i nogi czyli kończyny. Tułów podzielony jest ścianą zewnątrz nie widzianą, t. zw. przeponą brzuszną, na dwie części: piersiową i brzuszną. Wszystkie wymienione części znajdujemy i u innych ssących zwierząt, choć nie wszędzie może tak wyraźnie zarysowane. Niekiedy niema wyraźnych granic pomiędzy głową, szyją, okolicą piersiową i brzuszną; kończyny u niektórych ssaków nie są tak doskonale rozwinięte lub w części ukryte są we wnętrzu ciała.

Rozpatrywany przez nas królik wskazuje dalej doskonałą symetryą boczną, t. j. gdy pomyślimy, że jest on wzdłuż podzielony płaszczyzną przechodzącą przez środek ciała, to obiedwie połowy boczne odpowiadają sobie w sposób taki, jak przedmiot i obraz tegoż widziany w zwierciadle płaskiem. Dla kształtów zewnętrznych oraz dla wielu organów parzystych ta symetrya jest prawie doskonale geometrycznie ścisła. Lecz są też organy pojedyńcze oraz takie, które wprawdzie w podwójnej są liczbie, lecz dla których niema symetryi tak dokładnej. Gdy pominiemy te zboczenia nieznaczne, powiedzieć możemy, że zwierzę rozpatrywane przez nas składa się z dwu połów jednakowych, prawej i lewej. Oprócz tego możemy jeszcze w niem wyróżnić koniec głowowy i ogonowy, oraz powierzchnie: brzuszną i grzbietową [1]).

---

[1]) Pragnąc dokładnie opisywać położenie rozmaitych części organizmu oraz ich stosunek wzajemny, wprowadzono rozmaite wyrażenia, terminy, tak mianowicie wybrane, aby mogły być stosowane dla możliwie dużej liczby ustrojów zwierzęcych. Opisując ciało ludzkie, posługujemy się często określeniami „u góry, u dołu, z przodu, z tyłu“, wyobrażając sobie człowieka w postawie stojącej, pionowej. Nazwy te już nie dają się odnieść do zwierząt ssących czworonożnych, a tem mniej mogą być stosowane przy opisie zwierząt jeszcze bardziej różniących się w budowie od człowieka. Lepsze są nazwy pochodzące od pewnych oznaczonych części ciała, łatwo dla oka dostępnych. Odróżniamy przeto część głowową albo gębową i część ogonową, powierzchnię grzbietową i brzuszną. Płaszczyzna dzieląca zwierzę na dwie równe, symetryczne najczęściej, połowy, nazywa się środkową (pośrodkową); dzieli ona ciało na dwie części boczne, prawą i lewą. Odróżniamy jeszcze części bliższe (proximal) tułowia i części bardziej oddalone (distal). Przytoczone tu nazwy wystarczą tymczasem do oryentowania się w opisie następującym.

www.dlibra.wum.edu.pl

2. Aby uwidocznić części wewnętrzne, przecinamy skórę zewnętrzną na stronie brzusznej, wzdłuż linii środkowej, starając się nie dotknąć nożem żadnego organu wewnętrznego. Rozpoczynamy od szyi, tuż pod szczęką dolną i prowadzimy cięcie do końca ogonowego, aż do samego niemal otworu kiszki odchodowej, o której niżej będzie mowa. Na szyi napotykamy przedewszystkiem części miękkie, w okolicy piersiowej natrafiamy na ciało twarde tuż pod skórą, t. zw. mostek czyli kość piersiową (*sternum*). W okolicy brzusznej nie czujemy znacznego oporu; starając się nie skaleczyć tu części wewnętrznych, unosimy w górę skórę i przecinamy ją wzdłuż linii środkowej. W ten sposób mamy dostęp do obszernej jamy (jama brzuszna, *abdomen*), w której mieszczą się wnętrzności, trzewia. Od strony głowowej jama ta jest oddzielona wspomnianą już przeponą brzuszną (*diaphragma*) od jamy piersiowej.

2 Anatomia królika.

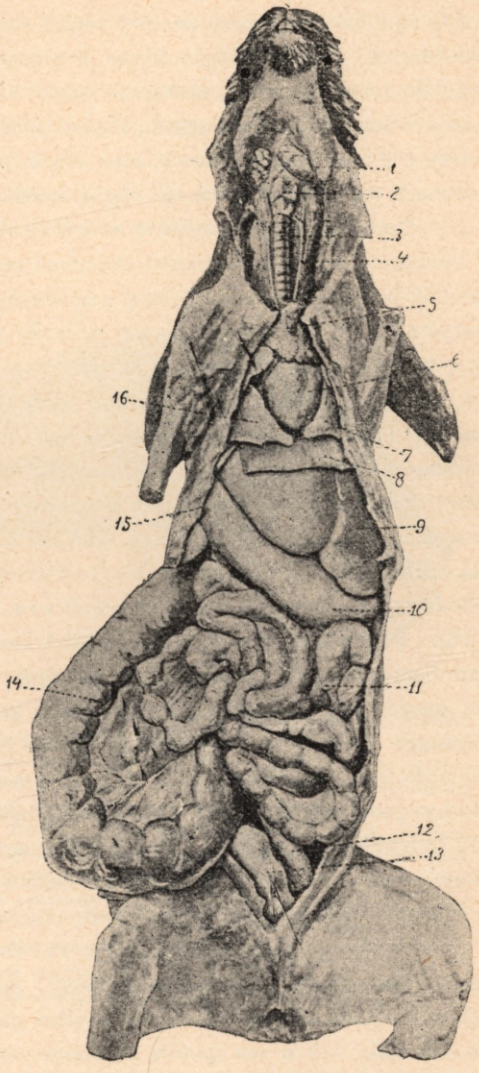


Fig. 32.

Wnętrzności królika widziane od strony brzusznej. Skóra i części powierzchowne są w części usunięte, jama piersiowa i brzuszna otwarte są przez odjęcie mostka, przednich części żeber i przedniej ściany brzucha; kiszki grube przesunięte są na prawo, aby uwidocznić położone pod niemi kiszki cienkie. Około $^1/_{10}$ wielkości naturalnej.

1) Ślinianka podszczękowa; 2) krtań; 3) tchawica; 4) lewa tętnica szyjowa (*art. carotis*), obok niej nerw błędny; 5) tkanka tłuszczowa, pod którą leży grasica (*thymus*) i łuk aorty; 6) serce; 7) płuco lewe; 8) przepona brzuszna, która była zrośnięta z przodu z mostkiem i żebrami dolnemi, przecięta z powodu usunięcia żeber; 9) wątroba; 10) żołądek w znacznej części przykryty przez wątrobę; 11) kiszki cienkie; 12) kiszka prosta (*rectum*); 13) pęcherz moczowy; 14) kiszki grube przełożone na prawo (widać część krezki); 15) miejsce przecięcia żebra; 16) płuco prawe.

Płaskiemi cięciami noża oddzielamy teraz skórę i część tuż pod nią położonych tkanek miękkich i usuwamy je w prawo i w lewo, poczem wi-

www.dlibra.wum.edu.pl

dzimy, że obok mostka po obu stronach znajduje się pewna liczba poprzecznie ułożonych prętów kostnych, t. zw. żeber *(costae)*, które zrośnięte są z mostkiem przy pomocy części nieco miększych (t. zw. chrząstek żebrowych). Przecinamy miejsce przyczepu przepony brzusznej do mostka i do żeber dolnych, następnie same żebra za pomocą odpowiednich nożyc i usuwamy całą przednią ścianę piersiową, złożoną z mostka i zrośniętych z nim końców żeber, oraz część powłoki brzusznej po obudwu stronach uprzednio zrobionego cięcia środkowego.

Teraz widzimy wszystkie wnętrzności ułożone w jamie piersiowej i brzusznej, o ile nie są innemi częściami pokryte. Pragnąc dojrzeć części głębiej położone, musimy leżące powierzchowniej usunąć zupełnie lub odłożyć na bok. W części szyjowej widzimy przedewszystkiem ciało białawe, twarde, krtań (*larynx*) (2); od krtani zstępuje w jamę piersiową rura, tchawica (*trachea*) (3), która łączy się z obudwoma płucami (*pulmones*) (7, 16). Pomiędzy płucami widzimy serce (*cor*) (6). W jamie brzusznej dostrzegamy żołądek (*ventriculus*) (10), obok wątrobę (*hepar*) (9), która w części żołądek pokrywa; wreszcie przeważną część jamy brzusznej wypełnia splot kiszek (*intestina*), w których odróżniamy kiszki cienkie (11) i kiszki grube (14); wreszcie w pobliżu otworu kiszki odchodowej (stolcowej) widzimy pęcherz moczowy (*vesica urinaria*) (13). Podniósłszy nieco ku górze splot kiszek, dostrzegamy, że łączą się one bezpośrednio z żołądkiem i że od strony grzbietowej jamy brzusznej są umocowane na cienkiej, przezroczystej błonie, t. zw. krezce (*mesenterium*). Możemy tu dojrzeć także nerki (*renes*), od których dwa sznurki rurkowate, moczowody (*ureteres*) prowadzą do pęcherza moczowego; dostrzegamy też dwie rury krew zawierające, mianowicie aortę brzuszną (*aorta abdominalis*) i żyłę pustą wstępującą (*vena cava ascendens*), oraz dwa cienkie sznurki szarobiaławe, należące do układu nerwowego, mianowicie części t. zw. nerwu współczulnego (*sympathicus*).

Po tym przeglądzie wstępnym zwróćmy się w celu dalszego badania do rozejrzenia przecięcia podłużnego, jakie otrzymać można przez rozpiłowanie zamrożonego zwierzęcia wzdłuż płaszczyzny przechodzącej przez środek ciała, lub w ten sposób, że umieszczamy zwierzęta młode w odpowiednie odczynniki na czas pewien i możemy je następnie rozglądać w przekrojach[1]). Przedewszystkiem przy rozglądaniu takiem zwróci uwagę naszą szereg twardych utworów kostnych (Fig. 33, 8), które, ułożone obok siebie w części grzbietowej zwierzęcia, przeciągają przez części szyjową,

[1]) Odczynniki muszą w tym celu tak być wybierane, aby z jednej strony części miękkie dostatecznie stwardniały i dawały się krajać, z drugiej zaś, aby kości, jako zbyt twarde, zostały pozbawione swych soli wapiennych i również krajane być mogły.

www.dlibra.wum.edu.pl

grzbietową i ogonową. Do każdego takiego pojedyńczego utworu należy odpowiedni wyrostek, jeszcze więcej ku powierzchni grzbietowej zwrócony, który na przekroju naszym w rozmaitych ukazuje się postaciach (9). Obadwa te szeregi utworów kostnych są to przecięcia t. zw. kręgów (*vertebrae*). Połączenie kręgów oddzielnych tworzy kręgosłup (*columna vertebralis*). Fig. 34 przedstawia jeden kręg z kręgosłupa człowieka widziany od góry i z boku. Kręgosłup (kolumna pacierzowa) jest charakterystyczną cechą anatomiczną wszystkich zwierząt kręgowych. Kręg każdy złożony jest z części grubszej zwróconej ku okolicy brzusznej

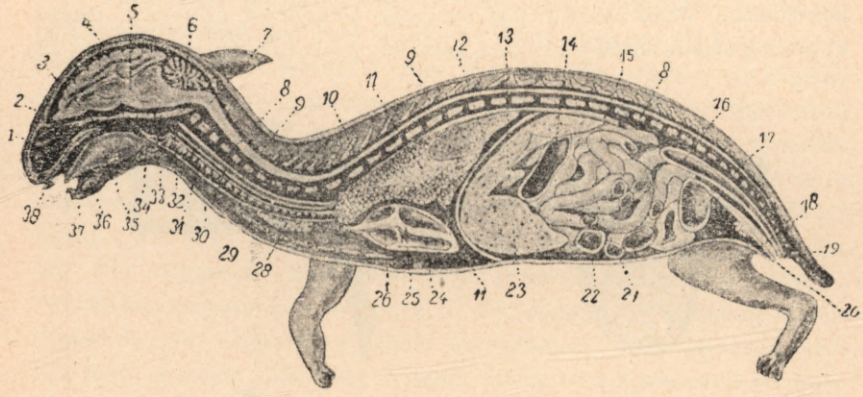


Fig. 33.

Przekrój przez ciało królika (młodego), nieco schematycznie przedstawiony w $^1/_2$ wielkości naturalnej. — 1) prawa jama nosowa z muszlami nosowemi (przegroda nosowa została usunięta wraz z lewą połową ciała); 2) kość podniebienna (przegroda pomiędzy jamą nosową a jamą ustną); 3) podstawa czaszki; 4) sklepienie czaszki; pośrodku jama czaszkowa, w której mieści się mózg; 5) mózg; 6) móżdżek; 7) rdzeń przedłużony; 8) przekroje przez ciało kręgów; 9) przekroje przez wyrostki cierniste kręgów; 10) rdzeń kręgowy; 11) płuco; 12) przepona brzuszna; 13) pęcherzyk żółciowy; 14) żołądek; 15) aorta brzuszna; 16) kiszka prosta; 17) pęcherz moczowy; 18) cewka moczowa; 19) otwór stolcowy; 20) otwór moczo-płciowy; 21) kiszki cienkie, w wielu miejscach na przekroju przecięte. 22) kiszki grube; 23) wątroba; 24—26) serce; 28) grasica; 29) przekrój pojedyńczych kostek, z których u zwierząt młodych składa się mostek; 30) przełyk; 31) tchawica; 32) gardziel; 33) krtań; 34) gruczoł ślinowy; 35) język; 36) przekrój szczęki dolnej; 37) warga dolna; 38) zęby sieczne.

Uwaga. Cztery oddziały serca: dwa przedsionki (26) i dwie komory (24) oraz przegroda pomiędzy sercem prawem i lewem (25) narysowane są schematycznie, jakkolwiek na przekroju nie mogą być w podobny sposób widziane.

(t. zw. ciało kręgu) i z t. zw. łuku zwróconego ku powierzchni grzbietowej. Powstaje w ten sposób rodzaj pierścienia, a wskutek przylegania tych pierścieni kręgowych do siebie tworzy się kanał kostny, t. zw. kanał kręgowy (*canalis vertebralis*), przebiegający wzdłuż całego kręgosłupa. Od strony głowowej kręgi łączą się z pewną liczbą kości, które razem tworzą czaszkę (*cranium*) i zawierają w sobie jamę, t. zw. jamę czaszkową (*cavum cranii*). Wnętrze jamy czaszki i kanału kręgowego wypełnia t. zw. układ nerwowy ośrodkowy, który dzieli się na część cieńszą, rdzeń kręgowy (*medulla spinalis*), (10) mieszczący

www.dlibra.wum.edu.pl

się w kanale kręgowym, i część masywniejszą wypełniającą jamę czaszki, mózg *(cerebrum)* (5, 6 i 7).

Położona ku stronie brzusznej od kolumny kręgowej i otoczona częściami miękkiemi jama ciała [1]) ma w różnych miejscach średnicę niejednakową. Widzimy tu na przekroju fig. 33 znane nam już wnętrzności, o ile cięcie noża trafiło na nie. Poniżej mózgu leżą części czaszki twarzowej wraz z położonemi w niej organami. Od przodu otwarta jest prawa jama nosowa (przegroda nosowa, oddzielająca obiedwie jamy nosowe, została usunięta wraz z lewą częścią całego ciała). Rozpoznajemy tu muszle nosowe *(conchae)* (1), na których znajduje się siedlisko organu powonienia. Jama nosowa łączy się przez przewód nosowy, położony poniżej muszel nosowych, z jamą gardzieli; podniebienie *(palatum)* (2)



Fig. 34.

Szósty kręg grzbietowy człowieka: *a* widziany z góry; *b* z boku. 1) ciało kręgu; 1' powierzchnia górna; 2) wyrostki boczne; 3) wyrostek ciernisty; 5, 6, 7) powierzchnie stawowe, u których żebra łączą się z kręgami; 8) otwór pierścieniowy, przez który przechodzi rdzeń kręgowy.

zaś, w części kostne, w części miękkie, stanowi przegrodę pomiędzy jamą nosową a jamą ustną. Jamę ustną od przodu zamykają wargi *(labia)* (37); wewnątrz jamy ustnej widać przekroje szczęki górnej i dolnej (36), a w nich po jednym zębie siecznym (38), oraz język *(lingua)* (35). Dalej widać krtań *(larynx)* (33) i tchawicę *(trachea)* (31), gardziel *(pharynx)* (32), od której przełyk *(oesophagus)* (30) prowadzi do żołądka (14). Na wewnątrz od płuc (11) widzimy przecięte serce (24—26) oraz ku przodowi złożony (u zwierząt młodych) z kilku części jeszcze ze sobą niezrośniętych mostek *(sternum)*, którego część bliższa głowy (przednia górna), t. zw. rękojeść *(manubrium sterni)* oznaczona jest liczbą 29. Pomiędzy mostkiem a tchawicą u zwierząt młodych znajduje się dość spory organ, który następnie zanika, t. zw. grasica *(thymus)* (28). Pomiędzy jamą piersiową a brzuszną rozpięta jest przepona brzuszna

[1]) Jama ciała, jak nam już wiadomo, dzieli się przeponą brzuszną na dwie części: jamę piersiową i jamę brzuszną.

www.dlibra.wum.edu.pl

(12), wpuklająca się na kształt kopuły w jamę piersiową. W jamie brzusznej przylega do przepony wątroba (*hepar*) (23); u wątroby widzimy oznaczony liczbą 13 pęcherzyk żółciowy (*vesica fellea*). Następują dalej: otwarty przez cięcie żołądek (14), wielokrotnie przecięte kiszki (21, 22), wreszcie wzdłuż przecięta kiszka prosta (*rectum*) (16), zakończona w części ogonowej otworem stolcowym (*anus*) (19). Prócz tego widać jeszcze na naszym rysunku aortę brzuszną (15), przecięty pęcherz moczowy (17) i otwór moczopłciowy (20), w którym mają ujście cewka moczowa i narządy płciowe.

Poznaliśmy już podczas sporządzania tych przekrojów, że jest różnica pomiędzy częściami ciała miękkiemi, łatwo dającemi się krajać, a częściami twardemi, złożonemi z masy kostnej. Te ostatnie obejmujemy ogólną nazwą skieletu (kościec). Gdy możliwie dokładnie odseparujemy części miękkie i następnie pozostawimy kości przez czas dłuższy w wodzie, pozostanie w końcu sam tylko skielet. Oczywiście rozpadnie się on na pojedyńcze kości, lecz możemy je znów następnie połączyć w sposób podobny, jak były połączone w zwierzęciu żywem. W skielecie takim (fig. 35) rozpoznamy niektóre kości już przez nas wymienione. Przedewszystkiem kolumnę kręgową (3, 6, 7, 6) i czaszkę (1), następnie wychodzące z kręgów i łukowato z boków ograniczające jamę piersiową żebra (5), dalej od strony brzusznej mostek, który wraz z żebrami i kręgosłupem tworzy niby rusztowanie obejmujące wnętrzności jamy piersiowej, t. zw. klatkę piersiową (*thorax*). W dwu miejscach kręgosłupa widzimy jeszcze umocowane części skieletu zwane kończynami (ramiona i nogi). Odróżniamy parę przednią (u człowieka pionowo stojącego górną) i tylną (u człowieka dolną) kończyn. Godnem jest uwagi, że wszystkie zwierzęta kręgowe, o ile wogóle posiadają kończyny rozwinięte, mają ich zawsze cztery, nigdy więcej. U niektórych kręgowców coprawda kończyny nie są dobrze, a nawet wcale nie są rozwinięte. Wspomnę tu ze zwierząt ssących wieloryby, a również należące do kręgowców węże.

Owe części kostne, które łączą kończyny z kręgosłupem, nieco inaczej są ukształtowane w kończynach przednich a inaczej w tylnych. I tu i tam wszakże można je sprowadzić do jednego planu zasadniczego. U kończyn przednich widzimy z każdej strony kręgosłupa kość płaską trójkątną, łopatkę (*scapula*) (4). U innych zwierząt ssących, mianowicie też u człowieka, między łopatką i mostkiem jest jeszcze kość łącząca je, obojczyk (*clavicula*). U królika w tem miejscu jest tylko powrózek włóknisty, w którego wnętrzu mieści się cienka oścista kość. Obiedwie łopatki tworzą z odpowiednią częścią kręgosłupa od strony grzbietowej, i z obojczykami oraz górnym odcinkiem mostka, z rękojeścią (fig. 33, 29) od strony brzusznej rodzaj pierścienia (pierścień barkowy), pasa, do którego przymocowuje się przednia para kończyn. Pierścień odpowiedni

www.dlibra.wum.edu.pl

dla kończyn tylnych utworzony jest z kości mocno ze sobą spojonych. Do utworzenia tego pierścienia służy tu od strony grzbietowej część kręgosłupa, t. j. kilka kręgów zrośniętych ze sobą, które tworzą razem t. zw. kość krzyżową (*os sacrum*) (7). Do niej przylegają z obudwu stron:

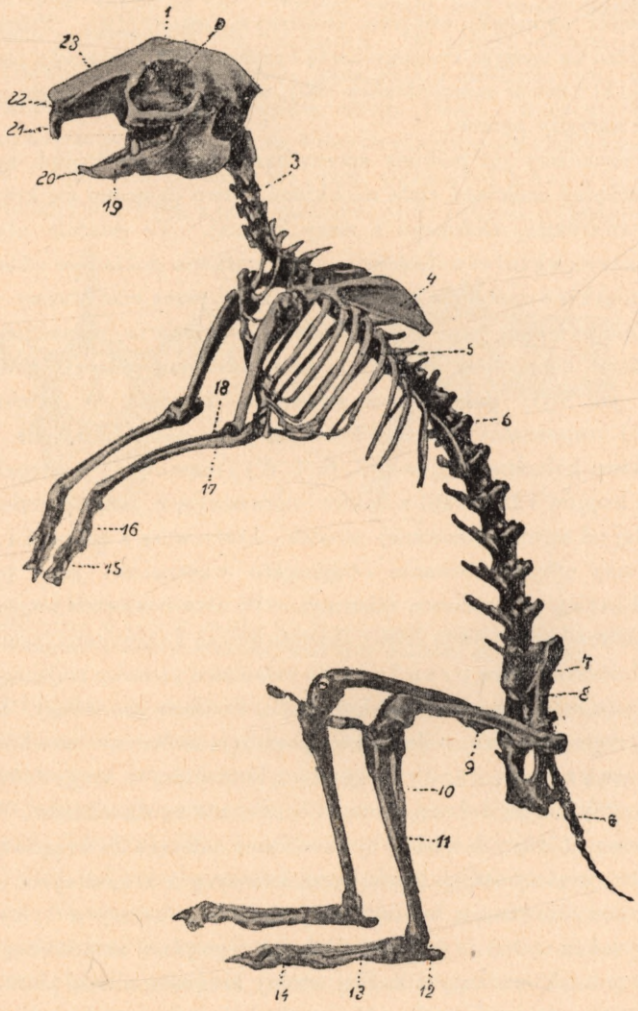


Fig. 35.

Skielet królika. Około $^1/_3$ wielkości naturalnej. 1) sklepienie czaszki; 2) oczodół; 3) kręg szyjowy; 4) łopatka; 5) żebro; 6) kręg piersiowy (grzbietowy); 7) kość krzyżowa; 6′ kręgi ogonowe; 8) kość biodrowa; 9) kość udowa; 10) kość łydkowa; 11) kość piszczelowa; 12) pięta; 13) kości stopy; 14, 15) palce; 16) kości dłoni; 17) kość łokciowa; 18) kość promieniowa; 19) szczęka dolna; 20) dolny ząb sieczny; 21) górny ząb sieczny; 22) szczęka górna; 23) kość nosowa.

kość kulszowa (*os ischii*), kość biodrowa (*os ilei*) i kość łonowa (*os pubis*); obustronne kości łonowe spotykają się z sobą w linii środkowej

www.dlibra.wum.edu.pl

na stronie brzusznej i łączą się tu za pomocą trwałej masy powięzi. Kości te u zwierząt starszych prawie zupełnie są zrośnięte w dwa kostne półpierścienie, tak że można z każdej strony rozpatrywać jednę kość, kość bezimienną (*os coxae*) (8). Możemy przeto powiedzieć, że ów pierścień, służący za połączenie kończyn dolnych z kręgosłupem, a zwany także miednicą, składa się z kości krzyżowej i obudwu kości bezimiennych.

Każda kończyna przednia (górna) składa się z kości ramieniowej (*humerus*), z przedramienia utworzonego z dwu obok siebie ułożonych kości, łokciowej (*ulna*) (17) i promieniowej (*radius*) (18), z kości napięstka (*carpus*), dłoni (*metacarpus*) (16) i z palców (15) złożonych z kostek mniejszych. W kończynie dolnej odróżniamy kość udową (*femur*) (9), goleniową, złożoną z dwu: łydkowej (*tibia*) i piszczeli (*fibula*) (10), kości stępu (*tarsus*) i stopy (*metatarsus*) (13) oraz palce (14).

Wszystkie kości składają się z podstawowej substancyi organicznej (osseina, o której była mowa w rozdz. X-ym, § 19), w której obficie bardzo rozmieszczone są złogi ciał nieorganicznych, przeważnie soli wapiennych. Dzięki temu kości odznaczają się mocą i twardością i służyć mogą organizmowi jako oparcie dla części miękkich. Utworzony z nich skielet kręgowców ze wszech stron jest otoczony częściami miękkiemi; ztąd niekiedy nazywamy taki skielet wewnętrznym, dla odróżnienia od skieletu zewnętrznego, jaki spotykamy np. u stawonogów. Niektóre kości mocno są ze sobą spojone. Lecz przeważna część styka się ze sobą płaszczyznami gładkiemi, pokrytemi chrząstkami, tak że mogą te kości przemieszczać się, poruszać się, zmieniać względem siebie położenie. Tego rodzaju połączenie kości nazywamy połączeniem w stawach. Ruchy owe sprowadzają mięśnie, t. j. pęczki mięsne, złożone z włókien sprężystych, które zrośnięte są z kośćmi, rozpięte nad kośćmi z sobą sąsiadującemi. Mięśnie posiadają zdolność kurczenia się, przyczem wykonywają znaczną pracę mechaniczną. Tak więc powstają ruchy oddzielnych członków, oraz przemieszczanie się, poruszanie się całego zwierzęcia w przestrzeni.

3. Zdolność wykonywania ruchów jest niewątpliwie jednem z najwydatniejszych zjawisk spostrzeganych u zwierząt. W jednym z rozdziałów późniejszych obszerniej będziemy mówili o ruchach. Tymczasem uwzględnimy je o tyle tylko, o ile służą one sprawie odżywiania się zwierząt. Pokarmy przedewszystkiem przechodzą do jamy ustnej. Tutaj, dzięki ruchom szczęki dolnej, która przemieszcza się względem nieruchomo z czaszką połączonej szczęki górnej, pokarmy ulegają rozdrobnieniu pomiędzy zębami, mieszają się ze śliną i wreszcie zostają połknięte. Przez przełyk przechodzą do żołądka, ztąd do kiszek i t. d. Te części organizmu

3. Odżywianie.

www.dlibra.wum.edu.pl

(przełyk, żołądek, kiszki), które poznaliśmy już w paragrafie poprzednim, tworzą razem rurę nieprzerwaną o ścianach elastycznych, poczynającą się w jamie ustnej a kończącą u otworu kiszki prostej. Rura ta różną ma średnicę w rozmaitych miejscach; jest ona znacznie dłuższą od prostolinijnej odległości ust do otworu kiszki prostej, w wielu przeto miejscach przebiega nie w kierunku prostym, lecz tworzy zawoje. Pojedyńcze jej części noszą nazwy rozmaite: przełyk, żołądek i t. d. Jeżeli pominiemy na razie te szczegóły, będziemy mogli w schematycznym przekroju podłużnym zwierzęcia kręgowego przedstawić tę rurę jako prosty przewód idący od ust do otworu zewnętrznego kiszki przez jamę ciała (*coeloma*). Ten przewód pokarmowy położony jest zawsze względem kręgosłupa od strony brzusznej (dolnej u zwierząt, przedniej u człowieka), niejako zawieszony w fałdzie błony wyścielającej jamę brzuszną, a noszącej nazwę otrzewny (błona brzuszna, *peritonaeum*); widać to na rysunku schematycznym przekroju poprzecznego przez jamę ciała (fig. 36b). Obadwa listki otrzewny, na których przewód pokarmowy jest zawieszony, zrośnięte są z sobą i tworzą krezkę (*mesenterium*).

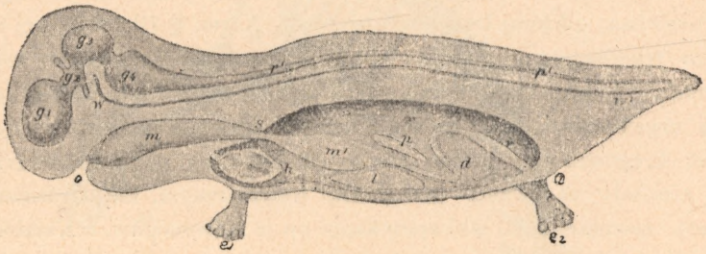


Fig. 36a.

Przekrój schematyczny podłużny przez ciało zwierzęcia kręgowego. *o* otwór gębowy; *a* otwór stolcowy. Pomiędzy temi otworami przeciąga przewód pokarmowy, który podzielić można na część gębową i gardzielową (*m*), przełykową (*s*), żołądek (*m'*), kiszki (*d*) i kiszkę odchodową (*r*). *l* wątroba; *p* trzustka; *w w'* plan kręgosłupa; *r'r'* rdzeń kręgowy, który w dalszym rozwoju otoczony zostaje przez kręgosłup; $g_1g_2g_3g_4$ oddzielne części mózgu; e_1 i e_2 przednia i tylna kończyna; *h* serce.

Pod tą błoną otrzewnową znajduje się w ścianach przewodu pokarmowego warstwa włókien mięsnych. W ścianie żołądka włókna te przebiegają w części pierścieniowato, w części ukośnie; w kiszkach odróżnić można dwie warstwy tych włókien mięsnych; w jednej włókna ułożone są poprzecznie, na kształt pierścieni, w drugiej biegną wzdłuż, równolegle do osi kiszek. Gdy kurczy się warstwa włókien poprzecznych, przewód kiszkowy zwęża się lub zamyka w odpowiedniem miejscu; gdy zaś kurczą się włókna podłużne, wówczas w danem miejscu kiszka skraca się. Skurcze tych włókien mięsnych następują po sobie w nieprawidłowych odstę-

www.dlibra.wum.edu.pl

pach czasu. Powstają one w pewnem miejscu i ztąd, falisto niejako, postępują dalej w kierunku od ust do otworu zewnętrznego kiszki prostej. Dzięki tym skurczom pokarmy, po dłuższem lub krótszem przebywaniu w żołądku, przechodzą do kiszek cienkich i powolnie posuwają się tu naprzód.

Oprócz wymienionych już dwu warstw, otrzewny i włókien mięsnych, ściana przewodu pokarmowego zawiera jeszcze warstwę trzecią, położoną najbardziej na wewnątrz, mianowicie błonę śluzową. W błonie tej zawarte są drobne utwory, t. zw. gruczoły. Wytwarzają one w sobie soki czyli wydzielinę, która wlewa się do jamy żołądka i kiszek i miesza się tu z miazgą pokarmową. Poza przewodem pokarmowym, lecz w pobliżu tegoż, znajdują się nadto większe organy gruczołowe; prowadzą od nich przewody, mające ujście w przewodzie pokarmowym, tak że wydzieliny tych wielkich gruczołów mogą również wlewać się do wnętrza przewodu pokarmowego. Do tych organów gruczołowych należą ślinianki, wątroba i trzustka. (fig. 36a, l i p). Ślina wytwarzana w śliniankach wlewa się do jamy ustnej; natomiast wydzieliny wątroby i trzustki wlewają się do kiszki cienkiej tuż po jej ujściu z żołądka. Pod wpływem wszystkich tych wydzielin (soków trawiących) części składowe pokarmu zmieniają się chemicznie w ustach, żołądku i kiszkach, a zmiany te nazywamy trawieniem.

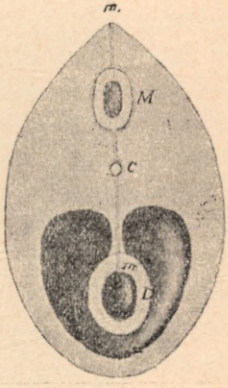


Fig. 36b.

Przekrój schematyczny poprzeczny przez ciało zwierzęcia kręgowego. *m m*, płaszczyzna przekroju środkowego (na prawą i lewą połowę). *M* rura dla rdzenia kręgowego, *c* zaczątek kręgosłupa; *D* przewód pokarmowy.

Królik, jak wiadomo, karmi się strawą roślinną, jak liśćmi kapusty, burakami, kartoflami i t. p. Pokarm ten zawiera zawsze trzy grupy związków chemicznych, które nazywamy wodanami węgla, tłuszczami i ciałami białkowemi (porówn. rozdz. X), oraz pewne ilości soli i wody. Też same materye znajdujemy także w pokarmie innych zwierząt oraz w pokarmie człowieka, bez względu na to, czy pokarm ten pochodzi ze świata zwierzęcego czy roślinnego. Tylko stosunek ilościowy poszczególnych związków chemicznych w pokarmie bywa różny w zależności od pochodzenia.

Niektóre materye pokarmowe są same przez się ciekłe lub rozpuszczają się łatwo w wodzie; inne natomiast są nierozpuszczalne. Otóż te ostatnie pod wpływem wspomnianych wyżej wy-

www.dlibra.wum.edu.pl

dzielin rozmaitych gruczołów zamieniają się na rozpuszczalne [1]). W ten sposób z nierozpuszczalnych wodanów węgla (mączka i t. p.) powstają łatwo rozpuszczające się: dekstryna, maltoza, glukoza. Z nierozpuszczalnych ciał białkowych tworzą się łatwo rozpuszczalne albumozy i peptony. Tłuszcze wreszcie w części ulegają zmydleniu, następnie rozpadają się na drobne kropelki i mieszają się z innemi cieczami, tworząc emulsyą. Podczas powolnego przesuwania się miazgi pokarmowej w przewodzie kiszkowym te chemicznie zmienione materye pokarmowe przenikają w błonę śluzo-

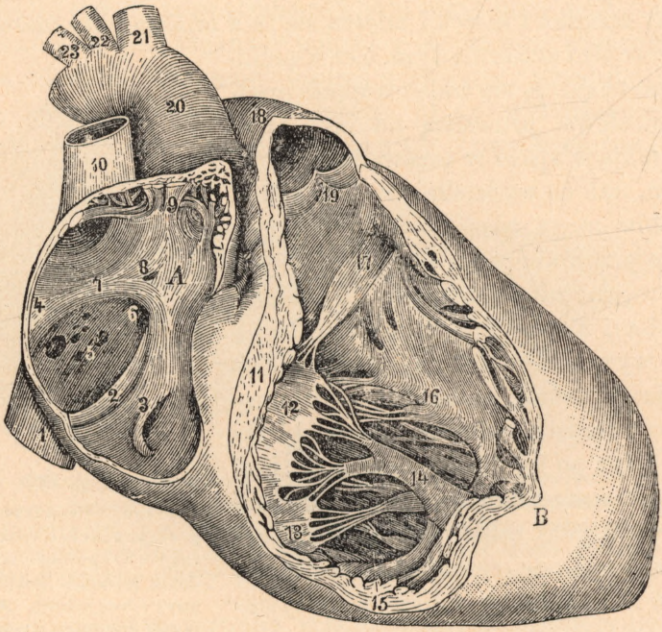


Fig. 37.

Zastawki w sercu człowieka. Przedsionek prawy (*A*) i komora prawa są otwarte przez usunięcie części ściany serca. 1 żyła główna dolna, 10 żyła główna górna; 11 ściana prawej komory serca; 12, 13 dwa strzępy zastawki trójdzielnej; trzeci strzęp jest zakryty. 14, 16, 17 części muskulatury serca, t. zw. mięśnie brodawkowe, do których przymocowane są strzępy zastawki za pomocą włókien ścięgnistych. Gdy przedsionek się kurczy, krew przepływa bez przeszkody pomiędzy strzępami zastawek do komory. Gdy komora się kurczy, strzępy zastawki zbliżają się do siebie i zamykają otwór. Strzępy zastawki, naprężające się na podobieństwo żagli pod naporem krwi, przez umocowanie swe do włókien ścięgnistych mięśni brodawkowych, nie pozwalają krwi powracać z komory do przedsionka. Zastawki trójdzielna i dwudzielna zowią się też „żaglowemi". — 18 tętnica płucna (nacięta), 19 — zastawki półksiężycowe tej tętnicy. 20 — 23 aorta wraz z gałęziami z jej łuku odchodzącemi.

[1]) Nie dotyczy to ściśle tłuszczów i w części tylko dotyczy ciał białkowych. Chłonienie tych związków zachodzi dzięki szczególnym czynnościom fizyologicznym, o których w dalszym ciągu będzie mowa. Dane szczegółowe o materyach pokarmowych i zmianach tychże znajdują się w rozdziałach X-ym i XVII-ym.

www.dlibra.wum.edu.pl

wą i ztąd dalej przechodzą w krew i limfę. To zjawisko przenikania strawionego pokarmu przez błonę śluzową nazywa się wsysaniem czyli chłonieniem (rezorpcya). To, co z jakiegokolwiek powodu nie zostaje wchłonięte, przechodzi przez kiszki grube i wydala się nazewnątrz w postaci kału.

4. Krążenie krwi.

4. Aby zrozumieć, w jaki sposób materye, które przeniknęły do błony śluzowej przewodu kiszkowego, przechodzą ztąd do wszelkich części ciała, musimy zapoznać się z inną czynnością organizmu, mianowicie z obiegiem czyli krążeniem krwi.

W jamie piersiowej, od strony brzusznej w stosunku do przewodu pokarmowego (t. j. od dołu u zwierząt, z przodu u człowieka), blizko przedniej ściany klatki piersiowej położony jest duży organ, serce (fig. 32, 6; fig. 33, 24 — 26). Utworzone jest ono z grubych warstw włókien mięsnych, które obejmują sobą cztery jamy: dwa przedsionki i dwie komory. W jamach serca znajduje się ciecz, krew. Każdy przedsionek komunikuje z odpowiednią, z tej samej strony położoną komorą; lecz każda z dwu połów serca, t. j. t. zw. serce prawe i lewe, złożone każde z przedsionka i komory, jest odosobnione; pomiędzy sercem prawem a lewem znajduje się dzieląca je doskonale przegroda. Gdy włókna mięsne, z których masa serca się składa, kurczą się, wówczas wewnętrzne jamy serca zmniejszają objętość, zawarta w nich krew zostaje wyparta; gdy skurcz ustaje, jamy te znów się rozszerzają, powiększają objętość i znów mogą się krwią napełnić.

Otwórzmy klatkę piersiową żywego królika a zobaczymy, że ten skurcz muskulatury serca zachodzi w regularnych odstępach czasu. Naprzemian serce kurczy się i rozkurcza; włókna mięsne serca skracają się i rozluźniają. Skurcz obudwu przedsionków zachodzi jednocześnie; w tym czasie komory znajdują się w stanie rozluźnienia, rozkurczu. Gdy zaś tylko skończył się skurcz przedsionków, natychmiast rozpoczyna się skurcz współczesny obudwu komór. Zbadajmy wnętrze serca, a dojrzymy u otworu pomiędzy przedsionkiem a komorą urządzenie w rodzaju klap czyli zastawek [1]), które pozwala na wlewanie się krwi z przedsionka do komory, lecz doskonale powstrzymuje powrót krwi z komory do przedsionka. Gdy przeto przedsionki się kurczą, wtłaczają one zawartą w nich krew do komór; w następnej wszakże fazie rozkurczu przedsionków i skurczu komór krew z tych ostatnich do przedsionków powrócić nie może.

[1]) Rysunki na fig. 37 i 38 przedstawiają preparat serca człowieka; serce królika zbudowane jest zupełnie tak samo.

www.dlibra.wum.edu.pl

Z każdej komory wychodzi mocna, sprężysta rura, t. zw. tętnica. Z prawej strony, z komory prawej występuje tętnica płucna (*arteria pulmonalis*), która dzieli się na dwie gałęzie; z tych jedna wstępuje do płuca prawego, druga do lewego płuca. We wnętrzu płuc dzielą się te gałęzie na gałązki coraz drobniejsze, dzięki czemu krew rozlewa się równomiernie w całem płucu. Z lewej komory serca występuje tętnica zwana aortą, która łukowato zstępuje w dół. Na wysokości łuku wychodzą z niej gałęzie idące do

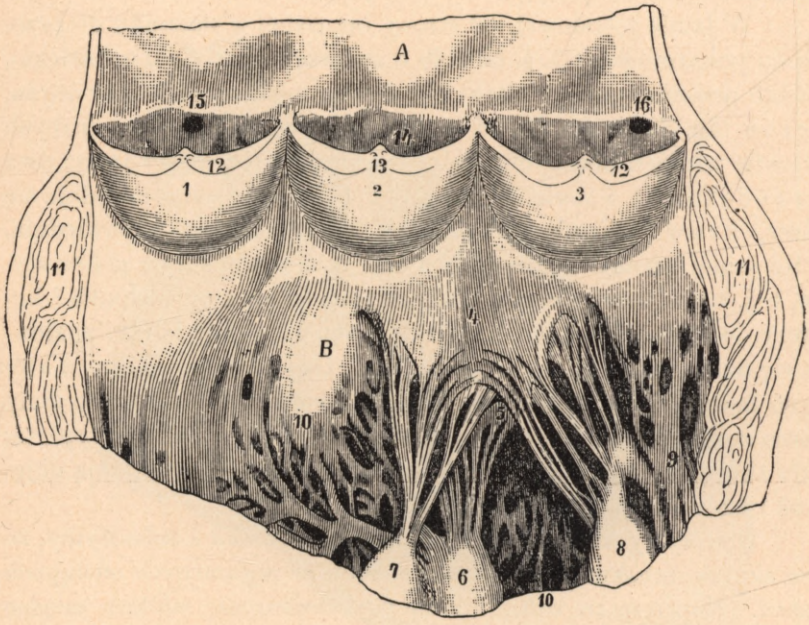


Fig. 38.

Zastawki aorty. Aorta odcięta jest od serca i przekrojona wzdłuż, tak że trzy jej zastawki, umieszczone wewnątrz ściany cylindrycznej, są tu widziane na jednej płaszczyznie. Składają się te zastawki z fałd błony wewnętrznej (wsierdzia) jamy serca. Każda zastawka (klapa) umocowana jest u ściany aorty swą dolną półkolistą krawędzią, podczas gdy krawędź górna (tworząca dwie małe figury półksiężycowe) oraz cała powierzchnia zastawki przylegają luźno do ściany aorty. W ten sposób powstaje rodzaj kieszeni. Gdy krew płynie z komory sercowej do aorty, wówczas zastawki przylegają do ściany aorty i nie stawiają przeszkody strumieniowi krwi; gdy zaś ciśnienie w komorze staje się mniejszem niż w tętnicy, wówczas krew napływa w owe „kieszenie", w ten sposób wtłacza do aorty zastawki, które zbliżają się do siebie i doskonale zamykają wejście do komory.

szyi, do głowy i do kończyn przednich (górnych). Zstępująca część aorty oddaje również gałązki boczne i wreszcie dzieli się widełkowato na dwie tętnice, które doprowadzają krew do kończyn tylnych (dolnych). Wszystkie te tętnice wychodzące z aorty rozkrzewiają się na coraz drobniejsze tętniczki, tak że wreszcie wszystkie cząstki ciała zaopatrzone są w delikatne naczyńka krwionośne.

www.dlibra.wum.edu.pl

W miejscach ujścia tętnicy płucnej z prawej komory i aorty z komory lewej znajdują się również zastawki. Są one tak urządzone, że pozwalają, ażeby krew z komór płynęła do tętnic, lecz przeszkadzają powrotowi krwi z tętnic do komór. Gdy komory kurczą się, wówczas krew w nich zawarta, która, jak widzieliśmy, nie może powrócić do przedsionków, musi zostać wtłoczona w tętnice, lecz w następnej fazie rozkurczu komór nie może już z tętnic do komór powrócić.

Rozgałęzienia tętnic stają się coraz cieńsze, tak że w końcu nie mogą być gołem okiem dostrzeżone. Badając przy pomocy mikroskopu, można stwierdzić, że najdrobniejsze te rozgałęzienia przechodzą w niezmiernie wązkie rureczki o ścianach bardzo cienkich, t. zw. naczynia włosowate (kapilary). Te ostatnie tworzą we wnętrzu organów ciała gęste siateczki, których kształty zależą od budowy tkanek. Rozdzielają się one wielokrotnie i znów łączą się z sobą, nie zmieniając swej grubości. Te naczynia włosowate zbierają się znów w większe naczynia, t. z. żyły; przez łączenie się tych ostatnich powstają większe rurki, aż w końcu większy pień żylny występuje z danego organu, zazwyczaj w sąsiedztwie tętnicy do tegoż organu wstępującej (fig. 39).

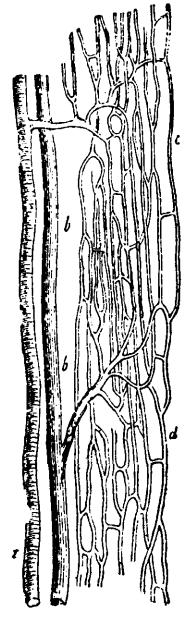


Fig. 39.

Naczynia włosowate (kapilary) z mięśnia poprzecznie prążkowanego; *a* tętnica; *b* żyła; *c*, *d* sieć kapilarów. Długie włókna mięśniowe (nie przedstawione na rysunku) ze wszech stron są otoczone temi naczyniami włosowatemi.

Wszystkie żyły tułowia i kończyn tylnych zbierają się wreszcie w jeden pień żylny, t. zw. żyłę pustą wstępującą *(vena cava ascendens);* również wszystkie żyły z szyi, głowy i kończyn górnych zbierają się w jeden pień, żyłę pustą zstępującą *(vena cava descendens).* Obiedwie żyły puste mają ujście obok siebie w prawym przedsionku serca.

W sposób podobny tętnice płucne rozgałęziają się we wnętrzu płuc, rozpadają się na naczynia włosowate, które znów zbierają się w żyły. Wszystkie naczynia żylne płuc łączą się ostatecznie w cztery żyły płucne, które wstępują do przedsionka lewego [1]).

[1]) W króliku niekiedy dwie żyły, idące od każdego płuca, zlewają się w jednę. W takim razie do przedsionka lewego wchodzą tylko dwie żyły płucne.

www.dlibra.wum.edu.pl

Dzięki ustawicznym podczas życia skurczom przedsionków i komór serca krew w bezustannym pozostaje ruchu wewnątrz naczyń krwionośnych, a ruch ten dzięki wspomnianemu mechanizmowi zastawek może zachodzić w jednym tylko kierunku.

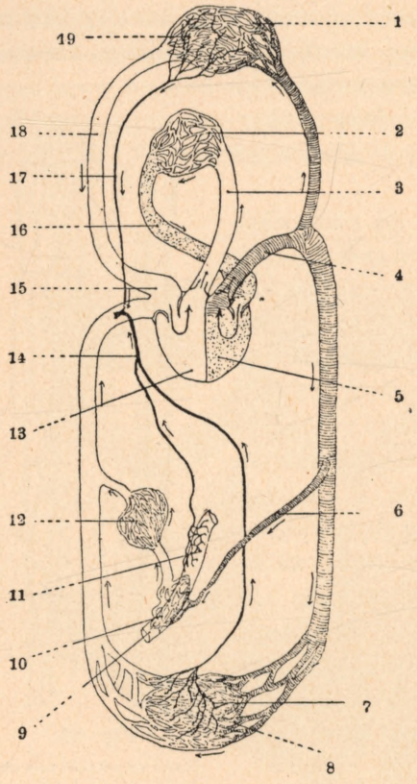


Fig. 40.

Obraz schematyczny obiegu krwi u zwierząt ciepłokrwistych. Aorta i jej rozgałęzienia oznaczone są poprzecznem prążkowaniem. Linie czarne oznaczają układ naczyń limfatycznych, o którym niżej. 1) naczynia włosowate przedniej (górnej) części ciała; 2) naczynia włosowate płuc; 3) tętnica płucna (zawiera krew żylną); 4) aorta; 5) lewa komora serca; 6) tętnice kiszek; 7) (czarne linie) naczynia limfatyczne tylnej (dolnej) części ciała; 8) kapilary tejże części; 9) przewód kiszkowy; 10) kapilary kiszek; 11) (czarne linie) naczynia limfatyczne kiszek (naczynia chłonne); 12) kapilary wątroby, przez które przepływa krew idąca od kiszek; 13) prawa komora serca; 14) przewód piersiowy *(ductus thoracicus)*, przez który płynie limfa z tylnej części ciała i z kiszek; 15) prawy przedsionek; 16) żyła płucna (płynie przez nią krew tętnicza); 17) naczynie limfatyczne, zbierające limfę z przedniej (górnej) części ciała; 18) żyła główna górna; 19) naczynia limfatyczne przednich części ciała.

Z lewej komory serca przechodzi krew do aorty i jej rozgałęzień, rozlewa się po wszystkich organach i powraca do przedsionka prawego. Ztąd przechodzi do prawej komory, dalej do tętnicy płucnej, płynie przez płuca do lewego przedsionka i znów powraca do lewej komory. Krew przeto płynie wewnątrz całkowicie zamkniętego układu rur, krew obiega, krąży ustawicznie w układzie naczyń krwionośnych, jak to wskazuje rysunek schematyczny fig. 40. Mówimy przeto o krążeniu, obiegu krwi. Okoliczność, że dwa miejsca w tym obiegu, mianowicie prawe i lewe serce, zbliżone są tak bardzo do siebie i zrośnięte, lecz jednakże rozdzielone, sprawia, że wydaje się pozornie, jak gdyby istniały dwa obiegi krwi oddzielne. To tłumaczy nam owe często spotykane wyrażenia: wielki i mały krwi obieg albo obieg krwi w ciele i w płucach (płucny).

Siły pędzącej, tłoczącej, która utrzymuje krew w ruchu ustawicznym, dostarcza praca muskulatury serca. Serce działa tu jak pompa ssąco-

www.dlibra.wum.edu.pl

tłocząca. Ssie ona krew z żył i tłoczy ją w tętnice. Ponieważ ściany tętnic są sprężyste, przeto rozszerzają się wskutek naporu ze strony wtłaczanej w nie krwi. Ściana sprężysta tętnic ze swej znów strony wywiera silne ciśnienie na krew w naczyniach zawartą. Gdy przeto u żywego zwierzęcia natniemy tętnicę, krew wytryska z niej z pewną szybkością. W żyłach natomiast ciśnienie jest bardzo małe. Odsłonięta tętnica może być uciśnięta tylko przy użyciu pewnej siły; co zaś do żyły, wystarcza tu już ucisk bardzo nieznaczny dla przerwania w niej prądu krwi. Jeżeli doświadczenie to wykonamy na zwierzęciu żywem, zobaczymy, że tętnica nabrzmiewa po stronie zwróconej ku sercu, zaś słabnie w napięciu i opróżnia się po drugiej stronie. Z żyłą dzieje się odwrotnie. Jest to jedno z doświadczeń, które doprowadziły WILLIAMA HARVEYA (1619) do stwierdzenia, że w tętnicach krew płynie od serca, w żyłach zaś do serca.

W tętnicach panuje podczas pracy serca ciśnienie wysokie, w żyłach nizkie. Ponieważ tętnice połączone są z żyłami przez naczynia włosowate, przeto krew musi przez te ostatnie płynąć od tętnic do żył. Póki serce bije, t. j. kurczy się i rozkurcza, owa różnica ciśnień ciągle trwa, a tem samem trwa też płynięcie krwi. Gdy ruchy serca ustają, krótką chwilę trwa jeszcze ruch krwi, aż do zupełnego wyrównania się ciśnień w tętnicach i żyłach. W tkankach dostatecznie przezroczystych, np. w krezce żywego zwierzęcia, można bezpośrednio obserwować ten ruch krwi przy odpowiedniem powiększeniu mikroskopowem. Nadają się też dobrze w tym celu cienkie tkanki rozpięte pomiędzy palcami u żab.

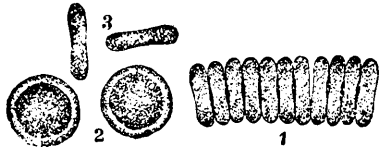


Fig. 41.

Czerwone krążki krwi człowieka.

Powiększenie 1200 razy. 1 ułożone w t. zw. rulony, często występujące w kroplach krwi pozostawionej przez pewien czas w spokoju; 2 widziane z powierzchni; 3 widziane z boku.

5. Krew jest cieczą bardzo zawiłego składu chemicznego. 5. Krew.
Rozglądana gołem okiem wydaje się zupełnie jednostajnie czerwoną i jest nieprzezroczysta nawet w cienkich warstwach. Kroplę krwi, otrzymaną przez nakłócie lub małe nacięcie płatka usznego królika, pomieśćmy na płytce szklanej, na tę płytkę połóżmy cieniutkie szkiełko, t. zw. przykrywkowe, i rozpostartą w ten sposób cieniutką warstewkę krwi rozglądajmy przy odpowiedniem powiększeniu (500 do 1000 razy) przez mikroskop, a dostrzeżemy, że zabarwienie czerwone pochodzi od niezmiernie dużej liczby płaskich, okrągłych krążków, t. zw. czerwonych ciałek (krążków) krwi, które pływają w cieczy klarownej, słabo zabarwionej, t. zw.

www.dlibra.wum.edu.pl

osoczu. Krążki czerwone krwi bardzo są drobne; średnica ich wynosi około 0,006—0,007 milimetra, grubość nieco mniej niż 0,002 *mm*. W jednym mm^3 krwi znajduje się około 4—5 milionów tych czerwonych ciałek [1]).

Pomiędzy krążkami czerwonemi tu i owdzie widać inny rodzaj ciałek: bezbarwne, białe ciałka krwi czyli leukocyty. Są one większe od czerwonych i w przybliżeniu kuliste. Leukocyty mniej są liczne niż krążki czerwone. Na 300—400 tych ostatnich przypada mniej więcej jeden leukocyt. Pochodzą one z limfy (o której niżej) wlewającej się do krwi. Ponieważ liczba leukocytów we krwi nie zwiększa się stale, przypuścić przeto należy, że albo znów z krwi występują, albo zanikają, niszczą się w niej.

Część ciekła krwi, osocze, składa się z wody, w której rozpuszczone są rozmaite związki chemiczne. Wszelkie materye, które przy przepływaniu przez rozmaite organy krew pobiera, pozostają w niej póty, aż znów krew ich w organach nie złoży lub nie wydali na zewnątrz przez pośrednictwo narządów wydzielniczych, o których w ciągu dalszym będzie mowa. Krew przeto jest pośrednikiem w wymianie materyi pomiędzy wszelkiemi organami, a tem samem i pośrednikiem w owych wszystkich najrozliczniejszych przeobrażeniach chemicznych, które zachodzą w ciele zwierzęcia.

6. Chłonienie.

6. Powróćmy do rozważenia zjawiska chłonienia, o którem wspomnieliśmy w § 3-im. Pozostająca w ruchu ustawicznym krew, płynąc przez naczynia krwionośne w kiszkach, zbiera w sobie materye, które rozpuściły się wskutek przemian, jakim pokarmy w kiszkach uległy. Błona śluzowa kiszek na powierzchni swej od strony światła kiszek usiana jest gęsto wypustkami cienkiemi, t. zw. kosmkami (*villi*) podobnemi z kształtu do palców rękawiczki. Do każdego takiego kosmka przenika mała tętnica, która rozgałęzia się na gęstą siatkę kapilarów, z której znów krew spływa do małej żyły. Dzięki tym kosmkom powierzchnia chłonąca błony śluzowej niezmiernie się powiększa, co umożliwia chłonienie szybkie i możliwie doskonałe. Materye łatwo rozpuszczalne i łatwo dyfundujące, które powstały z pokarmów przez działanie soków trawiących, przenikają w ścianę kiszek, dyfundują w krew płynącą przez kosmki i wraz z krwią zostają przenoszone dalej. Krew od-

[1]) Wielkość czerwonych krążków krwi u przeważnej liczby zwierząt ssących nieco jest mniejsza, u człowieka mniej więcej tę samą mają wielkość jak u królika. U ptaków, płazów i ryb ciałka czerwone nie są okrągłe, lecz eliptyczne i (zwłaszcza u płazów) przeważnie większe. Ze zwierząt ssących tylko wielbłąd i lama mają ciałka czerwone nie okrągłe, lecz eliptyczne.

www.dlibra.wum.edu.pl

pływająca z przewodu kiszkowego przechodzi przez wątrobę, gdzie ulega pewnym przeobrażeniom chemicznym, dostaje się do serca prawego, a następnie, po przepłynięciu przez płuca, do serca lewego, zkąd przez aortę i jej rozgałęzienia rozchodzi się do wszystkich części całego ciała.

Lecz nie wszystkie materye pokarmowe ulegają wchłonięciu w opisany sposób. Tłuszcze mianowicie oraz część innych środków pokarmowych, które nie zostały w procesie trawienia całkowicie rozpuszczone, a więc i doskonale dyfundować nie mogą, nie mogą też przenikać przez ściany naczyń włosowatych i przejść do krwi. Badając kosmki zwierzęcia w kilka godzin po obfitem karmieniu tłuszczem, znajdujemy wnętrze kosmka wypełnione drobniutkiemi kropelkami tłuszczu. Kropelki te przez ściany kosmka przeniknęły tu i ztąd dalej wędrują w oddzielnym układzie naczyń, w t. zw. naczyniach chłonnych. Naczynia chłonne łączą się z naczyniami limfatycznemi, o których niżej będzie mowa, i wspólnie zawartość swą prowadzą do żył. Tak więc tłuszcz oraz inne materye, które nie zostały wchłonięte przez kapilary krwionośne, inną drogą jednakże do krwi przechodzą.

Materye wchłonięte (rezorbowane) a pochodzące z pokarmu doprowadzone zostają z krwią do wszystkich części ciała. Mogą one tu się przyczynić do powiększenia masy, dzięki czemu organom przybywa materyi, organy rosną. Gdy zaś wszystkie środki pokarmowe są mieszaninami złożonemi z wodanów węgla, tłuszczów, ciał białkowych, soli i wody, a te same związki chemiczne stanowią podstawowe części składowe wszelkiej materyi żywej, przeto pochodzące z pokarmów a wraz z krwią do organów przenikające materye mogą się stać częściami składowemi organów. W jaki sposób zachodzi to powiększanie się masy organów, rośnięcie, będzie mowa w innem miejscu.

Współcześnie z przerobionemi odpowiednio częściami składowemi pokarmów krew doprowadza ustawicznie tlen do wszystkich organów. Jak nam wiadomo, całkowita krew przepływa przez płuca, gdzie spotyka się z wdechanem z zewnątrz powietrzem, z którego wchłania tlen. Czerwone krążki krwi odgrywają w tym procesie rolę nader ważną. Zawarty w nich barwnik czerwony, hemoglobina odznacza się mianowicie własnością łatwego przyłączania tlenu oraz równie łatwego oddawania tego gazu (porówn. rozdz. VIII, § 16 i rozdz. X, § 18). Gdy krew, która w płucach tlenem się zbogaciła, przypływa do organów, oddaje ona tu część tego tlenu, dzięki czemu zachodzić mogą procesy chemiczne, o których natychmiast wspomnimy.

www.dlibra.wum.edu.pl

Ta część materyj zawartych we krwi, która nie zostaje zatrzymana i zużyta w tkankach ciała, powraca znów do serca w krwi żylnej. Lecz zarazem i to wszystko, co wytwarza się w procesach chemicznych we wnętrzu tkanek ciała, może znów powrócić do krwi, o ile są to materye rozpuszczalne i łatwo dyfundujące. Inne związki przechodzą z tkanek do naczyń limfatycznych.

7. Limfa i naczynia limfatyczne.

7. Ze wszystkich organów wychodzą naczynia limfatyczne podobne do tych, które poznaliśmy wyżej pod nazwą naczyń chłonnych. Można sobie wyobrazić organy wraz z ich naczyniami krwionośnemi niby pole dobrze nawodnione. Ze stawu lub rzeki prowadzą rowy, które rozgałęziają się na delikatną sieć mniejszych rowów. Te rowy odpowiadają tętnicom; doprowadzają one glebie wodę oraz rozpuszczone w wodzie a niezbędne dla wzrostu roślin materye. Temu układowi kanałów zawdzięcza pole swą urodzajność. Woda wraz z rozpuszczonemi w niej związkami przenika z rowów do gruntu, dochodzi do korzeni i sprzyja wzrostowi roślin. W podobny sposób prąd nawodniający, irygacyjny przenika z naczyń krwionośnych w tkanki ciała, z których składają się organy, i służy do ich odżywiania. Nadmiar wody, którego rośliny na łące nawodnionej pobrać nie mogą, spływa przez układ rur drenowych, ułożonych w głębi ziemi. Tym rurom drenowym odpowiadają w ciele zwierzęcem naczynia limfatyczne. I podobnie jak rury drenowe zbierają się dalej nieco. w miejscu głębiej położonem, w dole rzeki i tutaj wylewają swą zawartość, tak też naczynia limfatyczne spływają się blizko serca, gdzie ciśnienie hydrostatyczne bardzo jest nizkie, i tu wylewają swą zawartość do żył. Tak więc znów zwraca się krwi wszystko, co oddała ona tkankom i wszystko, co w tkankach powstało. To tylko, co tkanki zatrzymały dla powiększenia swej masy, pozostaje, przynajmniej przez czas pewien, w ciele zwierzęcem.

8. Przerób materyi.

8. We wszystkich przeto częściach ciała spotykają się związki pochodzące z pokarmów (wodany węgla, tłuszcze, ciała białkowe) z tlenem pochodzącym z atmosfery. We wnętrzu tkanek zachodzi łączenie się tlenu ze składowemi częściami tkanek: materye tkankowe utleniają się czyli spalają. Wytwarza się przytem energia cynetyczna, która w części ujawnia się w postaci ciepła (królik, pomimo że ustawicznie oddaje ciepło swemu otoczeniu, zachowuje stale temperaturę około 38°, jest to zwierzę ciepłokrwiste), w części występuje jako ruch mechaniczny. Produkty utlenienia, spalenia odpływają wraz z krwią i wydzielają się w innych częściach ciała.

Wodany węgla i tłuszcze składają się z węgla, tlenu i wodoru; ciała białkowe zawierają nadto jeszcze azot (porów. rozdz. X).

www.dlibra.wum.edu.pl

Gdy związki te pobierają jeszcze więcej tlenu, powstają z nich jako produkty ostateczne dwutlenek węgla, woda oraz pewna liczba związków azotowych, za których przedstawiciela służyć może nam mocznik. Królik przez całe życie pobiera wodany węgla, tłuszcze i ciała białkowe w strawie a tlen przez płuca i ustawicznie wydala dwutlenek węgla, wodę i mocznik. Zachodzi w nim przeto przemiana, przerób materyi. Materye składające masę jego ciała ulegają bezustannemu utlenianiu; produkty utlenienia zostają ustawicznie wydalane. Przerób materyi zarówno jak utlenianie utrzymują się dzięki nieprzerwanemu krążeniu krwi.

9. Oddychanie.

9. Zużyte w przerobie materyi wodany węgla, ciała białkowe i tłuszcze zostają pokryte przez krew ze strawionych w przewodzie kiszkowym pokarmów; stratę tlenu zaś pokrywa zwierzę przez wdychanie tego gazu płucami. Materye pobrane i przerobione w tkankach krew wydaje znów w organach t. zw. wydzielniczych. Wydalenie dwutlenka węgla zachodzi prawie wyłącznie w płucach jednocześnie z pobieraniem tlenu.

Uważajmy na klatkę piersiową żywego zwierzęcia ssącego, a spostrzeżemy, że naprzemian rozszerza się ona i zwęża, powiększa swą objętość i zmniejsza. Zamknięte w klatce piersiowej i doskonale do jej wewnętrznych ścian przylegające płuca, złożone z tkanki sprężystej, elastycznej, wykonywają wraz z klatką te same ruchy. Możemy sobie wyobrazić płuca jako dwa worki, które przez nader liczne wpuklenia swej tkanki porozdzielane są na olbrzymią liczbę drobniutkich pęcherzyków, t. zw. pęcherzyków płucnych (*alveolae*). Tchawica, która przez jamę ustną i nosową komunikuje z powietrzem zewnętrznem, dzieli się na dwie odnogi główne, jednę dla płuca prawego, drugą dla lewego. Każda z tych odnóg (oskrzele) rozgałęzia się w płucu na coraz drobniejsze gałązki, aż w końcu najdrobniejsze kończą się w pęcherzykach płucnych. Gdy przy rozszerzaniu się klatki piersiowej i każdy pęcherzyk płucny powiększa swą objętość, zostaje podczas tego wessane powietrze zewnętrzne i miesza się z powietrzem w pęcherzykach zawartem. Gdy klatka znów się zwęża, zmniejszają też swą objętość pęcherzyki płucne; część mieszaniny powietrznej w nich zawartej zostaje nazewnątz oddana. Pierwszy z tych procesów nazywamy wdechem, drugi wydechem. Ruchy oddechowe, nieustannie zachodzące w ciągu całego życia zwierzęcia, sprawiają przeto, że powietrze pęcherzyków płucnych stać się nie może zbyt ubogiem w tlen, ani zbyt bogatem w dwutlenek węgla, tak że z powietrza tego ustawicznie tlen przechodzić może do krwi, a do tego powie-

www.dlibra.wum.edu.pl

trza dwutlenek węgla ze krwi może przenikać. Zachodzi jednocześnie godna uwagi zmiana w barwie krwi. Krew płynąca z prawego serca do płuc jest ciemno-czerwona z odcieniem błękitnawym, krew zaś odpływająca z płuc, bogatsza w tlen i uboższa w dwutlenek węgla, ma barwę jasną, szkarłatno-czerwoną. To zabarwienie krew zachowuje w sercu lewem i w tętnicach. Gdy wszakże następnie płynie przez naczynia włosowate organów, gdzie traci tlen i pobiera dwutlenek węgla, znów staje się ciemniejszą i w tym stanie płynie przez żyły i serce prawe do naczyń włosowatych w płucach.

Ustawiczne pobieranie tlenu i wydalanie dwutlenku węgla nazywamy oddychaniem. Jeżeli powietrze otaczające nie zawiera dostatecznej ilości tlenu, lub jeśli wskutek zakłóceń w ruchach oddechowych pobieranie tlenu w pęcherzykach płucnych nie może w dostatecznej mierze zachodzić, wówczas życie zwierzęcia poważnie jest zagrożone i nastąpić może śmierć z uduszenia.

Wraz z dwutlenkiem węgla wydalają też płuca nieco wody w postaci pary wodnej. Znacznie wszakże więcej wody traci ciało przez skórę i nerki.

10. Gruczoły wydzielnicze.

10. W skórze wszystkich zwierząt ssących znajdują się rozmaite gruczoły, które o tyle mogą być porównane z gruczołami w błonie śluzowej przewodu pokarmowego, że i one wydzielają materye o pewnych własnościach chemicznych. Gruczoły są to rurki proste lub rozgałęzione o bardzo cienkich ścianach; w ścianie tych rurek położone są komórki gruczołowe [1]). Jeden koniec rurki bywa często rozszerzony w postaci kolbki i jest zawsze zamknięty, jest to t. zw. dno gruczołu. Drugi koniec otwarty nazywa się przewodem. Gruczoły umieszczone są we wnętrzu skóry lub pod nią; w tym ostatnim przypadku ich przewody, niejednokrotnie dość długie, przechodzą przez tkanki ponad niemi położone i kończą się na powierzchni lub w odpowiedniej jamie.

Komórki gruczołowe położone we wnętrzu rurki odznaczają się zdolnością pobierania pewnych materyj z krwi, przerabiania ich chemicznego w pewien specyficzny sposób, poczem produkty tego przeobrażenia chemicznego zostają wydalone przez przewód gruczołu. Każdy gruczoł ma właściwą sobie, specyficzną czynność chemiczną. Krew dowozi gruczołom potrzebny im do tej czynności materyał surowy; ztąd też wszystkie gruczoły obficie są w naczynia krwionośne zaopatrzone, które w postaci gęstej siatki kapilarów rozgałęziają się w ich tkance.

[1]) Szczegóły budowy gruczołów poznamy w rozdziale XIII-ym.

www.dlibra.wum.edu.pl

Czynność fizyologiczna gruczołów nazywa się wydzielaniem (*secretio*); materye wydzielane przez gruczoły nazywają się wydzielinami. Dwa rodzaje gruczołów odróżniać należy. Pewne gruczoły, jak np. wspomniane dawniej gruczoły trawienne, wlewają swą wydzielinę do kanału pokarmowego, gdzie wydzielina wywiera swe działanie specyficzne na pokarmy, rozpuszczając je i czyniąc odpowiedniemi do wchłonienia. Inne gruczoły natomiast wydalają swą wydzielinę nazewnątrz ciała. Pragnąc zaznaczyć tę różnicę, używać będziemy nazw: wydzielanie, wydzielina, gruczoł wydzielniczy dla gruczołów pierwszego rodzaju; w drugim zaś przypadku mówić będziemy o gruczołach wydalinowych i o wydalinie [1]) jako produkcie przez gruczoły te wytwarzanym.

W skórze zwierząt ssących znajdują się dwa rodzaje gruczołów wydalinowych: 1) gruczoły potowe, wytwarzające wydalinę bardzo wodnistą o małej zawartości ciał stałych w roztworze, t. j. pot; 2) gruczoły łojowe, których wydalina obok wody i niektórych rozpuszczonych w tejże związków zawiera znaczną domieszkę tłuszczu i ztąd ma konsystencyą mazistą. U ssących mocno owłosionych gruczoły potowe mniej są liczne aniżeli w skórze człowieka; ograniczają się one prawie tylko do miejsc, na których włosów zgoła niema, u królika np. prawie tylko do warg.

Najważniejszemi gruczołami wydalinowemi są nerki, organy parzyste, położone w jamie brzusznej (porówn. fig. 42, str. 290). W gruczołach tych wyrabia się mocz, ciecz wodnista, u królika często nieco mętna, będąca roztworem wodnym bardzo licznych i rozmaitych związków mineralnych i organicznych. Ze związków tych najważniejszym jest mocznik, powstający przy utlenianiu ciał białkowych i wydzielający się z organizmu prawie wyłącznie przez nerki [2]). Mocz z nerek przechodzi przez moczowody do pęcherza moczowego, zkąd przez cewkę moczową wydala się nazewnątrz.

Przez płuca, skórę i nerki pozbywa się zatem krew tych

---

[1]) Niektóre z tych gruczołów wydalinowych wydzielają związki, które powstały w przerobie materyi i które, gdyby pozostały w ciele, byłyby działały szkodliwie. Są to gruczoły wydalinowe w znaczeniu najściślejszem. Produkty innych gruczołów wydalinowych w pewnym stopniu są jeszcze użyteczne dla osobnika, który je wytwarza, lub służą sprawie rozmnażania albo wreszcie użyteczne są dla potomstwa, np. gruczoły mleczne. Te gruczoły stanowią coś pośredniego pomiędzy wydzielinowemi a właściwemi wydalinowemi.

[2]) W drobnych śladach występuje on także w pocie.

www.dlibra.wum.edu.pl

wszystkich materyj, które powstały w rozmaitych organach jako wytwory zachodzących tam procesów życiowych i przeszły do krwi podczas jej przepływania przez organy. Gazowy dwutlenek węgla oraz mała ilość pary wodnej wydalają się przez płuca; skóra oddaje mało dwutlenku węgla, a obok tłuszczowych części składowych łoju skórnego nieco więcej wody, w której nadto rozpuszczona jest nieznaczna ilość mocznika; reszta wody i prawie całkowity wytwarzany w ciele mocznik, obok wielu innych jeszcze w wodzie

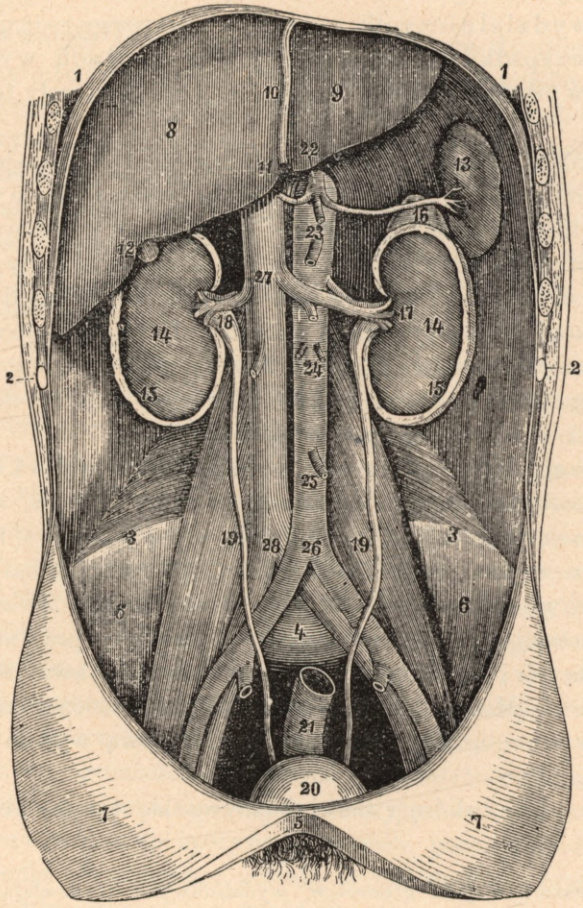


Fig. 42.

Jama brzuszna człowieka, od przodu otwarta, po usunięciu kiszek. 1 przepona brzuszna; 2 żebro jedenaste; 3 brzeg górny kości biodrowej; 4 kość krzyżowa; 5 miejsce spojenia kości łonowych (spojenie łonowe); 6 część kości biodrowej (miednica); 7 część dolna przedniej ściany brzucha; 8, 9 prawy i lewy płat wątroby; 10, 11 więzy podtrzymujące wątrobę; 12 pęcherzyk żółciowy; 13 śledziona; 14 nerki; 15 torebka tłuszczowa otaczająca nerki; 16 nadnercze; 17 miejsce wstępowania naczyń krwionośnych nerki; 18 miedniczka nerkowa, z której moczowód (19) prowadzi wydzielany mocz do pęcherza moczowego (20); 21 kiszka prosta; 22—25 początki tętnic dla wnętrzności brzusznych; 26 rozwidlenie aorty brzusznej na obiedwie tętnice biodrowe; 27 żyła główna (pusta) dolna i ujście do niej żył nerkowych.

www.dlibra.wum.edu.pl

rozpuszczonych związków (pomiędzy innemi też dwutlenek węgla w postaci węglanów i dwuwęglanów), wydalane zostają z ciała zwierzęcego przez nerki.

11. Najrozliczniejsze czynności fizyologiczne, które opisaliśmy dotychczas, pozostają pod wpływem niejako rządzącym układu nerwowego. Układ (system) nerwowy składa się z 1) układu ośrodkowego czyli ośrodków nerwowych, mianowicie: mózgu, rdzenia kręgowego i nerwu współczulnego i 2) nerwów obwodowych, wychodzących z ośrodków nerwowych. Nerwy są delikatnemi włóknami, które złączone w cieńsze lub grubsze wiązki, wychodzą z ośrodków nerwowych. Wiązki włókien nerwowych w miarę oddalania się od ośrodków dzielą się coraz bardziej, aż wreszcie pozostają z nich włókienka widzialne tylko przez mikroskop. Przenikają one we wszystkie organy i kończą się w nich w rozmaity sposób. Nerwy odznaczają się pewną właściwością wspólną wszelkiej materyi żywej, lecz w sposób najwyższy w nich właśnie rozwiniętą, mianowicie pobudliwością (drażliwością). Słabe choćby bodźce mechaniczne, elektryczne i t. p. wywołują w nich zmiany, wprawdzie zewnętrznie dla oka niewidzialne, ujawniające się jednak pewnemi działaniami, jakie sprowadzają w organach z nerwami połączonych. Część tych włókien nerwowych wstępuje w mięśnie. Pragnąc nieco dokładniej poznać czynność tych nerwów, uśpijmy naprzód królika przez zastrzyknięcie mu pod skórę roztworu morfiny, następnie cięciem podłużnem odsłońmy mięśnie uda. Pomiędzy temi mięśniami odnajdujemy pień nerwowy, z którego odchodzą gałązki do mięśni uda i goleni. Gdy pień ten przecinamy (możliwie wysoko), dostrzegamy w całej kończynie ruch drgający. Ruch ten powstaje wskutek skurczu mięśni, z któremi ów nerw jest połączony, a skurcz wywołany został przez mechaniczne, cięciem spowodowane podrażnienie nerwu. Gdy koniec (dolny czyli obwodowy) nerwu, idący do mięśni, ułożymy na dwóch drutach, i przez druty te przesyłać będziemy do nerwu prądy elektryczne, będziemy mogli wielokrotnie sprowadzać drgania skurczowe mięśni. 11. Układ nerwowy.

Doświadczenie to poucza, że są nerwy, których drażnienie sprowadza skurcze mięśni a ztąd i ruchy kości, z któremi mięśnie te są połączone. Takie nerwy nazywamy przeto ruchowemi. Wszystkie mięśnie ciała zaopatrzone są w takie nerwy, i te mięśnie również, które nie są z kośćmi połączone, jak mięśnie żołądka i kiszek. I gruczoły mają swoje nerwy; gdy nerwy te są podrażnione, wówczas zachodzi funkcya wydzielnicza gruczołów. Ztąd też zo-

www.dlibra.wum.edu.pl

wiemy te nerwy wydzielniczemi. Lecz co stanowi bodziec dla działania nerwów?

Chcąc się dowiedzieć o tem, poczekajmy, aż minie odurzenie królika sprowadzone przez morfinę. Gdy po przecięciu nerwu zaszyjemy ranę i będziemy w dalszym ciągu zwierzę obserwowali, dostrzeżemy, że przy chodzeniu noga, w której nerw został przecięty, poruszana jest bardzo niezręcznie. Pewne mięśnie tej nogi, mianowicie mięśnie, do których ów nerw przecięty dochodzi, są, jak powiadamy, porażone (sparaliżowane). Widzimy przeto, że wszystkie bodźce, wszystkie podniety, które u zwierzęcia zdrowego dochodzą do mięśni przez nerwy, pochodzą od czegoś, z czem nerwy połączone są u swego końca górnego, ośrodkowego. Tem „czemś“ jest układ nerwowy ośrodkowy. Wniosek ten potwierdzić można nowem doświadczeniem. Gdy zniszczymy w zwierzęciu ośrodkowy układ nerwowy, wówczas wszystkie mięśnie [1]) zostają porażone a wszelkie ruchy dowolne ustają.

Na zasadzie powyższego przypisać musimy układowi nerwowemu ośrodkowemu następującą własność: z przyczyn, których tymczasem nie badamy, powstają w ośrodkach nerwowych bodźce, podniety, podrażnienia, które przez nerwy obwodowe dochodzą do mięśni i sprowadzają skurcz tych ostatnich. Lecz obserwowanie zwierzęcia, któremu przecięliśmy nerw w jednej nodze, uczy nas jeszcze czegoś więcej. Gdy zwierzę to będziemy szczypali w któremkolwiek miejscu ciała, gdy dotkniemy je drutem gorącym lub w inny sposób silnie podziałamy na skórę, zauważymy w niem ruchy dowodzące, że odczuwa ono ból: krzyknie, starać się będzie uciec, usunie dotkniętą część ciała i t. p. Gdy wszakże to samo uczynimy z nogą, w której nerw jest przecięty, nie dostrzeżemy żadnego wpływu, żadnej reakcyi. Otóż badanie mikroskopowe dowodzi, że w nerwie, który przecięliśmy, obok włókien ruchowych, idących do mięśni, znajdują się też włókna idące do skóry i w skórze zakończone. Nasuwa się przeto przypuszczenie, że te nerwy pośredniczą w odbieraniu wrażeń czuciowych. Przypuszczenie to istotnie zostało mnóstwem doświadczeń poparte. Ten drugi rodzaj nerwów nazywamy nerwami czuciowemi [2]).

---

[1]) Za wyjątkiem mięśnia sercowego oraz tkanki mięsnej wnętrzności brzusznych, albowiem ośrodki pobudzające tych organów w nich samych są umieszczone. Doświadczenie to najlepiej przeprowadzić na żabie, która przez czas dłuższy po tej operacyi pozostaje przy życiu.

[2]) W użytym do doświadczenia nerwie królika znajdują się obadwa rodzaje włókien; jest to nerw mieszany. Lecz są też nerwy złożone tylko z jednego rodzaju włókien, więc tylko ruchowe lub tylko czuciowe.

www.dlibra.wum.edu.pl

I te nerwy są tylko pośrednikami, przewodnikami podniet, podrażnień; samo zjawisko czucia wyzwala się dopiero w organach ośrodkowych układu nerwowego.

Że i bodźce słabsze, jak dotknięcie skóry, głaskanie i t. p., a również podrażnienie świetlne i dźwiękowe wywołują w zwierzęciu wrażenia niepołączone z bólem, możemy to wnosić z wielkiem prawdopodobieństwem z zachowania się zwierzęcia. Lecz na zasadzie obserwacyi i doświadczeń na zwierzętach nie jesteśmy w stanie stwierdzić nic pewniejszego o zjawiskach czuciowych. Te zjawiska poznajemy lepiej z doświadczeń, które mamy sposobność czynić ustawicznie na sobie samych, i wiadomo nam, że z wrażeniami czuciowemi kojarzą się zjawiska *świadomości*, niekiedy czucia *bólu* lub *rozkoszy* oraz inne tak zwane zjawiska *psychiczne*. Że coś podobnego zachodzi także u zwierząt, wnosimy o tem z tych skutków, jakie w nich wywołuje dotknięcie, bodziec świetlny, dźwiękowy i t. p. Tymczasem poprzestać tu musimy na tym poglądzie powierzchownym.

Obok t. zw. ruchów dowolnych czyli powstających pod wpływem woli, zachodzą też w organach ośrodkowych inne jeszcze pobudzenia, które nazywamy niedowolnemi, albowiem zachodzą, jak nam z doświadczenia własnego wiadomo, bez świadomego udziału woli naszej. Jako przykład przytoczymy ruchy oddechowe. Gdy pewne oznaczone miejsce w układzie nerwowym ośrodkowym zniszczymy, ustają natychmiast wszelkie ruchy oddechowe. Że wszelako bywają także ruchy, których podniety mogą zachodzić po za właściwemi ośrodkami nerwowemi, tego dowodzi serce, które regularnie jeszcze bije, gdy ośrodki nerwowe zupełnie są zniszczone, a nawet gdy zostanie całkowicie z ciała zwierzęcia wyjęte [1]).

Ruchy mimowolne zachodzą także na skutek podrażnień nerwów czuciowych. Gdy np. światło lampy skoncentrowane przy pomocy soczewki skierujemy na oko królika, dostrzeżemy zwężenie się źrenicy; rzućmy cień na oko, a źrenica się rozszerzy. Głaszczmy łagodnie twarz królika, a zobaczymy, jak płatek uszny podniesie się po tej samej stronie, a opadnie znów, gdy ustanie to drażnienie nerwów czuciowych. Tego rodzaju ruchy mimowolne nazywamy *odruchami* (refleksy). Zachodzą one dzięki temu, że

---

Pewne nerwy czuciowe połączone z pewnemi organami, okiem, uchem i t. p., będąc podrażnione, wyzwalają określone czucia: światła, dźwięku i t. p. Nazywamy te nerwy *zmysłowemi*.

[1]) Oczywiście tylko przez czas krótki. Dłużej obserwować można bicie serca wyciętego u zwierząt zimnokrwistych, np. u żaby.

www.dlibra.wum.edu.pl

pobudzenie nerwów czuciowych dochodzi do organu ośrodkowego i przenosi się tu na nerwy ruchowe. O ile wiadomo nam z doświadczeń analogicznych na nas samych, to przenoszenie się podniety zachodzi niezależnie zupełnie od tego, czy podrażnienie nerwów czuciowych wywołuje współcześnie wrażenie świadome, czy też nie. Ruchy odruchowe często mają charakter czegoś celowego i zmierzają zazwyczaj ku usunięciu wpływów szkodliwych.

Ze wszystkiego powyższego wynika, że ośrodkowy układ nerwowy nie tylko reguluje stosunek zwierzęcia do świata zewnętrznego, lecz nadto dzięki niemu poszczególne zjawiska życia wewnętrznego dostrajają się wzajemnie, co niezmiernie jest ważne w prawidłowym i celowym biegu procesu życiowego. Tylko dzięki układowi nerwowemu zwierzę zdolne jest sprostać najrozliczniejszym wymaganiom życia. Dzięki układowi nerwowemu odczuwa ono głód i pragnienie i szuka pokarmu. Dzięki układowi nerwowemu mięśnie wprawione zostają w ruch: zwierzę chwyta pokarm, żuje go, połyka i trawi. Układ nerwowy reguluje czynność serca, podtrzymuje w ten sposób prawidłowy obieg krwi, pobudza i miarkuje ruchy oddechowe, które doprowadzają ciału niezbędny do życia tlen a usuwają zeń szkodliwy dwutlenek węgla. Układ nerwowy daje podnietę czynności gruczołów, zarówno wydzielinowych jak i wydalinowych. Wreszcie stanowi on ogniwo pośredniczące pomiędzy ciałem zwierzęcia a światem zewnętrznym oraz wyzwala czucia i powstające z nich zjawiska psychiczne.

Pragnąc uzupełnić ten przegląd zjawisk życiowych zwierzęcia (królika), musimy jeszcze, pokrótce przynajmniej, wspomnieć o kilku ważnych faktach. To, cośmy dotychczas rozpatrywali, odnosiło się do zwierzęcia rozwiniętego, wyrośniętego. Wiemy wszelako, że to zwierzę nie zawsze było w tym stanie. Urodziło się ono i rosło; przez czas pewien pozostaje w stanie doskonałej dojrzałości i w końcu umiera bądź wskutek gwałtownej przyczyny zewnętrznej, bądź też skutkiem choroby lub skutkiem zestarzenia się [1]).

Przyjście na świat poprzedził rozwój w ciele macierzystem. Nauka o rozwoju (embryologia) naucza, że zwierzę powstało z jaja, które dzieliło się wielokrotnie; z części powstałych z podziału (z komórek) utworzyły się wszystkie tkanki i organy. Jaje musiało być zapłodnione, aby mógł się ów rozwój rozpocząć. Sposób zapłodnienia oraz zjawiska rozwoju bardzo są różne u rozmaitych istot. W niektórych tworach można je łatwiej obserwować i badać aniżeli u zwierząt ssących. Lecz u wszystkich istot żywych powtarza

[1]) Długość życia królika wynosić ma 7 — 8 lat.

www.dlibra.wum.edu.pl

się niezmiennie fakt, że wszelkie życie osobnika (indywiduum) ma długość ograniczoną, podczas gdy życie rodzaju, gatunku utrwala się dzięki ustawicznemu powstawaniu coraz to nowych osobników.

Krótki ten przegląd ogólny fizyologii królika miał na celu poznanie zjawisk życia w rysach zasadniczych. Musieliśmy tu pominąć głębsze wejrzenie w istotę tych zjawisk. Zależało nam przedewszystkiem na tem, aby dać pogląd na zadania, będące przedmiotem fizyologii. Jakkolwiek mnóstwo jest istot, u których zjawiska życiowe zachodzą w inny sposób niż u królika, przekonamy się jednak, że podstawowe, zasadnicze, istotne objawy życia odbywają się u wszystkich istot w sposób zupełnie podobny. Zadaniem jest badań poszczególnych poznawać zjawiska tak głęboko, o ile jest to możliwe przy pomocy współczesnych metod naukowych. Natomiast w fizyologii ogólnej chodzi nam o to przedewszystkiem, abyśmy z możliwą jasnością poznali wspólne cechy zjawisk życiowych, ich łączność i zależność wzajemną oraz ich związek i stosunki ze zjawiskami przyrody nieorganicznej.

www.dlibra.wum.edu.pl

ROZDZIAŁ DWUNASTY.

Organizmy i istoty najprostsze.

1. Organizmy.

1. Poznane w rozdziale poprzednim zjawiska życiowe zwierzęcia ssącego nasuwają nam pewne, dość trafne porównanie. Zwierzę zachowuje się podobnie do maszyny zawiłej albo, lepiej jeszcze, do wielkiej fabryki. I tu i tam wprowadza się pewne materye i przerabia je, wyprowadza się wytworzone produkty, przyczem współcześnie dzięki owym procesom, zachodzącym w fabryce zarówno jak w zwierzęciu, dokonywają się pewne czynności. Rozliczne w tym celu niezbędne urządzenia rozłożone są w zwierzęciu na rozmaite organy, podobnie jak i w fabryce różne maszyny służą rozmaitym celom roboty fabrycznej. I tu i tam czynności oddzielne są tem lepsze, a rezultat ostateczny tem doskonalszy, im organy czy maszyny odpowiedniej są do swych celów zbudowane. Lepszem rozwinięciem, większą doskonałością pojedyńczych organów, służących specyalnym czynnościom, odróżnia się zwierzę ssące od istot innych, w których zjawiska życiowe w inny sposób rozłożone są na większą lub mniejszą liczbę organów. Są wszelako i takie istoty, które zgoła nie posiadają organów różnorakich, w których raczej ciało jako całość niepodzielna spełnia wszystkie czynności życiowe. Nazywamy takie organizmy najprostszemi. Są one istotnie najprostszemi w znaczeniu morfologicznem, albowiem ciało ich morfologicznie odpowiada jednej pojedyńczej komórce istoty o budowie złożonej. We względzie fizyologicznym właściwie nie są one nawet tak proste, albowiem w owej jednej komórce rozgrywają się jednocześnie liczne różnorodne zjawiska, które w istotach o budowie zawilszej rozkładają się na organy rozmaite. Badanie zjawisk życiowych w istotach najprostszych sprawia mnóstwo trudności; dopełnia ono wszakże w wielu względach to, co poznajemy w istotach bardziej złożonych, albowiem pewne objawy życia w tych tworach prostych bezpośrednio mogą być obserwo-

www.dlibra.wum.edu.pl

wane, a nadto spostrzeżenia te pozwalają wyprowadzać wnioski o sposobie powstawania szczególnych czynności rozmaitych organów.

Każdy organ zwierzęcia zawile zbudowanego, np. królika, ma do spełnienia pewne oznaczone zadanie, ma, jak powiadamy w fizyologii, swą określoną czynność, funkcyą. Czynności poszczególnych organów (narządów) wpływają wzajem na siebie, warunkują się, zależą jedne od drugich. Zakłócenie jednej czynności niejednokrotnie pociąga za sobą zaburzenia w innej. To też zwierzę stanowi właściwie pewną całość niepodzielną, jednostkę, jest osobnikiem, indywiduum. Osobnik ten wszelako składa się z dużej liczby organów czyli narządów, ztąd też nazwa organizm (ustrój).

Organizmom przeciwstawić możemy jako mechanizmy maszyny zbudowane ręką ludzką, często także bardzo skomplikowane i z mnóstwa nawzajem ściśle zespolonych części złożone. Nasuwa się przeto pytanie, w czem organizmy żywe podobne są do mechanizmów i czem się od nich różnią. Pomiędzy zwierzęciem a np. maszyną parową liczne są analogie. I zwierzę i maszyna parowa zużywają materyał węglowy oraz tlen, a produkty utlenienia w obudwu razach nazewnątrz są wydalane. W obudwu przypadkach energia położenia (potencyalna), występująca w postaci powinowactwa chemicznego pomiędzy tlenem a węglem, przeobraża się na energią cynetyczną, ujawniającą się jako praca i ciepło. Jak organizm złożony jest z organów, tak mechanizm składa się z pojedyńczych kół, drągów, pasów i t. p., których współdziałanie stanowi o czynności całej maszyny. Ztąd wynika możliwość budowania takich mechanizmów, które pod wielu względami naśladują, choć powierzchownie i niezupełnie dokładnie, czynności żywych organizmów, jak to widzimy w t. zw. automatach [1]).

2. Porównajmy zwierzę kręgowe z rakiem lub ślimakiem, a dojrzymy, że nietylko różne są w tych zwierzętach formy, kształ- 2. Różne rodzaje organizacyi.

[1]) W XVIII-em stuleciu bardzo było rozpowszechnione zajmowanie się automatami. Vaucanson (1709 — 1771) zbudował kaczkę, która biegła, trzepotała skrzydłami, żarła i nawet pozornie trawiła; również zbudował flecistę, który wygrywał dwanaście sztuk, oraz dobosza, który prawą ręką bębnił, a jednocześnie wygrywał na fujarce pastuszej, trzymanej w ręce lewej. Niektóre z tych zabawek o tyle istotnie oddały nauce usługi, że były bodźcem do badania mechaniki pewnych zjawisk fizyologicznych. Dzięki temu powstała maszyna mówiąca van Kempelena, która z czasem znalazła się w instytucie fizyologicznym w Berlinie, gdzie podczas pożaru uległa zniszczeniu. Dźwięki odpowiadające samogłoskom wytwarzały się tu, podobnie jak w krtani naszej, przez drganie błon; szmery zaś odpowiadające spółgłoskom powstawały w rurze zbudowanej nakształt jamy ustnej i gardzielowej. Maszyna ta umiała dość wyraźnie wymawiać niektóre wyrazy.

www.dlibra.wum.edu.pl

ty zewnętrzne, lecz w części także organy, ich układ wzajemny a, co zatem idzie, również ich sposób działania wielce są rozmaite. Porównajmy wreszcie zwierzę z rośliną, a żadnego już chyba podobieństwa nie znajdziemy. Rośliny znów pomiędzy sobą mniej lub więcej się różnią; dąb, jodła, mech, grzyb, oto przedstawiciele znanych typów, z których każdy w inny sposób uwydatnia w sobie właściwości rośliny.

Gdy w ten sposób rozejrzymy się wśród wszystkich znanych istot żywych, przekonamy się, że rozmaite bywają stopnie organizacyi: organizacye prostsze i bardziej złożone, zawilsze. Jest rzeczą wszakże niemożliwą ułożenie jednego nieprzerwanego szeregu, w którym umieścićby można wszystkie istoty, postępując od prostszych do coraz wyższych i zawilszych budową. Odpowiedniejszym byłby układ w postaci drzewa rozgałęziającego się coraz bardziej, w którem gałązki ostatnie, najdalsze, przedstawiają najbardziej skomplikowane w budowie, najwyżej organizowane istoty, podczas gdy twory o prostszej budowie umieszczone są bliżej pnia. W takim układzie obrazowym pień jest przedstawicielem tych istot, w których nie można jeszcze wykazać podziału wyraźnego na organy. Pień dzieli się na dwie gałęzi główne: rośliny i zwierzęta; dalsze rozgałęzienia to owe typy, klasy, porządki, rodzaje, gatunki, w których botanicy i zoologowie poumieszczali wszystkie znane dotychczas rośliny i zwierzęta.

Uporządkowanie, układ systematyczny wszystkich istot żywych tem jest lepszy, im bardziej są w nim uwzględnione wszystkie ważne cechy istot poszczególnych. Obok łatwo dla oka dostępnych cech zewnętrznych postaci i t. p., w miarę postępu nauki przybywały cechy budowy wewnętrznej, poznawane dzięki sekcyom i badaniom mikroskopowym organów; obok tych cech morfologicznych, z biegiem czasu uwzględniać poczęto i właściwości fizyologiczne, sposób rozwijania się istot, charakter czynności ich organów i t. p. Podczas gdy w zakresie każdego typu (któremu w obrazie powyższym odpowiada jedna większa gałęź) stosunkowo łatwo przeprowadzić się daje uporządkowanie według stopnia zawiłości organizacyi, natomiast często trudno jest rozstrzygnąć, w którem miejscu gałęź oddziela się od pnia, w którem mniejsza gałązka od większej się odszczepia.

W powyższem przedstawieniu obrazowem gałązki wyższe odpowiadają więc wyższym stopniom zawiłości w budowie. Ponieważ równolegle z tą zawiłością idzie zazwyczaj, choć często w pewnych tylko kierunkach, większa różnorodność objawów życia i większa sprawność fizyologiczna, przeto istoty te nazywane bywają często wprost wyższemi w przeciwstawieniu do niższych, u których zjawiska życiowe przebiegają

www.dlibra.wum.edu.pl

niejako w sposób prostszy. Wynika ztąd wszelako, że organizmy, które nazywamy niższemi lub prostszemi, pod względem fizyologicznym muszą być zawilsze aniżeli pojedyńcze organy istot wyższych, gdyż skupiają się w nich własności, które w wyższych organizmach rozdzielone są na rozmaite organy. Czynności tych organów niekiedy tak się rzucają w oczy, że mogą być badane bez pomocy środków sztucznych. Natomiast badanie tworów niższych już przez to jest utrudnione, że wiele z nich dostrzegamy tylko przy pomocy mikroskopu. Z powodu tych drobnych wymiarów niektóre metody badania, z powodzeniem stosowane do istot wyższych, tutaj wcale użyć się nie dają. Badania organów tworów wyższych i badania istot najprostszych muszą się wzajemnie dopełniać.

3. Z wielkiej liczby lepiej poznanych istot najdrobniejszych, które w części żyją swobodnie w wodach stawów, jezior, mórz i t. d., w części jako t. zw. pasorzyty pędzą życie w ciałach istot wyższych, wybierzemy tu dla przykładu pewien rodzaj, który dla celów naszych doskonale sie nadaje. W szlamie wód stojących 3. Ameby.

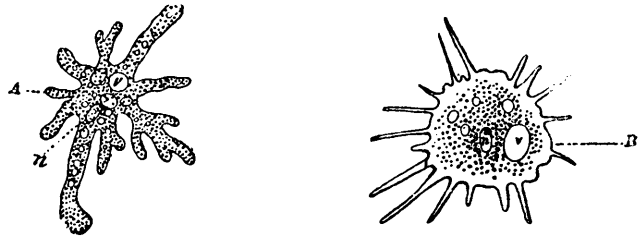


Fig. 43.

Dwie ameby. *A. Amoeba proteus; B. Amoeba polypodia.* W tej ostatniej widać dobrze różnicę pomiędzy zewnętrzną warstwą plazmy (ektosarką) a wewnętrzną (entosarką). *n* jądro; *v* wodniczek (wakuola).

spotykamy często twory drobne nazywane przez zoologów amebami. Gdy kroplę wody z bagna takiego umieścimy pod mikroskopem, dojrzymy obok innych (w części żwawo poruszających się) istot drobnych mniejszą lub większą liczbę ameb.

Ameba taka, np. jedna z tych, które widzimy na fig. 43-ej, jest utworem drobnym, odcinającym się wyraźnie od otoczenia wskutek silniejszego załamywania światła; brzeg jej zewnętrzny jest jasnoszklisty, przeważna natomiast część wnętrza jest mętniejsza dzięki licznym rozsianym w niej drobnym ziarenkom i z wejrzenia podobna do szkła matowego. Prócz tego widać we wnętrzu jeden jeszcze utwór większy, jądro (fig. 43, *n*) (*nucleus*), oraz zazwyczaj ciałka obce mniejsze lub większe, rozmaitych kształtów i konsystencyi, nadto spotykamy jedno lub kilka miejsc jaśniejszych, t. zw. wodniczki czyli wakuole (fig. 43 *v*).

www.dlibra.wum.edu.pl

Dokładniejszego nabieramy pojęcia o budowie ameby, gdy stosujemy odpowiednie odczynniki, zwłaszcza środki barwiące. Niektóre barwniki tak silnie barwią ciało ameby, że już drobna ich ilość, która sprowadza zaledwie lekkie zabarwienie wody, wyraźnie pozwala rozpoznać ciało ameby. Przytem zawartość ziarnista barwi się mocniej niż (pierwotnie jasno szklista) warstwa zewnętrzna, brzeżna, a zwłaszcza wyraźnie występuje zabarwione jądro (nieraz jąder jest kilka). Stosując znaczne powiększenia (około 1000), dostrzegamy, że jądro jest otoczone delikatną błonką i że zawartość tegoż składa się z masy niezabarwionej, w pośród której zabarwiona rozmieszcza się w postaci drobnych ziarenek lub nitek, albo w pewnych punktach skupia się gęściej. Owa masa barwna nosi nazwę chromatyna, bezbarwna zaś zowie się achromatyna. Prócz tego w jądrze występuje jeszcze trzecia substancya, silnie załamująca światło, mało pęczniejąca w wodzie i w roztworach wodnych, która, będąc w jednem miejscu gęściej zbita, ukazuje się jako t. zw. jąderko (*nucleolus*). Widać niekiedy kilka takich małych jąderek.

Ameba składa się zatem z masy drobnoziarnistej, otoczonej warstwą brzeżną jaśniejszą, i z jądra. Owa masa drobnoziarnista nazywa się protoplazma (zaródź). Wobec nadzwyczaj drobnej jej ilości, nie można poznać jej składu za pomocą rozbioru chemicznego. Reakcye (odczyny) mikrochemiczne oraz analogie z innemi utworami podobnemi każą wnosić, że nie brak w protoplazmie nigdy ciał białkowych, i że z temi ciałami są tu ściśle zmieszane inne związki organiczne (zwłaszcza tłuszcze i wodany węgla) oraz nieorganiczne. Wszystkie te materye w części są rozpuszczone w wodzie, w części zaś wodą przesiąknięte. Konsystencya protoplazmy odpowiada w zupełności owemu opisanemu obszerniej w rozdziale VII-ym stanowi skupienia półciekłemu, który jest charakterystyczny dla materyi żywej.

Warstwa brzeżna zewnętrzna nie jest tu bynajmniej odrębną błoną stałą, różną chemicznie od reszty protoplazmy. Gdy amebę w jakikolwiek sposób dzielimy na mniejsze części, widzimy, że każdy jej ułamek otoczony jest taką warstwą. Biologowie jednak, pragnąc odróżnić tę część zewnętrzną od reszty protoplazmy, nazywają ją ektosarką, samo ciało zaś wewnętrzne entosarką.

Zawsze, ilekroć materye koloidowe napęczniałe zetkną się z cieczami o innym składzie niż ciecz, którą koloid jest przesiąknięty, może się utworzyć podobna warstwa brzeżna, niekiedy nawet dojść może do utworzenia się prawdziwej błony. Na szkiełku przedmiotowem umieśćmy kroplę białka kurzego i obok kroplę oliwy i przy słabem powiększeniu uwa-

www.dlibra.wum.edu.pl

żajmy miejsce, w którem krople te się zetkną, a spostrzeżemy płaszczyznę błyszczącą, mocno załamującą światło, która z wejrzenia różni się od białka zarówno jak i od oliwy. Poprowadźmy igłą od jednej kropli przez warstwę graniczną, a zobaczymy, że owa płaszczyzna układa się w fałdy niby cienka lecz zbita błonka Istotnie w miejscu zetknięcia białka z tłuszczem powstaje osad z powodu łączenia się części zawartych w ciekłem białku zasad z kwasami tłuszczowemi. Przypuszczano dawniej, że w podobny sposób powstają błony dokoła komórek protoplazmatycznych; w rzeczywistości jednakże żywe masy protoplazmatyczne nie znajdują się w środowisku tłustem, lecz w roztworach wodnych.

Pomimo to wszakże w pewnych warunkach dojść może do utworzenia się prawdziwych błon, już to dzięki reakcyom chemicznym między cieczą otaczającą i protoplazmą, już też wskutek zmian chemicznych w samej masie protoplazmy. W pierwszym przypadku mówić można o błonie osadowej, w drugim o błonie wydzielinowej (porówn. rozdz. VII, § 10). Lecz o obecności błony mówić nam wolno wówczas tylko stanowczo, gdy jest ona wyraźnie odgraniczona na zewnątrz i na wewnątrz, tak że przy dostatecznem powiększeniu ukazuje się jasno kontur podwójny, czyli gdy masa protoplazmy objęta jest dwiema wyraźnemi, koncentrycznemi liniami granicznemi.

W ciele ameby niema tego; od zewnątrz granica występuje bardzo wyraźnie, na wewnątrz jednak ektosarka nieznacznie przechodzi w entosarkę. Ztąd też mówić tu nie można o istnieniu rzeczywistej błony. Prawdopodobnie warstwy zewnętrzne protoplazmy mają konsystencyą nieco gęstszą, bardziej zbitą, ponieważ otaczająca woda odciąga im część soli, a przez to ciała białkowe podlegają zmianie w swych własnościach pod względem rozpuszczalności i zdolności pęcznienia.

Jądro uważać należy za niezbędną część składową ameby. Znane są wprawdzie ameby, które w stanie niezabarwionym jądra nie wykazują. Lecz po odpowiedniem zabarwieniu występują w protoplazmie tu i owdzie silniej barwiące się drobne utwory, podobne w zupełności do chromatyny jądra. Zdaje się, że w tych razach substancya jądra nie skupia się w jednem miejscu, lecz bardziej jest rozproszona w całej masie protoplazmy. Badania chemiczne, dokonywane na innych tworach żywych, a pozwalające zebrać substancyą jądrową w większej ilości, pouczają, że zawarte są w niej pewne ciała białkowe, które istotnie różnią się od innych; te ciała białkowe obejmujemy nazwą ciał nukleinowych (porówn. rozdz. X, §§ 16 i 18).

Prócz tego mogą się jeszcze znajdować wewnątrz masy protoplazmatycznej najrozmaitsze ciała, szczątki roślin lub całkowite, mikroskopowych wymiarów twory żywe, okrzemki i t. d. Nie na-

www.dlibra.wum.edu.pl

leżą one właściwie do ciała ameby, które składa się tylko z protoplazmy i jądra, lecz dostały się tu z zewnątrz jako utwory obce. W jaki sposób się to staje, dowiemy się natychmiast.

4. Ruchy ameby. 4. Okolicznością najważniejszą, która każe nam uważać ten kłaczek masy organicznej za istotę żywą, jest fakt, że ciało ameby obdarzone jest zdolnością ruchu samodzielnego. Dokładniejsza obserwacya tego ruchu udaje się najlepiej w t. zw. zwieszającej się kropli. W tym celu kroplę wody zawierającej ameby umieszczamy na szkiełku przykrywkowem, odwracamy je i tak kładziemy na szkiełku przedmiotowem, że szkiełka nie stykają się, lecz pozostają w nieznacznem od siebie oddaleniu; osiągamy to, umieszczając w kilku miejscach szkiełka przedmiotowego kawałeczki wosku lub odłamki szkła. W ten sposób ameby są uchronione od ucisku. Można się też w tym samym celu posługiwać szkiełkiem przedmiotowem, które ma pośrodku małe zagłębienie lub na którem jest umocowany mały, nizki pierścień. Kropla zwieszająca się ze szkiełka przykrywkowego jest w taki sposób zamknięta ze wszystkich stron, mamy, jak powiadają, komorę wilgotną. Bardziej skomplikowaną, lecz odpowiedniejszą dla wielu doświadczeń, o których będzie mowa, jest komora wilgotna tak urządzona, że można dowolnie zmieniać temperaturę wody, w której ameby się znajdują, oraz skład powietrza, z którem woda jest w zetknięciu.

Obserwując w ten sposób żywe ameby przedewszystkiem w powietrzu atmosferycznem i w temperaturze pokoju, widzimy, że one ustawicznie kształty swe zmieniają. Tu i owdzie z ciała ameby wysuwa się wyrostek. Z początku wyrostek ten jest jasny, lecz szybko wpływa weń masa ziarnista protoplazmy, tak że składa się on już, jak i reszta ciała ameby, z przezroczystej warstwy brzeżnej i ziarnistej, wewnętrznej części protoplazmy. Wyrostki takie mogą niekiedy dochodzić do znacznych długości i są wówczas bardzo cienkie. Lecz zazwyczaj ruch postępowy wyrostka szybko ustaje i zmienia swój kierunek; wyrostek zostaje wciągnięty, powierzchnia ameby zaokrągla się znów. Natomiast w innem miejscu występuje wyrostek; niekiedy w kilku miejscach jednocześnie tworzą się wyrostki. Wielkość, osiągana przez nie, ich kształty, grubość i t. d. różne są u rozmaitych gatunków ameb.

Szybkość opisanych tu ruchów jest zawsze bardzo nieznaczna. Potrzeba dużej cierpliwości przy ich obserwowaniu. Najlepiej jest co pewien czas, w odstępach regularnych, np. co 5 lub 10 minut, rysować dokładnie kontury badanej ameby. Porównywając następnie kolejne rysunki, widzimy dokładnie owe zmiany kształtów.

www.dlibra.wum.edu.pl

Ruchy stają się żwawsze przy podnoszeniu temperatury. W temperaturze 40—45° często tak są przyśpieszone, że nie można już utrwalić na rysunku oddzielnych ich faz. Odwrotnie w temperaturach nieco tylko wyższych nad 0° ruchy te ustają zupełnie. Ameba zaokrągla się przytem w kulkę i pozostaje w tym stanie aż do ponownego podniesienia temperatury.

W wielu razach jeden z opisanych wyrostków wydłuża się coraz bardziej, tak że stopniowo cała masa ciała ameby weń wchodzi; ameba w ten sposób zmienia swe miejsce, pełza na swej podstawie [1]); ztąd też nazwa polska ameby: pełzak.

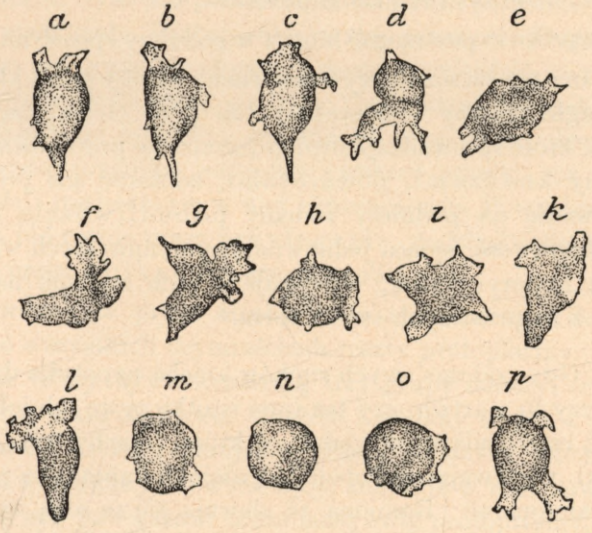


Fig. 44.

Zmiany leukocytu żaby (według Engelmanna). Kształty leukocytu rysowano co pięć minut. Od *a*—*c* temperatura wynosiła 12°. Następnie podniesiono ją prawie do 50°. Ruchy stały się bardzo ożywione, przytem leukocyt zmieniał miejsce. Przy *m* poczyna się tężec. Teraz znów obniżono temperaturę do 12° i znów ruchy się rozpoczęły.

Ponieważ wyrostki działają tu jak gdyby „nogi“, ale w rzeczywistości nie są organami uprzednio wytworzonemi, lecz mogą powstawać i znów znikać w każdem miejscu ciała, nadano im przeto nazwę „nibynóżki“ (*pseudopodia*). Zdolność poruszania się przy pomocy nibynożek spotykamy u wszystkich istot podobnych budową do ameb, a również w pojedyńczych częściach (t. zw. komórkach) istot bardziej złożonych; ruchy te przeto nazywają się amebowe (ameboidowe).

---

[1]) Przy obserwowaniu w kropli wiszącej powierzchnia, na której ameba pełza, znajduje się ponad amebą.

www.dlibra.wum.edu.pl

Zupełnie pod tym względem podobnie do ameb zachowują się białe ciałka krwi czyli leukocyty, znajdujące się obok krążków czerwonych we krwi zwierząt wyższych. Na fig. 44 (str. 303) przedstawione są rozmaite formy, jakie przybierało jedno i to samo białe ciałko krwi.

W temperaturach wyższych ruchy są żwawsze. Lecz gdy temperatura podnosi się powyżej jakich 45°, stają się one znów leniwsze, powolniejsze; leukocyt zbija sie w kulkę i w końcu zupełnie przestaje się poruszać. Gdy to „stężenie“ od ciepła trwa czas dłuższy, leukocyt obumiera; lecz jeśli dość wcześnie temperaturę znów obniżymy, wówczas ruch znów powraca.

Wszystko to postrzegać można w podobny sposób na amebach.

Można też sztucznie wywołać ruchy ameby przez kłócie, uciskanie, nagłe zmiany temperatury lub prąd elektryczny. Takie działania, które sprowadzają owo kurczenie się protoplazmy ameby, nazywamy bodźcami, podnietami; zdolność zaś protoplazmy oddziaływania na podniety zwiemy pobudliwością (drażliwością). Pobudliwość, będąca jedną z najznamienniejszych właściwości wszelkiej materyi żywej, występuje w tych istotach najniższych w jednej z najprostszych swych form.

5 Pobieranie ciał obcych.

5. Gdy podczas swych ruchów ameba napotyka drobne ciała stałe, czy to martwe czy też inne istotki żywe lub ich szczątki, jak się to często zdarza w wodzie, w której ameby żyją, wówczas nibynóżki wysuwają się i obejmują niejako napotkaną przeszkodę dwoma ramionami. Ramiona te zlewają się ze sobą, tak że ciało obce zostaje wchłonięte. Zazwyczaj nibynóżki wówczas znów wciągają się i tym sposobem owo ciało obce znajduje się już we wnętrzu ciała ameby. Tak tedy najrozmaitsze drobne utwory ujrzeć możemy w protoplazmie ameby. Ponieważ to pobieranie ciał obcych zdarza się tem częściej, im więcej znajduje się cząstek stałych w otoczeniu ameby, można przeto umyślnie sprowadzić to zjawisko przez dodanie do wody drobnych, łatwo dających się rozpoznać cząstek, jak delikatnie sproszkowanego tuszu chińskiego, ziarenek indyga, karminu lub t. p. Ameby formalnie skupiają w sobie takie ziarenka i roznoszą je z sobą podczas swego pełzania.

Po pewnym czasie te ziarenka zostają znów wydalone. Wobec ustawicznych zmian formy ciała amebowego coraz to inne ziarenko znajdzie się gdzieś w warstwie brzeżnej; przy następującem skurczeniu się ameby owo ziarenko wydostaje się na zewnątrz, nie pozostawiając oczywiście żadnego śladu w miejscu, przez które się wydobyło, protoplazma bowiem natychmiast znów się zlewa. Gdy

www.dlibra.wum.edu.pl

wszakże ameba wchłonęła ciała organiczne, jak szczątki roślinne lub inne jakie drobne istotki martwe czy żywe, widzimy, że te ciałka stopniowo zmniejszają się. Lecz ciałka te nie są wprost w wodzie rozpuszczalne; gdyby bowiem były rozpuszczalne, nie mogłyby pozostać nierozpuszczonemi w wodzie otaczającej amebę. Musimy przeto wnosić, że zachodzi z temi ciałkami naprzód przemiana chemiczna, która czyni je rozpuszczalnemi. Dopiero gdy się to stało, mogą one przez dyfuzyą rozejść się w wodzie przenikającej całe ciało ameby.

Przez analogią ze zjawiskami podobnemi u innych istot żywych powiadamy, że ameby pożerają ciała obce, trawią je i żywią się niemi [1]). Z tem pobieraniem pokarmu połączone jest przybieranie masy ciała. Istotnie, obserwując przez czas dłuższy ameby, którym na pokarmie nie zbywa, możemy stwierdzić, że one powolnie stają się większe czyli rosną. Ten wzrost nie zachodzi przez proste układanie się nowej substancyi przy starej, lecz materya rozpuszczona przenika pomiędzy i wskroś cząstki już istniejącej masy ciała i rozdziela się w niej równomiernie. Powiadamy przeto, że ameba nie rośnie przez przyleganie, nakładanie *(juxtapositio)*, lecz przez wnikanie (*intussusceptio*).

Nowonabyta przez amebę masa ciała bierze, o ile się zdaje, udział we wszystkich czynnościach reszty protoplazmy. Ponieważ wszystkie istoty żywe zawierają trzy grupy materyi organicznej, mianowicie: ciała białkowe, tłuszcze i wodany węgla, a prócz tego jeszcze wodę i sole, pojmujemy przeto, że ameba, pobierając pokarm czy to roślinny czy zwierzęcy, znajduje w nim zawsze materyał, którym powiększać może masę swej protoplazmy. Bądź co bądź nie jest prawdopodobnem, ażeby pokarm pobierany miał doskonale takiż skład chemiczny jak ciało ameby. Można przeto przypuszczać, że ameba ma też zdolność wytwarzania z owych składników chemicznych ciał organicznych właśnie takich związków, które składają się na jej własną protoplazmę. To zjawisko przerobu, przetwarzania chemicznego, nazywajmy tymczasem asymilacyą [2]).

---

[1]) Jeżeli w wodzie otaczającej zawarte są rozpuszczone, odpowiednie do odżywiania materye (peptony, cukier i t. p.), mogłyby one przez dyfuzyą przeniknąć do ciała ameby i służyć za pokarm bez uprzedniego trawienia. W sposób taki, jak to zobaczymy później, zachodzi odżywianie u innych istot, które nie mogą pobierać materyj nierozpuszczonych, gdyż są otoczone stałemi błonkami.

[2]) Pojęcie asymilacyi nie wyczerpuje się samemi tylko zmianami chemicznemi. Dalsze omówienie tego procesu nastąpi w innem miejscu.

www.dlibra.wum.edu.pl

6. Przerób materyi i oddychanie.

6. Przez analogią z innemi tworami żyjącemi możemy przypuszczać, że w ciele ameb zachodzą i inne jeszcze procesy chemiczne. Wobec nieznacznej wielkości ameb, których setki zawierać mogą zaledwie 1 miligram substancyi stałej, rzeczą jest niemożliwą wyśledzić w nich po szczególe te zjawiska chemiczne. Pomimo to wszakże możemy o nich coś powiedzieć. Woda bagien, stawów i t. d., w której żyją ameby, może pobierać gazy z atmosfery; gazy te muszą też przez dyfuzyą przenikać do wody, którą ciało ameby jest nasiąknięte. Gdy z jakichkolwiek powodów prężność gazów nazewnątrz ciała ameby i w jego wnętrzu jest różna, musi nastąpić wymiana gazów odnośnych. Umieśćmy kroplę wody z amebami w komorze wilgotnej (p. wyżej) i przepuszczajmy przez nią strumień wodoru aż do wyparcia całkowitego powietrza z komory; ujdzie też tlen absorbowany w kropli wody, gdyż obecnie kropla ta jest w zetknięciu z atmosferą, w której prężność tlenu równa się zeru. Stać się to też musi w końcu i z tym tlenem, który zawarty jest w wodzie nasiąkniętej w ciele ameby [1]). Okazuje się, że po dłuższem przepuszczaniu strumienia wodoru ruchy ameby stają się leniwsze i w końcu zupełnie ustają. Ameby wciągają w siebie swe nibynóżki, przybierają postać kulistą i pozostają w takim stanie bez znaku życia. Z chwilą, gdy znów dopuszczamy tlen, ruchy rozpoczynają się nanowo. Można to doświadczenie powtarzać wielokrotnie, zawsze ze skutkiem jednakowym.

Lepiej jeszcze aniżeli z wodorem doświadczenie to udaje się z dwutlenkiem węgla. Ponieważ dwutlenek węgla znacznie silniej pochłania się przez wodę, przenika on przeto o wiele szybciej do wody zawartej w ciele ameby. Zdaje się, że dwutlenek węgla działa też wprost szkodliwie na własności protoplazmy ameby. Jeżeli na dłuższy czas pozostawić ameby w atmosferze tego gazu, ruchy już nie powracają, nawet gdy znów gaz ten zastąpimy tlenem lub powietrzem atmosferycznem. Wodór natomiast, zdaje się, jest obojętny, t. j. nie działa szkodliwie sam przez się, lecz tylko dlatego, że wypiera tlen. Podobnie do wodoru zachowuje się azot. Przepuszczając przez komorę wilgotną mieszaninę wodoru z tlenem, utrzymujemy ameby w ruchu; mieszanina ta zachowuje się przeto jak powietrze atmosferyczne.

Obecność tlenu wolnego jest więc warunkiem niezbędnym

---

[1]) Tlen chemicznie związany nie zostaje wyparty przez wodór. Istnieją wszakże luźne połączenia tlenu z materyami organicznemi, które rozszczepiają się, dysocyują przy nizkiem ciśnieniu parcyalnem tlenu. Wyzwolony w ten sposób tlen może ujść w atmosferę.

www.dlibra.wum.edu.pl

prawidłowego życia ameb. Według analogii z innemi istotami sądzić należy, że tlen łączy się chemicznie z częściami składowemi protoplazmy i że w tym procesie utlenienia pomiędzy innemi związkami powstaje też dwutlenek węgla, który wydala się i pochłania przez wodę otaczającą. W postaci dwutlenku węgla oraz innych produktów powstających przez utlenienie wydziela się z ciała ameb część składającej to ciało materyi; ameba musiałaby tracić na masie. Widzimy przeto, że w amebie zachodzi, podobnie jak u królika, przerób materyi, w którym oddychanie niezmiernie ważną część stanowi. Należy też przypuścić, że z temi procesami chemicznemi związane jest wytwarzanie się ciepła. Rzeczą jest wszakże niemożliwą śledzenie doświadczalne tych wszystkich zjawisk, a to z powodu nader drobnych mas, z któremi mamy tu do czynienia. Ilości dwutlenku węgla wydalane przez amebę nawet przez czas dłuższy nie mogą być oznaczone w reakcyach chemicznych. Ciepło zaś wytwarzane w danej jednostce czasu nie może w sposób wyraźny podnieść temperatury wody, zwłaszcza że warunki oddawania tego ciepła otoczeniu są tu bardzo przyjazne. Musimy przeto co do zjawisk przerobu materyi u ameb poprzestać na domniemaniach, które tylko przez analogią ze zjawiskami u innych istot żywych nabierają pewnego stopnia prawdopodobieństwa.

7. Zawartość wody.

7. Zjawiska opisane w obudwu paragrafach poprzednich wyraźnie wskazują znaczenie doniosłe, jakie ma zawarotść wody w protoplazmie dla objawów życia ameby. Pobieranie materyi i rozpraszanie jej w całem ciele ameby, przenikanie tlenu i wydzielanie gazów oraz rozpuszczonych ciał stałych, które w ciele ameby powstawać mogą, to wszystko zachodzi dzięki dyfuzyi w wodzie, którą protoplazma jest przesiąknięta. Jak znaczną musi być zawartość wody w amebie, poznajemy wyraźnie, gdy zasuszamy ją wraz z wodą, w której żyje. Pozostaje wówczas drobna ilość materyi, którą zaledwie przy znacznem powiększeniu dojrzeć jesteśmy w stanie. Znaczna zawartość wody jest cechą znamienną wszelkiej substancyi żywej, nawet takiej, która nie wiedzie życia samodzielnego, lecz stanowi część istoty większej, bardziej skomplikowanej. Rozmaite części ciała zawierają wprawdzie bardzo różne ilości wody. Kości ludzkie zawierają do 16%, mięśnie około 75% wody. Lecz we wnętrzu kości znajdują się drobne, w wodę obfitujące utwory, a w nich właśnie najżwawiej zachodzą zjawiska życiowe (porówn. rozdz. VII, § 7).

Ponieważ wszystkie istoty żywe bezustannie pobierają wodę,

www.dlibra.wum.edu.pl

a woda stawów, mórz, rzek i t. p. [1]) zawiera zawsze w roztworze związki mineralne, przeto i woda wchodząca w skład ciała żywych istot nie jest nigdy chemicznie czystą. Ztąd też w ciałach wszelkich tworów żywych, obok związków organicznych, znajdujemy zawsze i nieorganiczne, które w części są tylko rozpuszczone, w części stanowią domieszki ciał organicznych albo wreszcie są z temi ostatniemi chemicznie połączone. Lecz nawet w roztworze tylko zawarte te związki mineralne nie są bez znaczenia dla procesów życiowych, albowiem wpływają w pewien sposób na stosunki rozpuszczalności, na warunki napęcznienia materyj organicznych oraz, dzięki wywieranemu ciśnieniu osmotycznemu, na wędrówkę materyi w tym lub owym kierunku w masie żywej substancyi (porówn. rozdz. VII).

Gdy tkanki istot żywych poddamy znacznemu ciśnieniu, możemy wycisnąć z nich część przenikającej je wody wraz z rozpuszczonemi ciałami organicznemi i nieorganicznemi. To, co pozostaje, zawiera jeszcze wodę, która wydalona być może przez suszenie (porówn. rozdz. VII, § 6). Ogrzewając suchą pozostałość, możemy zniszczyć (spalić) materye organiczne, a związki nieorganiczne, o ile nie są lotne w temperaturze wyższej, pozostają jako popiół. W popiele tym pewne części składowe znajdują się zawsze, bez względu na to, z jakiej istoty żywej popiół pochodzi; inne części składowe znajdujemy tylko w pewnych tworach, lecz u tych stale; znów inne znajdujemy tylko niekiedy, stanowią one niejako domieszki przypadkowe.

Składniki popiołu stale występujące są to takie, które bardzo są rozpowszechnione na ziemi i w wodzie są rozpuszczone, jakkolwiek w ilościach niewielkich. Rośliny lądowe pobierają te związki wraz z wodą z gruntu, rośliny i zwierzęta wodne bezpośrednio z wody, zwierzęta lądowe biorą je w pokarmie. Stale znajdujemy w popiele sód, potas, wapień, magnez, żelazo w połączeniu z kwasem węglanym, fosfornym, krzemowym, chlorem i fluorem; w ciele roślin i zwierząt morskich nadto brom i jod [2]). Z materyj mineralnych rzadko występujących wspomnieliśmy już (p. rozdz. VIII, § 8) o cynku znajdującym się w żółtych fiołkach (*Viola lutea*), rosnących na gruncie cynk zawierającym. Znajdowano też niekiedy miedź, ołów, rtęć i t. d., które najczęściej przypadkowo dostają się

---

[1]) Woda deszczowa również pobiera z powietrza i z ziemi rozmaite ciała, zanim się znajdzie w zetknięciu z istotami żywemi.

[2]) Jod zawierają też niektóre zwierzęta lądowe, lecz występuje on w nich w postaci związków organicznych, nie zaś w połączeniu z metalami.

www.dlibra.wum.edu.pl

do ciała istot żywych, przechodzą tu w związki nierozpuszczalne, tak że nie mogą być znów wydalone na zewnątrz.

Pewne zwierzęta (otwornice, robaki i in.), np. przedstawiona na fig. 45 *Difflugia pyriformis*, tworzą z piasku oraz innych znajdujących się w ich otoczeniu najbliższem materyałów skorupki, w których życie pędzą. Jakkolwiek budowanie takich skorup jest prawdziwą czynnością życiową, jednakże nie możemy materyałów mineralnych, z których się one składają, zaliczać do właściwych części składowych ciała. Ziarnka piasku zlepiają te istoty pewną wydzielaną przez siebie materyą organiczną śluzowatą. Podobnie ma się z budowaniem gniazd ptasich, z tą tylko różnicą, że w tym razie owe masy obce, sklejane śliną i innemi wydzielinami, nie zlepiają się, nie zrastają z ciałem zwierzęcia.



Fig. 45.

Difflugia pyriformis, pierwotniak należący, podobnie jak ameba, do gromady korzenionogów (*Rhizopoda*). Ciało amebowate mieści się tu w skorupie *g*, sklejonej z ziaren piasku, a przez otwór skorupki wysuwają się nibynóżki.

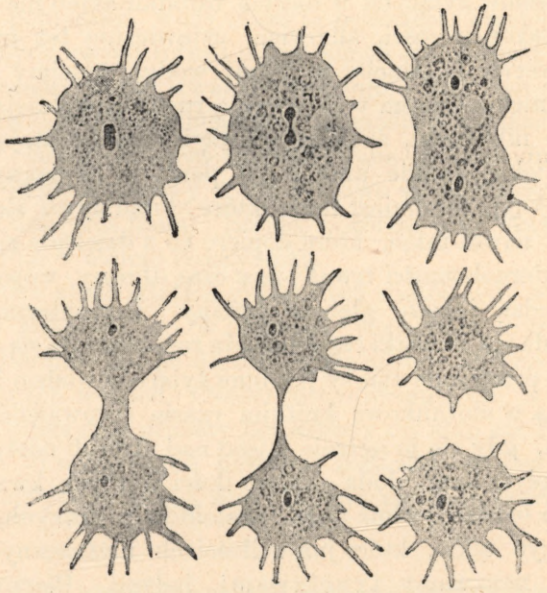


Fig. 46.

Dzielenie się ameby, *Amoeba polypodia* (według *F. E. Schulzego*). Jądro jest narysowane ciemno, wodniczek blado.

Natomiast utworzone ze soli wapiennych skorupy muszel, pancerze skorupiaków, kości kręgowców stanowią istotne części

www.dlibra.wum.edu.pl

składowe ciał tych zwierząt, pomimo znacznej obfitości związków mineralnych, które ilościowo przeważają nad substancyą organiczną, wśród której są umieszczone.

8. Rozmnażanie i śmierć.

8. Z powyższego wynika, że wzrost zachodzić może o tyle tylko, o ile ilość materyi pobieranej przewyższa ilość wydalanej. Pomimo to wszakże wzrost nawet najobficiej odżywianych ameb dochodzi tylko do pewnej granicy. Gdy ta granica została osiągnięta, spostrzegamy wówczas zjawisko osobliwe. Ameba rozszczepia się, rozpada się, z jednej powstają dwie.

Zjawisko to nazywamy dzieleniem się, podziałem. Naprzód wydłuża się jądro i zwęża się pośrodku. Zwężenie to postępuje, aż wreszcie jądro dzieli się, powstają dwa jądra. Te dwa nowe jądra oddalają się od siebie, jednocześnie wydłuża się ciało ameby, a jądra zajmują położenia niejako biegunowe. I ciało ameby w ciągu dalszym się przewęża pomiędzy jądrami, staje się coraz cieńsze w miejscu zwężenia, aż w końcu dzieli się zupełnie na dwie części.

Dzielenie takie może się powtarzać wielokrotnie, tak że z jednej ameby powstają dwie, następnie cztery i t. d. Zachodzi przeto w ten sposób rozmnażanie ameb. Lecz pomimo to liczba współcześnie żyjących w danym ośrodku ameb nie może wzrastać do nieskończoności, albowiem ustawicznie też mnóstwo ich ginie. Obserwując ameby w kropli wody, widzimy zawsze, że niektóre z nich z czasem wykonywają ruchy powolniejsze, wciągają w siebie nibynóżki, zaokrąglają się i wreszcie stają się nieruchome. Niekiedy takie ameby po pewnym wypoczynku znów ruch odzyskują, natomiast inne, które dotąd żywo się poruszały, tracą ruch, nawet takie, które dopiero co z dzielenia się powstały. Gdy stan nieruchomości trwał przez czas dłuższy, wówczas w ciele ameb zachodzą jeszcze głębsze zmiany. Protoplazma mętnieje, ciało rozpada się, szczątki tego rozpadu rozpuszczają się albo zostają wchłonięte przez inne ameby lub inne żyjące w wodzie istoty żywe.

Można w stosunkowo krótkim czasie sprowadzić te zmiany w amebach, gdy się je ogrzeje nieco nad 45° lub odetnie na czas dłuższy dopływ tlenu, doda drobne ilości wolnych kwasów lub alkaliów albo bardzo drobne ilości alkaloidów roślinnych.

Materye takie, które już w ilościach nieznacznych działają szkodliwie, nazywamy truciznami, jadami. Pierwszą oznaką zmian, wywoływanych przez te wpływy szkodliwe, jest zawsze zaprzestanie ruchów ameby i nieoddziaływanie ich na podniety. Dopiero później występują zmiany widoczne dla oka, mętnienie protoplazmy i rozpad.

www.dlibra.wum.edu.pl

Mamy prawo mówić w takich razach, że ameby utraciły swą żywotność, swe właściwości życiowe, czyli że obumarły. Śmierć sprowadzona być może przez wpływy szkodliwe, trujące, albo przez brak niezbędnych warunków życia: tlenu, wody, pokarmu. Tam, gdzie mnóstwo ameb żyje w ograniczonej małej ilości wody przy obfitym zapasie pokarmu i gdzie ameby te szybko się rozmnażają, dojść musi do braku tlenu, albowiem ograniczona ilość tlenu nie starczy wreszcie dla wszystkich ameb. Możemy sztucznie sprowadzić niedostatek pokarmu, umieszczając ameby w wodzie destylowanej lub w filtrowanej wodzie źródlanej. Jakkolwiek ich potrzeby są nieznaczne, jednakże wobec zupełnego braku pożywienia po czasie pewnym śmierć nastąpić musi. Czy wszakże i w warunkach sprzyjających życiu ameby wkońcu jednakże umierają niejako z wyczerpania starczego, tego napewno nie wiemy. Pewnem jest to tylko, że ogromne ich mnóstwo ginie bezustannie, lecz zachowanie gatunku jest zapewnione dzięki ciągłemu powstawaniu osobników nowych [1]).

9. Śmierć pozorna i otorbienie.

9. Pozostawmy kroplę wody, w której ameby są zawarte, na powietrzu, a wyschnie ona, ameby skurczą się na masę drobniutką, ledwie dostrzegalną. Zwilżmy tę masę a dostrzeżemy, że w miarę pobierania wody masa ta pęcznieje, ameby powracają do pierwotnych swych form i mogą odzyskać zdolność poruszania się, jeżeli zasuszenie nie trwało zbyt długo. Ten stan zaschnięcia, w którym ustają wszelkie objawy życia, możemy uważać za śmierć pozorną. Nazwa ta może być stosowana również do tych przypadków, w których objawy życia czasowo są zawieszone wskutek przerwania dopływu tlenu. Śmierć pozorna przy dłuższem trwaniu przechodzi w śmierć rzeczywistą.

Mnóstwo ameb istotnie ginie w ten sposób, gdy woda, w której się one znajdują, np. w bagnach, w ściekach z rynien i t. p., zasycha. Pomimo to, po deszczu znajdujemy zawsze znów żywe ameby w owych wodach. Nader jest interesującem, w jaki sposób znoszą one przez czas dłuższy bez szkody ów stan zasuszenia. Gdy mianowicie to wysychanie powolnie zachodzi, ameby zaprzestają swych ruchów, zaokrąglają się i otaczają się zbitą skorupką, t. zw.

---

[1]) Ponieważ wszystkie ameby żyjące powstały przez dzielenie się z innych ameb, w ciele ich więc zawarta jest część stała ich przodków, można przeto twierdzić wraz z Aug. Weismannem, że właściwie plazma ameb oraz wszystkich innych, podobnie jak ameby przez podział rozmnażających się istot, jest nieśmiertelna. Zdaje nam się wszakże, że nie można w tem upatrywać różnicy zasadniczej od istot rozmnażających się w inny sposób.

www.dlibra.wum.edu.pl

torbielą, pochodzącą prawdopodobnie z wydzielin protoplazmy. W tym stanie otorbionym są one bardzo odporne na dalsze wysychanie oraz na brak tlenu i inne wpływy szkodliwe. Jako cząstki drobniutkie mogą one wraz z pyłem, powstającym z wód wyschniętych, na dalekie odległości być z wiatrem przenoszone. Gdy znów dostaną się do wody, nasiąkają nią, torbiel pęka, a uwolniona z niej ameba budzi się do nowego życia.

Niekiedy trudno jest niezmiernie odróżnić opisane tu objawy śmierci pozornej, występującej w sposób podobny i u innych istot, od śmierci rzeczywistej. Póki ciało nieruchomej ameby nie wskazuje jeszcze owego opisanego powyżej rozpadu, wątpliwem jest zawsze pytanie, czy ameba jest istotnie martwa czy tylko pozornie. Gdy po jednym z owych szkodliwych przymrozków nocnych w maju oglądamy drzewa owocowe, nie możemy po kwiatach poznać, czy zmarzły czy też przetrwały. Dopiero gdy się kwiat nie rozwinie i opadnie, widzimy, że owoc przepadł. Również i nasienia nie rozpoznajemy najczęściej, czy jest żywe, t. j. czy zdolne jest do kiełkowania; tylko próba przedsiębrana w odpowiednich warunkach rozstrzyga o tem, i to jeszcze nie zupełnie; gdy bowiem kiełkowanie nie następuje, powiedzieć nie możemy, czy nasienie już z początku było martwe czy obumarło dopiero po wysianiu. Nawet u zwierząt wyższych, odznaczających się objawami życiowemi wyraźniejszemi, bardziej uderzającemi, jak ruchami oddechowemi, tętnem i t. d., objawy te mogą niekiedy tak być słabe, że zupełnie wymykają się z pod obserwacyi, jak się to dzieje naprzykład podczas t. zw. snu zimowego lub podczas głębokich omdleń [1]).

Za właściwą śmierć pozorną poczytywać można stan ziarna przed kiełkowaniem lub stan zasuszonej i otorbionej ameby. Bardzo dla tych stanów odpowiednią jest nazwa dawna „vita minima“, ponieważ zjawiska życia są tu sprowadzone do najniższej granicy, tak że zgoła uchodzą naszej uwagi. Coś w nich życia być jeszcze musi, ponieważ wszystkie te

[1]) Z wielką ostrożnością przyjmować należy wiadomości o dłużej trwającej śmierci pozornej (letargu) u ludzi. Liczne opowieści o ludziach zakopywanych żywcem i przebudzonych po dłuższym czasie okazywały się zawsze bajkami, ilekroć udawało się dokładnie przypadki te zbadać. To samo rzec trzeba o doniesieniach dotyczących fakirów indyjskich, którzy podobno dowolnie wprowadzają się w stan śmierci pozornej i pozostają przez dłuższy czas zamurowani w grobach. Nie obserwowano tych zjawisk bynajmniej z taką dokładnością, aby można było twierdzić, że złudzenia są tu w zupełności wyłączone. Spostrzegano przypadki tężca, w których ludzie przez kilka dni pozostawali bez ruchu i nie pobierali przez ten czas pokarmu, lecz w tych przypadkach oddech i tętno, choć bardzo słabe, zawsze przy ścisłem badaniu dają się wykryć.

www.dlibra.wum.edu.pl

pozornie martwe twory obumierają istotnie od szkodliwości, działających śmiertelnie na istoty w pełni życia będące. Nasiona, ogrzewane przez czas dłuższy do 100°, przestają kiełkować; ameby otorbione obumierają po dłuższem ogrzewaniu przy 75°.

10. Śmierć z braku wody i innych wpływów szkodliwych.

10. Nietylko ameby, lecz i inne twory żywe, wymoczki, grzybki rozszczepkowe i zarodnikowe, zwłaszcza zaś zarodniki tych ostatnich, mogą przez zasuszenie przejść w stan, w którym bardzo długo pozostają przy życiu, nie zdradzając objawów życia, i z którego znów do życia się budzą, gdy im woda będzie dostarczona.

To przejściowe zawieszenie czynności życiowych wskutek braku wody ujawnia się w sposób bardzo piękny także u niektórych istot o budowie zawilszej. Rośliny rosnące w okolicach bardzo suchych najczęściej zaopatrzone są w osobne narządy ochronne, które zapobiegają zbytniej utracie wody. Inne znów zachowują się odmiennie; tak np. rosnąca na płaskowzgórzach Ameryki środkowej *Selaginella lepidophylla*, roślina skrytopłciowa, należąca do rodziny widłakowych, może najzupełniej wyschnąć, nie tracąc jednak życia; miesiącami całemi pozostaje ona w stanie wysuszonym, a odżywa po zwilgoceniu. W świecie zwierzęcym przykład podobny widzimy w niesporczakach *(Tardigrada)*, należących do stawonogów. Gdy woda lub ziemia wilgotna, w której one żyją, wysycha, ustają ich funkcye życiowe; lecz zabezpieczone od zupełnej utraty wody przez skórę chitynową, zwierzątka te niezmiernie długo zachowują zdolność do życia, do którego powracają w zupełności przy nowym dowozie wody.

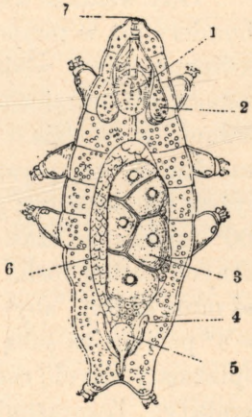


Fig. 47.
Macrobiotus Schultzei z grupy *Tardigrada*.
1 przełyk; 2 gruczoły ślinowe; 3 jajnik; 4 jądra; 5 pęcherzyk nasienny; 6 żołądek; 7 otwór ustny.

Nasiona roślin często bardzo mało zawierają wody; gdy wszakże całkowicie pozbawione są wody, obumierają [1]). U zwierząt i roślin wyższych zazwyczaj śmierć następuje jeszcze przed zupełnem pozbawieniem ich wody, i to tem szybciej, im szybciej tracą wodę.

Zjawiska te bardzo wyraźnie dowodzą, jak ważnem dla życia jest doskonałe przepojenie tkanek wody. Gdy niema wody w ilości dostatecznej, nie mogą odbywać się zjawiska dyfuzyjne, niezbędne dla procesów

[1]) Pozbawienie wody musi nastąpić w nizkiej temperaturze, jeżeli doświadczenie ma być przekonywające; temperatury bowiem wyższe same przez się są szkodliwe.

www.dlibra.wum.edu.pl

chemicznych, towarzyszących funkcyom życiowym; życie wówczas gaśnie albo zostaje do takiego stopnia przytłumione, że mamy przed sobą śmierć pozorną. Ztąd też wszystkie istoty, w których życiu bywają dłuższe okresy zastoju, stosunkowo mało zawierają w swem ciele wody oraz ochronione są od zbytniej utraty wody mocnemi skorupami, które jednocześnie zmniejszają dopływ tlenu do protoplazmy i w ten sposób zapobiegają zbyt szybkiemu rozkładowi ciała. To samo dotyczy także pewnych części ciała, które mają w swem życiu dłuższe okresy zastoju, np. pączki. I nasiona wielu roślin i jaja rozmaitych zwierząt często znajdują się w stanie otorbionym, a w skorupach swych przetrwać mogą przez czas długi, aby po zwilgoceniu ożyć, t. j. w tych razach rozwinąć się i wytworzyć nowe osobniki.

Twierdzono wielokrotnie, że istoty wyżej organizowane (np. żaby) również znieść mogą zupełne wyschnięcie bez utraty życia, lecz dokładne spostrzeżenia nie potwierdziły tego. Mogą one znieść bez szkody utratę dużej części zawartej w sobie wody, i to tylko, gdy ta utrata powolnie zachodzi, gdy tymczasem przy wysychaniu szybkiem znacznie prędzej giną.

Gdy wszakże wszelka prawie protoplazma w stanie wilgotnym obumiera już w temperaturze 40—45°, znajdował natomiast Hoppe-Seyler żywe wodorosty w temperaturze 64,7° w parze gorącej fumarol w Casamiccioli na wyspie Ischii, a inne żywe rośliny znajdowano w wodzie o 53°. Grzybki rozszczepkowe znoszą przez czas dłuższy temperaturę 60°, a przez krótszy czas jeszcze nawet wyższe temperatury; gdy zaś są zasuszone, obumierają nawet przy 100° dopiero po czasie dłuższym. To samo odnosi się do wysuszonych nasion roślin wyższych. Im temperatura niższa, tem działać musi dłużej, aby napewno śmierć sprowadzić. Oziębienie do + 4° pociąga za sobą zawsze zawieszenie ruchów w utworach protoplazmatycznych; ruchy te wszakże powracają po podniesieniu temperatury. Zamrażanie tem szybciej zabija istoty niższe, im więcej zawiera się w nich wody: istoty takie o małej zawartości wody pozostają przy życiu, nawet gdy zostaną oziębione do temperatur położonych o wiele stopni poniżej zera; jednakże zarówno oziębianie jak i następne ogrzewanie musi zachodzić bardzo powolnie. Często przeto znajdujemy zdolne do życia bakterye w lodzie rzek naszych, stawów i t. p., a na lodowcach i polach śnieżnych najrozmaitsze istoty żywe. Utrzymywano także, że można zamrozić żaby, ryby i inne wyżej organizowane zwierzęta, nie pozbawiając ich życia; zdaje się wszakże, że w tych doświadczeniach same zwierzęta (t. j. woda w ich tkankach) nie były w rzeczywistości zamarznięte [1]).

[1]) Przy zamrażaniu ryb i t. p. w wodzie powstaje dokola tych zwierząt nieznaczna przestrzeń wypełniona wodą ciekłą, ponieważ ciało ich sa-

www.dlibra.wum.edu.pl

Z drugiej strony znów twierdzi Raul Pictet, że ryby znoszą ochłodzenie do —15°, żaby do —28° i odżywają następnie. Bakterye podobno nawet po oziębieniu do —200° miały pozostawać przy życiu.

Zwierzęta ciepłokrwiste (także człowiek) umierają już, gdy temperatura ich ciała obniża się szybko do 24°; przy obniżaniu bardzo powolnem śmierć następuje o kilka stopni niżej. Przy bardzo powolnem obniżaniu się temperatury niektóre ciepłokrwiste zwierzęta zapadają w sen zimowy. Jeszcze częściej występuje sen zimowy u mięczaków, owadów, płazów i gadów, które z nastaniem zimnej pory roku kryją się w jaskiniach, norach ziemnych i w bagnach i pozostają przez zimę w tych kryjówkach, gdzie temperatura zazwyczaj wynosi nieco ponad zero.

Podczas gdy delikatniejsze, obfitujące w wodę części roślin, jak kwiaty, łodygi i t. p. bardzo są na mróz wrażliwe, inne natomiast części mogą bez szkody znosić temperatury bardzo nizkie. Wiadomo ogólnie, że przeważna część zjawisk życia roślinnego ustaje przy oziębieniu poniżej pewnej temperatury. Można w tem upatrywać zjawisko analogiczne ze snem zimowym zwierząt. Rośliny zwrotnikowe również wykazują zazwyczaj pewną peryodyczność w energii wzrostu i innych objawów życia; ta okresowość najczęściej pozostaje w związku ze zmianami w opadach atmosferycznych, właściwemi danej miejscowości.

Ponieważ ogrzanie do jakich 45° sprowadza widoczne zmiany we wszelkiej protoplazmie, przyczem część materyi wydziela się w formie stalszej, i ponieważ wszelkie wpływy chemiczne, wywołujące takież zmiany, również niszczą życie, powiedzieć przeto można, że życie przywiązane jest do pewnego składu chemicznego, do pewnej budowy, do pewnego ugrupowania chemicznego związków zawartych w protoplazmie, i że owe zmiany protoplazmy są bezpośredniemi przyczynami śmierci. Nie jesteśmy wszelako w stanie bliżej określić owego ugrupowania protoplazmy właściwego życiu. Ponieważ wszelkie metody wyosobnienia i badania składników chemicznych protoplazmy niszczą samo życie, nie możemy przeto poznać budowy chemicznej substancyi żywej. Mamy tylko pewne poważne powody, zniewalające do przypuszczenia, że prawdopodobnie najważniejsze znaczenie mają tu związki o własnościach ciał białkowych rodzimych.

11. W tem miejscu przerwiemy tymczasem rozważanie zja- 11. Kolowisk życiowych u istot niższych i omówimy pewne fakty, pozosta- nie istot żywych.

mo wytwarza ciepło. Dopiero po dłuższem przebywaniu w temperaturze około — 4° zwierzęta wreszcie zupełnie zamarzają.

www.dlibra.wum.edu.pl

jące w związku z rozmnażaniem przez dzielenie się komórek. Wyobraźmy sobie, że utwory powstałe skutkiem podziału, zupełnie pomiędzy sobą identyczne lub różniące się najwyżej cechami drobnemi, nie prowadzą życia samodzielnego, oddzielone od siebie nawzajem, lecz pomimo podziału pozostają ze sobą połączone. Powstaje wówczas to, co nazwać możemy kolonią. Ameba pojedyńcza różni się od swego otoczenia, a również różną jest od każdej innej ameby; odznacza się ona pewną samodzielnością. Możemy ją przeto, podobnie jak królika, nazywać osobnikiem (indywiduum) [1]). Kolonia zatem składałaby się z pewnej liczby osobników; lecz względem świata zewnętrznego, otoczenia, przedstawia ona nową jednostkę, niejako indywiduum wyższego porządku. Pogląd ten narzuca nam się wyraźniej, gdy pomyślimy o większej liczbie kolonij, z których każda złożona jest z wielu osobników. Kolonie takie mogą być do siebie podobne lub różnić się od siebie, albo tylko liczbą osobników, albo też ich budową. Oznaczmy każde indywiduum nazwą A. Utworzona np. przez wielokrotny podział z jednej ameby większa liczba ameb, z których każda samodzielny wiedzie żywot, może być przedstawiona w schemacie następującym:

A A A A A A A A A A A A A A A A A A A A A

Natomiast kolonia z dwudziestu naprzykład złożona osobników, które w jakikolwiek sposób żyją wspólnie, towarzysko, nieodłącznie od siebie, dałaby się przedstawić w postaci np. takiej, jak to wyobraża koło następujące:

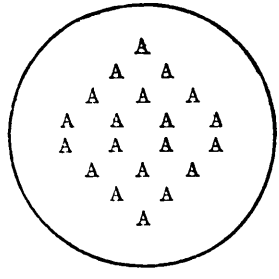


Fig. 48.

[1]) Wyraz indywiduum zawiera w sobie pojęcie niepodzielności, lecz nie w tem znaczeniu jak mówimy o atomie, uważając wszelki rodzaj podzielności za absolutnie niemożliwy. Mówiąc o osobniku, pragniemy tylko powiedzieć, że dzielenie nie jest możliwe bez zakłócenia cech właściwych całej istocie. Poznamy w dalszym ciągu, o ile dotyczy to ameb oraz innych do tychże podobnych istot W tem samem mniej więcej znaczeniu używamy pojęcia osoby (osobnika). Indywidua, osoby, tworzące pewną gromadę, pewne zbiorowisko, mogą być od siebie oddzielone, przez co żadne z nich nie przestanie być osobnikiem. Lecz gdybyśmy zechcieli

www.dlibra.wum.edu.pl

Przypadki tego rodzaju, w których poszczególne przez podział powstałe istoty zachowują swą samodzielność, nawet gdy pozostają razem ze sobą, napotykamy często wśród bakteryj. Bakterye, grzybki rozszczepkowe *(Schizomycetes)* (fig. 49) są to niezmiernie drobne utwory roślinne formy pałeczkowatej (laseczki, bacylle) lub kulistej (kokki). Ciało ich otoczone błonką składa się w głównej części z materyi ziarnistej, podczas gdy właściwa protoplazma nader jest skąpa. Niektóre zaopatrzone są z jednego lub obudwu końców w wici (biczyki) [1]). Rozmnażają się przez podział, rozszczepiają się; ztąd ich nazwa. Gdy części z podziału powstałe pozostają ze sobą w połączeniu, tworzą się dłuższe nici lub grudki, w któ-

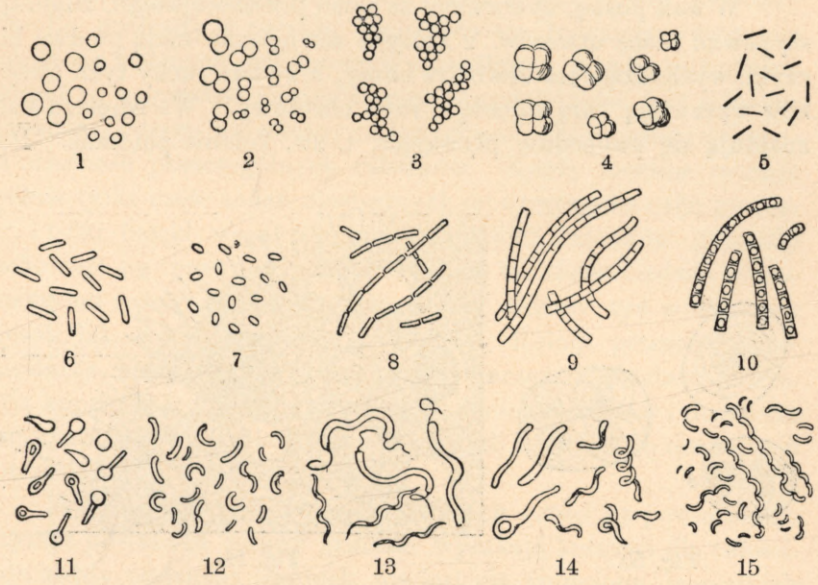


Fig. 49.

Rozmaite formy bakteryj (schematycznie).
1—4 formy kuliste (kokki); 5 — 15 formy pręcikowe, laseczki (laseczniki); 13 laseczki zagięte (spirylle) z wićmi (biczykami); 14 formy świderkowate (grajcarkowate); 15 przecinki

rych pojedyńcze komórki sklejone są ze sobą pewnego rodzaju substancyą galaretowatą. Podobnie dzieje się z wodorostami rozszczepkowemi *(Schizophyceae)*, w których rozszczepianie odbywa się we wnętrzu błonek pęczniejących na podobieństwo galarety (fig. 50). Te formy ostatnie odpowiadają w zupełności temu, co nazwaliśmy kolonią złożoną z osobników zupełnie jednakowych. Pomiędzy temi koloniami komórek a właści-

podzielić pewną poszczególną osobę, pewnego osobnika, powstałyby oczywiście ułamki, lecz nie całe osobniki. W pewnych wszakże przypadkach te ułamki mogą dalej istnieć i stać się nowemi osobnikami.

[1]) O wiciach będzie mowa w rozdziale następnym.

www.dlibra.wum.edu.pl

wemi tkankami roślin i zwierząt wyższych, o których w rozdziale następnym będzie mowa, istnieją wszelkie możliwe stopnie przejściowe, pośrednie.

W kolonii każdy osobnik zachowuje swą samodzielność o tyle, że w razie przygodnego lub gwałtownego oddzielenia się od kolonii może żyć sam przez się, lub przez podział wytworzyć nową kolonię. Lecz osobniki oddzielne mogą też w kolonii zmieniać się w pewnych kierunkach, tak że powstaje kolonia złożona z osobników odmiennych z rozmaitemi właściwościami. Przyjrzyjmy się np. tworowi znanemu pod nazwą toczka (*Volvox globator*) (fig. 51).

W kuli pustej, utworzonej ze śluzu przezroczystego, znajduje się pewna liczba utworów, z których zewnętrzne mają po dwa biczyki, wychodzące na zewnątrz błony, a żwawe ruchy tych biczyków wprawiają całą kolonię w ruch obrotowy. We wnętrzu kuli znajdują się swobodnie pływające, t. zw. kolonie potomne. Po-

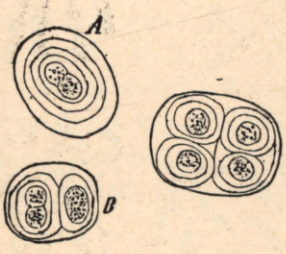


Fig. 50.

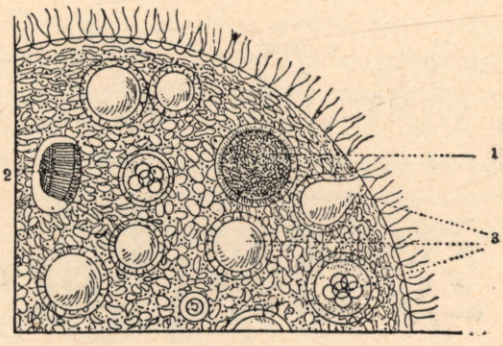


Fig. 51.

Fig. 50. Gloeocapsa polydermatica, wodorost rozszczepkowy, wegetujący na wilgotnych skałach i murach; komórka jest otoczona błoną galaretowatą. Przy dzieleniu się każda nowa komórka dostaje taką błonę, a wszystkie zamykają się w jednej błonie wspólnej. *A* początek dzielenia się; *B* i *C* dalsze okresy podziału.

Fig. 51. Toczek (*Volvox globator*), czwarta część całej kolonii, przedstawiającej się w postaci kuli zamkniętej w błonie galaretowatej. Komórki powierzchowne opatrzone są w rzęsy wystające z błony, i służą do wprawiania w ruch całego zbiorowiska komórek. Wewnątrz komórki jajowe i kłębki zoosporowe; w pierwszych powstają jaja, w ostatnich zaś zoospory; przez łączenie się jednych z drugiemi odbywa się rozmnażanie. 1 kłębki zoosporowe widziane z powierzchni; 2 widziane z boku; 3 oospory.

wstały one z wielokrotnego podziału bardzo małych ciałek, które dostrzedz można pośród ciałek większych. Drobne takie ciałko dzieli się naprzód na dwie części, później na cztery i t. d. Następnie duża kolonia rozpada się, kolonie potomne wyzwalają się i stopniowo wyrastają na duże kolonie, które z kolei wykazują znów te same zjawiska. Obok tego wszakże zachodzi rozmnażanie płciowe przez zoospory i oospory.

www.dlibra.wum.edu.pl

12. Tego rodzaju powstawanie nowych utworów przez wielokrotne dzielenie się komórek i następne ich przeobrażenia w rozmaitych kierunkach nazywamy rozwojem. U ameby nie mogliśmy spostrzegać zjawiska rozwoju. Albowiem każda ameba natychmiast po powstaniu przez podział z innej jest istotą dojrzałą, rozwiniętą. Może ona jeszcze rosnąć i dzielić się, lecz innym przemianom nie ulega. Gdy wszakże przez dzielenie się osobnika, pierwotnie nie różniącego się od ameby, tworzą się części pozostające ze sobą w połączeniu, lecz zmieniające się w rozmaitych kierunkach, wówczas powstaje zbiorowisko komórek, którego już z najprostszemi koloniami porównać nie można. Jest w tem raczej podobieństwo do gromady w rodzaju społeczeństwa ludzkiego, które nie składa się z samych jednakowych osobników. Każdy osobnik zachował tu wprawdzie pewien stopień samodzielności, lecz jednakże w znacznej mierze jest zależny od innych osobników; jest tu wzajemna zależność poszczególnych członków. Każdy bowiem osobnik spełnia tylko część zadań niezbędnych do utrzymania całej gromady, i tylko dzięki współdziałaniu wszystkich członków gromady zachowuje się sprawność całości. Dlatego też żaden osobnik odosobniony od reszty nie mógłby przez czas dłuższy żyć w taki sam sposób, jak żył w skupieniu z całością. Rolnik potrzebuje rzemieślnika, który wytwarza mu odzież i narzędzia, obadwaj potrzebują kupca, który pośredniczy w wymianie produktów i dostarcza materyału surowego dla ich przemysłu lub towarów do rozmaitych potrzeb i t. d. i t. d. 12. Rozwój.

Z tego różnego rozwoju rozmaitych części i z powiązanego z tymże podziału pracy znaczne wynikają korzyści dla całości. Gdy każdy oddzielny członek nie jest już zmuszony wszystkich dokonywać czynności, gdy nikt nie potrzebuje być jednocześnie własnym swym rolnikiem i myśliwym i krawcem i szewcem, lecz uprawia jedno tylko z tych zajęć dla siebie i jednocześnie dla innych, przeto każdy osobnik w zakresie przypadającej nań czynności zdobywa sprawność większą, aniżeli byłoby to możliwe bez takiego podziału pracy.

Zupełnie podobny rozwój spotykamy także w wielu koloniach istot żywych, powstałych przez dzielenie z jednego osobnika. Niekiedy podział pracy nie zachodzi bardzo daleko. Osobniki pozostają podobne do siebie, związek pomiędzy niemi jest dość luźny, tak że osobnik pojedyńczy, gdy oddzielony zostanie od kolonii, może sam dalej istnieć. W innych natomiast przypadkach osobniki zupełnie tracą swą samodzielność i żyć mogą tylko jako części zespolonej całości. Przestają przeto być osobnikami w pierwotnem

www.dlibra.wum.edu.pl

znaczeniu tego wyrazu. To, co z początku uważać mogliśmy za kolonię, t. j. zespolony zbiór utworów powstałych przez podział, stało się w zupełności osobnikiem wyższego rzędu. W przypadku tym, który właśnie dotyczy istot wyżej organizowanych, utwory powstałe przez dzielenie rozwinęły się w kierunkach rozmaitych i w sposób bardzo nierówny, niejednakowy. Niektóre pozostały prawie niezmienione, inne i co do formy i co do własności tak znacznie się zmieniły, że zaledwie rozpoznać już można pierwotną identyczność wszystkich i wspólne ich pochodzenie. Lecz bynajmniej nie powstają tu zgoła nowe własności; cechy poszczególnych osobników większej całości są niejako tylko jednostronnie rozwiniętemi własnościami zasadniczemi, które posiadał osobnik pierwotny. W miarę jak pewne własności dochodzą do wysokiego rozwoju, inne natomiast cofają się w rozwoju lub zupełnie zanikają. W ten sposób powstające utwory o właściwościach specyficznych zapewniają życie zespolonej całości tylko swem współdziałaniem, swem współżyciem i jednocześnie do wysokiej są uzdolnione sprawności. Ztąd też usprawiedliwione jest porównanie takiego osobnika wyższego rzędu ze społeczeństwem współczesnem.

13. Komórki, tkanki, organy.

13. Jesteśmy w stanie śledzić morfologicznie wielość utworów wytwarzającą się stopniowo z pierwotnej jednostki jednorodnej. Wiadomo nam, że zwierzę o tak zawiłej budowie jak królik powstaje z jaja, które co do własności i budowy podobne jest do ameby [1]). Z jaja powstaje naprzód przez wielokrotne dzielenie się duża liczba utworów podobnych do siebie; nazywamy je komórkami. Każda komórka składa się, podobnie jak ameba, z protoplazmy i jądra z jąderkiem. Lecz w dalszym ciągu komórki rozwijają się w rozmaitych kierunkach, różnicują się, jak powiadamy w embryologii; powstają z nich w ten sposób rozmaite tkanki oraz zbudowane z tych tkanek narządy czyli organy. Badanie morfologiczne tego stopniowego powstawania tkanek i organów i kształtowania się, powolnego urabiania ciała istoty żywej stanowi przedmiot historyi rozwoju czyli embryologii. Równolegle z różnicowaniem się morfologicznem postępuje różnicowanie fizyologiczne czyli, jak również powiedzieć można, fizyologiczny podział pracy. Badanie własności fizyologicznych komórek oraz powstających z nich tkanek jest przedmiotem

[1]) U innych zwierząt podobieństwo jeszcze jest większe; to wszakże, co tu powiedziano, dotyczy w zasadzie wszystkich istot o budowie złożonej.

www.dlibra.wum.edu.pl

fizyologii ogólnej, podczas gdy opis czynności organów poszczególnych i współdziałania tychże u danej istoty żywej stanowi zadanie fizyologii szczegółowej.

Ponieważ niektóre istoty żywe nie wytwarzają wcale tkanek ani organów, lecz osobniki powstające z podziału albo natychmiast odosobniają się i żyją pojedyńczo, lub co najwyżej w postaci kolonii, złożonych z mniej lub więcej zróżnicowanych osobników, możemy przeto wszystkie istoty żywe podzielić na jednokomórkowe i wielokomórkowe. Niektórzy badacze wprowadzili nazwy monoplastydy i poliplastydy, podczas gdy przeważna część biologów obejmuje wszystkie istoty jednokomórkowe nazwą pierwotniaków (*Protista*), albo też uwzględniając podział na rośliny i zwierzęta, dzieli świat roślinny na Protofity (*Protophyta*) i Metafity (*Metaphyta*), zwierzęcy zaś na Protozoa (pierwotniaki) i Metazoa (wielokomórkowe).

Istoty jednokomórkowe dają nam możność zbadania do pewnego stopnia własności zasadniczych komórki. Nawet w ciele zwierząt o bardzo złożonej budowie znajdują się pewne komórki, które zachowały jeszcze najistotniejsze własności zasadnicze istot jednokomórkowych i tak mało różnią się od ameb, że łatwo mogą być z temi ostatniemi zamienione. Dotyczy to np. leukocytów, o których była mowa w § 4-ym. Inne natomiast wskutek podziału pracy tak znacznie rozwinęły w sobie pewne własności, że można w nich lepiej zbadać dane funkcye aniżeli w komórkach pierwotnych jeszcze niezróżnicowanych. Ztąd też obok badania pierwotniaków, badanie dokładniejsze własności tkanek stało się najgłówniejszą podstawą fizyologii ogólnej.

www.dlibra.wum.edu.pl

ROZDZIAŁ TRZYNASTY.

Komórki, zbiorowiska komórek i tkanki.

1. Jednostka biologiczna.

1. Od czasu jak stwierdzono, że najzawilsze choćby istoty żywe rozwijają się z pojedyńczej komórki i że ich tkanki złożone są z części, które albo są niezmienionemi jeszcze komórkami, albo od komórek pochodzą, prawie powszechnie uważać się zwykło komórkę jako najdrobniejszy i najprostszy utwór, w którym zachodzić mogą zjawiska życia. W rzeczy samej u pierwotniaków wszelkie objawy życia rozgrywają się w jednej jedynej komórce. Natomiast ciała istot wielokomórkowych nietylko są morfologicznie złożone z pewnej sumy poszczególnych komórek lub utworów komórkowych, lecz nadto każda komórka zachowuje jeszcze i pewną samodzielność fizyologiczną, co wszakże nie wyłącza, że oddzielne komórki wpływają na siebie wzajemnie i w mniejszym lub większym stopniu są od siebie zależne. Rozumiemy przeto, że pewne części złożonego tworu żywego, niekiedy nawet pojedyńcze komórki po oddzieleniu, wyosobnieniu z całości, jeszcze przez czas pewien mogą zachować żywotność i same przez się w dalszym ciągu zdradzać objawy życia. Tak np. wspomniane w rozdziale poprzednim leukocyty nie przestają poruszać się w kropli krwi, wypuszczonej z żywego ciała; w komórkach nabłonka migawkowego (porówn. § 7) przez długi czas jeszcze możemy spostrzegać pod mikroskopem właściwe im ruchy i t. d. To samo dotyczy całych organów wyjętych z ciała, np. mięśni lub t. p. Mogą one, choćby przez czas krótki, żyć, zwłaszcza gdy dołożymy starań, aby były odżywiane w dalszym ciągu, aby temperatura właściwa została zachowana i t. d. Ta możność utrzymywania organów z ciała wyosobnionych w stanie żywym niezmiernie jest ważna dla badań, gdyż pozwala dokładniej badać własności życiowe oddzielnych organów, tkanek, komórek, aniżeli to jest możliwe w zawiłym procesie całego złożonego organizmu.

www.dlibra.wum.edu.pl

Lecz oto badania ostatnich czasów dowiodły, że same komórki mają dość złożoną budowę. Oprócz poznanych w nich już dawniej głównych elementów, protoplazmy, jądra, błony, wykryto w nich jeszcze rozmaite ziarenka, nici i t. p., co do których znaczenia morfologowie jeszcze znacznie się pomiędzy sobą różnią. Jednakże przeważna większość badaczów skłania się do uznawania w tych rozlicznych utworach—najczęściej widocznych nie w preparatach świeżych, lecz dopiero po użyciu rozmaitych odczynników i barwników—prawdziwych części składowych komórki. Nie rozumiemy przeto już obecnie pod nazwą komórki przestrzeni cieczą wypełnionej a otoczonej zbitą ścianą, jak to sądzili pierwsi badacze struktury komórkowej roślin i zwierząt, ani również nie uważamy komórki za kłaczek żywej protoplazmy ugrupowanej dokoła jądra, jak określano w czasach późniejszych. Obecnie uważamy komórkę za drobną masę materyi żywej o budowie bardzo zawiłej, a różnice w poglądach dotyczą tylko pytania, które z tych wykrytych w budowie komórki części mają istotne znaczenie dla życia, a które mają znaczenie drugorzędne. Niektórzy wszakże biologowie idą jeszcze dalej. Nie uznają mianowicie komórki złożonej za jednostkę biologiczną, lecz za takie jednostki poczytują owe drobniejsze, dostrzegane w niej elementy ziarniste, nitkowe i t. d. Przypuszczają, że istnieć mogą twory żywe o budowie prostszej niż komórka i że te twory są identyczne z owemi drobnemi cząstkami komórki. Oczywiście sprawa ta byłaby natychmiast rozstrzygnięta, gdyby spostrzeżenia pewne stwierdziły, że owe elementy komórkowe są w stanie wieść życie odrębne, t. j. gdy nie są ze sobą zespolone w komórce. Lecz dotychczas nikt takiego spostrzeżenia nie dokonał. I zgoła nie jest prawdopodobne, aby się to kiedykolwiek powiodło. Im lepiej poznajemy to, co nazywamy zjawiskami życia, tem snadniej przekonywamy się, że mamy przed sobą zjawiska nader skomplikowane. Właściwem zadaniem badań fizyologicznych jest rozłożenie tych zjawisk na prostsze, sprowadzenie ich do lepiej poznanych zjawisk, z których się one składają. Każde wszelako zjawisko, choćby najprostsze, wymaga współdziałania przynajmniej dwu rozmaitych ciał. Ciało pojedyńcze, znajdujące się odosobnione w przestrzeni wszechświata, nie ulegające wpływowi żadnego innego, ani na żadne inne nie oddziaływające, trwa bez zmiany w swoim stanie albo wskazuje pewne zjawiska, będące następstwem wpływów dawniejszych. Gdy wszakże nowe na widownię występują zjawiska, to oczywiście ciało, w którem je dostrzegamy, samo musi być złożone, czyli musi się składać z różnych części. Im zjawiska są różno-

www.dlibra.wum.edu.pl

rodniejsze, tem więcej przypuszczać należy, że ciało takie mieć musi bardzo złożoną budowę. Nie należy się przeto dziwić, że komórka, w której tyle rozmaitych dostrzegamy zjawisk, ma budowę nader zawiłą, i uważać można za rzecz prawdopodobną, że gdyby ta lub owa część składowa komórki była w stanie żyć samodzielnie, musiałaby sama znów mieć strukturę bardzo złożoną.

Utwór złożony, w którym zachodzą pewnego rodzaju zjawiska, możemy nazywać maszyną, i komórkę przeto z maszyną porównać możemy [1]). To, co w komórce odkrył nam dotychczas mikroskop jako składowe części jej budowy, może są części bardzo ważne jej mechanizmu. Lecz również jest możliwem, że najważniejsze właśnie części mechanizmu nie mogą być uwidocznione, albowiem ani przezroczystością swą, ani stopniem załamywania światła, ani zachowaniem się wobec odczynników i barwników nie wyróżniają się dość wyraźnie, albo też ich wymiary leżą poniżej granicy dostrzegalnej przez powiększenia mikroskopowe. W żadnym wszakże razie z tego, że komórka wskazuje pewną budowę, nie mamy prawa wnosić, że te elementy komórkowe są w stanie żyć życiem odrębnem, podobnie jak oddzielnych kół, pasów i t. d. maszyny nie możemy uważać za całe maszyny. Że zaś, jak już wspomniano, nie dowiedziono dotychczas nigdy jeszcze, aby owe drobniejsze części komórki same żyć mogły samodzielnie, dobrze będzie przeto tymczasem uważać komórkę za najmniejszą znaną nam jednostkę biologiczną.

2. Komórka jako organizm elementarny.

2. Im bardziej postępujemy w poznawaniu budowy komórki, tem lepiej potrafimy osądzić, czy owe elementy komórkowe uważane być winny za części istotne mechanizmu komórkowego, które przez współdziałanie składają się na życie komórki, podobnie jak w istotach wyższych organy przez współdziałanie swoje wytwarzają właściwe życie całego organizmu. Lecz już i obecnie przez analogią z istotami złożonemi mówić nam wolno o orga-

---

[1]) Nie ma to bynajmniej znaczyć, że komórka we wszystkich szczegółach podobna jest do znanych nam maszyn. Maszyny bywają rozmaite; w jednych zachodzą zjawiska tylko mechaniczne, w innych również chemiczne, elektryczne lub t. p. Tymczasem znajdujemy się wobec komórki jak człowiek bez wszelkich lub bez dostatecznych wiadomości wobec zawile zbudowanej maszyny. Widzi on wprawdzie, że maszyna taka składa się z części zespolonych i oddziaływających wzajemnie na siebie, lecz nie jest w stanie wybadać samego jej działania. Przy dostatecznej inteligencyi i wytrwałości mógłby może to osiągnąć. Czy w bliższej lub dalszej przyszłości osiągniemy zupełną, doskonałą znajomość mechanizmu komórki, tego oczywiście tymczasem przesądzać nie możemy.

www.dlibra.wum.edu.pl

nach komórki, a samą komórkę uważać za organizm. Ernest Brücke trafnie nazwał komórkę organizmem elementarnym, pragnąc przez to wyrazić, że już w każdej komórce, podobnie jak w istocie złożonej, przypuszczamy współdziałanie poszczególnych części, składające się na całokształt życia komórki. Przyjmując tę nazwę, możemy istoty jednokomórkowe nazywać organizmami prostemi i przeciwstawić im wielokomórkowe jako organizmy wyższego porządku [1]).

Owo porównanie ze stosunkami podobnemi w społeczeństwie ludzkiem, którego użyliśmy przy objaśnieniu fizyologicznego podziału pracy, może nam i w tym razie pomódz w wykładzie. Niejednokrotnie nazywamy organizmem państwo, gminę lub jakąkoklwiek korporacyą, jakkolwiek każde z tych zbiorowisk składa się z osób, z których każda oddzielnie jest już organizmem. We wszystkich przeto tych przypadkach odróżniać trzeba organizmy rozmaitych rzędów, podporządkowane jedne drugim.

W całkowitym organizmie państwowym można oddzielne zarządy: oświaty, sprawiedliwości, wojny, skarbu itd. uważać za organy rządu państwa. Każdy z tych organów jest znów organizmem złożonym z rozmaitych władz, od ministeryum i dyrekcyi aż do władz najniższych; każda zaś władza składa się z oddzielnych urzędników, będących członkami czyli organami organizmu, do którego należą, a jednocześnie sami znów organizmami złożonemi, żywymi ludźmi. W sposób podobny mówić możemy także o organach ludzkich i o ich ostatnich elementach, komórkach, że są to organizmy, które w ciele żywem zespolone są w organizm porządku wyższego.

3. Protoplazma i jądro.

3. Pozostawiliśmy jeszcze nierozstrzygniętem pytanie, o ile wszystkie owe drobne utwory poznane w budowie komórki mogą być uważane za organy. Niektóre w tym względzie szczegóły będziemy mieli sposobność omówić w dalszym ciągu. W rozdziale natomiast niniejszym wymienimy takie tylko części komórki, które niewątpliwemi są organami. Jądro i protoplazma właściwe są wszystkim komórkom. Co prawda niektórzy biologowie przypuszczają, że są pewne istoty samodzielne, składające się wyłącznie z protoplazmy żywej bez jądra. Jeżeli tak jest istotnie, powinnibyśmy takie twory uważać za organizmy, w których nie wystąpiło jeszcze zróżnicowanie morfologiczne i fizyologiczne między protoplazmą a jądrem. Byłyby te istoty ukształtowane jesz-

---

[1]) Wyrażenie „wyższego porządku“ nie oznacza bynajmniej wyższego stanowiska, wyższej hierarchii; ma ono tylko wskazywać większą zawiłość budowy. Wewnątrz organizmu zawiłego oczywiście części oddzielne podporządkowane są całości.

www.dlibra.wum.edu.pl

cze prościej niż najprostsze, rozważane przez nas dotychczas, ameby. Ernest Häckel wyodrębnia je pod nazwą monery jako pierwszą grupę pierwotniaków. Gdy wszakże powiodło się już u niektórych istot z grupy moner wykryć jądro i może z czasem powiedzie się to samo z innemi monerami, uważanemi dotychczas za bezjądrowe, przeto musimy jeszcze pozostawić nierozstrzygniętem pytanie, czy istnieją wogóle twory żywe podobne do komórek bez jąder.

Komórki, będące częściami składowemi zawile złożonych istot, również często nie mają jądra dającego się wykryć przy pomocy barwników lub podobnych środków pomocniczych. W niektórych znów przypadkach, np. w opisanych w rozdz. XI, § 5-ym czerwonych krążkach krwi czyli erytrocytach zwierząt kręgowych w stanie embryonalnym znajduje się wyraźne jądro, które wszakże później zanika, tak że dojrzałe krążki czerwone jądra nie posiadają. W innych znów, na pozór pozbawionych jądra komórkach można przy dostatecznem powiększeniu i odpowiedniem zabarwieniu dostrzedz zamiast jednego jądra większą liczbę drobniutkich jąder rozproszonych w protoplazmie. Gdy i to się nie udaje, nie możemy jednakże wnosić, że całe ciało komórki jest masą jednorodną pod względem chemicznym, fizycznym, a zwłaszcza biologicznym. Wspomnieliśmy już o tem, gdzie są granice rozróżniania szczegółów pod mikroskopem. W przedmiocie mikroskopowym rozróżniamy części obok siebie położone, jeżeli wykazują one pewne różnice we własnościach optycznych i jeżeli wymiary ich nie schodzą poniżej pewnej wielkości, zależnej od budowy mikroskopu. Gdy części te nie różnią się pod względem optycznym, działamy na nie pewnemi odczynnikami, które sprowadzić mogą takie różnice. Lecz oto wiele faktów przemawia za tem, że dwie części składowe komórki, protoplazma i jądro, istotnie pod niektóremi względami chemicznie są różne. Na tem polega możność rozróżnienia ich optycznego przez działanie odczynników, zwłaszcza pewnych barwników, tak że różnice owe ujawniają się wyraźnie dla wzroku i w tych razach, kiedy przed działaniem odczynników odróżnienie nie było możliwe. Lecz jeśli obiedwie chemicznie różne materye tak ściśle są z sobą zmieszane, że nawet po wyodrębnieniu ich optycznem każda cząstka zbyt jest nikła, by mogła być przez mikroskop dostrzeżona, oczywiście nie rozróżnimy ich, podobnie jak w ścisłej mieszaninie dwu rozmaicie zabarwionych proszków nie dostrzegamy oddzielnych ziarenek, jeżeli wskutek delikatnego sproszkowania wymiary ich nie przekraczają pewnej granicy. Taki przypadek może oczywiście nastąpić także i wów-

www.dlibra.wum.edu.pl

czas, kiedy w dawniejszym okresie życia komórkowego obiedwie części składowe dały się jeszcze wyraźnie obok siebie rozróżniać. Gdy więc, jak to wspomniano, w młodych krążkach czerwonych krwi jądra są widoczne, a następnie dostrzedz ich nie można, nie znaczy to koniecznie, aby miały zupełnie zniknąć. Być bardzo może, że i nadal masa jądra i masa protoplazmy w tym samym stosunku pozostają ilościowym co i dawniej, lecz tak są z sobą zmieszane, że pozornie stanowią jednolitą, jednorodną masę, zupełnie tak samo jak mieszanina żółtego proszku ochry z niebieskim ultramaryny wydawać się może jednorodnym proszkiem barwy zielonej.

Tam wszakże, gdzie jądro występuje jako wyraźnie odgraniczony utwór w komórce, z pewnością w życiu komórki przypadają mu pewne funkcye różne od funkcyi protoplazmy. Zwłaszcza ma ono ważne znaczenie w procesie dzielenia się komórki, o czem później jeszcze będzie mowa. Prócz tego zaś jest ono, o ile się zdaje, niezbędnem dla zachowania życia prawidłowego komórki.

W istotach jednokomórkowych nieco większych można przez sztuczny podział tak odciąć kawałki protoplazmy, że dają się porównywać części zawierające jądro z bezjądrowemi. Można niekiedy w komórkach roślinnych sprowadzić toż samo przez plazmolizę. W tych przypadkach podziału sztucznego zjawiska życiowe, zarówno w częściach komórki z jądrem jak i w częściach jądra pozbawionych, przez czas pewien jeszcze w jednakowy sposób są zachowane. Gdy wszakże części zawierające jądro stale pozostają przy życiu i nawet odrastają w nich części odcięte, natomiast części bezjądrowe po kilku dniach giną. Jeżeli wyosobnimy samo jądro bez protoplazmy, to i ono szybko martwieje. Obiedwie więc części komórki, protoplazma i jądro, zależne są wzajem od siebie; żadna przez czas dłuższy sama istnieć nie może. Z doświadczeń nad promieniowcami (*Radiolaria*) wnosi Verworn, że po wydaleniu jądra przyswajanie wchłoniętego przez protoplazmę pokarmu nie może się już odbywać tak dokładnie; być może, że jądro dostarcza owych substancyj chemicznych, których potrzeba do trawienia pokarmu. Verworn spostrzegł także, że części promieniowców mające jądro znów wytwarzają skorupę w miejscach naciętych, natomiast kawałki jądra pozbawione tracą tę zdolność. W komórkach gruczołowych obserwowano również pewne zjawiska, które pozwalają wnioskować o nader ważnem znaczeniu jądra komórkowego w sprawie wydzielania soków.

W stanie obecnym wiedzy naszej nie można powiedzieć, czy rozmaity kształt jądra, zwłaszcza też czy obecność wielu jąder rozsianych w protoplazmie ma pewne znaczenie fizyologiczne. Jeżeli

www.dlibra.wum.edu.pl

skład chemiczny jądra różni się od składu protoplazmy i jeżeli zgodnie z tem pomiędzy jądrem a protoplazmą zachodzi przez dyfuzyą wymiana materyi, to oczywiście wymianie tej sprzyja i ułatwia ją powiększenie powierzchni jądra [1]).

W wymoczkach obok jądra dostrzegamy mniejsze ciałko, t. zw. jądro dodatkowe (*paranucleus* albo *micronucleus*) (porównaj fig. 57, str. 331). Na innem miejscu obszerniej mówić będziemy o tych jak i o innych częściach komórki oraz o osobliwych zjawiskach, które występują w pewnych warunkach w tych elementach komórki. Tymczasem stwierdzamy tylko, że protoplazma i jądro stanowią istotne części składowe komórki; protoplazma i jądro stanowią właściwą komórkę, i zespolone ze sobą wykazują wszystkie znane nam już zjawiska życiowe.

4. Różnicowanie komórki.

4. Do jak zdumiewającego zróżnicowania formy zewnętrznej wraz z współczesnym fizyologicznym podziałem pracy dojść może taka prosta komórka, tego przykład pouczający przedstawia wodorost przebywający w morzu Śródziemnem *Caulerpa prolifera* (fig. 52). Oś wyrastająca u góry w kierunku poziomym wypuszcza w dół wyrostki na kształt korzeni, a ku górze liściaste, rozgałęziające się wypustki. Jakkolwiek roślina ta dojść może do znacznej wielkości, albowiem jej „liście“ są nieraz długie na wiele centymetrów, to jednakże morfologicznie ma ona znaczenie jednej komórki. Zachodzi tu wszakże nietylko odmiana w kształcie komórki, lecz nadto prawdziwe zróżnicowanie pojedyńczych części komórki, połączone z fizyologicznym podziałem pracy. Owe

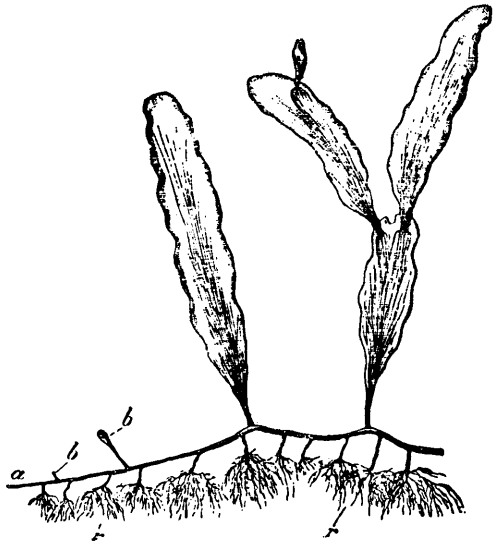


Fig. 52.

Caulerpa prolifera, w odorost z morza Śródziemnego, składający się z jednej komórki. *a* oś górna; *b* młode „liście“; *r* wyrostki dolne, „korzonki“.

[1]) W jądrach obficie są zawarte materye nukleinowe fosforowe (porównaj rozdz. X, § 18). Odczyn jądra często bywa kwaśny, podczas gdy

www.dlibra.wum.edu.pl

bowiem wyrostki dolne służą, podobnie jak korzenie roślin wielokomórkowych, do przytwierdzenia i pobierania pokarmu, podczas gdy części górne liściaste tej samej komórki, podobnie jak liście prawdziwe wszelkich roślin, spełniają czynność oddychania i asymilacyi.

Podobne zróżnicowanie znajdujemy u wielu istot jednokomórkowych, a w mniejszym stopniu w niektórych komórkach u istot wielokomórkowych. Tam, gdzie te ukształtowania są wyraźne, możemy przeto mówić z pewną słusznością o „organach komórki“ w tem samem znaczeniu, jak mówimy o organach istot wyższych. Rozliczne własności, które skupione są u ameb w jednej komórce i których współdziałanie stanowi życie ameby całej, w tych komórkach zróżnicowanych rozmieszczone są w oddzielnych częściach, zaś u istot złożonych w rozmaitych komórkach, tkankach i organach. Wynika ztąd, że w różnicowaniu się komórek istnieją powolne, stopniowe przejścia, poczynające się od występowania pojedyńczych części komórki (organów komórki), obdarzonych szczególnemi właściwościami, a kończące się na przeobrażeniu całych grup komórek w utwory specyficzne, obdarzone rozmaitemi czynnościami, jak to widzimy w tkankach i organach istot wyższych, zawilej zbudowanych.

5. Wiemy już, że błona otaczająca nie jest niezbędną składową częścią komórki. Komórki roślinne przeważnie mają błonę, zwierzęce zaś opatrzone są w nią stosunkowo rzadko. Ponieważ błona w każdym razie zmniejsza wymianę materyi pomiędzy ciałem komórki a jej otoczeniem, i to tem bardziej, im jest grubsza i mniej przepuszczalna, zrozumiałem jest przeto, że głównie otoczone są błoną takie komórki, które dłużej lub krócej pozostają w stanie zmniejszonej żywotności, jak to np. dzieje się przy t. zw. otorbieniu, które przytoczyliśmy jako przykład śmierci pozornej. 5. Błona komórkowa.

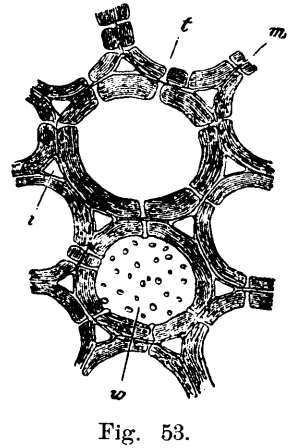


Fig. 53.

Komórki roślinne o ścianach grubych z otworkami. *i* przestrzeń międzykomórkowa; *w* dolna ściana komórki z licznemi otworkami.

W wielu przypadkach owa przeszkoda w wymianie materyi zostaje zredukowana przez to, że w błonie otaczającej komórkę znajdują się otwo-

protoplazma przeważnie ma odczyn obojętny lub słabo alkaliczny. Zachowanie się odmienne jądra i protoplazmy względem odczynników, zwłaszcza barwników, również pochodzi z różnego składu chemicznego.

www.dlibra.wum.edu.pl

ry, dzięki którym protoplazma w bezpośredniem pozostaje zetknięciu z otoczeniem lub z protoplazmą komórek sąsiednich.

Błony komórkowe grubieją często wskutek wydzielania się w nich rozmaitych materyj z komórek i osiągają w ten sposób znaczną moc. Dzięki temu ochraniają protoplazmę od parowania wody oraz od uszkodzeń mechanicznych. Zwłaszcza u roślin błony osiągają znaczny stopień twardości, sztywności i nadają w ten sposób całemu ciału rośliny pewną oporność, której nie mają nigdy utwory złożone z komórek nagich, nie otoczonych błonami.

Takie właśnie komórki o ścianach grubych mieli przedewszystkiem na oku v. Mohl i Schleiden u roślin, a Schwann u zwierząt, gdy stworzyli naukę o budowie komórkowej organizmów. Ponieważ sądzono z początku, że błona należy do istotnych części komórki, przeto uważano komórkę za przestrzeń wypełnioną cieczą. Tem też objaśnić sobie możemy samą nazwę, która właściwie nie dobrze daje się stosować do komórki nagiej w naszem pojęciu, złożonej tylko z jądra i protoplazmy.

Budowę utworów roślinnych, złożoną z pojedyńczych elementów, podobnych do komórek w plastrach miodu, opisał po raz pierwszy fizyk angielski Robert Hooke (1667). Meyen, Schleiden, Hugo v. Mohl oraz inni botanicy dowiedli następnie, że komórka powinna być uważana za formę pierwotną, z której wyprowadzić się dają wszelkie tkanki roślinne, a Schwann (1839) później dowiódł tego samego dla tkanek zwierzęcych. Jądro w komórce roślinnej opisał po raz pierwszy botanik Robert Brown (1773—1858).

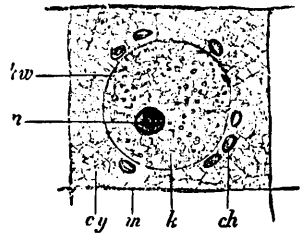


Fig. 54.
Młoda komórka roślinna. *k* jądro; *kw* błona jądra; *n* jąderko; *cy* cytoplazma; *ch* chromatofory; *m* błona komórki. Powiększ. około 1000 razy.

W młodych komórkach roślinnych (fig. 54) błony są zazwyczaj cienkie; grubienie ich wskutek wydzielania się błonnika (celulozy) następuje dopiero później. Całkowita przestrzeń otoczona błoną jest równomiernie wypełniona drobnoziarnistą protoplazmą. Duże jądro znajduje się w przybliżeniu po środku komórki; otoczone jest delikatną lecz mocną błonką jądrową; w jądrze łatwo uwidocznić barwiącą się substancyą chromatynową oraz duże stosunkowo jąderko (*n*). Obok jądra położone są w protoplazmie czyli, jak ją jeszcze inaczej nazywają, cytoplazmie (*cy*), dwa okrągławe drobne utwory, centrosfery, odpowiadające wspomnianym wyżej śródciałkom (*centrosoma*). O nich zarówno jak o t. zw. chromatoforach (*ch*) znajdujących się w cytoplazmie, zwłaszcza komórek roślinnych, później jeszcze będzie mowa.

www.dlibra.wum.edu.pl

Opisana tu komórka pochodzi z t. zw. stożka wegetacyjnego rośliny jawnokwiatowej, w którym zachodzi żwawy wzrost przy ustawicznem rozmnażaniu się komórek przez podział. Komórki są przeto gęsto obok siebie skupione i spłaszczają się wzajemnie, tak że przybierają kształt sześcianów lub tabliczek; w przecięciu optycznem wyglądają kwadratowo.

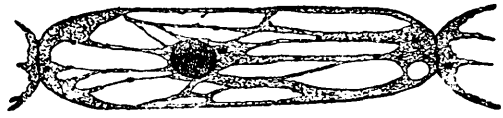


Fig. 55.

Komórka z nitki pręcikowej *Tradescantia virginica*. Protoplazma przylega do błony komórkowej jako cienka warstwa ścienna oraz tworzy sieć grubszych i cieńszych sznurków; w węźle tych sznurków protoplazmy znajduje się jądro, pomiędzy niemi zaś duże, wypełnione sokiem komórkowym wodniczki.

Fig. 55 wyobraża komórkę starszą. Powiększyła się ona przez wzrost; lecz protoplazma nie zwiększyła się w tej samej mierze co sok komórkowy. Protoplazma w części przylega do ściany błony, w części przeciąga w postaci pasem i sznurków rozmaitej grubości, pomiędzy któremi znajdują się wodniczki (wakuole). W miejscu spotkania się większej masy protoplazmy znajduje się jądro, małe w stosunku do wielkości komórki.

W państwie zwierzęcem komórki nagie czyli nie otoczone błonami znacznie częściej występują aniżeli w świecie roślinnym. Niektóre z nich tak są podobne do ameb, że łatwo można się pomylić, jeżeli nie jest znane pochodzenie badanych komórek. Dotyczy to np. leukocytów, znajdujących się we krwi i żyjących tu podobnie jak ame-



Fig. 56.

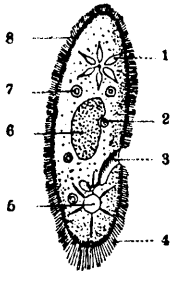


Fig. 57.

Fig. 56. Leukocyty z krwi ludzkiej, w stanie spokoju i w ruchu ameboidowym.

Fig. 57. *Paramaecium caudatum*. 1 i 5 wodniczki tętniące; 2 jądro dodatkowe; 6 jądro; 3 otwór ustny i przełyk; 7 wodniczek pokarmowy; 8 szczecinki w oskórku; 4 szczecinki wysunięte nazewnątrz.

by żyją w wodzie stawów i mórz (porówn. fig. 56 i fig. 44 na str. 303). Zmieniają one swój kształt i poruszają się przy pomocy nibynóżek, wchłaniają, podobnie jak ameby, napotykane ciała stałe, trawią je lub wydalają znów i t. d. Te same komórki napotyka-

www.dlibra.wum.edu.pl

my też jako t. zw. komórki wędrujące w przestworzach rozmaitych tkanek zwierzęcych.

6. Wodniczek kurczliwy cz. tętniący.

6. U wielu ameb już dostrzegamy w protoplazmie jedno miejsce, które z wejrzenia i zachowania się od reszty protoplazmy istotnie się różni. Ukazuje nam się mianowicie jasna, okrągła plamka, która w regularnych odstępach czasu znika i znów na jaw występuje. Jest to wodniczek tętniący czyli kurczliwy, przestrzeń wypełniona przezroczystą cieczą; ciecz ta wskutek nagłego kurczenia się przestrzeni nią wypełnionej zostaje wyciśnięta, poczem znów powolnie się zbiera. Pięknie bardzo obserwować można wodniczki kurczliwe w składających się także z jednej tylko komórki wymoczkach, np. w przedstawionym na fig. 57 *Paramaecium*, o którego narządach komórkowych później jeszcze będzie mowa. *Paramaecium* ma dwa wodniczki kurczliwe; dokoła nich widać promienisto ułożone kanaliki, które mają swe ujście w wodniczkach. Kanaliki te prowadzą ciecz do wodniczka, z którego znów przez też kanaliki ciecz rytmicznie zostaje wyciskana. Protoplazma więc w najbliższem otoczeniu wodniczka tem się od reszty protoplazmy różni, że jej skurcze zachodzą rytmicznie i zawsze w taki sposób, że wodniczek ze wszech stron równomiernie się zwęża. Wodniczek kurczliwy jest niejako najprostszym typem organów, które u zwierząt wyższych występują w postaci serca tętniącego.

W amebie zarówno pobieranie pokarmu jak i wydalanie materyj nieużytecznych zachodzić może w każdem dowolnem miejscu ciała. Odnosi się to i do ciał stałych i do rozpuszczonych, które dzięki dyfuzyi z całej powierzchni ameby przenikają do jej wnętrza; dotyczy to też związków rozpuszczalnych wytworzonych wewnątrz ameby, które dyfundują nazewnątrz. oraz absorbowanych gazów. Tlen może być z powierzchni pochłaniany, dwutlenek węgla na powierzchni wydalany. Ruchy ameby, powodujące ustawiczne zmiany jej powierzchni, sprzyjają w wysokim stopniu tej dyfuzyi, tak że przy niezmiernie drobnych wymiarach całego żyjątka pomimo powolności prądów dyfuzyjnych ta wymiana wystarcza do podtrzymania całkowitego przerobu materyi.

Gdy wszakże istota żyjąca jest większa, a procesy życiowe żwawiej w niej zachodzą (co połączone być musi ze wzmożeniem przerobu materyi), wówczas powyższe urządzenia najprostsze wystarczyć już nie mogą. Całkowicie zaś stają się one niedostatecznemi, przynajmniej we względzie pobierania i wydalania ciał stałych, gdy powierzchnia grubieje, tworząc błonę czyli t. zw. oskórek (*cuticula*), jak to się dzieje u *Paramaecium*. Taka nieco twardsza powierzchnia, która nie wyłącza zdolności poruszania

www.dlibra.wum.edu.pl

się, lecz ochrania ciało od uszkodzeń mechanicznych i nadaje mu formę trwalszą, jest bezwątpienia wysoce dla tych istot pożyteczna.

Bezpośrednio z oskórkiem graniczącą warstwa „korowa“ protoplazmy znacznie jest mocniejsza, bardziej zbita niż reszta protoplazmy, która u ameb jest półciekła, delikatnie ziarnista. U *Paramaecium* widzimy w tej warstwie korowej rodzaj prążkowania poprzecznego. Po zabiciu *Paramaecium* widać, jak z ciała występuje delikatna szczecinka, znacznie dłuższa od widocznych na rysunku rzęs, o których później będzie mowa. To, co ukazuje się jako prążkowanie poprzeczne warstwy korowej, są to przestrzenie wrzecionowate, w których mieści się owa szczecinka. Mamy tu do czynienia z urządzeniem podobnem, jak nitki parzące u parzydełkowców *(Cnidaria)*, które zwinięte są wewnątrz torebki, z której nagle wyskakują, aby służyć jako broń zaczepna lub odporna. U parzydełkowców końce nitek opatrzone są w haczyki, które wbijają się w skórę nieprzyjaciela, poczem z nici wylewa się ciecz żrąca w utworzoną w ten sposób ranę.

Nieco dokładniej przyjrzyjmy się teraz *Paramaecium*. Zwierzątko to nie jest zbudowane zupełnie symetrycznie. Jedna jego powierzchnia (nazwijmy ją grzbietową) jest wypukła i pokryta całkowicie rzęsami. Na powierzchni przeciwległej (brzusznej) znajduje się płytkie zagłębienie, które przechodzi w usiany rzęskami przełyk. Ruch tych rzęsek wytwarza wir, który porywa do przełyku wodę wraz z cząstkami stałemi w wodzie zawartemi. Pozostaje to na dnie przełyku, zkąd po czasie pewnym, dzięki pewnego rodzaju skurczowi, przechodzi w napółciekłą protoplazmę. W ten sposób powstaje mała wodą i cząstkami stałemi wypełniona przestrzeń, która szybko znów, dzięki spływaniu się protoplazmy, zamyka się od strony przełyku. Ponieważ zjawisko to się powtarza, powstaje przeto pewna liczba oddzielnych wypełnionych wodą i cząstkami stałemi t. zw. wodniczków pokarmowych (odróżniać je należy od opisanych wyżej wodniczków kurczliwych), które dzięki skurczom protoplazmy poruszają się w jej wnętrzu. Podczas tego ruchu woda wraz ze wszystkiem, co jest w niej rozpuszczone, w szczególności też pochłonięty tlen przechodzi do protoplazmy dzięki dyfuzyi. Wodniczki pokarmowe przeto, im dalej się posuwają, stają się coraz mniejsze. W końcu pozostają same tylko cząstki stałe, niestrawne i nie mogące być przez protoplazmę przyswojone, asymilowane. Wydalają się one nazewnątrz w pewnem miejscu, które nazywa się odbytem [1]). Nadmiar wo-

[1]) U *Paramaecium* nie widzimy prawdziwego otworu odbytowego, jak u innych istot jednokomórkowych. Lecz powierzchnia ciała w jednem

www.dlibra.wum.edu.pl

dy natomiast wraz z rozpuszczonemi w niej materyami, zwłaszcza produkty wytworzone w ciele, wydala się przez wodniczki kurczliwe.

7. Bicze (wici) i rzęsy.

7. Wyraźniej jeszcze niż w wodniczkach kurczliwych różnicowanie się kurczliwości właściwej protoplazmie występuje w pewnym kierunku w t. zw. wiciach (biczykach), napotykanych już u niektórych ameb. Fig. 58 wyobraża amebę, *Mastigamoeba aspera*, opatrzoną w taką wić. Obok nibynóżek, które zewsząd wypływają z ciała ameby i znów wciągają się, widzimy tu jeszcze w jednem miejscu oddzielny organ ruchowy, długą, cienką nić, której drgania biczykowate sprowadzają poruszanie się całego osobnika w wodzie.

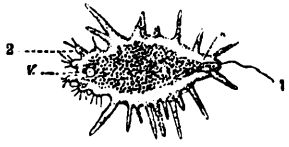


Fig. 58.
Mastigamoeba aspera z wysuniętemi nibynóżkami.
1 wić; 2 nibynóżki; *v* wodniczek.

Ruch biczykowaty występuje w młodocianych stanach najrozmaitszych istot żywych, u takich także, które w stanie dojrzałym wszelkiego samoistnego ruchu są pozbawione. U wielu roślin i zwierząt komórki rozrodcze opatrzone w biczyki oddzielają się od organizmu macierzystego i jako t. zw. „pływki“ przejściowo prowadzą swobodne życie wędrowne, zanim nie osiądą i nie stracą biczyka. U innych istot, t. zw. wiciowców czyli wymoczków biczykowatych przez całe życie wici te pozostają. *Mastigamoeba* ma jeden tylko biczyk. Niekiedy występują obok siebie dwa biczyki lub też cztery, dwa u przedniego a dwa u tylnego końca ciała. Podczas ruchu zwykle koniec w wić zaopatrzony posuwa się przodem, lecz zdarza się też odwrotny kierunek ruchu. To ostatnie spostrzegamy zazwyczaj w nitkach nasiennych (*spermatosoma*, *spermatozoon*), czyli w komórkach, których łączenie się z jajem sprowadza zapłodnienie płciowe u istot wyższych. Biczyk jest tu zamieniony w długi, szeroki wyrostek i ma kształt wstążki falującej podczas ruchu. Biczyk ten, zwany także ogonkiem, zawiera w sobie przeważną część protoplazmy komórkowej, podczas gdy koniec przedni, t. zw. główka, składa się prawie tylko ze substancyi jądrowej. Na fig. 59 widzimy taką nitkę nasienną salamandry.

Krótsze i cieńsze od wici są rzęsy czyli migawki, które zwłaszcza pięknie są ukształtowane u wymoczków rzęsowatych

---

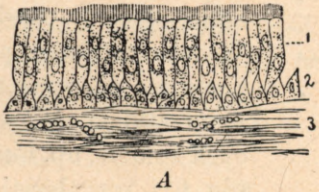
miejscu jest większa, tak że tutaj zachodzić może wyciskanie ziarenek przez skurcze protoplazmy.

www.dlibra.wum.edu.pl

(*Ciliata*). Występują one zawsze w większej liczbie albo na całem ciele, jak u opisanego wyżej *Paramaecium*, albo w niektórych tylko miejscach, jak u wirczyków (*Vorticellina*) (fig. 61). Ruchy migawkowe tych rzęs wprawiają w ruch całe ciało tych drobnych istot; w innych znów razach, mianowicie gdy komórka znajduje się u przeciwległego końca, ruchy te sprowadzają prądy w wodzie, w której wymoczki przebywają, a ruch wody sprzyja dowozowi pokarmu. W ciele istot wyższych (także u ssących) znajdują się komórki, które w znacznej liczbie ułożone obok siebie na powierzchni błon, tworzą t. zw. nabłonek i na powierzchni zewnętrznej zaopatrzone są w rzęski. Ustawiczne ruchy tych włosków rzęskowych wprawiają w ruch ciecz przylegającą do nabłonka oraz drobne ciała stałe, które na nabłonku się znajdą. Komórki takie znajdują się np. w tchawicy zwierząt ssących, a dzięki ruchom migawkowym rzęs nabłonka śluz oraz ciała obce mogą być z tchawicy usuwane. Za stopień pośredni pomiędzy rzęskami a właściwemi nibynóżkami uważać można wyrostki komórek nabłonkowych na błonie śluzowej przewodu kiszkowego, których zadaniem jest zapewne chłonienie kropel tłuszczu oraz cząstek stałych i przenoszenie ich dalsze w głąb błony śluzowej (porówn. rozdz. XI, § 6).



Fig. 59. Nitkinasienne, po lewej stronie widziane z boku, po prawej z powierzchni. *b* główka; *c* część środkowa; *d* ogonek; *e* nitka końcowa.



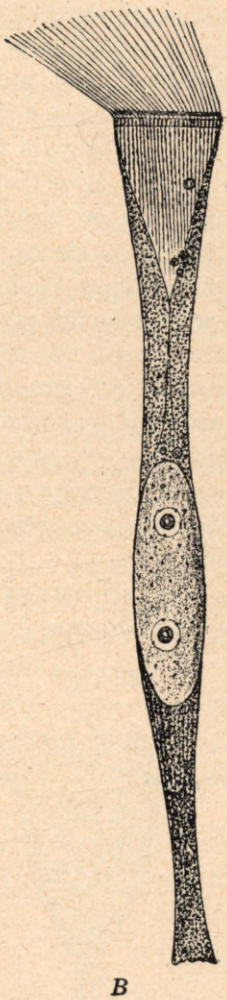


Fig. 60. Komórki rzęsowe (migawkowe). *A* z jamy bębenkowej. 1 komórki cylindryczne z rzęsami, 2 komórki mniejsze u podstawy, na błonie śluzowej (3). *B* duża komórka rzęsowa z *Cyclas cornea*, mięczaka żyjącego w wodach słodkich.

Bardzo duże rzęsy, tak zwane tafelki rzęsowe występują u żebropławów i u innych istot wielokomórkowych, przebywa-

www.dlibra.wum.edu.pl

jących w wodzie, i służą jako organy ruchu. Tutaj mechanizm ruchu rzęsowego może być lepiej badany aniżeli na bardzo delikatnych i niezmiernie szybko poruszających się włoskach rzęskowych i migawkowych (bliższe szczegóły w rozdz. XVIII i XIX).

Podczas gdy ruch amebowy zachodzi dzięki kurczliwości właściwej całej protoplazmie, natomiast w wodniczkach kurczliwych, w wiciach i rzęsach mamy kurczliwość rozwiniętą do wysokiego stopnia w pewnych szczególnych częściach ciała, i kurczliwość ta ujawnia się tu w pewnym oznaczonym kierunku. Gdy w biczyku lub nitce rzęsowej skraca się naprzemian już to jedna strona, już druga, organ kurczliwy skrzywiać się musi naprzemian w obudwu kierunkach. Kurczliwość działa tu przeto wyłącznie lub przeważnie w kierunku podłużnym wyrostka kurczliwego. W wyższym jeszcze stopniu ta kurczliwość jednostronna jest rozwinięta we włóknach mięśniowych, które u zwierząt wyższych są istotnemi i właściwemi narządami ruchu. Działające w sposób podobny części komórek znajdują się wszakże również u niektórych istot jednokomórkowych. To zróżnicowanie materyi komórkowej występuje bardzo wyraźnie u wirczyków.

8. Mięśnie.

8. Wirczyki (*Vorticellina*) są to wymoczki żyjące pojedyńczo lub tworzące kolonie. Zwierzę pojedyńcze składa się z ciała kształtu dzwonkowatego, wydłużającego się w cienką, długą, cylindryczną łodyżkę, której koniec dolny rozszerzony przytwierdza się do przedmiotu w wodzie leżącego, kamienia, drzewa, liścia, niekiedy też do ciała chrząszcza. W tym ostatnim przypadku wirczyk przesuwa się wraz z poruszającym się zwierzątkiem. W wirczykach tworzących kolonie, np. *Carchesium polypinum* (fig. 61), rozgałęziające się łodyżki wychodzą ze wspólnego pnia przyrośniętego do podstawy. Wirczyki, podobnie jak *Paramaecium*, należą do wymoczków rzęsowatych. Gdy wszakże *Paramaecium* na całej powierzchni ciała pokryte jest rzęsami, u wirczyków widzimy tylko jeden wieniec rzęs, otaczający zgrubiałą krawędź dzwonkowatego ciała. Dzwonek w znacznej

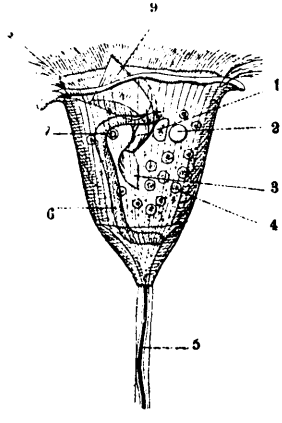


Fig. 61.

Carchesium polypinum, wirczyk tworzący kolonie. 1 wodniczek (wakuola); 2 wakuola tętniąca; 3 przełyk; 4 grudki pokarmu z wodniczkami; 5 mięsień łodyżkowy; 6 jądro w postaci podkowy; 7 jądro dodatkowe; 8 tarcza okołoustna (*peristomium*); 9 błonka falująca.

www.dlibra.wum.edu.pl

części zamknięty jest pewnego rodzaju ukośnie ułożoną pokrywą. W miejscu, w którem pokrywa ta się kończy, poczyna się rura sięgająca mniej więcej do połowy ciała; jest to t. zw. przełyk. Obok niej widać tętniący wodniczek i duże w kształcie podkowy jądro. Rzęsy otaczają cały brzeg zgrubiały i sięgają w części do przełyku. U *Carchesium* znajduje się nadto błonka falująca, będąca niejako skupieniem wielkiej liczby zrośniętych ze sobą rzęs. Włoski rzęskowe pozostają w ruchu ustawicznym, który, przenosząc się z jednego włoska na drugi, sprawia złudzenie, jak gdyby krawędź obracała się jak kamień młyński dokoła swej osi. Ten ruch rzęskowy wytwarza w wodzie otaczającej wir, który wpędza cząstki w wodzie pływające do przełyku, a ztąd do ciała zwierzęcia. Można to obserwować zwłaszcza wyraźnie, gdy się umyślnie doda do wody drobnego proszku barwnego.

Łodyżka składa się z delikatnej przezroczystej błony i z mocniejszej, nieco wężykowato przebiegającej nici osiowej, t. zw. mięśnia łodyżkowego. Ten mięsień przy znacznem powiększeniu wskazuje prążkowanie podłużne, tak że uważać trzeba, że jest złożony z wiązki delikatnych włókienek. W miejscu, w którem łodyżka ta przechodzi w ciało, włókna dzielą się i rozchodzą jako delikatne prążki w warstwie korowej ciała. Błona łodyżki przechodzi w oskórek ciała dzwonkowatej formy, który jeszcze prócz owej warstwy korowej, pokrywa zzewnątrz ciało zwierzątka.

Wirczyki są w wysokim stopniu drażliwe. Przy najmniejszem wstrząśnieniu ciało ich wskutek kurczenia się włókien mięśniowych zwija się w kłębek, przyczem ów mięsień łodyżkowy mocno się skraca.

Mamy tu przykład, w którym część ciała komórki jeszcze wyraźniej przekształciła się w długi, cienki utwór, kurczliwy w kierunku podłużnym. Jest to cecha charakterystyczna właściwych włókien mięśniowych wszystkich zwierząt wyższych. Słusznie przeto ową część kurczliwą łodyżki, jakkolwiek jest ona tylko częścią komórki, nazywać możemy także mięśniem. Badania ściślejsze pouczają, że wszelkie mięśnie powstają na skutek przeobrażenia zawartości komórkowej w ten sposób mianowicie, że protoplazma zwłaszcza silnie rośnie w jednym kierunku, a kurczli-

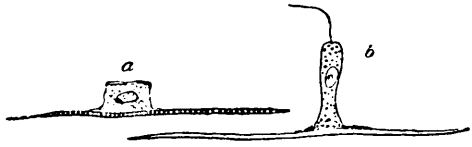


Fig. 62.
Komórki kurczliwe nabłonka. *a* meduzy; *b* aktynii, ostatnia z wicią.

www.dlibra.wum.edu.pl

wość, zwykle równomierna we wszystkich kierunkach, rozwija się jednostronnie w kierunku podłużnym, zanika zaś zupełnie w kierunku poprzecznym.

U wielu istot wielokomórkowych również występują komórki, których protoplazma w części różnicuje się w substancyą mięśniową, np. u meduz występują t. zw. komórki kurczliwe nabłonka (fig. 62). Ściana ciała stułbii (*Hydra*) zbudowana jest z dwu warstw komórek. Wewnętrzna składa się z dużych, w części w wici zaopatrzonych komórek, tworzy ona entodermę. Warstwa zewnętrzna, ektoderma, oddzielona od tamtej delikatną błonką bezkształtną, zawiera dwa rodzaje komórek, duże, ku wnętrzu zwężające się stożkowato, oraz małe, wypełniające przestrzenie pomiędzy owemi stożkami. Pierwsze ukończów wewnętrznych

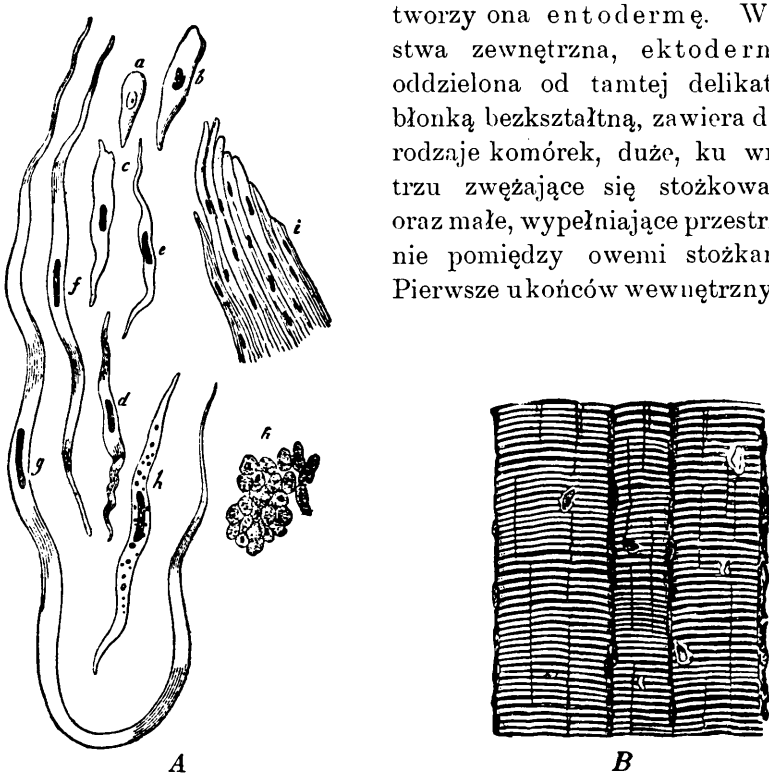


Fig. 63.

A. Włókna mięśniowe gładkie. *B*. Włókna mięśniowe poprzecznie prążkowane. *a* i *b* formy młodociane; *c-g* rozmaite formy komórek mięśniowych dojrzałych; *h* włókna zawierające ziarenka tłuszczowe; *i* wiązki włókien; *k* przekrój poprzeczny przez wiązkę włókien; w niektórych widać jądro. — O mięśniach poprzecznie prążkowanych porówn. rozdz. XVIII.

zaginają się pod kątem prostym, tworząc skurczliwe płytki, wyrostki mięśniowe, które biegną równolegle do osi podłużnej zwierzęcia i leżą na owej błonce, oddzielającej warstwę zewnętrzną od wewnętrznej. Im to zawdzięcza zwierzę swą kurczliwość.

We właściwych komórkach mięśniowych przeważna część

www.dlibra.wum.edu.pl

ciała komórki zamieniła się na substancyą kurczliwą, tak że jądro wraz z drobną resztą pierwotnej protoplazmy zredukowało się do bardzo niewielkiej objętości. Rozróżniamy dwa rodzaje mięśni, gładkie i poprzecznie prążkowane. Włókna mięśniowe gładkie występują jako komórki wrzecionowate o końcach długich, śpiczastych i o jądrze zazwyczaj wydłużonem, albo jako komórki rozgałęziające się, których warstwy zewnętrzne stały się kurczliwe, podczas gdy część wewnętrzna, osiowa zawiera niezmienioną protoplazmę wraz z jądrem. W mięśniach poprzecznie prążkowanych substancya kurczliwa uległa podziałowi na dwa rodzaje substancyi, różne także pod względem optycznym. Obiedwie te substancye, z których jedna jest ciemniejsza, druga jaśniejsza, układają się warstwami na przemian, wskutek czego włókno ukazuje prążkowanie poprzeczne do swego kierunku podłużnego [1]).

Gładkie zarówno jak i poprzecznie prążkowane włókna mięsne występują w masach większych, pierwsze często łączą się w błony, sploty lub pierścienie, ostatnie zaś w grubsze lub cieńsze wiązki włókien. Z takich wiązek włókien poprzecznie prążkowanych składają się mięśnie skieletu zwierząt kręgowych, które poznaliśmy najogólniej, opisując anatomią królika.

9. Przykład włókien mięśniowych nadaje się doskonale do wyjaśnienia, jak z organów komórkowych czyli z pojedyńczych wyróżnicowanych części komórki powstać może komórka w całości swej wyróżnicowana, która nie jest już zdolną do życia samodzielnego, lecz istnieć może tylko jako część organizmu porządku wyższego. Gdy przez dzielenie się wielokrotne z jednej komórki (komórki rodzicielskiej) powstają liczne komórki (komórki potomne), które nie oddzielają się od siebie, by żyć odrębnie, lecz pozostają ze sobą w związku, wówczas, jak to widzieliśmy w rozdziale XII, powstają albo kolonie albo zawile zbudowane organizmy wyższego rzędu. Nazwijmy takie utwory organizowane ogólnem mianem zbiorowisk komórkowych. Zbiorowiska komórek, które znów z kolei stanowią części zawilszego ustroju i które na

9. Zbiorowiska komórek.

[1]) Przy tworzeniu się włókien mięsnych komórki wydłużają się; jądra ich się dzielą, lecz protoplazma nie rozpada się na wyraźnie odgraniczone komórki. Włókna mięśnia sercowego składają się natomiast z komórek wydłużonych, często rozgałęzionych, jednojądrowych, których powierzchnie końcowe sklejone są ze sobą materyą kitową. Współcześnie z dzieleniem się jądra i wydłużaniem się komórki zachodzi przeobrażenie plazmy w dwie różne materye; tylko w najbliższem otoczeniu jąder pozostaje reszta protoplazmy niezmienionej.

www.dlibra.wum.edu.pl

skutek jednostronnego rozwoju swych komórek zyskały pewien charakter morfologiczny i fizyologiczny, nazywamy tkankami; z tkanek składają się organy, narządy organizmów wyższych.

Podczas rozwijania się w tkanki komórki pojedyńcze mogą pozostawać tuż obok siebie, tak że się ze sobą stykają; najczęściej w tym razie spajają, sklejają się one ze sobą przy pomocy t. zw. substancyi kitowej (spajającej), przez nie same wydzielanej,

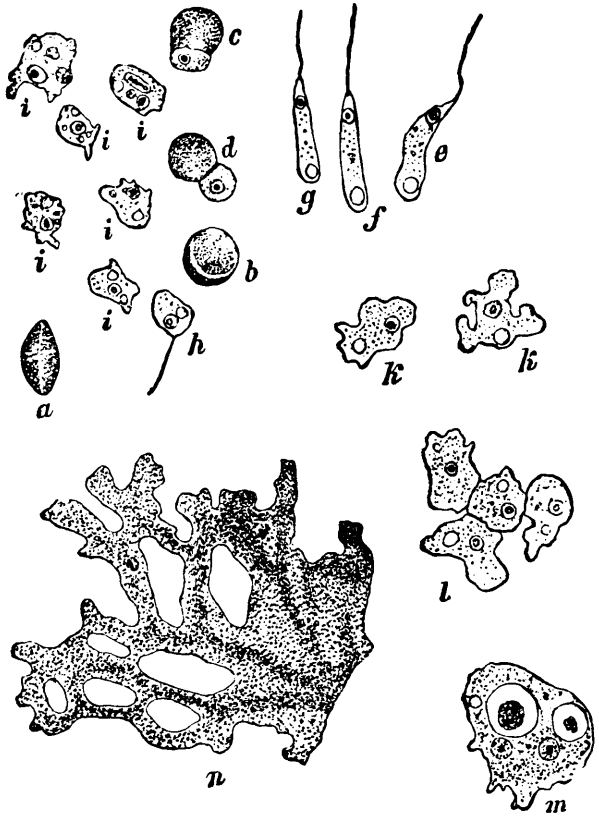


Fig. 64.

Chondrioderma difforme, śluzowiec rozwijający się na gnijących liściach, nawozie i t. d. *a* zarodnik suchy; *b* zarodnik napęczniały przez nasiąknięcie wodą; *c*, *d* zawartość występująca z ciała zarodnika; *e-g* pływki; *h-k* śluzoameby (myxameby); *l* ameby jeszcze nie sklejone ze sobą; *m* okres początkowy sklejania; *n* kawałek dojrzałego śluzowca (plasmodium) powstałego przez sklejenie.

i często, spłaszczając się przez ucisk wzajemny, przybierają formy poliedryczne, albo też zazębiają się, wchodząc niejako jedne w drugie, co znacznie wzmacnia trwałość połączenia. Lecz mogą też komórki pozostawać w pewnem od siebie oddaleniu wskutek obfit-

www.dlibra.wum.edu.pl

szych wydzielin swej protoplazmy. W tym razie ową masę wydzielaną, w której komórki niejako są rozmieszczone, nazywamy substancyą międzykomórkową. Ta masa może pozostać zupełnie jednorodną lub też uledz zmianom następczym, stać się włóknistą lub t. p. [1]). Jako przykłady posłużyć nam tu mogą: tkanka nabłonkowa z jednej strony, z drugiej zaś chrząstka (porówn. fig. 68, 69, 70).

W innych znów przypadkach komórki tak się ze sobą zespalają, że powstaje większa, nieprzerwana masa protoplazmy z licznemi jądrami. Takie zbiorowisko komórek nazywamy *syncytium*. Można uważać za takie zbiorowisko mięśnie poprzecznie prążkowane (porówn. przypisek na str. 339). Inny przykład stanowią śluzowce (*Myxomycetes*). Na fig. 64 widzimy rozwój takiego *syncytium*. W *a* widzimy t. zw. zarodnik suchy, sfałdowany. Gdy zarodnik taki dostanie się do wody, pęcznieje i wygląda tak, jak to widać w *b*; stanowi on tu prostą komórkę zamkniętą w błonie, czyli otorbioną. Dłuższe nasiąkanie wodą prowadzi do pęknięcia tej błony, z której występuje komórka naga. Przybiera ona kształt podłużny i u jednego jej końca powstaje biczyk, którego ruchy pozwalają komórce pływać w wodzie (*e*, *f*, *g*). W tym stanie komórka nazywa się pływkiem. Prócz tego komórka zawiera jeszcze jądro i wodniczek skurczliwy. Po krótkim czasie ten zarodnik przestaje się poruszać, biczyk zanika a komórka przybiera wejrzenie małej ameby (*k*). Te komórki ameboidowe rosną i dzielą się; powstające ztąd komórki łączą się z sobą, tworząc t. zw. plasmodium (*n*). Warstwy ziarniste w tem plazmodyum pozostają w bezustannym ruchu; jednocześnie protoplazma wypuszcza wyrostki, wciąga je znów w siebie i t. d., zupełnie tak, jak się to dzieje

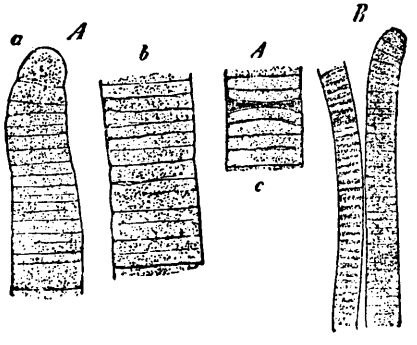


Fig. 65.

Oscillaria princeps (*A*) i *Oscillaria Froelichii* (*B*), dwa wodorosty rozszczepkowe tworzące nici. *a* część końcowa; *b* i *c* części ze środka nici.

[1]) Gdy komórki zupełnie od siebie oddzielone swobodnie poruszają się w cieczy, jak to np. dzieje się z czerwonemi i białemi komórkami we krwi, wówczas niektórzy morfologowie mówią o tkance z ciekłą substancyą międzykomórkową. Słuszniejszem wszakże wydaje nam się, aby w tym razie wogóle nie stosować nazwy tkanki.

www.dlibra.wum.edu.pl

u prawdziwych ameb. Gdy dwa wyrostki się spotykają, spływają one ze sobą; gdy wyrostek napotyka ciało stałe, wchłania je w siebie i uprowadza. Jednem słowem, plazmodyum zachowuje się niby olbrzymia ameba.

Chondrioderma difforme często występuje na gnijących szczątkach roślin i może dojść do wielkości kilku centymetrów. Jeszcze większe bywają plazmodya t. zw. spływu (*Fuligo varians*, *Aethalium septicum*), który tworzy na wilgotnej korze garbarskiej powłoki żółtej barwy o średnicy do 30 i więcej centymetrów.

Gdy płaszczyzny podziału komórki wszystkie względem siebie są równoległe, wówczas powstaje linijnie uszeregowany agregat komórek czyli nić z komórek złożona. Za przykład posłużyć tu mogą wodorosty rozszczepkowe i nitkowe (fig. 65, str. 341). W sposób podobny tworzą się, jako części większych kompleksów

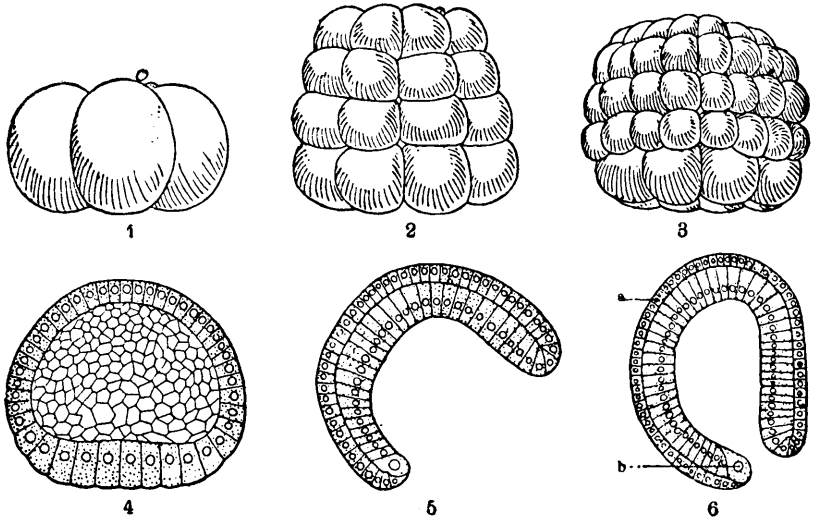


Fig. 66.

Brózdkowanie jaja lancetnika (*Amphioxus lanceolatus*). 1 okres czterech komórek; 2 okres trzydziestu dwu komórek; 3 morula; 4 blastula przecięta pośrodku; 5, 6 gastrula, *a* listek zewnętrzny (ektoderma). Z komórki *b* powstaje następnie trzeci listek, środkowy, mezoderma.

komórkowych, wypuklenia włosowate lub nitkowate, za których przykład przytoczyć możemy włoski na pręcikach trzykrotki (*Tradescantia*) (porówn. fig. 55). Gdy pewne komórki wpuklają się z boku i ztąd znów w dalszym ciągu podział komórek następuje, powstają wówczas nici rozgałęzione, jak to widać w nitkach grzybni u wyższych grzybów. Jeżeli płaszczyzny podziału ułożone są w dwu kierunkach prostopadłych do siebie, natenczas powstają

www.dlibra.wum.edu.pl

agregaty komórek ułożone w różnych płaszczyznach. Gdy wreszcie dzielenie się komórek zachodzi naprzemian w kierunku trzech prostopadłych względem siebie płaszczyzn, prowadzi to do powstania agregatów komórek w postaci brył.

10. Okresy rozwoju lancetnika.

10. Pragnąc na przykładzie wskazać powstawanie tkanek właściwych, przyjrzyjmy się pierwszym okresom rozwoju lancetnika (*Amphioxus lanceolatus*), jednego z najniżej organizowanych zwierząt kręgowych. Z jednej komórki, jaja, powstają przez dzielenie się 2, 4, 8 i t. d. komórek potomnych. Ponieważ przy każdem takiem dzieleniu się powierzchnia komórki w pewnem miejscu się przewęża i występuje w tem miejscu brózdka, przeto nazywamy też to zjawisko brózdkowaniem albo przewężaniem. Gdy wskutek tego brózdkowania powstało już skupienie wielu drobnych komórek, otrzymujemy kulę podobną do owocu morwy, t. zw. morula. Następnie komórki oddalają się od siebie; tworzy się dzięki temu jama wypełniona cieczą a otoczona komórkami. Jednocześnie dostrzegamy pierwsze ślady różnicowania się komórek; pewna część komórek dzieli się powolniej, te komórki przeto są większe. W tym okresie nazywamy zbiór komórek pęcherzykiem zarodkowym albo blastula. W przebiegu dalszym owa część, gdzie znajdują się większe komórki, spłaszcza się i wpukla do wewnątrz. Mamy obecnie woreczek złożony z dwu warstw komórek, t. zw. gastrula; owe dwie warstwy komórek, pomiędzy któremi znajduje się szczelina, późniejsza jama ciała, nazywamy listkiem zewnętrznym (*ectoderma*) i listkiem wewnętrznym (*entoderma*). Z zewnętrznej warstwy powstają później zewnętrzne pokrywy skóry (naskórek) z gruczołami i t. d., układ nerwowy i organy zmysłów. Listek wewnętrzny dzieli się w dalszym ciągu jeszcze na właściwy wewnętrzny (*entoderma*) i środkowy (*mesoderma*); powstają z niego: przewód kiszkowy oraz inne organy wewnętrzne, mięśnie i t d. Wszystkie przeto części dojrzałego zwierzęcia są tylko przeobrażonemi wytworami komórek, powstałych z przewężania się pierwotnego jaja.

Jaja, z których rozwijają się zwierzęta wyższe, często najzupełniej są podobne z wejrzenia do ameb. W innych przypadkach natomiast są otoczone błonami i wówczas ruchów ameboidowych wykonywać nie mogą.

11. Tkanki.

11. W sposób podobny jak z jaja lancetnika powstają też tkanki u innych istot żywych przez różnicowanie się komórek, pochodzących od jednej komórki rodzicielskiej. Postarajmy się w krótkich słowach opisać te tkanki, o ile nie wspomnieliśmy już

www.dlibra.wum.edu.pl

o nich wcześniej przy omawianiu pokrewnych organów komórkowych.

Przypatrzmy się przekrojowi przez liść (fig. 67), a dostrzeżemy kilka warstw komórek rozmaicie ukształtowanych. Obiedwie powierzchnie ograniczone są warstwami komórek, które nazywamy naskórkiem. Pod naskórkiem powierzchni górnej liścia znajdują się komórki wydłużone, które nazywamy miękiszem palisadowym; przestrzeń pomiędzy temi ostatniemi a naskórkiem powierzchni dolnej wypełniają komórki, które noszą nazwę miękiszu luźnego.

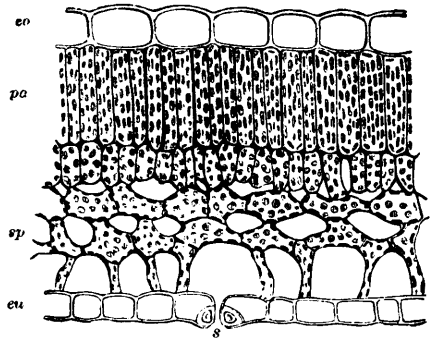


Fig. 67.

Przekrój poprzeczny przez liść buku (*Fagus silvatica*). *eo* naskórek górny; *eu* naskórek dolny; *s* szparka; *pa* miękisz palisadowy; *sp* miękisz luźny, gąbczasty.

Utkanie ciała roślinnego z komórek ujawnia się zazwyczaj bardzo jeszcze wyraźnie nawet w tkankach bardzo zmienionych, czego w równym stopniu nie widać w tkankach zwierzęcych. Ściany komórek roślinnych często mocno grubieją, przez co zyskują znaczną moc. Wskutek wzrostu wydłużają się one głównie w jednym kierunku.

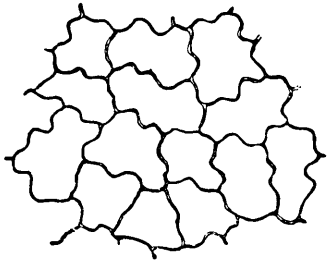


Fig. 68.

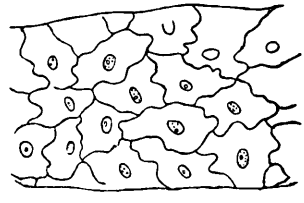


Fig. 69.

Fig. 68. Komórki naskórka z górnej powierzchni liścia *Mercurialis perennis*; powiększ. 300 razy.
Fig. 69. Warstwa śródbłonka w naczyniu limfatycznem; powiększ. 240 razy.

Najczęściej przytem wzrost protoplazmy nie zachodzi równie szybko jak wzrost ściany komórki, tak że w końcu protoplazma redukuje się do nieznacznej masy, przylegającej do ściany. W wielu komórkach protoplazma następnie zupełnie obumiera, pozostają wówczas tylko mocno zgrubiałe ściany komórek, służące jako or-

www.dlibra.wum.edu.pl

gany podpory; albo też wydłużone komórki zrastają się ze sobą ściankami i powstają z nich w ten sposób dłuższe rurki czyli naczynia, w których krążą soki pokarmowe i przez które płyną wydzieliny. Jednocześnie w przestrzeniach międzykomórkowych powstaje cały układ rurek, przeciągających przez całą roślinę, które w pewnych miejscach komunikują się z powietrzem zewnętrznem.

Opisany wyżej naskórek zazwyczaj ułożony jest na powierzchni w jednej warstwie, rzadziej w kilku; części ścian komórkowych od strony zewnętrznej zwykle są u roślin zgrubiałe i pokryte warstwą oskórkową (*cuticula*), która często jeszcze pociągnięta jest masą do wosku podobną. W ten sposób tkanka niżej położona jest ochroniona od zbytniej utraty wody; parowanie wody odbywać się może tylko w pewnych przerwach, lukach naskórka, o których jeszcze niżej będzie mowa. Widziane z powierzchni komórki naskórka wskazują kontury rzadko kwadratowe, częściej wydłużone prostokątne lub nieprawidłowej formy (fig. 68). Podobne są one do komórek błon, pokrywających bardzo często u zwierząt powierzchnie zamkniętych jam a nazywanych śródbłonkiem (fig. 69). Błony śluzowe pokrywające jamy i kanały przewodu pokarmowego i t. p. są najczęściej pokryte wielowarstwowemi pokładami komórek, których warstwy dolne składają się z komórek okrągławych, górne zaś z płaskich lub cylindrycznych, ustawionych długą osią prostopadle do powierzchni. Skóra zewnętrzna zwierząt wyższych pokryta jest kilku warstwami komórek, z których najpowierzchowniejsza zamieniona jest na płaskie, bardzo ubogie w wodę, zrogowaciałe łuski. Komórki pokrywające skórę i błony śluzowe obejmujemy nazwą nabłonka.

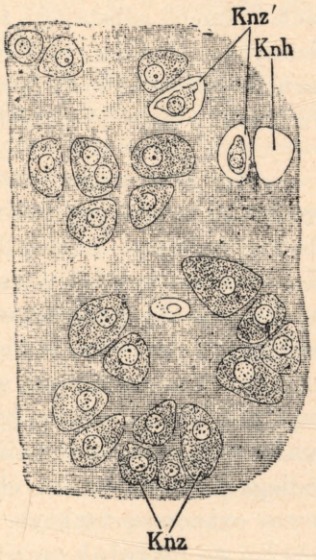


Fig. 70.

Chrząstka szklista. *Knh* jamka chrząstkowa; *Knz* komórki chrząstkowe; *Knz'* komórki chrząstkowe zmarszczone.

Oprócz nabłonków odróżniamy jeszcze pośród tkanek zwierzęcych tkanki łączne, występujące w rozmaitych odmianach (we właściwej tkance łącznej, w tkance chrząstkowej i kostnej), dalej

www.dlibra.wum.edu.pl

tkankę mięśniową, gruczołową i nerwową. Tkanka łączna otacza wszystkie elementy organów zwierzęcych w taki sposób, że gdybyśmy wyobrazili sobie substancyą organów zewsząd usuniętą, pozostanie wówczas niejako rusztowanie, skielet z tkanki łącznej, który w zupełności zachowuje formę zewnętrzną organów. Rozwinięta tkanka chrząstkowa i kostna występuje tylko u zwierząt kręgowych; u bezkręgowych zamiast kości spotykamy często skielet chitynowy, który moc swą zawdzięcza, podobnie jak kości, zawartości soli wapiennych. Dla przykładu przytaczamy w fig. 70 tkankę zwierzęcą, w której komórki o zgrubiałych błonach położone są wśród substancyi międzykomórkowej przez komórki wydzielonej. Jest to tkanka chrząstkowa. Zależnie od tego, czy substancya międzykomórkowa pozostaje jednorodna, czy też wydziela się w stanie włókien, rozróżniamy chrząstkę szklistą, włóknistą i siatkową. Niekiedy, zwłaszcza w wieku późniejszym, w substancyi międzykomórkowej wydzielają się sole wapienne, dzięki czemu chrząstka nabywa konsystencyi prawie kości. Kości prawdziwe również zawierają komórki, umieszczone w szczelinach i jamach substancyi zasadniczej, złożonej z osseiny i soli wapiennych. Osseina ma budowę włóknistą i ułożona jest w blaszkach współśrodkowych (koncentrycznych) dokoła t. zw. kanalików Haversa, w których przebiegają naczynia krwionośne.

12. Gruczoły.

12. Ponieważ o tkance mięśniowej i nerwowej obszerniej będziemy mówili na innem miejscu wykładów naszych, przeto obecnie pozostaje nam tylko do omówienia tkanka gruczołowa. Elementem najistotniejszym tej tkanki są komórki gruczołowe, które z powodu podobieństwa do komórek nabłonkowych często też bywają nazywane w histologii nabłonkiem gruczołowym. Pod względem fizyologicznym wszakże nie mają one z nabłonkami nic wspólnego, lecz uważane być powinny za tkankę specyficzną. Gruczoły są organami, w których protoplazma komórek szczególnym podlega przeobrażeniom chemicznym, dzięki czemu spełniają one pewne oznaczone funkcye. Rozróżniamy gruczoły jednokomórkowe i wielokomórkowe. Gruczoły występują zarówno w roślinach jak i w zwierzętach.

Aby objaśnić istotę czynności gruczołów, musimy przypomnieć niektóre szczegóły, na które zwróciliśmy już byli uwagę przy opisie zjawisk życiowych królika i ameb. Jak wiadomo, ameba może pobierać ciała obce i żywić się niemi. Materye pobrane muszą być w tym celu rozpuszczone. Gdy materye takie same przez się nie są rozpuszczalne, muszą one oczywiście przed rozpuszczeniem uledz przeobrażeniu chemiczne-

www.dlibra.wum.edu.pl

mu. Przypisaliśmy też amebie zdolność przerabiania chemicznego pobieranego pokarmu, trawienia.

W sposób odmienny zachodzi zjawisko to u istot, które otoczone są stałemi błonami. Istoty takie, np. bakterye mogą wchłaniać tylko związki chemiczne rozpuszczone. Lecz są między niemi i takie, które są też w stanie rozpuszczać mączkę, żelatynę lub ciała białkowe, z któremi się zetkną, czyli, mówiąc ściślej, potrafią sprowadzić w tych związkach takie przeobrażenia chemiczne, dzięki którym np. żelatyna na zimno rozpuszczająca się nieznacznie lub zgoła nierozpuszczalne ciała białkowe i mączka zamieniają się na substancye łatwo rozpuszczalne, jak cukier, peptony i t. p. (porówn. rozdz. X, § 9 i 17).

Trawienie więc, które zachodzi u ameby wewnątrz komórki, odbywa się u tych bakteryj na zewnątrz komórki.

Pragnąc to zrozumieć, przypuścić musimy, że z ciała bakteryi wydziela się materya, która na zewnątrz komórki bakteryjnej przeobraża mączkę, żelatynę, białko.

W obudwu więc przypadkach żywa protoplazma wytwarza produkty, które sprowadzają przemiany chemiczne. Produkty te wydzielane przez protoplazmę nazywamy enzymami (fermentami).

Wiadomo nam także, że woda oraz ciała w wodzie rozpuszczone, a powstające podczas zjawisk życiowych, wydzielają się już to wprost dzięki dyfuzyi, już przy współdziałaniu wodniczków tętniących, już wreszcie przez specyalne organy wydzielnicze. Nazwijmy ten proces wydalaniem (*excretio*) w odróżnieniu od wydzielania (*secretio*), a dojrzymy doskonałą analogią pomiędzy zjawiskami stwierdzonemi na pojedyńczych komórkach a zawiłemi czynnościami podobnemi u królika (porówn. rozdz. XI, § 10). Wydaliny są przeważnie produktami przerobu materyi, powstającemi z rozpadu protoplazmy głównie przez utlenianie. Nie mają one już dla organizmu żadnego znaczenia, żadnej mu już korzyści nie przynoszą, a nawet mogą nań działać szkodliwie, gdy się w większej ilości skupią. Wydzieliny natomiast, choćby nawet, jak u bakteryj, działały dopiero na zewnątrz organizmu, mają dlań istotne i nader ważne znaczenie, już to służąc sprawie odżywiania, już też w inny jaki sposób [1]).

Gdy zdolność wydzielania i wydalania, podobnie jak inna jaka własność komórki, wyodrębnia się, różnicuje w pewnej grupie komórek, usuwając na plan dalszy inne tych komórek czynności życiowe, powstają wówczas komórki gruczołowe, a utwo-

[1]) Dla przykładu przypomnieć tu też możemy jad węży lub wydzielinę, którą śmierdziel (*Mephitis mesomelas*) odstrasza swych wrogów. Porówn. również rozdz. XI, § 10.

www.dlibra.wum.edu.pl

rzone z nich organy wydzielinowe i wydalinowe nazywają się gruczoły.

Gruczołem jednokomórkowym jest np. włosek pokrzywy parzącej (fig. 71). Mocno wydłużona, na podstawie wielokomórkowej wyrosła komórka włosowa, której ścianki są zwapniałe a koniec jest utworzony z krzemionki, zawiera sok mocno żrący. Gdy włos ten zetknie się ze skórą zwierzęcia, główka odłamuje się, ostry koniec przenika w skórę, a zawartość komórki wlewa się do rany. Te włoski parzące przypominają nitki parzące, które poznaliśmy u parzydełkowców (*Cnidaria*) (porówn. wyżej § 6).

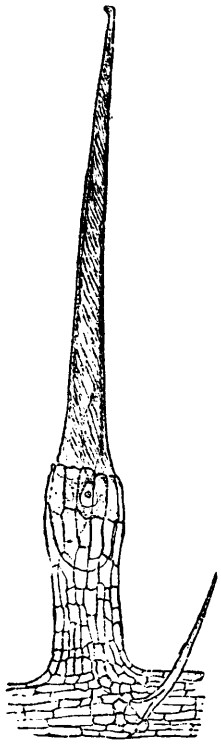


Fig. 71.

Włos parzący pokrzywy (*Urtica dioica*).

Opis w tekście.

Inne gruczoły u roślin wydzielają żywice, materye śluzowe, gumę i t. d., które w części wylewają się w zbiorniki wewnętrzne i przestworza międzykomórkowe, w części na powierzchnię; gruczołki-miodniki wydzielają roztwory cukru, służące na przynętę owadów, znów inne wydzielają rozmaite olejki wonne, służące do tych samych celów. Na oddzielną wzmiankę zasługują fermenty trawiące, wydzielane przez niektóre rośliny w specyalnych gruczołach a umożliwiające tym roślinom żywienie się materyami białkowemi, drobnemi zwierzątkami i t. p., czyli żywienie się w sposób taki, jak żywią się zwierzęta. Do roślin chwytających owady czyli owadożernych należą rosiczkowate (*Droseraceae*), muchołówka (*Dionaea muscipola*) i rozmaite gatunki dzbanecznika (*Nepenthes*) i kapturnicy (*Sarracenia*). Rosiczka (*Drosera rotundifolia*) ma na swych listkach okrągłych znaczną liczbę włosków czułkowych (fig. 72), które u górnego swego, kolbkowato rozszerzonego końca wydzielają ciecz lepką; do tej cieczy przylepiają się z łatwością muchy, motyle i t. p. Czułki następnie zginają się ku środkowi liścia, sam liść wpukla się, a schwytany owad zostaje strawiony przez wydzielinę, zawierającą ferment i kwas mrówkowy; powstające z trawienia peptony roślina wchłania. Podobnie dzieje się z muchołówką (*Dionaea*), podczas gdy rośliny z gatunków dzbanecznika i kaptur-

www.dlibra.wum.edu.pl

nicy chwytają zwierzątka niby w pułapkę w swe liście kielichowato przekształcone i trawią je przy pomocy cieczy zbierającej się na dnie kielicha a zawierającej ferment peptonizujący.

Zdolność wytwarzania fermentów czyli enzymów proteolitycznych (trawiących białko) i amylolitycznych (trawiących mączkę) jest w rzeczywistości właściwa wszelkiej protoplazmie roślinnej. Dzięki tym fermentom proteiny oraz wodany węgla nierozpuszczalne, które skupiają się w pewnych miejscach ciała rośliny, zostają zamienione na związki rozpuszczalne, które mogą z sokami płynąć do miejsc innych, gdzie zostają zużytkowane. W jednym z rozdziałów następnych będzie o tem mowa obszerniej.

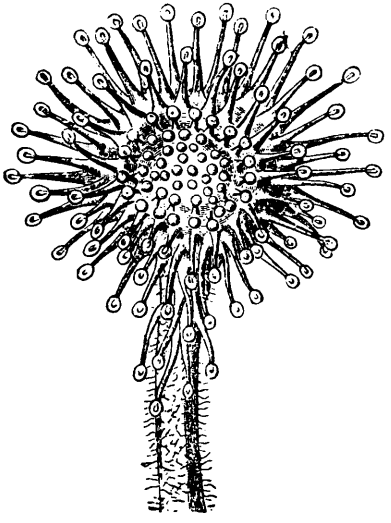


Fig. 72.
Liść rosiczki (*Drosera rotundifolia*) z łodyżkowatemi gruczołkami, które wydzielają krople lepkie, rozpuszczające białko.

Gruczoły najrozmaitszego rodzaju znajdujemy doskonale rozwinięte u zwierząt; służą tu one rozmaitym celom jako organy wytwarzające soki trawiące i jako organy wydzielnicze. Możemy i u zwierząt rozróżniać gruczoły jednokomórkowe i wielokomórkowe. Pierwsze występują w błonach śluzowych, rzadziej w skórze pomiędzy komórkami nabłonkowemi. Zawartość ich niekiedy całkowicie zamienia się na wydzielinę, po której wytworzeniu i wydaleniu na zewnątrz komórka obumiera. Albo też dzieje się tak, że ustawiczne zachodzi przeobrażenie materyi komórki na wydzielinę przy współczesnej regeneracyi protoplazmy komórkowej; komórka przeto jako taka nie ginie. W gruczołach wielokomórkowych komórki znajdują się w zagłębieniu powierzchni organu, otoczone oddzielną błoną, która u dolnego końca jest zamknięta a u górnego otwarta. Koniec zamknięty nazywamy w tym razie dnem gruczołu; resztę gruczołu, tak daleko jak sięgają specyficzne komórki gruczołowe, nazywamy ciałem gruczołu, a koniec otwarty, właściwie zaś całą rurkę, sięgającą w głąb ciała gruczołu, przewodem; niekiedy jeszcze węższą część

www.dlibra.wum.edu.pl

przewodu zwiemy szyjką. Przewód gruczołu pokryty jest wewnątrz nabłonkiem złożonym najczęściej z warstwy komórek sześciennych lub cylindrycznych. Gdy gruczoł położony jest daleko od powierzchni ciała (zewnętrznej lub wewnętrznej), wówczas przewód może mieć długość dość znaczną.

Gruczoły obficie wydzielające sok potrzebują oczywiście obfitego dowozu materyału dla przyrządzania tego soku. U zwierząt wyższych widzimy też gęstą siatkę naczyń krwionośnych włosowatych, rozgałęziających się na powierzchni zewnętrznej tkanki gruczołowej. Powierzchnia, na której stykają się ze sobą naczynia i komórki gruczołowe, oddzielone od siebie tylko nader delikatnemi błonkami, w wielkich gruczołach w najrozmaitszy sposób jest powiększona. Albo prosta rurka gruczołowa bardzo jest długa i niekiedy w kłębek zwinięta, albo rurka taka dzieli się widełkowato na kilka końców. Jeżeli dno gruczołu jest kulisto rozdęte, nazywamy gruczoł kolbkowatym. Gdy jednocześnie przewód rozgałęzia się, wówczas kuliste dna gruczołu siedzą na gałązkach przewodu, podobnie jak grona winne na łodyżkach. Ztąd też nazywamy takie gruczoły gronkowatemi (także pęcherzykowatemi). Dla odróżnienia zaś nazywamy gruczoły prostszej budowy rurkowatemi. Na fig. 73 przedstawione jest schematycznie powstawanie rozmaitych form gruczołów.

13 Stopnie rozmaite podziału pracy.

13. Z tkanek zbudowane są organy (narządy), a z organów całe organizmy (ustroje) istot wielokomórkowych. W każdym organie zazwyczaj przeważa jeden rodzaj tkanki, której organ ten zawdzięcza swe własności najwydatniejsze. Rozmaite stopnie rozwoju organów oraz wielka różnorodność w sposobie ich współdziałania i zależności wzajemnej składają się na ową olbrzymią rozmaitość organizmów, napotykanych w świecie ożywionym. W pewnych grupach istot żywych niektóre organy pozostają na nizkim poziomie rozwoju albo nawet ulegają w ciągu życia rozwojowi wstecznemu, gdy tymczasem inne organy osiągają wyższy stopień doskonałości. Gdy dzieje się to w różnej mierze u pojedyńczych osobników jednego i tego samego gatunku, wówczas każdy osobnik sam przez się nie może już reprezentować doskonałego typu swego gatunku. Dopiero uwzględnienie i objęcie większej liczby osobników, z których jedne posiadają organy, których brak innym, pozwala poznać wszystkie cechy gatunkowi danemu właściwe.

Najczęściej ten rozwój jednostronny widzimy w organach rozmnażania; prowadzi to do podziału na płci, stanowiącego prawidło stałe u istot wyższych, podczas gdy u niższych albo wcale niema różnicowania płciowego, albo też czynności obu płci mogą

www.dlibra.wum.edu.pl

być połączone w jednym osobniku. Tam, gdzie płci są rozdzielone, mogą obok narządów płciowych, służących funkcyi rozmnażania, i inne jeszcze organy niejednakowo być rozwinięte u płci rozmaitych. W tym przeto razie obok właściwych różnic płciowych, występują inne jeszcze, mniej lub więcej charakterystyczne różnice, t. zw. cechy płciowe drugorzędne czyli wtórne. Zachodzić to może tak daleko w niektórych przypadkach, że obiedwie płci zgoła stają się do siebie niepodobne.

W innych przypadkach zanikanie pewnych organów prowadzi do tego, że powstaje pomiędzy rozmaitemi osobnikami podział

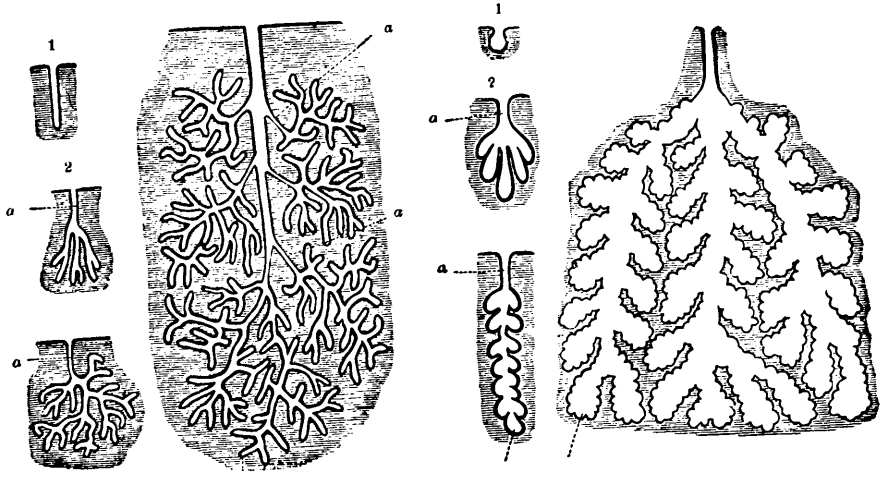


Fig. 73.

Schemat budowy gruczołów. Po stronie lewej widzimy gruczoły cewkowe czyli rurkowate, po prawej gronkowate. Rozwijają się one z form prostych 1 i 2 przez wielokrotne rozgałęzienia. *a* przewód, którym wydzielina wycieka na zewnątrz.

pracy daleko posunięty. Osobniki stają się od siebie zależne, podobnie jak organy u jednego i tego samego osobnika. Tylko żyjąc wspólnem życiem, mogą one sprostać wszelkim warunkom istnienia. Jeżeli w tym razie osobniki są od siebie oddzielone, tak że każdy zachowuje zupełną odrębność, zdolność poruszania się, powstają zbiorowiska, które z powodu podobieństwa do zbiorowisk ludzkich nazywać można społeczeństwami zwierzęcemi. Za przykłady pouczające służyć tu mogą zbiorowiska pszczół, mrówek, i termitów. Pewna część zwierząt zatraciła funkcye płciowe wskutek zaniku organów rozrodczych. U pszczół i mrówek los ten spotyka tylko samiczki, u termitów także samczyki. Te osobniki bez-

www.dlibra.wum.edu.pl

płciowe mają za zadanie w życiu wspólnem zbieranie pokarmu, budowanie gniazd i t. d. U pszczół nazywamy te osobniki robotnicami; u termitów natomiast spełniają to zadanie osobniki męzkie. Ponieważ część tych osobników bezpłciowych wyłącznie poświęca się obronie od wrogów, przeto odróżniamy tych „żołnierzy“ jako

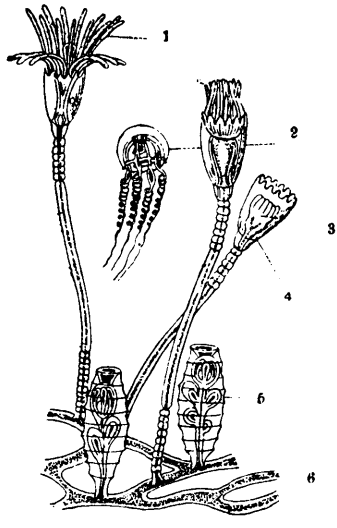


Fig. 74.

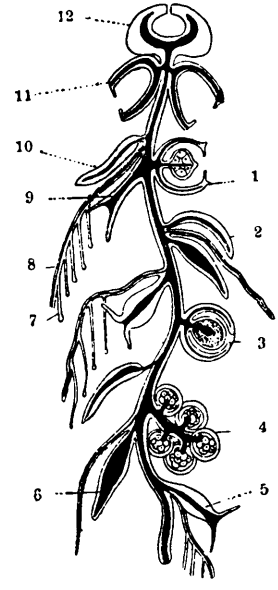


Fig. 75.

Fig. 74. *Campanularia Johnstoni*, stułbiopław tworzący kolonie. Poszczególne osobniki łodyżkami swemi siedzą na jednym wspólnym, rozgałęziającym się pniu (6). Łodyżki i pień są utworami rurkowatemi złożonemi z entodermy, ektodermy oraz oddzielającej te dwa listki błony podpierającej. Temi rurkami pokarm pobierany przez oddzielne osobniki rozchodzi się po całej kolonii. 1 osobnik wyprostowany z czułkami dokoła otworu ustnego. 3 osobnik zamknięty w pochwie (4) wytworzonej z wydzieliny ektodermy. 5 osobnik płciowy. Z tych ostatnich powstają przez pączkowanie swobodnie pływające meduzy (2), które następnie osiadają i wytwarzają nowe kolonie.

Fig. 75. Schemat budowy pnia rurkopławów (*Siphonophora*). 1, 3 i 4 osobniki płciowe (gonofory); 2, 10 pokrywka; 5, 9 rurka żołądkowa (polip pokarmowy); 6 macek; 7 nici z guziczkami parzydełkowemi; 8 czułek; 11 dzwonek pławny; 12 pęcherz pławny.

„stan“ osobny. Rozmnażanie natomiast przypada w udziale jednej samiczce uprzywilejowanej, „królowej“, która ma dokoła siebie wielu „trutniów“ albo jednego tylko wybranego samczyka.

Jeżeli osobniki pojedyńcze pozostają w takiem ze sobą połączeniu, że zamknięte są we wspólnej skorupie lub w inny jaki sposób tak są ze sobą związane, że są mniej lub więcej krępowane i ograniczone w swobodnem poruszaniu się, to wówczas mamy do czynienia z opisaną już poprzednio kolonią. Lecz gdy poje-

www.dlibra.wum.edu.pl

dyńcze osobniki takiej kolonii tak bardzo różnią się od siebie, że każdy spełnia tylko pewną część funkcyj niezbędnych do życia całości, to zbiorowisko takie nazywamy pokoleniem, pniem zwierzęcym. Oddzielne osobniki stały się tu niejako organami całości. Mogłoby się na pierwszy rzut oka zdawać, że pień taki jest zawiłym organizmem, a pojedyńcze zwierzęta rzeczywistemi jego organami. Lecz badanie dokładniejsze zjawisk życiowych i rozwoju tych istot wskazuje, że w rzeczywistości mamy tu do czynienia z zespoleniem osobników w kolonią, w której podział pracy pomiędzy osobnikami doszedł do wysokiego stopnia i zgodnie z tem rozwój osobników szedł w kierunkach bardzo jednostronnych. W pewnej mierze widzieliśmy to już w opisanym wyżej przykładzie toczka (*Volvox*) (porówn. rozdz. XII, § 11). Znacznie wyraźniej widzimy to u stułbiopławów (*Hydromedusae*). Pokolenie tego rodzaju, np. przedstawiona na fig. 74 *Campanularia* składa się z bezpłciowych polipów i zpłciowych meduz. Te ostatnie żywią się dzięki polipom, pobierając przez rozgałęzione kanaliki pokarm wchłonięty i strawiony przez polipy. Meduzy następnie odłączają się, swobodnie przez czas pewien pływają i wytwarzają pnie polipów, z których przez pączkowanie znów powstają meduzy. Ten osobliwy sposób rozmnażania się nazywamy zmianą pokoleń; występuje on u zwierząt niższych i u wielu roślin. Nie opisujemy tu dalszych szczegółów, zależy nam bowiem tylko na tem, aby wykazać, że pień składa się z dwu rozmaitych rodzajów osobników o różnych postaciach i różnych funkcyach.

To różnicowanie się osobników znacznie więcej jeszcze jest wyrażone u rurkopławów (*Siphonophora*). Na fig. 75 widzimy pień rurkopława w obrazie schematycznym; fig. 76 wskazuje pień taki z rozmaicie ukształtowanemi i do rozmaitych funkcyj przystosowanemi osobnikami. Wspólny kanał pokarmowy przechodzi przez cały pień, który unosi się na wodzie dzięki pęcherzowi powietrza, znajdującemu się w końcu górnym. Dzwonki pławne, naprzemian wsysając i wypierając z siebie wodę, pozwalają całemu zwierzęciu zmieniać miejsce. Pobieranie pokarmu zachodzi dzięki osobnikom chwytającym, do których pokarm doprowadzają nitki chwytające, opatrzone w przyrządy pokrzywkowe; ztąd strawiony sok pokarmowy dochodzi do wszystkich osobników przez wspólny przewód pokarmowy. Nici czułkowe służą do odbierania wrażeń ze strony przedmiotów zewnętrznych; rozmnażanie zachodzi dzięki funkcyom płciowym oddzielnych osobników męzkich i żeńskich. Wszystkie te oddzielne osobniki są przeobrażone z jednej formy podstawowej, zasadniczej; przez różnicowanie

www.dlibra.wum.edu.pl

przystosowały się one do rozmaitych czynności, podobnie jak się to dzieje z poszczególnemi organami u zwierząt wyższych. Lecz pomimo to pod względem swej organizacyi pozostały całemi zwierzętami, choć niedoskonałemi, rozwiniętemi jednostronnie. To też oddzielne osobniki, odłączone od pnia, mogą jeszcze żyć krócej lub dłużej i w pewnych warunkach wytworzyć znów cały pień. Tę możliwość zawdzięczają one temu, że wszystkie tkanki, z których zwierzę takie się składa, zawarte są w każdym osobniku oddzielnym. Tkanek tych polip ma co prawda tylko dwie, listek zewnętrzny (*ectoderma*) i wewnętrzny (*entoderma*), które oddzielone są od siebie delikatną bezkształtną błonką. U istot wyższych, których budowa jest zawilsza, znacznie rzadziej występują części, w których znajdowałyby się wszystkie potrzebne do zachowania życia elementy tkankowe. Jednakże i tutaj organy, a nawet części ich od ciała odłączone mogą jeszcze przez pewien czas zachować swe własności życiowe, a w warunkach przyjaznych nawet mogą się rozwinąć w organizm całkowity.

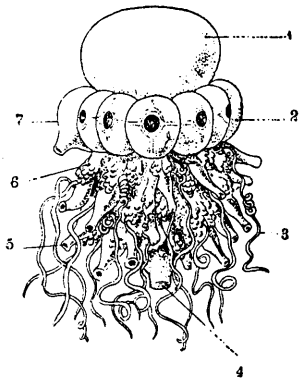


Fig. 76.

Stephalia corona, rurkopław. Podział pracy pomiędzy osobnikami kolonii prowadzi tu do dużej rozmaitości form, lecz wszystkie formy dają się sprowadzić do zasadniczego typu polipa.
1 pęcherz pławny; 2 dzwonki pławne; 3 czułki; 4 otwór głównej rurki żołądkowej; 5 osobniki (polipy) chwytające pokarm; 6 gonofory; 7 przewód powietrzny zakończony w pęcherzu pławnym.

Najłatwiej zachodzi to w częściach roślin. Nawet rośliny wyższe mogą pod wielu względami być uważane jako zespolenie licznych osobników oddzielnych, jakkolwiek te ostatnie nie są tak od siebie oddzielone jak osobniki opisanych wyżej pokoleń zwierzęcych. To też oddzielenie, odłączenie może być dokonane w rozmaitych miejscach. Odcięta gałęź, kwiat pojedyńczy ze swą łodyżką wstawiony w wodę, mogąc odżywiać się wodą oraz rozpuszczonemi w tejże solami, pozostają przy życiu. W pewnych warunkach, zasadzone w ziemi mogą one wytworzyć korzenie i przekształcić się w zupełnie nową roślinę.

www.dlibra.wum.edu.pl

ROZDZIAŁ CZTERNASTY.

Przerób materyi w istotach żywych.

1. Oddychanie i krążenie.

1. Przerób materyi.

1. Poznaliśmy pod nazwą zróżnicowania szereg zjawisk, dzięki którym w biegu rozwoju istoty żywej komórki pierwotnie jednakowe, pochodzące od jednej wspólnej komórki rodzicielskiej, przeobrażają się w kierunkach rozmaitych i wytwarzają w ten sposób tkanki i organy istot zawile zbudowanych. Czem się to dzieje, że rozwój ten u rozmaitych istot zachodzi w sposób tak wielce odmienny, a tak zawsze jednaki u jednego i tego samego gatunku; dlaczego z jednego jaja powstaje dąb, z innego wąż, a znów z innego orzeł, tych pytań na razie nie dotykamy. Tymczasem przyjmujemy tylko za fakt istnienie owych licznych, a tak wielce różnorodnych znanych nam tworów żywych. Zbadajmy właściwości wspólne wszystkim istotom żywym i poznajmy, jak się owe cechy życia kształtują w każdym poszczególnym przypadku, w zależności od organizacyi specyficznej danego tworu oraz od warunków jego życia.

Z tego wszystkiego, czego dowiedzieliśmy się dotychczas, możemy następujące wyprowadzić twierdzenia. Materya, z której składa się istota żywa, bezustannie podlega przeobrażeniom i w części rozkłada się, ginie dla procesu życiowego, zwłaszcza pod wpływem tlenu; jeżeli życie ma być zachowane, materya ta musi być ustawicznie odnawiana, odtwarzana. Niezbędną jest przeto wymiana materyi pomiędzy istotą żywą a jej otoczeniem. To zjawisko nazywamy przerobem materyi (przemianą materyi).

U istot jednokomórkowych, mikroskopowo małych, swobodnie żyjących w wodzie, łatwo stosunkowo jest zrozumiałą ta wymiana pomiędzy ich ciałem a otoczeniem zewnętrznem. Może ona tu zachodzić bezpośrednio pomiędzy tworem żywym a środowiskiem, w którem on żyje; życie trwać może póty, póki zzewnątrz materye do życia potrzebne mogą być istocie żywej dostarczane,

www.dlibra.wum.edu.pl

a jednocześnie materye zużyte mogą być wydalane nazewnątrz. Stosunek ten wszakże w rzeczywistości w niczem się nie zmienia, jeżeli zamiast istoty jednokomórkowej pomyślimy o komórce istoty skomplikowanej, a zamiast otoczenia zewnętrznego pomyślimy o cieczy, która komórkę tę omywa. Tylko w tym przypadku musimy odróżnić dwa szeregi zjawisk wzajemnie na się wpływające: po pierwsze, wymianę wzajemną pomiędzy każdą komórką a jej otoczeniem najbliższem, i powtóre, stosunek pomiędzy całą istotą żywą a ośrodkiem, w którym ona żyje. Albowiem wszystko, co każda oddzielna komórka pobiera z cieczy bezpośrednio ją omywającej lub co tej cieczy oddaje, musi być pobrane ze środowiska zewnętrznego lub temuż środowisku zwrócone, jeżeli życie trwać ma bez przeszkody i zakłóceń.

Pobieranie wody i rozpuszczonych w tejże materyj oraz pochłoniętego tlenu odbywa się u jednokomórkowych, żyjących w wodzie istot dzięki dyfuzyi na powierzchni ciała, i w tenże sposób zachodzi zwracanie otoczeniu związków rozpuszczonych i pochłoniętego dwutlenku węgla. Gdy prężność tlenu wewnątrz ciała staje się mniejszą aniżeli w otaczającej wodzie, musi nastąpić dyfuzya tlenu do ciała. Ponieważ tlen wchłonięty w ciele ustawicznie tworzy związki z innemi materyami, przeto ta różnica w prężności trwa w dalszym ciągu; pochłanianie tlenu przeto odbywa się póty, póki dostateczna jest tegoż zawartość w wodzie otaczającej. Z tego samego powodu dwutlenek węgla powstający w ciele musi ustawicznie dyfundować na zewnątrz, do wody otaczającej, gdzie prężność jego jest mniejsza, aniżeli we wnętrzu ciała. I wreszcie w podobny sposób ustawiczna zachodzi dyfuzya związków rozpuszczonych w wodzie do ciała komórki, a powstających w ciele rozpuszczalnych produktów rozkładu z ciała do wody otaczającej. Póki przeto woda dostatecznie pochłania tlen i dość zawiera materyj odpowiednich do odżywiania, póki nadto wydalane przez żywą istotę produkty rozkładu nie skupiły się zanadto w wodzie, póty zapewnione są warunki niezakłóconego biegu w przerobie materyi.

Wszystko to dotyczy również i tych przypadków, kiedy istoty niższe żyją na podłożu wilgotnem. Ponieważ z podłoża tego pobierają wodę i zastępują nią to, co tracą przez parowanie, są więc zawsze dostatecznie wodą nasiąknięte, aby módz zarówno z wody jak i z powietrza pobierać przez dyfuzyą tlen i wydalać dwutlenek węgla, gdy jednocześnie pobieranie i wydalanie związków rozpuszczonych zachodzi przez dyfuzyą z wodą podłoża wilgotnego. W ten sposób odbywa się wymiana materyi u wielu bakteryj, śluzowców, grzybków pleśniowych i t. p.

www.dlibra.wum.edu.pl

Inaczej odbywa się pobieranie i wydalanie materyj stałych, nierozpuszczalnych. Zachodzi ono albo, jak u ameb, dzięki skurczliwości protoplazmy w każdem dowolnem miejscu powierzchni ciała, albo, jeżeli ciało kurczyć się nie jest w stanie z powodu wydzielenia się skorupki na powierzchni, przez osobne otwory, które nazywamy otworem gębowym i odbytem.

2. Wymiana materyi zachodzi tem łatwiej, im powierzchnia tworu żywego jest większa w stosunku do jego masy. Stosunek ten zależy od kształtów geometrycznych i od wielkości absolutnej ciała. Jest on z pomiędzy wszelkich ciał najmniejszy w kuli; ciała wydłużone, nici cienkie, płytki i t. p. mają stosunkowo duże powierzchnie, ciała z wyrostkami płaskiemi jeszcze większe w stosunku do masy. Przy jednakowej formie geometrycznej powierzchnia w stosunku do masy tem jest większa, im ciało jest mniejsze. Ponieważ przy masie większej, wobec innych warunków jednakowych, i przerób materyi jest znaczniejszy, przeto odpowiednie powiększenie powierzchni u wielu istot staje się niezbędnym warunkiem życia. Gdy warunek ten jest spełniony, wówczas wymiana materyi i u tych istot większych może się odbywać wyłącznie tylko przez powierzchnię ciała. Za przykład posłużyć mogą niektóre większe rośliny wodne, którym brak oddzielnych organów pobierających pokarm i wydzielniczych. Stosunkowo duża wielkość powierzchni powstaje tu przez formę smukłą, często zaś jeszcze się zwiększa przez obfite rozgałęzienie. 2. Powiększenie powierzchni.

Innym sposobem powiększenia powierzchni, zwłaszcza rozpowszechnionym w świecie zwierzęcym, jest utworzenie pustej rury; gdy przybywają do tego wypukłości i wklęsłości w ścianie takiej rury, powierzchnia jeszcze się większą staje. Takie ukształtowanie ciała zwierzęcego występuje u wielu tkankowców (wielokomórkowych) jako przejściowy okres rozwojowy, co opisaliśmy pod nazwą gastrula w rozdz. XIII, § 10. Zwierzę składa się w tym stanie z dwu warstw. W przypadkach najprostszych każda warstwa utworzona jest tu z jednego szeregu komórek. U tkankowców niższych (gąbki, hydromeduzy) rozwój zatrzymuje się właściwie na tym stopniu. Ale już i w tych formach najprostszych można stwierdzić zróżnicowanie morfologiczne obudwu warstw; komórki ich rozwijają się odmiennie i różnią się między sobą wkrótce co do kształtu i wielkości. Zróżnicowaniu temu odpowiada fizyologiczny podział pracy; po zupełnem rozwinięciu się obudwu warstw zewnętrzna (ektoderma) nabiera większej mocy i służy zwierzęciu jako ochrona od mechanicznych i innych wpływów szkodliwych, wewnętrzna

www.dlibra.wum.edu.pl

zaś (entoderma) pozostaje delikatna i służy przeważnie funkcyom przerobu materyi. Na wyższym stopniu zróżnicowania pomiędzy temi dwiema warstwami układa się jeszcze warstwa środkowa (*mesoderma*). Wszystkie zwierzęta wyższe w rozwoju swym przechodzą okres, w którym składają się tylko z tych trzech warstw. Z nich to dopiero powstają w następstwie wszystkie najrozmaitsze tkanki i organy.

Wpuklenie pierwotne, jakie widzimy w stadyum gastruli, jest właściwie rurą ślepo zakończoną, t. j. zamkniętą u jednego końca. Oddzielone od siebie otwory wchodowy i wychodowy przewodu pokarmowego u zwierząt wyższych są utworami wtórnemi, powstającemi zupełnie niezależnie od tamtego wpuklenia.

Innym środkiem sprzyjającym wymianie materyi jest ustawiczne zmienianie powierzchni zetknięcia pomiędzy istotą żywą a jej otoczeniem. Gdy ameba zmienia swą formę, wówczas nietylko powiększa się jej powierzchnia przez wysuwanie się z niej wyrostków, lecz nadto pewne części jej ciała, które znajdowały się we wnętrzu, zbliżają się do powierzchni Oczywiście takie ciągłe odnawianie powierzchni sprzyjać musi dyfuzyi. W tym samym kierunku działa każda zmiana miejsca zwierzęcia, jego poruszanie się w wodzie sprowadzane przez ruch rzęs lub mięśni; w ten sposób bowiem woda, która oddała zwierzęciu rozpuszczone w sobie materye, a inne znów produkty zwierzęce zabrała, zostaje zastąpiona przez wodę, umożliwiającą znów niezakłóconą wymianę dyfuzyjną. W rozdziale poprzednim poznaliśmy już przykłady odnośne.

Trwałość i odporność skóry zewnętrznej często ulega wzmocnieniu dzięki temu, że wydzielają się tu sole wapienne lub powstają zbite, mocne skorupy; u zwierząt lądowych skóra często grubieje, zasycha i rogowacieje. W ten sposób pokrywa zewnętrzna zwierzęcia nabywa cenniejszych własności jako ochrona od szkodliwości najrozmaitszych, lecz jednocześnie zmniejsza się jej udział w funkcyi wymiany materyi. Natomiast udział błony wewnętrznej w tej czynności odżywczej zwiększa się dzięki wydłużaniu się rury, pobierającej pokarm (przewodu pokarmowego), dzięki jej rozgałęzianiu się, fałdowaniu i t. d., gdyż przez to powierzchnia jej, służąca przeważnie odżywianiu, wymianie materyi, znakomicie powiększa się w stosunku do masy ciała. Gdy do tego przybywa jeszcze wspomniany wyżej ruch wody, wówczas przerób materyi zachodzić może w mierze dostatecznej nawet przy dość znacznych wymiarach zwierzęcia. Narządy pomocnicze tego rodzaju, które spotykamy i u pierwotniaków, opisaliśmy już w rozdziale poprzed-

www.dlibra.wum.edu.pl

nim. Z innych, budowy nieco zawilszej, przytoczymy w paragrafach następnych kilka przykładów typowych.

3. Przegląd tych osobliwych narządów rozpoczynamy od najniższych tkankowców, od jamochłonów (*Coelenterata*). Zwierzęta te, jak już wspomniano, porównać możemy z gastrulą, która u zwierząt wyższych występuje jako okres przejściowy rozwoju, tu zaś pozostaje stale jako okres rozwoju ostateczny. Składają się zatem te zwierzęta z warstwy zewnętrznej i wewnętrznej; ta ostatnia, powstała z wpuklenia, ogranicza jamę wewnętrzną (jamę żołądkowo-kiszkową) i otworem swym łączy się ze środowiskiem zewnętrznem. Otworu odbytowego niema. U najprostszych pod względem organizacyi jamochłonnych, u gąbek (*Spongia*) ściana ciała, utworzona z dwu warstw komórek, licznemi przedziurawiona jest kanalikami, które mają ujście w jamie żołądkowo-kiszkowej. Zależnie od rozwoju tych kanalików odróżnić można podgrupy gąbek. U najprostszych, u typu t. zw. *Ascones* (fig. 77 *A*) kanaliki bezpośrednio mają ujście w jamie ciała, opatrzonej w rzęsy i wici; ruchy tych rzęs sprawiają, że woda otaczająca wpływa przez kanaliki do jamy ciała i wypływa znów przez otwór ustny (właściwie otwór wyrzutowy—*osculum*). U typu drugiego, t. zw. *Sycones* (fig. 77 *B*) kanaliki kończą się w komorach położonych w jamie ciała i opatrzonych w rzęski; stąd dopiero woda przechodzi do jamy żołądkowo-kiszkowej.

3. Układ pokarmowo-naczyniowy.

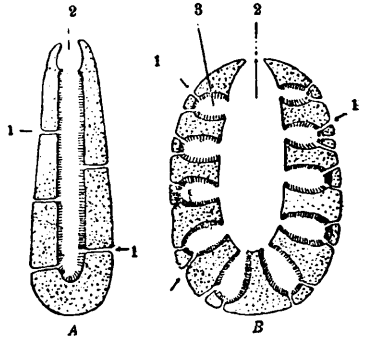


Fig. 77.

Formy zasadnicze gąbek. *A* typ *Ascones*, *B* typ *Sycones*. W typie *A* jama ciała wysłana jest komórkami migawkowemi; przez liczne dziurki (*pori dermales*) (1) woda wstępuje do jamy ciała, a wychodzi przez otwór ustny (2). W typie *B* woda wchodzi przez dziurki do przewodów (3), a ztąd dopiero do jamy ciała.

Z tych form prostych można wyprowadzić inne formy gąbek, wyobrażając sobie, że jama ciała rozgałęzia się. Wnętrze kanalików wyścielają komórki płaskie bezrzęskowe, natomiast owe rozszerzone komory zbudowane są tak samo jak cała jama wewnętrzna prostej gąbki.

U innych jamochłonów (parzydełkowce, *Cnidaria*) brak otworów w ścianie ciała; otwór gębowy służy do pobierania wody i jednocześnie do wyrzucania materyj rozkładowych. Ruch wody u tych zwierząt zachodzi nietylko przy pomocy rzęs, lecz i dzięki czyn-

www.dlibra.wum.edu.pl

ności mięśni. Powierzchnia jamy żołądkowo-kiszkowej u wielu jamochłonnych znakomicie jest powiększona przez rozwinięcie wielce rozgałęzionych przewodów; pomimo zwiększenia się przez to masy ciała doskonale jednakże zachodzić może dyfuzya pomiędzy wodą a wszystkiemi częściami ciała.

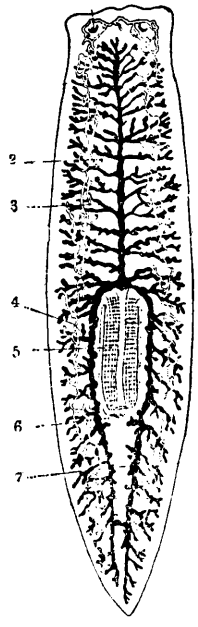


Fig. 78.

Planaria, wirek, żyjący w wodach słodkich. Układ pokarmowo-naczyniowy (rysunek czarny) poczyna się od przełyku, łączącego się z otworem ust, i rozgałęzia się w całem ciele, mając jeden przewód główny przedni, nieparzysty i dwa tylne parzyste. Kanaliki jasne na rysunku są organami wydzielniczemi (*nephridia*)
1 oko; 2 otwór org. wydzielania (*nephridia*); 3 kanał pokarmowo-naczyniowy przedni; 4 nerki (*nephridia*); 5 przełyk; 6 usta; 7 przewody pokarmowo-naczyniowe tylne.

Nazywamy tę organizacyą układem pokarmowo-naczyniowym, ponieważ jama, ograniczona warstwą wewnętrzną (entodermą) i służąca jako przewód żołądkowo-kiszkowy, rozgałęzia się tu podobnie do naczyń krwionośnych u zwierząt wyższych. Że i u zwierząt, należących do wyższych grup w układzie zoologicznym, wymiana materyi w ten sposób odbywać się może, tego dowodzi np. *Planaria*, należąca do robaków płaskich z gromady wirków. (*Turbellaria*) (fig. 78). Woda pobierana przez otwór gębowy, przechodzi przez wpuklający się przełyk do przewodu żołądkowo-kiszkowego, który w całem ciele obficie się rozgałęzia [1]).

Otwór gębowy służy zarazem do opróżniania wody, która przynosi ciału tlen i części składowe pokarmu, a zabiera część powstających w ciele produktów rozkładu. Ruch wody odbywa się dzięki wiciom oraz muskulaturze ciała.

Do parzydełkowców należą także korale (*Anthozoa*). Od pławów (*Hydrozoa*), do których z wejrzenia są podobne, różnią się tem, że rozwija się w nich listek wewnętrzny (*mesoderma*), układający się pomiędzy zewnętrznym i wewnętrznym. Są to zwierzęta poje-

[1]) Obok ciemnych linij, które na rysunku oznaczają układ pokarmowo-naczyniowy, widzimy tu jeszcze jasny rysunek układu kanalików. Są to organy wydzielania, *nephridia* (nerki), o których jeszcze w dalszym ciągu będzie mowa.

www.dlibra.wum.edu.pl

dyńcze albo zespolone w kolonie, najczęściej przytwierdzone do miejsca, a ciało ich w zasadzie ma kształt rurki u dołu zamkniętej, a w górnym końcu otwartej. Koniec górny na kształt krawędzi talerza (tarcza okołoustna) otacza wejście do jamy wewnętrznej. Ta tarcza ma na sobie pojedyńczy lub podwójny wieniec czułków. Otwór ustny owalny lub w formie szczeliny, znajdujący się pośrodku tarczy okołoustnej, prowadzi do rury przełykowej, utworzonej z listka zewnętrznego, a ztąd do jamy żołądkowej. Ściana ciała składa się z trzech dobrze rozwiniętych warstw: zewnętrznej, środkowej i wewnętrznej. Listek zewnętrzny u właściwych korali wydziela skielet w kształcie rurek, w które zwierzątka mogą się ukryć, tak że wystają z nich tylko czułki.[1]). Od przełyku rozchodzą się promienisto umocowane u tarczy ustnej przegrody do ściany zewnętrznej. Przegrody te dzielą jamę na pojedyńcze komory.

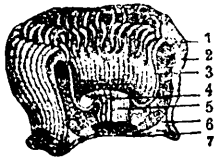


Fig. 79.

Paractis excavata, ukwiał (Actinia), rozcięty równolegle do osi podłużnej. Składa się z rury zewnętrznej i wewnętrznej, które u góry są z sobą połączone. Rura zewnętrzna (2) zamknięta jest od dołu tarczą (7), którą zwierzę przytwierdzone jest do dna. W miejscu spojenia obudwu rur, znajduje się mięsień okrężny (1); na wewnątrz od tegoż podwójny wieniec czułków. Rura wewnętrzna tworzy u góry tarczę ustną (3), od której szczelina przełykowa (4) prowadzi przez przełyk (5) do jamy ciała. Pomiędzy rurą zewnętrzną a wewnętrzną znajdują się promienisto biegnące przegrody (6), które dzielą jamę ciała na komory komunikujące z sobą.

Czułki są to puste przedłużenia tych komór; przez wtłaczanie wody wyciągają się one, przez skurcz mięśni zaś znów się wciągają. Silna muskulatura pozwala też zwierzętom chwytać czułkami ciała stałe, zamykać mocno otwór gębowy oraz wsysać i znów wyciskać wodę. Z tak zwanego przełyku, który powstaje przez wpuklenie listka zewnętrznego, woda wraz ze wszystkiemi w niej zawartemi ciałami przechodzi do podzielonej przegródkami jamy, którą wewnątrz wyścieła listek wewnętrzny. Jest tu dzięki tym przegrodom znaczna powierzchnia, poprzez którą odbywa się wymiana materyi pomiędzy ciałem a wodą z zawartością tejże.

4. Tlen jako potrzeba życia.

4. U planaryi (fig. 78, str. 360) obok układu pokarmowo-naczyniowego, służącego funkcyi przerobu materyi, znajdujemy inny jeszcze narząd, wyłącznie przeznaczony na czynność wydzielniczą, mianowicie nerki (*nephridia*). Jest tu więc już podział pracy, którego

[1]) Te skielety wapienne koralów wyrastają często w duże rafy koralowe.

www.dlibra.wum.edu.pl

brak jeszcze pierwotniakom i jamochłonom. W istocie zadania przerobu materyi tak są różnorodne, że w razie gdy większe przybierają rozmiary, z trudnością sprostać im może jeden tylko narząd. Zwłaszcza zwierzęta lądowe, które nie mają tlenu w wodzie pochłoniętego, lecz muszą go zdobywać w postaci gazu, a wydzielające również w stanie gazowym dwutlenek węgla, muszą mieć zgoła inne narządy dla pochłaniania i wydalania gazów a inne dla pobierania i wydalania cieczy i ciał stałych. I oto jako oddzielne charakterystyczne zjawisko życiowe występuje tu oddychanie czyli wymiana gazów pomiędzy ciałem zwierzęcia a atmosferą. Jakkolwiek w tej, podobnie jak w innych formach wymiany materyi, zawsze współdziałają zjawiska dyfuzyi, to jednakże przybywają tu jeszcze niejako w pomoc ruchom molekularnym, dyfuzyjnym, ruchy mas (molarne), tem wydatniejsze, im większe masy w ruch wprawiane być muszą. Zjawisko molekularne wymiany materyi przez dyfuzyą pomiędzy komórkami a cieczą otaczającą wymyka się z pod obserwacyi bezpośredniej i z trudnością nawet daje się wykryć w ostatecznym swym rezultacie w komórce pojedyńczej i u istot drobniejszych. Natomiast u istot wyższych tak są duże masy materyi w ruch wprawianej i tak są wydoskonalone środki pomocnicze do tego celu służące, że z łatwością można je tu wykryć, jak również stwierdzić stosunki ilościowe materyi pobieranej i wydalanej w całości i w oddzielnych częściach składowych. Badania przeto nad przerobem materyi z powodzeniem mogły być tylko dokonywane na tworach większych, zawilej zbudowanych, a dopiero pozyskane w tych badaniach wiadomości doprowadziły do poznania zjawisk analogicznych u istot niższych.

Znamy już z poprzedniego najważniejszy wynik tych badań, mianowicie, że dla prawidłowego biegu zjawisk życiowych potrzeba nieodzownie ustawicznego pobierania tlenu. Na pozór w sprzeczności z tem pozostaje fakt, że znane są niektóre drobne istoty, którym do życia i rozmnażania się nie potrzeba koniecznie tlenu wolnego. Pewne grzybki rozszczepkowe (bakterye) nawet w obecności tlenu wolnego żyć wogóle nie mogą; tlen w stanie wolnym, stanowiący konieczny warunek życia dla wszystkich innych istot żywych, dla nich jest wprost zabójczy.

Te istoty, dla których życia tlen wolny jest szkodliwy, nazwano bezpowietrznemi, beztlenowemi (anaeroby, anaerobionty); te, które żyć mogą zarówno w obecności jak i bez tlenu wolnego, nazywamy często warunkowemi (względnemi) anaerobami, wreszcie wszystkie inne twory, których życie zależne jest bezwzględnie od obecności tlenu wolnego, zwiemy powietrznemi, tlenowemi, aero-

www.dlibra.wum.edu.pl

bami. Błędnem wszakże byłoby przypuszczenie, że w procesie życiowym anaerobów nie zachodzi, jak i u innych istot, pobieranie tlenu i utlenianie protoplazmy z wytwarzaniem dwutlenku węgla oraz innych produktów przerobu materyi. Różnica na tem tylko polega, że anaeroby czerpią potrzebny tlen ze związków tlenu i potrafią zużytkować go dla siebie. Zdolność ta wszakże w stopniu mniejszym przypada też w udziale komórkom tkanek zwierzęcych, gdyż i do nich przybywa tlen tylko w połączeniu chemicznem z innemi związkami [1]).

Do anaerobów względnych można także zaliczyć grzybek drożdżowy *(Sacharomyces)*, który wywołuje fermentacyą alkoholową. Gdy grzybek ten znajdzie się w roztworze zawierającym glukozę, drobne ilości ciał białkowych, pewne sole oraz wolny tlen, wówczas rozmnaża się on szybko i jednocześnie rozszczepia cukier na alkohol i dwutlenek węgla. Jeżeli wolny tlen zastąpimy tu przez krew, której czerwone krążki zawierają tlen w luźnem połączeniu, wówczas grzybek drożdżowy przyciąga ten tlen, skutkiem czego krew staje się ciemniejszą. Skłóćmy znów tę ciecz z powietrzem, a odzyska ona zabarwienie jaśniejsze, bo znów ciałka czerwone pobrały tlen z powietrza; pozostawiona znów w spokoju ciecz ciemnieje i t. d. W doświadczeniach tego rodzaju znaleziono, że 1 gram drożdży świeżych w temperaturze 30—36° w ciągu godziny pochłania około 2 do 10 centym. sześć. tlenu. W tym przeto przypadku grzybek pobiera potrzebny mu do życia tlen ze związku łatwo odtleniającego się, t. zw. oksyhemoglobiny, zupełnie w sposób podobny jak komórki zwierzęcia kręgowego, dla których tlen również jest dostępny tylko przez pośred-

---

[1]) Obok węgla i inne także pierwiastki, wchodzące w skład protoplazmy, mianowicie wodór, azot, siarka i fosfór ulegają utlenieniu. O produktach ostatecznych tego utlenienia wypadnie nam jeszcze mówić w dalszym ciągu. Gdy wszakże wogóle w protoplazmie przeważa zawartość węgla, a więc i ilość wytworzonego zeń dwutlenku węgla, istnieją natomiast pewne drobnoustroje, które, czerpiąc z zawierającego siarkowodór otoczenia swego, potrafią skupiać w swej protoplazmie siarkę, którą następnie utleniają na kwas siarczany. Są tak zw. bakterye siarkowe (z gatunku *Beggiatoa*). W sposób podobny bakterye żeleziste (np. *Crenothrix*, którą wszakże niektórzy autorowie zaliczają do wodorostów) wydzielają i skupiają w sobie żelazo, czerpiąc je ze związków tlenku żelaza w wodzie zawartych. Nici tych bakteryj barwią się przez to na brunatno, a gdy w większej ilości znajdują się w wodzie studziennej, nadają i wodzie tę barwę. Do bakteryj siarkowych należy także *Bacterium photometricum*, która w ruchach swych wykazuje zależność od natężenia światła. Bakterya ta zawiera w sobie barwnik purpurowy, który, podobnie jak barwnik liści zielonych, rozszczepia w świetle dwutlenek węgla na węgiel i tlen. Porówn. rozdz. XV, § 7.

www.dlibra.wum.edu.pl

nictwo krwi. Lecz gdy pozbawimy grzybki drożdżowe wszelkiego tlenu, wówczas zachodzą głębokie zmiany wewnętrzne w ich składzie chemicznym, jakkolwiek w dalszym ciągu rozkładają glukozę na alkohol i dwutlenek węgla. Tego rodzaju wytwarzanie dwutlenku węgla nazywamy utlenianiem wewnątrzcząsteczkowem albo oddychaniem wewnątrzcząsteczkowem lub, lepiej, wewnątrzkomórkowem. Zjawisko podobne zachodzi także w roślinach i zwierzętach, których protoplazma po przerwaniu dostępu wolnego tlenu jeszcze przez czas pewien wytwarzać może dwutlenek węgla.

Potrzeba tlenu wolnego bardzo jest też rozmaita u prawdziwych aerobów. Grzybki rozszczepkowe, odznaczające się większem zapotrzebowaniem tlenu, w kropli wody nakrytej szkiełkiem przykrywkowem zbierają się u krawędzi szkiełka albo dokoła pęcherza powietrza przypadkowo zawartego w wodzie, ponieważ w tych miejscach prężność tlenu jest największa. Inne znów grzybki dążą do miejsc o mniejszej prężności tlenu; układają się one pod szkiełkiem przykrywkowem zawsze w pewnem oddaleniu od brzegu. Gdy kroplę wody z takiemi grzybkami, nakrytą szkiełkiem przykrywkowem, umieścimy w komorze gazowej i nieco zmniejszymy prężność tlenu, wprowadzając wodór, wówczas grzybki zbliżają się do brzegu szkiełka; gdy natomiast zwiększymy prężność przez wprowadzanie tlenu, skupiają się one bardziej we wnętrzu kropli.

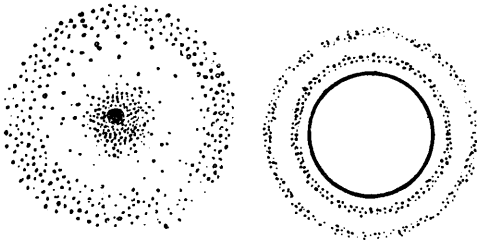


Fig. 80.

A. W kropli wody znajduje się komórka wodorostu, która pod wpływem światła wydziela tlen, oraz rozmaite mikroby. Jedne z nich, bardzo chciwe tlenu, zbierają się gęsto dokoła wodorostu, gdy inne, mniej tlenu żądne, zbierają się w miejscach dalszych, gdzie prężność tego gazu jest mniejsza. Na rysunku *B* widać ten sam stosunek dokoła pęcherza powietrza znajdującego się w wodzie.

Każda przeto z tych drobnych istot szuka niejako najodpowiedniejszej dla siebie koncentracyi tlenu. Gdy nie znajduje jej lub gdy wogóle miejsca zmienić nie jest w stanie, ginie wówczas, albo z braku albo z nadmiaru wolnego tlenu. Ten ostatni przypadek zdarza się przy prężności powietrza atmosferycznego tylko z prawdziwemi, bezwzględnemi anaerobami. Zwierzęta oddychające powietrzem mogą także bez szkody przebywać w czystym tlenie czyli przy prężności tlenu pięć razy większej. Natomiast w czystej atmosferze tlenowej o ciśnieniu przeszło dwu atmosfer zwierzęta te szybko giną, jak dowodzą tego pewne postrzeżenia. Na brak tlenu zwierzęta takie są wrażliwsze; ssące umierają szybko, gdy prężność tlenu

www.dlibra.wum.edu.pl

w powietrzu opada do trzeciej części wartości prawidłowej. Fakt, że i bakterye powietrzne (aeroby) długo jeszcze żyją przy przerwaniu dopływu tlenu, dowodzi ich małej potrzeby tlenu, co wobec nikłych ich wymiarów dziwić nie może. Ze wszystkiego tego wynika, że dla każdej istoty żywej jest pewna górna i dolna granica prężności tlenu, która działa szkodliwie. Dla anaerobów owa granica górna bardzo nizko jest położona.

5. Rośliny wyższe odznaczają się wogóle małą potrzebą tlenu; lecz i ich protoplazma, podobnie jak wszystkich innych istot, bezustannie chłonie tlen i wytwarza dwutlenek węgla [1]). 5. Oddychanie roślin.

Można w sposób podobny, jak wykazaliśmy dla ameb, dowieść, że zjawiska życiowe protoplazmy roślinnej przywiązane są do obecności wolnego tlenu. Umieśćmy włosy pręcikowe z trzykrotki (*Tradescantia*) w komorze gazowej i usuńmy z niej całkowicie tlen przez strumień wodoru, a zobaczymy, że ruchy protoplazmy w komórkach ustają [2]). Jeżeli brak tlenu nie trwa zbyt długo, powracają znów ruchy przy ponownym dostępie tlenu; w razie dłuższego braku tlenu ruchy ustają zupełnie, protoplazma obumiera. Również ruchy gołem okiem widzialne u niektórych roślin, jak np. ruchy listków mimozy ustają przy braku tlenu, podobnie jak ustaje w tym razie wzrost wszelkich tkanek i organów. Jednem słowem, widzimy, że czynności życiowe protoplazmy roślinnej nie zachodzą w tym względzie inaczej niż czynności wszelkiej wogóle protoplazmy.

Rośliny oddychają jak i zwierzęta; pobierają tlen i ze składowych części swej protoplazmy wytwarzają dwutlenek węgla oraz inne produkty utlenienia. To pobieranie tlenu i wytwarzanie dwutlenku węgla w roślinach można wykazać w sposób w zasadzie podobny do tego, jak to czynimy dla zwierząt.

Kolbę *B* (fig. 81) w trzech czwartych napełniamy kwiatami lub świeżemi młodemi smardzami (*Morchella esculenta*). Odwracamy ją dnem do góry, a otwór jej długiej szyjki zanurzamy w rtęci. W kolbę wsuwamy watę możliwie daleko, ażeby zawartość jej przy odwracaniu nie wypadła. Za pomocą rurki szklanej u dołu zgiętej, którą wprowadzamy

---

[1]) To prawo ogólne trudniej daje się tu wykazać, ponieważ w roślinach zachodzi jednocześnie zjawisko odwrotne, mianowicie pobieranie dwutlenku węgla z powietrza lub wody i rozkład tego gazu, przyczem tlen w postaci gazowej uchodzi na zewnątrz, węgiel natomiast odkłada się w roślinie w postaci zawile złożonych związków organicznych. O tem będzie mowa w rozdziale następnym.

[2]) O ruchach rozmaitych porówn. rozdz. XVIII i XIX.

www.dlibra.wum.edu.pl

przez rtęć w szyjkę kolby, wyciągamy nieco powietrza z kolby, tak aby rtęć w szyjce jej stanęła na jaki centymetr wyżej niż nazewnątrz. Następnie przez pipetę u dołu zagiętą, a wprowadzoną przez rtęć, wpuszczamy do szyjki kolby kilka centymetr. sześc. mocnego ługu potasowego. Drugą kolbę w zupełnie taki sam sposób przyrządzamy, z tą tylko różnicą, że nie wprowadzamy do niej ługu potasowego.

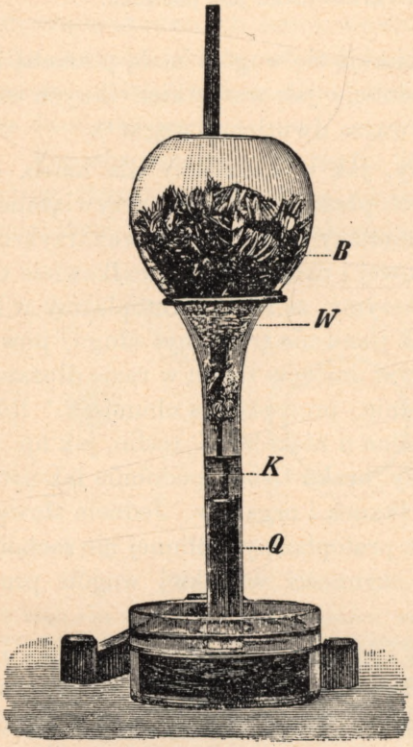


Fig. 81.

Wytwarzanie dwutlenku węgla przez tkanki roślinne. Kolba szklana *B* wypełniona jest do *W* niezielonemi roślinami (grzybami), a otworem swym zanurza się w rtęci na której pływa nieco ługu potasowego. Rośliny zużywają tlen, a wytworzony dwutlenek węgla zostaje przez ług pochłonięty; rtęć przeto podnosi się w szyjce kolby.

Po pewnym czasie zauważymy, że w kolbie pierwszej rtęć się podnosi. To podnoszenie się rtęci trwa póty, aż objętość powietrza w kolbie zmniejszy się do jakich czterech piątych pierwotnej objętości [1]). W kolbie drugiej żadnej zmiany objętości nie dostrzeżemy.

W obudwu kolbach rośliny zamknięte w ograniczonej przestrzeni powietrza pochłonęły tlen i wytworzyły mniej więcej taką samą objętość dwutlenku węgla. W kolbie *B* dwutlenek węgla został pochłonięty przez ług potasowy, objętość przeto zmniejszyła się o jednę piątą. W końcu doświadczenia kolba ta zawiera prawie zupełnie czysty azot. W drugiej kolbie również tlen został pochłonięty przez rośliny; ponieważ wszakże utworzony ztąd dwutlenek węgla nie został usunięty, przeto objętość pozostała bez zmiany. Że powietrze po doświadczeniu w obudwu kolbach nie zawiera już tlenu, dowieść tego można w prosty sposób. Otwór kolby zatykamy

[1]) Zmniejszenie objętości nieco będzie mniejsze, ponieważ powietrze pozostające w kolbie, wskutek podniesienia się słupa rtęci, pozostaje pod mniejszem ciśnieniem.

www.dlibra.wum.edu.pl

palcem pod rtęcią, wyjmujemy kolbę, odwracamy i wprowadzamy w nią na drucie umieszczoną płonącą świecę. Świeca natychmiast gaśnie, bo brak niezbędnego dla procesu palenia tlenu.

Zamiast grzybów lub kwiatów można też użyć do tego doświadczenia innych rozmaitych części roślin, np. korzeni mięsistych, byle nie części zielonych, albowiem w tych ostatnich zjawisko oddychania zachodzi w sposób zawilszy, a to z powodów już wyżej wspomnianych, a o których jeszcze w dalszym ciągu obszerniej będziemy mówili.

6. Nawet u roślin największych nie znajdujemy oddzielnych organów, które służyłyby do podtrzymywania funkcyi wymiany gazów i ruchu cieczy wewnątrz ciała; są tam tylko dla ruchu cieczy układy rur przeciągających przez całe ciało, podczas gdy gazy w części przepływają przez rury, w części w nieprawidłowo rozmieszczonych szczelinach pomiędzy elementami tkankowemi. Same ruchy zachodzą w części przez dyfuzyą, w części dzięki innym przyczynom, o których jeszcze będzie mowa. U zwierząt natomiast organy ruchowe, bądź tylko dla cieczy lub obok tych i dla gazów, bardzo są rozpowszechnione. U zwierząt wodnych wymiana gazów zachodzi kosztem tych gazów, które znajdują się pochłonięte w wodzie; nie potrzeba tu przeto osobnych organów dla ruchu gazów. Lecz są i takie zwierzęta wodne, które od czasu do czasu wypływają na powierzchnię i pobierają oraz wydalają gazy w sposób podobny, jak to czynią zwierzęta powietrzem oddychające. 6. Narządy oddechowe.

Narządy służące pobieraniu i wydalaniu gazów nazywamy narządami oddechowemi, organami oddychania. Czynność tych narządów wspomagają w wysokim stopniu narządy służące do poruszania cieczy i soków, które roznoszą pobrany tlen po wszystkich zakątkach ciała, a powstający w tkankach dwutlenek węgla znoszą znów do miejsc, w których gaz ten wydala się nazewnątrz. U zwierząt wyższych tę czynność spełnia krew. Jakkolwiek służy ona też jednocześnie do pobierania i wydalania innych także materyj, to jednakże jej krążenie uwarunkowane jest i przystosowane do urządzenia organów oddechowych. Nie wdając się zbytnio w szczegóły, opiszemy tu pokrótce najgłówniejsze typy organów oddychania, ich czynność oraz związaną z nią funkcyą krążenia krwi.

U istot najniższych służą także sprawie oddychania opisane już poprzednio (rozdz. XIII, § 6) wodniczki (wakuole) pokarmowe. Roznosząc po protoplazmie wodę, zawierającą materye pokarmowe i tlen, pośredniczą one w pobieraniu i wydalaniu wszelkich związków dyfundujących, a więc i gazów. Do wyższej sprawności jest już zdolny wspomniany wyżej układ po-

www.dlibra.wum.edu.pl

karmowo-naczyniowy, przy którym ruch wody odbywa się dzięki wiciom, rzęsom a niekiedy i dzięki skurczom mięśniowym. Organy specyalnie służące oddychaniu dzielimy na trzy formy: płuca, skrzela, dychawki (tchawki). Pomiędzy ostatniemi a obydwiema pierwszemi formami istnieją formy przejściowe, zwane skrzelotchawkami i płucotchawkami. Płuca i tchawki służą do wdychania i wydychania gazów w stanie wolnym, skrzela zaś do pobierania i wydalania gazów pochłoniętych. Skrzela przeto znajdujemy u zwierząt stale żyjących w wodzie lub opuszczających wodę przejściowo, na czas krótki, zaś tchawki i płuca posiadają tylko zwierzęta właściwe lądowe [1]). U niektórych zwierząt przejściowo (rzadziej trwale) płuca i skrzela jednocześnie istnieją obok siebie.

7. Płuca. 7. Płuco w formie najprostszej stanowi woreczek o cienkiej, sprężystej ścianie, będący wpukleniem przewodu pokarmowego, w pobliżu gębowego końca tegoż, pozostający w połączeniu z tym przewodem, a więc i ze światem zewnętrznym. Najczęściej woreczek taki jest parzysty, i wówczas przewód łączący płuca z kanałem pokarmowym dzieli się na dwie gałęzi: prawe i lewe oskrzele. Na powierzchni zewnętrznej woreczka rozgałęziają się naczynia krwionośne, tworząc gęstą siatkę włosowatą i przechodzą w jednę lub więcej żył, które znów odprowadzają krew, po pobraniu przez nią tlenu i oddaniu dwutlenku węgla. Krew płynąca w tych naczyniach włosowatych może poprzez cienką ścianę woreczka wejść w wymianę dyfuzyjną z powietrzem wewnątrz woreczka.

Stopień tej wymiany gazów wzmaga się skutkiem powiększenia powierzchni zetknięcia pomiędzy krwią a powietrzem i dzięki urządzeniom, które sprowadzają wymianę pomiędzy powietrzem w woreczku a powietrzem zewnętrznem. Do celu pierwszego służą występujące wewnątrz listewki, które powiększają powierzchnię woreczka, tak że na tej powierzchni znajduje się większa liczba naczyń włosowatych. Przytem naczynia włosowate w tych listewkach, umieszczone jednocześnie z dwu stron, znajdują się w zetknięciu z powietrzem. Ten stopień rozwoju widzimy np. w płucach żaby. Gdy podział woreczka jeszcze dalej zachodzi, powstają w nim liczne drobniejsze woreczki, t. zw. pęcherzyki płucne, które za pomocą wielokrotnie rozgałęziających się rurek łączą się z jednem z dwu oskrzeli. Za przykład takiego płuca

[1]) Wyjątki wymieniliśmy wyżej § 6).

www.dlibra.wum.edu.pl

złożonego, właściwego wyższym zwierzętom, służyć może płuco opisane przy anatomii królika (rozdz. XI, § 9). Widzieliśmy przy opisie powyższym również, jak dzięki doskonałemu przyleganiu elastycznego płuca do klatki piersiowej przy każdem rozszerzaniu się klatki jednocześnie rozszerzają się płuca i przez to wchodzi, wsysa się w nie powietrze (wdech, inspiracya), zaś przy każdem zwężaniu, zapadaniu się klatki piersiowej zmniejszają też swą objętość pęcherzyki płucne i wytłaczają ze siebie część zawartego powietrza (wydech, ekspiracya). Przez to powietrze w pęcherzykach płucnych zawarte miesza się z powietrzem atmosferycznem i utrzymuje się zawsze co do zawartości tlenu i dwutlenku węgla w pewnej mierze przeciętnej, tak że pobieranie tlenu przez krew i wydalanie dwutlenku węgla z krwi stale, nieprzerwanie odbywać się może.

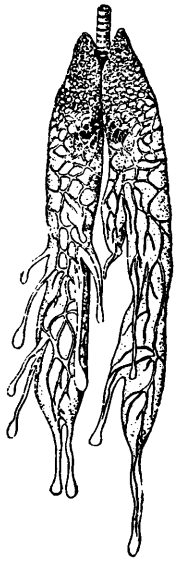


Fig. 82.

Płuca kameleona (*Chamaeleo monachus*). Siatka przedstawia naczynia krwionośne, które rozgałęziają się w listewkach idących na wewnątrz.

Nie u wszystkich zwierząt oddychających płucami wymiana gazów w płucach odbywa się w sposób jednakowy. Żaba np. powietrza atmosferycznego nie wciąga w płuca, lecz powietrze wtłacza się tu przez skurczenie się mięśni gardzielowych, gdy zamknięcie otworu gębowego i nozdrzy zapobiega uchodzeniu powietrza na zewnątrz. Nozdrza zamykają się tu małemi płytkami chrząstkowemi, które za pomocą bardzo kunsztownego mechanizmu od wewnątrz przylegają do otworów w nosie. Wytłacza się powietrze z płuc przez kurczenie się mięśni brzusznych [1]). Podobnie zbudowane są płuca gadów; przykład widzimy na fig. 82. Są to podłużne worki; koniec przedni (gębowy) podzielony jest na komory przez wystające listewki, koniec tylny prawie zupełnie jest gładki. Skurcze mięśni szyjowych wtłaczają tu powietrze do tych woreczków płucnych. U ptaków wreszcie płuca zbudowane są tak jak u ssących i wskazują tylko różnice w układzie oskrzeli. Podczas gdy u zwierząt ssących oskrzela rozgałęziają się drzewiasto na coraz mniejsze rurki, z których najdrobniejsze zakończone są pęcherzykami płucnemi, u ptaków natomiast z głównych

[1]) Ponieważ żaba nie posiada przepony brzusznej (*diaphragma*), nie ma zatem oddzielonych od siebie jam brzusznej i piersiowej, przeto skurcz mięśni brzusznych może bezpośrednio działać na płuca położone we wspólnej jamie piersiowo-brzusznej.

www.dlibra.wum.edu.pl

oskrzeli wychodzi kilka większych gałęzi, które wchodzą w płuca, przebijają ich powierzchnię i komunikują się z przestrzeniami powietrznemi w kościach i w workach powietrznych.[1]) Od tych rur większych odgałęziają się mniejsze, z boków zakończone pęcherzykami płucnemi. Płuca u ptaków zrośnięte są od strony grzbietowej z klatką piersiową i podobnie jak u ssaków, biernie rozszerzają się i zwężają przy ruchach oddechowych klatki. Przepona brzuszna *(diaphragma)*, która u zwierząt ssących podczas wdechu zwiększa pojemność klatki piersiowej, u ptaków rozwinięta jest szczątkowo; lecz mostek natomiast może znacznie oddalać się od kręgosłupa, co pozwala powiększać pojemność klatki w kierunku poprzecznym.

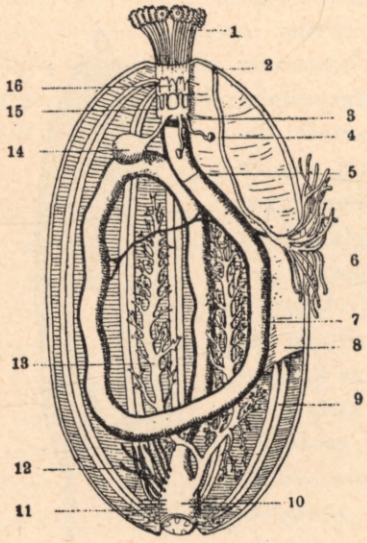


Fig. 83.

Strzykwa (*Holothuria*) rozcięta wzdłuż. 1 czułki; 2 otwór organów płciowych; 3 naczynia krwionośne; 4 przewód kamienny; 5 naczynie krwionośne jelita; 6 organy płciowe; 7 przewód pokarmowy; 8 śródjelicie (*mesenterium*); 9 mięśnie; 10 stek (*cloaca*); 11 mięśnie; 13 płuco wodne z przydatkami (12); 14 pęcherz Poli'ego; 15 naczynia skrzelowe.

Miejsce pośrednie pomiędzy płucami a skrzelami zajmują płuca wodne u strzykw (*Holothuria*). Są to długie woreczki ze ślepo zakończonemi rozgałęzieniami; krótka ich rurka końcowa wchodzi w tylne zakończenie przewodu kiszkowego (stek). Na zewnątrz są one oplecione naczyniami krwionośnemi, a wewnątrz wypełnione wodą, która odnawia się od czasu do czasu dzięki ruchom ssącym. Możnaby je nazywać skrzelami wewnętrznemi. Właściwe skrzela, występujące u zwierząt wodnych, tem właśnie się różnią od

[1]) Podczas gdy kości kręgowców wogóle wypełnione są w swych przestworzach wewnętrznych szpikiem kostnym, u ptaków natomiast zawierają one nadto wewnątrz powietrze. Worki powietrzne są to obszerne zbiorniki powietrza o ścianach błoniastych, mieszczące się pod skórą, pomiędzy mięśniami i w jamie brzusznej. Ptak dzięki tym workom powietrznym staje się stosunkowo lżejszym, co bardzo jest dlań korzystne przy szybowaniu w powietrzu, a duże zapasy powietrza pozwalają mu nadto korzystać z tlenu podczas chwilowego zaparcia tchu, co ułatwia wymianę gazów krwi.

www.dlibra.wum.edu.pl

płuc, że te ostatnie są położone we wnętrzu ciała i stanowią przestrzenie wypełniające się powietrzem, gdy skrzela na powierzchni zewnętrznej opłukują się wodą, w której zwierzę żyje. Wymiana gazów zachodzi tu pomiędzy gazami pochłoniętemi w wodzie a pochłoniętemi we krwi. Zrozumiałem jest, że i temu zjawisku sprzyja w wysokim stopniu powiększenie powierzchni, na której dyfuzya gazów się odbywa. To też widzimy, że skrzela najczęściej mają formy nici,

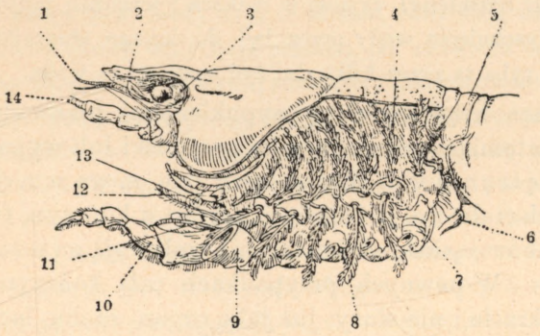


Fig. 84.

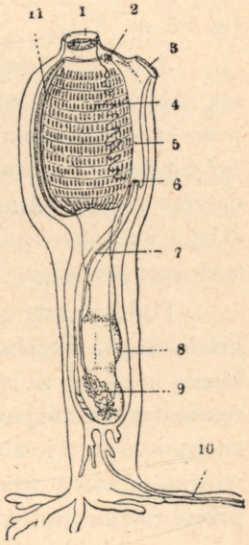


Fig. 85.

Fig. 84. Skrzela raka. Zdjęta jest pokrywa skrzelowa i odcięte odnóża, skrzela zewnętrzne zcią; gnięte w dół. 1 małe rożki; 2 rostrum; 3 słupek oczny i oko; 4 skrzela górne; 8 skrzela zewnętrzne; 5 pierwszy odcinek odwłoka; 7 czwarta noga chodowa; 9 kleszcze; 10, 11, 12 szczękonogi; 13 szczęka; 14 rożek (*antenna*).

Fig. 85. Budowa skrzel u żachwy (*Ascidia*). 1 otwór wpustowy; 2 zwój nerwowy (*ganglion*); 3 otwór ujściowy; 4 skrzele; 5 stek (*cloaca*); 6 odbyt; 7 przewód płciowy; 8 żołądek; 9 gruczoły płciowe; 11 endostyl.

piór, cienkich blaszek i t. p., które na stosunkowo małej przestrzeni wykazują duże powierzchnie.

Skrzela albo swobodnie zwieszają się w wodzie, albo położone są w oddzielnej jamie skrzelowej, w której woda utrzymuje się w ruchu ustawicznym (por. fig. 84). W ten sposób skutkiem nieprzerwanej odnowy wody, opłukującej skrzela, utrzymuje się ciągle na pewnej wysokości różnica w prężności tlenu i dwutlenku węgla pomiędzy krwią zwierzęcia a wodą [1]).

U osłonic *(Tunicata)* początkowa część przewodu kiszkowego za-

[1]) Nie możemy tu obszerniej opisywać urządzeń służących do poruszania wody; należy to do fizyologii szczegółowej odnośnych zwierząt.

www.dlibra.wum.edu.pl

mieniona jest całkowicie na duży przyrząd skrzelowy. Jest to niby skielet koszykowy, przez który woda ustami pobrana wpływa w przestrzeń współśrodkowo otaczającą narząd skrzelowy. Ztąd przepływa przez rurę, której otwór wypływowy leży obok otworu gębowego, podczas gdy pokarm, osłonięty śluzem wydzielonym przez endostyl, przechodzi do przewodu kiszkowego wychodzącego z dolnego końca rury skrzelowej (porówn. fig. 85 str. 371).

Jeżeli jama skrzelowa jest dość obszerna, aby mogła pomieścić większą ilość wody, i jeżeli woda ta może być zatrzymana w jamie skrzelowej przez zamknięcie pokrywą skrzelową, w takim razie zwierzę ma możność żyć też przez czas pewien po za wodą, jak to np. czynią raki. To samo dotyczy suchwy *(Anabas scandens)*, żyjącej w rzekach i jeziorach indyjskich i wędrującej po wyschnięciu wody przez ląd do innego zbiornika wodnego; powiadają, że ryba ta przez kilka dni żyć może po za wodą.

Podczas gdy płuca kręgowców są wypukleniami przewodu kiszkowego, skrzela natomiast powstają jako przydatki lub wypuklenia skóry zewnętrznej [1]). Występować one mogą w najrozmaitszych miejscach ciała, np. (u dziesięcionogów) u kończyn; tu ruchy kończyn i członków sąsiednich korzystnie wpływają na ustawiczną odnowę wody. W pewnych przypadkach cała kończyna przeobrażona jest w skrzele i nie służy już jako organ ruchu, lecz jako narząd oddechowy. Niekiedy i takie skrzela umieszczone są w oddzielnej jamie skrzelowej, która może zatrzymać w sobie wodę na czas przebywania zwierzęcia na lądzie, jak to widzimy u raka rzecznego (fig. 84). Jama skrzelowa otwarta jest tylko u przedniego brzegu. Szczelina ta może się zamykać częścią położonej przed nią kończyny, która jednocześnie ruchami swemi niby pompka utrzymuje ruch wody w kierunku do jamy skrzelowej i nazewnątrz.

Skrzela, które przystosowały się w zupełności do oddychania powietrzem, nazywamy skrzelopłucami. Położone są one w obszernych jamach, połączonych otworami lub rurkami z powietrzem zewnętrznem; w jamach tych powietrze zawsze jest nasycone parą wodną, tak że bez przerwy zachodzić może wymiana gazów. Skrzelopłuca występują u zwierząt, które żyją nie w wodzie, lecz w powietrzu wilgotnem, np. niektóre stonogi. Skrzelopłuco u siłacza (*Birgus latro*), dziesięcionoga stale żyjącego na

---

[1]) Skrzela u ryb są także wypukleniami przewodu pokarmowego; tylko u ryb dwudusznych *(Dipnoi)*, które obok skrzel mają też płuca, i u przeważnej części ziemnowodnych skrzela są przydatkami skóry zewnętrznej.

www.dlibra.wum.edu.pl

lądzie, stanowi obszerna wewnątrz błonką pokryta jama oddechowa, usiana pęczkami skrzelowemi; te pęczki skrzelowe podtrzymują wymianę gazów pomiędzy cieczami ciała zwierzęcego a wilgotnem, zawartem w jamie owej powietrzem. U mięczaków płucodysznych także skrzele zupełnie przekształciło się na rodzaj płuca; ściana pierwotnej jamy skrzelowej pokryta jest błoną o gęstym splocie naczyń krwionośnych, poprzez którą odbywa się oddychanie. To też i mięczaki płucodyszne w wodzie żyjące muszą od czasu do czasu wypływać na powierzchnię dla zaczerpnięcia świeżego powietrza do swej jamy oddechowej.

Wspomniano już, że niektóre kręgowce (mianowicie ziemnowodne) w stanie larw, kiedy żyją w wodzie, oddychają skrzelami, później zaś, po utracie skrzel, oddychają płucami, jak zwierzęta lądowe. Niekiedy obok płuc skrzela nie tracą swej zdolności funkcyonowania. U proteusza (*Proteus anguineus*) np. żyjącego w grotach gór Karstu, płuca pozostają w stanie szczątkowym. U trytonów skrzela zachowują się, jeżeli larwy wody opuścić nie są w stanie. Podczas całego życia pozostają i skrzela i płuca u dwudysznych (*Dipnoi*), które z powodu kształtu i budowy zaliczamy do ryb, które wszakże z powodu posiadania płuc odróżniają się od wszystkich innych ryb. Gdy rzeki i bagna, w których zwierzęta te żyją, wysychają, wówczas zakopują się one w szlamie i oddychają płucami, które łączą się krótkim przewodem z przełykiem.

9. Do oddychania powietrzem przystosowane są dychawki czyli tchawki. Znajdują się one zwłaszcza u owadów, pająków i niektórych innych klas stawonogów, które właśnie dla tego od innych stawonogów oddzielamy jako grupę osobną t. zw. tchawkodysznych (*Tracheata*). Tchawki są to rurki rozgałęzione, które na powierzchni ciała poczynają się otworami, t. zw. przetchlinkami (*stomata*), a ostatecznie kończą się niezmiernie delikatnemi rureczkami przeciągającemi w tkance zwierzęcia. Powietrze atmosferyczne przenikające w te rurki może więc w bezpośrednią wejść wymianę ze składowemi częściami tkanek, t. j. bez współudziału krwi. Wnętrze dychawek pokryte jest nabłonkiem, który wydziela twardą błonkę (*cuticula*) zawierającą chitynę. Przebiegające spiralnie nitkowate zgrubienie tej błonki sprawia, że rurka, nie tracąc swej giętkości, nie zostaje ściskana przez ucisk zewnętrzny przy wszelkich skrzywieniach i zwijaniach się zwierzęcia, podobnie jak rurka kauczukowa, w której znajduje się drut spiralny, nie może być ściśnięta a pomimo to giętkości nie traci. U niektórych stawonogów prawie każdy pierścień ma po dwie tchawki, każda z przetchlinką po prawej i lewej stronie; często wszakże je- 9. Tchawki.

www.dlibra.wum.edu.pl

dna tchawka zaopatruje też kilka pierścieni sąsiednich. U innych znów znajdujemy przebiegające wzdłuż rurki lub duże pęcherze tchawkowe z niewieloma otworkami, z których wychodzą pojedyńcze tchawki przenikające przez ciało zwierzęce (porówn. fig. 87).

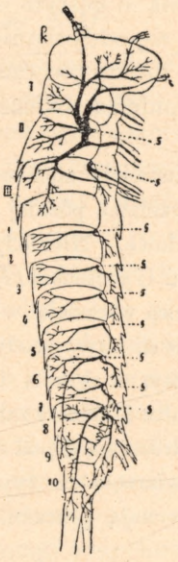


Fig. 86.

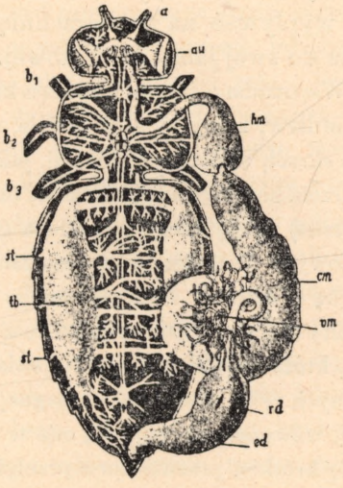


Fig. 87.

Fig. 86. Dychawki u skoczogona (*Machilis maritima*). *s* przetchlinki; *k* głowa; I-IV odcinki grzbietowe; 1-10 odcinki odwłoka.

Fig. 87. Woreczki tchawkowe i tchawki u pszczoły. *st* przetchlinki; *th* woreczki tchawkowe, z których wychodzą tchawki. Pod niemi widać układ nerwowy. *a* rożki; b_1, b_2, b_3 nogi; *au* oczy; *hm-ed* przewód pokarmowy.

Odnowa powietrza w tchawkach odbywa się niedostatecznie skutkiem ruchów ciała i musi w znacznej części zachodzić przez dyfuzyą.

U niektórych żyjących w wodzie larw owadów (ważki i in.) znajdujemy skrzelotchawki. Z kanału podłużnego wychodzą z jednej strony na kształt listków przydatki z rozgałęzieniami tchawek wewnątrz, sięgające do wody, z drugiej zaś strony w tkankę wchodzą rozgałęziające się pęczki dychawek. Pierwsze pobierają z wody tlen i oddają dwutlenek węgla, gdy tymczasem w rozgałęzieniach tchawek w tkance zachodzi proces odwrotny. Jako płucotchawki występują u pająków duże jamy otworami połączone z powietrzem zewnętrznem, w których wnętrzu liczne, uszeregowane obok siebie jak kartki książki, cienkie, puste wewnątrz płytki dużemi swemi powierzchniami pośredniczą w wymianie gazów.

www.dlibra.wum.edu.pl

10. Z tego, co powiedziano dotąd, wynika, że do niezbędnego dla zachowania życia pobierania tlenu i wydalania dwutlenku węgla u istot drobnych jednokomórkowych, żyjących w wodzie lub w powietrzu wilgotnem, wystarcza dyfuzya na powierzchni ciała, wspomagana niekiedy przez wędrówkę małych pęcherzyków wodnych wewnątrz protoplazmy. Gdy masa istoty żywej jest większa, to jednakże każda komórka może w podobnyż sposób oddychać, jeżeli przez ciało przechodzą liczne rurki, z których jedne wypełnione są wodą

10. Oddychanie skórne i kiszkowe.

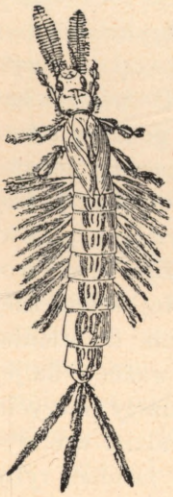


Fig. 88.

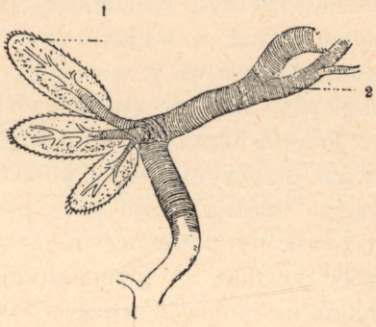


Fig. 89.

Fig. 88. Gąsienica jętki (*Ephemera vulgata*); żyje w wodzie i oddycha zwieszającemi się w wodzie skrzelami dychawkowemi.

Fig. 89. Skrzela dychawkowe u *Nemura lateralis*. Liściaste skrzelotchawki (1) zwieszają się w wodzie, zaś rozgałęziające się rurki dychawek (2) rozchodzą się we wnętrzu ciała owadu.

płynącą, inne zaś zawierają powietrze, będące w zetknięciu z powietrzem zewnętrznem. W sposób taki zbudowane są narządy oddechowe u roślin. U tkankowców (wielokomórkowych) o formach najprostszych, których ciało ma budowę gastruli, już przez to samo znaczniejsze jest powiększenie powierzchni, że zarówno powierzchnia wewnętrzna jamy ciała jak i powierzchnia zewnętrzna służyć mogą sprawie oddychania. Powierzchnia wewnętrzna może się jeszcze bardziej zwiększyć przez fałdowanie (układ pokarmowo-naczyniowy, § 3), albo też pewne szczególne miejsca na powierzchni wewnętrznej lub zewnętrznej w stopniu niezwykłym osiągają właściwość funkcyonowania jako organy oddechowe. W innych znów przypadkach przez całe ciało przechodzi układ delikatnych, rozgałęzionych, z powietrzem zewnętrznem połączonych rurek (dychawki). Lecz tam nawet, gdzie te właściwe organy oddechowe najdoskonalej są rozwinięte, pozostałe części ciała, mianowicie zaś przewód kiszkowy, głównie wymianie materyi służący,

www.dlibra.wum.edu.pl

oraz skóra zewnętrzna nie tracą w zupełności swej funkcyi oddechowej. Obok oddychania płucnego, skrzelowego i dychawkowego prawie wszędzie w mniejszym lub większym stopniu udział biorą nadto w oddychaniu kiszki i skóra. W tych tylko razach, kiedy skóra wskutek znacznej utraty wody, zrogowacenia lub wypełnienia chityną bardzo mało lub zgoła nie jest przepuszczalną dla gazów, jej udział w całkowitem oddychaniu bardzo jest nieznaczny, a wówczas właściwe organy oddechowe przeważną spełniać muszą pracę. Tak dzieje się prawie u wszystkich zwierząt ssących, w wyższej jeszcze mierze u dziesięcionogów i in. U zwierząt natomiast mających skórę o dużej zawartości wody, pokrytą łatwo przepuszczalnym nabłonkiem, ta powłoka zewnętrzna duży jeszcze bierze udział w oddychaniu. Tak np. dzieje się u żaby, której płuca stosunkowo w nieznacznym stopniu służą wymianie gazów. Obok płuc zarówno skóra zewnętrzna o dużej zawartości krwi i wody, jakoteż błona śluzowa jamy ustnej i gardzielowej w znacznej mierze przyczynia się do pobierania tlenu i wydalania dwutlenku węgla. Można przeto żabę pozbawić płuc bez poważnej dla jej życia szkody; natomiast nie znosi ona przez czas dłuższy pokrycia skóry powłoką nie przepuszczającą gazów. Duży udział w oddychaniu ma przewód kiszkowy u piskorza (*Cobitis fossilis*), ryby z rodziny karpiowatych (*Cyprinoidei*), zamieszkującej wody w Europie wschodniej i środkowej, a mającej skrzela bardzo słabo rozwinięte. Oddychanie kiszkowe jest tu stosunkowo znaczne i niezbędne dla zachowania życia. Ryba ta od czasu do czasu wypływa na powierzchnię, wchłania powietrze atmosferyczne do kanału kiszkowego i następnie wydala pęcherze gazu przez odbyt. To powietrze wydalane z kiszek ubogie jest w tlen a bogate stosunkowo w dwutlenek węgla. Musiało więc powietrze zewnętrzne uledz w kiszkach zmianie podobnej jak powietrze wdychane przez płuca [1]).

Ryby (za wyjątkiem hai i niewielu ryb kościstych) posiadają pęcherz pławny czyli worek wypełniony powietrzem a powstający przez wypuklenie przedniego końca kiszki, który u niektórych ryb łączy się jeszcze z przełykiem, gdy u przeważnej liczby prze-

---

[1]) Oddychanie kiszkowe w stopniu nieznacznym zachodzi u wszystkich zwierząt wyższych, także u człowieka; połykane wraz z pokarmem powietrze oddaje swój tlen krwi krążącej w ścianie kiszek. Obok tego powstają w kiszkach rozmaite gazy z rozkładu miazgi pokarmowej, lecz to nic niema wspólnego z oddychaniem właściwem.

www.dlibra.wum.edu.pl

wód łączący jest zamknięty. Pęcherz pławny jest właściwą formą zasadniczą płuca i służy też jako organ oddechowy u wspomnianych wyżej (§ 8) ryb dwudysznych. Płuca kręgowców rozwinęły się z pęcherza pławnego. Lecz u ryb oddychających skrzelami nie służy on już do oddychania, i nie mógłby nawet spełniać tej funkcyi, skoro jest całkowicie zamknięty. Gdy ryba przy pomocy swych mięśni ściska powietrze zawarte w pęcherzu pławnym, wówczas objętość pęcherza zmniejsza się nieco, jego ciężar właściwy wzrasta i ryba opuszcza się w wodzie [1]). Pęcherz pławny stał się przeto organem statycznym. Takie zjawisko nazywamy przemianą funkcyi. Jako taką przemianę funkcyi uważać też należy wspomniane już wyżej (§ 8) przeobrażenie kończyn w skrzela u dziesięcionogów (*Decapoda*).

11. Udział krwi w oddychaniu.

11. W skrzelach dychawkowych bardzo wyraźnie dojrzeć można podział, wyodrębnienie dwu ważnych, różnych, lecz dopełniających się części procesu oddychania: z jednej strony pobieranie zzewnątrz tlenu i wydalanie z ciała na zewnątrz dwutlenku węgla, z drugiej zaś oddawanie tlenu tkankom i odbieranie z tkanek dwutlenku węgla. Pierwsze z tych zjawisk fizyologicznych nazywamy często oddychaniem zewnętrznem, drugie zaś oddychaniem wewnętrznem. W warunkach prostszych, panujących u istot jednokomórkowych, oraz tam, gdzie oddychanie zachodzi tylko na powierzchni jamy ciała i skóry (przez entodermę i ektodermę), obadwa te procesy w jednem i tem samem miejscu przypadają. To samo dzieje się, gdy w całem ciele rozgałęziają się dychawki. Gdy wszakże czynność oddechowa przywiązana jest do pewnego organu (płuco lub skrzele), wówczas tlen w tem miejscu pobierany nie dochodziłby w ilości dostatecznej do tkanek, a wytwarzany w tychże dwutlenek węgla nie byłby dość szybko doprowadzany do organów wydalających, gdyby nie było jakiegoś pośrednictwa pomiędzy oddychaniem zewnętrznem a wewnętrznem. Pośrednikiem tym u wszystkich kręgowców i u wyższych bezkręgowców jest krew. Sprzyja temu głównie we krwi zawarta he-

[1]) Ztąd też ryby martwe, u których niema już ciśnienia na pęcherz pławny, wypływają na powierzchnię wody. Ich ciężar właściwy jest wówczas nieco mniejszy od ciężaru właściwego wody. U ryb żyjących w znacznych głębiach powietrze w pęcherzu pławnym znajduje się pod bardzo dużem ciśnieniem. Gdy ryby takie wydobyte są na powierzchnię, powietrze w pęcherzu pławnym mocno się rozszerza, ciało ich wskutek tego wzdyma się i niekiedy nawet wnętrzności zostają przez usta wypchnięte.

www.dlibra.wum.edu.pl

moglobina, odznaczająca się zdolnością łączenia się luźnego z tlenem i oddawania tego gazu tkankom (porówn. rozdz. XI, § 5). Lecz potrzeba w tym celu, aby krew w ustawicznym pozostawała ruchu. Ztąd też krążenie krwi (krwiobieg) tem jest doskonalej przystosowane do tej funkcyi, im żywszą jest potrzeba oddychania i im bardziej główny udział w oddychaniu przypada na płuca lub skrzela, nie zaś na kiszki i skórę. Widzimy też, że u ptaków i ssących całkowita krew przy każdym obiegu przepływa przez płuca, podczas gdy u niższych zwierząt kręgowych tylko część krwi przechodzi przez organy oddechowe.

U zwierząt wyższych krew płynie w zamkniętym zupełnie układzie rur, w naczyniach krwionośnych. Pracę niezbędną do poruszania krwi spełnia serce. Do tego, co już nam wiadomo o tem z rozdziału XI, dodamy tu jeszcze pewne dopełnienia, dotyczące odrębności w narządzie krwionośnym u rozmaitych zwierząt. Obieg krwi służy nietylko sprawie oddychania. Pośredniczy on nadto w pobieraniu materyj pokarmowych z przewodu kiszkowego i w wydalaniu powstających w tkankach obok dwutlenku węgla innych jeszcze produktów przerobu materyi. Gdy w funkcyi oddychania chodzi o pobieranie i wydalanie ciał gazowych, w odżywianiu natomiast i wydzielaniu mamy do czynienia z ciałami stałemi, rozpuszczonemi w sokach organizmu zwierzęcego. Do tych wszystkich zadań układ krwionośny u różnych zwierząt w rozmaity sposób jest przystosowany. Zjawiska odpowiednie u roślin, u których nie znajdujemy nic analogicznego do krwi i krążenia, omówimy później.

Podany w rozdz. XI opis serca i naczyń odnosi się do wszystkich zwierząt ssących i ptaków. Lecz już u płazów występują pewne odchylenia od tej budowy serca; serce prawe i lewe nie są tu w zupełności od siebie oddzielone. U ziemnowodnych istnieje wogóle jedna tylko wspólna komora sercowa, natomiast dwa oddzielone od siebie przedsionki; u ryb wreszcie serce składa się tylko z jednej komory i jednego przedsionka, z którym łączy się jeszcze jedna część, t. zw. zatoka żylna (*sinus venosus*), gdzie mają ujście żyły; zatokę żylną w stanie zaledwie szczątkowym widzimy u wyższych kręgowców. Zwierzęta bezkręgowe nie mają wcale zamkniętego całkowicie układu naczyniowego; krew płynie tu w części w przestrzeniach bezściennych pomiędzy organami, do których doprowadza tlen i składowe części pokarmu i z których pobiera dwutlenek węgla oraz inne produkty utlenienia. U wszystkich kręgowców ruch krwi zachodzi dzięki temu, że serce o mięsi-

www.dlibra.wum.edu.pl

stych ścianach w regularnych odstępach czasu naprzemian kurczy się, zwęża i rozkurcza, rozszerza. Ciśnienie powstające przez skurcz mięśnia sercowego wypiera krew z serca, przy rozkurczu natomiast krew znów do serca powraca [1]). U wielu zwierząt niższych zamiast mięśnia sercowego znajdujemy rozszerzenia rurowate w niektórych miejscach układu krwionośnego, które rozciągają się pod wpływem mięśni zzewnątrz na nie działających. Krew omywająca je i zawarta w owych przestrzeniach bezściennych zostaje w ten sposób wessana do tych rur przez znajdujące się w nich szczeliny. Zastawki wystające na wewnątrz u brzegów tych szczelin nie pozwalają, aby przy zwolnieniu mięśnia krew znów na zewnątrz występowała. Prawie zupełnie zamknięty układ naczyniowy mają wyżej organizowane bezkręgowce, z których dla przykładu przedstawiamy tu układ krwionośny homara (fig. 90). Serce mięśniowe znajduje się wewnątrz jamy krwią wypełnionej, w t. zw. zatoce okołosierdnej, z której przy rozszerzaniu się serca krew przez szczeliny do serca zostaje wessana. Skurcz serca wtłacza krew do tętnic, zkąd znów przepływa ona do przestrzeni ściau pozbawionych, do t. zw. zatok krwionośnych. Jedna z tych zatok, położona na stronie brzusznej, oddaje gałązki, które prowadzą krew do skrzel, zkąd znów przez zamknięte naczynia (żyły skrzelowe) powraca krew do zatoki okołosierdnej.

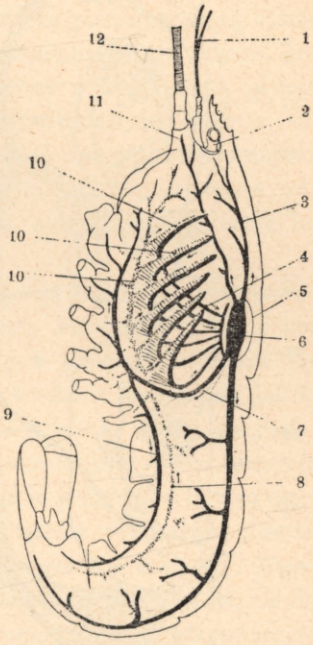


Fig. 90.

Krążenie krwi u homara. Z serca płynie krew do tętnic, wlewa się do dużej zatoki brzusznej, ztąd przechodzi do skrzel i dalej do zatoki okołosierdnej, z której znów wstępuje do serca. 1 rożki małe; 12 rożki duże; 2 oko; 3 tętnica rożkowa (*arteria antennalis*); 4 żyły skrzelowe; 5 osierdzie; 6 serce; 7 tętnica piersiowa; 9 tętnica brzuszna; 8 zatoka żylna; 10 gałązki prowadzące z zatoki do skrzel; 11 tętnica wątrobowa.

12. Najdoskonalej rozwinięty jest zamknięty układ naczyniowy ptaków i ssaków. Jeżeli pominiemy szczegóły w ukształtowaniu, zależne od ogólnej budowy ciała, będziemy mogli krążenie krwi u tych

12. Krążenie krwi u zwierząt ciepłokrwistych.

[1]) Peryodyczny dopływ krwi do tętnic już krwią wypełnionych sprawia w tętnicach zjawisko tętna, pulsu.

www.dlibra.wum.edu.pl

zwierząt sprowadzić do następującego prostego schematu. Podzielone na cztery części, dwa przedsionki i dwie komory, serce składa się z dwu doskonale przegrodą od siebie oddzielonych połów: prawej i lewej. Z komór płynie krew przez naczynia o mocnych ścianach (tętnice, arterye), które rozgałęziają się na coraz mniejsze i delikatniejsze rurki, aż wreszcie przechodzą w rurki cieniutkie (naczynia włosowate, kapilary), po przez których ściany zachodzić może wymiana pomiędzy materyami krwi a materyami składającemi tkanki. Naczynia włosowate zbierają się znów w większe naczynia (żyły), które zbiegają się w rury coraz większe i odprowadzają krew do serca, mianowicie do przedsionków, zkąd znów do komór krew przechodzi.

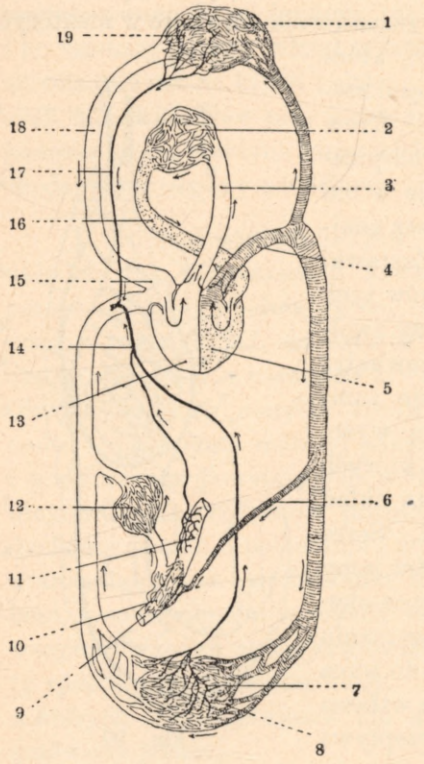


Fig. 91.

Schemat krążenia krwi u zwierząt ciepłokrwistych. Aorta i jej rozgałęzienia są oznaczone prążkami; linie czarne oznaczają układ naczyń limfatycznych (porówn. rozdz. XI § 6 i 7). 1 naczynia włosowate przedniej (oralnej) części ciała; 2 kapilary płucne; 3 tętnica płucna (zawiera krew żylną); 4 aorta; 5 lewa komora serca; 6 tętnice kiszkowe; 7 (czarne linie) naczynia limfatyczne tylnej (aboralnej) części ciała; 8 kapilary tejże; 9 przewód kiszkowy; 10 kapilary kiszkowe; 11 (czarne linie) naczynia limfatyczne kiszek czyli naczynia chłonne; 12 kapilary wątroby, przez które cała krew z kiszek jeszcze raz przepływa; 13 prawa komora serca; 14 przewód piersiowy (*ductus thoracicus*), główny pień dla limfy płynącej z kiszek i tylnej części ciała; 15 prawy przedsionek serca; 16 żyła płucna (zawiera krew tętniczą); 17 przewód limfatyczny dla limfy z przedniej części ciała; 18 żyła pusta górna; 19 naczynia limfatyczne przedniej części ciała.

Na fig. 91 mamy przedstawiony schematycznie taki układ naczyniowy. Uwzględnione są tu stosunki panujące w ciele ssącego zwierzęcia. Z komory lewej wychodzi aorta, przez którą płynie krew jasna, tętnicza. Z licznych jej gałęzi są tu przedstawione tylko dwie, jedna dla części ciała głowowej, druga dla większej części ciała, tułowia i kończyn tylnych (dolnych). Kapilary, powstające z tych rozgałęziających się coraz bardziej tętnic, wyobrażone są na naszym rysunku w postaci delikatnych linii splątanych z sobą na kształt siatki. Takie układy

www.dlibra.wum.edu.pl

naczyń włosowatych znajdują się we wszystkich organach; do każdego organu dopływa krew przez jednę lub więcej tętnic, które wszystkie są gałęziami aorty. W organach krew oddaje tlen a zabiera z nich dwutlenek węgla. Z jasnej, tętniczej krwi powstaje tu krew ciemna, żylna. Z kapilarów przechodzi krew do naczyń coraz większych, żył, które wreszcie łączą się w dwie żyły główne, górną i dolną. Te żyły główne (zwane także pustemi) mają ujście w prawym przedsionku, z którego krew przechodzi do prawej komory. Z komory prawej krew, wciąż jeszcze w tlen uboga, płynie przez tętnicę płucną, która dzieli się na dwie gałęzie główne, do obudwu płuc, przechodzi tu przez gęstą sieć naczyń włosowatych, przytem oddaje dwutlenek węgla i znów pobiera tlen, i wraca, odzyskawszy własności krwi tętniczej, przez żyły płucne do serca lewego, mianowicie do lewego przedsionka.

Część dolna naszego rysunku schematycznego wskazuje jeszcze pewną osobliwość, o której już w rozdziale XI-ym była wzmianka. Niema ona znaczenia dla sprawy oddychania, natomiast jest niezmiernie ważna dla czynności odżywiania. Pokarmy strawione w kiszkach przechodzą, jak to wyłożono w rozdz. XI, §§ 6 i 7, w części do krwi, w części do limfy. Naczynia limfatyczne, biorące początek w organach, oraz t. zw. naczynia chłonne, poczynające się w kiszkach, oznaczone są w fig. 91-ej liniami czarnemi. Prócz tego są tu oznaczone (fig. 91, 6) tętnice wychodzące z aorty zstępującej (brzusznej) i zaopatrujące w krew przewód pokarmowy. Krew żylna z kiszek nie spływa wprost do żyły głównej dolnej, lecz płynie do wątroby, gdzie jeszcze raz przechodzi przez układ naczyń włosowatych; dopiero przez żyłę wątrobową krew ta z wątroby odpływa do żyły głównej dolnej.

Opisany tu schemat krążenia krwi odnosi się także do ptaków. Najistotniejszą jego właściwością jest to, że całkowita krew przy każdym obiegu czyli za każdem przepłynięciem przez zamkniętą drogę kołową przechodzi przez d w a układy naczyń włosowatych: raz przez k a p i l a r y w o r g a n a c h poszczególnych, gdzie oddaje tlen a pobiera dwutlenek węgla, drugi zaś raz przez k a p i l a r y p ł u c n e, w których odwrotnie znów oddaje dwutlenek węgla a pobiera tlen. Przepływając przez naczynia włosowate w organach, krew jednocześnie oddaje tkankom najrozmaitsze materye, które pobrała z pokarmów w przewodzie kiszkowym, a wchłania w siebie z organów materye rozkładowe, które powstały tu w procesach życiowych, i odprowadza je do organów wydzielniczych. Służące ku temu urządzenia są w istocie jednakowe u wszystkich zwierząt, posiadających wogóle zamknięty układ naczyniowy. Jeżeli występują pewne różnice, pochodzą one prawie wyłącznie

www.dlibra.wum.edu.pl

z rozmaitej budowy organów oddychania. Widzimy ztąd, że przedewszystkiem stosunki krążenia krwi przystosowane są do wymagań narządu oddechowego, czyli innemi słowy, że krążenie krwi tak jest urządzone, aby obok innych swych zadań możliwie doskonale pośredniczyło w wymianie gazów pomiędzy ciałem zwierzęcia a jego otoczeniem.

13. Krążenie u ziemnowodnych i ryb.

13. Pragnąc jeszcze lepiej objaśnić to, co powiedziano wyżej, rzućmy okiem na niektóre inne kręgowce, których narzędy oddechowe zbudowane są inaczej niż u ssaków i ptaków. Wiadomo nam już, jak ważne ma znaczenie skóra żaby w oddychaniu. Lecz w funkcyi tej bierze też poważny udział błona śluzowa jamy ustnej i gardzieli. Wobec tego udział płuc ustępuje na plan dalszy; i do tego jest też przystosowane krążenie krwi.

Serce ziemnowodnych, do których należy żaba, składa się tylko z trzech głównych części: z prawego i lewego przedsionka oraz jednej wspólnej komory. Ztąd krew przechodzi do części, która niema utworu analogicznego w sercu zwierząt ssących, mianowicie do t. zw. *bulbus cordis*, z którego poczyna się pień tętniczy (*truncus arteriosus*). Ten ostatni dzieli się na prawą i lewą tętnicę główną, z których biorą początek wszystkie tętnice całego ciała. Dwie tętnice główne rozgałęziają się każda na trzy większe naczynia: tętnicę płucnoskórną (*arteria pulmocutanea*), aortę i tętnicę szyjową (*a. carotis*). Obiedwie aorty zaginają się łukowato w dół i łączą się w nieparzystą aortę brzuszną (*aorta abdominalis*).

Tętnica płucnoskórna dzieli się na gałęź mniejszą, płucną i większą, skórną. Krew, która przepłynęła przez tętnice płucne, ich rozgałęzienia oraz powstające z nich kapilary, wzbogaciwszy się w tlen a zubożawszy w dwutlenek węgla, powraca do przedsionka prawego; krew zaś, która przepłynęła przez tętnice skórne i t. d., również w tlen wzbogacona i pozbawiona w znacznej mierze dwutlenku węgla, miesza się, przed dojściem do przedsionka lewego, z krwią żylną, która pochodzi z rozgałęzień tętnic całego ciała i ich kapilarów, a która w organach przez oddanie tlenu a pobranie dwutlenku węgla żylną się stała. W ten sposób komora wspólna, do której obadwa przedsionki krew wlewają, otrzymuje krew wprawdzie nie całkowicie, lecz bądźcobądź w wysokim stopniu tętniczą. W komorze wszelako nie zachodzi doskonałe zmieszanie krwi tętniczej z żylną, utrudniają bowiem to zmieszanie ściany mięśniowe wchodzące w jamę komory. Obok tego zaś zastawki i przegrody w pniu tętniczym sprawiają, że powra-

www.dlibra.wum.edu.pl

cająca z organów, bardziej w dwutlenek węgla obfitująca krew, przeważnie płynie do tętnicy płucnoskórnej, gdzie znów może oddać dwutlenek węgla a pobierać tlen; natomiast powracająca z płuc i skóry bogatsza w tlen krew z prawego przedsionka płynie w większej ilości do aorty i tętnicy szyjowej, tak że wszystkie organy odżywiane są krwią prawie zupełnie zarteryalizowaną, tętniczą.

W porównaniu z tem bardzo zawiłem krążeniem obieg krwi u ryb, przedstawiony schematycznie na fig. 92, bardzo jest prosty. Serce składa się tu tylko z jednego przedsionka i jednej komory. Krew wypływająca z komory przez tętnice rozchodzi się w skrzelach, zkąd, pobrawszy tlen, przechodzi do wszystkich organów i powraca następnie do przedsionka, znów wchodzi do komory i na nowo krążenie rozpoczyna. Mamy więc tu jeden zamknięty w sobie obieg z jednem sercem, lecz dwa układy kapilarne. W porównaniu z tem krążeniem zwierzęta ssące i ptaki, powiedzieć można, mają właściwie dwa serca, prawe i lewe, pozornie (anatomicznie) tylko z sobą zrośnięte, jedno dla krążenia płucnego (serce prawe), drugie dla krążenia w całem ciele (serce lewe). Por. fig. 91, str. 380.

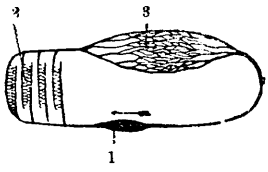


Fig. 92.

Schemat krążenia krwi u ryb. Serce jest tylko jedno (1), składające się z przedsionka, komory i pnia tętniczego. Z tego ostatniego wychodzi tętnica główna, którą krew płynie naprzód przez skrzela (2), a następnie przez naczynia włosowate wszystkich organów (3), poczem żyłami powraca do serca.

Ponieważ każde z tych dwu serc zaopatruje w krew tylko jeden układ naczyń włosowatych, w którym przezwyciężone być muszą znaczne opory, przeto prędkość strumienia krwi może tu być znacznie większa. Lecz we wszystkich opisanych przykładach zawsze na jaw występuje, jak krążenie zależne jest przedewszystkiem od budowy narządów oddechowych. Czynność oddechowa, ustawiczne zaopatrywanie tkanek w tlen i odprowadzanie powstającego w nich dwutlenku węgla, tak jest doniosła dla całego procesu życia, że obieg krwi, jako urządzenie pomocnicze, tem doskonalej musi być do owego zadania przystosowany, im zjawiska życiowe żwawiej zachodzą.

www.dlibra.wum.edu.pl

ROZDZIAŁ PIĘTNASTY.

Przerób materyi w istotach żywych.

2. Wydzielanie i pokrywanie strat.

1. Wydzielanie materyi.

1. Oddychanie, z którem poznaliśmy się w rozdziale poprzednim jako ze zjawiskiem życia bardzo ogólnem, połączone jest z ustawicznem zużywaniem materyi organicznej składającej ciało istot żywych. Tlen bezustannie przenika do tkanek i łączy się z ich częściami składowemi. W ten sposób następuje częściowe ich zużywanie się; produkty utlenienia muszą się skupiać w komórkach albo też w miarę powstawania muszą być nazewnątrz wydalane. O ile dotyczy to dwutlenku węgla, poznaliśmy już wydalanie tego produktu utlenienia w rozdziale poprzednim.

Ustawiczną stratę na ciężarze można u istot większych stwierdzić bezpośrednio przez ważenie, jeżeli tylko strata ta nie zostaje wyrównana przez pobieranie materyi zzewnątrz lub, co więcej, nie zamienia się w pewnych okresach na przybytek ciężaru [1]). Doświadczenia ścisłe przekonały, że w dłuższych okresach czasu ilość tlenu wydzielonego w postaci dwutlenku węgla i innych połączeń tkankowych równa się ilości tlenu pobranego, że natomiast (u zwierzęcia głodzonego) całkowita ilość wydzielin przeważa ilość tlenu. Wynika ztąd, że całkowity tlen, pochłaniany w procesie oddychania, łączy się w ciele zwierzęcia ze składowemi częściami tkanek i że produkty tego łączenia się opuszczają znów ustrój żyjący w formie dwutlenku węgla i innych związków tlen zawierających.

Wiadomo nam, że tkanki zbudowane są z mieszanin ciał białkowych, wodanów węgla, tłuszczów, wody i soli. Wodę i sole

---

[1]) Rozważania następujące dotyczą przedewszystkiem prawie wyłącznie zwierząt. Stosunki odmienne, a niezmiernie ważne u roślin uwzględnione będą w dalszym ciągu rozdziału.

www.dlibra.wum.edu.pl

pominąć możemy w rozważaniach obecnych jako materye, które łączyć się już z tlenem nie mogą [1]). Pierwsze trzy grupy części składowych tkanek, które obejmujemy nazwą organicznych (w przeciwstawieniu do wody i soli) złożone są z pierwiastków: węgla, wodoru, tlenu, azotu, siarki i fosforu (ciała białkowe), albo tylko z pierwszych trzech pierwiastków (wodany węgla i tłuszcze). Tłuszcze i wodany węgla utleniają się w ciele zwierzęcem w sposób zupełnie taki sam, jak gdyby się to działo po za organizmem przy wystarczającym dostępie powietrza; całkowicie przechodzą (spalają się) one w dwutlenek węgla i wodę. Lecz ciała białkowe nie mogą się w ciele zwierzęcem całkowicie utlenić. Gdy białko spalamy poza ciałem w dostatecznym dostępie powietrza, powstają wówczas, jako produkty ostateczne, dwutlenek węgla, woda i azot. Natomiast w ustroju zwierzęcym utlenianie zatrzymuje się na stopniu niższym. Ciała białkowe rozszczepiają się na grupę bezazotową, która, utleniając się, również daje dwutlenek węgla i wodę, i na grupę azotową, przeobrażającą się pod wpływem tlenu w szereg materyj, wśród których najwyższym stopniem utlenienia, mogącym się utworzyć w warunkach panujących w ciele zwierzęcem, jest mocznik. Te przeto produkty znajdujemy w wydzielinach istot żywych.

Mocznik $CO(NH_2)_2$ jest najwyżej utlenionym wśród produktów powstających w ciele zwierzęcem z materyj białkowych. Lecz utlenianie zachodzi tu powoli, stopniowo, a niektóre produkty poprzedzające w tem utlenianiu mocznik, jak np. u zwierząt roślinożernych kwas hipurowy, dalej kwas moczowy, kreatyna i inne, wydzielają się obok mocznika w ilości zmiennej, lecz najczęściej znacznie mniejszej od mocznika. Gdy kwas moczowy i sole jego, które trudniej są rozpuszczalne niż mocznik, występują w nieco większej ilości, wówczas wydzieliny często widzimy w postaci gęstej miazgi, jak np. spostrzegamy to w moczu ptaków i płazów. Siarka i fosfór zawarte w ciałach białkowych biorą również udział w procesie utlenienia i wydzielają się w rozmaitej postaci, w części jako kwas

[1]) Oprócz wymienionych związków rozbiór chemiczny wykrywa jeszcze nieznaczne ilości innych zawile złożonych ciał, dalej produkty rozkładu wszystkich tych związków oraz tłuszcze i wodany węgla, które powstały w procesie życiowym i nie zostały jeszcze wydalone nazewnątrz. Ponieważ wszystkie powyższe związki azotowe przy utlenianiu dają te same produkty co i właściwe ciała białkowe, przeto one w niczem nie zmieniają toku naszych rozważań. Pomiędzy solami występują też niekiedy sole kwasów organicznych, które mogą jeszcze łączyć się z tlenem, przechodząc w węglany. To należy uwzględnić przy obliczaniu źródeł wydzielanego dwutlenku węgla.

www.dlibra.wum.edu.pl

siarczany i fosforny (w związku z metalami), w części w połączeniach organicznych. Jakkolwiek duże mają znaczenie te przeobrażenia dla zjawisk życiowych, badanie ich wszakże wychodzi poza zakres planu niniejszych wykładów. Ilości siarki i fosforu, wprowadzane i wydalane z ustroju, są zawsze tak nieznaczne w porównaniu z jednocześnie przerabianemi ilościami węgla, wodoru, tlenu i azotu, że w rozbiorze ilościowym przerobu materyi można ich w wykładzie ogólnym nie uwzględniać.

Dwutlenek węgla i część wody wydzielają się u zwierząt oddychających powietrzem przez płuca, skórę i kiszki, dwutlenek węgla zaś u zwierząt w wodzie żyjących przez skrzela, skórę i kiszki. Czy i materye w wodzie rozpuszczone, t. j. głównie produkty utlenienia ciał białkowych, wydzielają się przez skrzela oraz podobne do tychże organy, nie wiadomo nam dobrze; lecz ze względu na warunki fizyczne tych organów bardzo jest to możliwe. Gdzie niema osobnych organów oddechowych, lecz protoplazma w całości w bezpośredniem znajduje się zetknięciu z wodą, jak to się dzieje u pierwotniaków i u tworów opatrzonych w układ pokarmowo-naczyniowy, tam te same narządy, które spełniają wymianę oddechową gazów, służyć też muszą do wydzielania azotowych produktów utlenienia. U zwierząt wyższych natomiast istnieją oddzielne narządy gruczołowe do wydzielania materyj stałych i rozpuszczonych. Przedewszystkiem mamy tu na myśli nerki. U zwierząt niższych zamiast nerek znajdują się organy prostsze, które zależnie od budowy noszą nazwy naczyń wodnych, cewek krętych albo *nephridia* (nerki). Wszystkie one stanowią szereg coraz zawilej, lecz według jednego planu zasadniczego zbudowanych organów, służących do wydzielania wody oraz ciał stałych w wodzie rozpuszczonych. Formy najprostsze, mianowicie naczynia wodne, są to rozgałęziające się rurki, których wązkie części początkowe ślepo są zamknięte i opatrzone w rzęski, wprawiające w ruch wodę w rurkach zawartą. Delikatne te rurki, rozgałęziające się po całem ciele, łączą się wreszcie w jeden lub kilka pni głównych, mających ujście na zewnątrz. Można je do pewnego stopnia przeciwstawić układowi pokarmowo-naczyniowemu, który opisaliśmy w rozdz. XIV, § 3. Podczas gdy ten układ pośredniczy nietylko w pobieraniu, lecz i w wydalaniu materyj powstających w organizmie, naczynia wodne natomiast spełniają tylko zadanie wydzielania materyj powstałych w tkankach. Cewki kręte i *nephridia* już wyraźniej wskazują charakter istotnych gruczołów, których budowę poznaliśmy w rozdz. XIII, § 12. Jako przykład wskazujemy rysunek planaryi na fig. 78 (str. 360); widzimy tu obok układu pokarmowo-naczyniowego *nephridia* (jaśniej naryso-

www.dlibra.wum.edu.pl

wane), które kończą się licznemi otworkami na powierzchni zewnętrznej ciała.

2. U zwierząt większych nie przedstawia znaczniejszych trudności zebranie wszystkich, w pewnym okresie czasu wydzielonych materyj, oraz zbadanie ich ilości i jakości. Głównie zależy tu na ilościowem oznaczeniu wydzielonego węgla i azotu. Węgiel, który wydziela się w dwutlenku węgla, w części w połączeniu z zasadami, oraz w moczniku, służy za miarę wszystkich utlenionych w organizmie ciał organicznych; azot, z którego około $^9/_{10}$ wydziela się u zwierząt ssących w postaci mocznika, służy za miarę utlenienia ciał azot zawierających, przedewszystkiem więc ciał białkowych. W wydalonym dwutlenku węgla znajdujemy najczęściej nieco mniej tlenu, aniżeli zwierzę pobrało w powietrzu wdychanem, ponieważ część tlenu zużyła się w ustroju na utworzenie wody i mocznika. Lecz dokładne oznaczenie ilości wody utworzonej w pewnym okresie czasu nie jest możliwe, ponieważ wydzielająca się na zewnątrz woda w przeważnej części pochodzi z wody przenikającej tkanki lub pobranej z pokarmem. 2. Badanie ilościowe przerobu materyi.

Straty ustroju, powstające w procesie życiowym, mogą w mniejszym lub większym stopniu być wyrównane przez dowóz pokarmu. Badania wykazały, że zwierzęta dla zachowania życia muszą pobierać w pokarmie te same materye, z których złożone są tkanki, więc ciała białkowe, wodany węgla, tłuszcze, wodę i sole. Ponieważ woda i sole opuszczają organizm w tejże samej ilości i w takim składzie, w jakim zostały pobrane, pozostaje przeto do zbadania, co zachodzi z owemi trzema grupami materyj pokarmowych organicznych podczas ich przebywania w organizmie zwierzęcym. Tymczasem wszakże pozostawimy na uboczu wszelkie procesy, zachodzące od chwili pobrania pokarmu w jamie ustnej aż do chwili wydzielenia produktów ostatecznych; porównamy tylko wprost ilościowo materye wprowadzane do ciała z wydalanemi. Rozważania dalsze poświęcimy pytaniom, gdzie i dzięki czemu zachodzą przeobrażenia chemiczne materyj pokarmowych [1]).

Można tego rodzaju badań dokonywać na zwierzęciu, na psie np., oznaczając przez dobę wszystkie wydzielane przezeń produkty,

---

[1]) Lavoisier, który pierwszy wyraźnie wypowiedział, że tlen wdychany służy do utleniania składowych części ciała, przypuszczał, że utlenianie zachodzi we krwi, i mianowicie natychmiast po wejściu tlenu do płuc. Wiadomo wszakże obecnie, że proces ten odbywa się pod wpływem żywej protoplazmy stopniowo i stale we wszystkich tkankach.

www.dlibra.wum.edu.pl

a następnie dając mu znów w pokarmie te wszystkie materye, które zwierzę przez ten czas straciło. Będzie się ono więc w końcu tego okresu doświadczalnego znajdowało pod względem ilości węgla, azotu i t. d. w dokładnie tym samym stanie, w jakim znajdowało się na początku. Powtarzając tę metodę, możemy zwierzę przez czas dłuższy utrzymać w pewnym oznaczonym stanie materyalnym. Oznaczając jakościowo i ilościowo wszystko, co zwierzę pobiera, i wszystko, co ono wydala, badamy w niem przemianę czyli przerób materyi.

3. Równowaga w przerobie materyi.

3. W badaniach takich stwierdzamy z jednej strony całkowitą ilość węgla, azotu, soli i wody, jaką zwierzę wydziela, a z drugiej ilość tychże materyj pobieraną przez nie wraz z pokarmem. Jeżeli ciężar zwierzęcia pozostaje przytem bez zmiany, wówczas przypuszczamy, że pobrane składowe części pokarmu wstąpiły na miejsce części ciała zużytych w procesie życiowym, że więc w składzie ciała zwierzęcego nic się nie zmieniło [1]). Powiadamy wówczas, że zwierzę znajduje się w równowadze przerobu materyi. Ponieważ wszakże materye pokarmowe bezazotowe w żaden sposób nie mogą zastąpić składników tkankowych azotowych, przeto oddzielnie stwierdzić należy, czy ilość przyjętego azotu odpowiada ilości tegoż w wydzielinach zawartej, i czy całkowita w pokarmie zawarta ilość węgla odpowiada ilości wydzielonej tego pierwiastku. Jeżeli jest tak istotnie, to w pierwszym razie mówimy o równowadze azotowej; gdy nadto i ilości węgla zgadzają się z sobą, mówimy o równowadze w całkowitym przerobie materyi.

Doświadczenia tego rodzaju dzielą się na część obejmującą przerób materyj oddechowych (gazowych), w której badamy ilościowo wchłanianie tlenu i wydalanie dwutlenku węgla i pary wodnej, oraz na badanie ilościowe pobieranych i wydalanych materyj stałych i ciekłych. Należy przytem pilnie uwzględnić tę część pokarmu, która w stanie niestrawionym opuszcza kiszki i z którą miesza się część wydzielin, wlewających się do kiszek (żółć i t. d.), oraz złuszczony nabłonek kiszkowy i t. d.; również przy badaniach ścisłych uwzględnić trzeba części ciała, które mogłyby w okresie badania zostać utracone (włosy i t. p.). Dokładne doświadcze-

[1]) Nie jest to bezwarunkowo pewnem. Gdy bowiem np. ilość wodanów węgla zawartych w ciele zwierzęcem zmniejszyła się, a ilość tłuszczów się zwiększyła, podczas gdy ilość wydalonego węgla równała się ilości węgla pobranego, wówczas zmiany te dokładnie i ściśle w zupełności stwierdzić się nie dadzą.

www.dlibra.wum.edu.pl

nia nad przemianą materyi wymagają od badacza znacznej cierpliwości i wprawy.

Badania tego rodzaju dowiodły, że straty azotu pokrywane być mogą tylko przez pobieranie ciał białkowych w pokarmie. Gdy brak ich lub gdy są pobierane w zbyt małej ilości, wówczas ciężar ciała ustawicznie opada, nawet w razie jeśli inne części składowe pokarmu są obficie spożywane, i zwierzę wreszcie ginie. Dla każdego zwierzęcia jest pewne minimum ciał białkowych, które koniecznie musi być w pokarmie zawarte, jeżeli zwierzę ma być na czas dłuższy przy życiu zachowane. Jeżeli zwierzę pobiera więcej, to i ta większa ilość (o ile tylko będzie strawiona i wessana) ulega rozkładowi, a odpowiednia ilość azotu ukazuje się w wydzielinach. Możemy ztąd wnosić, że pewna ilość ciał białkowych, stanowiących wszak najważniejszą część składową tkanek, w procesie życiowym ustawicznie się rozkłada i musi być zastąpiona przez białko zzewnątrz dowożone. Jakie ma znaczenie utlenianie większych ilości ciał białkowych, wychodzących po za miarę minimalną potrzeb organizmu, co do tego fizyologowie różnią się jeszcze w poglądach.

Spożywane ciała białkowe zawierają obok azotu również węgiel i wodór. O ile pierwiastki te nie opuszczają ciała jako części składowe związków organicznych, ukazują się w wydzielinach jako dwutlenek węgla i woda. Przeważna wszakże część tych ostatnich produktów utlenienia pochodzi ze spalania się tłuszczów i wodanów węgla, które muszą być obok ciał białkowych spożywane, i to w takiej ilości, aby wszystkie razem pokrywały zawartość całkowitą węgla w wydzielinach[1]). Przytem wodany węgla i tłuszcze mogą się wzajemnie zastępować w ten sposób, że większa ilość jednych pozwala na zaoszczędzenie drugich i odwrotnie. Zazwyczaj rozstrzygają tu względy takie, jak nawyknienie, sposobność łatwiejsza zdobycia tego lub owego rodzaju pokarmu i t. p. Co się tyczy człowieka i wielu zwierząt domowych, dla których najwięcej mamy doświadczenia, to okazało się, że mieszanina obudwu tych

[1]) Odżywianie wyłącznie ciałami białkowemi byłoby możliwe tylko wówczas, gdyby materye białkowe spożywane były i trawione w takiej ilości, że pokrywałyby całkowicie ilość potrzebnego węgla, lecz w takim razie wprowadzałyby one do organizmu znacznie więcej azotu, niż go potrzeba do zachowania równowagi azotowej W rzeczywistości takie odżywianie nigdy nie zachodzi, albowiem nawet zwierzęta wyłącznie mięsożerne wraz z mięsem zawsze pobierają tłuszcze i nieco wodanów węgla.

www.dlibra.wum.edu.pl

grup materyj pokarmowych przy odpowiedniej odmianie w stosunkach ilościowych jest właściwsza, aniżeli pewien pomiędzy niemi stosunek stale zachowywany.

4. Odżywianie się roślin.

4. Wszelkie zatem zwierzęta żywić się mogą tylko już gotowemi materyami organicznemi (białko, wodany węgla, tłuszcze). To, czego im poza tem potrzeba, mianowicie wody, soli, tlenu do oddychania, w zwykłych warunkach znajdują w przyrodzie podostatkiem i zazwyczaj braku tych materyj nie odczuwają. Lecz substancye organiczne mogą zwierzęta zdobyć w ten tylko sposób, że spożywają ciało innych zwierząt lub roślin. Ponieważ zwierzęta, służące innym za pokarm, same znów roślinami się żywią, przeto wszelki pokarm ostatecznie pochodzi z państwa roślinnego. Należy przeto z kolei zbadać, w jaki sposób rośliny ustawicznie tworzą owe olbrzymie masy ciał białkowych, wodanów węgla i tłuszczów, które niezbędne są do odżywiania niezliczonego mnóstwa zwierząt zamieszkujących ziemię.

Roślina wyższa składa się z korzenia, pnia i liści. Powstaje z nasienia, zazwyczaj w ziemi; lecz pierwsze okresy rozwoju mogą też zachodzić w powietrzu wilgotnem i wówczas łatwiej dają się obserwować. Istotne części nasienia składają: zarodek (*embryo*), materye odżywcze, zapasowe oraz otaczająca skorupka nasienna. Zarodek (fig. 93 *A*) zawiera już w sobie główne części późniejszej rośliny, pęd (*h*), korzonek (*r*) i liścienie (*c*); *v* jest to tak zwany stożek wegetacyjny, z którego poczyna się wzrost pnia. Gdy nasienie ma dość wilgoci, a temperatura nie jest zbyt nizka, wówczas rozpoczyna się kiełkowanie, przy którem korzeń rośnie w dół, część odpowiadająca łodydze wydłuża się ku górze, a liścienie rozwijają się w liście. Wszystkie rośliny jawnopłciowe rozwijają się w taki sposób; niektóre posiadają tylko jeden liścień i nazywają się dlatego jednoliścieniowemi (*Monocotyledonés*), inne posiadające dwa liścienie, nazywają się dwuliścieniowemi (*Dicotyledones*).

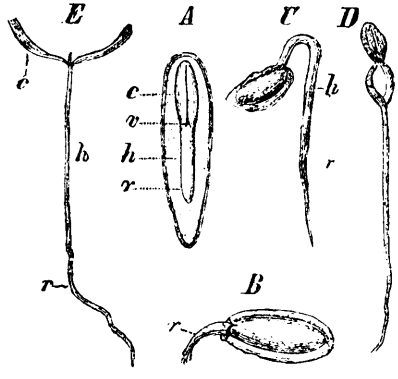


Fig. 93.

Kiełkowanie rośliny. *A* przekrój podłużny przez dojrzałe nasienie; *B* do *E* rozmaite okresy kiełkowania. *c* liścienie, *h* pęd, *r* korzonek. W *B* rozpoczyna się kiełkowanie; korzonek wyrósł i zgina się ku dołowi. Następnie wyrasta także pęd, i wreszcie rozwijają się liścienie po uprzedniem pęknięciu skorupki nasiennej.

www.dlibra.wum.edu.pl

Podczas kiełkowania nasienie prócz wody i tlenu nic z zewnątrz nie pobiera. To, czego potrzeba na powiększenie másy korzenia i pnia, pochodzi z materyj zapasowych. Całkowity przeto ciężar ciał stałych zawartych w młodej kiełkującej roślinie jest zawsze nieco mniejszy niż był w nasieniu, ponieważ część materyj zapasowych zużyła się przez oddychanie. Zarodek rozwija się więc przedewszystkiem kosztem materyj zapasowych zawartych w roślinie rodzicielskiej. Kiedy zaś roślina kiełkująca rozwinęła już korzeń i pierwsze listki, wówczas może już samodzielnie rosnąć dalej, o ile oczywiście dostatecznie będzie z zewnątrz zaopatrywana w substancye niezbędne.

Aby zbadać warunki, w których roślina wyrastać może, posługujemy się t. zw. hodowlą wodną. Młodą kiełkującą roślinę umieszczamy odpowiednio w korku lub w karcie, które pływają na wodzie, tak ażeby korzeń w wodzie się zanurzał. Jeżeli roślinka ma się dobrze rozwijać, nie zwyrodnieć, potrzeba w wodzie zawartości odpowiednich związków, złożonych z pierwiastków: a z o t u, s i a r k i, f o s f o r u, p o t a s u, w a p n i a, m a g n e z u i ż e l a z a.

Żelazo, o ile wiadomo, potrzebne jest wszystkim roślinom. Niektóre grzyby mogą się obyć bez wapnia. Inne pierwiastki nie są wprawdzie niezbędne, mogą wszakże działać pomyślnie na rozwój; znów inne są dla pewnych celów pożyteczne, zwłaszcza dla niektórych roślin trawiastych. Rośliny morskie pobierają dużo sodu i jodu; ślady jodu są też zawarte w roślinach lądowych. Pewne rośliny, rosnące na gruncie z zawartością cynku (galmanu), wchłaniają ten metal (np. *Viola lutea*), inne pobierają glin (winorośl); lecz tylko przytoczone wyżej pierwiastki są nieodzownie konieczne dla życia roślin.

Roztwory materyj odżywczych, odpowiednie do hodowli wodnych, rozmaicie mogą być złożone. Zawsze jednakowo dobrze rozwijają się w nich rośliny, o ile roztwory te zawierają tylko materye nieodzownie do odżywiania potrzebne. Dla przykładu przytoczymy tu skład dwu takich roztworów, które użyte były do odżywiania roślin z doskonałym skutkiem. W 4 litrach wody rozpuszczono:

		Roztwór I	Roztwór II
saletry potasowej	KNO_3	4 g	1 g
soli kuchennej	NaCl	1 g	—
gipsu (siarczanu wapnia)	$CaSO_4$	1 g	—
siarczanu magnezu	$MgSO_4$	1 g	1 g
fosforanu wapnia	$Ca_3P_2O_8$	1 g	—
azotanu wapnia	CaN_2O_6	—	4 g
fosforanu potasu	KH_2PO_4	—	1 g
chlorniku żelaza	Fe_2Cl_6	kilka kropel	—
siarczanu tlenku żelaza	$FeSO_4$	—	kilka kropel
kwasu fosfornego	H_3PO_4	kilka kropel	„

www.dlibra.wum.edu.pl

Gdy rośliny wyrastają w ziemi, nie potrzeba koniecznie, aby niezbędne do ich odżywiania sole znajdowały się w związkach w wodzie rozpuszczalnych. Najrozmaitsze wpływy, zależne od czynności korzeni lub innych stosunków fizyologicznych, mogą niektóre związki nierozpuszczone, w miarę jak ich roślinie potrzeba, zamieniać na związki rozpuszczalne, wchłaniane przez roślinę.

Ilości każdego niezbędnego pierwiastku, znajdującego się w postaci związku rozpuszczalnego w wodzie, są nieznaczne, lecz żaden z nich nie może się znajdować poniżej pewnego minimum, jeżeli roślina dobrze ma się rozwijać. Jeżeli ten lub ów pierwiastek znajdują się w nadmiarze, roślina pobiera go jednakże tylko w ilości, jakiej potrzebuje koniecznie. Z roztworów bardzo rozcieńczonych roślina wchłania stosunkowo dużą ilość materyj rozpuszczonych; roztwór staje się w ten sposób coraz bardziej rozcieńczonym, aż do chwili, gdy osiągnięta zostanie granica, poza którą roślina już przestaje z korzyścią dla siebie pobierać materye do wzrostu i rozwoju potrzebne.

5. Powstawanie materyi organicznej w roślinie.

5. Gdy roślinę w ten sposób wyhodowaną spalimy, znajdziemy w popiele wszystkie części składowe mineralne, które wchłonęła ona z wody. Lecz ciężar rośliny wzrósł znacznie więcej, niż odpowiada to ilości pobranych związków mineralnych i wody (po potrąceniu wody odparowanej). Ów przyrost masy spowodowany jest przez utworzenie się nowej materyi organicznej w roślinie.

Ponieważ nowo utworzone materye organiczne złożone są z węgla, wodoru i tlenu, albo z tych pierwiastków i nadto jeszcze z azotu oraz drobnych ilości siarki i fosforu, jasnem jest przeto, że pobrane przez korzenie pierwiastki wodór i tlen (jako części składowe wody) musiały się w ciele rośliny połączyć z węglem, azotem, siarką i fosforem. Azot, siarka i fosfór wchłonięte zostały przez korzenie; lecz węgla brak było zupełnie w wodzie użytej do hodowli wodnej. Można też dowieść, że dodatek rozpuszczalnych związków węglowych do wody, w której korzenie są zanurzone, dla większości roślin nie wywiera na wzrost bynajmniej wpływu pomyślnego.

Pozostaje nam przeto zbadanie pytania, zkąd pochodzi węgiel użyty w roślinach do wytwarzania związków organicznych. Stwierdzono z całą dokładnością, że roślina pobiera z powietza dwutlenek węgla i rozkłada go w sobie. Tlen zwraca roślina powietrzu, węgiel zaś łączy się w jej ciele z innemi pierwiastkami na wodany węgla, tłuszcze i ciała białkowe.

www.dlibra.wum.edu.pl

6. Wydzielanie tlenu przez rośliny może być wykazane w następujący sposób. Kilka długich, cienkich roślin wodnych (nadają się do tego dobrze *Elodea canadensis* albo ramienica, *Chara fragilis*) umieszczamy w wysokim cylindrze szklanym z wodą, przyczem końce korzeni zwracamy ku górze. Te końce obcinamy a nici ze świeżemi powierzchniami cięcia wprowadzamy do rurki szklanej, z jednego końca zamkniętej, wypełnionej wodą i zanurzonej otworem w wodę cylindra. Widzimy, że z powierzchni przecięcia unoszą się pęcherzyki zbierające się w rurce szklanej. Gdy zebrała się dostateczna ilość gazu, dowieść można, że gaz ten jest tlenem, przez wprowadzenie tlejącego drewienka, które natychmiast jasnym zajmuje się płomieniem. 6. Wydzielanie tlenu przez rośliny.

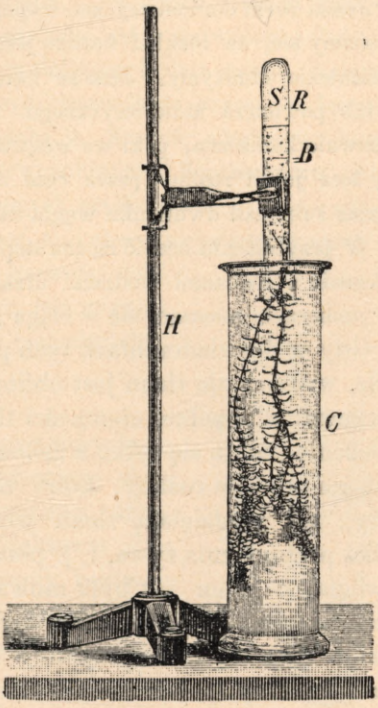


Fig. 94.

Wydzielanie tlenu przez rośliny zielone. Roślina wodna *Elodea canadensis* ścięta, odwrócona, mieści się w cylindrze *C* z wodą; dolny jej koniec wprowadzony jest w rurę *R*, wypełnioną wodą i otworem umieszczoną w cylindrze *C*. Z miejsca nacięcia unoszą się pęcherzyki *B* i zbierają się w *S*. Badanie gazu wykazuje, że jest to czysty tlen.

Można doświadczenie to wykonać również z liśćmi drzew liściastych lub z innemi roślinami lądowemi. Liście zalewamy wodą i pręcikiem szklanym mocno poruszamy tę wodę, aby o ile można usunąć przylegające powietrze. Następnie nad liśćmi ustawiamy lejek, a nad zwróconą ku górze rurką lejka, znajdującą się pod wodą, umieszczamy rurę szklaną wodą wypełnioną, w której zbiera się wydzielany przez liście gaz.

Pragnąc ściślej oznaczyć ilość rozkładanego dwutlenku węgla, umieszczamy liść w rurze szklanej u góry zamkniętej a u dołu zanurzonej w rtęci (eudiometr, porówn. str. 173), w której znajduje się mieszanina dwutlenku węgla i powietrza atmosferycznego o znanym składzie; po pewnym czasie analizujemy tę mieszaninę i oznaczamy, o ile skład jej chemiczny się zmienił. Przekonano się w ten sposób, że ilość dwutlenku węgla rozszczepionego w jednostce czasu zależy od powierzchni liścia, od natężenia oświetlenia i od tempera-

www.dlibra.wum.edu.pl

tury. Liście rozmaitych roślin działają niejednakowo, lecz w liściach tego samego gatunku rozkład jest proporcyonalny do wielkości powierzchni. Rozkład wzrasta z początku bardzo szybko wraz z natężeniem światła, następnie powolniej. Temperatura musi nie wychodzić poza pewne granice; w temperaturze zbyt nizkiej lub zbyt wysokiej rozkład dwutlenku węgla ustaje. Dla każdej rośliny jest pewna temperatura, w której rozkład ten wykazuje maximum.

Jeżeli rurki eudiometryczne wypełnimy czystym dwutlenkiem węgla, przekonamy się, że rozkład bardzo jest nieznaczny; wzrasta on wszakże, gdy ciśnienie obniżymy. Jeszcze bardziej sprzyja rozkładowi dodatek tlenu lub powietrza atmosferycznego. Obecność tlenu wolnego nie jest nieodzownie konieczna, póki we wnętrzu roślin znajduje się jeszcze nieco tlenu; lecz jeżeli rośliny przez czas dłuższy zgoła tlenu są pozbawione, natenczas i rozkład dwutlenku węgla ustaje.

W przybliżeniu ocenić można stopień wydzielania tlenu, jeżeli w doświadczeniu z roślinami wodnemi urządzonem tak, jak wskazuje fig. 94, liczyć pęcherzyki unoszące się w ciągu pewnego okresu czasu.

Gdy w doświadczeniach tych pomieszczamy rośliny w jasnem świetle, wydzielanie tlenu jest obfite, najobfitsze w pełnem świetle słonecznem; w zupełnej ciemności tlen zgoła się nie wydziela. Doświadczenie udaje się tylko z zielonemi częściami roślin. Części niezielone lub całe rośliny, które nigdy zieleni nie zawierają (np. grzyby), nie wydzielają tlenu wcale. Oddychają one tylko jak wszelka protoplazma żywa, t. j. pobierają tlen i wydzielają dwutlenek węgla, o czem już była mowa w rozdziale poprzednim (§ 5). I zielone części roślin również oddychają w ten sposób; lecz to oddychanie daje się dowieść tylko w ciemności, ponieważ w świetle proces odwrotny (pobieranie dwutlenku węgla i wydzielanie tlenu) współcześnie zachodzi. Widzimy przeto, że rozszczepianie dwutlenku węgla z wydalaniem tlenu przez rośliny zależne jest od dwu warunków: od zieleni i od światła.

7. Chlorofil.

7. Badając zielone części roślin, znajdujemy głównie w komórkach gęsto skupionych pod nabłonkiem, na które światło padające przedewszystkiem działać może, ciałka o barwie zielonej, t. zw. ziarna chlorofilu. Są one najczęściej okrągłe lub elipsoidowe, nieco spłaszczone, rzadziej (tylko u wodorostów niższych) inny mają kształt. Składają się one z substancyi zasadniczej bezbarwnej, w której znajdują się ziarenka oleiste zawierające barwnik. Ten barwnik nazywamy zielenią roślinną czyli chlorofilem.

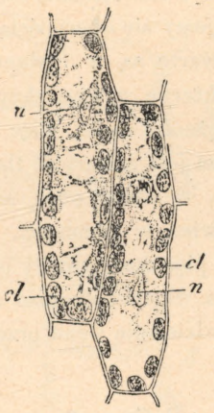
Zazwyczaj obok chlorofilu w mniejszej ilości znajdują się jeszcze

www.dlibra.wum.edu.pl

dwa inne barwniki, żółty, ksantofil i żółtoczerwony, karotyna. W niektórych wodorostach występują także barwniki błękitne, brunatne i czerwone. Zależnie od tego, który z tych barwników znajduje się w większej ilości, barwa rozmaitych części roślin bywa różna. Niektóre bakterye zawierają barwnik purpurowy, bakteryopurpurynę; ztąd i bakterye te nazwano purpurowemi (porówn. przypisek na str. 363).

Wszystkie barwniki liściowe odznaczają się tem, że pod wpływem światła rozszczepiają dwutlenek węgla. Ponieważ chlorofil działa pod tym względem najsilniej i zwykle zawarty jest w największej ilości, przeto o nim przedewszystkiem w ciągu dalszym będzie mowa. Nalejmy alkoholu na liście zielone, a po pewnym czasie liście stracą swą barwę, natomiast alkohol zabarwi się na zielono [1]). Roztwór alkoholowy barwnika wykazuje w świetle padającem czerwonobrunatną fluorescencyą. Badanie mikroskopowe takich liści odbarwionych przekonywa, że ziarna chlorofilowe nie zmieniły ani kształtu swego ani charakterystycznej swej budowy; straciły tylko swą barwę. Barwniki liści rozpuszczają się nietylko w alkoholu, lecz również w eterze, siarku węgla i innych rozpuszczalnikach.

8. Szkła zabarwione i roztwory barwników przepuszczają część promieni skupionych w białem świetle słonecznem, inną zaś część w mniejszym lub większym stopniu pochłaniają. Tak np. stężony roztwór tlenniku miedzi w amoniaku przepuszcza światło błękitne i fioletowe, pochłania natomiast czerwone, żółte i znaczną część zielonego; nasycony zaś roztwór dwuchromianu potasu pochłania całkowicie światło błękitne i fioletowe a przepuszcza czerwone, żółte i część zielonego. Można przeto przez zastosowanie tych obudwu roztworów widoczną dla naszego oka część światła słonecznego niejako przepołowić: jeden roztwór zakrywa nam jednę połowę promieni, drugi zaś drugą połowę.



8. Działanie rozmaitych rodzajów światła.

Fig 95.

Ziarna chorofilu z liścia *Funaria hygrometrica*. *n* jądra. *cl* ziarna chlorofilu.

Jeżeli roślinę umieścimy w naczyniu szklanem, które wstawi-

[1]) Należy dodać nieco eteru do alkoholu, aby usunąć warstwę materyi woskowej, często bardzo pokrywającą liście (porówn. rozdz. XIII, § 11). Chlorofil łatwiej daje się wytrawić, jeżeli liście uprzednio zostaną sparzone wodą gorącą.

www.dlibra.wum.edu.pl

my w inne naczynie nieco obszerniejsze, również szklane, a przestrzeń pomiędzy obudwoma naczyniami napełnimy roztworem dwuchromianu, wówczas do rośliny dochodzić będzie tylko światło czerwone, żółte i nieco zielonego. Gdy obok tego umieścimy w podobny sposób dwa naczynia, pomiędzy któremi przestrzeń jest wypełniona roztworem amoniakalnym tlenniku miedzi, to tutaj roślina odbierać będzie tylko światło błękitne, fioletowe i nieco zielonego. Przekonamy się, że w pierwszem naczyniu rozkład dwutlenku węgla zachodzi tylko nieco słabiej (o jaką $^1/_{10}$) aniżeli w zwyczajnem świetle białem; natomiast w drugim przyrządzie rozkład w nieznacznym tylko stopniu się odbywa (około 5% rozkładu w świetle białem).

Pragnąc wybadać dokładniej, jaki rodzaj światła wywiera działanie największe, posługujemy się z korzyścią wodorostami nitkowatemi. Umieszczamy je pod mikroskopem i oświetlamy w taki sposób światłem, które przechodzi przez pryzmat, ażeby na rozmaite części wodorostu padało światło różnej barwy. Aby ocenić stopień wydzielania tlenu, posługujemy się obecnością bakteryj żądnych tlenu, które wraz z wodorostami zawarte są w badanej kropli wody. Jak wiadomo z rozdz. XIV, § 4, bakterye pewne skupiają się w miejscach sprzyjającej im najbardziej prężności tlenu, więc bakterye o dużej potrzebie tlenu tam, gdzie największa jest zawartość tlenu w wodzie. Jeżeli bakterye takie z kroplą wody, w której obok nich są i wodorosty, potrzymamy naprzód przez czas pewien w ciemności, a następnie nagle je oświetlimy, to dostrzeżemy w pierwszej chwili mniej więcej równomierne rozmieszczenie bakteryj; lecz wkrótce skupiać się one poczynają tam, gdzie znaczne odbywa się wydzielanie tlenu przez rośliny i gdzie przeto rozwój ich najlepiej zacho-

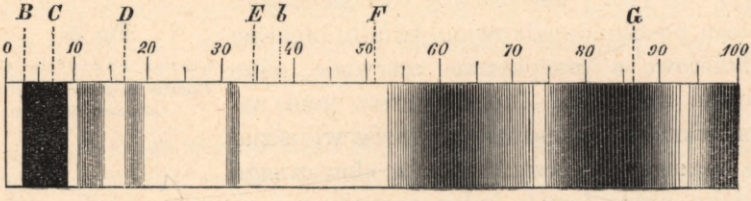


Fig. 96.

Widmo absorpcyjne chlorofilu. W widmie otrzymanem przy pomocy pryzmatu oznaczone są linie Fraunhofera (*B* do *G*). Jeżeli pomiędzy źródłem światła a szczeliną spektroskopu umieścimy roztwór alkoholowy chlorofilu, wówczas ukazują się ciemne smugi absorpcyjne. Roztwory bardziej skoncentrowane zaciemniają całkowicie łamliwszą część widma (od linii *F* do *G*). Lecz ta część widma jest tak narysowana, jak się ukazuje przy użyciu rozcieńczonego roztworu.

dzi. Przy umiarkowanem natężeniu światła najobficiej skupiają się te bakterye w czerwonej części widma słonecznego, pomiędzy liniami Fraun-

www.dlibra.wum.edu.pl

HOFERA *B* i *C*, w znaczniejszem wszakże natężeniu światła zbierają się one bardziej ku części fioletowej widma.

Przepuśćmy światło białe przez dostateczną warstwę roztworu chlorofilu o odpowiedniej koncentracyi, a wówczas te promienie światła, które wywierają najsilniejsze działanie na zielone części roślin, najbardziej zostaną przez ten roztwór pochłonięte. W widmie takiego światła przepuszczonego przez chlorofil ukazuje się od linii FRAUNHOFERA *B* aż nieco poza *C* przerwa, ciemna smuga absorpcyjna. Słabsze pochłonięcie światła ujawnia się w innych miejscach; zwłaszcza cała połowa widma o silniejszej łamliwości, którą zajmują barwy błękitna i fioletowa, bardzo słabe wykazuje światło. Przy bardziej stężonym roztworze lub grubszej warstwie połowa ta może całkiem okazać się czarną.

Widzimy przeto, że wprawdzie wszystkie części dostrzegalnego dla oka naszego widma słonecznego dokonywać mogą rozkładu dwutlenku węgla, że wszelako te promienie, które najsilniej są pochłaniane przez chlorofil, dokonywają tego rozkładu w stopniu najznaczniejszym [1]).

Gdy roślina wystawiona jest na światło słoneczne, oczywiście ziarna chlorofilu najpowierzchowniej położone przedewszystkiem ulegają działaniu światła i sprowadzają znaczny rozkład dwutlenku węgla. W świetle przez nie przepuszczonem promienie czerwone o stopniu załamania, odpowiadającym części widma od linii *B* do *C*, bardzo są osłabione, ponieważ zostały pochłonięte przez warstwę chlorofilu najpo-

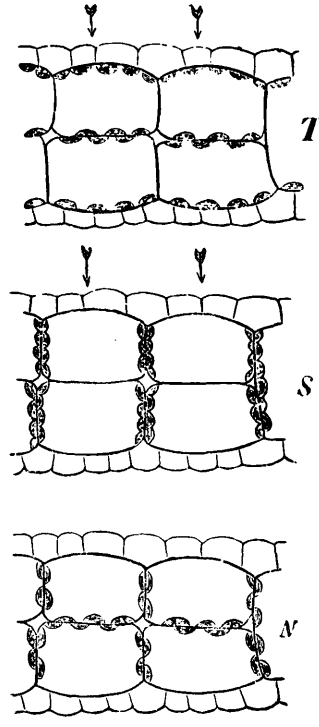


Fig. 97.

Zmiany położenia ziaren chlorofilu. Komórki rzęsy wodnej (*Lemna trisulca*) przy rozmaitem oświetleniu. Strzałki wskazują kierunek padającego światła. *T* w świetle dziennem rozproszonem, *S* w świetle słonecznem, *N* w nocy. *S* w świetle słonecznem, *N* w nocy.

[1]) Ponieważ inne, wymienione wyżej barwniki liści w nieco inny sposób niż chlorofil pochłaniają poszczególne rodzaje promieni, przeto w razie gdy są one w większej ilości, przesuwa się nieco w tę lub ową stronę miejsce najsilniejszego działania w widmie.

www.dlibra.wum.edu.pl

wierzchowniejszą. Gdyby wszystkie inne rodzaje światła były zupełnie nieczynne, to oczywiście głębiej położone warstwy chlorofilu wogóle nie byłyby w stanie rozkładać dwutlenku węgla. Byłoby w takim razie obojętnem, czy pod górną warstwą chlorofilu znajduje się jeszcze ten barwnik czy nie Ponieważ wszakże mało pochłonięte światło żółte i zielone, zwłaszcza pierwsze do linii Fraunhofera D, wywiera też działanie wyraźne, choć słabsze od światła czerwonego, przeto i głębsze warstwy chlorofilu mogą brać udział w rozszczepianiu dwutlenku węgla.

Bądź co bądź jednak wynika z powyższego, że główne działanie przypada chlorofilowi w warstwie górnej. Ponieważ siła działania tego zależna jest także od natężenia światła na roślinę padającego, wielce jest przeto interesującem obserwowanie, że i układ, ugrupowanie ziaren chlorofilu zmienia się zależnie od zmian w natężeniu światła. Na fig. 97-ej przedstawione jest ugrupowanie tych ziaren w komórkach rzęsy wodnej (*Lemna trisulca*); fig. 97 T wskazuje układ w umiarkowanem oświetleniu dziennem, S w świetle słonecznem silnem, wprost na roślinę padającem, N w świetle bardzo słabem i podczas nocy.

9. Powstawanie i zanikanie chlorofilu.

9. Chlorofil tworzy się w komórkach roślinnych z żywej protoplazmy i w czynności swej przywiązany jest do życia protoplazmy. Wszystko, co trwale lub przelotnie upośledza własności życiowe protoplazmy, znosi też działanie barwnika zieleni, np. wysokie temperatury, eter, chloroform. Ziarna chlorofilowe pozbawione barwnika zupełnie nie są czynne.

Chlorofil powstaje w żywej roślinie tylko pod wpływem światła. Wyjątek pod tym względem stanowią liścienie drzew iglastych i listowie paproci, które i w ciemności zielenieją, jeżeli tylko temperatura dostatecznie jest wysoka. U wszystkich innych roślin zdolnych wogóle do wytwarzania chlorofilu, w ciemności powstają wprawdzie ziarna chlorofilowe, lecz pozostają one bezbarwne. Ztąd też części podziemne, jak korzenie i t. p. nigdy nie zielenieją. Części powietrzne, jak łodygi i liście, hodowane w ciemności, stają się bladożółtawe, płonieją. Wzrost często przytem jest przyśpieszony, zwłaszcza wydłużanie się łodyg. U niektórych roślin tworzenie się chlorofilu w niektórych miejscach nie zachodzi, tak że liście wyglądają jak prążkowane lub centkowane. Wreszcie do warunków powstawania chlorofilu należy temperatura niezbyt nizka oraz obecność pewnej, choć bardzo nieznacznej ilości rozpuszczalnej soli żelaza. Gdy brak zupełnie żelaza, roślina nie zazielenieje; łecz nie wiadomo jeszcze dokładnie, czy żelazo wchodzi jako istotna część składowa do chlorofilu, czy też ma tylko pośrednie znaczenie fizyologiczne. Większe zresztą ilości soli żelaza w gruncie nie sprzyjają wzrostowi roślin.

www.dlibra.wum.edu.pl

Natężenie światła niezbędne do wytworzenia chlorofilu bardzo jest nieznaczne, o wiele mniejsze od tego, jakiego potrzeba, aby utworzony już chlorofil sprowadzał rozkład dwutlenku węgla. Gdy zupełnie działanie światła jest powstrzymane, znika wytworzony już poprzednio chlorofil, co prawda bardzo powolnie, tak że dopiero po wielu dniach lub tygodniach stwierdzić można zupełną jego nieobecność.

10. Ruch gazów w roślinie.

10. Zależnie od tego, który z dwu procesów ilościowo przeważa, czy ani na chwilę nie ustające oddychanie, czy też rozkład dwutlenku węgla zachodzący tylko w świetle, roślina już to wydaje z siebie tlen, już też dwutlenek węgla. Nawet w świetle wydzielanie tlenu przeważa tylko w częściach zielonych, podczas gdy bezbarwne części rośliny zawsze tlen zużywają. W większych roślinach musi przeto ustawiczna zachodzić wędrówka gazów we wnętrzu tkanek. Narządów, które porównaćby można z organami odde-

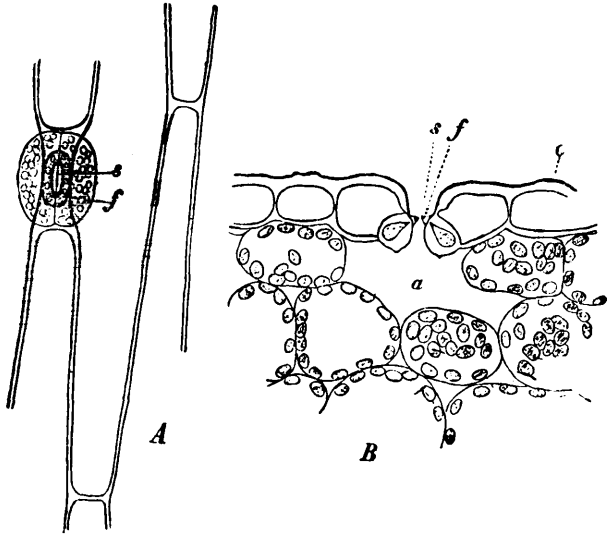


Fig. 98.

Otwory szparkowe w roślinach. *A* Komórki naskórka i otwór szparkowy na dolnej powierzchni liścia kosaćca włoskiego (*Iris florentina*); *B* przekrój poprzeczny. *s* szparka, *f* zagłębienie utworzone przez brzegi komórek zamykających, *c* oskórek, *a* jamka przedechowa.

chowemi zwierząt, brak roślinom zupełnie. Wymiana gazów zachodzi w części wraz z krążeniem soków w roślinie, w części zaś przez dyfuzyą w przestworzach międzykomórkowych wypełnionych powietrzem.

www.dlibra.wum.edu.pl

Następujące doświadczenie przekonać nas może o tem, że istnieją w ciele roślinnem przestworza powietrzem wypełnione. Butelka niezupełnie wypełniona wodą zatkana jest korkiem, przez który przechodzi szczelnie wetknięta szypułka liścia lub cienka gałązka. Łodyżka lub szypułka sięgają pod powierzchnię wody. Prócz tego przechodzi przez korek szczelnie dopasowana rurka, która nie sięga do wody. Jeżeli będziemy przez tę rurkę ssali powietrze, zobaczymy, że z łodyżki wychodzą pęcherzyki powietrza i unoszą się w wodzie ku górze. Można w ten sposób przeciągać stale przez roślinę prąd powietrza.

W doświadczeniu z wydzielaniem tlenu przez rośliny wodne (porówn. wyżej § 6) widzimy, jak pęcherze gazu występują z naciętych kanalików powietrznych. Gdy toż samo doświadczenie wykonywamy z liśćmi rośliny lądowej, pęcherze gazu występują na powierzchni liścia. Znajdujemy tu, w roślinach lądowych przeważnie na powierzchni dolnej, w wodnych zaś, których liście pływają na wodzie, tylko na powierzchni górnej, liczne otwory, *szparki*, t. j. przerwy w powłoce naskórka otoczone dwiema osobliwemi komórkami, t. zw. *zamykającemi*. Pod niemi widać w tkance *jamkę przedechową*, dużą przestrzeń międzykomórkową, która łączy się z węższemi, przeciągającemi przez całą roślinę kanalikami międzykomórkowemi. Owe komórki zamykające mogą, zależnie od zawartości pary wodnej w otaczającem powietrzu, rozszerzać lub zamykać otwory szparkowe. Dzięki temu służą one nietylko funkcyi wymiany gazów, lecz także sprawie regulowania parowania wody czyli *transpiracyi* roślin.

11. Ruch wody w roślinie.

11. Rośliny lądowe pobierają korzeniami ustawicznie z gruntu wodę, która podnosi się w oddzielnych naczyniach i głównie przez liście odparowuje, a niekiedy też w niektórych miejscach występuje w postaci ciekłej. Komórki kory korzeni przyciągają wodę i wtłaczają ją w naczynia rurkowate z pewnem ciśnieniem, które nieraz staje się większem od ciśnienia atmosfery. Jeżeli natniemy roślinę tuż nad ziemią, zobaczymy, jak występuje z niej woda (*płacz roślin*). Gdy koniec odcięty połączymy z manometrem rtęciowym zapomocą dobrze dopasowanej rurki kauczukowej, słup rtęci w manometrze podniesie się od ciśnienia strumienia soku roślinnego i dojść może do wysokości 100 *cm*. To ciśnienie panujące w korzeniu, które w przyczynach swych nie jest jeszcze dobrze poznane, wraz z parowaniem wody z powierzchni liści sprawiają, że roztwory solne wchłaniane przez korzenie z ziemi podnoszą się w całej roślinie aż do liści, w których ulegają przeobrażeniom chemicznym.

www.dlibra.wum.edu.pl

Że i parowanie wody w liściach wywiera działanie ssące, co prawda nie tak silne jak ciśnienie korzeniowe, łatwo dowieść można na ściętych gałązkach. Świeżo ściętą gałęź obficie uliścioną połączmy ściętym końcem z rurką szklaną (za pomocą rurki kauczukowej), tę ostatnią napełnijmy wodą i zanurzmy jej koniec w rtęci; zobaczymy, że woda zostaje wessana a rtęć w rurce się podnosi. Ciśnienie odjemne, pod jakiem znajduje się tu woda, może osiągnąć kilka centymetrów. Gdy rtęć podniosła się tak wysoko, poczyna ona działać ssąco na przestworza międzykomórkowe; powietrze wstępuje przez otwory szparkowe a wychodzi przez ścięty koniec gałęzi.

Póki roślina jest w stanie wodę traconą przez parowanie zastępować przez chłonienie korzeniami, póty komórki, których zawartość składa się z materyj nasiąkających i zamkniętych w błonach półprzepuszczalnych, wsysają taką ilość wody, jaka odpowiada panującemu w nich ciśnieniu osmotycznemu. Wskutek tego zawartość protoplazmatyczna wywiera na otaczające błony ciśnienie, ujawniające się w t. zw. jędrności (*turgor*) komórek (porówn. rozdział VII, § 8). Gdy roślina przez parowanie traci więcej wody niż odzyskuje, wówczas jędrność jej zanika, roślina więdnie [1]).

12. Z wody, soli w niej rozpuszczonych oraz węgla, powstającego przez rozszczepienie dwutlenku węgla, musi roślina wytwa- 12. Tworzenie się mączki.

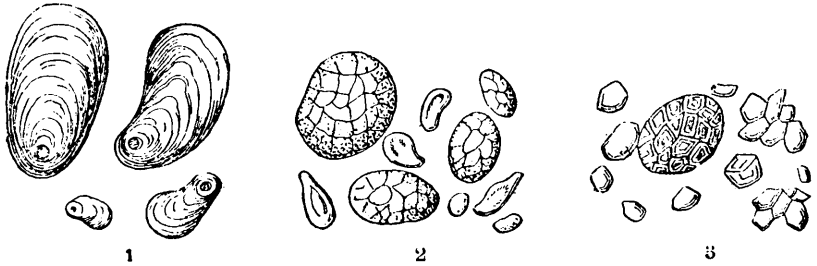


Fig. 99.

Ziarna mączki, 1 z kartofla, 2 z owsa, 3 z ryżu.

[1]) W twardych, zupełnie zdrzewiałych częściach roślin utrata wody oczywiście nie zdradza się zmianą jędrności. Że wszakże woda wydala się także z naczyń rurkowatych utworzonych z obumarłych komórek, mianowicie przez parowanie z powierzchni liści, mamy tego dowód w ściętych drzewach. Jeżeli zdrowe drzewo zetniemy i natychmiast po ścięciu pozbawimy liści, poczyna ono gnić. Gdy natomiast pozostawimy mu część liści, wówczas znaczna ilość wody z naczyń odparowuje na powierzchni liści. Drzewo schnie szybciej w tym razie i jest trwalsze.

www.dlibra.wum.edu.pl

rzać wszelkie materye organiczne, które w niej znajdujemy. Jak zachodzi to tworzenie się materyj organicznych, które nazwać możemy syntezą chemiczną, jesteśmy w możności, w pewnej przynajmniej części, wyśledzić pod mikroskopem. Badając zielone części roślin, które były przez czas pewien wystawione na działanie światła słonecznego, znajdujemy w komórkach chlorofilowych skupienia mączki (krochmal, skrobia). Możemy przeto mączkę uważać za pierwszy dający się wykryć produkt asymilacyi. Ponieważ mączka barwi się na niebiesko od jodu, można przeto z łatwością dowieść jej obecności pod mikroskopem, a przy ilościach większych także i makroskopowo. Po odbarwieniu alkoholem liścia zielonego, który był przez czas pewien wystawiony na działanie światła, i zanurzeniu go w roztworze jodu, barwi się on na ciemno-błękitno.



Fig. 100.

Rozpuszczanie się i wędrówka mączki w ciemności. Liść pokrywamy w części nieprzezroczystym paskiem staniolu. Pod tym paskiem mączka całkowicie zanika. Gdy następnie alkoholem wytrawiono chlorofil, działamy na liść jodem. Barwi się on na ciemnobłękitno tylko w miejscach, które były oświetlone.

Mączka, utworzona w komórkach chlorofilowych, nie pozostaje w nich; ustawicznie rozpuszcza się [1]) i na nowo wytwarza. Rozpuszczanie się mączki i jej wydalanie z miejsc, w których się utworzyła, zachodzi tem szybciej, im wyższa jest temperatura. Ponieważ tworzyć się może mączka tylko przy współudziale światła, można przeto wszystkie komórki pozbawić mączki, utrzymując je w ciemności. Jeżeli uczynimy to tylko z niektóremi częściami liścia, wówczas tylko te części pozbawimy mączki. Jeżeli np. część liścia przez dość długi czas będzie owinięta staniolem, a następnie wytrawimy chlorofil alkoholem i liść włożymy do roztworu jodu, zobaczymy, że miejsca, które były oświetlone, zabarwią się od jodu na niebiesko, miejsca zaś, które były pozbawione światła przez zakrycie staniolem, więc pozbawione mączki, zabarwią się na brunatno wskutek działania jodu na tkankę roślinną nie zawierającą mączki.

Mączka jest wodanem węgla o składzie $(C_6H_{10}O_5)$ n (porówn. rozdz. X, § 8 i 9). Dla jej utworzenia potrzeba połączenia węgla z pierwiastkami wodorem i tlenem w takim stosunku, w jakim te ostatnie znajdują

[1]) To rozpuszczanie się jest połączone z przeobrażeniem chemicznem, albowiem sama mączka zupełnie jest nierozpuszczalna. Bliższe szczegóły w rozdz. X, § 9.

www.dlibra.wum.edu.pl

się w wodzie. Gdy więc roślina przez korzenie pobiera wodę a z powietrza dwutlenek węgla, który rozkłada, wydzielając tlen, ma przeto wszystkie potrzebne jej do zbudowania mączki pierwiastki.

Czy synteza ta zachodzi bezpośrednio, czy na drodze ubocznej, czy obok mączki powstają inne jeszcze związki, tego z całą dokładnością jeszcze nie zbadano. Dowiedziono, że przy powstawaniu mączki objętość wydzielonego tlenu równa się dokładnie objętości pochłoniętego dwutlenku węgla. Jeżeli przypomnimy sobie, że według hypotezy Avogadra jednakowe objętości rozmaitych gazów zawierają równe liczby cząsteczek (porówn. rozdz. VI, § 10 i rozdz. VIII, § 6), znaczy to, że na każdą cząsteczkę pobranego dwutlenku węgla wyzwala się jedna cząsteczka tlenu. Można przeto powstawanie mączki z dwutlenku węgla i wody wyrazić równaniem:

$$6(CO_2) + 6(H_2O) = C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

Z wodanu węgla $C_6H_{12}O_6$ (glukozy) mogłaby przez polimeryzacyą z jednoczesną utratą wody powstać mączka $(C_6H_{10}O_5)$ n [1]).

13. Wędrówka wodanów węgla.

13. Zawarte w komórkach chlorofilowych ziarna mączki nie składają się nigdy z czystej mączki, lecz są to mieszaniny rozmaitych stopni polimeryzacyi sacharoz. Jednosacharozy i dwusacharozy oraz najbliższe ich stopnie polimeryzacyi są w wodzie rozpuszczalne, podczas gdy sama mączka zupełnie jest nierozpuszczalna. Rozpuszczalne sacharozy mogą więc krążyć w sokach rośliny i służyć do odżywiania innych jej części nie zawierających chlorofilu. Ponieważ w ciemności znika także utworzona już poprzednio mączka, należy przeto wnosić, że może ona znów zamieniać się na materye rozpuszczalne, aby módz zastąpić substancye zużyte przy oddychaniu. Gdy przy trwającem dłużej oświetleniu wytwarza się więcej mączki, aniżeli może jej roślina zużyć do budowy swych organów i do oddychania, wówczas nadmiar, po przejściu z komórek chlorofilowych w postaci rozpuszczonej, zamienia się w innych znów miejscach na mączkę nierozpuszczalną i składa się w postaci materyi zapasowej. Takiemi zbiornikami

---

[1]) Nie ma to znaczyć, że tworzenie się mączki istotnie w taki sposób zachodzi. Nie są nam znane szczegółowo i dokładnie oddzielne fazy tego zjawiska biochemicznego. W niektórych zresztą roślinach (wodorostach) zamiast mączki odkłada się tłusty olej jako pierwszy produkt asymilacyi. Tutaj więc objętość wydalanego tlenu powinnaby być większa od objętości wchłanianego dwutlenku węgla. Nie znamy wszakże badań dokładnych, któreby rozstrzygały to niezmiernie pod względem teoretycznym interesujące pytanie.

www.dlibra.wum.edu.pl

związków zapasowych są zwłaszcza łodygi, bulwy i cebulki oraz nasiona. Materye zapasowe złożone w nasionach służą, jak nam już wiadomo, do pierwszego odżywiania rośliny kiełkującej, póki nie wytworzył się w niej jeszcze chlorofil, czyli póki nie jest ona jeszcze w stanie sama mączki wytwarzać. Ztąd też nasiona, które w liścieniach swych zawierają zapas materyj odżywczych, mogą kiełkować w zupełnej ciemności i wytworzyć całkowicie normalną roślinę z korzeniem, łodygą, gałązkami i liśćmi. Roślina tem może bardziej wyrosnąć, im większy był ów zapas ciał odżywczych. Gdy zapas ten został zużyty, potrzeba światła dla wzrostu dalszego. Roślina choruje i obumiera, jeżeli jej brak światła w dostatecznem natężeniu, nawet w razie jeżeli korzenie wystarczającą pobierać mogą ilość pokarmów.

14. Tworzenie się ciał białkowych.

14. Warunki powstawania tłuszczów i ciał białkowych w roślinach nie są nam równie dobrze znane jak warunki tworzenia się mączki. Rośliny niższe (np. grzybki rozszczepkowe) mogą wytwarzać białko z wodanu węgla (cukru) i soli amonowych lub azotanów. Lepiej się one rozwijają, gdy mają pepton jako źródło azotu [1]). W roślinach chlorofilowych tłuszcze powstają przeważnie dopiero później z wodanów węgla, które utworzyły się przy współdziałaniu światła i chlorofilu, wyjątkowo zaś także ze sztucznie dostarczanych roślinie wodanów węgla. Ponieważ tłuszcze jak i wodany węgla składają się tylko z pierwiastków C, H i O, potrzeba więc w tym celu tylko przemieszczenia w układzie tych atomów przy współczesnem wydzieleniu pewnej części tlenu. Z tych samych pierwiastków wraz z pobieranemi przez korzenie N, S i P mogą być utworzone ciała białkowe. Do tej syntezy nie potrzeba współdziałania chlorofilu. O ile się zdaje, synteza ta może zachodzić we wszystkich żywych komórkach roślinnych, lecz prawdopodobnie przeważnie zachodzi także w liściach. Czy komórki chlorofilowe mają w tem jakiś szczególny udział—pomijając oczywiście, że dostarczają potrzebnego w tym celu materyału, wodanów węgla—to nie jest jeszcze sprawą rozstrzygniętą. Azot pochodzi z gruntu przeważnie w postaci azotanów [2]). Obficie powstające w roślinie

---

[1]) O sposobie żywienia się roślin bezchlorofilowych będzie jeszcze mowa w obudwu następujących rozdziałach.

[2]) Dowiedziono doświadczalnie, że rośliny wyższe nie pobierają azotu z atmosfery. O pobieraniu azotu gazowego przez niektóre bakterye będzie mowa w dalszym ciągu.

www.dlibra.wum.edu.pl

kwasy organiczne (kwas szczawiowy i t. p.) rozkładają azotany; zasady łączą się z kwasami organicznemi i w postaci nierozpuszczonej zostają zachowane w roślinie. Ponieważ kwas szczawiowy wolny jest silną trucizną, przeto uważać to należy i z tego względu za zjawisko pomyślne dla rośliny, że kwas ten przez zobojętnienie zostaje unieszkodliwiony. Nie wiemy wszelako jeszcze nic pewniejszego o przebiegu samego procesu chemicznego, w którym z azotu kwasu azotnego wraz z innemi pierwiastkami powstają ciała białkowe. Prawdopodobnie nasamprzód tworzą się rozmaite stopnie pośrednie (amidy i kwasy amidowe), pomiędzy któremi asparagina, prawie zawsze znajdowana w zarodkach roślinnych, zapewne ważniejsze ma znaczenie fizyologiczne (porówn. rozdz. IX, § 17).

Ponieważ w skład ciał białkowych wchodzą także siarka i fosfór, rozumiemy przeto, dlaczego i tych pierwiastków, obok azotu, nigdy nie może brakować w ziemi lub w wodzie, w której rośliny wyrastają. Trudniej powiedzieć, jakie mają znaczenie inne uznane za konieczne dla rośliny pierwiastki mineralne (potas magnez i t. d.). Może w pewnej drobnej części są one chemicznie połączone z ciałami białkowemi, należą do ich budowy chemicznej. Przeważne wszakże ich znaczenie polega prawdopodobnie na tem, że wpływają na rozpuszczalność ciał białkowych i tem umożliwiają przenoszenie się ich z miejsc, w których się utworzyły, do tych miejsc, gdzie mają być zużyte; tylko bowiem materye rozpuszczalne mogą w roślinie tak być z miejsca na miejsce przenoszone, jak tego wymagają ustawicznie zmieniające się warunki rośnięcia w rozmaitych miejscach rośliny.

Obok ciał białkowych występują w wielu roślinach materye azotowe, t. zw. alkaloidy, jak strychnina, chinina, morfina, nikotyna i t. p., związki trujące, które duże mają znaczenie w sztuce leczniczej (porówn. rozdz. IX, § 18). Nie wiadomo, jakie mają one znaczenie dla życia roślin. Bądź co bądź są one pożyteczne jako środek ochronny, gdyż nie pozwalają roślin tych pożerać zwierzętom. To samo zadanie spełniają zapewne i rozmaite t. zw. ciała gorzkie, najczęściej bezazotowe, jak. aloina, santonina i t. p.

15. Materye organiczne, przyrządzane w sposób opisany wyżej przez rośliny, służą zatem jako pożywienie zwierzętom bądź bezpośrednio, bądź też pośrednio, wówczas mianowicie, gdy zwierzę jest mięsożerne i żywi się ciałem zwierzęcem, które z materyałów 15. Odżywianie się zwierząt.

www.dlibra.wum.edu.pl

roślinnych powstało. Pokarm spożywany bywa albo w postaci wprost przydatnej do wytwarzania tkanek zwierzęcych, albo też musi uprzednio uledz pewnym przemianom chemicznym, zanim może być przez organizm zwierzęcy przyswojony, asymilowany. Pokarm musi być przedewszystkiem rozpuszczalny, musi dobrze dyfundować, aby dzięki osmozie mógł przeniknąć do wnętrza komórek. U istot wyższych trzeba, ażeby materye odżywcze w sposób opisany wyżej mogły przenosić się z przewodu pokarmowego do najbardziej choćby oddalonych części ciała. Przeobrażenia chemiczne, jakim ulegają materye pokarmowe, stając się rozpuszczalnemi i dyfundującemi, obejmujemy ogólną nazwą trawienia. Związki chemiczne niezmiernie zawile złożone nie zmieniają przez trawienie istotnego swego charakteru chemicznego. Ciała białkowe, wodany węgla, tłuszcze pozostają tem, czem były. Lecz w szeregu ciał białkowych rozmaite są stopnie zawiłości w budowie; globuliny i albuminy, stanowiące grupy najważniejsze dla procesu żywienia, w części są nierozpuszczalne; wszystkie wszakże, nawet rozpuszczalne, trudno dyfundują lub zgoła przez błony nie przenikają. Zamieniając się podczas trawienia w prostsze ciała białkowe, ostatecznie w peptony, które łatwo rozpuszczają się i łatwo dyfundują, stają się w ten sposób odpowiednie do rezorpcyi i zostają przez organizm spożytkowane. To samo dotyczy wodanów węgla. Z zawile zbudowanej, zgoła nierozpuszczalnej mączki tworzą się prostsze, łatwiej rozpuszczalne i dyfundujące sacharozy, mianowicie dekstryna oraz cukry (glukozy). Wreszcie tłuszcze nieznacznie zmieniają się chemicznie. Mała część tłuszczów obojętnych rozszczepia się, kwasy tłuszczowe wytworzone ztąd łączą się na mydła z alkali zawartem zawsze w cieczach alkalicznych przewodu kiszkowego, powstające zaś mydła umożliwiają rozdrobnienie reszty tłuszczów obojętnych na delikatną zawiesinę złożoną z drobniutkich kropelek. W tej postaci tłuszcz łatwiej się wchłania. Gdy w taki sposób trzy grupy pokarmów organicznych zostały strawione i wessane w przewodzie kiszkowym, mogą one następnie przenikać do protoplazmy żywych komórek i ulegają tu działaniu tlenu, albo pod wpływem żywej protoplazmy znów przeobrażają się na zawile zbudowane ciała białkowe, wodany węgla i t. p., stają się składowemi częściami samej protoplazmy, służąc jako materyał dla wzrostu ciała żywego. Lecz prędzej czy później i ten materyał złożony w protoplazmie ulega utlenieniu, którego produkty, zwłaszcza dwutlenek węgla, woda i mocznik, na zewnątrz zostają wydalone. Te to zjawiska stanowią to, co na początku rozdziału niniejszego opisaliśmy jako przerób materyi.

www.dlibra.wum.edu.pl

Chemicznym wszakże zjawiskom przerobu materyi towarzyszą zjawiska inne, mianowicie przejawy energii w najrozmaitszej formie; one stanowią owe właściwe zjawiska życia, bardziej dla zmysłów naszych dostępne. W rozdziałach następnych bliżej zajmiemy się niemi.

---

www.dlibra.wum.edu.pl

ROZDZIAŁ SZESNASTY.

Krążenie materyi.

1. Różnica w odżywianiu pomiędzy roślinami a zwierzętami.

1. Różnice w odżywianiu pomiędzy roślinami a zwierzętami czynią zrozumiałem, że od czasów niepamiętnych dzielono istoty żywe na te dwie grupy, a to tem więcej, że różnice owe przeważnie połączone są z bardzo wyraźnemi innemi odrębnościami w budowie, sposobie życia i t. d. Lecz, mówiąc ściśle, dotyczy to tylko wysoko organizowanych tworów obudwu grup. Nie znamy wprawdzie ani jednej istoty, uznanej słusznie z jakichkolwiek powodów za zwierzę, któraby się żywić mogła czem innem, jak ciałami białkowemi, tłuszczami i wodanami węgla [1]); lecz istnieją organizmy niższe, wskazujące najróżnorodniejsze uchylenia od owych dwu typowych sposobów odżywiania. Dwie wszakże owe wielkie grupy, z jednej strony zwierzęta, z drugiej rośliny zielone, zależne są wzajem od siebie w sprawie odżywiania. Jedynie ta zależność obopólna, to istnienie obok siebie umożliwia trwały byt jednych i drugich. Zwierzęta bowiem żywią się materyami wytwarzanemi przez rośliny, zaś produkty rozkładu materyj zwierzęcych służą znów za pokarm roślinom, z których z kolei wytwarza się znów strawa dla zwierząt. Gdyby na ziemi naszej znajdowały się tylko istoty żywiące się tak jak zwierzęta, wówczas pewna ich część mogłaby innym służyć za pokarm; lecz po pewnym czasie wszystkie wyginąćby musiały. Również istniećby nie mogły przez czas dłuższy na ziemi same tylko rośliny wyższe. Ziemia bowiem, na której rośliny wyrastają, wymaga ustawicznej odnowy soli pobie-

---

[1]) Nawet istoty żyjące pod ziemią, jak np. niektóre robaki, połykające duże ilości ziemi, znajdują w niej zawsze małe, lecz wystarczające ilości owych trzech grup związków organicznych i żyją w rzeczywistości kosztem tych ostatnich, nie zaś kosztem połykanych współcześnie związków mineralnych.

www.dlibra.wum.edu.pl

ranych przez rośliny; i dwutlenek węgla w atmosferze zawarty musiałby wreszcie wyczerpać się i zbrakłoby go dla potrzeb życia roślinnego.

Przerób materyi w tem znaczeniu, jak to opisaliśmy w rozdz. XIV, § 1, zachodzi w roślinach w nieznacznym zaledwie stopniu. Wydają one wogóle bardzo mało produkowanych przez siebie materyj. Bardzo nieznaczne zaledwie ilości części składowych tkanek roślinnych zużywają się w procesie oddychania, podobnym do oddychania zwierzęcego; niezmiernie mała cząstka tkanek roślinnych utlenia się. Oprócz wody, nieznacznych ilości dwutlenku węgla, materyj lotnych, jak wonnych olejków i t. p. roślina mało co oddaje swemu otoczeniu. Stratę pochodzącą z odparowywania wody pokrywają rośliny przez pobieranie wody z ziemi, nieznaczne ilości zużytego tlenu powracają roślinie z powietrza albo, w świetle słonecznem, z rozłożonego dwutlenku węgla. To, co wytwarza się w roślinie z węgla w ten sposób czerpanego oraz z azotu i wody pobieranych przez korzenie, mianowicie materye białkowe, tłuszcze i wodany węgla, to w przeważnej części skupia się, składa, gromadzi w roślinie: rozwijają się nowe pędy, a stare rosną, grubieją. Wszystkie rośliny, póki żyją, rosną ustawicznie; niektóre, rzec można, nie znają granic rośnięcia. Nawet części obumarłe, jak kora lub t. p., przez długi czas jeszcze mogą pozostawać w połączeniu mechanicznem z częściami żywemi. Potrzeba silniejszych wpływów mechanicznych lub innych, o których będzie jeszcze mowa w rozdziale niniejszym, ażeby materye skupione w ciałach roślin znów wyprowadzić i użyć do innych procesów.

To samo, choć nie zupełnie w tym samym stopniu, dotyczy też roślin niższych. Wprawdzie tutaj wzrost mniej się ujawnia w ustawicznem zwiększaniu się osobników, lecz raczej w powiększaniu się ich liczby, przyczem indywidua pojedyńcze nie wychodzą po za pewną wielkość nieznaczną. Bądź co bądź wszakże zachodzi i w tym razie zwiększanie się masy organicznej. Jeżeli grzybek rozszczepkowy lub zarodnikowy w krótkim czasie wytwarza biliony grzybków podobnych, to zgromadzona w nich masa materyi organicznej nie jest mniejsza, często nawet znacznie większa, aniżeli w tymże czasie wytworzona przez wzrost masa drzewa.

2. Zwierzęta natomiast zużywają na wzrost ciała najwyżej drobną cząstkę spożytego pokarmu. W warunkach doskonałej równowagi przerobu materyi (rozdz. XV, § 3) ciało zwierzęcia wydala ilość substancyj zupełnie równą ilości pobieranego pokarmu. 2. Większe zużywanie materyi u zwierząt.

www.dlibra.wum.edu.pl

Gdy zwierzę dostaje pokarmu więcej aniżeli potrzeba do utrzymania równowagi w przemianie materyi, może ono wprawdzie także część tego nadmiaru spożytkować na powiększenie masy swego ciała lub na wytworzenie nowych osobników. Lecz współcześnie wzrastają też wydatki, zwiększa się ilość materyi wydalanej. Zwykle nie zachodzi to zupełnie równolegle w miarę pobierania pokarmu, ani też równomiernie dla wszystkich trzech rodzajów organicznych materyj pokarmowych. W stopniu najznaczniejszym zwiększa się ilość produktów azotowych, mocznika i podobnych związków; w mniejszym stopniu wzrasta ilość wydalonego dwutlenku węgla i wody. Związki bezazotowe, wodany węgla i tłuszcze mogą do pewnego stopnia skupiać się jako zapas w ciele zwierzęcem, azotowe zaś ciała białkowe znacznie mniej zostają zatrzymane. Dzięki temu żywione w odpowiedni sposób zwierzę może zyskiwać, przybierać na wadze. Przyrost prawie wyłącznie odbija się na związkach bezazotowych, które w postaci glikogenu głównie skupiają się w wątrobie, a w postaci tłuszczu wszędzie w ciele, zwłaszcza pod skórą i w jamie brzusznej. Nazywamy to tuczeniem, jeżeli sprowadzamy umyślnie takie tycie u zwierząt na rzeź przeznaczonych. Jeżeli odwrotnie dobrze odżywione zwierzę głodzimy, wówczas tłuszcz i glikogen zanikają aż do drobnych śladów; dopiero gdy te związki bezazotowe zostały podczas głodzenia zużyte, wówczas i ciała białkowe w stopniu znaczniejszym poczynają się zużywać. Gdy dobrze odżywione zwierzę roślinożerne głodzimy, zmniejsza się nasamprzód ilość wydzielanego mocznika aż do pewnego minimum, na którem zatrzymuje się ta ilość przez czas pewien. Kiedy wszakże całkowity tłuszcz i glikogen zostały już zużyte, nagle znacznie podnosi się ilość mocznika, albowiem obecnie zwierzę zmuszone jest tyle zużywać ciał białkowych, ile mu potrzeba do zachowania funkcyj życiowych. Słusznie przeto twierdzić można, że głodzony królik jest tak samo zwierzęciem mięsożernem, jak np. lew [1]).

3. Krążenie materyi.

3. Materye organiczne pobierane przez zwierzęta pochodzą bezpośrednio lub pośrednio ze świata roślinnego. Zwierzęta roślinożerne pobierają materye skupione w roślinach; te ostatnie, zmienione w sposób rozmaity, lecz w istotnym swym składzie nie ró-

[1]) Badania tego rodzaju dokonywane były dotychczas prawie wyłącznie na zwierzętach ssących, niektóre także na ptakach. Byłoby niezmiernie do życzenia, aby je wykonywano i na zwierzętach innych gromad.

www.dlibra.wum.edu.pl

żniące się od stanu pierwotnego, przechodzą do ciała tych zwierząt, które pożerają owe zwierzęta roślinożerne. W ten sposób przejść mogą owe materye przez ciała wielu zwierząt. Wreszcie wszystkie pobrane przez zwierzęta związki, przeważnie pochodzące ze świata roślinnego, wydzielają się z ciał zwierzęcych, po połączeniu z tlenem, w postaci dwutlenku węgla, wody, mocznika i t. d. Po dłuższych lub krótszych wędrówkach, w części zaś, jak zobaczymy, po najrozmaitszych dopiero przeobrażeniach, powracają one znów do roślin i na nowo zostają użyte do wytworzenia ciał białkowych, tłuszczów, wodanów węgla. To samo odnosi się do tych materyj, które zawarte są w obumarłych ciałach zwierząt i roślin oraz w częściach tych ciał w jakikolwiek sposób utraconych; zawsze ostateczne produkty tych ciał organicznych ukazują się w postaci takiej, w której służyć mogą za pokarm roślinom. Istnieje przeto prawidłowe krążenie materyi, które w punktach głównych przedstawia schemat następujący [1]).

Zwierzęta		Rośliny
pobierają O z powietrza,	←	oddają O powietrzu,
ciała białkowe, tłuszcz, wodany węgla, wodę i sole jako pokarm,	←	tworzą z materyału nieorganicznego ciała białkowe, tłuszcze, wodany węgla, które wraz z pobieranemi solami i wodą skupiają się, aby następnie służyć za pokarm zwierzętom,
wydalają wodę, sole i materye azotowe	→	pobierają prócz tego azot, sole i wodę z ziemi
oraz		oraz
CO_2 oddają atmosferze	→	CO_2 z powietrza.

Jak to już wspomniano, można u zwierząt przez porównanie wszystkich wpływów i wydatków, przy uwzględnieniu możliwych zmian na wadze, zestawić bilans przerobu materyi. Z jednej strony na początku doświadczenia oznacza się ciężar zwierzęcia i wszystkie wpływy (wdychany tlen i pokarm), z drugiej strony oznacza się wszystkie wydatki (wydychany dwutlenek węgla, mocz i t. d.) oraz ciężar zwierzęcia w końcu doświadczenia. Sumy otrzymane na początku i w końcu okresu doświadczenia muszą być równe. W przypadkach doskonałej równowagi w przerobie materyi (rozdz. XV, § 3) muszą też być równe w tym bilansie do-

[1]) Strzałki wskazują kierunek, w jakim zachodzi ruch materyi.

www.dlibra.wum.edu.pl

chodów i wydatków ilości azotu, węgla i t. d. przed i po doświadczeniu. Możemy ztąd wnosić, że, podobnie jak w innych procesach chemicznych, tak i w procesie życiowym zwierzęcia ilość absolutna poszczególnych materyj nie zmienia się; że wprawdzie azot, węgiel, tlen i t. d. w postaci innych związków chemicznych opuszczają ciało zwierzęce niż wstępują w nie, lecz że ilość każdego pierwiastku podczas przebywania w ciele zwierzęcia ani się nie zwiększyła ani nie zmniejszyła.

Doświadczenia analogiczne, przy uwzględnieniu stosunków odmiennych, mogą być też dokonane z roślinami. Hodując młodą roślinkę w kulturze wodnej (porówn. rozdz. XV, § 4) i dostarczając jej wszystkich do odżywienia potrzebnych materyj oraz dostatecznej ilości światła, widzimy, jak wyrasta i przybiera na wadze. Oznaczmy ilość soli, wody, dwutlenku węgla, jakie roślina pobrała, a również ilości wydalonej wody i tlenu, a okaże się, że różnica tych dwu sum równa będzie przyrostowi ciała rośliny. Jeżeli dokonamy ścisłego rozbioru chemicznego rośliny, okaże się, że zawiera ona z każdego pierwiastku, potasu, fosforu, azotu i t. d. dokładnie tyle, ile pobrała go z wody, z węgla tyle, ile pochłonęła w dwutlenku węgla z powietrza. Różnica pomiędzy rośliną a zwierzęciem polega w tym względzie na tem tylko, że materye, które weszły w skład ciała rośliny, pozostają w niej przez czas dłuższy, niektóre nawet przez całe życie rośliny.

4. Niezniszczalność materyi.

4. Rośliny i zwierzęta nie mogą więc ani wytwarzać w sobie materyi, ani też materya w nich nie ginie. Ogólne prawo zasadnicze o niezniszczalności materyi obejmuje także świat istot żyjących.

Więcej wszakże jest niż prawdopodobnem, że to, co dotyczy pojedyńczego zwierzęcia lub jednej rośliny, odnosi się także do wszystkich zwierząt i wszystkich roślin. Jakkolwiek jest rzeczą niemożliwą śledzenie każdej oddzielnej cząstki węgla, azotu i t. d. od chwili, kiedy opuściła właśnie ciało zwierzęcia aż do chwili, kiedy po licznych przeobrażeniach wstępuje do ciała rośliny, aby następnie znów w formie odpowiedniej, np. białka, posłużyć za pokarm zwierzęciu, nie mamy wszakże najlżejszego powodu do przypuszczania, że na tej drodze zaszła jakakolwiek zmiana w masie którejkolwiek z badanych substancyj.

Tak więc nietylko każde oddzielne zwierzę lub każda oddzielna roślina, lecz i stosunek materyalny wszystkich zwierząt i wszystkich roślin pomiędzy sobą winien być rozpatrywany ze stanowiska prawa o niezmienności, niezniszczalności materyi. Pomimo naj-

www.dlibra.wum.edu.pl

zawilszych dróg, któremi wędruje cząsteczka dwutlenku węgla opuszczająca w pewnej chwili ciało zwierzęcia, możemy być przekonani najgłębiej, że nie ginie ona, lecz po jakimś czasie zawsze znajdzie się w ciele rośliny i ulegnie tu rozszczepieniu. Tlen jej powróci do atmosfery i znów zostanie kiedyś wchłonięty przez zwierzę i użyty do wytworzenia dwutlenku węgla. Węgiel zaś w roślinie połączy się z wodorem, tlenem a może i azotem na związek organiczny, aby może po wielu latach stać się znów częścią ciała innej istoty żywej. Możemy o prawdzie tego, co tu powiedziano, być przekonani, ponieważ ilekroć badano losy materyi wstępującej i występującej z ciała rośliny i zwierzęcia, zawsze stwierdzano, że zawarte w nich pierwiastki co do swej istoty i masy przechodzą bez zmiany przez organizm żywy. Gdy fakt jaki zostaje w sposób ścisły tak często stwierdzany i gdy nigdy ani jednego wyjątku nie spostrzegano, można na podstawie zasad logicznych wnosić, że mamy tu do czynienia z prawem ogólnem.

Wniosek ten potwierdza się także, gdy rozważymy, co nastąpićby musiało, gdyby prawo niezniszczalności materyi nie miało swej siły w świecie życia organicznego. Z faktów paleontologicznych wiadomo, że życie roślinne i zwierzęce istnieje na ziemi już od czasów niezmiernie odległych, że liczyć je można na lat miliony i setki milionów. Gdyby było możliwem, ażeby jakakolwiek materya, np. węgiel, choćby w małej ilości mogła na nowo wytwarzać się lub ginąć w ciele zwierzęcem lub roślinnem, wówczas materya ta w pierwszym razie pomnożyłaby się przez owe niezmierzone okresy czasu do ilości olbrzymich, w drugim zaś razie ilość jej zredukowałaby się do minimum. W łonie ziemi spoczywają, jak wiadomo, ogromne masy węgla pochodzenia organicznego. Lecz pomimo tych znacznych ilości węgla zniewoleni jesteśmy do przypuszczania, że masy te pochodzą z dwutlenku węgla z atmosfery, która podówczas otaczała ziemię, i wytworzyły się w taki sam sposób, jak to i obecnie działoby się mogło. W owe czasy bowiem, jak i obecnie, żyły obok siebie zwierzęta i rośliny; te ostatnie mogły więc czerpać węgiel z dwutlenku węgla wydychanego przez zwierzęta. Gdyby zaś z drugiej strony zapas węgla się zmniejszał, tem mniej możnaby rozumieć, dlaczego zupełnie nie został zniszczony przez te niesłychanie długie okresy czasu. To samo w zupełności rzec można o każdej innej materyi. Właśnie fakt, że trwałość świata żywego przywiązana jest do bezustannej wymiany materyi, że te same materye ustawicznie przechodzą z państwa roślinnego do zwierzęcego i odwrotnie, ten fakt nietylko poucza nas o tem, w jaki sposób zapewniona jest trwałość całko-

www.dlibra.wum.edu.pl

witego życia organicznego pod warunkiem stałości, niezniszczalności materyi, lecz nadto jest zarazem potwierdzeniem prawdziwości tego prawa w najszerszym zakresie, jako wspaniałe dopełnienie do poszczególnych, na mniejszą skalę wykonywanych doświadczeń, które doprowadziły do pierwszego uzasadnienia tego prawa.

Dla poglądów naszych na zjawiska przyrody w ogólności i na zjawiska w istotach żywych w szczególe mieć to musi oczywiście znaczenie zasadnicze, jeżeli dochodzimy do przekonania, że wielkie prawa podstawowe, wysnute ze zjawisk natury nieożywionej, obejmują także zjawiska świata istot żywych. Do jakichkolwiek poglądów na istotę zjawisk życiowych dojdziemy w badaniach naszych, zawsze wpływ rozstrzygający na te poglądy mieć będzie przeświadczenie, że materya, z której organizmy są złożone, obdarzona jest temiż samemi własnościami zasadniczemi, jakie właściwe jej są i po za ciałem zwierząt i roślin, że zjawiska życiowe w niczem nie zmieniają cech i własności istotnych materyi.

5. Symbioza roślin i zwierząt.

5. Stosunki zobopólne, istniejące pomiędzy całem państwem roślinnem a zwierzęcem, muszą być również zachowane, gdy mamy do czynienia z mniej licznemi istotami żyjącemi obok siebie na przestrzeni ograniczonej. Gdy pragniemy utrzymać przy życiu zwierzęta w przestrzeniach zamkniętych, musimy nietylko dostarczać im pożywienia, lecz dbać też należy o to, aby miały podostatkiem tlenu i aby wydychany dwutlenek węgla był z atmosfery usuwany. Jeżeli brak im tlenu lub jeśli atmosfera, w której oddychają, jest dwutlenkiem węgla przepełniona, zwierzęta duszą się; jeżeli dowóz pokarmu jest niedostateczny, mrą z głodu. Gdy wszakże zwierzęta i rośliny w odpowiedni sposób są ze sobą dobrane, wówczas i jedne i drugie żyć mogą, nawet jeżeli zzewnątrz nic pobierać ani nic na zewnątrz wydalać nie mogą.

Uduszenie nastąpić może i wówczas, kiedy nawet niema istotnie zupełnego odcięcia dopływu powietrza, np. jeżeli umieścimy ptaka na dnie wązkiego, wysokiego cylindra. I zwierzęta wodne trzymane w akwaryach często są wystawione na niebezpieczeństwo uduszenia się, jeżeli wymiana gazów pomiędzy wodą a powietrzem atmosferycznem, możliwa tylko na powierzchni wody, nie wystarcza na to, aby dość szybko dostarczać tlenu i usuwać wydychany dwutlenek węgla. Pragnąc utrzymać zwierzęta w zdrowiu, trzeba przeto często zmieniać wodę lub przepuszczać przez nią ustawicznie prąd powietrza. Również przy trzymaniu zwierząt w klatkach dobrze zamkniętych należy klatki te doskonale wentylować lub bezustannie przepuszczać przez nie strumień powietrza.

www.dlibra.wum.edu.pl

Zwierzęta wodne trzymane w akwaryach znacznie lepiej się mają, gdy w wodzie jednocześnie rosną rośliny zielone. Jeżeli woda dostatecznie jest oświetlona, wówczas rośliny rozkładają wytwarzany przez zwierzęta dwutlenek węgla i wydzielają tlen, którego zwierzętom potrzeba do oddychania. Jeżeli ilość roślin we właściwym pozostaje stosunku do liczby zwierząt i jeżeli nadto dobieramy takie rośliny, że zwierzęta karmić się niemi mogą, to teoretycznie takie zespolenie zwierząt i roślin jest zupełnie od świata zewnętrznego niezależne. Możnaby hermetycznie zamknąć taki zbiornik, i mielibyśmy na małą skalę to, co na większą przedstawia ziemia z jej mieszkańcami; mielibyśmy, według słów Liebiga, świat pod szkłem.

W sposób niezmiernie pouczający przedstawia nam się zależność wzajemna pomiędzy roślinami a zwierzętami we współżyciu wodorostów z amebami, wymoczkami, polipami i robakami. W ciele tych zwierząt znajdujemy często obce ciałka, zawierające prawdziwy chlorofil albo też inny barwnik, fizyologicznie do chlorofilu podobny. Zwierzęta te przeto pod działaniem światła rozkładają dwutlenek węgla i często wyzwalają więcej tlenu aniżeli mogą go zużyć przy oddychaniu, tak że ostatecznie, niby rośliny prawdziwe, w świetle wydzielają tlen. Sądzono z początku, że te zwierzęta wytwarzają chlorofil. Dowiedziono wszakże, że ziarna chlorofilu dostają się do nich zzewnątrz. Nie są one swobodnie umieszczone w ciele zwierząt, lecz najczęściej są otoczone osobną masą protoplazmy a zazwyczaj także błonką celulozy, zawsze też mają oddzielne swe jądra. Są to wodorosty jednokomórkowe, które zzewnątrz przeniknęły w ciało zwierzęce. Przez uciskanie lub innemi sposobami mechanicznemi można te wodorosty wydobyć z wnętrza zwierzęcia; żyją one swobodnie w dalszym ciągu, póki istnieją odpowiednie dla ich życia warunki odżywiania. Pozostają one również przy życiu, gdy obumarły zwierzęta, w których wnętrzu się one znajdują. Rozmnażają się przez podział lub, jak inne wodorosty, przy pomocy zarodników.

W tych razach, kiedy zwierzę posiada przewód pokarmowy, wodorosty tą drogą dostają się do jego ciała; zwierzę pożera wodorosty. Przeważna część wodorostów oczywiście ginie przy tem, niektóre wszakże pozostają przy życiu, nieuszkodzone przenikają przez ścianę kiszkową do ciała swego gospodarza i tak powolnie dostają się do warstwy zewnętrznej (ektodermy), gdzie osiedlają się. Gdy to nastąpiło, wówczas zwierzę i roślina żyją niejako życiem spółkowem, a w życiu tem każda strona ma swoje korzyści. Takie życie spółkowe nazywamy współżyciem, symbiozą. W przypadku tutaj przytoczonym rośliny otrzymują od zwierzęcia

www.dlibra.wum.edu.pl

dwutlenek węgla, związki mineralne oraz azotowe produkty rozkładu i z materyj tych pod wpływem światła budują związki organiczne. Zwierzęta natomiast całkowicie lub w części przynajmniej żyją na koszt materyj sporządzanych przez rośliny i wdychają tlen przez rośliny wydzielany. Zwierzęta takie przeważnie nic pożerać nie potrzebują. U wymoczków, które zawierają w sobie wodorosty, widać wprawdzie, jak wir wody wpływa w ciało zwierzęcia dzięki ruchom rzęs migawkowych, lecz nie potrzeba bynajmniej, aby w tej wodzie zawarte były ciała stałe. Zwierzęta te przeto żyją także długo w wodzie filtrowanej, a nawet w wodzie takiej lepiej niż w niefiltrowanej się rozwijają, podczas gdy inne wymoczki w wodzie filtrowanej giną z powodu braku pokarmu. Zwierzę więc takie z zawartemi w swem ciele wodorostami na bardzo małą skalę odtwarza stosunki istniejące pomiędzy całkowitym światem roślin i zwierząt.

Podobny stosunek współżycia spotykamy w t. zw. porostach, utworach, w których wodorosty i grzyby połączyły się do życia spółkowego. Przez czas długi wyróżniano porosty jako oddzielną gromadę roślin, aż dowiedziono, że są to wodorosty, które żyją na grzybach i całkowicie są nitkami grzybów obrośnięte, lecz zachowują jednak swą samodzielność. Grzyby bezchlorofilowe żywią się w istocie podobnie jak zwierzęta. W poroście grzyb daje swemu współtowarzyszowi, wodorostowi, siedlisko oraz dostarcza mu dwutlenku węgla i azotu; wodorost natomiast daje grzybowi wytwarzane przez się materye organiczne. I ta przeto spółka w wysokim stopniu jest niezależną od świata zewnętrznego. Podczas gdy same grzyby rozwijają się tylko na podłożu organicznem, porosty natomiast żyją na gruncie skalistym, na jałowym piasku, nawet na lodzie. W niektórych miejscowościach kuli ziemskiej stanowią one wyłączną wegetacyą; w okolicach podbiegunowych i w strefach gór śnieżnych i skalistych często znaczne obszary ziemi pokryte są porostami. Gdy wyrastają one na gruncie organicznym, np. na korach drzew, czerpią zeń tylko części składowe mineralne. Ponieważ porosty czepiają się nawet skał najtwardszych, przeto zużytkowują dla siebie a pośrednio i dla tworów innych związki mineralne. Z tych ostatnich, wody i dwutlenku węgla z powietrza przyrządzają one znaczne ilości materyi organicznej, która znów może służyć za pokarm zwierzętom, a wreszcie gdy obumierają, tworzą próchnicę, w której znów inne rośliny korzenie zapuścić mogą.

6. Znaczenie nawozu.

6. Do pewnego stopnia każdy zamknięty w sobie obszar ziemi, np. duży majątek ziemski wraz ze wszystkimi swymi mieszk-

www.dlibra.wum.edu.pl

kańcami, zwierzętami i roślinami przedstawia także niejako świat na małą skalę, o ile nic z takiego obszaru się nie wywozi i nic doń nie wwozi. Ludzie i zwierzęta takiego majątku żyją z tego, co ziemia rodzi. Albo bezpośrednio żywią się wyrastającemi tam roślinami, albo żywią się niemi pośrednio, zjadając mięso zwierząt, które rośliny owe pożarły. Dla wytworzenia substancyj organicznych musiały rośliny czerpać dwutlenek węgla z powietrza [1]), wodę zaś i sole, zwłaszcza zawierające azot, z ziemi. Ilość pobranych soli jest wprawdzie nieznaczna; lecz w końcu musiałaby jednak nadejść chwila, kiedy ziemia zbyt byłaby w nie uboga, aby mogła dalej żywić rośliny. Pragnąc temu zapobiedz, potrzeba znów ziemi zwrócić sole, zwłaszcza azot zawierające, przez nawożenie.

Z pokarmu pobieranego przez zwierzęta część nieznaczna nie ulega wchłonieniu, lecz wydala się w kale w stanie niezmienionym. Z części wchłoniętej wodany węgla i tłuszcze spalają się na dwutlenek węgla i wodę; ciała białkowe dają obok dwutlenku węgla i wody jeszcze mocznik oraz inne związki azotowe, które wraz z moczem opuszczają ciało zwierząt.

Wreszcie wszystkie z pokarmem pobrane sole nieorganiczne po pewnym czasie także zostają z ciała zwierzęcego wydalone. Jeżeli wszystkie materye stałe i ciekłe, wydalone przez wszystkich ludzi i wszystkie zwierzęta, żyjące na danym obszarze ziemi, znów powracają na pole, wówczas ziemia orna otrzymuje z powrotem wszystkie sole i całkowity azot, jakie utraciła; ziemia ta ponownie może żywić rośliny [2]).

---

[1]) Ponieważ atmosfera znajdująca się nad powierzchnią ziemi danego obszaru nie jest zamknięta i miesza się zawsze dzięki dyfuzyi i wiatrom z powietrzem całej powierzchni ziemi, przeto zwierzęta zawsze mają tlenu podostatkiem, a rośliny dwutlenku węgla, choć gazy te na danym obszarze nie powstają. I woda zzewnątrz w postaci deszczu i t. p. bywa dostarczana gruntowi. Rozważania następne odnoszą się przeto tylko do ciał stałych.

[2]) W rozważaniach powyższych, odpowiednio do zamierzonego celu, uwzględniliśmy tylko główne zadanie nawożenia, dowóz azotu i soli. Że nawożenie i w inny jeszcze sposób, np. przez rozpulchnienie ziemi, może sprzyjać wzrostowi roślin, pominęliśmy na tem miejscu, ponieważ nie należy to do zadań niniejszego wykładu. Łatwo zrozumieć, w jakim kierunku stosunki się zmieniają, jeżeli dane gospodarstwo ziemskie nie jest zamknięte, lecz płody ziemi bezpośrednio (zboże, jarzyny, owoce) lub pośrednio (zwierzęta lub ich części, mięso, wełna) zostają wywożone. Muszą wówczas być ziemi zwracane w odpowiedniej postaci jako nawóz substancye mineralne, zwłaszcza potas, kwas fosforny i azot. Strat wody i węgla pokrywać nie potrzeba, tych dostarcza podostakiem atmosfera. Obfite

www.dlibra.wum.edu.pl

W rozważaniach powyższych nad krążeniem materyi w świecie roślinnym i zwierzęcym pominęliśmy jednakże zupełnie jednę bardzo ważną okoliczność. Nie wszystkie materye wydalane przez zwierzęta mogą bezpośrednio w tej formie, w jakiej wydzielone zostały, być zużytkowane przez rośliny. Może się to stać tylko z wodą, dwutlenkiem węgla i solami mineralnemi. Znaczna część azotu, który wydziela się w postaci mocznika lub innych związków organicznych, oraz wydalane z kałem, nie wchłonięte resztki pokarmu, a zatem to, co nazywamy nawozem w znaczeniu właściwem, dalej wszelkie obumarłe części istot żywych oraz odpadki, włosy, rogi, kopyta, kora, odłamane gałęzie, liście opadłe i t. p. — wszystko to musi naprzód uledz pewnym przeobrażeniom chemicznym, zanim przez rośliny będzie mogło być spożytkowane na wytworzenie nowej materyi organicznej. Bez tych uprzednich przeobrażeń cała ta masa substancyj organicznych byłaby wyłączona z obiegu, krążenia materyi. Skupiałaby się ona w ilości coraz większej, natomiast świat żywy z roku na rok większe ponosiłby straty, które wreszcie do zupełnego wygaśnięcia życia doprowadzićby musiały.

Otóż inne organizmy w najrozmaitszy sposób przyczyniają się tu do utrzymania krążenia materyi. Zwierzęta najrozmaitsze, robaki, owady i larwy tychże, a także niektóre zwierzęta wyższe, nawet ssące, nie pogardzają owemi drobnemi ilościami związków organicznych, które w stanie niezmienionym zawarte są jeszcze w najrozmaitszych odpadkach; kończą one to, co rozpoczęli ludzie i zwierzęta wybredniejsze, mianowicie prowadzą dalej dzieło przemiany owych materyj na wodę, dwutlenek węgla i mocznik. Lecz w stopniu najwyższym przyczyniają się do uzupełnienia całkowitego obiegu materyi rośliny bezchlorofilowe, mianowicie zaś bakterye. One to właściwie zagarniają wydaliny zwierzęce i najrozmaitsze odpadki, w nieznacznej mierze bezpośrednio wyrabiają z nich znów bardziej złożone związki tego rodzaju co białko, tłuszcze i wodany węgla; przeważną zaś masę rozkładają dalej w ten sposób, że produkty rozkładu mogą być użyte do odżywiania roślin i wytwarzania zatem nowych materyj odżywczych dla zwierząt.

7. Rośliny bezchlorofilowe.

7. Rośliny bezchlorofilowe złożone są w istocie z tych

nawożenie może do takiego stopnia podnieść wydajność ziemi, że po pokryciu potrzeb mieszkańców danego obszaru nadmiar czy to w produktach bezpośrednich czy pośrednich może być wywożony.

www.dlibra.wum.edu.pl

samych części składowych co i chlorofilowe: z ciał białkowych, tłuszczów, wodanów węgla, soli i wody. Do odżywiania się potrzeba im tych samych pierwiastków: węgla, wodoru, tlenu, azotu, potasu, wapnia, magnezu, żelaza, siarki, fosforu. Ponieważ nie potrafią rozszczepiać dwutlenku węgla, przeto węgiel musi być im dostarczony w formie odpowiednich związków organicznych [1]). Azot niezbędny do wytwarzania ciał białkowych niektóre z tych tworów roślinnych mogą pobierać tylko z organicznych związków azotowych, inne także i z nieorganicznych. Pewne rośliny bezchlorofilowe zużytkowują nawet azot wolny.

Roztwory odżywcze, w których dobrze się rozwijają prawie wszystkie rośliny bezchlorofilowe, można przyrządzić w następujący sposób według przepisów Pasteura (I) i Ferd. Cohna (II):

I Roztwór Pasteura	II Roztwór Cohna
10 *g* winianu amonu 100 *g* cukru oraz popiół z 10 *g* drożdży na 1 litr wody	5 *g* fosforanu potasu 5 *g* siarczanu magnezu 10 *g* winianu amonu 0,5 *g* fosforanu wapnia na 1 litr wody

Pominięto w tych przepisach żelazo oraz inne, jakkolwiek nie koniecznie niezbędne, lecz jednakże pożyteczne pierwiastki, a to dlatego, że nieznaczne ich ślady, zupełnie dla celów hodowli bakteryj wystarczające, zwykle są już zawarte w wodzie i w używanych przetworach chemicznych. W czasach ostatnich zazwyczaj używa się do hodowli bakteryj naparów z mas roślinnych i zwierzęcych (napar siana, bulion i t. p.), które obok nieznacznych ilości materyj organicznych zawierają niezbędne sole, i do których wedle potrzeby dodaje się jeszcze innych związków. Bakterye, które spożytkowują azot z atmosfery, potrzebują jeszcze tylko dowozu węgla, np. w formie cukru, oraz soli potasu, magnezu i t. d. Przeważnej liczbie organizmów, które tu uwzględniamy, sprzyja w wysokim stopniu odczyn słabo alkaliczny roztworu odżywczego. Mały dodatek chlorku

[1]) Tylko jeden gatunek bakteryj, o ile dotychczas wiadomo, potrafi rozkładać dwutlenek węgla i z odszczepionego węgla budować części składowe protoplazmy. Przy sztucznem hodowaniu roślin bezchlorofilowych używa się zazwyczaj jako źródeł węgla związków takich, jak cukier, kwas mrówkowy, winny i t. p.

www.dlibra.wum.edu.pl

sodu zazwyczaj także przyczynia się do lepszego wzrostu i rozwoju bakteryj.

Drobne istoty, które rozkładają, zmieniają chemicznie owe materye organiczne, nie dające się bezpośrednio spożytkować przez zwierzęta wyższe i rośliny zielone, i z któremi nieco bliżej zapoznać się musimy, należą do rozmaitych klas organizmów. Są to przeważnie grzybki niższe: grzybki rozszczepkowe czyli bakterye, grzybki zarodnikowe i pleśnie. Ponieważ wszystkie one, prawie bez wyjątku, mikroskopowej są wielkości, przeto nazywają je także mikrobami (drobnoustroje).

Dla celów naszego wykładu najważniejszą jest rzeczą poznać sposób ich żywienia się. Jeżeli odżywianie to zachodzi kosztem materyj organicznych, np. w rodzaju ciał białkowych i t. p., nie różni się ono prawie niczem od żywienia się zwierząt. Gdy istotki te się poruszają, można powątpiewać, czy zaliczać je do roślin czy do zwierząt. Dotyczy to np. śluzowców (*Myxomycetes*) i niektórych wiciowców (*Flagellata*), które istotnie to do roślin to do zwierząt bywają zaliczane.

Od odżywiania czysto zwierzęcego do czysto roślinnego istnieją wszelkie możliwe przejścia. W jednej i tej samej, morfologicznie nierozerwalnej grupie tych istot najniższych pewne gatunki mogą zawierać chlorofil i żywić się jak rośliny wyższe, inne znów mogą zgoła chlorofilu być pozbawione.

Pragnąc poznać dokładnie warunki życia mikrobów, potrzeba umieć oddzielać, wyodrębniać oddzielne ich gatunki, które zazwyczaj w przyrodzie występują w najrozliczniejszych mieszaninach. Zwłaszcza użyteczną okazała się w tym celu opracowana dla badań bakteryologicznych przez Roberta Kocha metoda hodowania na podłożach stałych, przezroczystych, zawierających niezbędne materye odżywcze. Rozmaite gatunki bakteryj, zmieszane w danym ośrodku, przez znaczne rozcieńczenie zawierających je cieczy zostają możliwie od siebie oddzielone, a następnie ciecz tę w cienkiej warstwie rozlewamy na odpowiedniem podłożu. Gdy używamy cieczy szybko krzepnących, np. roztworów żelatyny lub t. p. i rozlewamy je w cienkich warstwach na płytkach szklanych, wówczas pojedyńcze osobniki oddzielone od siebie, szybko bardzo rozmnażając się, mogą wytworzyć oddzielne kolonie złożone z osobników jednego zawsze gatunku. Przenosząc, przeszczepiając takie kolonie na nowe podłoża, nowe odżywki, dochodzimy w końcu do zupełnie czystych hodowli, z których każda zawiera już tylko jeden gatunek osobników.

Aby zapewnić bakteryom dobre odżywianie a wraz z tem szybki rozwój, trzeba do żelatyny dodać materyj do odżywiania niezbędnych. Jeżeli znane nam są już warunki odżywiania się hodowanego przez nas

www.dlibra.wum.edu.pl

gatunku, to oczywiście możemy odpowiednio wybrać niezbędne ciała odżywcze. W przeciwnym razie przyrządzamy grunt odżywczy według składu odpowiedniego prawie dla wszelkich mikrobów, w rodzaju roztworów wyżej przytoczonych (str. 419).

Nieco wyższa temperatura zazwyczaj sprzyja szybkiemu rozwojowi. Ponieważ żelatyna rozpuszcza się, topnieje w temperaturach powyżej 25°, trzeba przeto przy stosowaniu wyższych temperatur używać innych gruntów odżywczych, np. galarety z agar-agar (masa otrzymywana z rozmaitych wodorostów morskich). Do niektórych hodowli stosowano też z pożytkiem podłoże nieorganiczne z galarety okrzemkowej z dodatkiem odpowiednich materyałów odżywczych.

Jeżeli mamy hodować mikroby bezpowietrzne (porówn. rozdz. XIV, § 4), wówczas umieszczamy podłoże w naczyniu szklanem, z którego powietrze zostało wyparte przez wodór lub gaz oświetlający.

Krótkie wyjaśnienia powyższe powinny nam wystarczyć do zrozumienia dalszych wywodów. Dla celów naszych zbytecznem byłoby obszerniejsze omawianie techniki badań bakteryologicznych.

8. Działania chemiczne mikrobów.

8. W przyrodzie, pośród mnóstwa rozlicznych mikrobów i ich form zarodnikowych, które w pewnych dopiero warunkach znajdują możność rozmnażania się i wywierania swych działań specyficznych, i które żyją na jednym i tym samym wspólnym niejako gruncie, często liczba osobników rozmaitych gatunków zmienia się z biegiem czasu. Te osobniki, które znajdą się w pomyślniejszych warunkach odżywiania i rozmnażania się, które na odpowiedniem dla siebie podłożu się osiedlą, w odpowiedniej temperaturze i t. d., powoli i stopniowo wypierają osobniki innych gatunków. Pewne gatunki, gdy zużyły materye pokarmowe, jakich im do życia było potrzeba, lub gdy w inny jaki sposób zmieniły się pomyślne dla nich uprzednio warunki istnienia, ustępują miejsca gatunkom innym, które dotychczas w małej znajdowały się liczbie lub tylko w swych formach zarodnikowych. Nowe gatunki mikrobów lub ich zarodniki mogą w następstwie zalęgnąć się na podłożu i, jeżeli znajdą się tu w pomyślnych warunkach istnienia, mogą rozmnożyć się bujniej niż gatunki dawniejsze. Należy uważnie baczyć na wszystkie te okoliczności, jeżeli mamy słusznie oceniać zjawiska przyrody. Tem zaś staje się to łatwiejszem, im dzięki badaniom hodowli czystych lepiej poznajemy warunki życia gatunków pojedyńczych.

Spostrzeżenia takie, dokonywane na hodowlach czystych, okazały, że mikroby sprowadzają rozmaite zmiany w tych związkach chemicznych, z któremi się stykają. Każdy gatunek mikro-

www.dlibra.wum.edu.pl

bów wywołuje pewne właściwe sobie działania, reakcye chemiczne; jeden rozkłada ciała białkowe, inny działa w pewien sposób na wodany węgla i t. d. W jaki sposób rozkłady takie zachodzą, o tem będzie mowa w dalszym ciągu. Obecnie zajmują nas one o tyle tylko, o ile wywierają wpływ na krążenie materyi.

Jako produkty ostateczne tych przeobrażeń chemicznych, sprowadzanych przez mikroby, występują: azot wolny, amoniak, wolny wodór, dwutlenek węgla, metan, siarkowodór, kwas siarczany i kwas fosforny. Lecz te produkty występują stopniowo; naprzód wytwarzają się najrozmaitsze produkty pośrednie; z ciał białkowych związki peptonowe, zasady organiczne, tak zwane ptomainy i t. p.; z tłuszczów wolne kwasy tłuszczowe i t. d. Niektóre z produktów tych są lotne i wydają najrozmaitsze przy tych rozkładach występujące wonie.

Ze związków tych tylko dwutlenek węgla, woda, kwas siarczany i fosforny oraz w mniejszym stopniu amoniak mogą być bezpośrednio zużytkowane przez rośliny zielone do wytwarzania materyj organicznych. Lecz pod wpływem innych znów bakteryj przeobrażenia chemiczne dalej zachodzą. Gdy tlen atmosferyczny ma wolny dostęp do mas rozkładających się, wówczas zjawiska utlenienia biorą górę i prowadzą aż do utworzenia dwutlenku węgla i wody. Niema już wówczas pośród produktów rozkładu metanu ani wolnego wodoru. Z siarkowodoru niektóre mikroby (bakterye siarkowe) wydzielają w swych komórkach siarkę i utleniają ją następnie na kwas siarczany [1]), który z metalami tak wszędzie rozpowszechnionemi tworzy sole.

Jak daleko zachodzą przeobrażenia chemiczne pod wpływem mikrobów, to w każdym oddzielnym przypadku zależy od rodzaju bakteryj oraz od tego, w jakim stopniu powietrze atmosferyczne ma wolny dostęp do rozkładających się substancyj. Mikroby najrozmaitszego rodzaju oraz ich zarodniki prawie wszędzie w naturze są rozpowszechnione, a zależnie od panujących w danym ośrodku warunków rozwijają się najbujniej te gatunki, które znajdują dla siebie warunki bytu najpomyślniejsze. Na dnie wód stojących, gdzie mnóstwo zalega materyi organicznej w stanie rozkładu, łatwo zbraknąć może tlenu. W tym razie mikroby bezpowietrzne

---

[1]) Analogicznem do tego działania utleniającego jest działanie bakteryj żelezistych, które zamieniają rozpowszechnione wszędzie drobne ilości związków tlenkowych żelaza na sole żelazne tlennikowe.

www.dlibra.wum.edu.pl

przeważają i wydziela się stosunkowo dużo siarkowodoru i metanu. Podobne do pewnego stopnia są warunki w przewodzie kiszkowym u zwierząt wyższych, gdzie zawsze mnóstwo znajduje się bakteryj, pochodzących z powietrza a połkniętych wraz ze śliną i z pokarmami. Obok właściwego procesu trawienia zachodzą przeto w kiszkach rozkłady bakteryjne. Kał z kiszek wydalony zawiera, obok zupełnie niestrawionych lub niedostatecznie strawionych resztek pokarmu, także produkty rozkładu w rozmaitej ilości. Ten rozkład bakteryjny, który rozpoczął się w kiszkach, odbywa się dalej w kale poza organizmem pod wpływem zarówno mikrobów z kiszek wydalonych, jak i tych, które zzewnątrz przybyły. Nawóz zwierzęcy w ten sposób dopiero staje się odpowiednim do żywienia roślin zielonych.

Ponieważ z materyj nawozowych, ważnych dla wzrostu roślin, związki mineralne, zwłaszcza sole potasowe oraz fosforany, zazwyczaj bezpośrednio dają się spożytkować, przeto w procesie rozkładu nawozu najważniejszą jest okoliczność, o ile azot w odpowiedniej znajdzie się w nim formie. Obok azotu niezmienionych jeszcze ciał białkowych, który w części wyzwala się w stanie wolnym, w części zamienia się na amoniak, na uwzględnienie w nawozie zasługują jeszcze mocznik oraz zbliżone doń związki (kwas hipurowy, kwas moczowy i t. d.). Przechodzą one naprzód w węglan amonu. Zachodzi to pod wpływem pewnych bakteryj (*Micrococcus ureae* i in.), które zamieniają mocznik, przez pobranie jednoczesne wody, na węglan amonu. Z amoniaku następnie inne mikroby wytworzyć mogą kwas azotawy, a z tego kwasu znów inne kwas azotny [1]).

---

[1]) Zamiana mocznika na węglan amonu jest reakcyą hydratacyjną. $CO(NH_2)_2 + 2H_2O = (NH_4)_2 CO_3$. Węglan amonu w obecności kwasów przechodzi w sole amonowe tych kwasów. Sole amonowe mogą być spożytkowane przez rośliny zielone jako źródło azotu, lecz nie tak dobrze jak azotany czyli sole kwasu azotnego.

Powstawanie azotonów i azotanów rozpoczyna się w stajniach, oborach, w kupach gnoju i t. d. a kończy się w ziemi ornej. Utworzone kwasy łączą się z amoniakiem i potażem na sole. Azotan potasu (saletra potasowa) tak obficie tworzy się z materyj organicznych w niektórych miejscach, na murach, w powierzchownych warstwach ziemi, w jaskiniach, że można go ztąd wyługowywać, wytrawiać i spożytkowywać technicznie. Niekiedy też rozmyślnie stwarza się warunki, w których powstawać może saletra potasowa, mianowicie układa się w kupy warstwy materyj gnijących z ziemią, gruzem i t. p. i utrzymuje je w stanie wilgotnym (planta-

www.dlibra.wum.edu.pl

9. Bakterye azotowe.

9. Niektóre nieliczne tylko bakterye spożytkować potrafią wolny azot. Dotychczas wiadomo nam to tylko o *Clostridium Pasteurianum* i o t. zw. bakteryach korzeniowych na roślinach motylkowych (*Bacillus radicicola*, zwany także *Rhizobium leguminosarum*). Te ostatnie dokładniej zostały zbadane z powodu ważnego ich znaczenia dla rolnictwa. Prawdopodobnie istnieją inne jeszcze podobne bakterye, odznaczające się tą samą własnością; zwłaszcza w gruncie leśnym oczekiwać należy obecności takich bakteryj, tutaj bowiem ziemia bez nawożenia przez długie lata wytwarza znaczne ilości materyj organicznych, jakkolwiek traci bezustannie azot.

Na korzeniach roślin motylkowych (groch, bób, łubin, koniczyna i t. d.) znajdują się nieprawidłowe nabrzmienia, t. zw. bulwki albo brodawki. Wytwarzają je bakterye, które przenikają przez naskórek korzenia do wnętrza, rozmnażają się, następnie tworzą t. zw. bakteroidy, t. j. przechodzą przez rozmaite odmiany form i wreszcie obumierają. Pobierają one azot z powietrza znajdującego się w porach ziemi, a resztę materyj potrzebnych do wzrostu i rozmnażania, mianowicie wodę, sole i związki węgla pobierają w części z ziemi, w części z korzenia, z którego tkankami znajdują się w zetknięciu bezpośredniem. To, co w ten sposób zabierają roślinie motylkowej, zwracają jej później sowicie. Albowiem po ich obumarciu roślina zużywa na własną korzyść materyał azotowy skupiony w bakteroidach. Gdy rośliny motylkowe zaopatrzone w takie brodawki hodujemy w ziemi, zawierającej dostateczną ilość potasu i kwasu fosfornego a mało lub zgoła nic azotu, rozwijają się one znakomicie; dodatek soli azotowych do ziemi, bardzo korzystny dla wszelkich innych roślin, na wzrost roślin motylkowych żadnego nie wywiera wpływu. Jeżeli hodować będziemy młode rośliny motylkowe i sadzonki umieścimy w ziemi wyjałowionej, wyżarzonej, w której oczywiście niema żywych bakteryj, wówczas nie powstają na korzeniach brodawki. Rośliny rozwijają się mizernie, nawet jeżeli obfity mają dowóz fosforanu potasu i azotanów. Lecz jeśli dodać do gruntu nieco ziemi z bulwkami korzeniowemi lub hodowli *Bacil. radicicola*, wówczas rośliny bujnie wyrastają i dają plon obfity w azot.

Ze wszystkiego powyższego wynika, że bakterye gromadzą azot, który w części przechodzi w rośliny motylkowe, w części zaś pozostaje w ziemi z korzeniami i złączonemi z temiż bakteroidami. Sadzenie roślin

---

cye saletry). Pochodząca z Peru saletra chilijska, która składa się nie z azotanu potasu, lecz z azotanu sodu, prawdopodobnie jest także pochodzenia organicznego.

www.dlibra.wum.edu.pl

motylkowych wzbogaca przeto grunt w azot i działa odmiennie od sadzenia innych roślin; jeżeli ziemi takiej nie brak potasu i fosforanów, to po zebraniu z niej roślin motylkowych może ona na nowo żywić inne rośliny. Gdy przeto brak nawozu, wielce jest korzystnem uprawiać rośliny motylkowe jako przedplon, poprzedzający inne rośliny gospodarcze. Jeżeli na gruncie ubogim w materye pokarmowe posiejemy łubin, który bądź sprzątniemy, bądź też przez przyoranie znów całkowicie zostawimy w ziemi, to otrzymamy następnie doskonały plon innych roślin (nawożenie zielone).

10. Rozkład materyj organicznych zachodzący pod wpływem rozmaitych mikrobów przebiega rozmaicie, zależnie od zawartości wody i od tego, czy powietrze ma dostęp wolny czy nie. Gdy rozkładowi ulegają odpadki roślinne, wówczas produkty zależą też i od tego, czy ciała białkowe zawarte są jeszcze w błonach celulozowych, bardzo opornych, jak wiadomo, na wszelkie wpływy chemiczne. W obfitym dostępie powietrza zachodzi zwykle proces rozkładowy zwany gniciem. Gdy wody jest mało, wówczas rozkładająca się masa obfituje jeszcze w najrozmaitsze organiczne produkty przejściowe. Ten rodzaj rozkładu nazywamy próchnieniem. Mieszanina, składająca się z materyj organicznych nierozłożonych jeszcze i z mniej lub więcej rozłożonych oraz z substancyj nieorganicznych, t. zw. próchnica, służy jako siedlisko i źródło pokarmu dla wielu zwierząt i roślin. Własnościom swym fizycznym i chemicznym, zdolności chłonienia w dużych ilościach amoniaku, z którego następnie pod wpływem mikrobów nitryfikujących tworzą się azotony i azotany, zawdzięcza próchnica ważne swe znaczenie dla wzrostu roślin. Domieszka próchnicy czyni ziemię luźniejszą, pulchniejszą; ziemia taka może więcej pobierać wody a wraz z nią zatrzymywać w górnych swych warstwach sole niezbędne roślinom; z powodu ciemnej swej barwy ziemia taka rozgrzewa się mocniej od promieni słońca i t. d. Wszystko to jest niezmiernie korzystne dla wzrostu roślin. Lecz zbyt duża zawartość próchnicy może się stać szkodliwą dla korzeni z powodu zanadto wielkiej ilości wody [1]).

10. Próchnienie, butwienie, gnicie.

[1]) Ziemię zbyt bogatą w próchnicę trzeba przeto uczynić naprzód suchszą przez domieszanie piasku lub t. p. Ponieważ w warstwach górnych ziemi ornej lub ogrodowej zawsze tworzy się próchnica z obumierających części roślin, z pozostających korzeni i t. p., przeto przez przeorywanie lub przekopywanie wytwarza się mieszaninę właściwą dla nowych roślin. Zazwyczaj łączy się z tem nawożenie, a jednocześnie, dzięki wpływowi powietrza i wody, następuje mechaniczny rozpad materyałów w warstwach górnych.

www.dlibra.wum.edu.pl

Czemś pośredniem pomiędzy próchnieniem a właściwem gniciem jest butwienie. Zachodzi ono wówczas, kiedy przy umiarkowanej obecności wody i obfitym dostępie powietrza bakterye powietrzne przeważają, a lotne, pośrednie produkty rozkładu, odznaczające się przykrą wonią, uchodzą w powietrze lub szybciej przeobrażają się w ostateczne produkty rozkładu bakteryjnego, w dwutlenek węgla i sole kwasu azotnego.

Opisane tu rozkłady zmieniają zatem ciała organiczne w szczątkach zwierzęcych i roślinnych zawarte w taki sposób, że w części służą one do odżywiania drobnoustrojów, w części zaś pobierane są przez rośliny zielone i mogą być znów użyte na wytworzenie ciał białkowych, tłuszczów i wodanów węgla. Dopiero dzięki tym przeobrażeniom krążenie materyi zostaje uzupełnione, i w ten sposób jedynie trwałość życia roślinnego i zwierzęcego na ziemi jest zapewniona [1]).

11. Podział istot żywych.

11. Opierając się na opisanych powyżej warunkach życia, możemy wszystkie istoty żywe w następujący podzielić sposób:

1. Rośliny prawdziwe. Zawierają chlorofil i dzięki temu rozkładają w świetle dwutlenek węgla. Pobierają wodę i sole, wśród których związki azotu (azotany lub sole amonowe), fosforany i siarczany oraz potas, wapień, magnez i żelazo zawsze powinny być zawarte. Z tych związków oraz z węgla odszczepionego z dwutlenku węgla tworzą te rośliny ciała białkowe, tłuszcze i wodany węgla. Zużywają przy oddychaniu tlen i wytwarzają dwutlenek węgla, lecz w świetle przeważa proces pobierania dwutlenku węgla i wydalania tlenu.

2. Rośliny bezchlorofilowe. Ze związków organicznych bezazotowych i azotowych (lub azotanów i związków amonowych) tworzą ciała białkowe, wodany węgla i tłuszcze. Wdychają tlen i wydychają dwutlenek węgla. Niektóre tylko, nieliczne potrafią bezpośrednio zużytkować azot gazowy i dwutlenek węgla.

3. Zwierzęta. Nie potrafią wytwarzać materyi organicznej ze związków nieorganicznych, lecz pobierają ciała białkowe,

---

[1]) Ze wszystkich ostatecznych produktów rozkładu bakteryjnego dwa tylko, mianowicie wodór i metan, nie mogą być bezpośrednio przez ustroje żywe zużytkowane. Pomimo to wszakże znajdujemy tylko ślady tych gazów w atmosferze. Wodór prawdopodobnie pod wpływem wyładowań elektrycznych podczas burz utlenia się na wodę. Z metanu może przytem także powstać CO_2 i H_2O, lecz utlenienie to może również nastąpić skutkiem działania mikrobów, jeżeli tlenu jest podostatkiem.

www.dlibra.wum.edu.pl

tłuszcze i wodany węgla i niszczą je znów przez utlenienie. Wdychają tlen i wydychają dwutlenek węgla. Jako produkty utlenienia ciał białkowych wydalają ciała azotowe w postaci mocznika i t. p.

Istoty drugiej z powyższych grup mogą pod względem żywienia się być uważane za stopień pośredni pomiędzy roślinami a zwierzętami. Pod wielu względami podobne są do roślin, lecz nie mogą, tak jak rośliny prawdziwe, żyć na gruncie zawierającym wyłącznie składniki mineralne.

Grupa ta obejmuje bardzo liczne istoty, które co do warunków życia bardzo się jeszcze różnią pomiędzy sobą. Jeżeli pominiemy nieliczne istoty tej grupy, które, na podobieństwo roślin zielonych, żywić się mogą wyłącznie związkami nieorganicznemi, to można je podzielić na gromady mniejsze, jako to: żywiące się próchnicą, saprofity i pasorzyty.

12. Próchnica, jak widzieliśmy, dzięki obfitej zawartości związków mineralnych, wiele przedstawia korzyści dla roślin prawdziwych, chlorofilowych. Prócz tego pomyślne warunki życia znajdują w niej także zwierzęta oraz takie rośliny, które wprawdzie nie zupełnie są pozbawione chlorofilu, lecz posiadają listki drobne, mało rozwinięte, tak że może się im doskonale przydać dodatek materyj organicznych do ich pożywienia mineralnego. Należą tu między innemi liczne storczykowe oraz wspomniane już dawniej rośliny owadożerne. Lecz przeważną część tworów roślinnych wyrastających na próchnicy stanowią rośliny bezchlorofilowe, głównie grzyby. Z powodu braku chlorofilu obywają się one bez światła; niektóre, jak np. trufle, całe życie przebywają pod ziemią. Zamieniają one materyą organiczną, będącą w stanie rozkładu, na ciała białkowe, tłuszcze i wodany węgla i w ten sposób przyrządzają odpowiednią strawę dla ludzi i zwierząt. 12. Drobnoustroje próchnicy i saprofity.

Rośliny zielone, lecz w chlorofil ubogie, rosnące na próchnicy, potrzebują często współudziału grzybów do należytego wyzyskania materyj próchnicowych. Nitki grzybków w części przenikają w komórki korzeni, w części znajdują się w ziemi. Pobierają one z gruntu pokarm w związkach organicznych i dostarczają go owym roślinom. Jest tu stosunek podobny do opisanego wyżej stosunku między roślinami motylkowemi i *Bacillus radicicola*. I drzewa iglaste oraz inne drzewa leśne są często na korzeniach pokryte warstwą nitek grzybowych, t. zw. mikoryzą, która w podobny sposób korzystną się dla nich okazuje.

Podobnie do ziemi próchnicowej, obumarłe części kory drzewnej również obfitują w produkty rozkładu materyj organicznych.

www.dlibra.wum.edu.pl

Obok rozmaitych niższych roślin i zwierząt znajdują na nich dobre dla siebie podłoże także mchy i porosty.

Pod względem sposobu żywienia się zbliżone są do istot, zamieszkujących próchnicę, t. zw. saprofity, żyjące na obumarłych roślinach i zwierzętach, na szczątkach ciał roślinnych i zwierzęcych oraz wogóle na masach zawierających związki organiczne, w roztworach cukru, na owocach, sokach owocowych, naparach z ciał zwierzęcych i roślinnych i t. d. Sprowadzają one najrozmaitsze rozkłady chemiczne w podłożu, na którem się rozwijają. Należą tu:

a) Grzybki pleśniowe; spotykamy je na chlebie, serze, sokach owocowych i t. d. Najbardziej znanemi są: *Mucor Mucedo*, grzybek jednokomórkowy, mocno rozgałęziający się, oraz *Penicillium glaucum*, tworzący pilśń błękitno-zieloną.

b) Grzybki fermentacyjne, najczęściej zarodnikowe, pomiędzy któremi najlepiej znane są grzybki drożdżowe (*Saccharomyces*), rozszczepiające cukier na alkohol i dwutlenek węgla. Mają one duże znaczenie w tych gałęziach przemysłu, które zajmują się przyrządzaniem napojów alkoholowych (wino, piwo, wódka i t. p.). Sporządzając starannie czyste hodowle rozmaitych gatunków grzybków drożdżowych i oddzielając je troskliwie od zanieczyszczających je często bakteryj, jesteśmy w stanie tak pokierować bieg fermentacyi, że obok alkoholu i dwutlenku węgla powstają jeszcze produkty uboczne, zwłaszcza związki eterowe o charakterystycznym smaku i zapachu. Gdy natomiast mamy do czynienia z hodowlami nieczystemi, zawierającemi rozmaite gatunki grzybków drożdżowych i bakteryj, wówczas przebieg fermentacyi nie może być łatwo skontrolowany. Tak np. zanieczyszczenie lasecznikiem octowym (*Bacterium aceti*) sprowadza w cieczach cukrowych kwaśnienie, spowodowane przemianą wytworzonego alkoholu na kwas octowy.

c) Grzybki gnilne; są to bakterye i kokki, należące przeważnie do gromady grzybków rozszczepkowych. Rozkładają one ciała białkowe w taki sposób, że powstają naprzód produkty o charakterze peptonów, które następnie wytwarzają przez dalszy rozkład związki prostsze, po części trujące i lotne, przeto wonią obecność swą zdradzające. Jako ostatnie produkty rozkładu występują: dwutlenek węgla, woda, amoniak, amoniaki złożone, kwasy amidowe i siarkowodór. O niektórych rozkładach sprowadzanych przez te mikroby była już mowa w rozdziałach IX-ym i X-ym.

Tym przeto drobnoustrojom zawdzięczać należy, że wszelkie owe materye, które zwierzęta wydalają w formie niewłaściwej do bezpośredniego zużytkowania przez rośliny zielone, odpowiednio

www.dlibra.wum.edu.pl

zostają przerobione i znów w ciele roślin przekształcają się na ciała białkowe, tłuszcze i wodany węgla. One to sprawiają, że krążenie materyi w przyrodzie ożywionej, organicznej ustawicznie się odbywa, a przez to i trwałość świata żywego jest zapewniona. Gdyby istniały na ziemi tylko zwierzęta i rośliny zielone, wówczas olbrzymie masy azotu, wydalane przez zwierzęta w postaci mocznika, skupiałyby się bezpożytecznie. Lecz bakterye nitryfikujące wytwarzają z mocznika azotony i azotany, które w roślinach zielonych znów przeobrażają się na białko. Podobnie rzecz się ma ze wszystkiemi innemi mikrobami, których działanie opisaliśmy w paragrafach poprzednich.

13. Pasorzyty.

13. Pozostaje nam jeszcze pomówić o pasorzytach czyli tworach, które żyją w ciele lub na ciele innych istot i z tych ostatnich, swych gospodarzy, czerpią pokarm. Rozmaite bywają stopnie pasorzytnictwa (parazytyzmu). Niekiedy stosunek bywa taki, że pasorzyt żywi się tylko odpadkami gospodarza i że wywdzięcza mu się za to mniejszemi lub większemi usługami. W tych przypadkach, w których obiedwie strony ciągną korzyści ze wspólnego pożycia, pasorzytnictwo przechodzi w t. zw. współżycie (symbioza), które poznaliśmy, mówiąc o współżyciu wodorostów i grzybów (porosty), wodorostów i wymoczków (§ 5), dalej na przykładzie bakteryj żyjących na korzeniach roślin motylkowych (§ 9) i t. p. Na drugim krańcu tego szeregu pomieścić należy te przykłady, w których pasorzyt staje się niebezpiecznym dla życia swego gospodarza, gdyż obecnością swoją w sposób mechaniczny lub produktami swego życia w sposób chemiczny tak szkodliwie działa na gospodarza, że może nań sprowadzić chorobę lub śmierć.

Przeważna część pasorzytów roślinnych, przebywających na roślinach i zwierzętach lub we wnętrzu ich ciał, należy do drobnoustrojów, mikrobów; z nich zaś główna część do gromady bakteryj. Pasorzyty te sprowadzają liczne, nader rozmaite choroby roślin i zwierząt. Należy wszakże odróżniać pomiędzy pasorzytami prawdziwemi, bezwzględnemi, które tylko jako takie żyć mogą, a niekiedy nawet tylko w pewnych oznaczonych organach, a pasorzytami względnemi, które również jako saprofity żyją na materyale martwym o odpowiednim składzie chemicznym. Tak samo i pewne saprofity, gdy niekiedy dostaną się do wnętrza organizmów żywych, mogą tam żyć w dalszym ciągu. Często powodują one w tym razie choroby miejscowe lub ogólne. Dotyczy to zwłaszcza mikrobów gnilnych, które w ranach sprowadzają ropienie, a których produkty rozkładu powodują gorączki i zakażenia krwi. Jeżeli pasorzyty bezwzględne mają być hodowane poza ciałem właściwego swego gospodarza, trzeba

www.dlibra.wum.edu.pl

im dostarczyć odpowiedniego materyału odżywczego. W jednym razie udaje się to łatwo, w innym znów trudniej. Tak np. lasecznika gruźlicy Koch z początku hodować potrafił tylko na zakrzepłej surowicy krwi, czyli na podłożu składem swym możliwie zbliżonem do składu ciała ludzkiego, i w ten sposób stało się możliwem dalsze badanie tego lasecznika. Prawdopodobnie też istnieją prawdziwe pasorzyty, które tak wyłącznie do pewnych tylko warunków żywienia są przystosowane, że wogóle nie można ich było dotychczas wyhodować na podłożach sztucznych, i dlatego nie są nam one jeszcze znane [1]). Życie innych znów pasorzytów tak jest przywiązane do pewnych oznaczonych gatunków roślin lub zwierząt, że nie można ich przenieść na inne, nawet blizko pokrewne gatunki.

Obok bakteryj pasorzytniczych występują też jako zarazki chorobowe pewne pasorzyty zwierzęce o nizkiej organizacyi (t. zw. plazmodya), np. w malaryi. Lecz i na wyższych szczeblach świata zwierzęcego i roślinnego życie pasorzytnicze nie jest rzadkością. Nawet rośliny i zwierzęta wysoko organizowane mogą żyć pasorzytnie, a również prawie żadna istota żyjąca nie jest wolna od pasorzytów. Ba, nawet niektóre pasorzyty są znów przez inne pasorzyty zamieszkiwane. Sposób życia pasorzytniczy organizmów wyższych, przemieszkujących we wnętrzu innych tworów, pociąga za sobą często zanikanie różnych organów, które stają się skutkiem takiego życia zbyteczne. Brak tym organizmom często narządów zmysłowych i organów trawienia; natomiast narządy rozrodcze są zazwyczaj bardzo silnie rozwinięte. W ten tylko sposób dostatecznie jest umożliwione prawidłowe rozmnażanie się, które częstokroć bywa utrudnione wskutek życia pasorzytniczego. W braku doskonałej organizacyi tych narządów owe pasorzyty możeby już dawno wymarły.

Przykład takiego zanikania organów możemy widzieć u żyjącej na krabach *Sacculina carcini*. Skorupiak ten, należący do rzędu wąsonogów (*Cirripedia*), który żyje pasorzytnie w odwłoku skorupiaków dziesięcionogich, zredukowany jest do woreczka opatrzonego w łodyżkę; łodyżka przenika pomiędzy pierścieniami w ciało kraba i obfitemi rozgałęzieniami oplata wnętrzności tegoż, z których wysysa soki jako swój pokarm. Ponieważ trawienie jest zbyteczne, przeto *Sacculina* nie ma zupełnie przewodu pokarmowego. Woreczek otoczony miękką powłoką jest prawie całkowicie wypełniony tylko jajkami. Larwy wypełzają przez otwór w powłoce, wnikają w ciało gospodarza, mieszkają przez czas pewien w jego wnętrzu i następnie znów wysuwają na zewnątrz woreczek.

Z roślin wyższych żyjących pasorzytnie na innych roślinach wymie-

---

[1]) Należą tu może mikroby wywołujące pewne ostre choroby, takie jak ospa, szkarlatyna, odra i t. p.

www.dlibra.wum.edu.pl

nimy kaniankę (*Cuscuta europaea*) i jemiołę (*Viscum album*). Kanianka owija się dokoła łodygi rośliny-gospodarza i wpija się w nią swemi przyssawkami (fig. 101), któremi wciąga pokarm dla siebie. Korzeń pierwotny, bardzo mało rozwinięty i tkwiący w ziemi, obumiera, podczas gdy łodyga, poziomo pełzająca, rozrasta się kosztem części obumarłych. Gdy łodyga ta znalazła roślinę-gospodarza, owija się dokoła niej i żyje nadal pokarmem, który wysysa za pomocą wpijających się przyssawek. Jemioła żyje jako pasorzyt na rozmaitych drzewach liściastych i przenika swemi przyssawkami między korę i drzewo. Ponieważ rośliny te żyją pokarmem wytwarzanym przez inne rośliny, przeto nie potrzeba im chlorofilu. Kanianka prawie zupełnie jest chlorofilu pozbawiona, jemioła posiada wprawdzie liście chlorofilowe, lecz są one nadzwyczaj małe.

14. Obok istot zamieszkujących próchnicę oraz saprofitów, pasorzyty mają znaczenie podrzędne w sprawie krążenia materyi. Zajęliśmy się niemi dla tego tylko, ażeby uzupełnić podział istot żywych według sposobu odżywiania się. Powracając obecnie do rozważania krążenia materyi na ziemi, pozostaje nam jeszcze zbadanie, w jaki sposób materye

14. Rozprzestrzenianie materyi.

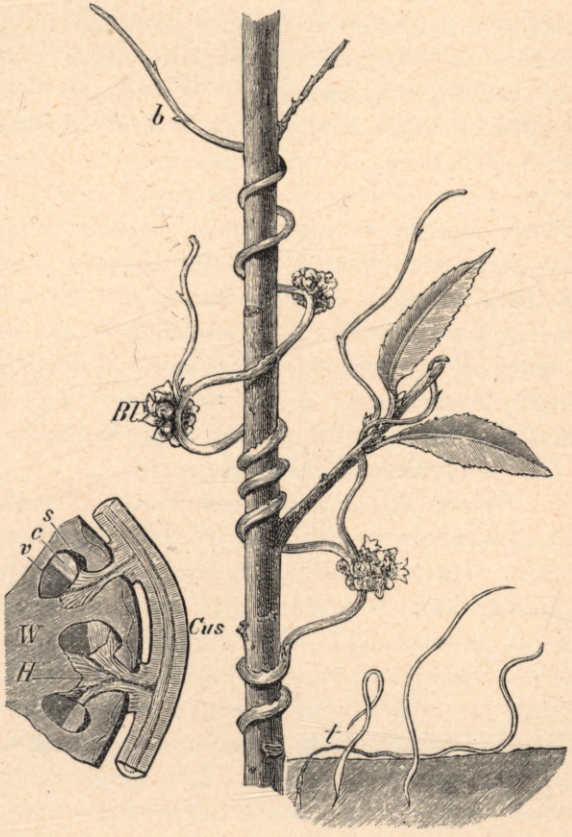


Fig. 101.

Kanianka (*Cuscuta europaea*). Na prawo roślinki młode, jedna pełzająca na ziemi i rosnąca, gdy jej część starsza u *t* obumiera. Pośrodku roślina pasorzytna oplatająca gałęź wierzby. *Bl* kwiat, *b* listki. Na lewo część rośliny pasorzytnej (*Cus*) z przyssawkami (*H*) przenikającemi w gałęź wierzby (*W*). *v*, *c*, *s* rozmaite tkanki gałęzi wierzby.

www.dlibra.wum.edu.pl

potrzebne do odżywiania każdej istoty dostają się do tych miejsc, gdzie mogą być zużytkowane.

Produkty gazowe przerobu materyi, tlen i dwutlenek węgla, dzięki dyfuzyi i wiatrom tak szybko i doskonale mieszają się w powietrzu atmosferycznem, że zawartość ich w powietrzu jest stała i niezmienna. Rośliny zielone przeto wszędzie, gdzie znajdują inne warunki dla swego istnienia, mają też podostatkiem dwutlenku węgla, zwierzęta mają dosyć tlenu. W pojedyńczych tylko, wyjątkowych miejscach, w których życie zwierzęce lub roślinne znacznie bierze górę, może przejściowo skład powietrza być nieco odmiennym od przeciętnego. Tak więc np. pośrodku dużych, gęsto zabudowanych miast, w ciasnych, wysokiemi murami otoczonych podwórzach, gdzie odpadki zwierzęce gniją, w przestrzeniach zamkniętych, przepełnionych zwierzętami lub ludźmi, znajdujemy nieco większą zawartość dwutlenku węgla. Lecz i tutaj rzadko ta zawartość przekracza $1^0/_{00}$. W większej ilości skupić się może dwutlenek węgla w piwnicach, w których fermentują znaczne ilości mas cukrowych, lub w szczelnie zamkniętych przestrzeniach, gdzie przez dłuższy czas przebywają ludzie lub zwierzęta. Nasze pokoje mieszkalne nigdy nie są szczelnie zamknięte i odcięte od powietrza zewnętrznego. Dyfuzya gazów oraz powstające z rozmaitych powodów ruchy powietrza, które już to same przez się zachodzą lub sprowadzane są umyślnie (t. zw. wentylacya naturalna i sztuczna) wystarczają w zupełności do wymiany pomiędzy powietrzem zewnętrznem a wewnętrznem. To też nawet w pokojach zamkniętych nie brak ludziom nigdy tlenu; w oborach, stajniach i t. d. nie brak tego gazu zwierzętom.

Wiatr znaczny też ma udział w roznoszeniu mikrobów, ich zarodników i produktów ich działalności oraz nasion wyższych roślin. Masy organiczne, wysychając, rozsypują się na delikatny proszek, który w postaci pyłu przenosi się z wiatrem na dalekie nieraz przestrzenie i opada w miejscach, gdzie powietrze jest spokojne. Mikroby i zarodniki ich wraz z pyłem, padając na grunt wilgotny, budzą się do nowego życia, wyrastają i rozmnażają się. Nasiona roślinne często mają budowę, która ułatwia ich rozsiewanie przez prądy powietrzne. Inne nasiona i drobnoustroje przenoszone bywają z miejsca na miejsce przez zwierzęta, które już to noszą je na swej skórze, już też połykają i wydalają w innych miejscach. Gdy zaś w nowem miejscu znalazły się odpowiednie warunki bytu, nasiona te, drobnoustroje i ich zarodniki poczynają się tu rozwijać.

Co zbyt jest ciężkie, aby mogło unosić się w powietrzu i w ten

www.dlibra.wum.edu.pl

sposób rozprzestrzeniać się na ziemi, to często spływa z wodą; deszcz i śnieg rozpuszczają w sobie materye rozmaite lub porywają ze sobą nierozpuszczone. Opadłszy w innem miejscu, materye te znajdują sposobność do wywierania swych działań. Gdzie wreszcie te i tym podobne zjawiska naturalne nie wystarczają, tam człowiek poczyna swą działalność i przenosi z miejsca na miejsce rozmaite materye, szukając warunków przyjaznych dla ich spożytkowania. Uprawiając rolę, nawożąc ją odpowiednio, zbierając rośliny użyteczne, pieląc chwast nieużyteczny, przenosząc plon na miejsca zapotrzebowania i t. d., człowiek świadomie rozbudza zjawiska życia w miejscach, gdzie to może być pożytecznem, a tłumi je tam, gdzie mu one przeszkodą być mogą. Wszystkie te środki przeto sprzyjają temu, że materye, mogące służyć do zachowania życia, po krótszym lub dłuższym czasie dostają się istotom żywym, które je spożytkować mogą. W ten sposób ustawicznie, nieprzerwanie zachodzi krążenie materyi w świecie ożywionym.

---

www.dlibra.wum.edu.pl

ROZDZIAŁ SIEDMNASTY.

Przeobrażenia energii w tworach żywych.

1. Budowa i rozkład materyi organicznej.

1. Dwa rozdziały ostatnie zapoznały nas należycie z ustawicznem krążeniem materyi w dwu wielkich głównych grupach istot żywych. Zwierzęta bezustannie pochłaniają związki organiczne i wydalają związki utlenione o składzie stosunkowo mało zawiłym. Rośliny zielone wytwarzają w sobie związki organiczne bardzo zawiłego składu, któremi żywią się zwierzęta, a spożytkowują dla siebie produkty rozkładu, powstające w procesie życiowym zwierząt. Rośliny bezchlorofilowe pośredniczą w tej wymianie materyi, albowiem przerabiają odpadki zwierzęce, nie dające się wprost przez rośliny zielone zużytkować, oraz owe części roślin, któremi zwierzęta się nie karmiły. Przerabiają je mianowicie w części na materye organiczne odpowiednie do żywienia zwierząt, w części zaś tak przekształcają, że mogą być znów użyte do wytwarzania związków organicznych w ciele roślin zielonych.

Wszystkie wydalane przez zwierzęta materye są to wysoko utlenione związki węgla, wodoru i azotu z dużemi stosunkowo ilościami tlenu, gdy tymczasem pobierane przez nie materye są z jednej strony związkami organicznemi z małą ilością tlenu, a z drugiej wolny tlen. Łączenie się tlenu ze związkami w tlen ubogiemi, utlenianie odbywa się we wnętrzu ciała zwierzęcego; stanowi ono cechę istotną zjawisk życiowych u zwierząt.

Gdy zwierzę się głodzi, oczywiście utlenianie w jego ciele odbywać się może jedynie kosztem własnego jego ciała. Głódźmy zwierzę przez czas dłuższy, a straci ono poważną część masy swego ciała. Podawajmy mu znów strawę, a będzie ono mogło pokryć poniesioną uprzednio stratę. Niewątpliwie przeto w okresie głodowym utlenianie zachodziło kosztem części składowych tkanek zwierzęcia. A następnie tkanki te znów odnowiły się i uzupełniły

www.dlibra.wum.edu.pl

swe straty dzięki dowożonemu pokarmowi. Również podczas okresu wzrostu, w stanie młodocianym, kiedy zwierzęta mniej wydzielają dwutlenku węgla, wody i mocznika, aniżeli mogłoby się wytworzyć tych produktów z rozkładu pobieranych pokarmów, niewątpliwie z pewnej części pokarmu wytwarza się nowa żywa substancya; powstaje ona w części przez powiększanie się objętości już istniejącej materyi żywej, w części przez tworzenie się nowych komórek oraz tych części tkanek, które w następstwie z komórek powstają.

Zwierzęta przeto mogą spożytkować materye organiczne pochodzenia roślinnego na budowanie własnego ciała. Z ciał białkowych, tłuszczów i wodanów węgla potrafią one wytwarzać komórki zwierzęce o wszelkich komórkom tym właściwych cechach. Lecz nie potrafią stwarzać ciał organicznych z pierwiastków, ani z innych związków prócz białka, tłuszczów i wodanów węgla. Zdolność zaś ta jest wyłącznym udziałem organizmów roślinnych, a i tych w stopniu rozmaitym; w najwyższym mianowicie posiadają ją te rośliny lub części roślin, które zawierają chlorofil. Organiczne materye, wytworzone przez nie, po wprowadzeniu do ciała zwierząt mogą tu w części zostać złożone, w części zaś po krótszym lub dłuższym czasie rozpadają się w procesie utlenienia na związki prostsze, które dopiero po powrocie do ciała roślin znów zamieniają się na owe zawilej zbudowane substancye organiczne.

2. Utlenianie w ciele zwierzęcem.

2. Zgoła wiadomości dokładnych nie mamy o tem, w jaki sposób zachodzą utlenienia we wnętrzu żywej protoplazmy; czy odbywają się one tylko w protoplazmie organizowanej, t j. w tej, która właściwem jest podścieliskiem zjawisk życiowych, czy również zachodzić mogą w cieczach omywających i przesiąkających komórki i tkanki. Gdy zwierzę wyrośnięte przy pokarmie dostatecznym przez czas dłuższy stały zachowuje ciężar ciała, trudno oczywiście wiedzieć, czy tkanki jego przez ten czas ustawicznie niszczą się, a znów uzupełniają i odnawiają się ze składowych części pokarmu, czy też pozostają one nietknięte, a utlenieniu podlegają wyłącznie lub przeważnie przynajmniej materye pokarm składające. W sposób pewny i niezawodny rozstrzygnąć na zasadzie dotychczas zgromadzonych doświadczeń nad przerobem materyi nie jesteśmy w stanie, która z tych dwu możliwości jest prawdziwa.

Bądźcobądź wszakże, wątpliwości nie ulega, że w organizmie

www.dlibra.wum.edu.pl

zwierzęcym [1]) istnieją urządzenia, dzięki którym zachodzi utlenienie ciał białkowych, tłuszczów i wodanów węgla, wprowadzonych w postaci pokarmu, i to w warunkach takich, w jakich nie zachodziłoby poza organizmem. Jeżeli tłuszcze, wodany węgla lub ciała białkowe mają być spalone poza organizmem, trzeba je naprzód pozbawić wody, a następnie ogrzać do bardzo wysokiej temperatury. W organizmie natomiast spalają się w stanie doskonałego nasiąknięcia wodą i w temperaturze stosunkowo nizkiej. Dzieje się to przy współudziale żywej protoplazmy. Nie chcemy przez to bynajmniej powiedzieć, że zjawisko to powiązać trzeba z osobliwemi jakiemiś tajemniczemi „siłami“, które nie mają analogii w świecie nieożywionym. Można rozmaite wysnuwać domysły o tych i tym podobnych pytaniach; lecz w sposób naukowo zadawalający nie można na nie odpowiedzieć przy obecnym stanie naszych wiadomości. Jak już powiedzieliśmy, badania i doświadczenia dotychczasowe nie dają nam rozstrzygającej odpowiedzi na to, czy materye mające być utlenione muszą się stać uprzednio integralnemi częściami składowemi żywej protoplazmy, czy też protoplazma działać może niejako na pewną odległość, tak mianowicie, że substancye rozpuszczone w cieczy międzykomórkowej również mogą ulegać utlenieniu.

Przeobrażenia chemiczne zachodzące w organizmach żywych niezmiernie są skomplikowane, przebiegają też rozmaicie w różnych narządach jednego i tego samego zwierzęcia. Pewne materye powstają w jednych organach, a brak ich zupełnie w innych. Na zawiłe, bardzo niedokładnie jeszcze dotąd poznane zjawiska chemiczne w organach poszczególnych, składają się, o ile nam wiadomo, przeważnie utlenienia i rozszczepienia, lecz również odtlenienia i syntezy, których tu bliżej uwzględniać nie możemy. Uwaga nasza zwrócona jest przeważnie na ostateczne produkty. Ponieważ produkty te zawierają więcej tlenu, aniżeli mają go związki chemiczne składające pokarm zwierzęcy, przeto dla uproszczenia poglądu na całokształt zjawisk chemicznych w ciele zwierzęcem obejmujemy je ogólnem mianem utlenienia lub spalenia.

3. Materye „plastyczne“ i „oddechowe“.

3. Protoplazma komórek jest stosunkowo bogata w ciała

[1]) Także w organizmie roślinnym, ponieważ w żywej protoplazmie rośliny zachodzą te same zjawiska utleniania, tylko w mniejszym stopniu, a jednoczesne wydzielanie tlenu przez zielone części roślinne w świetle maskuje owe reakcye utlenienia. Porówn. w rozdz. XIV, § 5 to, co było powiedziane o oddychaniu roślin.

www.dlibra.wum.edu.pl

białkowe. To nasunęło Liebigowi myśl, iż istnieje różnica pomiędzy spalaniem ciał białkowych z jednej strony, a tłuszczów i wodanów węgla z drugiej. Według przypuszczenia tego, tłuszcze i wodany węgla, nie wchodząc właściwie w skład tkanek, spalają się na dwutlenek węgla i wodę i wytwarzają przez to ciepło i pracę; ciała białkowe natomiast służą za materyał do budowania, wytwarzania tkanek. Białko ma być niby materyałem, z którego zbudowana jest maszyna organiczna; nie wytwarza ono pracy, lecz w miarę zużywania się w procesie życiowym zostaje przez podobny materyał pokarmowy zastępowane. Liebig nazwał przeto ciała białkowe materyałami plastycznemi, tkankotwórczemi, zaś tłuszcze i wodany węgla oddechowemi, ciepłotwórczemi. Taki podział oczywiście ściśle nie daje się przeprowadzić. Tłuszcze i wodany węgla, podobnie jak ciała białkowe, są integralnemi częściami składowemi żywej protoplazmy, a przez spalanie się, utlenianie ciał białkowych również wytwarza się ciepło i również praca może być wyprodukowana. Jak dowodzą doświadczenia ze zwierzętami głodzonemi, po zużyciu się całkowitego zapasu glikogenu i tłuszczu utlenianie ciał białkowych jest jedynem źródłem pracy i ciepła w organizmie zwierzęcym. Jednakże w hypotezie Liebiga jest ziarno prawdy. Dostateczny bowiem dowóz tłuszczów i wodanów węgla chroni od rozkładu znaczną część utworzonej już, a przeważnie z ciał białkowych złożonej masy tkanek; a jeżeli w pokarmie swym ma zwierzę tylko właśnie tyle białka, ile potrzeba koniecznie na zastąpienie białka zużytego, wówczas przeważna bądźcobądź część energii cynetycznej, niezbędnej w czynnościach życiowych, powstaje ze spalenia tłuszczów i wodanów węgla. Wtedy tylko, kiedy nadmiar ciał białkowych znajduje się w strawie, i ten nadmiar natychmiast się utlenia, służy on przeto do wytwarzania ciepła i pracy, podczas gdy w nadmiarze doprowadzony tłuszcz w znacznej ilości może zapasowo być składany w ciele, a nadmierny dowóz wodanów węgla również prowadzi do odkładania się tłuszczu.

Takie zachowanie się tych trzech grup ciał pokarmowych organicznych tem jest osobliwsze, że poza żywą protoplazmą tłuszcze i wodany węgla łatwiej od ciał białkowych się utleniają. Zważyć wszakże należy, że nie znamy wcale dokładnie budowy chemicznej ciał białkowych zawartych w protoplazmie żywej, czyli tych związków, które w rozdz. X nazwaliśmy białkiem rodzimem. Związki, otrzymywane z materyału żywego lub martwego przez rozmaite operacye chemiczne, prawdopodobnie różnią się od tych, które jako części składowe żywej protoplazmy stanowią podścielisko zjawisk życiowych. Owym materyom bliżej nieznanym

www.dlibra.wum.edu.pl

przypisać możemy wiele własności, których nie mają znane nam związki. Pytanie tylko, czy takie przypuszczenia dowolne pomogą nam głębiej wniknąć w istotę zajmujących nas tu zjawisk. Nie sądzimy, aby tak być miało, i uważamy przeto za zbyteczne bliższe omawianie tych hypotez, jakie wygłaszano o budowie chemicznej „białka żywego". Dla celu naszego ważniejszą jest sprawą poznać wszystko, co istotnie stwierdzono w faktach i doświadczeniach, i pojąć stosunek pomiędzy zjawiskami, o ile jest to możliwe na zasadzie wiedzy współczesnej.

4. Powstawanie energii cynetycznej.

4. Podczas łączenia się części składowych tkanek lub pokarmu z tlenem energia położenia (potencyalna) przeobraża się na energią ruchu (cynetyczną). Energia cynetyczna ujawnia się w części jako ruch cząsteczkowy w postaci ciepła, w części jako ruch mas w postaci pracy mechanicznej [1]). W tkankach żywego zwierzęcia bezustannie wytwarza się ciepło. Lecz i energia występująca w postaci ruchu mas w znacznej swej części na ciepło się zamienia. Jeżeli zwierzę nie zmienia swego miejsca ani w inny jakikolwiek sposób, np. przez podnoszenie ciężarów lub t. p., nie wykonywa pracy mechanicznej, w takim razie całkowita powstająca w niem energia ruchu wreszcie przechodzi w ciepło. Gdy wskutek tego temperatura zwierzęcia podnosi się ponad temperaturę otoczenia, ciepło otoczeniu się udziela. Pomiędzy wytwarzaniem a oddawaniem ciepła na zewnątrz następuje stan równowagi, od którego zależy temperatura zwierzęcia. Gdy ta ostatnia jest stała, niezmienna, musi wówczas ilość ciepła oddana na zewnątrz w pewnym okresie czasu równać się ilości ciepła wytworzonego. Umieśćmy zwierzę w kalorymetrze, a potrafimy zmierzyć ilość wydawanego przez nie ciepła i zbadać, o ile zgadza się ona z tą ilością, jaka daje się obliczyć z przeobrażeń, utlenień chemicznych zachodzących w jego ciele.

Gdy czysty węgiel spala się w kalorymetrze na CO_2, lub czysty wodór na H_2O, powstaje na każdy gram węgla około 8000, a na każdy gram wodoru około 34000 ciepłostek. Liczby, które otrzymujemy w ten sposób przy utlenianiu rozmaitych ciał, nazywamy ciepłem spalenia tych ciał.

Zamiast przyjmować w tem obliczaniu jednostki wagowe, racyonalniej jest przyjąć taką ilość na wagę, której potrzeba do utworzenia cząsteczki gramowej powstającego związku. Przykłady: 1) 2 g wodoru i 16 g tlenu dają 18 g czyli cząsteczkę gramową wody; wyzwala się przytem

---

[1]) Inne formy energii, jak wytwarzanie światła i elektryczności, pomijamy tymczasem. Udział ich w ogólnej sprawności organizmów jest bardzo nieznaczny.

www.dlibra.wum.edu.pl

68 ciepłostek wielkich; ciepło spalenia wody = 68. 2) 12 *g* węgla i 32 *g* tlenu dają 44 *g* czyli cząsteczkę gramową dwutlenku węgla; wytworzone przytem ciepło spalenia = 96 [1]).

W ciele zwierzęcem wszakże nie spalają się pierwiastki wolne, lecz ich związki. Aby z wodanów węgla, tłuszczów i ciał białkowych mogły powstać dwutlenek węgla, woda i mocznik, musi być naprzód pokonana siła powinowactwa chemicznego, z jaką pierwiastki C, H, O i N są z sobą w owych związkach połączone.

W rzeczywistości to samo dzieje się ze wszystkiemi związkami chemicznemi, nawet z pierwiastkami, o ile cząsteczki pierwiastków składają się z więcej niż jednego atomu. Gdy z H i O powstaje związek H_2O, reakcya zachodzi tu nie pomiędzy wolnemi atomami, lecz między cząsteczkami. W cząsteczce (O = O) nastąpić musi naprzód podział na dwa atomy, aby następnie każdy z nich mógł się połączyć z dwoma atomami wodoru; a i te dwa atomy nie znajdują się w stanie wolnym, lecz połączone są w cząsteczki wodoru. Sprowadzenie podziału cząsteczki na atomy wymaga pewnej energii, której dostarcza iskra elektryczna, płomień lub t. p. Lecz przy łączeniu się H z O na cząsteczkę H_2O wyzwala się znacznie więcej energii, aniżeli potrzeba do rozkładu cząsteczki H — H i O — O na atomy. Ostateczny przeto rezultat cieplikowy jest dodatni; wyzwala się, wytwarza, wydziela na zewnątrz ciepło, które mierzymy przy syntezie wody.

Pragnąc ściśle wyrazić reakcyą tworzenia się wody z pierwiastków wodoru i tlenu, możemy takie wypisać równanie:

$$2\,(H - H) + O = O = 2\,(H_2O)$$

Po stronie lewej mamy 2 cząsteczki wodoru i jednę cząsteczkę tlenu. Aby te cząsteczki rozłożyć na atomy, potrzeba energii e_h i e_o. Przy syntezie wody na każdą cząsteczkę wody wyzwala się energia e_w. Równanie, przedstawiające ilości energii przy tworzeniu się dwu cząsteczek wody z wodoru i tlenu, jest przeto:

$$2\,V = 2\,e_w - (2\,e_h + e_o)$$

5. Możemy ciepło spalania materyj pokarmowych oznaczyć empirycznie, spalając je w kalorymetrze przy dostępie tlenu niezbędnego do zupełnego utlenienia. Oznaczymy w ten sposób dla

5. Pomiary kalorymetryczne na zwierzętach.

[1]) Znane są jeszcze dwa inne połączenia wodoru i węgla z tlenem: woda utleniona (H_2O_2) i tlenek węgla (CO). Woda utleniona jest związkiem bardzo nietrwałym. Tlenek węgla jest bardzo silną trucizną. Ponieważ związki te żadnego nie mają znaczenia w biegu normalnych procesów życiowych, przeto pomijamy je tutaj i uwzględniamy przy rozważaniu przeobrażeń energii tylko ciepło, powstające przy tworzeniu się wody i dwutlenku węgla.

www.dlibra.wum.edu.pl

1 grama wodanów węgla ciepło spalenia równe 4,2 ciepłostkom, dla 1 grama tłuszczu 9,2 ciepł. To samo uczynić możemy z ciałami białkowemi. Zważyć wszakże należy, że one nie utleniają się całkowicie w ciele zwierzęcem, lecz że obok wody i dwutlenku węgla powstaje mocznik oraz związki podobne, które wprawdzie zawierają więcej tlenu, aniżeli było go w białku w połączeniu z innemi pierwiastkami, które jednakże jeszcze spalone być mogą t. j. jeszcze z tlenem mogą się połączyć. Gdy przeto chodzi o ciała białkowe, odróżniać winniśmy ciepło spalania absolutne, powstające przy ich zupełnem spalaniu w dostatecznym dostępie powietrza, od ciepła spalania fizyologicznego, które wyzwala się przy utlenianiu ciał białkowych w ustroju zwierzęcym. Ciepła spalania fizyologicznego nie jesteśmy w stanie oznaczyć doświadczalnie poza organizmem. Możemy je jednak obliczyć w ten sposób, że od ciepła spalania absolutnego ciała białkowego odejmujemy ciepło spalenia mocznika o takiejże co i białko zawartości azotu. Znajdujemy według tej metody pośredniej, że przez spalenie się w organizmie 1 grama białka do takiego stopnia utlenienia, jaki w ustroju osiągnięty być może, powstają 4,1 ciepłostki.

Umieśćmy zwierzę w kalorymetrze i porównajmy ciepło przez nie wytwarzane z ciepłem, jakie powstać by mogło ze spalenia pobieranego przez to zwierzę pokarmu, a wówczas w doświadczeniach przez czas dostatecznie długi prowadzonych i przy zupełnej równowadze w przerobie materyi (t. j. kiedy mamy pewność, ze ilości materyj pokarmowych równe pobranym przez zwierzę zostały w ciele spalone) znajdziemy zupełną zgodność rezultatów. Możemy przeto twierdzić z całem przeświadczeniem, że całkowita wyzwalająca się w ciele zwierzęcia energia cynetyczna pochodzi z powinowactwa chemicznego materyi spalanej do tlenu, albo innemi słowami, że energia ta powstaje z przeobrażenia energii potencyalnej, złożonej w powinowactwie chemicznem owych związków do tlenu.

Dowieść tego bynajmniej nie jest tak łatwo, jak się to na pierwszy rzut oka zdawać może. Materye pokarmowe wprowadzone do ustroju nie ulegają natychmiast spaleniu. Muszą one naprzód być strawione, wchłonięte z przewodu pokarmowego do krwi i doprowadzone z krwią do tkanek. Tutaj albo spalają się albo odkładają się, zastępując inne części składowe tkanek, które uległy utlenieniu. Wynika ztąd, że tylko w pewnych ściśle oznaczonych okolicznościach zachodzić może dokładna zgodność pomiędzy pokarmami wprowadzonemi i związkami spalanemi zarówno pod względem jakościowym jak ilościowym.

Badania mozolne dowiodły, że ciepło wytwarzane przez zwierzę od-

www.dlibra.wum.edu.pl

powiada ciepłu spalania pobieranych pokarmów, jeżeli zwierzę znajduje się w doskonałej równowadze przerobu materyi. Zgodność w rezultatach tem jest dokładniejsza, im dłuższy jest okres badania. Jeżeli zwierzę na raz przyjmuje cały pokarm wystarczający na 24 godziny, można w takim razie dobę podzielić na dwa okresy. W pierwszych 10 — 12 godzinach, t. j. podczas trawienia i chłonienia, kiedy wchłonięty pokarm dopływa do tkanek, produkcya ciepła jest chwiejna, nierównomierna; w drugiej zaś połowie doby zachodzi znacznie prawidłowiej. Przy obliczeniach uwzględnić należy części pokarmu niestrawione, wydalane w kale. W rachubę brać trzeba tylko część pokarmu istotnie strawioną, wchłoniętą i spaloną w tkankach. Można tę część obliczyć z pewną ścisłością, oznaczając jakościowo i ilościowo materye w tym samym czasie nazewnątrz wydalone.

Zgodność rezultatów w pewnym stopniu i wówczas występuje, gdy doświadczenie trwa conajmniej przeszło 2 — 3 godziny i nie przypada w okresie trawienia. Jeszcze lepsze rezultaty wszakże otrzymuje się tylko w doświadczeniach 24-godzinnych podczas doskonałej równowagi przerobu materyi.

Obliczenie znacznie staje się zawilsze, jeżeli zwierzę nie tylko wytwarza ciepło, lecz nadto wykonywa pracę. Można usunąć tę komplikacyą przez zamknięcie zwierzęcia w kalorymetrze, albowiem w tym razie całkowita wykonana praca pozostaje w kalorymetrze i ujawnia się w postaci ogrzania kalorymetru. Zwierzę, które w pewnym okresie czasu przeobraża na dwutlenek węgla, wodę i mocznik (lub kwas moczowy i t. p.) pewną ilość białka (b), tłuszczu (t) i wodanów węgla (w), musi w tym samym czasie wytworzyć $4{,}1\ b + 9{,}2\ t + 4{,}2\ w$ ciepłostek.

Suma $4{,}1\ b + 9{,}2\ t + 4{,}2\ w$ równa byłaby ilości ciepła oznaczonej w doświadczeniu, gdyby pobrane w strawie ilości b, t i w istotnie całkowicie przeobraziły się na CO_2, H_2O i mocznik. Ponieważ z powodów już wspomnianych rzadko lub nigdy nie dzieje się tak w zupełności, przeto chcąc w przybliżeniu oznaczyć część pokarmu nieutlenioną, musimy wydzielone ilości CO_2, H_2O i mocznika porównać z temi ilościami, które wynikają z utlenienia zupełnego pobranych w rzeczywistości pokarmów. Ztąd obliczyć można istotnie utlenione ilości b, t i w.

Gdy zwierzę wykonywa pracę, np. podnosi ciężary lub t. p., wówczas należałoby, dla przeprowadzenia całkowitego obliczenia, dodać do ciepła istotnie wytworzonego ilość ciepła równoważną owej pracy wykonanej. W zupełnie podobny sposób dokonywa się obliczenie dla takich maszyn, które, jak np. maszyny parowe, przez spalanie jakiegokolwiek materyału wytwarzają ciepło i pracę. Ciepło spalania węgla, po odjęciu części niespalonych znajdujących się w popiele i uchodzących z dymem, równać się musi sumie ciepła, oddanego przez maszynę otoczeniu i ciepła

www.dlibra.wum.edu.pl

równoważnego pracy przez maszynę wykonanej. Zauważyć należy, że stosunek pracy pożytecznej do ciepła udzielającego się otoczeniu wypaść może korzystniej w zwierzęciu pracującem, aniżeli w maszynie parowej, jak to już stwierdził RUMFORD (1753 — 1814). Koń pracuje oszczędniej, ekonomiczniej niż maszyna parowa; czy pracuje i taniej, to zależne jest z jednej strony od ceny materyałów, które służą mu za strawę, z drugiej od ceny węgla.

6. Zwierzę a maszyna parowa.

6. Porównanie zwierzęcia z maszyną parową rozwińmy jeszcze dalej, albowiem jest ono z wielu względów pouczające. Oczywiście przy wszelkich tego rodzaju porównaniach należy jasno zdawać sobie sprawę z tego, do jakich szczegółów porównanie to się odnosi, i nie należy pomijać znacznych różnic, jakie zachodzą pomiędzy przedmiotami porównywanemi. W maszynie parowej, równie jak w ustroju zwierzęcym, przez spalanie materyału węglowego energia potencyalna zamienia się na cynetyczną. Produkty spalenia — w maszynie parowej prawie tylko dwutlenek węgla, obok tego mało wody i popiołu, a w organizmie zwierzęcym dwutlenek węgla, woda i mocznik—wydalają się na zewnątrz. W obudwu razach energia cynetyczna występuje w postaci ciepła i pracy mechanicznej. Na tem istotnie kończy się analogia. Poza tem zachodzą duże i ważne różnice. W maszynie parowej węgiel spala się tylko na palenisku; ztąd ciepło wytworzone przenosi się na wodę w kotle, a powstająca wskutek tego prężność pary wprawia w ruch mechanizm maszyny. W ustroju zwierzęcym odróżniać powinniśmy utwory tkankowe kurczliwe i niekurczliwe. W tych ostatnich energia cynetyczna pochodząca z utlenienia przechodzi prawie całkowicie w ciepło [1]). W tkankach kurczliwych, zwłaszcza w mięśniach, które wykonywają i sprowadzają ruchy dzięki właśnie swej kurczliwości, część energii również wyzwala się jako ciepło, inna część zaś ujawnia się w postaci pracy mechanicznej. Lecz od maszyny parowej różni się mięsień istotnie tem, że w nim ognisko i mechanizm ruchowy w jednem złączone są miejscu, i że prawdopodobnie obiedwie formy energii bezpośrednio pochodzą z energii potencyalnej, że produkcya ciepła i sprawność ruchowa powstają niejako tuż obok siebie, podczas gdy w maszynie parowej przedewszystkiem wytwarza się tylko ciepło, a część tegoż następnie dopiero dzięki prężności pary zamienia się na pracę.

Energia wyzwalająca się w maszynie parowej zależy wyłącz-

---

[1]) Zachodzą przytem nieznaczne ruchy molarne, np. wydzielanie cieczy, albo reakcye chemiczne, w których ciepło zostaje pochłonięte (por. § 7).

www.dlibra.wum.edu.pl

nie od ilości węgla spalanego na palenisku, nie zaś od jakości chemicznej właściwych części maszyny; natomiast w ustroju zwierzęcym sama maszyna, t. j. komórka żywa bierze udział w wytwarzaniu energii. Zużywa się ona przytem częściowo, a straty ztąd powstające muszą być ustawicznie pokrywane. To zużywanie się maszyny znacznie jest większe w mięśniu aniżeli w maszynie parowej, nie tylko dlatego, że materyał maszyny parowej jest trwalszy, odporniejszy, lecz dlatego głównie, że w mięśniu części maszyny są zarazem materyałem palnym. Tarcie powierzchni przylegających do siebie w maszynie parowej nie ma nic wspólnego z wytwarzaniem energii. Ponieważ przy tarciu część energii ruchu znów na ciepło się zamienia, które rozgrzewa otaczające części, przeto zachodzi tu pewna strata już wytworzonej, dającej się spożytkować pracy. Natomiast w tkankach zwierzęcych w samej ich materyi zachodzi i utlenienie i produkcya pracy. Ilość utlenionego tu w pewnym okresie czasu materyału zależna jest głównie od stopnia pobudzenia, które sprowadza skurcz mięśnia. Możliwem jest przeto, że skupiony w mięśniu zapas materyału tkankowego, który spożytkowany być może, zużywa się stopniowo, powolnie, że więc ten zapas energii potencyalnej starczy na czas długi, nawet w takich warunkach, kiedy dowóz materyału palnego zzewnątrz jest odcięty. Jeżeli wymyjemy całkowitą krew z naczyń żaby, przepuszczając przez nie przez czas dłuższy rozcieńczony roztwór soli kuchennej, to jednakże mięśnie zwierzęcia długo jeszcze zachowują swą sprawność, jakkolwiek przecie nie pobierają już z cieczy, któremi tkanki są nasiąknięte, materyału mogącego się utleniać i będącego źródłem energii ruchowej. Że zaś mięśnie w tych warunkach jeszcze wytwarzają dwutlenek węgla oraz inne produkty utlenienia, przeto musi tu oczywiście utleniać się i dostarczać energii cynetycznej sama materya tkankowa, sama substancya mięśniowa.

Ponieważ stałe części składowe tkanki mięśniowej złożone są przeważnie z ciał białkowych, sądzono więc, że energia mięśnia powstaje przez utlenienie tych właśnie związków wyłącznie lub przeważnie. Lecz mięsień zawiera też tłuszcze i wodany węgla (glikogen); gdy zaś okazało się, że na skutek usilnej pracy mięśniowej mało tylko zmienia się ilość związków azotowych w wydzielinach, podczas gdy w znacznym stopniu zwiększa się przytem ilość wydalanego dwutlenku węgla, przeto należy przypuścić, że podczas pracy składowe części bezazotowe, póki są w ilości wystarczającej, utleniają się w stosunkowo większej mierze i stanowią właściwe źródło pracy mięśniowej. Ludzie więc dużo pracujący fizycznie oraz zwierzęta juczne i pociągowe potrzebują strawy obfitszej w tłuszcze i wodany węgla od pracujących mniej mięśniami. Dopiero kiedy po dłuższem

www.dlibra.wum.edu.pl

głodzeniu prawie całkowity tłuszcz i glikogen zużyły się w mięśniach, dalsza praca zachodzi prawie wyłącznie kosztem ciał białkowych.

W maszynie parowej materyał węglowy musi być zapalony zzewnątrz, aby maszyna w bieg mogła być wprawiona, podczas gdy materyał pokarmowy wprowadzony do organizmu zwierzęcego natychmiast podlega utlenieniu, gdy tylko znajdzie się we właściwych tkankach i komórkach. Lecz i pod tym względem niema różnicy zasadniczej; gdy bowiem raz już ogień jest rozpalony pod kotłem, sam zapala się dalej wprowadzany węgiel, a maszyna pracuje bez przerwy, póki zaopatrujemy ją na czas w paliwo. Maszyna taka każdej chwili składa się z pewnej oznaczonej masy rozmaitych substancyj, z metalu części swych składowych, z wody ciekłej, pary wodnej w kotle i w cylindrze oraz z niespalonego jeszcze zapasu węgla. Gdy ten ostatni w miarę spalania się zostaje przez nowy węgiel zzewnątrz zastępowany, przeto możnaby tu równie dobrze mówić o przerobie materyi, jak mówimy o przerobie materyi u zwierząt, i możnaby tu także rozpatrywać przypadki równowagi, niedostatecznego i nadmiernego dowozu materyi. Ponieważ palenisko ma objętość ograniczoną i nie można w niem, jak w mięśniu, pomieścić większego zapasu materyału palnego, dowóz więc tego materyału wymaga tu dokładnego regulowania, aby w razie braku maszyna nie przestała działać.

Okoliczność, iż zwierzę zachowuje trwale postać swą i masę, podczas gdy materye, z których się ono składa, bezustannej ulegają wymianie, ma tak ważne i rozstrzygające znaczenie dla pojmowania zjawisk życiowych, że trzeba na nią najsilniejszy położyć nacisk. Pragnąc ten stan materyi wyraźnie wyodrębnić od stanów innych, w których mamy do czynienia z ograniczoną masą materyi, E. du Bois-Reymond wprowadził dlań nazwę „równowagi dynamicznej“, Huxley zaś porównywa ten stan z wirem wodnym w rzece. W obudwu tych określeniach wszakże niedostatecznie uwzględniono tę okoliczność najcharakterystyczniejszą dla zjawisk życiowych, mianowicie, że materya w ciele istot żywych podlega przeobrażeniom chemicznym, że związki, które twory żywe wydalają, jakkolwiek złożone są z tych samych ściśle ilości pierwiastków jak wprowadzane do ustroju, jednakże fizycznie i chemicznie są czemś zgoła innem, bo pierwiastki w innych tu występują ugrupowaniach, w innych połączeniach. W wirze wodnym nie zachodzą zmiany chemiczne, lecz zachodzą one w maszynie parowej i w zwierzęciu, a jednakże wszystkie te trzy zjawiska możemy określić jako równowagę dynamiczną.

7. Zjawiska endotermiczne i egzotermiczne.

7. Rozejrzyjmy przypadki, w których zachodzą zmiany chemiczne podczas przechodzenia materyi przez układ, znajdujący się w równowadze dynamicznej, a potrafimy znów rozróżnić dwie wprost przeciwne możliwości, zależnie od rodzaju procesów chemicznych, jakie w układzie tym zachodzą. Materye wprowadzane

www.dlibra.wum.edu.pl

do organizmu zwierzęcego lub do maszyny parowej przedstawiają pewną sumę energii potencyalnej, z której mniejszy lub większy ułamek wewnątrz danego utworu przesztalca się na energią cynetyczną. Pragnąc ten stosunek wyrazić liczbowo, potrzeba tylko porównać wartości, odpowiadające ciepłu spalania związków wchodzących i wydalanych. Węgiel wprowadzany do maszyny parowej ma ciepło spalania = 8000. Ciepło spalania uchodzącego na zewnątrz dwutlenku węgla równa się zeru [1]). Zgodnie z tem całkowita energia potencyalna węgla zamieniła się w maszynie parowej na energią cynetyczną. Ponieważ według prawa zachowania energii nic ginąć nie może, przeto za każdy kilogram spalonego węgla powinniśmy otrzymać 8000 ciepłostek. Istotnie otrzymalibyśmy taki rezultat, gdybyśmy zmierzyli kalorymetrycznie całkowite ciepło oddane otoczeniu i dodali do tego równoważnik cieplikowy pracy mechanicznej wykonanej przez maszynę. Zupełnie podobnie dzieje się u zwierząt. Wprowadzane do ich ustroju materye, ciała białkowe, tłuszcze i wodany węgla, przedstawiają pewną sumę energii chemicznej, potencyalnej, którą obliczyć można, mnożąc ilości oddzielnych tych związków przez odpowiadające im ciepło spalania. Z materyj wydalanych przez zwierzę woda i dwutlenek węgla mają ciepło spalania równe zeru, mocznik zaś i podobne doń związki mają pewne, choć nieznaczne ciepło spalania. Jeżeli wielkość tego ostatniego oraz ciepło spalania części pokarmu niestrawionych, a więc wydzielonych w stanie nieutlenionym, odejmiemy od sumy ciepła spalania materyj do ustroju wprowadzonych, to otrzymamy całkowitą ilość energii cynetycznej, jaka powstała w ciele zwierzęcia z energii potencyalnej, i możemy wówczas tę ilość obliczoną porównać z ilością oznaczoną w doświadczeniu kalorymetrycznem (porówn. wyżej § 5)

Zupełnie inny otrzymujemy rezultat przy podobnem rozważaniu przerobu materyi w roślinie wyższej. Do ciała rośliny wstępują dwutlenek węgla, woda i sole mineralne, same związki, których ciepło spalania równe jest zeru lub, co niektórych soli dotyczy, bardzo jest nieznaczne. W ciele zaś rośliny powstają ciała białkowe, tłuszcze i wodany węgla czyli związki o znacznem cieple spalania, które przy łączeniu się z tlenem wyzwalają energią cynetyczną. Taki proces powstawania tych związków nie może zachodzić z wyzwalaniem się energii cynetycznej, jak to się dzieje przy spalaniu się materyj węglowych w ustroju zwierzęcym i w maszy-

[1]) Pomijamy tu znaczne nieraz ilości częściowo utlenionych ciał, które uchodzą z dymem lub pozostają na palenisku, a to dlatego, aby obliczenia nie utrudniać.

www.dlibra.wum.edu.pl

nie parowej; przeciwnie tutaj energia cynetyczna przeobraża się na potencyalną.

W rzeczywistości procesy chemiczne, zachodzące w ciele zwierząt i roślin, są bardzo zawiłe wskutek najrozmaitszych względów ubocznych. Przedewszystkiem, jak nam już wiadomo, utlenianie się materyj pokarmowych w organizmie zwierzęcia musi być poprzedzone przez ich rozszczepienie. Powtóre zachodzą też w ustroju zwierzęcym pewne syntezy; ze związków prostszych, wprowadzonych do ustroju lub w tymże powstających, tworzą się zawilsze, bardziej złożone. Po trzecie, i w roślinach, jakkolwiek w zakresie mniejszym, utlenienia się odbywają. Wreszcie we wszystkich rozpatrywanych przez nas przypadkach energia cynetyczna występuje zawsze w rozmaitych postaciach, w części jako ciepło, w części jako praca mechaniczna i w części, w ilości najmniejszej, w innych jeszcze formach energii.

Dla ułatwienia zrozumienia tych zjawisk zawiłych będzie przeto rzeczą pożyteczną rozważenie przypadków mniej złożonych, prostych procesów chemicznych, w których przebiegu całkowita energia ujawnia się tylko w postaci ciepła. Mamy w tym względzie do czynienia z dwiema możliwościami. Albo zjawisko przebiega z przeobrażeniem energii potencyalnej na cynetyczną, która — wobec wyłączenia pracy mechanicznej oraz innych form energii — występuje jako ciepło; materye, które biorą udział w procesie chemicznym, rozgrzewają się i oddają ciepło otoczeniu. Albo też następuje oziębienie podczas procesu chemicznego, tak że z otoczenia ciepło przechodzi w związki, które biorą udział w reakcyi chemicznej. Zjawiska pierwszego rodzaju nazywamy reakcyami egzotermicznemi, drugiego zaś endotermicznemi.

Gdy proces chemiczny składa się z wielu jednocześnie lub po sobie następujących reakcyj, może wówczas dziać się tak, że jedne z nich są egzotermiczne, inne zaś endotermiczne. Gdy suma algebraiczna reakcyj pod względem cieplikowym wypada dodatnio, wówczas cały proces nazywamy egzotermicznym; gdy zaś rezultat ostateczny jest odjemny, nazywamy proces cały endotermicznym. Rezultat ostateczny otrzymać możemy, wykonywając cały proces w kalorymetrze i uważając, czy i ile przytem ciepła przyrząd kalorymetryczny wytworzy lub pochłonie. Poprzestańmy na procesach, w których zachodzi łączenie się z tlenem lub odszczepianie tlenu, czyli na utlenieniach i odtlenieniach, a będziemy mogli, jak to już wyżej uczyniliśmy, porównywać wartości wyrażające ciepło spalenia związków pierwotnych i produktów ostatecznych. Jeżeli większem jest ciepło spalenia związków pierwotnych od ciepła

www.dlibra.wum.edu.pl

produktów reakcyi, natenczas proces chemiczny jest egzotermiczny; w przeciwnym zaś razie proces jest endotermiczny.

8. Wytwarzanie i zużywanie pracy.

8. Aby zjawisko egzotermiczne mogło się rozpocząć, potrzeba najczęściej jakiejś podniety zewnętrznej. Mieszanina wodoru z tlenem lub wodoru z chlorem pozostają w spokoju, dopóki płomień, iskra elektryczna lub inny bodziec nie zapoczątkują reakcyi połączenia tych gazów. Węgiel lub związki węgiel zawierające póty nie łączą się z otaczającym je tlenem, póki nie zostaną ogrzane do właściwej każdemu z tych ciał temperatury, t. zw. temperatury zapłonienia. Mnóstwo tego rodzaju zjawisk, dla których poznaliśmy już wyżej liczne przykłady, możemy zaliczyć do szeregu zjawisk, które zachodzą pod wpływem wyzwalającej je przyczyny (porówn. rozdz V, § 17). Wyzwala się tu właściwie energia cynetyczna, pochodząca z przeobrażenia energii potencyalnej, drzemiącej niejako w postaci powinowactwa chemicznego. Lecz skoro proces się rozpoczął, trwa on zazwyczaj już sam przez się w dalszym ciągu; energia cynetyczna wyzwalająca się w początku procesu wystarcza zwykle na to, aby coraz to nowe cząsteczki materyi mogły brać udział w zachodzącej reakcyi. Inaczej dzieje się w zjawiskach endotermicznych, w których energia cynetyczna zamienia się na potencyalną. Dla podtrzymania, dokonania tych zjawisk potrzeba ustawicznego doprowadzania zzewnątrz energii cynetycznej, już to w formie ciepła, już prądu elektrycznego, już też w jakiejkolwiek innej postaci.

Można to też wyrazić w następujący sposób: procesy egzotermiczne wykonywają pracę przez przeobrażenie energii potencyalnej na cynetyczną. Wyraz praca jest tu użyty w znaczeniu najogólniejszem, obejmując wszelkie rodzaje energii cynetycznej, ciepło, pracę mechaniczną i t. p. Gdy proces taki się rozpoczął, trwa on, jeśli żadna zzewnątrz nie zajdzie przeszkoda, póty, póki cała w materyach ulegających przemianie zawarta energia potencyalna nie zamieni się na cynetyczną. Węgiel rozpalony pali się póty, póki przy dostatecznym dostępie tlenu całkowicie nie spłonie. Natomiast procesy endotermiczne nie tylko do rozpoczęcia się, lecz przez cały czas trwania wymagają ustawicznego doprowadzania energii cynetycznej zzewnątrz; zużywają one pracę albo, jak również powiedzieć można, musimy w nich pracę wykonywać. Aby rozłożyć związek chemiczny, przypuśćmy tlennik rtęci na tlen i rtęć (które to pierwiastki znów mogą się połączyć i przytem pracę dokonać), trzeba doprowadzać zzewnątrz ciepło.

Przenosząc ten sposób rozumowania na zjawiska życiowe, rozumiemy, że w tych wszystkich ustrojach, w których związki o znacznem cie-

www.dlibra.wum.edu.pl

ple spalania przechodzą w związki o cieple spalania niższem, więc w zwierzętach życie uważane być musi za zjawisko egzotermiczne; przeciwnie zaś życie roślin, jakkolwiek i w nich nie brak zupełnie procesów egzotermicznych, w ostatecznym rezultacie jest wszakże zjawiskiem endotermicznem.

W technice odróżniamy dwa rodzaje maszyn: motory, które zamieniają energią potencyalną na cynetyczną, i maszyny robocze, które zzewnątrz dostarczoną energią cynetyczną przekształcają w jakąkolwiek inną formę energii cynetycznej, przyczem są przystosowane do pewnej specyalnej roboty. Maszyna parowa jest motorem, heblarka lub warsztat tkacki są maszynami roboczemi. Różnica polega więc na tem, że w motorach wytwarza się energia cynetyczna, w maszynach roboczych zaś ta energia w odpowiedni sposób się spożytkowuje. Przyjmując te określenia, musimy organizmy zwierzęce uważać jednocześnie za motory i maszyny robocze. Przeobrażają one energią potencyalną na cynetyczną. Część tej energii cynetycznej spożytkowuje się w organach (mięśniach i t. d.) na pewne oznaczone czynności: krążenie krwi, ruchy oddechowe i t. d. I pod tym względem ustrój zwierzęcy jest maszyną roboczą. Inna część może być użyta na pracę „zewnętrzną“; zwierzę może podnosić, dźwigać, ciągnąć ciężary. W tem znaczeniu więc są zwierzęta motorami. Czy wszakże energia, pochodząca z energii potencyalnej wprowadzonych do ustroju i tu z tlenem łączących się związków pokarmowych, ujawnia się w ten czy ów sposób, to rzeczy nie zmienia; zawsze mamy tu do czynienia z wytwarzaniem energii cynetycznej. W roślinach natomiast, wskutek zachodzących w nich syntez i skupiania się skutkiem tego znaczniejszych ilości związków o wysokiem cieple spalania, nagromadza się energia potencyalna. Pod względem energetycznym istnieje przeto przeciwieństwo diametralne pomiędzy zwierzętami a roślinami.

9. Rośliny bezchlorofilowe

9. Musimy rozważyć obecnie pytanie, zkąd pochodzi energia, która użyta zostaje w roślinach na to nagromadzanie energii potencyalnej w postaci związków takich, jak ciała białkowe, tłuszcze i wodany węgla, które mogą być utlenione. Odpowiedź na to pytanie jest zależna od tego, czy mamy na myśli rośliny bezchlorofilowe, czy też rośliny zielone.

Rozpocznijmy od roślin bezchlorofilowych. Okazuje się, że nieliczne tylko z nich, mianowicie prawdziwe pasorzyty odżywiają się jak zwierzęta, pobierając już utworzone związki organiczne, część tychże utleniając, a drugą część skupiając w swych ciałach. Natomiast wszystkie inne, których rozmaity sposób odżywiania się poznaliśmy w rozdziale poprzednim, wykazują godną uwagi osobliwość, że rozkładają najrozmaiciej niezwykle duże ilości ma-

www.dlibra.wum.edu.pl

teryj czerpanych z otoczenia, z gruntu, na którym rosną, podczas gdy tylko małą cząstkę tych materyj zużytkowują na budowanie swego ciała.

Ponieważ to ich ciało, podobnie jak u roślin zielonych, składa się ze związków białkowych, wodanów węgla i tłuszczów, więc ze samych związków o znacznem cieple spalania, przeto to tworzenie się ciała tych roślin niewątpliwie zaliczać wypada do zjawisk endotermicznych. I jakkolwiek nie wiemy, w jaki sposób bakterye korzeniowe roślin motylkowych i grzybki mikoryzy zamieniają azot wolny na ciała białkowe, tyle wszakże bądźcobądź powiedzieć możemy, że poprzedzające koniecznie tę syntezę rozszczepienie dwutlenku węgla nie jest możliwe bez zużycia energii cynetycznej. Nasuwającą się tu trudność w tłumaczeniu postarać się możemy usunąć w ten sposób, że powiemy, iż ta część zjawiska zachodzi w roślinie zielonej współżyjącej z grzybami; toż wiemy, że rośliny zielone posiadają zdolność rozszczepiania dwutlenku węgla. Lecz, jak już również wspomniano, bywają i takie bakterye, które mogą potrzebny im do zbudowania protoplazmy węgiel czerpać z dwutlenku węgla atmosfery, bez żadnej pomocy ze strony roślin zielonych. A również wszystkie bakterye azotowe z pewnością zużywać muszą energią cynetyczną do wytwarzania organicznych materyj azotowych, ponieważ powstające za ich udziałem ciała białkowe mają większe ciepło spalania aniżeli równoważne z niemi chemicznie, t. j. zawierające takież ilości azotu sole amonowe, azotony i azotany.

Rozwiązanie tej trudności znajdziemy łatwo, jeżeli uwzględnimy fakt na początku paragrafu niniejszego wspomniany, mianowicie, że zjawiska życiowe wszystkich tych roślin związane są ściśle z obfitem rozkładaniem otaczającego je materyału organicznego. Te wszystkie zjawiska mają charakter egzotermiczny. Przyrządzanie kwasu azotawego z amoniaku, kwasu azotnego i azotawego przez odnośne bakterye są to zjawiska chemiczne, w których ciepło się wytwarza. To samo rzec należy o powstawaniu kwasu siarczanego z siarkowodoru pod wpływem bakteryj siarkowych, o powstawaniu związków tlennikowych żelaza z udziałem bakteryj żelezistych. Dotyczy to wszakże również rozkładów zawilszych sprowadzanych przez najrozmaisze mikroby w różnego rodzaju związkach organicznych. Jeżeli grzybki drożdżowe z cukru i soli budują materyał swojej protoplazmy, z którego składają się powstające przez pączkowanie nowe komórki drożdżowe, a jednocześnie rozszczepiają na alkohol i dwutlenek węgla znacznie większą ilość cukru, aniżeli potrzeba im do wytworzenia substancyj proto-

www.dlibra.wum.edu.pl

plazmatycznych, to wyzwala się podczas tych procesów chemicznych duża ilość ciepła. To samo odnosi się do rozkładów sprowadzanych w materyach białkowych przez bakterye gnilne oraz do wszelkich innych wspomnianych w rozdziale poprzednim rozkładów. Dwutlenek węgla i woda i nieznaczne ilości siarkowodoru, amoniaku, metanu, alkoholu i t. d., jednem słowem wszystkie związki powstające w rozkładach, przez mikroby sprowadzanych, razem wzięte mają zawsze mniejsze ciepło spalania aniżeli związki, z których one powstały.

W procesie życiowym wszystkich tych mikrobów przebiegają przeto zawsze obok siebie dwa szeregi zjawisk. Zachodzące we wnętrzu mikrobów a prowadzące do wytwarzania ich protoplazmy są reakcyami endotermicznemi; dla ich podtrzymania potrzeba dowozu energii cynetycznej. Procesy zaś współcześnie zachodzące w otoczeniu mikrobów są egzotermiczne. Zjawiska egzotermiczne biorą tu górę nad endotermicznemi: więcej wyzwala się ciepła niż zużywa. Powstające ciepło w znacznej części ginie przez promieniowanie, przewodnictwo i odparowywanie wody. Lecz część tej energii cynetycznej idzie też na pożytek mikrobom. Kosztem tej energii zachodzą w ciele roślin bezchlorofilowych procesy endotermiczne, o ile rośliny te nie żywią się, podobnie jak zwierzęta, wyłącznie gotowemi już ciałami białkowemi, wodanami węgla oraz tłuszczami.

10. Fermenty i enzymy.

10. Rozkłady najrozmaitszych substancyj, dokonywane przez najrozliczniejsze organizmy niższe, a o których ważności dla krążenia materyi była już mowa w rozdziale poprzednim, nadają więc tym tworom charakterystyczną cechę i wyznaczają im zarazem odrębne stanowisko także pod względem energetycznym. Istotnie ich proces życiowy różny jest głęboko zarówno od życia zwierząt jako też od życia roślin zielonych. Bliższe wszakże badanie poucza, że zjawisk podobnych do tych, jakie sprowadzają owe niższe organizmy, nie brak też w życiu zwierząt i roślin.

Owe rozmaite działania chemiczne sprowadzane w materyach organicznych przez różnego rodzaju mikroby, jak rozkład cukrów podczas t. zw. fermentacyi alkoholowej (porówn. rozdz. X, § 4), rozszczepianie hydrolityczne polisacharydów na wodany węgla prostsze (rozdz. X, § 9), rozszczepianie ciał białkowych (rozdz. X, § 17) oraz liczne inne podobne zjawiska, o których była mowa w rozdziale poprzednim, obejmujemy nazwą ogólną zjawisk fermentacyjnych. Podobne zmiany chemiczne zachodzą także pod wpływem pewnych wydzielin gruczołowych oraz wyciągów

www.dlibra.wum.edu.pl

z tkanki gruczołów lub innych tkanek roślinnych i zwierzęcych. Należą tu wspominane już przez nas kilkakrotnie rozszczepienia, rozkłady chemiczne ciał białkowych, wodanów węgla i tłuszczów pod wpływem soków trawiących (rozdz. XI, § 3) oraz inne zjawiska chemiczne, o których jeszcze będzie mowa w dalszym ciągu.

Podobnie jak dla komórek gruczołowych, tak też dla wielu innych komórek lub samodzielnie żyjących mikrobów udało się przez wytrawianie wodą lub przez wyciśnięcie otrzymać ciecz, która sprowadza te same przeobrażenia chemiczne co i komórki. Pragnąc zaznaczyć różnicę pomiędzy działającemi w tym kierunku czynnikami, nazwano komórki, które dzięki swym objawom życiowym sprowadzają powyższe przeobrażenia chemiczne, fermentami organizowanemi, natomiast materye zawarte w wyciągach, sokach wyciśniętych i t. d., a sprowadzające te same reakcye chemiczne, fermentami nieorganizowanemi czyli rozpuszczalnemi. Dla tych ostatnich przyjęła się także nazwa enzymy, wprowadzona przez W. Kühnego.

Pytanie, czy fermenty organizowane sprawiają swe działania dzięki wytwarzanym przez się, dającym się wytrawić materyom, wielce jest podobne do pytania innego, już wyżej (por. § 2) poruszonego. Nasunęła nam się mianowicie w powyższem kwestya, czy żywe komórki zdolne są sprowadzać utlenienia ciał białkowych, wodanów węgla i tłuszczów tylko w samem wnętrzu swej protoplazmy, t. j. wówczas, gdy związki te stały się już częściami składowemi samej komórki, czy też zdolność ta sięga i poza komórkę, do cieczy, która komórki żywe omywa. Pytanie to jest dotychczas nierozstrzygnięte [1]). Co się wszakże tyczy niektórych zajmujących nas obecnie działań specyficznych, niewątpliwą jest rzeczą, że zachodzą one także poza żywemi komórkami, nawet w takich przypadkach, w których nie powiodło się dotychczas oddzielić czynnego enzymu od komórek i otrzymać go w roztworze. Tak np. bakterye, otoczone stałemi błonkami, nie są w stanie pobierać związków nierozpuszczalnych i trudno dyfundujących. Lecz liczne znane są bakterye, które, hodowane na kleju, białku lub mączce, rozpuszczają te związki za pomocą wydzielanych enzymów, tak że te związki rozpływają się, podobnie jak pod wpływem soków trawiących. Można przeto przypuszczać, że liczne, jeżeli nie wszystkie

[1]) Löw i Bokorny dowiedli, że żywe komórki odtleniają, redukują rozcieńczone roztwory soli srebra. Lecz reakcya ta zachodzi tylko we wnętrzu komórek, nie zaś w omywających je cieczach.

www.dlibra.wum.edu.pl

tak zwane fermenty organizowane czynne swe własności chemiczne zawdzięczają temu, że wyrabiają w sobie specyficzne enzymy. Może w miarę postępu badań na tem polu dojdziemy do tego, że zatrze się zupełnie różnica pomiędzy fermentami organizowanemi a nieorganizowanemi.

Tymczasem odróżnianie to jeszcze musimy zachować, choć właśnie w czasach ostatnich mocno został zachwiany pogląd, zwłaszcza przez Pasteura broniony, że działanie fermentacyjne ściśle jest przywiązane do procesu życiowego komórek. Pogląd ten opierał się przeważnie na badaniach Pasteura nad fermentacyą alkoholową pod wpływem drożdży. Lecz w roku 1897 powiodło się E. Buchnerowi przez utarcie drożdży i wyciśnięcie pod znacznem ciśnieniem otrzymać sok, który rozszczepia cukier na alkohol i dwutlenek węgla.

Enzymy wytwarzane w gruczołach trawiennych u zwierząt oraz niektóre enzymy podobne, występujące u roślin, z łatwością dają się wytrawić. Wymieniamy je tu w związku, lecz tylko pokrótce, ponieważ już kilkakrotnie była o nich mowa (porówn. rozdz. X, § 9, 13 i 17). Odróżniamy enzymy proteolityczne (rozpuszczające białko), amylolityczne (rozpuszczające mączkę) i rozszczepiające tłuszcz. Niektóre gruczoły wytwarzają jeden tylko enzym, inne zaś kilka, już to w tych samych już w różnych komórkach jednego i tego samego odcinka gruczołu. Tak np. wydzielina trzustkowa u zwierząt ssących zawiera wszystkie trzy rodzaje enzymów. Pod wpływem enzymów proteolitycznych (peptonizujących) wszystkie ciała białkowe, nierozpuszczalne zarówno jak i rozpuszczalne, zamieniają się na łatwo rozpuszczalne i dość łatwo dyfundujące albumozy i peptony. Pod wpływem enzymów amylolitycznych (zcukrzających) mączka oraz inne nierozpuszczalne polisacharydy zamieniają się na prostsze dwusacharozy i jednosacharozy (cukry). Wreszcie enzymy rozszczepiające tłuszcz działają na tłuszcze obojętne w sposób taki, że rozszczepiają je na glicerynę i kwasy tłuszczowe, które to kwasy mogą się połączyć z obecnemi alkaliami na mydła. Wszystkie te enzymy duże mają znaczenie w procesie trawienia, albowiem zamieniają związki nierozpuszczalne i nie dyfundujące na rozpuszczalne i dyfundujące, i w ten sposób umożliwiają chłonienie pokarmów (porówn. rozdz. XI, § 3). Dzięki temu dopiero materye pokarmowe mogą przejść w soki ustroju (krew i t. d.) i rozproszyć się po całem ciele.

Podobne enzymy mają też wielkie znaczenie w życiu roślin zielonych. Związki pokarmowe, skupiające się w pewnych miejscach, zwłaszcza zaś w ziarnach chlorofilowych, muszą być prze-

www.dlibra.wum.edu.pl

niesione do tych miejsc, w których mogą być spożytkowane. Jest to wówczas tylko możliwe, jeżeli te związki, w części zupełnie nierozpuszczalne, zostaną uprzednio zamienione na rozpuszczalne. Najwyraźniej obserwować to można na mączce, wytwarzającej się tylko w komórkach chlorofilowych, na które pada światło, lecz zanikającej lub zgoła nie powstającej w braku światła (porówn. rozdz. XV, § 12). Materye krążące w roślinie służą do wytwarzania nowej substancyi tkankowej nieraz w miejscach bardzo oddalonych od tych miejsc, w których powstały. Ponieważ tworzenie się mączki oraz następczo powstających ciał białkowych i tłuszczów zachodzi w pełnem świetle znacznie obficiej aniżeli ich zużywanie się, w braku zaś światła znów zużywanie się jest znaczniejsze aniżeli wytwarzanie, przeto zapasy tych związków pokarmowych odkładają się w pewnych miejscach, w t. zw. zbiornikach zapasowych.

Obfitują w materye zapasowe m. in. nasiona. Kosztem tych związków zapasowych zarodek wyrasta w młodą roślinę do chwili, kiedy ta ostatnia, wytworzywszy w swych liścieniach chlorofil, staje się zdolną do samodzielnego wytwarzania substancyi organicznej z dwutlenku węgla atmosferycznego, z wody i soli, pobieranych z ziemi (porówn. rozdz. XV, § 4). Lecz związki nierozpuszczalne zawarte w nasieniu, aby módz przeniknąć w komórki zarodka rośliny i być tu użyte do wzrostu i powiększania masy, muszą być uprzednio zamienione na związki rozpuszczalne. Dzieje się to pod wpływem enzymów, które powstają w nasieniu podczas kiełkowania i mogą być otrzymane z nasion przez zwykłe wytrawianie wodą. Na wielką skalę wytrawianie takie odbywa się w browarach przy przyrządzaniu t. zw. brzeczki piwnej ze słodu.

Ziarna jęczmienne moczy się i układa w grubszych lub cieńszych warstwach. Zależnie od temperatury poczynają one prędzej lub później kiełkować; rozwija się z nich korzonek i liścienie. Ponieważ piwowar nie zamierza hodować roślin jęczmienia, przeto przez ogrzewanie zabija młodą roślinkę, a liścienie i korzonki odrywa od ziaren przez rozcieranie. W wytworzonym w ten sposób słodzie zawarty jest enzym rozpuszczający białko i enzym zcukrzający mączkę. Doskonale roztarty słód zarabia się wodą; w utworzonej mieszaninie zachodzi zcukrzanie mączki i peptonizowanie ciał białkowych. Powstający ztąd produkt, brzeczka piwna, oczyszcza się, o ile można dokładnie, z łuski ziaren jęczmiennych oraz z ciał białkowych i następnie poddaje fermentacyi z drożdżami.

Enzym amylolityczny zawarty w słodzie nazywa się amylaza albo diastaza. Działa on na mączkę w sposób podobny jak enzym w ślinie zawarty, rozszczepiając hydrolitycznie mączkę na dekstrynę i maltozę. Ta hydroliza, uwodnienie wymaga drobnych

www.dlibra.wum.edu.pl

tylko ilości diastazy; można przeto przy pomocy wyciągu z niewielkiej ilości słodu zamienić znaczne ilości mączki na dekstrynę i maltozę. Od nazwy diastaza wszystkie w ten sam sposób działające enzymy noszą także nazwę enzymów (fermentów) diastatycznych.

Bulwki korzeniowe, liście mięsiste cebulek oraz rozmaite inne części roślin zielonych również obfitują w materye zapasowe. I z nich, podobnie jak z nasion, powstawać mogą nowe rośliny. Materye, doprowadzane do tych części roślin w formie rozpuszczalnej, odkładają się w nich w postaci nierozpuszczalnej, a następnie, znów rozpuściwszy się, wędrują do miejsc, gdzie zostają spożytkowane, głównie do części wegetujących, gdzie służą do wytworzenia nowych pędów. Rozwijające się tu komórki otrzymują przeto związki pokarmowe w postaci rozpuszczonej, łatwo dyfundującej; nie potrzebują ich dopiero trawić. Trawienie odbyło się już w komórkach zbiorników zapasowych, podobnie jak u zwierząt wyższych trawienie zachodzi w przewodzie pokarmowym, tak że ztąd komórki innych części ciała otrzymują już związki pokarmowe w postaci rozpuszczonej i łatwo dyfundującej.

11. Specyficzność enzymów.

11. Znaczna jest liczba enzymów, z których każdy sprawia pewne oznaczone i wyłącznie tylko to jedno działanie chemiczne. Ponieważ nie powiodło się dotychczas wyosobnienie enzymów w stanie chemicznie czystym, nie można przeto powiedzieć, czy enzymy różnego pochodzenia, mające działania jednakowe, są pomiędzy sobą identyczne. W stanie, w jakim je otrzymujemy przez wytrawienie z komórek, działających jako fermenty w organizmach zwierząt wyższych, lub z mikrobów, wskazują one pewne reakcye właściwe także ciałom białkowym, i dlatego uważają je często za ciała proteinowe [1]). Ogrzewane do 80° tracą one swe własności czynne, natomiast dość mało są wrażliwe na rozmaite trucizny, które szkodliwie działają na komórki żywe. Ztąd więc przy badaniu działania enzymów można przez dodanie małych ilości chloroformu, kwasu salicylowego lub t. p. wyłączyć współczesne działa-

[1]) Jeżeli wytrawimy wodą tkanki enzym zawierające (np. drobno posiekany gruczoł) i przez dodanie np. roztworu alkoholowego ciała w wodzie nierozpuszczalnego utworzymy w owym wyciągu osad, to wraz z osadem opadnie i enzym, który znów przez wytrawienie może być oddzielony. Powtarzając kilkakrotnie tę operacyą, możemy wyosobnić enzym do pewnego stopnia czysty, wolny od domieszki innych ciał rozpuszczalnych.

www.dlibra.wum.edu.pl

nie komórek żywych (np. bakteryj gnilnych), które mogłoby zakłócać przebieg reakcyi chemicznej.

Enzymy amylolityczne (diastatyczne) wydzielają się w gruczołach ślinowych (śliniankach) i trzustce zwierząt, a również bardzo są rozpowszechnione w państwie roślinnem. Fermenty proteolityczne (peptonizujące) znajdują się w wydzielinie gruczołów żołądkowych, trzustki, gruczołów kiszkowych, w wydzielinach gruczołów u roślin owadożernych, w soku mlecznym *Carica papaya*; należy wszakże przypuszczać, jak to już zauważyliśmy, że są one obecne wszędzie w roślinach, gdzie zachodzi krążenie materyj pokarmowych białkowych, podobnie jak się to dzieje z enzymami zcukrzającemi (diastatycznemi). Ferment rozszczepiający tłuszcze, t. zw. steapsyna (trypsyna) znajduje się w soku trzustkowym. Oprócz wymienionych tu enzymów trawiących, które, rozpuszczając materye odżywcze, mają tak ważne w państwie zwierzęcem i roślinnem znaczenie w sprawie odżywiania, występują nadto inne jeszcze, mniej rozpowszechnione, lecz w podobnym działające kierunku; o niektórych z nich wspomnieliśmy w rozdziale X-ym (np. emulsyna). Liczne przeobrażenia chemiczne, sprowadzane przez bakterye i inne grzybki wskutek wydzielania przez nie enzymów, omówiliśmy w rozdziale poprzednim. Podobne zjawiska chemiczne zachodzą też często pod wpływem organizmów żywych, jakkolwiek nie powiodło się dotychczas wyosobnić z nich odpowiednich enzymów. Zdaje się, że enzymy z rozmaitą siłą przywiązane są do komórek, w których zostają wytworzone. Gdy zabijemy grzybki drożdżowe przez wysuszenie w wysokiej temperaturze, przez dodanie chloroformu lub toluolu, wówczas działanie ich fermentacyjne ustaje; nie są one już w stanie rozszczepiać glukozy na alkohol i dwutlenek węgla. Natomiast ferment inwertujący, który rozkłada cukier trzcinowy na glukozę i fruktozę (rozdz. X, § 7), z łatwością może być wytrawiony z zabitych w ten sposób komórek.

Znaczna część przemian chemicznych, sprowadzanych przez obecność enzymów, może być pojmowana jako rozszczepienia hydrolityczne, rozkłady zachodzące z przyłączeniem wody (porówn. rozdz. X, § 9 i 17); reakcye takie przebiegają też przy gotowaniu z kwasami, alkaliami i t. p. Gdy wszakże te ostatnie środki chemiczne działają rozszczepiająco na wszelkie możliwe ciała złożone na podobieństwo bezwodników lub estrów, każdy natomiast ferment działa rozszczepiająco tylko na pewną grupę ciał lub tylko na jedno oznaczone ciało, a nawet niektóre enzymy działają wyłącznie na pewną modyfikacyą, w prawo lub w lewo zwracającą

www.dlibra.wum.edu.pl

płaszczyznę polaryzacyi, związku organicznego. Przytoczyliśmy już kilka tego rodzaju przykładów w rozdziale X-ym. Zjawiska te nie znalazły jeszcze dotychczas należytego wyjaśnienia.

Dla wszelkich działań fermentacyjnych znamiennem jest to, że nadzwyczajnie mała ilość enzymu może znaczne ilości danego ciała rozłożyć, przeobrazić chemicznie. Tylko szybkość, z jaką proces fermentacyjny zachodzi, zwiększa się przy większej ilości enzymu. Lecz gdy pominiemy tę okoliczność, widzimy zawsze, że zjawisko fermentacyjne trwa póty, póki całkowita obecna masa rozkładającego się ciała nie zostanie rozszczepiona do ostatecznych produktów rozkładu, albo też fermentacya zostaje przerwana, gdy pomiędzy produktami jej występują związki chemiczne, które działają szkodliwie na ferment. Jeżeli zaś dbać o to, aby te szkodliwe produkty rozkładu zostały usuwane, w takim razie można przy pomocy choćby najmniejszych ilości enzymu rozszczepić właściwie nieskończenie duże ilości ciała fermentującego [1]). Wynika ztąd, że te reakcye fermentacyjne bądźcobądź nie zachodzą podobnie jak zwykłe reakcye chemiczne, które przebiegają tylko w ściśle oznaczonych stosunkach wagowych działających na się związków. Enzymy działają niejako swoją obecnością, nie biorąc udziału chemicznego w reakcyi. Działanie ich porównywano przeto z t. zw. działaniem katalitycznem (przez zetknięcie) metalów. Lecz analogia jest tu bardzo powierzchowną i nie może się przyczynić do należytego wyjaśnienia zjawiska. Nieco lepiej tłumaczy rzecz hypoteza Liebiga, opracowana obszerniej przez Nägeliego, według której atomy enzymów, pozostające w drganiach niezmiernie żywych, przenoszą część swej energii na cząsteczki będące z niemi w zetknięciu, i dzięki tym wzmożonym drganiom atomowym doprowadzają je do rozpadu. Lecz i w tej postaci hypoteza nie objaśnia w sposób zadawalający, dlaczego każdy enzym działa tylko na pewien rodzaj materyi i wytwarza pewne tylko, właściwe sobie produkty rozkładu, gdy tymczasem zupełnie nie oddziaływa na inne ciała, mające nieraz budowę chemiczną bardzo do tamtych podobną.

---

[1]) Ponieważ enzymy zarówno jak ciało, na które one działają, zazwyczaj trudno dyfundują, natomiast produkty działania fermentacyjnego należą przeważnie do związków łatwo dyfundujących, można przeto zakłócający wpływ tych ostatnich usunąć, wydalając je przez dializę. Można w ten sposób dodawać do dializatora coraz to nowe ilości związku ulegającego rozkładowi i otrzymać większe ilości produktów rozkładu, jakkolwiek ilość działającego enzymu jest nieznaczna.

www.dlibra.wum.edu.pl

Pomimo wielkiej rozmaitości zjawisk, obejmowanych mianem ogólnem działań fermentacyjnych, wszystkie one wszakże w tem są podobne, że są to zjawiska egzotermiczne. To też czyni zrozumiałem, dlaczego niezmiernie drobne ilości enzymu są w stanie chemicznie przeobrażać nieskończone niemal ilości związków chemicznych. Jak nam wiadomo, zjawiska egzotermiczne, gdy raz się poczęły, zachodzą bez przerwy póty, póki jest jeszcze zapas materyi podlegającej przemianie. Charakter egzotermiczny zjawisk fermentacyjnych dla wielu z nich jest dowiedziony już to w ten sposób, że stwierdzono doświadczalnie wydzielanie się w nich ciepła, już też okazało się, że ostateczne produkty mają mniejsze ciepło spalania aniżeli związki, z których one powstały. W tych razach, w których nie dowiedziono jeszcze tego doświadczalnie, wszystko wszakże przemawia z wielkiem prawdopodobieństwem, że tak samo się dzieje. W niewielu natomiast przypadkach, w których zjawiska endotermiczne uważane są dotychczas przez niektórych badaczów za działania niby fermentacyjne, właściwiej będzie tymczasem szukać wyjaśnienia na innej drodze, a same zjawiska wyłączyć z tego szeregu. Takie ograniczenie pojęcia do procesów chemicznych jednego rodzaju pozwala nam jaśniej zjawiska segregować i lepiej je pojmować.

Ilości energii cynetycznej wyzwalającej się w zjawiskach fermentacyjnych (zymotycznych) najczęściej bardzo są nieznaczne, tak że potrzeba środków badania niezmiernie subtelnych, aby je wogóle wykryć. Zrozumiemy przeto, dlaczego przeobrażenia chemiczne sprowadzane przez enzymy zachodzą zawsze powolnie i w wysokim stopniu są zależne od temperatury otoczenia. Gdy temperatura ta jest bardzo nizka, wówczas nieznaczne ilości ciepła wytwarzane w procesie chemicznym szybko uchodzą nazewnątrz, nie mogą zatem być spożytkowane dla samego procesu fermentacyjnego. Proces ten łatwo przerywa się, co najczęściej zachodzi w pobliżu punktu zamarzania wody. W wyższej temperaturze natomiast reakcya idzie szybko i zazwyczaj około 40° osiąga maximum szybkości. Gdy jeszcze wyżej podnosimy temperaturę, następuje znów osłabienie działania fermentacyjnego, a przy ogrzaniu powyżej 70° prawie wszystkie enzymy tracą swe własności czynne, prawdopodobnie z powodu rozkładu chemicznego, zmiany w strukturze ich cząsteczek, zapewne bardzo zawile zbudowanych. Gdy działanie enzymu jest przerwane wskutek ogrzania, wówczas nierozłożona jeszcze część związków chemicznych, na którą enzym jeszcze nie podziałał, pozostaje bez zmiany. Aby znów reakcyą pobudzić, potrzeba dodania nowej ilości świeżego, niezmienionego

www.dlibra.wum.edu.pl

jeszcze enzymu. Jeżeli wszakże temperatura nie była tak znacznie podniesiona, aby mogła całkowitą ilość enzymu zniszczyć, proces fermentacyjny trwa dalej i odbywa się z szybkością właściwą danej temperaturze.

12. Asymilacya (przyswajanie).

12. Zjawiska fermentacyjne, jak widzieliśmy, zachodzą we wszystkich tworach żywych i bardzo duże mają znaczenie w procesie trawienia oraz w przenoszeniu materyj pokarmowych, zarówno u zwierząt jak i w roślinach zielonych. Związki rozpuszczone dzięki udziałowi enzymów i doprowadzone do komórek ustroju muszą służyć do zastąpienia tych ciał chemicznych, które w przerobie materyi zostały zużyte, i przyczyniać się muszą w pewnych warunkach do wzrostu t. j. do wytwarzania materyału nowego, materyału komórek samych. Komórki żywe odznaczają się pewną własnością wyborczą, elektywną, pozwalającą im spożytkowywać z mieszaniny rozpuszczonych w soku komórkowym związków te mianowicie, których im potrzeba, a zupełnie nie pobierać innych lub też wydzielać te ostatnie bez zmiany, jeżeli przez dyfuzyą do wnętrza komórki przeniknęły.

W jaki to się sposób dzieje, to w pewnych przypadkach łatwe jest do zrozumienia. Łatwo dyfundujące peptony, glukozy i t. p. zamieniają się w komórkach na trudno dyfundujące lub wcale nie dyfundujące związki, w części na zupełnie nierozpuszczalne. Powstające związki nierozpuszczalne lub rozpuszczalne, lecz trudno dyfundujące mają zawsze wyższy ciężar cząsteczki. Ponieważ związki zawilej zbudowane wywierają mniejsze ciśnienie osmotyczne od tych, z których powstały, przeto przenikanie osmotyczne tych ostatnich do komórki może trwać dalej, podczas gdy wydzielanie się z komórki związków z nich powstałych bardzo jest utrudnione. Powstają w komórce ciała białkowe, wodany węgla i tłuszcze; z wodanów węgla występują głównie mączka, w korzeniu georginii, w bulwach oraz innych roślinach także inulin, u zwierząt zaś glikogen. Jeżeli działanie enzymów, które z ciał białkowych wytwarzają peptony, z polisacharoz dwusacharozy i jednosacharozy i t. d., pojmujemy jako zjawiska rozszczepiania hydratacyjnego, w takim razie wspomniane tu reakcye syntetyczne poczytywać winniśmy za zjawiska odwodniania, obezwodniania. Są to procesy endotermiczne, które zużywają część pochodzącej z innych reakcyj chemicznych energii.

Pogląd taki każe przypuszczać, że protoplazma komórki ma zdolność syntetycznego budowania związków zawilszych z prostszych. Niema wątpliwości, że własność tę posiadają komórki roślinne. Lecz musimy ją też przypisać komórkom zwierzęcym, ponieważ i one otrzymują materyał pokarmowy tylko w formie roz-

www.dlibra.wum.edu.pl

puszczalnej i dyfundującej. Na zjawiska życiowe w komórkach zwierzęcych zarówno jak w roślinnych zawsze składają się reakcye endotermiczne i egzotermiczne. Zależnie od tego, czy przeważają jedne czy drugie, proces życiowy całej istoty zachodzi z wytwarzaniem lub z pochłanianiem ciepła.

Ciała pobierane rzadko mają, zwłaszcza u zwierząt, dokładnie tę samą budowę chemiczną co i składowe części komórek. Wiele zwierząt żywić się musi wyłącznie materyami roślinnemi; pomimo to w ich organach nie znajdujemy tych związków, które im za pokarm służyły, lecz charakterystyczne dla zwierząt ciała białkowe, polisacharydy i tłuszcze. Z glutenu, leguminu i podobnych związków białkowych zwierzę wytwarza albuminy, które wprawdzie pod wielu względami do tamtych są podobne, lecz jednakże od nich odmienne, jak np. sernik mleka. I tłuszcze zwierzęce nie są zupełnie identyczne z temi, które w pokarmie zostały pobrane; mamy też poważne powody do przypuszczania, że z wodanów węgla, może nawet i z ciał białkowych może tłuszcz w ustroju zwierzęcym powstawać. Najwyraźniejszy wszakże przykład stanowią same wodany węgla. Mączka w pokarmie zawarta rozkłada się pod wpływem enzymów na prostsze sacharozy; z tych ostatnich jednak w ciele zwierzęcem nie tworzy się znów mączka, lecz odmienny od tejże glikogen. Pewne związki charakterystyczne występują tylko w pewnych oznaczonych tkankach.

Wynika ztąd, że każda komórka ma zdolność syntetycznego wytwarzania pewnych określonych związków, jeżeli rozporządza odpowiedniemi w tym celu substancyami. Tę własność wszystkich komórek, własność sporządzania z rozmaitego materyału związków podobnych do tych, które już komórkę składają, nazywamy zdolnością asymilacyi, przyswajania.

Dla asymilacyi ważnym jest rozkład związków zawilszych na prostsze, rozkład taki, jaki zachodzi pod wpływem enzymów. Mączka i glikogen są polisacharydy; gdy mączka została rozszczepiona na protsze sacharozy, wówczas z tych ostatnich powstać może zbudowany odmiennie glikogen, bezpośrednia natomiast przemiana mączki na glikogen nie jest możliwa. Podobny zapewne zachodzi stosunek pomiędzy peptonami a powstającemi z nich w komórce rozmaitemi proteinami.

Pojęcia asymilacyi używamy tu w znaczeniu nieco ogólniejszem, aniżeli zwykło się go używać w fizyologii roślin, gdzie pojmuje się pod tą nazwą tylko wytwarzanie złożonych związków organicznych w komórkach chlorofilowych przy rozkładzie dwutlenku węgla. Ponieważ wszakże każda komórka z doprowadzanego do niej materyału zdolna jest wytwarzać takie związki, które podobne lub zupełnie są identyczne ze związkami

www.dlibra.wum.edu.pl

w niej zawartemi, przeto nazwa asymilacyi odnosi się do wszystkich tych zjawisk chemicznych. W tem też znaczeniu użyliśmy już tej nazwy przy omawianiu odżywiania się ameby (rozdz. XII, § 5).

13. Rośliny zielone.

13. Omawiane przez nas dotychczas zjawiska życiowe zwierząt i roślin bezchlorofilowych, jakkolwiek występują w nich pojedyńcze procesy endotermiczne, w ostatecznym wszakże rezultacie mają charakter egzotermiczny. Wprost przeciwnie dzieje się natomiast z roślinami zielonemi. Obok występujących w nich w nieznacznym stopniu reakcyj egzotermicznych, endotermiczne przeważają w takiej mierze, że zupełnie usuwają tamte na plan dalszy. To, co pobiera roślina zielona, dwutlenek węgla, woda, sole nie ma żadnego lub prawie żadnego ciepła spalania; to, co w niej powstaje, wodany węgla, tłuszcze ciała białkowe, ma znaczne ciepło spalania. Małą część skupianych w sobie materyj organicznych roślina sama znów zużywa, łącząc je z tlenem i wytwarzając dwutlenek węgla (porówn. rozdz. XIV, § 5). Lecz ta strona jej zjawisk życiowych ustępuje pod względem ilościowym znacznie wydatniejszym syntezom wodanów węgla, tłuszczów i ciał białkowych. Nie umiemy naśladować tych syntez i nie potrafimy przeto bezpośrednio zbadać ich pod względem kalorymetrycznym. Lecz porównanie ciepła spalania odkładających się w roślinie wodanów węgla, tłuszczów i ciał białkowych z ciepłem spalania dwutlenku węgla, wody i azotanu potasu, z których tamte związki organiczne powstają, upoważnia nas do twierdzenia z całą stanowczością, że zjawiska, które w roślinie wytwarzają owe związki organiczne z nieorganicznych, należeć muszą do endotermicznych.

Ażeby odpowiedzieć na pytanie, zkąd pochodzi energia niezbędna do dokonania tych procesów endotermicznych, należy szczególną zwrócić uwagę na fakt, że odkładanie się mączki w komórkach chlorofilowych zachodzi tylko przy współdziałaniu światła słonecznego, i że dopiero z utworzonych w ten sposób wodanów węgla wtórnie powstają ciała białkowe. Nasuwa się przeto bardzo prawdopodobne przypuszczenie, że to promienie słoneczne dostarczają energii cynetycznej do owych reakcyj endotermicznych. Zjawiska endotermiczne, jak nam wiadomo, odbywać się mogą tylko wówczas, gdy nieprzerwanie dopływa zzewnątrz energia cynetyczna. W zgodzie z tem pozostaje fakt, że w roślinach zielonych ustawicznie zmniejsza się ilość nagromadzonych materyj i w końcu wyczerpują się one zupełnie, jeżeli trwale z pod wpływu światła zostaną wyłączone; gdy tymczasem materye te na nowo powstają, jeżeli znów światło działać pocznie. Pojedyńcze

www.dlibra.wum.edu.pl

części roślin mogą rosnąć w ciemności kosztem już wytworzonych związków chemicznych, lecz roślina jako całość, wobec oddychania, utleniania, traci na ciężarze, nawet jeżeli bez przeszkody pobierać może wodę i sole. Wreszcie umiera roślina, podobnie jak zwierzę niedostatecznie odżywiane, głodzone.

Do wytwarzania zatem wodanów węgla, tłuszczów i ciał białkowych potrzebują zielone rośliny światła słonecznego. To, co nazywamy światłem, wyobrazić sobie musimy jako pewien rodzaj energii cynetycznej eteru (drgania eteru), która, podobnie jak inne postacie energii, w najrozliczniejszy przeobrażać się mogą sposób (porówn. rozdz. V, § 14). Rozkład np. chlorku srebra pod wpływem światła może doskonale być porównany z rozkładem dwutlenku węgla w roślinach zielonych. Jest, co prawda, różnica pomiędzy temi dwoma zjawiskami; w komórkach chlorofilowych, w których zachodzi rozkład dwutlenku węgla, wyzwolony atom węgla łączy się natychmiast z wodorem i tlenem na wodan węgla. W tej syntezie prawdopodobnie wydziela się ciepło; lecz ilość tego wyzwolonego ciepła jest w każdym razie mniejsza od energii zużytej na rozkład dwutlenku węgla. Rezultatem ostatecznym jest utworzenie związków, których ciepło spalania jest bardzo znaczne w porównaniu z ciepłem spalania związków pierwotnych, dwutlenku węgla, wody i t. d. Podobnie ma się rzecz z syntezą ciał białkowych. Suma algebraiczna wszystkich zjawisk chemicznych, zachodzących w roślinach zielonych, daje przeto rezultat cieplikowy odjemny. Procesy endotermiczne przeważają. Dla podtrzymania tych procesów potrzeba ustawicznego dowozu energii cynetycznej zzewnątrz, a energia ta dostarczana być może oczywiście tylko przez promienie słońca.

14. Przeobrażenia energii w świecie żywym jako całości.

14. Raz jeszcze rzućmy okiem na grupy oddzielne istot żywych, a okaże się co następuje. Wszystkie twory bezchlorofilowe zdolne są wyzwalać energią cynetyczną tylko przez utlenianie związków przyrządzonych w roślinach zielonych, chlorofilowych. Zwierzęta roślinożerne pobierają te związki bezpośrednio ze świata roślinnego; zwierzęta, żywiące się mięsem zwierząt roślinożernych, pobierają je pośrednio z tegoż źródła. Inne twory żywe spożytkowują energią potencyalną związków, które w części już przez istoty żywe zostały przeobrażone, lecz niezupełnie jeszcze się utleniły, i przeprowadzają te związki w wyższy stopień utlenienia. Pewne bakterye posługują się utlenianiem azotu, żelaza, siarki jako źródłem energii, mianowicie zamieniając te pierwiastki, a raczej słabo utlenione ich związki na związki wyżej utlenione. Co do

www.dlibra.wum.edu.pl

amoniaku, związków żelaza i siarki wielce jest prawdopodobnem, że pochodzą one ze związków organicznych, które ostatecznie wytworzone być mogą tylko przez rośliny zielone przy współudziale światła słonecznego. Zupełnie niewątpliwie dotyczy to związków organicznych zużywanych przez mnóstwo rozmaitych mikrobów. Liczne zjawiska w przyrodzie martwej i żywej prowadzą do tworzenia się dwutlenku węgla. Lecz odtlenianie tego związku, wytwarzanie zeń związków w węgiel bogatych, których spalanie może znów być obfitem źródłem energii, zachodzi ustawicznie na wielką skalę w roślinach zielonych.

Ze wszystkiego tego wynika, że warunkiem nieodzownym wszystkich owych rozlicznych przejawów życia organicznego, jakie poznaliśmy, jest tworzenie się związków stosunkowo w tlen ubogich w roślinach zielonych. Gdy wszakże możliwe jest takie wytwarzanie związków chemicznych tylko dzięki energii promieniowania słonecznego, wynika przeto, że wszelkie życie na ziemi ma jako jedyne dla siebie źródło energii światło słoneczne. Rośliny zielone bezpośrednio zużytkowują tę energią; wszystkie twory inne korzystają z energii potencyalnej związków organicznych przez rośliny zielone wytworzonych, a utleniając te związki do wyższego stopnia, zamieniając je ostatecznie na dwutlenek węgla, wodę, kwas azotny, zdobywają w ten sposób energią cynetyczną.

Na tych wszakże działaniach, występujących bezpośrednio w zjawiskach życiowych rozmaitych istot żywych, nie wyczerpuje się jeszcze wpływ promieniowania słonecznego na bieg objawów życia. Powietrze i woda, o których współdziałaniu w rozpraszaniu materyj do życia potrzebnych wspomnieliśmy, w ruch zostają wprawiane dzięki energii promieni słonecznych. Niejednakowe ogrzewanie się atmosfery w rozmaitych miejscach kuli ziemskiej sprowadza powstawanie wiatrów, które bezustanne wywołują mieszanie się gazów i czuwają niejako nad tem, aby wszędzie dostateczne znajdowały się ilości tlenu na najrozmaitsze procesy utlenienia i dostateczne ilości dwutlenku węgla na wzrost roślin zielonych. Ogrzewanie się wód w rzekach, stawach, jeziorach bezustannie unosi w powietrzu znaczne ilości pary wodnej, która wraz z parą oddawaną przez transpiracyą roślin i wydzielaną przez zwierzęta na wsze strony roznosi się przez wiatry, osiada w miejscach chłodniejszych i znów zaopatruje rośliny i zwierzęta w potrzebną im do życia wodę. Woda, posłuszna sile ciężkości, spływa z miejsc wyżej do miejsc niżej położonych, gromadzi się znów w wielkich zbiornikach mórz i jezior, z których na nowo wskutek ogrzania

www.dlibra.wum.edu.pl

przez słońce podnosi się w atmosferę. Energia promieni słonecznych podtrzymuje przeto ustawiczne krążenie wody jako część integralną owego nieustającego ani na chwilę obiegu, krążenia materyi, bez którego życie istnieć by nie mogło.

Wiatry i prądy wodne przenoszą zarodki, z których istoty żywe mogą powstawać, do miejsc, gdzie znajdują się przyjazne warunki rozwoju, a powstające produkty rozkładu przenoszą do miejsc, gdzie one znów innym tworom za pokarm służyć mogą. Człowiek czynnie współdziała w tych ruchach: używa energii wiatrów pochodzącej ze słońca i energii wody płynącej do poruszania młynów, do poruszania statków, i w ten sposób przy pomocy promieni słońca przyśpiesza krążenie materyi. A do energii pochodzącej z wiatru i wody płynącej oraz do tej, która powstaje z utleniania środków pokarmowych w ciele zwierząt domowych i we własnym jego organizmie, dodaje człowiek jeszcze energią wytwarzaną przez spalanie węgla w maszynach a również od słońca pochodzącą. Wszystkie bowiem materyały palne mają pochodzenie organiczne i wszystkie powstały przez przeobrażenie z energii słonecznej, jedne przed czasem niedawnym, jak drzewo z lasów obecnie istniejących, inne, jak torf, węgiel brunatny i węgiel kamienny, z roślin w czasach na tysiącolecia od nas odległych. Spalając ten węgiel, człowiek zwraca w postaci dwutlenku węgla atmosferze to, co dawno zaginione twory z niej czerpały, a materyał ten ponownie może się zamienić na ciało rośliny zielonej w postaci części składowych wodanów węgla, tłuszczów i ciał białkowych. Co więc na ziemi naszej w jakiejkolwiek formie energii pozyskać możemy, wszystko to pochodzi ze słońca, podobnie jak energia potencyalna, ustawicznie na nowo skupiająca się w żyjących obecnie roślinach. Węgiel kamienny, drzewo i t. d. są, według słów wynalazcy lokomotywy, inżyniera angielskiego, Stephensona, światłem słonecznem ściągniętem niejako w butelki. Drzewo porównać można z winem młodem, które dojrzało w słońcu lat ostatnich; węgiel natomiast jest starem winem z lat dawno minionych Nie inaczej ma się rzecz z owym materyałem, który spalamy dla wytworzenia energii promienistej w postaci światła dla oka widzialnego. W łuczywie i lampie olejnej zużywamy materyały stosunkowo niedawno wytworzone, w oleju skalnym lub w gazie oświetlającym, wyrobionym z węgla kamiennego, posługujemy się materyałami staremi, w mniej lub bardziej odległej od nas przeszłości złożonemi w łonie ziemi. Gdy wreszcie część energii z węgla, wody płynącej lub wiatru przeobrażamy w dynamomaszynach na energią elektryczną, wówczas w innej postaci znów powołujemy do życia energią ze

www.dlibra.wum.edu.pl

słońca pochodzącą lub na nowo w światło ją przeobrażamy. Kiedy dynamomaszyna wprawiona zostaje w ruch przez spalanie węgla kamiennego, wówczas nietylko przyświeca nam znów „słońce Homera“, lecz zsyła nam swe blaski owo słońce, którego promienie przed wielu lat tysiącami padały na ziemię. To światło zmartwychwstałe może nam znów wytworzyć materye organiczne w roślinach zielonych i w ten sposób nawiązać znów przerwany w głębokiej przeszłości proces krążenia materyi.

15. Kierunek prądu energii.

15. Godna uwagi zachodzi różnica pomiędzy opisanemi tu stosunkami w przeobrażeniach energii a opisanem w rozdziale poprzednim krążeniem materyi w przyrodzie organicznej. Krążenie materyi ogranicza się do kuli ziemskiej wraz z należącą do niej atmosferą. O ile śledzić możemy zjawiska w tym obszarze, znajdujemy, że prawo zasadnicze trwałości materyi wszędzie zachowuje swą siłę. To, co wnosić nam wolno o materyi innych ciał niebieskich na zasadzie analizy widmowej oraz innych metod badania, każe nam mniemać, że wszędzie we wszechświecie podobna do naszej ziemskiej znajduje się materya. Nie mamy też powodu do przypuszczania, aby owo zasadnicze prawo o materyi nie miało swej siły wszędzie we wszechświecie, gdzie wogóle materya występuje. Inaczej z energią. Wprawdzie widzimy, że wszelka energia powstaje z przekształcenia innej postaci energii. Nie postrzegamy nigdy czegokolwiek, co kazałoby nam wnosić o powstawaniu nowej energii lub zniweczeniu już istniejącej. Lecz pomimo to, że rozważaliśmy tylko przejawy życia na ziemi, zmuszeni byliśmy sięgnąć po za jej granice. Energia świata żywego, wiatrów, wody bieżącej, wszelka energia ujawniająca się na ziemi, pochodzi od słońca. Słońce od najdawniejszych czasów utrzymuje życie zwierzęce i roślinne na globie ziemskim i będzie je utrzymywało póty, póki starczy jego energia. Ustawiczne krążenie materyi, nieodzownym będące warunkiem trwania wszelkiego życia ziemskiego, odbywać się może tylko dzięki energii promieniowania słonecznego. Przeobrażanie się materyj o mniejszem na materye o większem cieple spalania, zachodzące w ciele roślin i które znów stanowi warunek zachowania życia na ziemi, może się dziać tylko pod wpływem energii promieni słonecznych. Lecz ruch energii od słońca ku ziemi nie jest ruchem kołowym, nie jest krążeniem. Energią, jaką otrzymuje ziemia od słońca, w drobnej tylko cząstce przez promieniowanie zwraca ona słońcu. Inna część, bardzo znaczna, występująca w postaci ruchu cieplikowego, przez promieniowanie rozprasza się w nieskończonej przestrzeni wszechświata. Czy i ta

www.dlibra.wum.edu.pl

energia na drogach ubocznych powraca do słońca, czy więc i prąd energii jest doskonałym procesem kołowym, zjawiskiem krążenia, tego nie wiemy. Najwyżej możemy w tym względzie wypowiedzieć tylko domniemania mniej lub więcej prawdopodobne.

Fakty niewątpliwe pozwalają wnosić, że ziemia nie zawsze znajdowała się w stanie, który umożliwiał istnienie na niej życia organicznego tego rodzaju, jakiem jest życie znane nam obecnie. Wśród wszystkich hypotez, które wygłaszano o powstaniu obecnego układu wszechświata, ogólnem uznaniem badaczów przyrody cieszy się z powodu największego prawdopodobieństwa hypoteza, którą niezależnie od siebie rozwinęli filozof Kant i matematyk Laplace. Zgodnie z tą hypotezą wyobrazić sobie należy, że pierwotnie całkowita materya wszechświata była rozproszona w postaci subtelnej mgły o bardzo nieznacznej gęstości, tak jak obecnie jeszcze występuje w kometach. Z materyi tej w pojedyńczych miejscach powstały ciała niebieskie. Zagęszczanie się materyi było wszakże połączone z jednoczesnem znacznem wydzielaniem się ciepła; ciała niebieskie przeto osiągały bardzo wysoką temperaturę, która dopiero później wskutek promieniowania stopniowo opadała, szybciej w ciałach niebieskich mniejszych, powolniej w większych.

Jednym z układów, jakie wyłoniły się w ten sposób w przestrzeni wszechświatowej, jest nasz układ słoneczny; obok niego są jeszcze liczne układy, o których istnieniu mówi nam światło od nich do ziemi naszej dochodzące, a prawdopodobnie niezliczone jeszcze inne układy, o których nic nam nie wiadomo. W naszym układzie słonecznym samo słońce zachowało bardzo wysoką temperaturę; energia, jaką śle ono naszej ziemi w postaci drgań eteru, utrzymuje życie na globie naszym. Czy temperatura słońca stopniowo opada, czy też zapas energii słonecznej dopełnia się znów przez dopływy zzewnątrz, tego nie wiemy dokładnie. Jeżeli, jak to jest prawdopodobne, część materyi krążącej dokoła słońca w postaci komet łączy się z niem od czasu do czasu, musiałoby to podnosić temperaturę słońca. W każdym razie, jeżeli wogóle temperatura ta opada, dzieje się to bardzo powolnie. Nie może nam przeto dziwnem się wydawać, że w okresie czasu, o którym mamy wiadomości nieco dokładniejsze, nie nastąpiło obniżenie wyraźne. Bądźcobądź, jeśli temperatura słońca opada i dojdzie kiedyś do wyrównania temperatury słońca i ziemi, w takim razie, skoro ciepło przechodzić może tylko od ciał o wyższej do ciał o niższej temperaturze — ustanie wszelki prąd energii od słońca do ziemi, a tem samem wyschnie źródło, z którego czerpią energią zjawiska życiowe.

Energia, którą w ten sposób traci układ słoneczny, nie może oczywiście według pojęć naszych ginąć doszczętnie. Musi ona gdzieś w przestrzeni wszechświata napotykać ciała materyalne i powiększać ich energią

www.dlibra.wum.edu.pl

ruchu. Może powstają ztąd nowe układy ciał niebieskich, podobne do naszego układu słonecznego, które rozwijają się i znów wpadają w stan wyrównania temperatur, gdy energia ich przeszła znów na inne układy planetarne. Lecz poprzestańmy na tem i nie snujmy dalej tych rozważań hypotetycznych, mamy bowiem tylko za zadanie przedstawić poglądowo w zarysach ogólnych zjawiska życia obecnego na ziemi, o ile to jest możliwe według współczesnego stanu wiedzy.

www.dlibra.wum.edu.pl

ROZDZIAŁ OSIEMNASTY.

Przejawy sprawności organizmów.

1. Gdy w organizmie energia potencyalna jakiegokolwiek rodzaju zamienia się na energią cynetyczną, powiedzieć możemy, że organizm dokonał czegoś. Zachowuje się on przytem jak motor (porówn. rozdz. XVII, § 8). Bywają wszelako przypadki, w których energia cynetyczna występuje tylko jako przekształcenie innego rodzaju energii cynetycznej działającej zzewnątrz, kiedy więc organizm dzięki swym urządzeniom mechanicznym warunkuje tylko rodzaj dokonanej pracy, działo przeto jako maszyna robocza. Przykłady tych obudwu rodzajów sprawności ustrojów były już przytaczane w rozdziałach poprzednich. W rozdziale niniejszym dopełnimy rozważania poprzednie i poglądowo zestawimy najważniejsze objawy sprawności istot żywych. 1. Sprawność tworów żywych.

Czynności organizmu w znaczeniu właściwem, wyżej określonem, mogą pociągać za sobą ruchy cząsteczkowe, ruchy molarne czyli masowe lub wreszcie ruchy eteru. Ruchem cząsteczkowym jest wytwarzanie ciepła; ruch molarny ujawnia się jako zmiana miejsca mas w postaci przemieszczania pojedyńczych części organizmu względem siebie lub całego organizmu w stosunku do przedmiotów świata zewnętrznego (ruch całego ciała w przestrzeni, miejscozmienność). Również zaliczyć byśmy tu mogli wszelkie zmiany chemiczne zachodzące wewnątrz organizmu, albowiem są one zawsze połączone ze zmianą położenia materyalnych atomów. Lepiej wszakże ograniczymy ten rodzaj sprawności do takich zjawisk chemicznych, w których, jak np. przy wydzielaniu, wytwarzają się związki działające w sposób specyficzny. Czynności wreszcie, w których mamy do czynienia z ruchami, drganiami eteru, to wytwarzanie prądów elektrycznych lub światła.

Niektóre z tych przejawów energii właściwe są wszystkim organizmom, choć u niektórych tworów występują w stopniu bardzo

www.dlibra.wum.edu.pl

nieznacznym, gdy znów u innych ujawniają się nadzwyczaj wyraźnie. Tak więc rośliny wytwarzają mało ciepła i pracy mechanicznej w postaci ruchu mas, gdy tymczasem u zwierząt te objawy energii stanowią przeważną część ich sprawności.

Zjawiska psychiczne stanowią dla przyrodniczego poznawania procesów życia niezmierne trudności. Nie możemy ich pominąć milczeniem w fizyologii, obejmującej wszelkie objawy życia. Jeżeli promienie światła wpadające do oka, obok innych działań fizyologicznych (porówn. rozdz. XI, § 11), wywołują nadto wrażenie jasności oraz wszelkie wynikające ztąd następstwa, jak widzenie świadome, postrzeganie przedmiotów i t. d., to nie można chyba zaprzeczyć, że i te zjawiska są funkcyami organizmu, przejawami jego czynności, sprawności. Jednakże nie jesteśmy jeszcze w stanie umieścić tych zjawisk w jakimkolwiek szeregu znanych nam form energii, dla których prawo zachowania energii ma siłę. Przy powstawaniu tych objawów nie zużywa się energia w ilości dającej się zmierzyć; nie przedstawiają też one pewnej podlegającej pomiarom naszym ilości energii cynetycznej, któraby w jakikolwiek sposób działała na materyą lub eter i mogła je w ruch wprawić. Oto powody, dla których tego rodzaju objawy wyłączamy tymczasem z wykładu, zastrzegając sobie, że w innem miejscu do nich powrócimy.

2. Wytwarzanie ciepła.

2. Ciepło wytwarza się, jak już wspominaliśmy wyżej, prawdopodobnie zawsze we wszelkiej żywej protoplazmie; wykryć wszakże tę produkcyą ciepła możemy tylko wówczas, gdy sprowadza ono dające się zmierzyć podniesienie temperatury. Zależy to jedynie od stosunku ilościowego ciepła wytworzonego do ciepła oddanego otoczeniu. Oddawanie ciepła zachodzi przez przewodnictwo, promieniowanie i (w częściach istot żywych znajdujących się w powietrzu) przez parowanie wody. Strata ciepła wzrasta wraz z wielkością powierzchni ciała, wytwarzanie zaś, przy innych warunkach niezmienionych, wraz z masą żywej materyi. Wynika ztąd, że stosunek produkcyi ciepła do strat tegoż tem jest mniej przyjazny dla wyraźnego, dającego się termometrem wykazać podniesienia temperatury, im masa istoty żywej jest mniejsza w stosunku do jej powierzchni. Rozumiemy przeto, dlaczego wytwarzanie ciepła w istotach drobnych, mikroskopowej wielkości, tylko w tych razach doświadczalnie daje się wykrywać, kiedy duże ich ilości na małej są przestrzeni skupione; zwykle zaś o powstawaniu ciepła w tych drobnych istotkach wnosimy tylko przez analogią z tworami większemi. Nawet u istot takich, które gołem okiem są widzialne, lecz

www.dlibra.wum.edu.pl

jednakże bardzo są małe, wykrywanie wytwarzanego przez nie ciepła jest trudne i możliwe tylko przy użyciu niezmiernie subtelnych przyrządów. Tak więc np. Nobili umieszczał owady w małej komorze powietrznej po jednej stronie zbudowanego przez siebie stosu termoelektrycznego, po drugiej zaś stronie tegoż stosu pozostawiał takąż komorę powietrzną pustą; wyraźnie dostrzedz można było rozgrzanie komory, w której znajdowały się owady. W wielu razach udaje się też takie doświadczenie przy użyciu mniej czułych przyrządów, jeżeli można na niewielkiej przestrzeni pomieścić większą liczbę osobników jednego rodzaju, przez co masa wytwarzającej ciepło żywej substancyi znakomicie się powiększa, utrata ciepła natomiast stosunkowo mało się podnosi. W ulach np. zimą zbierają się pszczoły w bardzo gęsto skupionych gromadach. Termometr umieszczony w takim ulu podnosi się wówczas o kilka stopni ponad temperaturę otaczającego powietrza. To samo dostrzegamy na termometrze umieszczonym w dojrzewających ziarnach zbóż, grochu i t. d. W większych kupach kiełkującego jęczmienia, układanych do wyrobu słodu (porówn. rozdz. XVII, § 10), temperatura tak znacznie może się podnieść, że masa silnie się rozgrzewa, co zresztą w części przypisać należy obecności grzybków bakteryjnych. Trzeba też zważyć, że wytwarzanie ciepła jest tu znacznie wzmożone z powodu żwawiej zachodzących podczas kiełkowania reakcyj chemicznych. To samo dotyczy także kwiatów roślin jawnokwiatowych, a jeżeli budowa kwiatu nie sprzyja zbytnio utracie ciepła, w takim razie podniesienie temperatury można tu wykazać bezpośrednio przez wprowadzenie termometru. Tak np. Dutrochet wykazał w kwiatach obrazkowca plamistego (*Arum maculatum*) podniesienia temperatury do 10°; Hubert i Brogniart postrzegali nawet, pierwszy na kwiatach *Arum cardifolium*, drugi na kwiatach *Colocasia odora*, że termometr wskazywał podniesienia o 22 — 25° powyżej temperatury otoczenia.

W innych częściach roślin pomimo wytwarzania ciepła nieznaczne zaledwie bywają podniesienia temperatury, ponieważ straty ciepła zbyt są duże. Te straty, zwłaszcza wskutek parowania wody, mogą nawet niekiedy przewyższyć produkcyą ciepła, tak że w rezultacie żywa roślina okazuje się chłodniejszą od otoczenia. Niekiedy spotykamy to także u zwierząt, u takich mianowicie, których wilgotna powierzchnia z powodu parowania wody daje powód do dużych strat ciepła. Gdy np. wniesiemy żaby do pokoju ciepłego z suchem powietrzem, temperatura tych zwierząt przez kilka godzin pozostaje niższą od temperatury otoczenia, jakkolwiek i w tych warunkach wytwarzają one ustawicznie ciepło.

www.dlibra.wum.edu.pl

Stwierdzenie faktu wytwarzania ciepła jest oczywiście bardzo trudne w tych przypadkach, kiedy procesy egzotermiczne ustępują na plan dalszy wobec współcześnie zachodzących endotermicznych, jak to dziać się może z roślinami zielonemi, rzadziej ze zwierzętami. W roślinach bezchlorofilowych natomiast, których zjawiska życiowe, jak nam wiadomo z rozdziału poprzedniego, przebiegają egzotermicznie, dochodzi nieraz do bardzo znacznych podniesień temperatury, jeżeli duże ilości tych niższych tworów współdziałają na niewielkiej przestrzeni. Jako przykłady najbardziej znane przytoczymy tu rozgrzewanie się świeżego nawozu lub rozkładających się liści, wreszcie mocne rozgrzewanie się stert siana, prowadzące nieraz do ich zapalania się.

3. Regulowanie ciepła.

3. Możemy uważać za rzecz dowiedzioną, że proces życiowy protoplazmy połączony jest z wytwarzaniem ciepła, o ile występują w nim zjawiska utlenienia, co wszakże zawsze, jak się zdaje, zachodzi. Lecz tylko u zwierząt t. zw. ciepłokrwistych reakcye wytwarzające ciepło są tak żwawe, a jednocześnie warunki utraty ciepła tak ograniczone, że ciało zwierzęcia stale utrzymuje się w temperaturze, która może znacznie przewyższać temperaturę otoczenia. Jednocześnie zwierzęta te uposażone są w urządzenia, dzięki którym oddawanie ciepła, a w pewnym stopniu także i wytwarzanie przystosowane są do warunków utraty ciepła, tak że temperatura ich ciała, nawet wobec znacznych zmian w temperaturze otoczenia, podlega zwykle wahaniom w granicach ciasnych. Nazywamy przeto te zwierzęta równocieplnemi, zwierzętami o stałej temperaturze ciała, podczas gdy wszystkie inne zwierzęta (moglibyśmy tu włączyć również wszystkie rośliny) obejmujemy nazwą zmiennocieplnych.

Do kategoryi pierwszej należą właściwie tylko ssące i ptaki; wszystkie bowiem inne zwierzęta mogą wprawdzie w pewnych warunkach nabyć temperatury również wysokiej, a nawet wyższej, lecz tylko ssące i ptaki zachowują prawie bez zmiany, stale jednakową temperaturę, bez względu na rozmaite warunki zewnętrzne. Temperatura ciała zwierząt ssących i ptaków waha się w rozmaitych gatunkach od 37° do 41°; w prawidłowych wszakże warunkach życia u jednego i tego samego osobnika trzyma się w granicach znacznie ciaśniejszych. Zdolność zachowywania temperatury stałej nawet wbrew bardzo dużym wahaniom temperatury zewnętrznej zawdzięczają te zwierzęta osobliwym czynnościom swego organizmu, t. zw. czynnościom regulującym ciepło. Dokładniej poznano dotychczas te urządzenia tylko u zwierząt ssących. Sprawność życiowa w tym względzie polega głównie na regulowaniu

www.dlibra.wum.edu.pl

wydatków ciepła przez skórę. Przy wyższych temperaturach zewnętrznych rozszerzają się naczynia krwionośne skóry, większa ilość krwi przez skórę przepływa, a pomimo nieznacznej różnicy temperatur pomiędzy zwierzęciem a otoczeniem [1]), jednakże tyle ciepła zwierzę oddawać może, że temperatura jego ciała bardzo niewiele się podnosi. U zwierząt w powietrzu oddychających przybywa do tego jeszcze wzmożona utrata ciepła wskutek parowania wody. Natomiast w bardzo nizkiej temperaturze otoczenia przeciwnie się dzieje: naczynia krwionośne skóry zwężają się, parowanie wody z powierzchni skóry zmniejsza się, i w ten sposób powstrzymana zostaje zbyt duża strata ciepła.

Omówione właśnie zmiany w skórze regulują się dzięki czynności układu nerwowego. Wielokrotnie mówiono o wpływie bezpośrednim układu nerwowego na produkcyą ciepła, lecz wpływu tego dotychczas nie dowiedziono z dokładnością. Liczyć się jednakże trzeba ze zmianami w wytwarzaniu ciepła wówczas, gdy w dłuższych okresach czasu temperatura ciała ma być bez zmiany zachowana wobec znacznych wahań temperatury zewnętrznej. Zwierzęta ciepłokrwiste (równocieplne), które stale mieszkają w strefach biegunowych, ochronione są zazwyczaj od znacznych strat ciepła przez gęste uwłosienie, dobrze rozwiniętą pod skórą tkankę tłuszczową oraz dzięki budowie ciała zwykle krępej, która zmniejsza powierzchnię w stosunku do masy ciała. A z drugiej strony zużywają one stosunkowo duże ilości pokarmu i tem wytwarzają więcej ciepła. Ludzie i zwierzęta, mogący żyć w temperaturach bardzo wysokich i bardzo nizkich, spożywają w zimnie znaczniejsze ilości pokarmów i mianowicie takich, które dają większe ciepło spalania, t. j. zawierających dużo tłuszczów.

Środki regulujące temperaturę zwierzęcia funkcyonują skutecznie tylko w pewnych granicach. W nizkiej temperaturze otoczenia zawodzą one tem łatwiej, im zwierzę jest mniejsze. Ztąd też najmniejsze zwierzęta ciepłokrwiste zamieszkują strefy gorące. Małe ssaki, np. używane tak często do badań fizyologicznych króliki, zasługują na miano zwierząt równocieplnych w nieznacznym tylko stopniu, ponieważ temperatura ich ciała wahać się może w granicach kilku stopni. Jeszcze mniej doskonałemi są środki regulujące u zwierząt o śnie zimowym, które w nizkich tem-

---

[1]) Według prawa promieniowania Newtona (p. rozdz. III, § 9) oddawana ilość ciepła musi być wprost proporcyonalna do tej różnicy temperatur. Gdyby dzięki samoregulowaniu temperatura skóry sama się nie zmieniała, musiałoby więc zwierzę w środowisku o wysokiej temperaturze mało tracić ciepła, a w nizkiej temperaturze dużo.

www.dlibra.wum.edu.pl

peraturach bardzo mocno się oziębiają i wskazują wówczas temperaturę ciała nieco tylko wyższą od temperatury otoczenia.

Zwierzęta o temperaturze stałej wobec tego, że temperatura ich ciała zwykle jest wyższą od temperatury otaczającego je powietrza [1]), nazywamy też często ciepłokrwistemi, wszystkie inne natomiast zimnokrwistemi. Nazwy te pochodzą jeszcze z owych czasów, kiedy sądzono, że ciepło wytwarza się we krwi; obecnie zaś wiadomo nam, że siedliska produkcyi ciepła szukać należy we wszystkich tkankach, że w tkance każdej tem więcej wyzwala się ciepła, im żwawiej w niej zachodzą procesy chemiczne, i że we krwi dzieje się to zaledwie w stopniu nieznacznym. Z drugiej strony ciało zwierzęcia „zimnokrwistego“ może w pewnych warunkach mieć temperaturę wyższą od temperatury właściwej „ciepłokrwistym“.

Z warunków oddawania ciepła wynika łatwo zrozumiały fakt, że zwierzęta równocieplne w stosunku do masy swego ciała tem więcej wytwarzają ciepła, im masa ta jest mniejsza. Lecz dla osiągnięcia tego musi się w nich odbywać bardzo żwawy przerób materyi. Pobierają one też więcej stosunkowo pokarmu, wdychają więcej tlenu i wydychają więcej dwutlenku węgla. Obserwujmy np. dwa osobniki jednego gatunku, lecz o różnym ciężarze ciała, przypuśćmy człowieka dorastającego o ciężarze ciała 35 kilogr. i dorosłego o ciężarze 70 kilogr.; otóż okaże się, że pierwszy z nich spożywa więcej niż połowę pokarmu, wdycha więcej niż połowę tlenu i wydycha więcej niż połowę dwutlenku węgla w porównaniu z dorosłym. Przerób materyi w pierwszym jest żwawszy; ztąd też jest on w stanie utrzymać ciało w tej samej temperaturze co i dorosły, jakkolwiek z powodu stosunkowo większej powierzchni traci też większą ilość wytwarzanego ciepła.

Ani wytwarzanie ciepła ani utrata tegoż nie przebiegają tak równomiernie u zwierząt równocieplnych, aby nie zachodziły pewne nieznaczne wahania w temperaturze ich ciała. W wyższym jeszcze stopniu dotyczy to zwierząt zmiennocieplnych. Zwłaszcza czynność mięśni połączona jest zawsze z obfitszem wytwarzaniem ciepła, o czem obszerniej jeszcze będzie mowa w paragrafach następnych. Ztąd też zwierzęta niekiedy znacznie się rozgrzewają przy silniejszej pracy mięśniowej. Lecz zwykle to podniesienie

---

[1]) W powietrzu suchem i bardzo gorącem, gdy parowanie wody bez przeszkody się odbywa, ciało ludzkie może być chłodniejsze od powietrza. Tak więc np. Benjamin Franklin zauważył niegdyś w Florydzie, że termometr, który wskazywał temperaturę powietrza przeszło 40°, opadł po przyłożeniu do nagiego ciała.

www.dlibra.wum.edu.pl

temperatury szybko się wyrównywa po zaprzestaniu pracy. Również w przypadkach większych strat ciepła opadanie temperatury ciała może być wyrównane przez znaczniejszą produkcyą ciepła.

Gdy temperatura ciała się podnosi, wówczas wszystkie procesy chemiczne stają się żwawsze, przerób materyi przyśpiesza się, zwierzę więcej pobiera tlenu i więcej wydala dwutlenku węgla, ciało więcej traci materyj stałych. Skutek taki może łatwo być sprowadzony przez podniesienie temperatury otoczenia u zwierząt zmiennocieplnych, trudniej u równocieplnych, albowiem u tych ostatnich dzięki czynnościom regulacyjnym temperatura ciała waha się w granicach ciasnych.

4. Ruch mas.

4. Ruchy masowe występujące w organizmach w części tylko widoczne są pod mikroskopem. Albo zachodzą one we wnętrzu utworów pozostających w spokoju, albo prowadzą do zmiany form, które w następstwie mogą dać powód do zmiany miejsca całej istoty żywej. Ruch mechaniczny może powstać pod wpływem sił, które działają na ustrój zzewnątrz, albo też jest wynikiem energii wewnętrznej wyzwalającej się w samym organizmie. Do pierwszej kategoryi ruchów należy np. podnoszenie się wody w roślinach skutkiem parowania, do drugiej zaś np. ruch soków powodowany ciśnieniem w korzeniu (porówn. rozdz. XV, § 11). Ten ostatni sprowadzić prawdopodobnie należy do działań osmotycznych w komórkach roślinnych; siły osmotyczne najpewniej też wywołują pewne ruchy cieczy w ustroju zwierzęcym, np. wypływanie wydzielin z komórek gruczołowych.

Wskutek przesuwania się ciał stałych i cieczy we wnętrzu utworów organicznych zachodzą zmiany form w tym rodzaju, jak np., by prosty przytoczyć przypadek, widzimy przy tworzeniu się po lekkiem oparzeniu pęcherza wypełnionego cieczą. Gdy masa zbiera się trwale w jednem miejscu i jednocześnie zachodzi tu powiększenie się i rozmnażanie komórek, wówczas występuje jako następstwo tego wzrostu trwała zmiana postaci. W ten to sposób rośliny puszczają liście, gałązki i t. d. Jeżeli w utworze jakim wzrost zachodzi jednostronnie, powstają skrzywienia. Takie zmiany kształtów zwykle występują powolnie. Lecz i nagłe zmiany form mogą zachodzić wskutek występowania cieczy z komórek; gdy jędrność (*turgor*, porówn. rozdz. VII, § 8) komórki zmniejsza się, ustępuje ona ciśnieniu innych części o napięciu silniejszem lub działających swym ciężarem. O ruchach tego rodzaju, będących wynikiem podrażnień, będzie mowa w rozdziale następnym.

Najgłówniejszą wszakże przyczyną ruchów w utworach ży-

www.dlibra.wum.edu.pl

wych jest kurczliwość, którą poznaliśmy już przy opisie ameby jako ogólną cechę wszelkiej żywej protoplazmy (porówn. rozdz. XII, § 4 i rozdz. XIII, § 6 — 8). W rozmaitych swych odmianach, jako ruch migawkowy lub ruch wici, zwłaszcza wszakże w postaci najdoskonalszej jako ruch mięśniowy, kurczliwość stanowi jednę z najznamienniejszych cech materyi żywej.

Podczas badania mikroskopowego utworów żywych łatwo uledz można złudzeniom z powodu ruchów występujących często w drobniutkich ziarenkach, napotykanych np. często w wodniczkach. Należy się pilnie wystrzegać, aby ruchów tych, które nie powstają pod wpływem sił wewnętrznych w samych żywych utworach, lecz wywołane zostają przypadkowo przez wstrząśnienia zewnętrzne, nie utożsamiać z rzeczywistemi ruchami protoplazmy. Drobne zawieszone w cieczy ziarenka wykazują przy dostatecznem powiększeniu pewien rodzaj ruchu drgającego, niejako tańczą w rozmaitych kierunkach. Drogi przebiegane przez te drobne cząstki są przytem niezmiernie krótkie, lecz wobec znacznego powiększenia wydają się bardzo dużemi. We wnętrzu komórek żywych ten ruch ziarenek występuje często w wodniczkach wypełnionych klarowną cieczą, podczas gdy te same ziarenka w gęstej protoplazmie albo pozostają w spoczynku albo w razie ruchów protoplazmy biorą w nich udział. Kto po raz pierwszy spostrzega to zjawisko, skłonny jest poczytywać je za zjawisko życiowe a ziarenka uważać za obdarzone własnością ruchu swoistego. Lecz dalsze doświadczenia pouczają, że i ciała nieożywione, np. ziarenka tuszu chińskiego w delikatnej zawiesinie w wodzie wykonywają dokładnie takie same ruchy. Dochodzimy przeto do przeświadczenia, że mamy tu do czynienia z ruchami czysto biernemi, z objawami prądów w cieczy, powstających skutkiem nie dających się uniknąć wstrząśnień mikroskopu, zmian temperatury, parowania wody w rozmaitych miejscach i podobnych przyczyn.

Ruch ten ze względu na to, że występuje tylko w najdrobniejszych ziarenkach, nazywamy ruchem molekularnym (cząsteczkowym) albo ruchem Browna od nazwiska wspomnianego już badacza angielskiego, Roberta Browna. Nie zawsze łatwo jest odróżnić ruch Browna od rzeczywistych ruchów samoistnych najdrobniejszych cząstek żywych, zwłaszcza od ruchów protoplazmy, o których natychmiast będzie mowa. Należy uważać, czy cząstki blizko siebie położone zawsze poruszają się współcześnie w tym samym kierunku, czy ruch zachodzi w równomiernem rytmie i t. d.

5. Ruch protoplazmy.

5. Prawdziwe ruchy swoiste żywej substancyi, jak je spostrzegamy u ameb i podobnych tworów, zdradzają pewne objawy charakterystyczne, które łatwo jest dojrzeć, jeśli się je poznało przez wielokrotne badania. W przypadkach wątpliwych zazwyczaj roz-

www.dlibra.wum.edu.pl

strzygnięcie jest możliwe, ponieważ istotne ruchy życiowe przedewszystkiem wywołane zostają przez podniety lub ulegają pod wpływem podniet zmianom, a powtóre na zawsze zostają zawieszone wskutek działań takich, o których wiadomo nam, że niweczą życie.

Ruchy protoplazmy występują u wszystkich istot żywych, u roślin zarówno jak i zwierząt; ruchy migawkowe i wiciowe także występują u roślin i zwierząt, lecz w utworach roślinnych rzadziej i przeważnie tylko u form młodocianych lub w komórkach służących funkcyi rozmnażania. Prawdziwych utworów mięśniowych nie wykryto dotychczas w żadnym ustroju roślinnym; należy je uważać za odmianę substancyi kurczliwej, wyłącznie właściwą zwierzętom.

Gdy ruch protoplazmy zachodzi wewnątrz przestrzeni zamkniętych, otoczonych stałemi błonami, jak to się często zdarza w komórkach roślinnych, nie może on oczywiście pociągnąć za sobą ruchu całego utworu komórkowego. Znaczenie tego ruchu polega, zdaje się, na tem, że równomiernie rozmieszczają się w ten sposób materye we wnętrzu komórki, co sprzyja w wysokim stopniu przerobowi materyi w komórce. Widzimy też ten ruch często w komórkach kształtu podłużnego, np. w przedstawionym na fig. 52, str. 328 wodoroście *Caulerpa* [1]), dalej w komórkach ramienicy (*Characeae*), w włoskach pręcikowych trzykrotki (*Tradescantia*) i in. Tam, gdzie protoplazma jako cienka warstwa przylegająca do ściany komórki zamyka w sobie duży środkowy wodniczek, porusza się ona wzdłuż ścian, co poznajemy po przemieszczaniu się ziarenek umieszczonych w protoplazmie. Od tego rodzaju ruchu, nazywanego przez botaników rotacyą, odróżniamy t. zw. krążenie (cyrkulacya). Ten ruch występuje tam, gdzie protoplazma i we wnętrzu komórki znajduje się w postaci pasemek i sznurków obejmujących większe lub mniejsze wodniczki, np. w przedstawionej na fig. 102 komórce *Tradescantia virginica*. Ziarenka w warstwie ściennej jak i w pasemkach protoplazmy poruszają się po drogach

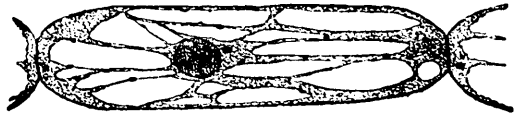


Fig. 102.

Tradescantia virginica. Komórka z włoska pręcikowego. Protoplazma, występująca tu w warstwie do ściany komórki przylegającej i w postaci pasemek, znajduje się w ustawicznym ruchu, co poznajemy po przepływaniu zawartych w niej ziarenek.

[1]) Linie delikatne na owym rysunku wskazują kierunki, w jakich odbywa się ruch protoplazmy.

www.dlibra.wum.edu.pl

zamkniętych, tak że często w jednem i tem samem pasmie dojrzeć można dwa prądy w przeciwnych kierunkach. Niekiedy przytem pasmo takie, a wraz z niem i prądy protoplazmy dzielą się, rozbiegają, powstające ztąd gałęzie zlewają się z innemi napotykanemi. I tak ustawicznie zmienia się kształt i grubość pasemek, a i jądro położone w węźle przeciągających przez komórkę pasem protoplazmy zmienia swe położenie.

W nagich masach protoplazmy ruch, jak to już wyżej opisaliśmy dla ameb, prowadzić może do zmian w położeniu całej masy. Podobnie dzieje się w większych masach protoplazmy śluzowców (*Myxomycetes*), powstałych przez zespolenie się komórek (porówn. fig. 64, str. 340). Tu prądy protoplazmy zachodzą w podobny zupełnie sposób, jak opisane dopiero co ruchy wewnątrz komórek; pasma protoplazmy dzielą się i znów łączą ze sobą. Może też przytem zmieniać się kierunek prądu a przez to i przesuwanie się całej masy. Gdy się to zdarza w protoplazmie zamkniętej w błonie ko-

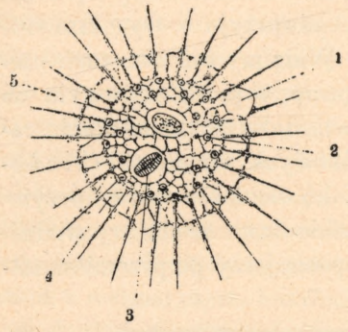


Fig. 103.

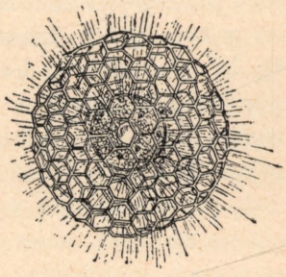


Fig. 104.

Fig. 103. *Actinosphaerium Eichhorni*, słonecznica wód słodkich; 1 wodniczek kurczliwy; 2 jądro; 3 ciałko pokarmowe; 4 ektoplazma; 5 entoplazma.

Fig. 104. *Heliosphaera*, promieniowiec morski o skielecie krzemionkowym i miękkiem ciele galaretowatem. Nibynóżki wychodzące z protoplazmy torebki środkowej przenikają przez ciało i wystają poza granicę tegoż.

mórkowej, dostrzegamy, jak prąd na krótką chwilę ustaje i następnie poczyna się znów w kierunku przeciwnym; u śluzowców prąd w żadnym kierunku nie napotyka przeszkody.

Zbliżone do ameb dwie gromady pierwotniaków, zwane przez zoologów słonecznicami (*Heliozoa*) i promieniowcami (*Radiolaria*) odznaczają się niezmierną cienkością i delikatnością swych nibynóżek. Jako przykłady przytoczymy tu przedstawione na fig. 103 i 104 *Actinosphaerium* i *Heliosphaera*. U obudwu ciało ma postać kulistą; nibynóżki wychodzą z kuli w kierunku promieni. Składają się one nie tak, jak nibynóżki ameb, z samej tylko proto-

www.dlibra.wum.edu.pl

plazmy, lecz mają cienką, nie poruszającą się nić osiową, otoczoną również cienką powłoką protoplazmy. W tej powłoce odbywa się przepływanie ziarenek, przypominające podobne zjawiska w komórkach roślinnych, w dwu przeciwnych kierunkach: jeden prąd dośrodkowy, drugi odśrodkowy. Nitki niekiedy dzielą się, łączą się z nićmi sąsiedniemi i znów się oddzielają. Są to zjawiska podobne do tych, jakie spotykamy w prądach cyrkulacyjnych u komórek roślinnych oraz u śluzowców.

6. Przemieszczanie się całego organizmu zachodzi najczęściej dzięki mięśniom lub wiciom (biczom). U żebropławów (*Ctenophora*) tafelki (blaszki) rzęsowe są niby wielkiemi wićmi, i służą jako narządy miejscozmienności. Żebropławy są to zwierzęta swobodnie w morzach żyjące, których ciało gruszkowatego 6. Zmiana miejsca.

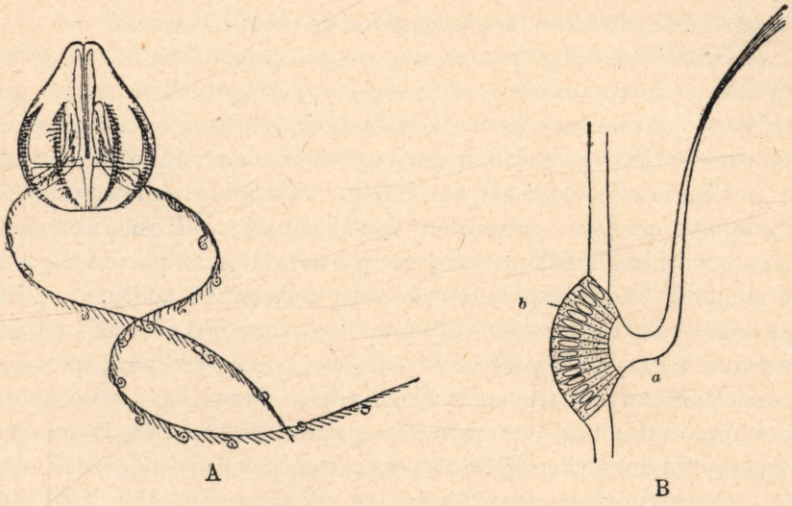


Fig. 105.

A. Hormiphera plumosa, żebropław z dwiema nićmi chwytnemi, zaopatrzonemi w komórki lepkie, i ośmioma żeberkami, niosącemi blaszki pławne.

B. Blaszka pławna z t. zw. zgrubieniem podstawowem, utworzonem z komórek nabłonkowych (b). Delikatne prążkowanie podłużne u końca wskazuje, że blaszka złożona jest z zespolonych z sobą rzęs.

lub owalnego kształtu składa się z delikatnej galaretowatej masy. Należą one do jamochłonów (*Coelenterata*), najniższej grupy tkankowców (*Metazoa*). Ich narząd ruchowy złożony jest z licznych blaszek drgających, migawkowych, umieszczonych na ośmiu podłużnych żeberkach, ustawionych symetrycznie do osi. Blaszki te wygięte są w kształcie litery *S*, podłużnie prążkowane, a należy je pojmować jako długie sklejone ze sobą rzęsy lub bicze. Gdy zakrzywienie przy *a* wyprostowuje się wskutek skurczu włókien,

www.dlibra.wum.edu.pl

wyprostowuje się też płytka i wywiera ciśnienie na wodę, wskutek czego zwierzątko odskakuje w kierunku przeciwnym. Skurcz równomiernie zachodzi w blaszkach każdego szeregu, poczynając od blaszki najbardziej nazewnątrz położonej i falisto w całym szeregu przebiegając.

Osobliwy sposób przemieszczania się zauważono u baryłeczkowatych (*Desmidiaceae*). Są to wodorosty jednokomórkowe o rozmaitych, często dziwacznych kształtach gwiazd, półksiężyców i t. p. Protoplazma w błonie komórkowej zawarta przez otwory w błonie wyciska nici śluzowe, które wskutek swej gęstości i lepkości przywierają do podstawy i w ten sposób posuwają naprzód całą komórkę. Ten sam rodzaj ruchu obserwowali niektórzy badacze w okrzemkach (*Diatomeae*). Ciało protoplazmatyczne tych drobnych wodorostów zamknięte jest w dwuskorupowej torebce, których połówki dopasowane są do siebie jak pokrywa do pudełka. Inni badacze wszakże utrzymują, że ruch okrzemek odbywa się przy pomocy prawdziwych nibynóżek, które wypełzają z otworów skorupek.

Najwyższy stopień rozwoju osiąga kurczliwość w takich komórkach, które znacznie wyrastają w jednym kierunku, i gdy nadto w tymże kierunku współcześnie kurczliwość doskonale jest rozwinięta. Utwory takie nazywamy włóknami mięśniowemi.

Właściwe, doskonale rozwinięte włókno mięśniowe (mięsne) występuje w dwu postaciach, jako kurczliwa komórka mięśniowa i jako włókno mięsne, powstałe przez połączenie wielu komórek, które zespolone są ze sobą w kierunku podłużnym. Ponieważ w tak utworzonem włóknie wyrażone jest jeszcze i zróżnicowanie materyi kurczliwej w ten sposób, że występują tu w kierunku podłużnym naprzemian odcinki jaśniejsze i ciemniejsze, przeto włókno takie nosi też nazwę poprzecznie prążkowanego, zwykłą zaś komórkę mięśniową nazywamy włóknem gładkiem.

O włóknach mięsnych była już mowa w rozdziale XIII, § 8. Wydłużone, wrzecionowatej formy komórki muskulatury gładkiej mają również wydłużone, formy pręcikowej jądro. Końce tych komórek najczęściej są zaostrzone, niekiedy świderkowato skręcone. Rozmieszczone wśród innych tkanek lub ułożone w mniej lub więcej zbite warstwy, włókna te przez swe skracanie się mogą zmieniać kształt organów, w których się znajdują. Najczęściej spotykamy je u zwierząt wyższych w ścianach jam, rur i naczyń (przewód pokarmowy, naczynia krwionośne i limfatyczne), zazwyczaj jako podwójną warstwę mięśniową. Kierunki podłużne włókien w tych obudwu warstwach najczęściej są względem siebie prostopadłe. W utworach rurowatych jedna warstwa utworzona jest z włókien, obejmujących światło rury w postaci pierścieni

www.dlibra.wum.edu.pl

(warstwa włókien okrężna), a skurcz tych włókien zwęża rurę, zmniejsza jej średnicę.

Włókna mięsne poprzecznie prążkowane połączone są zawsze w większej liczbie przy pomocy osłaniającej je tkanki łącznej i tworzą właściwe organy, mięśnie (muskuły). Każdy przeto mięsień składa się z mniejszej lub większej liczby włókien mięsnych, które niekiedy wszystkie jednakowej są długości i ułożone są obok siebie równolegle, lecz częściej mają długość rozmaitą i przebiegają w różnych kierunkach. W tym ostatnim przypadku sprawność mechaniczna, osiągana przez skracanie się włókien, jest wypadkową wszystkich pojedyńczych działań w pewnym oznaczonym kierunku, w którym mięsień jest rozpięty pomiędzy ruchomemi częściami skieletu. U zwierząt kręgowych temi częściami ruchomemi są kości, u stawonogów są to części skieletu zewnętrznego. I u zwierząt, które właściwego skieletu nie mają, lecz posiadają części ciała stałe, dające się względem siebie przemieszczać, ruchy te dokonywać się mogą przy pomocy mięśni. U mięczaków np. obiedwie skorupki (muszle) połączone są ze sobą za pomocą stawu. Sprężyste wiązadło po jednej stronie stawu tak jest napięte, że dzięki temu prężeniu powiększa kąt pomiędzy skorupami, podczas gdy mięsień zamykający, obudwoma końcami do skorupek przyczepiony, przyciska je do siebie. Lecz niektóre mięśnie poprzecznie prążkowane tylko jednym swym końcem związane są z utworami twardemi (np. kośćmi), inne mięśnie wogóle łączą się tylko z częściami miękkiemi, jak to już wspomnieliśmy wyżej o włóknach mięśniowych gładkich. Zarówno odnosi się to do zwierząt posiadających skielet, jak i do tych, które skieletu nie mają; u pierwszych dotyczy to oczywiście tylko małej części mięśni. W tych razach działanie mięśni polega na przesuwaniu części miękkich, albo, gdy otaczają jamy, np. serca, na zmniejszaniu objętości tych jam i wypieraniu mas w jamach tych zawartych.

Zbyt daleko zaprowadziłoby nas, gdybyśmy zechcieli poszczególnie rozpatrywać wszelkie rozmaite rodzaje ruchów, które wykonywać mogą zwierzęta dzięki skurczom swych mięśni. Przykłady tych ruchów przytoczyliśmy już wyżej, a zresztą musimy w tym względzie odesłać czytelnika do fizyologii szczegółowej, która rozważa najważniejsze formy tych ruchów, jako to chodzenie, bieganie, pełzanie, latanie, pływanie i t. p. Pragnąc tylko wskazać, w jaki sposób, odmienny od ruchów zwierząt wyższych, poruszanie w przestrzeni odbywać się może, przytoczymy tu kilka słów o narządach ruchu u rozgwiazd (*Asteroidea*). Zwierzęta te należą do typu szkarłupni (*Echinodermata*), które, pomijając nieliczne wyjątki, mają budowę pięciopromieniową. Posiadają one skielet skórny

www.dlibra.wum.edu.pl

utworzony z płytek wapiennych, a części tego skieletu bardzo mało są ruchome, u niektórych form nawet zupełnie są nieruchome, lecz otaczają całe ciało jak pancerz [1]). Pomiędzy dwoma z owych pięciu promieni, w pobliżu otworu ustnego położonego w środku, znajduje się na kształt sita przedziurawiona płytka madreporowa (porówn. fig. 106), od której przewód kamienny prowadzi do otaczającego usta przewodu okrężnego (pierścień wodny). W pierścieniu wodnym znajduje się pięć wypuklin, t. zw. pęcherzyki Poliego. Pomiędzy niemi wychodzi z pierścienia wodnego pięć kanalików (przewody wodne promieniste), z których każdy oddaje dwa szeregi kanalików bocznych; każdy z tych bocznych kanalików ma mały woreczek wewnątrz ciała położony (*ampulla*); a sam kanalik kończy się „nóżką ambulakralną", wystającą nad powierzchnię pancerza. Cały ten układ podobny jest do układu pokarmowo-naczyniowego (porówn. rozdz. XIV, § 3). Lecz tutaj rozwinął się on w przy-

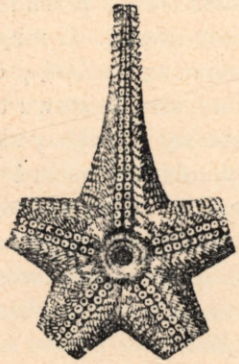


Fig. 106.

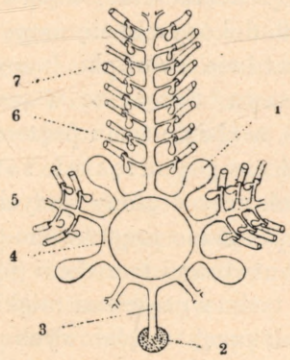


Fig. 107.

Fig. 106. *Phytonaster Murrayi*, rozgwiazda, od strony brzusznej; ramiona w części tylko przedstawione. Widać bróżdy ambulakralne i sterczące z nich przyssawki nóżek.

Fig. 107. Układ ambulakralny rozgwiazdy, schematycznie: 1 pęcherzyk Poliego; 2 płytka madreporowa (sitowa); 3 przewód kamienny; 4 pierścień wodny; 5 przewód ambulakralny; 6 „ampullae" nóżek; 7 nóżki.

rząd ruchowy. Gdy woda, wessana przez otwory płytki sitowej (madreporowej), zostaje wtłoczona do „nóżek", te ostatnie wyciągają się; następnie czepiają się one podstawy, skracają się wskutek skurczu swych mięśni i pociągają za sobą całe ciało zwierzęcia. Rozgwiazda przeto może się posuwać w pięciu kierunkach. Gdy ją położymy na „grzbiecie", t. j. na

[1]) Jedna gromada szkarłupni, mianowicie strzykwy (*Holothuriae*) ma skielet skórny w stanie szczątkowym. Przeważna część posiada skielet usiany igłami, kolcami.

www.dlibra.wum.edu.pl

stronie przeciwległej nóżkom, czyli na powierzchni górnej podczas ruchów, wówczas póty porusza ona „ramionami“, aż uczepi się stałej podstawy „nóżką“, poczem udaje jej się już odwrócić.

7. Wiadomości nasze o własnościach fizyologicznych mięśni zdobyte zostały prawie wyłącznie przez badanie włókien mięśniowych poprzecznie prążkowanych. Zwłaszcza mięśnie zwierząt zimnokrwistych nadają się do badań, ponieważ nawet wyosobnione z ciała zachowują jeszcze przez czas długi właściwości życiowe.

7. Własności mięśni poprzecznie prążkowanych.

Gdy włókna mięsne gładkie zachowują kształt i cechy pojedyńczych komórek, natomiast włókna poprzecznie prążkowane, jak już wspomniano, powstały przez podział komórek. Niekiedy, jak np. w mięśniu sercowym, granice komórek pozostają widoczne. W przeważnej wszelako liczbie włókien poprzecznie prążkowanych ułożone obok siebie wzdłuż włókna tak się z sobą spajają, że powstaje włókno pozornie do jednej komórki podobne; tylko jądra ułożone w regularnych odstępach a otoczone resztą protoplazmy, która nie zamieniła się całkowicie na kurczliwą substancyą mięśniową, wskazują powstanie takiego włókna z podziału komórek. Włókna takie mogą osiągnąć długość wielu centymetrów. Kilka włókien o zaostrzonych końcach tak może być ze sobą sklejonych, że razem tworzą włókna jeszcze znacznie dłuższe.

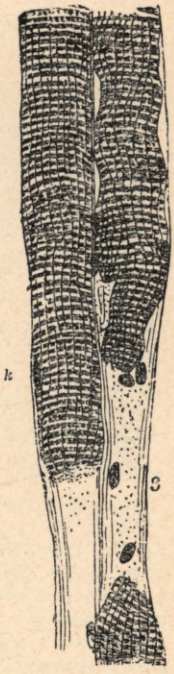


Fig. 108.

Dwa włókna mięśniowe poprzecznie prążkowane. We włóknie 1-em widać zakończenie tegoż i przejście w ścięgno; w *k* widać jądro. Włókno 2-ie jest rozgniecione; w *s* widać pustą osłonkę (sarkolemma), w której znajdują się jądra.

Każde włókno mięsne kręgowców objęte jest osłonką, t. zw. sarkolemmą, której końce łączą się z włóknami tkanki łącznej zmieszanemi z licznemi włóknami sprężystemi. Z tych ostatnich tworzą się ścięgna, któremi mięśnie przymocowują się do innych części ciała, zwłaszcza do kości. Kurczliwa masa włókna mięsnego wskazuje prostopadle do podłużnego kierunku włókna prążki na przemian jasne i ciemne. Ztąd nazwa mięśni poprzecznie prążkowanych. Fig. 108 daje nam obraz takich włókien przy średnich powiększeniach.

Badając włókna mięsne w świetle spolaryzowanem, przekonywamy się, że to, co w świetle zwykłem ukazuje się jako jasny prążek poprzeczny, jest substancyą załamującą pojedyńczo, to zaś, co jest ciemnym

www.dlibra.wum.edu.pl

prążkiem poprzecznym, załamuje podwójnie. Znaczniejsze powiększenia mikroskopowe dowodzą nadto, że każdy prążek ciemny składa się z dwu pasków oddzielonych od siebie substancyą pojedyńczo załamującą światło, i że w warstwie pojedyńczo załamującej znajduje się jeszcze delikatny prążek ciemny (porówn. fig. 109).



Fig. 109.

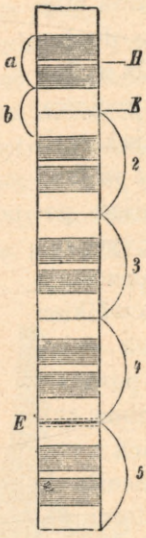


Fig. 110.

Fig. 109. Kawałek sztucznie zabarwionego włókna mięsnego w znacznem powiększeniu (1000 : 1). Ciemny pas poprzeczny podzielony jest na dwa pasemka; w substancyi jasnej, pojedyńczo załamującej światło, widać jeszcze delikatny prążek ciemny, załamujący podwójnie. Prócz tego włókno wskazuje jeszcze prążkowanie podłużne, tak że wydaje się jak gdyby złożone z mnóstwa prawidłowo ułożonych cząstek pryzmatycznych.

Fig. 110. Schemat włókienka mięśniowego. *a* substancya podwójnie załamująca światło, *b* pojedyńczo załamująca. *H* krążek środkowy, dzielący ciemny pasek poprzecznie na dwa oddzielne pasemka. *K* linia poprzeczna oddzielająca cząstki pierwiastkowe włókienka. Liczby oznaczają poszczególne cząstki pierwiastkowe.

Działając rozmaitemi odczynnikami, można włókno mięsne rozszczepić wzdłuż na bardzo delikatne włókienka (*fibrillae*). Niektóre włókna mięsne, np. owadów, rozpadają się też na fibrylle łatwo same przez się. W każdem takiem włókienku można jeszcze rozpoznać prawidłowy układ prążków jasnych i ciemnych, jak w całem włóknie. Trudniej rozszczepić włókno mięsne w poprzek. Gdy się to wszakże udaje, rozpad następuje zawsze w miejscach delikatnych linijek, które dzielą prążki jasne na dwie połowy (porówn. fig. 109). Jako wynik wszystkich tych badań możemy przeto wypowiedzieć pogląd, że całe włókno mięsne składa się z bardzo dużej liczby owych małych cząstek pryzmatycznych, które rozglądane na płaszczyźnie (tak jak przedstawia je fig. 109) ukazują się w postaci pól prostokątnych. Przez układanie tych cząstek obok siebie w kierunku podłużnym powstają włókienka, których budowę schematycznie przedstawia fig. 110; a przez układanie się włókienek obok siebie powstają oddzielne włókna mięsne.

Jeżeli pogląd ten jest słuszny, w takim razie każda z owych drobnych cząstek pryzmatycznych, położonych pomiędzy dwoma prążkami ciemnemi przepołowiającemi jasną substancyą, zawiera już wszystkie elementy całego włókna mięsnego, a włókno jako całość może być uważane za utwór, złożony z prawidłowo uszeregowanego zbioru wszystkich tych drobnych cząstek. Przy skurczu mięśnia każda taka drobna cząstka skraca się i jednocześnie staje się grubszą; suma tych zmian formy stanowi to, co spostrzegamy jako zmianę formy całego włókna, a tam, gdzie liczne włókna

www.dlibra.wum.edu.pl

składają się na mięsień, to, co widzimy jako zmianę formy całego mięśnia [1]).

Mięśnie zwierzęcia żyjącego kurczą się pod wpływem podniety wychodzącej z układu nerwowego; w mięśniach wyciętych można sprowadzić skurcz przy pomocy rozmaitych bodźców. Umocowawszy jeden koniec mięśnia nieruchomo a połączywszy drugi koniec z drążkiem, który, podobnie jak kości w ciele zwierzęcem wprawiony zostaje w ruch przy skurczu mięśnia, możemy doskonale badać zjawisko skurczu oraz wpływ na nie rozmaitych czynników.

Jeżeli na mięśniu zawiesimy ciężarki, zostaną one przy skurczu mięśnia podniesione. Mięsień zatem, kurcząc się, jest w stanie wykonać pracę. Stan skurczu nazywamy przeto stanem czynnym mięśnia w odróżnieniu od stanu spoczynku, kiedy mięsień nie jest skurczony. Mięsień wyosobniony, wycięty z ciała zwierzęcia, pod wpływem działającego nań bodźca przechodzi ze stanu spoczynku w stan czynny, a znów powraca do spoczynku, gdy bodziec działać nań przestanie. Jako bodziec najlepiej, najpewniej działający okazuje się krótkotrwały prąd elektryczny, jaki łatwo otrzymać można z maszyny elektrycznej indukcyjnej (prąd przerywany). Skurcz mięśnia wywołany przez taki bodziec, a trwający niezmiernie krótko, nazywamy drgnięciem. Gdy bodziec powtarza się z pewną dość znaczną szybkością, wówczas mięsień przez cały czas trwania tego drażnienia, pobudzenia pozostaje w stanie skurczu. Skurcz taki długotrwały nazywamy tężcem (*tetanus*).

Zależnie od długości włókien, od grubości mięśnia i od wielkości ciężaru rozmaitą jest sprawność mechaniczna mięśnia podczas skurczu [2]). Dla każdego wszakże mięśnia stopień jego skraca-

---

[1]) Włókna mięśniowe gładkie ukazują się w świetle spolaryzowanem jako jednorodnie w całej masie załamujące światło podwójnie. Gdy we włóknach poprzecznie prążkowanych substancye pojedyńczo i podwójnie załamujące światło prawidłowo są w sposób wyżej opisany ułożone, natomiast we włóknach gładkich substancya podwójnie łamiąca jest niejako jednostajnie rozproszona pośród łamiącej pojedyńczo. Mięśnie poprzecznie prążkowane stanowią zatem stopień wyższy zróżnicowania materyi kurczliwej.

[2]) Grubość mięśnia zależy od liczby zespolonych w nim włókien, albowiem grubość włókien waha się zazwyczaj tylko w nieznacznych granicach. Na sprawność mięśni wpływa także siła podniety. Przy pewnej oznaczonej sile bodźca sprawność osiąga maximum, powyżej którego podnieść się nie może. W rozważaniach następnych przypuszczamy, że podrażnienie jest maksymalne. O drażnieniu porówn. rozdz. następny.

www.dlibra.wum.edu.pl

nia się czyli wysokość, na którą podnosi on zawieszony u wolnego końca ciężar, jest tem mniejsza, im bardziej ciężar wzrasta, tak że wreszcie przy pewnem maksymalnem obciążeniu wysokość ta staje się zerem czyli mięsień wcale się nie kurczy. Iloczyn z ciężaru podnoszonego przez wysokość stanowi pracę, jaką mięsień wykonywa podczas skurczu. Praca ta musi być równoważną energii w mięśniu zużytej. Nie ulega żadnej wątpliwości, że ta energia cynetyczna pochodzi z przeobrażeń chemicznych, które w mięśniu zachodzą. Mięśnie wycięte zmieniają się chemicznie podczas czynności. Jeszcze wyraźniej ujawnia się związek pomiędzy pracą mięśniową a procesami chemicznemi w badaniach porównawczych nad przerobem materyi u człowieka i zwierząt podczas spoczynku i przy większych wysiłkach fizycznych. Zwłaszcza wydalanie dwutlenku węgla wzmaga się znacznie skutkiem pracy mięśniowej. Sprawność mięśnia jest przeto, podobnie jak działanie maszyny parowej, wynikiem przemiany energii potencyalnej powinowactwa chemicznego na energią cynetyczną. Jak w maszynie parowej, tak i w mięśniu współcześnie z pracą mechaniczną wytwarza się ciepło. Mięśnie podczas pracy rozgrzewają się. Prawdopodobnie jednocześnie powstają tu obok siebie obadwa rodzaje energii cynetycznej (ruchu i ciepła), podczas gdy w maszynie parowej naprzód wytwarza się tylko ciepło, z którego następnie część przeobraża się na pracę mechaniczną (porówn. rozdz. XVII, § 6).

8. Znużenie i spoczynek.

8. Skoro części składowe mięśnia, utleniając się, stanowią źródło pracy mięśniowej, przeto praca prowadzić musi do straty tych części składowych. Strata ta we wnętrzu żywego organizmu może być pokrywana zzewnątrz, u zwierząt wyższych przez pośrednictwo krwi. Lecz zanim jeszcze w mięśniu wyczerpał się zapas owych materyałów, będących źródłem pracy, następuje chwila, w której sprawność mięśnia, czy to wyciętego, czy pozostającego jeszcze w prawidłowym związku z ustrojem, poczyna cierpieć. Dowiedziono, że pochodzi to wskutek skupienia się w mięśniu produktów rozkładu, powstających podczas jego czynności. Procesy chemiczne, z których powstaje energia mechaniczna mięśnia, działają zakłócająco na dalszą jego czynność na długo już przedtem, zanim wszystkie zawarte w mięśniu materye, będące źródłem jego pracy, zostaną zużyte.

Jeżeli mięsień wycięty drażnimy stale lub wielokrotnie w krótkich pauzach bodźcami przerywanemi, wówczas zakłócenie jego czynności ujawnia się w tem, że skurcze stopniowo stają się coraz mniejsze. Zjawisko to nazywamy *znużeniem*. Występuje

www.dlibra.wum.edu.pl

ono również w mięśniach organizmu całego, bez względu na to, czy kurczą się one pod wpływem układu nerwowego, czy wskutek działania podniet sztucznych. Lecz gdy mięsień pozostaje w naturalnym związku z całym ustrojem, wówczas materye nużące, jak nazywamy krótko owe produkty rozkładu, przechodzą w krew, która je uprowadza; mięsień może dość szybko pozbyć się znużenia, wypocząć, powrócić do pierwotnej swej sprawności. W mięśniach wyciętych „materye nużące“, które powstają wewnątrz włókien mięsnych, mogą zostać niejako rozcieńczone wskutek dyfuzyi do tkanki łącznej otaczającej włókna; i w tym przeto razie mięsień pozbywa się znużenia, jakkolwiek w stopniu mniejszym, i coraz gorzej wypoczywa w miarę trwania podrażnienia. Wreszcie mięsień nie powraca do sił; powiadamy, że się wyczerpał. Badając chemicznie takie mięśnie wyczerpane, przekonamy się, że się one w swym składzie różnią od mięśni świeżych, nieznużonych. Ilość rozpuszczalnych w wodzie części składowych powiększyła się. Musiały przeto podczas pracy mięśnia z pewnych w wodzie nierozpuszczalnych związków powstać inne, w wodzie rozpuszczalne. Część tych przeobrażeń chemicznych polega z pewnością na zjawiskach utlenienia. Występuje przy tem jeszcze jedna zmiana godna uwagi. Żywe, świeże mięśnie mają odczyn obojętny lub słabo alkaliczny; mięśnie zaś, które znużyły się pracą, mają odczyn kwaśny. Wytworzony tu kwas jest kwas mięsomleczny (porówn. rozdz. IX, § 10), jeden z najsilniej „nużących“ związków. Powstaje on prawdopodobnie wskutek rozszczepienia jednego z zawartych w substancyi mięśnia ciał białkowych, sam zaś działa na miozynogen w taki sposób, że wydziela zeń miozynę (porówn. rozdz. X, § 16). Część kwasu mięsomlecznego prawdopodobnie utlenia się dalej na CO_2 i H_2O, druga zaś część łączy się z obecnemi zasadami na sole tego kwasu albo też, jeżeli nie starczy zasad do całkowitego zobojętnienia, pozostaje w stanie wolnym.

W zasilanych krwią mięśniach zwierząt żyjących nie brak nigdy związków zasadowych, zwłaszcza związków sodu, których nadmiar zawsze we krwi jest zawarty. Powstające sole sodowe przechodzą do krwi i w części dostają się następnie do moczu. Mocz ludzi pracujących fizycznie często zawiera ilości dające się wykryć kwasu mlecznego, mocz zaś ludzi nie pracujących zazwyczaj kwasu tego nie zawiera. Jeżeli w organizmie żywym mięśnie nużą się, to pochodzić to musi zapewne ztąd, że kwas mleczny wraz z innemi materyami „nużącemi“ nie mogą być usunięte dostatecznie szybko i dlatego skupiają się, jakkolwiek powolniej aniżeli w mięśniach wyciętych. W tym razie dopiero po dłuższym czasie nastąpić może wypoczynek zupełny.

www.dlibra.wum.edu.pl

Zmiany chemiczne podobne do tych, jakie odbywają się podczas czynności, zachodzą także w mięśniu spoczywającym, co prawda w stopniu znacznie mniejszym. Gdy świeże mięśnie wycięte leżą przez czas dłuższy, stają się one kwaśne; znajdujemy w nich wolny kwas mięsomleczny oraz sole tego kwasu. To przeobrażenie zachodzi tem szybciej, im wyższa jest temperatura mięśni; gdy są one ogrzane do 45°, występuje to już w ciągu niewielu minut. W mięśniach zwierząt ciepłokrwistych, nawet w temperaturze nizkiej, zmiana ta odbywa się prędzej niż w mięśniach zwierząt zimnokrwistych. Te same reakcye zachodzą w mięśniach niewyciętych z ciała po śmierci zwierzęcia, kiedy krążenie krwi ustało.

Współcześnie z wytwarzaniem się kwasu zachodzi w mięśniu także zmiana dla oka widzialna; staje się on ciastowaty, mniej przezroczysty i nieco się skraca. Gdy następuje to we wszystkich mięśniach ciała, wówczas całe ciało sztywnieje. Stan ten nazywamy *tężcem pośmiertnym*. Bezpośrednią przyczyną tych zmian jest przejście rozpuszczonego miozynogenu w stan nierozpuszczalnej *miozyny*.

Czy przeobrażenia chemiczne w spoczynku i w stanie czynności są identyczne i tylko różnią się pod względem ilościowym, tego stwierdzić z dokładnością nie zdołano. Bądźcobądź i w mięśniu spoczywającym zachodzą przemiany chemiczne, które w części połączone są z utlenianiem się substancyi mięśniowej; i mięsień spoczywający, podobnie jak wszelka tkanka żywa, wytwarza ustawicznie ciepło. W okresie czynności wszakże nie tylko wszystkie zjawiska chemiczne zachodzą żwawiej, tak że i produkcya ciepła o wiele jest znaczniejsza, lecz nadto duża część owej wyzwalającej się skutkiem utlenień energii cynetycznej przechodzi bezpośrednio w pracę mechaniczną.

Oczywiście z tem wzmożonem utlenianiem połączone jest zwiększone zużywanie się materyałów skupionych w mięśniu. Jeżeli sprawność mięśni ma być zachowana, należy straty te pokryć, co może nastąpić tylko przez dowóz ze strony krwi, która znów ze swej strony pobiera potrzebne materye z pokarmu. Otóż dla sprawy odżywiania racyonalnego ludzi i zwierząt pracujących ważnem jest niezmiernie, że po uciążliwej pracy mięśniowej wydalanie materyj azotowych podnosi się zaledwie bardzo nieznacznie, natomiast wzrasta bardzo wydalanie dwutlenku węgla. Stwierdzono, że ilość węgla, głównie w postaci dwutlenku węgla wydalana przeciętnie przez człowieka dorosłego w ciągu doby, wynosi około 250 gramów, a ilość ta podnosi się do 350 gramów przy cięższej pracy mięśniowej. Praca zatem mięśniowa, jeśli nie całkowicie, to w przeważnej części odbywa się kosztem utleniających się materyj bezazotowych. Niewątpliwie i azotowe części składowe mięśnia przy

www.dlibra.wum.edu.pl

czynności tegoż nie pozostają bez zmiany; usprawiedliwionem jest wszakże przypuszczenie, że zmiany te prowadzą tylko do takich związków, które albo w mięśniu samym albo w innych miejscach ustroju mogą znów być przeobrażone na pierwotne związki, z których powstały. Lecz zresztą o tych zjawiskach wiadomo nam jeszcze zbyt mało, abyśmy mogli o nich obszerniej tu wykładać.

Pragnąc porównać całkowitą w ustroju wyzwalającą się energią cynetyczną z energią wytwarzaną równocześnie przez przemiany chemiczne, należy brać w rachubę wydatek energii mechanicznej w postaci pracy zewnętrznej, jak przemieszczania się zwierząt w przestrzeni, podnoszenia ciężarów i t. d. Bliższe szczegóły o tem porówn. w rozdz. XVII, § 6.

9. Prąd elektryczny.

9. Zjawisko powstawania prądu elektrycznego bardzo jest rozpowszechnione w tkankach zwierzęcych i roślinnych, lecz bardzo mała tylko część energii tworów żywych występuje w tej postaci. Tylko w organach elektrycznych u niektórych ryb prądy elektryczne osiągają większą siłę. Z rozmaitych form energii, które sprowadzają prądy elektryczne, w tkankach żywych może być brana w rachubę tylko energia powinowactwa chemicznego. Lecz ponieważ niema tu energicznie działających kombinacyj metalów z cieczami, mogą przeto ujawniać się tylko słabe siły elektromotoryczne. Tam tylko, gdzie mnóstwo sił tego rodzaju działa w jednym kierunku i sumuje się, podobnie jak w ogniwach stosu galwanicznego, działanie może być znaczniejsze. Zdaje się, że dzieje się to w organach elektrycznych. W stopniu mniejszym czynnemi elektrycznie są mięśnie, nerwy i gruczoły. Prawdopodobnie w tkankach tych cząstki elektrycznie czynne ułożone są w pewien sposób prawidłowy.

Do wykrywania słabych prądów elektrycznych służą galwanometry, którym można nadać bardzo duży stopień czułości. Do niektórych badań, zwłaszcza gdy chodzi o wykrywanie szybkich zmian elektromotorycznych, nadają się także kapilarne elektrometry rtęciowe. Ponieważ chemicznie różne cząstki tkanek, z których wychodzą działania elektryczne, znajdują się we wnętrzu tkanek i ze wszech stron otoczone są cieczami przewodzącemi elektryczność, przeto przez przyrządy, stosowane do wykrywania strumieni elektrycznych, przechodzi zawsze tylko część prądu, nawet wówczas, kiedy bieguny dotykają dwu punktów o różnem napięciu elektrycznem. Można więc przypuszczać, że krążące w samych tkankach strumienie elektryczne są silniejsze od słabych zazwyczaj prądów, które przyrządy nasze wykazują.

Wobec dużej różnorodności chemicznie odmiennych związków

www.dlibra.wum.edu.pl

w tkankach, wszędzie niemal znajdują się warunki sprzyjające powstawaniu prądów elektrycznych. Od układu cząstek zależeć musi, czy pewna dająca się wymierzyć część tych prądów przepłynie przez przewodniki stosowanych przez nas przyrządów. Tam przeto, gdzie przyrządy wykazują nam prądy, wnosić możemy, że we wnętrzu tkanek elektryczność się wytwarza. Natomiast wniosek odwrotny nie koniecznie musi być słuszny: nie zawsze nie ma sił elektromotorycznych w tkankach, jeżeli przyrządy nasze ich nie wykrywają. Bądźcobądź wszakże istnienie tych sił tylko wtedy przyjmować należy, jeżeli przemawiają za tem bardzo poważne dowody.

W tłumaczeniu faktów doświadczalnie stwierdzonych dwa odmienne poglądy na zjawiska elektryczności zwierzęcej przytoczyć należy. E. du Bois-Reymond, który bardzo pilnie i ściśle badał w tym kierunku mięśnie i nerwy, przypuszczał, że we wnętrzu tych tkanek znajdują się ułożone w porządku prawidłowym, regularnym cząstki elektrycznie czynne. Większość natomiast fizyologów współczesnych broni zdania, że przeciwieństwa elektryczne powstają dopiero wskutek miejscowych obrażeń tych tkanek lub ich obumarcia. Opierają się ci badacze na fakcie niewątpliwym, że w mięśniach i nerwach nieuszkodzonych nie można w spoczynku wykryć sił elektrycznych. Ponieważ wszakże siły takie występują podczas czynności, to należy przypuścić, że powstają one wskutek zmiany w uporządkowaniu już przedtem istniejących elektrycznie czynnych części albo też mają swe źródło w przeobrażeniu chemicznem cząstek, które dopiero czyni je elektrycznie czynnemi.

Nie możemy tutaj przytaczać argumentów za i przeciw obudwu tym teoryom. Obiedwie one są niczem innnem jak obrazowem tłumaczeniem zjawisk, symbolem, który uprzystępnia niejako fakty naszemu umysłowi. Ważnem dla nas w tem wszystkiem jest to tylko, że w mięśniach, nerwach i gruczołach współcześnie z czynnością fizyologiczną występują pewne zmiany elektryczne. Jeżeli już i podczas spoczynku prąd daje się wykryć, w takim razie czynność sprowadza osłabienie tegoż; ztąd nazwa wprowadzona przez du Bois-Reymonda „wahanie wsteczne prądu“. Mięśnie, nerwy i gruczoły dużo mają podobieństw pod względem fizyologicznym, o czem w rozdziale następnym będzie jeszcze mowa. Niewątpliwie przeto jest rzeczą znamienną, że właśnie w tych organach zjawiska elektryczne występują w sposób tak prawidłowy. Jako fakt niezmiernie ważny zasługuje nadto na podniesienie okoliczność, że organy elektryczne, które w czynnościach swych sprowadzają najsilniejsze prądy elektryczne, wśród wszystkich tkanek zwierzęcych

www.dlibra.wum.edu.pl

i roślinnych, są, jak o tem poucza embryologia i anatomia porównawcza, zmodyfikowanemi mięśniami.

W roślinach również występują słabe różnice napięcia elektrycznego. Tak np. młoda roślinka kształtu takiego, jak wskazuje fig. 93 *C* (str. 390), wskazuje w *h* największe napięcie dodatnie; gdy więc to miejsce połączymy z punktem wyżej lub niżej położonym za pomocą przewodnika, dostrzegamy, że prąd z miejsca *h* wychodzi. Nieco silniejsze prądy elektryczne otrzymujemy w roślinach drażliwych. O tych również będzie mowa w rozdziale następnym.

10. Wytwarzanie widocznego dla oka naszego światła, świecenie właściwe jest najrozmaitszym istotom roślinnym i zwierzęcym lub pewnym ich organom. Tak np. rozmaite bakterye powodują świecenie gnijącego drzewa, mięsa i t. d., jak *Bacterium phosphorescens*, występujące na rybach morskich, *Vibrio phosphorescens*, znajdowany w wodzie Elby w Hamburgu i w wypróżnieniach kiszkowych mieszkańców tego miasta, oraz inne[1]). Z grzybów wyższych świecą: opienka brzozowa *Agaricus melleus* grzyb pasorzytny drzew, *Agaricus olearius*, który wyrasta w Europie południowej, śród oliwek i in. Ze zwierząt wysyłających światło wymieniamy przedewszystkiem należącą do gromady wiciowców *Noctiluca miliaris*. Zwierzątka te kuliste, duże na 1 *mm* mniej więcej, poruszające się przy pomocy delikatnych wici, w niektóre noce tak obficie występują na powierzchni wody, że za każdem wstrząśnieniem, za każdem uderzeniem fali o brzeg woda sama zdaje się świecić, co u morza północnego zachwycający przedstawia obraz podczas ciemnych nocy. Do świecenia morza przyczyniają się jeszcze niektóre promieniowce (*Radiolaria*) i ognice (*Pyrosoma*). Pośród zwierząt lądowych w organy świecące opatrzone są rozmaite owady, tak np. znany świetlik czyli robaczek świętojański (*Lampyris noctiluca*) oraz liczne pokrewne z nim chrząszcze Ameryki środkowej i południowej z rodzaju świecieli (*Pyrophorus*). Ze zwierząt morskich świecą też liczne w znacznych głębinach żyjące raki oraz również rozmaite do fauny głębinowej należące ryby. Niedawno temu Chun podczas swej wyprawy na poszukiwania faunistyczne znacznych głębi morskich odkrył nieznane dotychczas ryby świecące Nie mamy jeszcze zupełnie dokładnych wiadomości o badaniach nad organami świecącemi tych zwierząt. Natomiast dokładnie zbadał i opisał Chun organy świecące skorupiaków ze

10. Wytwarzanie światła.

[1]) Bakterye występujące na mięsie świecącem nie wywierają, o ile wiadomo, specyficznego działania trującego.

www.dlibra.wum.edu.pl

znacznych głębin morskich; o funkcyi tych organów nie może być wątpliwości, albowiem świecenie ich bezpośrednio obserwowano [1]).

Skorupiaki świecące, t. zw. *Euphasia*, należące do rzędu szczeponogów (*Schizopoda*) są mieszkańcami morza i stanowią część składową t. zw. planktonu. Niektóre rodzaje napotykamy tylko w warstwach powierzchownych, inne żyją w głębiach, do których nie przenika nigdy promień światła, gdyż światło całkowicie zostaje już pochłonięte w wyższych warstwach wody. To samo powiedzieć trzeba o wspomnianych wyżej rybach głębinowych. Ponieważ wszakże zwierzęta te posiadają doskonale rozwinięte oczy, a więc widzą, muszą przeto same oświetlać przestrzeń, w której szukają dla siebie zdobyczy. Do tego służą im właśnie „organy świecące“. Organy te umieszczone są już to w sąsiedztwie oczu, połączone niejako z temi ostatniemi w jeden narząd, już też pomiędzy odnóżami na części piersiowej lub brzusznej. Poza przyrządem wysyłającym światło znajduje się kulisty lub parabolicznie wygięty reflektor, który odbija światło ku przodowi. Organy świecące odznaczają się jeszcze i tem, że pomieszczona jest w nich soczewka, która koncentruje w sobie promienie światła i wysyła je w pewnym oznaczonym kierunku. Podczas gdy organy świecące połączone z oczami mogą się wraz z narządem wzroku zwracać w rozmaitych kierunkach, natomiast narządy świecące umieszczone na tułowiu poruszają się dzięki czynności mięśni, brzuszne w płaszczyźnie przechodzącej przez środek ciała, inne zaś w płaszczyznach pod

---

[1]) Z właściwemi organami świecącemi nie należy zamieniać tych narządów, które same światła nie wysyłają, lecz tylko odbijają światło na nie padające. Należą tu zwłaszcza oczy opatrzone w tkankę t. zw. tapetum, t. j. warstwę beznaczyniową, położoną między siatkówką a naczyniówką, a mocno odbijającą światło. Tkankę taką mają oczy ryb, zwierząt drapieżnych, przeżuwających i in. Oczy te odbijają znaczną część padającego na nie światła, podczas gdy we wszystkich innych oczach warstwa barwnikowa położona poza siatkówką pochłania prawie całkowicie światło, a tylko mała tegoż część zostaje odbita. Znane jest powszechnie zjawisko „świecenia oczu“ u psów i kotów; w warunkach pomyślnych może ono wszakże być obserwowane na wszystkich oczach. Na spożytkowaniu tej niewielkiej ilości światła odbitego polega budowa wziernika ocznego (oftalmoskopu) wynalezionego przez Helmholtza, a dzięki któremu jesteśmy w stanie widzieć dno oka u człowieka żyjącego.—Odbicie znacznej ilości światła powoduje także świecenie świetlanki (*Schistostega osmundacea*). Ziarna chlorofilu położone na tylnej, stożkowatej ścianie komórek odbijają padające na nie światło, podczas gdy część przed niemi położona działa jak soczewka, zbierając w sobie światło padające wprost i odbite.

www.dlibra.wum.edu.pl

kątem 45 — 90° względem płaszczyzny pośrodkowej. Ztąd też oświetlone być mogą przedmioty znajdujące się pod zwierzęciem, w tyle za niem, z boków i przed niem.

W fig. 111 przedstawiony jest rysunek organu świecącego piersiowego u *Nematoscelis rostrata* według Chuna. Literą *n* oznaczony jest nerw wstępujący do narządu świecącego, *rfl* jest reflek-

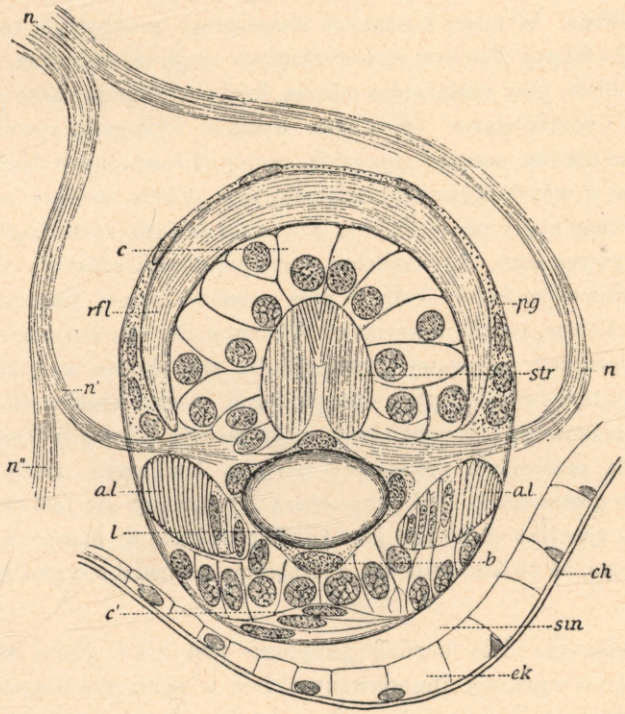


Fig. 111.

Przekrój podłużny organu świecącego piersiowego *Nematoscelis rostrata*, raczka głębin morskich, według Chuna. *n'* nerw świetlny; *str* narząd świecący; *rfl* reflektor; *pg* barwnik czerwony; *a.l.* pierścień reflektujący utworzony z blaszek; *l* soczewka położona przed narządem świecącym; *b*, *c*, *c'* komórki wydzielające z siebie ciało świecące i soczewkę; *ek*, *ch* tkanka chitynowa; *sin* zatoka żylna, przez którą organ świecący odżywia się.

tor. Organ świecący złożony jest z nachylonych względem siebie blaszek, wydzielanych przez komórki *c*; literą *l* oznaczona jest soczewka (której brak w organach świecących u oczu).

Świecenie pozostaje pod wpływem układu nerwowego, lecz mało dotychczas wiadomo, w jaki sposób ono zachodzi. Przekonano się, że u robaczka świętojańskiego niezbędna jest obecność tle-

www.dlibra.wum.edu.pl

nu dla świecenia. Według niektórych badaczów, materya świecąca ma się wydzielać w pewnych komórkach i jest w stanie świecić jeszcze przez czas krótki po opuszczeniu komórek.

Ciała stałe wysyłają promienie światła, gdy temperatura ich znacznie jest podniesiona. Długości fal promieni świetlnych zmieniają się wraz z temperaturą. Gdy ogrzewamy stopniowo drut platynowy coraz wyżej, pierwsze dostrzegalne promienie mają takąż długość fali jak światło zielone widma słonecznego. Na ten rodzaj drgań eteru oko nasze jest najwrażliwsze. W miarę wzrastania temperatury przybywają też promienie mniej i więcej łamliwe; ciała rozżarzone stają się czerwone, wreszcie stają się białe, przy rozżarzeniu pełnem, kiedy występują nadto promienie fioletowe i pozafioletowe. Obok tego wszakże występują również niedostrzegalne dla oka naszego promienie, mniej od czerwonych łamliwe, lecz działające w wysokim stopniu rozgrzewająco. Takie wysokie temperatury oczywiście nigdy nie występują przy utlenieniach zachodzących w organach żywych istot. Że wszakże i w temperaturach niższych ciała mogą świecić, dowodem fosfór, którego para w umiarkowanej temperaturze łączy się z tlenem, czemu towarzyszy widoczne dla oka świecenie. W widmie słonecznem najjaśniej występuje dla nas okolica światła żółtego, gdyż przy tem świetle wynik energii drgań eteru i wrażliwości naszego nerwu wzrokowego jest największy, maksymalny. Lecz gdy źródło światła wysyła przeważnie promienie o znacznej łamliwości, może ono być przez oko dostrzeżone, choć temperatura bynajmniej nie jest bardzo wysoka. To zjawisko znane jest jako fosforescencya; dlatego też powiadamy często, że światło zwierząt świecących pochodzi z organów fosforyzujących.

Świecenie ciała bardzo gorącego jest zjawiskiem wtórnem. Ogrzewanie wprawia przedewszystkiem w silniejsze drgania tylko cząsteczki materyalne ciał; energia tych ruchów drgających przenosi się w części na eter i w postaci promieni rozchodzi się nazewnątrz ciała. Drgania o najmniejszej częstości nie mogą być okiem dostrzeżone, lecz odczuwamy je tylko jako ciepło promieniujące, natomiast drgania eteru o częstości większej ukazują się nam w postaci światła. Czy rozgrzanie, jak to się dzieje z drutem platynowym, następuje na skutek prądów elektrycznych, czy też, jak przy spalaniu, pochodzi z przeobrażenia energii potencyalnej chemicznego powinowactwa na ruch cząsteczkowy, to dla zjawiska świecenia z rozgrzaniem połączonego jest bez znaczenia. Lecz gdy energia potencyalna powinowactwa chemicznego, nie zbaczając przez cząsteczki materyalne, bezpośrednio przeobraża się w drgania eteru o wysokiej częstości, wówczas ciała już w bardzo

www.dlibra.wum.edu.pl

nizkich temperaturach mogą świecić. W taki sposób tłumaczyć sobie oczywiście należy zjawisko zachodzące w organach świecących pod wpływem nerwów. Jest to zjawisko analogiczne do przeobrażania się energii na pracę mechaniczną w mięśniach i na energią elektryczną w organach elektrycznych.

www.dlibra.wum.edu.pl

ROZDZIAŁ DZIEWIĘTNASTY.

Drażnienie i pobudliwość.

1. Pobudliwość.

1. Pierwszym i najważniejszym powodem, który skłonił nas do uważania ameb za istoty żywe (rozdz. XII), były spostrzegane u tych tworów ruchy. Przywykliśmy widywać przedmioty martwe w spoczynku, póki jakieś widoczne działania zewnętrzne nie wprowadzą ich w ruch. Natomiast doświadczenia czerpane ze świadomości naszej uczą nas, że przyczyny „wewnętrzne“ prowadzą do wykonywania poruszeń. Ztąd rodzi się w nas wyobrażenie, że wszędzie, gdzie ujawniają się ruchy bez widocznych, łatwo rozpoznać się dających przyczyn, mamy przed sobą objawy życia.

Oczywiście nie brak w tym względzie złudzeń. Nauczeni tem, nie jesteśmy już pohopni do wyprowadzania ostatecznych wniosków na podstawie pierwszego wrażenia, i istotnie przekonywamy się często, że ten lub ów ruch, uważany może z początku za objaw życia, w rzeczywistości w inny sposób daje się wytłumaczyć. Tam wszakże, gdzie doświadczenie i zdolność pilnego rozważania wszelkich okoliczności nie wystarczają, błędy dość często zdarzać się muszą. Dzieci oraz ludzie dorośli niedostatecznie do sądzenia o zjawiskach przyrody przygotowani upatrują często życie we wszelkim ruchu. Zdaje się, że w podobny sposób sądzą zwierzęta. Kto przypatrywał się psu, który biegnie, szczekając głośno, za kamieniem staczającym się z góry, a ze zdumieniem przygląda się, gdy kamień się zatrzymał, ten niewątpliwie odbierze wrażenie, że pies uważał kamień za istotę żywą.

Jak należy być ostrożnym w sądzeniu o ruchach, których przyczyny tak łatwo poznać nie można, tego dowód mamy w ruchu cząsteczkowym Browna (rozdz. XVIII, § 4). Przekonaliśmy się też na tym przykładzie, że najlepiej ustrzedz się można od złudzeń, badając w tych razach wpływ bodźców czyli podniet. Prawdziwe ruchy organiczne, życiowe wywołane zosta-

www.dlibra.wum.edu.pl

ją przez podniety albo, gdy już się odbywają, ulegają pod wpływem podniet pewnym zmianom. Mówimy wszakże również o życiu i o pobudliwości (drażliwości) u istot, w których zazwyczaj nie dostrzegamy ruchów samodzielnych, np. u roślin. Tutaj przeto pobudliwość ujawniać się musi w inny sposób. W rzeczy samej pojęcie fizyologiczne drażnienia i pobudliwości rozwinęło się wprawdzie przeważnie dzięki badaniom tkanek kurczliwych, lecz z biegiem czasu znaczenie tego pojęcia rozszerzyło się znakomicie. Jeżeli sprobujemy określić to pojęcie tak, jak je pojmuje biologia, powiemy: pobudliwość jest zdolnością wszelkiej protoplazmy oddziaływania w sposób swoisty na podniety zewnętrzne; oddziaływanie to wyraża się pewnemi zmianami w przebiegu zjawisk życiowych.

Sposób oddziaływania pod wpływem bodźca w nieznacznym tylko stopniu zależny jest od rodzaju bodźca, lecz zawsze zależy od własności drażnionej tkanki żywej. Jeżeli podrażniona protoplazma jest kurczliwa, natenczas skutek pobudzenia jest skurczem i ruchem przez skurcz ten wywołanym; gdy podnieta działa na gruczoł, następuje wydzielanie soku gruczołowego; w układzie nerwowym ośrodkowym podniety wywołują wrażenia i objawy świadomości. Lecz obok tych niewątpliwych skutków podrażnień, obserwowanych w tkankach natury swoistej, uważamy za wyniki podrażnień jeszcze najrozmaitsze inne zjawiska, które w inny sposób zachodzą, tak że zadawalające przedstawienie wszystkich działań wynikających z podrażnień niezmiernie jest trudne.

2. Podrażnienie i wyzwolenie.

2. Uczynimy najlepiej, jeżeli nasamprzód zbadamy omawiane zjawiska w takich tkankach, w których występują one wyraźnie i ujawniają się w sposób dla oka widoczny. Nadają się pod tym względem najlepiej mięśnie, już choćby dlatego tylko, że mogą być z łatwością wycięte z ciała, nie tracąc swych własności fizyologicznych. Mięśnie zwierząt zimnokrwistych, wycięte w stanie możliwie nieuszkodzonym z żywego ciała lub natychmiast po śmierci zwierzęcia, przez czas długi jeszcze zachowują swe właściwości życiowe i nadają się przeto doskonale do badania zjawisk pobudliwości. Nie będąc drażnione, pozostają one w stanie spoczynku; pod wpływem podniet przechodzą w stan czynny, t. j. kurczą się. Jako podniety czyli bodźce działają wpływy mechaniczne, jak ucisk, ukłócie i t. p., chemiczne (amoniak w stanie gazowym i w roztworze, roztwory kwasów i soli), termiczne (ogrzewanie i oziębianie do pewnych temperatur), wreszcie elektryczne,

www.dlibra.wum.edu.pl

zwłaszcza działanie nagłych wahań prądu, osiągane najlepiej przez prądy indukcyjne [1]).

Praca dokonywana przez skurcz mięśnia może w pewnych okolicznościach być bardzo duża (porówn. rozdz. XVIII, § 7), tak że ujawniająca się w tej pracy energia znacznie przewyższa energią podniety. Nie zachodzi tu więc przeniesienie energii bodźca na substancyą pobudliwą, nie odbywa się zwyczajne przeobrażenie energii podniety na energią pracy mechanicznej, lecz podnieta przyczynia się tylko do tego, że w podrażnionej tkance energia potencyalna, uprzednio już w niej zawarta, przechodzi w energią cynetyczną. Bodziec „wyzwala" energią (porówn. rozdz. V, § 17); sprawia on to, że energia potencyalna ujawnia się i przechodzi w energią cynetyczną (ciepło i praca mechaniczna). Należy wyobrazić sobie, że materye chemiczne, z których składa się tkanka kurczliwa, zawierają zawile zbudowane cząsteczki, których atomy luźno są ze sobą połączone. Potrzeba przeto tylko bodźca nieznacznego, aby niektóre atomy oderwały się z tego luźnego związku i zespoliły się w związki trwalsze. Ponieważ te ostatnie mają mniejsze ciepło spalania aniżeli pierwotne kompleksy atomowe, przeto przejście to połączone jest z wydzieleniem energii cynetycznej (porówn. rozdz. XVIII, § 7). Możemy to także wyrazić, powiadając, że atomy wewnątrz cząsteczki pierwotnej znajdują się w stanie równowagi chwiejnej, z której podczas skurczu przechodzą w równowagę stałą [2]).

Ponieważ postać energii, mogąca powstać z energii potencyalnej podrażnionej tkanki, zależna jest jedynie tylko od budowy tej tkanki, ro-

---

[1]) W organizmie nieuszkodzonym tkankowców (*Metazoa*) mięśnie zostają pobudzone do czynności ze strony nerwów. Do podniet działających na mięsień należy przeto także wpływ nerwowy. O tem działaniu będzie mowa później.

[2]) Jako przykład tego rodzaju zjawiska przytaczamy tu rozkład nitrogliceryny, związku w wysokim stopniu wybuchowego, który doprowadzony do wybuchu przez uderzenie lub ogrzanie powyżej 250°, może sprawić działanie bardzo gwałtowne. Nitrogliceryna jest estrem kwasu azotnego i gliceryny (alkoholu trzyhydroksylowego) i ma wzór $C_3H_5(ONO_2)_3$ (porówn. rozdz. IX, § 7). Wybuchając, rozkłada się nitrogliceryna na dwutlenek węgla, wodę, tlenek azotu i azot.

Cząsteczki substancyi kurczliwej nie znajdują się w równowadze tak chwiejnej, jak cząsteczki nitrogliceryny; zdaje się też, że zachodzą pewne wahania w ich zdolności do rozkładu. Ztąd więc wskutek podrażnienia zawsze tylko część ich rozkłada się w rzeczywistości, a wytwarzanie energii cynetycznej (skurcz) może zachodzić częściej, w oddzielnych okresach.

www.dlibra.wum.edu.pl

zumiemy przeto, że jeden i ten sam organ, drażniony najrozmaitszemi bodźcami, zawsze jednakowy wykazuje rodzaj czynności. W mięśniu, którego czynnośc polega na sprawności mechanicznej i przeto łatwo jest dostępna dla dokładnych pomiarów, najwyraźniej ukazuje nam się niezgodność, nieproporcyonalność pomiędzy energią podniety a energią działania. Ta ostatnia może niekiedy bardzo znacznie przewyższyć siłę bodźca. Lecz i przeciwnie dziać się może. Albowiem działanie, do którego jest zdolny podrażniony organ, zależy wyłącznie od ilości zawartej w nim energii potencyalnej, mogącej z łatwością przejść w energią cynetyczną. Poza tę ilość skupionej w organie energii potencyalnej sprawność tegoż w żadnym razie wykroczyć nie jest w stanie. Lecz sprawność może też nie dojść do owego maximum, jeżeli podnieta nie wyzwala odrazu całego zapasu energii, lecz tylko część jej. Dla mięśnia łatwo dowieść można, że siła podniety wpływa wprawdzie na wielkość osiągniętego działania, lecz w żadnym razie niema tu prostej proporcyonalności. Dla każdego mięśnia istnieje pewna minimalna siła bodźca, która właśnie wystarcza do sprowadzenia minimalnego, lecz dostrzegalnego skurczu. Gdy bodziec zostaje zwiększany, wzrasta też siła skurczu aż do osiągnięcia możliwego dla danego mięśnia maximum, po za które wykroczyć nie może, nawet w razie dalszego podnoszenia siły bodźca.

To samo odnosi się i do innych tkanek i organów pobudliwych, zwłaszcza do nerwów, choć pomiary wyzwolonej w nerwach energii cynetycznej bynajmniej nie są tak łatwe jak dla mięśni. Ponieważ w nerwach działania wyzwolone przez bodźce zawsze bardzo są małe, może się tu przeto jeszcze łatwiej niż w mięśniu zdarzyć, że działanie będzie mniejsze od energii bodźca, gdy tymczasem z mięśniem najczęściej dzieje się przeciwnie.

Mięśniom i nerwom przypisujemy wysoki stopień drażliwości czyli pobudliwości, albowiem już niezmiernie słabe podniety sprowadzają w nich czynność bardzo żywą. Pobudliwość nerwów jest większa od pobudliwości mięśni, jeszcze większą wszakże jest pobudliwość organów zmysłowych, o których później będzie mowa. Energia drgań eteru, wystarczająca do wywołania wyraźnego pobudzenia we wrażliwych na światło komórkach oka, prawie nie daje się wyrazić liczbą.

Przenosząc na inne organy poglądy, jakie pozyskano przy badaniu pobudliwości mięśni, przywykliśmy do mówienia zawsze o drażnieniu i wyzwalaniu energii. Może z czasem, gdy głębiej wnikniemy w związek pomiędzy zjawiskami, zdołamy tę lub ową czynność, uważaną obecnie za objaw pobudliwości, wyodrębnić, oddzielić od innych. Tymczasem zaś za wspólną wszystkim tak zwanym zjawiskom drażliwości cechę uznać musimy, że niema w nich proporcyonalności pomiędzy bodźcem a wyzwo-

www.dlibra.wum.edu.pl

lonem przezeń działaniem. Nie może przeto być mowy o zwyczajnem przenoszeniu energii, o równoważnem ilościowo przekształcaniu się jednej formy energii na inną.

W prawdziwych tego rodzaju zjawiskach drażnienia bodziec czyli podnieta jest zawsze reakcyą cynetyczną. Dotyczy to też wszelkich bodźców działających na mięśnie. Lecz już w stosunku do organów zmysłów nie zawsze tak się dzieje, jak to widać np. na narządach zmysłowych skóry, które mogą być pobudzone przez ucisk jednostajny. A jednakże i działanie uciskowe na zakończenia nerwowe skóry uważać musimy za podnietę. Co prawda, określenie podniety czyli bodźca jako siły, wyzwalającej działanie, nabiera w tym razie znaczenia mniej dokładnego, zgoła odmiennego od znaczenia, jakie nadajemy temu pojęciu w fizyce.

3. Stosunek bodźca do działania.

3. Jakkolwiek bardzo jest łatwo stwierdzić w mięśniu brak proporcyonalności pomiędzy podnietą a wyzwolonem przez nią działaniem, jednakże nie udaje się wykryć ściśle stosunek prawidłowy pomiędzy temi dwoma zjawiskami. Na wielkość sprawności mięśnia wpływają liczne czynniki, od których, jak powiadamy, stan mięśnia jest zależny. To samo dotyczy, bodaj w jeszcze wyższym stopniu, tkanek i organów nerwowych. A pomimo to można dla tych ostatnich podać stosunek liczbowy pomiędzy siłą podniety a wielkością działania. Nie umiemy wprawdzie mierzyć bezpośrednio wielkości wrażenia, czucia, lecz potrafimy oznaczyć, o ile siła bodźca musi wzrosnąć, aby wywołać dostrzegalną różnicę we wrażeniu.

Ten sposób liczbowego oznaczania stosunku pomiędzy siłą podniety a wielkością wrażenia był nasamprzód stosowany w doświadczeniach E. H. Webera nad zmysłem dotyku (ucisku). Gdy naprzemian na jedno i to samo miejsce skóry kładziemy dwa różne ciężarki, to wówczas tylko wyraźnie odczuwamy, który z nich jest cięższy, jeżeli różnica ciężarów nie jest zbyt mała. Weber przekonał się, że różnica ta, jeśli ma być odczuta, powinna być tem większa, im same ciężarki są cięższe, i mianowicie różnica musi zawsze wynosić w przybliżeniu jednakowy ułamek ciężarka mniejszego. Można to także wyrazić w sposób następujący:

Jeżeli siła bodźca wzrasta od wartości p do wartości $p + d$, a wrażenie wzrasta przytem o minimalną wartość czuciową e, w takim razie dla wywołania takiej samej różnicy czucia należy podwójny bodziec $2p$ powiększyć o wartość podwójną $2d$. Prawo to, choć nie doskonale ścisłe, dotyczy wszelkich wrażeń, dla których umiemy mierzyć siłę bodźców. Należy mu przeto przypisać znaczenie ogólniejsze.

Jeżeli — jak to się dzieje z mięśniem z ciała wyciętym — podnieta powoduje przemianę energii potencyalnej, utajonej w dra-

www.dlibra.wum.edu.pl

żnionym organie, na energią cynetyczną, w takim razie działanie, wynikające z wielokrotnych podrażnień, musi ilościowo być ograniczone Ztąd też mięsień wielokrotnie drażniony wreszcie wyczerpuje się (porówn. rozdz. XVIII, § 8). W tkankach i organach żyjących owe przeobrażenia materyi wyrównywają się znów wskutek dowozu i asymilacyi nowych materyałów, tak że podniety następujące po sobie po dostatecznie długich pauzach drażnią tkankę niejako odnowioną, odświeżoną, która powróciła do sprawności pierwotnej. Jeżeli bodźce wyzwalają zawsze tylko część energii zapasowej, albo jeżeli samo działanie nie jest połączone ze znacznem zużyciem materyi, wówczas może wogóle nie dojść do wyczerpania. Dotyczy to, o ile się zdaje, włókien nerwowych, których działanie połączone jest bądźcobądź z niezmiernie małym wydatkiem energii mechanicznej. Nie dostrzegamy przeto we włóknach nerwowych znużenia tego rodzaju, jakie występuje w mięśniu, a tem mniej wyczerpania. Natomiast znużenie bywa częstym objawem czynności ośrodków nerwowych, których działanie, o ile sądzić można, połączone jest z wydatnemi reakcyami chemicznemi [1]).

Jako wyniki działania bodźców występować mogą wszystkie owe zjawiska, które na początku rozdziału poprzedniego poznaliśmy jako przejawy sprawności organizmów, więc ruchy molarne, cząsteczkowe i ruchy eteru oraz trudno dające się co do swego charakteru określić zjawiska tak zwane psychiczne. Najczęściej spotykamy jako wyniki podrażnień ruchy molarne, zwłaszcza w postaci skurczu. Czy i ruch cząsteczkowy, polegający na wytwarzaniu ciepła a związany ze wszelkiemi procesami życiowemi, również wywoływany jest przez podniety, na to nie mamy dowodów doświadczalnych niezbitych. Twierdzono wielokrotnie, że produkcya ciepła wzmaga się pod wpływem bodźców, wychodzących z układu nerwowego. Lecz rezultaty doświadczeń dopuszczają również tłumaczenie, że postrzegane podniesienia temperatury pochodzą ze zmniejszonej utraty ciepła; wzmożenie produkcyi ciepła na skutek podrażnień nerwowych nie jest przeto dowiedzione stanowczo. Niewątpliwem jest atoli, że obiedwie formy energii drgań eteru, jakie występują u istot żywych, mianowicie

---

[1]) Rozmaici badacze utrzymują, że w organach nerwowych ośrodkowych wskutek pobudzeń zachodzi wzmożone wytwarzanie się ciepła. Jakkolwiek doświadczenia odnośne nie są całkiem wolne od zarzutów, jednakże sam przez się fakt ten jest wysoce prawdopodobny.

www.dlibra.wum.edu.pl

energia elektryczna i świetlna wywołane zostają przez podrażnienia.

Badanie zjawisk drażliwości napotyka niezwykłe trudności wobec tego, że często działają współcześnie liczne podniety rozmaitego rodzaju. Nie zawsze jesteśmy w stanie dokładnie wybadać w odpowiednich doświadczeniach wpływ każdej podniety oddzielnie. Gdy dodamy do tego, że w wielu przypadkach przybywają jeszcze podrażnienia niezależnie od naszego udziału i że rzadko jesteśmy w możności stwierdzić warunki powstawania tych bodźców „wewnętrznych", nie zdziwimy się, że mnóstwo pytań w tej części fizyologii jest jeszcze nierozwiązanych. Więcej niż w jakimkolwiek dziale nauki o życiu poprzestać tu musimy na prostem przytoczeniu faktów poznanych, a pozostawić musimy badaniom dalszym wykrycie związku pomiędzy zjawiskami odnośnemi a również stosunku ich do innych zjawisk przyrody, co przecie jest celem wszelkiego badania przyrodniczego.

4. Tropizm i „taxis". 4 W tkankach i organach, nie odznaczających się kurczliwością, również występują ruchy molarne jako działanie podniet. W organizmach przytwierdzonych do miejsca, zwłaszcza w roślinach i częściach roślin, występują te ruchy jako skrzywienia, które mogą być sprowadzone do nierównomiernego ze wszystkich stron rośnięcia; w organizmach swobodnie poruszających się występują jako ruchy w pewnych oznaczonych kierunkach lub jako położenia pewne, oryentowanie się w kierunku pewnych osi. W pierwszym razie nazywamy to działanie podrażnień tropizmem, w drugim posługujemy się nazwą taxis. Zależnie od rodzaju podniety odróżniamy rozmaite tropizmy i rozmaite rodzaje taxis. Mówimy o geotropizmie i geotaxis, o heliotropizmie i heliotaxis i t. d., a prócz tego dodajemy jeszcze określenia „dodatni" i „odjemny", pragnąc oznaczyć, czy ruch zwraca się w stronę podniety, czy w kierunku przeciwnym.

Wiadomo nam już (rozdz. XV, § 4), że podczas kiełkowania rośliny korzeń wyrasta w dół, ku środkowi ziemi, łodyga zaś prostopadle w górę (porówn. fig. 93, str. 390). Że istotnie rozstrzygająco tu wpływa stosunek względem ziemi, tego dowodzi doświadczenie następujące.

Jeżeli młodą roślinkę, o nie zbyt wielkiej długości, położymy poziomo, zobaczymy, że korzeń w dalszym ciągu wyrastać będzie w dół a łodyga w górę. Można z łatwością dowieść, że dzieje się to przez skrzywienie wskutek niejednakowego wyrastania z dwu stron przeciwnych. Kiedy roślinka pionowo jeszcze rośnie, zróbmy

www.dlibra.wum.edu.pl

na niej tuszem kilka znaczków w równych odstępach, a gdy ją następnie ułożymy poziomo, zobaczymy, że znaczki te po skrzywieniu się roślinki oddalają się od siebie więcej po stronie wypukłej aniżeli po stronie wklęsłej. Położenie wywiera przeto wpływ na szybkość rośnięcia zarówno korzenia jak i łodygi. W korzeniu rośnięcie jest przyśpieszone po stronie górnej, zwolnione po stronie dolnej; w łodydze dzieje się odwrotnie. Że istotnie zależy to od siły ciążenia (przyciągania ziemskiego), dowieść można w sposób następujący. Jeżeli umocujemy młodą roślinkę na obwodzie tarczy, którą w szybki wprawimy ruch dokoła osi pionowej, dostrzeżemy, że korzeń rośnie ukośnie ku dołowi i nazewnątrz (oddalając się od osi), łodyga zaś ku górze i na wewnątrz (zbliżając się do osi). Odchylenie od pionu tem jest znaczniejsze, z im większą szybkością tarcza się obraca. Widzimy przeto, że działają tu dwa wpływy: siła ciążenia i tak zwana siła odśrodkowa i że kierunek wzrostu jest wypadkową tych dwu sił. Jeżeli zaś młoda roślinka w jakiemkolwiek położeniu powolnie będzie się obracała dokoła osi poziomej, wówczas siła ciążenia całkiem będzie wykluczona i roślinka wyrasta zawsze w kierunku pierwotnym; żadne w tym razie skrzywienia nie występują.

W czasach najnowszych dokonano spostrzeżeń, które nadają się do wyjaśnienia mechanizmu, sprowadzającego zginanie się geotropiczne roślin. Części drażliwe w końcu korzenia otoczone są warstwą komórek, które wydzielają sok bardzo rzadki i których ziarna mączki są niezmiernie duże. We wszelkiem położeniu ziarna mączki opadają na dolną stronę protoplazmy przylegającej do ściany komórki. Wskutek tego wywierają one ucisk, a to podrażnienie uciskowe przenosi się przez protoplazmę komórek sąsiednich do sfery rośnięcia, znajdującej się w pewnej odległości od końca korzenia [1]).

Siła ciążenia działa na korzeń w kierunku przeciwnym niż na łodygę; korzeń rośnie ku środkowi ziemi, łodyga oddala się od ziemi podczas wzrostu Korzeń wykazuje geotropizm dodatni, łodyga geotropizm odjemny. Inne części rośliny, gałęzie, korzenie dodatkowe i liście najczęściej wyrastają pod pewnemi kątami względem pionu; nazywamy to diageotropizmem. Różna szybkość wzrostu obudwu stron w jednej płaszczyźnie poziomej sprowadza skręcenia w roślinach pnących się (geotropizm boczny).

---

[1]) O przewodnictwie pobudzeń porów. paragraf następny.

www.dlibra.wum.edu.pl

Zjawiska geotropizmu u zwierząt przytwierdzonych do miejsca obserwowali Loeb i Driesch, mianowicie na polipach pławów (*Hydroidea*). Geotaxis odjemna, więc ruchy pionowe ku górze występują u wiciowców i rozmaitych innych wymoczków; *Euglena* np. dąży, ze swym końcem w wić zaopatrzonym na przodzie, ku najwyższemu miejscu wody, w której pływa. W podobny sposób tłumaczy Loeb zjawisko znane, że motyle, zaledwie wykluły się ze stanu poczwarki, biegną niespokojnie we wszystkie strony, aż trafią na ścianę pionową, na której przysiadają z głową zwróconą ku górze.

Heliotropizmem lub fototropizmem nazywamy zjawisko niezmiernie rozpowszechnione w świecie roślinnym, zwłaszcza wyraźnie dające się obserwować na młodych kiełkujących roślinkach. Przy oświetleniu z jednej strony rosną one zawsze w kierunku ku światłu; kwiaty i liście wyrastają przytem prostopadle do kierunku promieni światła Łodygi i szypułki wskazują heliotropizm dodatni, o liściach mówimy, że wskazują diaheliotropizm. Korzenie natomiast mają heliotropizm odjemny, odwracają się od światła, jak to widzieć można na korzeniach powietrznych przy oświetleniu jednostronnem. W bardzo jasnem świetle natomiast liście niektórych roślin takie przybierają położenie, że ich powierzchnia odpowiada płaszczyźnie południkowej, a osią podłużną skierowane są z północy na południe (rośliny kompasowe).

Że wyginanie się łodyg na skutek heliotropizmu powstaje dzięki przyśpieszaniu wzrostu z jednej strony lub zwolnieniu z drugiej strony, przy niejednakowem oświetleniu, można dowieść tak samo, jak to wspomnieliśmy już wyżej przy wyginaniu wskutek geotropizmu, przez obserwowanie znaczków uprzednio na gałązkach zrobionych. Jeżeli obracamy ustawicznie roślinę dokoła osi pionowej, tak że jest ona jednakowo oświetlona ze wszystkich stron, w takim razie nie następuje zgięcie heliotropiczne w żadnym kierunku. Przy heliotropizmie dodatnim wzrost po stronie oświetlonej zachodzi powolniej niż po ocienionej, przy heliotropizmie odjemnym dzieje się odwrotnie Czynnemi okazują się tylko promienie światła białego mocniej łamliwe, błękitne i fioletowe, więc te, które najsłabiej oddziaływają na rozszczepianie dwutlenku węgla przez chlorofil.

Driesch i Loeb obserwowali również zjawiska heliotropizmu u pławopolipów.

Ruchy fototaktyczne niezmiernie są rozpowszechnione. Jeżeli w kropli wody słabo oświetlonej umieścimy dużo osobni-

www.dlibra.wum.edu.pl

ków *Euglena viridis*, zobaczymy, jak one we wszystkich kierunkach pływają. Gdy wszakże światło wpada z jednej strony, ustawiają one swą oś podłużną w kierunku promieni i wszystkie poruszają się ku miejscu oświetlonemu, jeżeli kropla w części tylko jest oświetlona (heliotaxis dodatnia). Podobnie zachowują się liczne inne wiciowce, rozmaite okrzemki, a z tkankowców stułbia zielona (*Hydra viridis*), a nawet rozmaite owady. I tutaj czynniejszą okazuje się część łamliwsza widocznego dla oka widma słonecznego. Jeżeli światło bardzo jest silne, wówczas fototaxis dodatnia przechodzi w odjemną. Odjemnie fototaktycznem i względem słabego światła jest plazmodyum spływu (*Fuligo varians* czyli *Aethalium septicum*), które w ciemności pełza po powierzchni garbnika, przy oświetleniu zaś wnika do wnętrza; a również larwy niektórych chrząszczy (mącznik) i rozmaitych much. Trudno jest nieraz odróżnić zjawiska fototaxis od zjawisk powodowanych przez zmysł świetlny u zwierząt (porówn. o tym ostatnim § 11).

Nazwą chemotropizmu obejmujemy działania rozmaitych związków chemicznych na wzrost. Nitowie grzybów zmienia kierunek wzrostu, gdy w sąsiedztwie znajdują się pewne związki chemiczne. Sole obojętne kwasu fosfornego i amonu, cukier gronowy, pepton i asparagina działają niejako przyciągająco (chemotropizm dodatni), jeżeli roztwory nie są zanadto stężone; alkohol, wolne kwasy i alkalia, sól kuchenna i saletra potasowa działają zawsze, nawet w najmniejszych koncentracyach, odpychająco (chemotropizm odjemny). Nitki grzybów w pierwszym razie zwracają się ku miejscu, w którem znajduje się ów związek chemiczny, w drugim zaś razie odwracają się od tego miejsca. Jako zjawisko chemotropizmu uważać też można wnikanie łagiewki pyłkowej w bliznę u roślin wyższych. Powietrze atmosferyczne i zwłaszcza zawarty w niem tlen działają chemotropicznie na korzenie i łagiewki pyłkowe (aerotropizm); wyrastają one ku miejscom mniejszej prężności tlenu. Hydrotropizmem dodatnim odznaczają się korzenie i grzybnia, t. j rosną w kierunku ku większej zawartości wody; natomiast podstawki zarodkonośne grzybów rosną, oddalając się od miejsc o większej zawartości wody. Tworzenie się galasówek wskutek ukłucia owadów również może być uważane za objaw chemotropizmu.

Według badań Pfeffera i innych badaczów zachowują się chemotaktycznie nitki nasienne paproci, mchów liściastych, liczne w wici opatrzone bakterye, wymoczki i inne twory, oraz komórki poruszające się na podobieństwo ameb i istotki jednokomórkowe. Przyciąganie chemotaktyczne nitek nasiennych przez związ-

www.dlibra.wum.edu.pl

ki chemiczne zawarte w organach płciowych żeńskich ważne ma znaczenie dla sprawy zapłodnienia owych roślin niższych, a prawdopodobnie dzieje się podobnie i u istot wyżej organizowanych. Pfeffer napełniał rurki włosowate roztworami badanych związków i umieszczał je w wodzie, w której pływały owe żyjątka. Po pewnym czasie te ostatnie przenikały do otworu rurek, jeżeli zachowywały się dodatnio chemotaktycznie względem związków w rurkach zawartych.

Na nitki nasienne paproci działają przyciągająco sole obojętne kwasu jabłkowego, na nitki nasienne mchów liściastych roztwory cukru trzcinowego. Na inne organizmy działają przyciągająco chlorek potasu, peptony, wyciąg mięsny. Każdy związek, aby działać przyciągająco, musi znajdować się w pewnem, bardzo nieznacznem stężeniu [1]). Gdy stężenie jest zbyt duże, chemotaxis dodatnia przechodzi w odjemną. Alkohol, ciecze o odczynie kwaśnym i alkalicznym działają zawsze odpychająco; względem tych związków wszystkie w tym kierunku badane organizmy są odjemnie chemotaktyczne.

Znamy też objawy hydrotaxis i aerotaxis. Plazmodya śluzowca (*Fuligo varians*), póki są młode, wędrują ku miejscom większej zawartości wody; gdy zaś poczyna się pączkowanie, oddalają się od tych miejsc. Bakterye, zależnie od swej potrzeby tlenu, zbierają się w miejscach większej lub mniejszej prężności tego gazu (porówn. rozdz. XIV, § 4).

Na zjawisku chemotaktycznem polega zbieranie się gromadne leukocytów w tych miejscach ciała u zwierząt wyższych, w których w większej ilości skupiły się produkty rozkładu bakteryjnego. Leukocyty sprowadzają w tych miejscach ropienie. Również za objaw chemotaxis poczytywane być może przyciąganie much lub ich larw przez mięso gnijące i t. p., lub przyciąganie samczyków przez samiczki, niekiedy zachodzące na bardzo znaczną odległość. Podobnie jak w zjawiskach fototaxis widzimy przejścia do zmysłu świetlnego, tak istnieją też przejścia stopniowe od chemotaxis do istotnego zmysłu powonienia. Trudno oznaczyć granicę pomiędzy

---

[1]) Gdy woda, w której pływają żyjątka, zawiera coś z owego związku przyciągającego, w takim razie związek ten, jeżeli ma działać przyciągająco, musi znajdować się w rurce szklanej w większem stężeniu. Występuje tu zjawisko podobne do prawa Webera, przytoczonego w § 3-im; nadmiar koncentracyi musi być w przybliżeniu proporcyonalny do koncentracyi w wodzie otaczającej.

www.dlibra.wum.edu.pl

rozpatrywanemi tutaj zjawiskami podrażnienia a temi, które zostają wywołane przez działania na nerwy zmysłowe.

Jednostronne wpływy cieplne również pociągają za sobą podobne działania, które objąć można nazwami termotropizmu i termotaxis. Mianem reotropizmu nazwano zjawisko, obserwowane na niektórych korzeniach i na plazmodyach spływu, które rosną w kierunku ku wodzie płynącej. Jednostronne dotknięcie wyzwala również działania tropiczne i taktyczne (stereotropizm i stereotaxis). Dla przykładu przytoczymy tylko, że nitki nasienne karalucha (*Periplaneta orientalis*), znalazłszy się na twardej powierzchni, nie odrywają się już od niej, lecz krążą ustawicznie w jednym kierunku. Podobnie zachowują się nitki nasienne żaby. Prawdopodobnie dzieje się toż samo z innemi nićmi nasiennemi, i zapewne zjawisko to jest pożyteczne przy zapładnianiu, kiedy nić nasienna przenika do jaja. Najjaskrawiej wszakże ujawnia się wpływ stałego prądu galwanicznego na rozmaite istoty (galwanotaxis). Jak po raz pierwszy spostrzegł L. Hermann, kijanki i zarodki rybie przybierają takie położenie w wodzie, przez którą przechodzi prąd galwaniczny, że koniec ustny (oralny) mają zwrócony ku anodzie. Podobne spostrzeżenia dokonane były i na innych zwierzętach wyższych. U istot niższych, wymoczków, ameb i t. d., Verworn badał dokładnie objawy galwanotaxis. *Paramaecia* zbierają się u katody, do której dopływają po krzywych prądu. Natomiast liczne wymoczki wiciowe poruszają się ku anodzie, ze zwróconym naprzód końcem w wić opatrzonym. Niektóre wymoczki rzęskowe wskazują galwanotaxis poprzeczną, ustawiają się bowiem prostopadle do kierunku prądu. Niewiadomo, czy mamy tu do czynienia z podrażnieniem substancyi kurczliwej, jak również nie mamy pewności, czy i o ile współdziałają tu wpływy chemiczne na skutek elektrolizy.

5. Zjawiska pobudliwości wskutek zmian jędrności.

5. Podobieństwo większe do zjawisk pobudliwości, zachodzących dzięki kurczliwości, wykazuje pewien szereg ruchów, które postrzegamy w niektórych roślinach wyższych. Ruchy czułków gruczołowych oraz liścia rosiczki (*Drosera rotundifolia*) po dotknięciu tych czułków były już wyżej wspomniane (porówn. fig. 72, str. 349). Zupełnie podobne zjawiska wykazuje także liść owadożernej muchołówki (*Dionaea muscipola*) (fig. 112). Liść ten ma długą szypułę opatrzoną w boczne skrzydła oraz blaszkę liściową złożoną z dwu połów symetrycznych i u brzegów opatrzoną w kolce śpiczaste. Na górnej powierzchni każdej połowy liścia umieszczone są trzy włoski, w wysokim stopniu pobudliwe. Gdy włoski te

www.dlibra.wum.edu.pl

zostaną dotknięte, natychmiast zamykają się obiedwie połowy liścia, przyczem boczne kolce jednej połówki zachodzą pomiędzy kolce drugiej. Owad, który dotknął się włosków, w ten sposób zostaje schwytany.

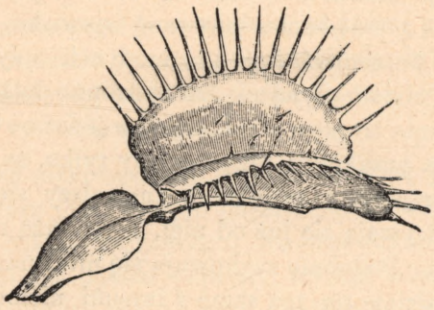


Fig. 112.

Liść muchołówki. Górna powierzchnia obudwu połów liścia ma gruczoły, wydzielające sok trawiący, oraz na każdej połowie po trzy włoski drażliwe, za których dotknięciem liść się zamyka, tak że owady zostają w nim uwięzione.

Ruch zachodzi wskutek nagłego wystąpienia wody z komórek położonych na stronie górnej środkowego nerwu liścia, co prowadzi do zmniejszenia jędrności (turgoru) tych komórek. Podobnie dzieje się z osobliwemi ruchami czułka (*Mimosa pudica*) (fig. 113) Z każdej szypuły liścia tej rośliny wychodzą cztery mniejsze szypułki, na których umieszczone są listki. Miejsca, z których wychodzą szypuły główne, szypułki oraz listki, są nieco zgrubiałe na kształt zgrubień stawowych. Za dotknięciem tych

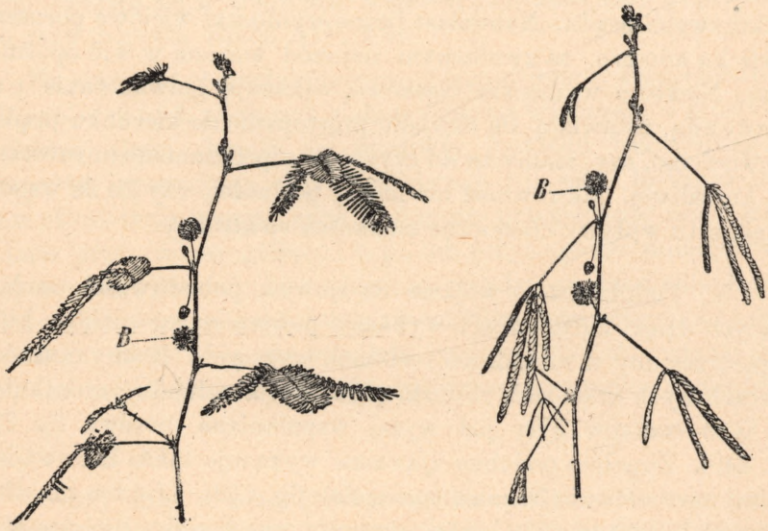


Fig. 113.

Gałęź czułka (*Mimosa pudica*), po stronie lewej w stanie niepodrażnionym, po prawej w podrażnionym. W stanie podrażnionym szypułki są opuszczone, listki zamknięte ku górze.

www.dlibra.wum.edu.pl

miejsc lub za wstrząśnieniem całej rośliny szypułki opadają w dół, listki zaś składają się ku górze. Na stronie dolnej owych stawów szypułkowych i na górnej stawów liściowych znajdują się obfitujące w wodę komórki, w wysokim stopniu pobudliwe. Na skutek podrażnienia występuje z nich woda, która przechodzi w przestrzenie międzykomórkowe. Tracą one swą jędrność. Dzięki temu szypułki, pozostawione sile ciężkości opadają, gdy tymczasem lekkie listki wskutek jędrności komórek dolnych zamykają się ku górze. Jeżeli podnieta działa na koniec mniejszej szypułki, wówczas ruch przenosi się powolnie z jednej części ruchomej na drugą, naprzód na listki podrażnionej szypułki, ztąd na szypułki inne, wreszcie na szypułę główną.

Zjawisko przenoszenia się bodźca, „przewodnictwa można obserwować na wszelkich utworach pobudliwych, mających nieco większe wymiary. Nie przenosi się właściwie sam bodziec, podnieta, lecz wywołana przez podnietę zmiana, p o b u d z e n i e, które samo nie koniecznie musi być związane z jakąkolwiek widoczną dla oka zmianą w organie podrażnionym, lecz zmianę taką wywołuje, gdy przeniesie się na odpowiedni organ. Najwyraźniej ujawnia się to przy podrażnieniu włókien nerwowych, które niezmiernie są pobudliwe, których pobudzenie wszakże zdradza się dopiero wówczas, gdy przejdzie z włókna nerwowego na połączony z temże organ, np. na mięsień. Podobnie dzieje się z korzeniami roślin, których zakończenia są geotropicznie lub hydrotropicznie pobudliwe, których podrażnienia wszelako są dopiero widoczne w postaci skrzywienia w pewnem od końca korzenia oddaleniu, w miejscach, które same przez się właściwie nie są wrażliwe na podnietę geotropiczną lub na działanie powietrza, zawierającego parę wodną. Porówn. to, co powiedziano w § 4-ym o geotropizmie.

Potrzeba koniecznie ciągłości protoplazmy pobudliwej, jeżeli pobudzenie ma się przenosić z miejsca na miejsce. To też w tworach jednokomórkowych podrażnienie jakiegokolwiek miejsca rozchodzi się zawsze w całej protoplazmie komórki. Może ono także przenosić się z komórki na komórkę, jeżeli komórki bezpośrednio się z sobą stykają lub jeżeli komórki oddalone łączą się ze sobą mostkami protoplazmatycznemi. Ten rodzaj przewodnictwa niezmiernie jest rozpowszechniony w gładkich włóknach mięśniowych. Jeszcze wyraźniej występuje przewodnictwo podrażnień w utworach o postaci podłużnej. Gdy mamy do czynienia z b u d o w ą w ł ó k n i s t ą i gdy włókna oddzielne, jak to się dzieje z włóknami mięśni poprzecznie prążkowanych i włóknami nerwowemi, otoczone są błonkami nie przewodzącemi pobudzeń, wówczas przenosze-

www.dlibra.wum.edu.pl

nie się pobudzenia zachodzić może tylko w kierunku podłużnym, lecz nie przechodzi z włókna podrażnionego na sąsiednie, pozostaje raczej w danem włóknie izolowane. Przewodnictwo pobudzenia staje się niemożliwem, jeżeli ciągłość substancyi przewodzącej włókna jest gdziekolwiek przerwana przez cięcie, zmiażdżenie lub inne jakie obrażenie [1]).

Jeżeli tkanka pobudliwa jest zarazem i kurczliwa, jak to się dzieje z włóknami mięśniowemi, wówczas pobudzenie jest połączone ze współczesnem skróceniem się tkanki w tych miejscach, do których pobudzenie to dochodzi. Gdy podrażnione zostaje w pewnem miejscu długie, poprzecznie prążkowane włókno mięsne, od miejsca podrażnienia w obudwu kierunkach ku końcom włókna przebiega fala skurczu. Szybkość przenoszenia się tej fali wynosi około 4 metrów na sekundę w świeżych mięśniach żaby.

We włóknach nerwowych, w których pobudzenie nie ujawnia się żadnemi zmianami dostrzegalnemi dla oka, Helmholtz oznaczył szybkość przewodnictwa w taki sposób, że drażnił włókna połączone z mięśniami raz bardzo blizko mięśni, a bezpośrednio potem w znacznem od mięśni oddaleniu; różnica w czasie, jaki upływa pomiędzy podrażnieniem a drgnięciem mięśnia w obudwu razach, posłużyła mu do obliczenia tej prędkości przewodnictwa. Okazało się, że szybkość ta wynosi w nerwach żaby 24 metry na sekundę, jeżeli nerwy znajdują się w temperaturze pokojowej; w temperaturze niższej szybkość jest mniejsza, w wyższej zaś większa. Dla nerwów zdrowego ciała ludzkiego Helmholtz oznaczył szybkość na 33 metry na sekundę.

Zjawisko pobudzenia daje się też wykazać we włóknach nerwowych całkowicie izolowanych, albowiem towarzyszy mu zmiana w zachowaniu

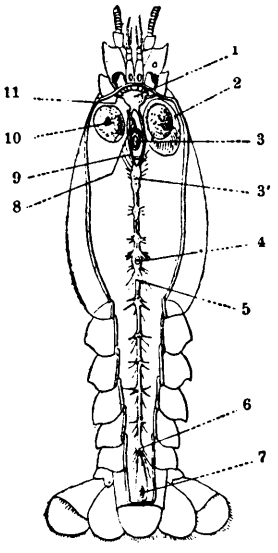
---

[1]) W komórkach włókien mięsnych serca, rozgałęziających się i stykających swojemi rozgałęzieniami, wszelkie podrażnienie, gdziekolwiek wywołane, przenosi się na wszystkie zespolone ze sobą komórki, które można uważać niejako za jedno wielkie, nieprawidłowo ukształtowane włókno mięsne. — Godnem jest uwagi, że substancya przewodząca pobudzenia w korzeniach roślin ma budowę włóknistą, przypominającą do pewnego stopnia włókienka nerwowe. Przedmiotem odpowiednim do badania przewodnictwa pobudzeń są również blaszki pławne u żebropławów (porówn rozdz XVIII, § 6). Blaszki poszczególne połączone są ze sobą przy pomocy protoplazmy żeberek, na których są umieszczone. W ten sposób podrażnienie na jednym końcu przenosi się na wszystkie blaszki, i jeżeli przetniemy żeberko pomiędzy dwiema blaszkami i usuniemy całkowicie jednę blaszkę, wówczas rozdzielone tak dwie grupy blaszek kurczą się niezależnie od siebie. Pobudzenie poczyna się w pierwszej a kończy w ostatniej blaszce każdej grupy, lecz nie przenosi się z jednej grupy na drugą.

www.dlibra.wum.edu.pl

się elektrycznem. Podczas przenoszenia się pobudzenia we włóknie nerwowem każdy jego punkt znajdujący się właśnie w stanie pobudzenia zachowuje się odjemnie elektrycznie względem każdego punktu nie pobudzonego. To samo ujawnia się w mięśniu, i zdaje się, że dzieje się to także w innych tkankach pobudliwych, również u roślin, np. w liściach muchołówki (*Dionaea muscipola*) i w szypułkach czułka (*Mimosa pudica*), w których także występują zmiany elektryczne wskutek podrażnień (porówn. rozdz. XVIII, § 9).

O ile nam wiadomo, nie wykryto jeszcze dotychczas zjawisk elektrycznych w pobudliwych częściach innych roślin.



6. Układ nerwowy.

Fig. 114.

Układ nerwowy raka. 1 zwój mózgowy; 2 gruczoł zielony; 3 przewód pokarmowy (przecięty); 3' zwój podprzełykowy; 4 tętnica (przecięta); 5 szósty zwój piersiowy; 6 ostatni zwój brzuszny; 7 odbyt; 8 nerw ustno-żołądkowy; 9 pierścień okołoprzełykowy; 10 gruczoł zielony; 11 nerw rożkowy. Pnie nerwowe są odcięte.

6. Objawy sprawności układu nerwowego poznaliśmy w najogólniejszym zarysie w rozdziale XI-ym, o tyle mianowicie, o ile to było możliwe, bez pomocy poważniejszych doświadczeń, przez samo tylko obserwowanie królika. Zwróciliśmy tam szczególnie uwagę na ważną różnicę pomiędzy nerwami obwodowemi, złożonemi prawie wyłącznie z włókien nerwowych, a układem nerwowym ośrodkowym. Rozgraniczenie dokładne tych dwu części układu nerwowego istnieje wprawdzie tylko u kręgowców. W przeciwstawieniu do tego układ nerwowy u najniższych tkankowców (*Metazoa*) [1]), jeżeli wogóle występuje, jest niejako rozproszony. Wreszcie u wyższych zwierząt bezkręgowych znajdujemy coś niby pośredniego pomiędzy obydwiema temi postaciami; tutaj układ nerwowy składa się z pewnej liczby połączonych ze sobą włóknami, większych lub mniejszych węzłów, t. zw. zwojów (*ganglia*), oraz wychodzących z tych ostatnich, a składających

[1]) U roślin i pierwotniaków nie znajdujemy utworów odpowiadających nerwom (porówn. jednakże przypisek na str. 508), lecz wiele pierwotniaków posiada już narządy zbliżone do narządów zmysłowych. Prawdziwe nerwy posiadają wszystkie zwierzęta, poczynając od pławów (*Hydrozoa*).

www.dlibra.wum.edu.pl

się z włókien nerwów, które dadzą się porównać z układem nerwów obwodowych u kręgowców.

Układ nerwowy zawiera zawsze dwa rodzaje różnych elementów: włókna nerwowe i komórki nerwowe. U niektórych tkankowców niższych składa się z delikatnej siatki rozgałęzionych komórek; lecz już u meduz znajdujemy u krawędzi dzwonka wieniec komórek nerwowych, które połączone są ze sobą pierścieniowym sznurkiem włóknistym; z tego sznurka wychodzą włókna nerwowe do komórek mięśniowych i komórek ektodermy. Widzimy tu przeto już pierwszy zaczątek skupienia komórek w węzły czyli zwoje. Jako przykład wyraźnego układu nerwowego drugiego z powyżej scharakteryzowanych rodzajów niechaj posłuży układ nerwowy raka przedstawiony na fig. 114. Odpowiednio do budowy symetrycznej ciała raka, szereg zwojów nerwowych jest podzielony na część prawą i lewą. Lecz podział ten nie jest zupełny; zwoje są ze sobą spojone, a tylko nieznaczne brózdy oznaczają ten podział. Wyraźniej występuje on u owadów. Wskutek tego łączące sznurki podłużne występują tu podwójnie; zwoje prawej i lewej strony łączą się z sobą zapomocą włókien poprzecznych

Dwa przednie, zazwyczaj największe zwoje zespolone są u stawonogów (*Arthropoda*) w zwój jeden, położony ponad przełykiem i połączony z mniejszym zwojem powyżej przełyku zapomocą dwu pasków włóknistych (pierścień okołoprzełykowy). Z owego wielkiego zwoju nadprzełykowego wychodzą nerwy do narządów zmysłowych (oka, ucha). Ponieważ u kręgowców do narządów tych dochodzą nerwy z mózgu, przez analogią przeto i owe zwoje u bezkręgowców zowiemy mózgiem.

Część komórek nerwowych i u kręgowców pozostaje w odosobnieniu; liczne takie komórki tworzą, podobnie jak u bezkręgowców, podwójny szereg zwojów, które, połączone z sobą pęczkami włókien podłużnie przebiegającemi, położone są po stronie brzusznej kręgosłupa. Nazywamy ten układ nerwem sympatycznym albo współczulnym (*nervus sympathicus*). Zwoje nerwu sympatycznego połączone są pęczkami włókien z rdzeniem kręgowym; inne wychodzące z nich włókna mieszają się z nerwami wychodzącemi z mózgu i rdzenia kręgowego. I w tych rozgałęzieniach obwodowych znajdują się tu i owdzie umieszczone zwoje, zwłaszcza w organach jamy brzusznej i piersiowej; niektóre z tych zwojów mikroskopowej są wielkości Można przeto powiedzieć, że i u kręgowców pewne części układu nerwowego znajdują się w stanie takim, jaki wyłącznie spotykamy u bezkręgowców.

7. Włókna nerwo-

7. Nerwy obwodowe składają się z wielu delikatnych włókien czyli nici, które ułożone są w pęczki, otoczone osłonkami

www.dlibra.wum.edu.pl

z tkanki łącznej. Każde włókno rozglądane przez mikroskop przy znacznych powiększeniach wykazuje następujące części składowe (fig. 115): w samem wnętrzu znajduje się złożone z jeszcze delikatniejszych włókienek (*fibrillae*), przebiegające bez przerwy przez cały, nieraz bardzo długi nerw, t. zw. włókno osiowe (cylinder osiowy); włókno osiowe otoczone jest osłonką rdzenną, która w mniej więcej równych odstępach jest przerwana t. zw. przewężeniami Ranviera (*r*); części osłonki rdzennej pomiędzy dwoma sąsiedniemi przewężeniami dzielą się na odcinki mniejsze przez t. zw. wcięcia. Prócz tego pomiędzy dwoma sąsiedniemi przewężeniami Ranviera widzimy jądro (*n*) i w sąsiedztwie tegoż masę drobnoziarnistą (*p*). Całość wreszcie jest otoczona błonką jasnoszklistą, przezroczystą, t. zw. osłonką Schwanna czyli neurilemmą (*s*). W niektórych nerwach osłonka rdzenna występuje bardzo skąpo lub brak jej zgoła; włókna pozbawione jej słabiej odbijają światło aniżeli włókna z osłonkami rdzennemi, wyglądają przeto bardziej szaro (włókna szare), gdy tamte są dla oka bielsze (włókna białe).

we i komórki nerwowe.

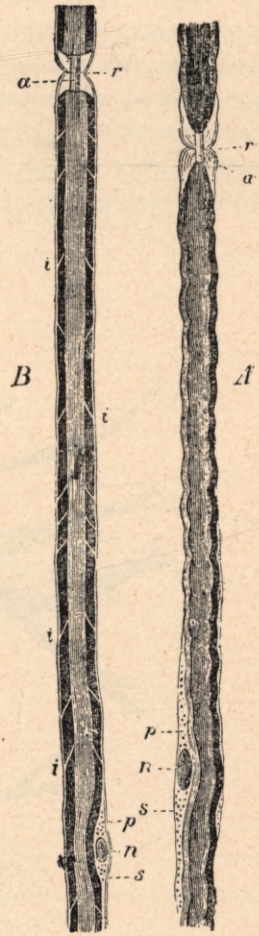


Fig. 115.

Włókna nerwowe. *a* włókno osiowe (cylinder osiowy), *n* jądra, *p* masa drobnoziarnista dokoła jąder, *r* przewężenia Ranviera, *i* wcięcia osłonki rdzennej.

Każde włókno nerwowe poczyna się w komórce nerwowej. Dla niektórych nerwów komórki, z których biorą one początek, leżą na obwodzie ciała; są to t. zw. komórki zmysłowe. Wszystkie inne natomiast zowiemy komórkami nerwowemi w znaczeniu ściślejszem. Na końcu przeciwnym każde włókno nerwowe, utraciwszy swe osłonki, przechodzi w t. zw. zakończenie nerwowe, przyczem najczęściej włókno osiowe rozgałęzia się mniej lub więcej. Komórka nerwowa wraz z włóknem i zakończeniem tegoż uważana jest niejako za jednostkę układu nerwowego i jednostka ta otrzymała nazwę neuron. Neurony łączą się z sobą w taki spo-

www.dlibra.wum.edu.pl

sób, że przylegają do siebie, stykają się z sobą zakończenia nerwowe, albo też zakończenie jednego neuronu obejmuje komórkę nerwową innego. Z takich łańcuchów neuronowych złożony jest układ nerwowy zwierzęcia wyższego, bez względu na jego stopień zawiłości w budowie.

Komórki nerwowe są komórkami stosunkowo dużemi z wyraźnem jądrem i jąderkiem. Mają one kształt rozmaity; niektóre są prawie kuliste, inne elipsoidowe, najczęściej wszakże nieprawidłowo wieloboczne. Mają jeden, dwa, najczęściej jeszcze więcej wyrostków. Na rysunkach fig. 116 i 117 przedstawione są dwie różne formy takich komórek. Przeważna liczba wyrostków (fig. 116, 3) wygląda tak jak protoplazma komórki; struktury drobno-



Fig. 116.

Komórka nerwowa z substancyi szarej rdzenia kręgowego wołu. 1 jądro, 2 wyrostek włókna osiowego czyli neuryt, 3 wyrostki protoplazmatyczne czyli dendryty.

ziarnistej, o rozmaitej grubości, dzielą się one wielokrotnie i wreszcie przechodzą w coraz delikatniejsze gałązki, podobne do gałązek drzewa. Są to t. zw. wyrostki (wypustki) protoplazmatyczne czyli dendryty. Jeden natomiast wyrostek (fig. 116 i 117, 2) ma brzegi gładkie, jest przezroczysty, delikatnie w kierunku podłużnym prążkowany, o średnicy równomiernej. W pewnej odległości od komórki otacza się on zazwyczaj osłonką rdzenną i staje się włóknem osiowem włókna nerwowego (rdzennego). Ten

www.dlibra.wum.edu.pl

wyrostek przeto nazywamy wyrostkiem nerwowym czyli neurytem.

Gdy komórka nerwowa ma jednę tylko wypustkę, wypustka ta jest neurytem; bardzo często neuryt ten już w nieznacznem oddaleniu od komórki dzieli się na dwie gałązki [1]).

Włókna nerwowe (neuryty) uważamy za wydłużone części komórki nerwowej; powstają one istotnie jako wyrostki komórki podczas rozwoju zwierzęcia. Po przecięciu włókna nerwowego część tegoż oddzielona od komórki obumiera, wyrodnieje [2]). Jeżeli odcięte końce po-

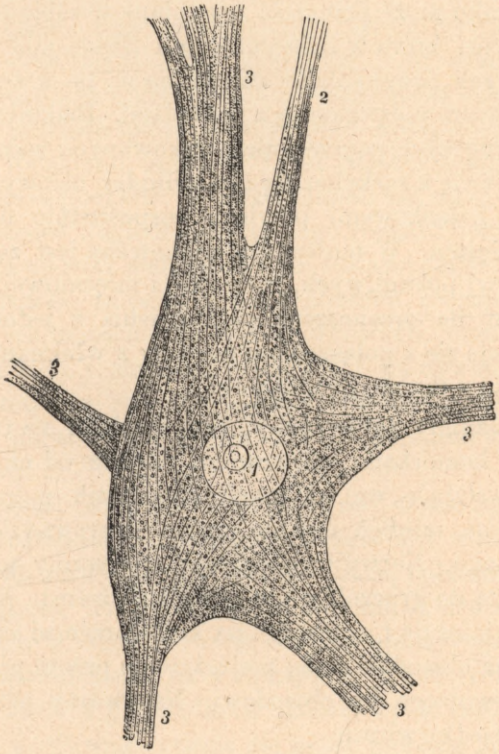


Fig. 117.

Komórka nerwowa z substancyi szarej rdzenia kręgowego cielęcia: 1 jądro, 2 wyrostek osiowy czyli neuryt, 3 wyrostki protoplazmatyczne czyli neuryty.

---

[1]) Występują niekiedy w przebiegu włókna obwodowego komórki o dwu wyrostkach osiowych, neurytach. Nie możemy tu rozważać szczegółowiej znaczenia histologicznego poszczególnych form komórek i ich wyrostków.

[2]) Zwyrodnienie zachodzi prawdopodobnie wskutek tego, że jądro ko-

www.dlibra.wum.edu.pl

zostają w doskonałem ze sobą zetknięciu, w takim razie może nastąpić zrośnięcie (regeneracya) ich, a tem samem i funkcya nerwu powrócić może do stanu prawidłowego.

8. Nerwy ruchowe i czuciowe.

8. We włóknach nerwowych część środkowa czyli cylinder osiowy (włókno osiowe) jest przewodnikiem. Prążkowanie delikatne, jakie w nim dostrzegamy, zdaje się wskazywać, że jest on złożony z wielkiej liczby niezmiernie delikatnych włókienek. Gdy włókno osiowe rozszczepia się na swe ostatnie gałązki, wówczas każde z oddzielnie przebiegających włókienek może dalej przewodzić pobudzenie pochodzące z włókna pierwotnego; podobnie też każde włókienko może przenieść wywołane w sobie pobudzenie na włókno główne, które w dalszym ciągu działa jako przewodnik. Pierwszy z tych przypadków zdarza się m. in. w tych włóknach nerwowych, które połączone są z mięśniami. Badanie mikroskopowe włókien mięsnych poprzecznie prążkowanych wskazuje, że neurilemma zlewa się z sarkolemmą i że cylinder osiowy ze swemi zakończeniami gałązkowemi przylega bezpośrednio do substancyi kurczliwej mięśnia. W ten sposób zachowane jest zetknięcie obudwu substancyj pobudliwych, nerwowej i mięśniowej, tak koniecznie niezbędne dla przenoszenia podrażnienia z jednej na drugą. Podobnie dzieje się z połączeniem nerwów z włóknami mięśniowemi gładkiemi i z tkanką gruczołową.

Gdy drażnimy takie nerwy, bez względu na to, czy są one w związku z komórkami nerwowemi czy też od nich są odcięte, wówczas powstające we włóknach nerwowych pobudzenie może przenieść się na mięsień czy na gruczoł i sprowadzić skurcz lub wydzielanie soku. Nerwy tego rodzaju nazywamy przeto r u c h o w e m i; gdy idą do gruczołów—w y d z i e l n i c z e m i. W obudwu razach organy (mięśnie i gruczoły), na które przenosi się pobudzenie, położone są na obwodzie ciała; podrażnienie przeto przenosi się o d ośrodka nerwowego ku obwodowi. Nazywamy przeto te nerwy również o d ś r o d k o w e m i.

Gdy natomiast drażnimy włókna, których końce obwodowe

---

mórki nerwowej nie może już wpływu wywierać na utrzymanie prawidłowego przerobu materyi w neurycie (porówn. rozdz. XIII, § 3). Jądra komórkowe, które widzimy we włóknach nerwowych (fig. 115, n), nie mogą objąć tej funkcyi, leżą one bowiem w osłonce. Gdy włókno osiowe już jest wytworzone, wówczas dopiero następczo układają się dokoła niego komórki osłonek, otaczają je, lecz pod względem czynnościowym są one od włókna odosobnione.

www.dlibra.wum.edu.pl

mieszczą się w skórze lub we właściwych narządach zmysłów, to w pewnych okolicznościach również nastąpić może wskutek takiego podrażnienia skurcz mięśnia lub wydzielanie gruczołu. Dzieje się to wszakże wówczas tylko, jeżeli podrażnione nerwy są jeszcze w połączeniu z organami nerwowemi ośrodkowemi a te ostatnie łączą się przy pomocy włókien odśrodkowych z mięśniami lub gruczołami. Działanie następuje tu przeto na drodze ubocznej, nie przenosi się bezpośrednio, jak w nerwach odśrodkowych, na mięśnie i gruczoły. Powrócimy jeszcze do tego zjawiska (p. niżej o odruchach).

Podrażnienie może jednakże prócz tego, po wstąpieniu do organu ośrodkowego, mieć nadto skutek taki, że wywołuje świadome wrażenie czuciowe. Ztąd też te nerwy, które przewodzą pobudzenia z obwodu ciała (skóra, narządy zmysłów) do ośrodków nerwowych, nazywamy nerwami czuciowemi lub dośrodkowemi.

Badanie mikroskopowe nie wykrywa żadnych różnic pomiędzy obu temi rodzajami nerwów; i pod innemi względami są one zupełnie do siebie podobne, w szczególności też zachowują się całkowicie jednakowo względem wszelkiego rodzaju podniet. Wreszcie obserwacya zjawisk elektrycznych, towarzyszących drażnieniu nerwów, wykazała, że pobudzenie w obudwu rodzajach nerwów, w odśrodkowych zarówno jak w dośrodkowych, przebiega w obudwu kierunkach, t. j. zarówno w kierunku ku obwodowi jak i ku ośrodkom. Jeżeli więc rozmaite są działania, występujące przy drażnieniu tych nerwów, nie pochodzi to bynajmniej z różnic w samych włóknach.

Łatwo pojąć, że pobudzenie nerwów czuciowych nie może wywołać bezpośrednio ani skurczu mięśnia ani wydzielania gruczołu, ponieważ nerwy te na obwodzie nie są połączone z mięśniami lub gruczołami. Trudniej już jest zrozumieć, dlaczego przy podrażnieniu nerwów odśrodkowych również nie występują wrażenia czuciowe. Doświadczenia na zwierzętach, a zwłaszcza też na ludziach, przeważnie w przypadkach chorobowych, stwierdziły z całą dokładnością, że zjawisko czucia nie może powstać przez działanie włókien nerwowych, lecz wyłącznie dzięki czynności komórek w ośrodkach nerwowych. Badanie tych organów ośrodkowych prowadzi dalej do wniosku, że musimy w nich rozróżniać rozmaite elementy o odmiennych własnościach, i że jedne komórki pozostają w związku z nerwami czuciowemi, inne z ruchowemi.

Opis szczegółowy budowy organów nerwowych ośrodkowych wykracza poza ramy książki niniejszej. U zwierząt wyższych budowa ta jest taka zawiła, że poprzestać musimy na wymienieniu tu punktów najważniejszych, które dla zrozumienia wykładu naszego są niezbędne. Wiado-

www.dlibra.wum.edu.pl

mości nasze o budowie ośrodków nerwowych znakomicie zostały posunięte naprzód dzięki nowszym postępom techniki mikroskopowej. Obok tego wielce do rozjaśnienia tej budowy przyczyniły się badania porównawcze nad narządami nerwowemi prostszemi u zwierząt niższych oraz studya nad rozwojem układu nerwowego i nad zjawiskami zwyrodnienia (degeneracyi) po chorobach. Jako wynik wszystkich tych badań okazała się niezmiernie cenną dla pojmowania zjawisk fizyologicznych teorya o budowie układu nerwowego z neuronów, które układają się w łańcuchy neuronowe. Pomimo więc, że niektórzy, nieliczni zresztą, badacze wystąpili z pewnemi zarzutami przeciw tej teoryi, następne nasze rozważania na tle tej teoryi rozwinąć pragniemy.

9. Łańcuchy neuronów.

9. Jako schemat najprostszy układu nerwowego, występującego u wielu zwierząt niższych, możemy poczytywać układ przedstawiony na fig. 118. Z komórki zmysłowej położonej w skórze wychodzi neuryt, którego zakończenie gałązkowe obejmuje komórkę nerwową. Neuryt z tej ostatniej wychodzący kończy się swojemi gałązkami we włóknie mięsnem. Tę komórkę nerwową nazywajmy przeto komórką nerwową ruchową. Połączenia tego rodzaju występują również w układach nerwowych zwierząt wyższych, które zbudowane są w sposób zawilszy. Lecz obok tego istnieje jeszcze inny rodzaj połączeń pomiędzy neuronami, mianowicie zakończenia dwu neuronów łączą się ze sobą. W obudwu przeto razach pobudzenie przenosić się może z jednego neuronu na inny. Dzięki temu to ugrupowanie łańcuchowe neuronów ma ważne znaczenie fizyologiczne [1]).

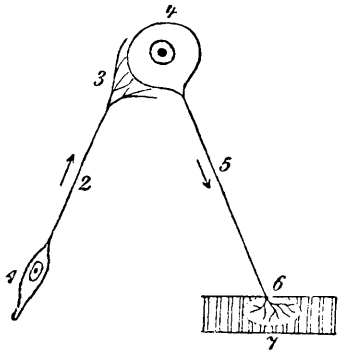


Fig. 118.

Schemat prostego układu nerwowego. 1 komórka zmysłowa, 2 neuryt, 3 zakończenie nerwu, 4 komórka nerwowa ruchowa, 5 jej neuryt, 6 zakończenie tegoż, 7 mięsień.

[1]) Na rysunku opuszczone są wyrostki protoplazmatyczne komórki nerwowej. Wyobrazić sobie należy, że pomiędzy niemi a zakończeniem drugiego neurytu istnieją połączenia protoplazmatyczne. Połączenia te, a również połączenia pomiędzy dwoma zakończeniami neurytów nie mogą, co prawda, u zwierząt wyższych być jeszcze dowiedzione z całą dokładnością. Lecz są one koniecznością fizyologiczną i, jakkolwiek hypotetycznie, trzeba przypuścić ich istnienie.

www.dlibra.wum.edu.pl

Podrażnijmy komórkę zmysłową (1), naprzykład przez ukłucie szpilką lub w podobny sposób, a zobaczymy, że mięsień (7) skurczy się. Pobudzenie więc wywołane tem podrażnieniem musiało przebiedz przez neuryt (2) i zakończenie tegoż (3) do komórki nerwowej ruchowej (4), a ztąd za pośrednictwem komórki przeniosło się na neuryt (5), który doprowadził je do mięśnia. Takie pośrednie pobudzenie włókna odśrodkowego, pochodzące z włókna dośrodkowego, nazywamy odruchem (refleks). Gdy, jak w przypadku naszym, pobudzenie przenosi się z nerwu czuciowego na nerw ruchowy, powstaje ruch odruchowy. Lecz może zajść również takie przeniesienie pobudzenia na nerw wydzielniczy (gruczołu); nastąpi wówczas wydzielanie odruchowe. Istotą zjawiska w obudwu przypadkach jest to, że pobudzenie z włókna dośrodkowego (czuciowego) przenosi się na włókno odśrodkowe (ruchowe lub wydzielnicze).

Czy w doświadczeniu na zwierzęciu z tak prostym układem nerwowym przy drażnieniu włókien czuciowych zachodzi coś jeszcze prócz odruchu, tego napewno powiedzieć nie umiemy. Z doświadczenia własnego wiadomo nam wszak, że w przypadkach podrażnienia włókien czuciowych lub komórek zmysłowych, z których włókna takie wychodzą, powstają czucia świadome. Pozostaje wszakże dla nas rzeczą nierozstrzygniętą, czy to samo dzieje się także u owych zwierząt, również jak i to, czy wszystkie ruchy, jakie u zwierząt tych spostrzegamy, powstają w sposób opisany, więc są odruchami, czy też mogą również powstawać ruchy niezależnie od podniet zzewnątrz działających.

Wspomnieliśmy już, że i u zwierząt wyższych, których układ nerwowy zawilej jest zbudowany, występują odruchy. Tutaj obok połączeń pomiędzy włóknami czuciowemi a komórkami nerwowemi ruchowemi istnieją jeszcze połączenia wyższego porządku, złożone również z neuronów. U zwierząt kręgowych połączenia bezpośrednie włókien czuciowych z komórkami ruchowemi, które dotychczas wymieniliśmy, bardzo obficie występują w rdzeniu kręgowym. Oprócz tego z rdzenia idą do mózgu łańcuchy neuronów wyższego porządku. Sprobujmy sprowadzić te zawiłe szlaki nerwowe do możliwie prostego schematu, a otrzymamy układ taki, jaki przedstawia fig. 119. Komórki 5 i 11 położone są w rdzeniu, natomiast komórki 7 i 9 w mózgu. Dla zwierząt kręgowych wyższych, zwłaszcza zaś dla człowieka dowiedziono dzięki doświadczeniom i obserwacyom na chorych, że tylko w mózgu zachodzą owe zjawiska, które zespolone są ze stanami świadomości i samowiedzy. Dzieje się to szczególnie w licznych komórkach szarej kory mózgowej, która niby płaszcz osłania

www.dlibra.wum.edu.pl

wnętrze mózgu, utworzone przeważnie z włókien nerwowych i z wejrzenia białe (z powodu obecności w tych włóknach osłonek rdzennych). Gdy brak owych komórek w szarej korze mózgowej, albo gdy przerwane są połączenia z niemi, np. przez cięcia neurytów 6 lub 10, wówczas pobudzenie, powstające przez drażnienie komórki zmysłowej (1), może dojść po drodze 2, 3 do komórki ruchowej 11, a ztąd przenieść się na mięsień. Mamy wówczas zwykły odruch. Jeżeli wszakże wszystkie komórki oraz wszystkie połączenia są zachowane w stanie prawidłowym, w takim razie pobudzenie może też dojść na drodze 5, 6, 7 do kory mózgowej i wywołać tu wrażenie świadome czuciowe; albo również stać się może, że pobudzenie które w pewien, sposób powstanie w komórce 9, wywoła w mięśniu, (13) ruch, który, zależnie od tego, czy jest połączony ze zjawiskiem świadomem woli, czy nie, nazywamy ruchem dowolnym lub niedowolnym. Powrócimy do tego w § 12-ym.

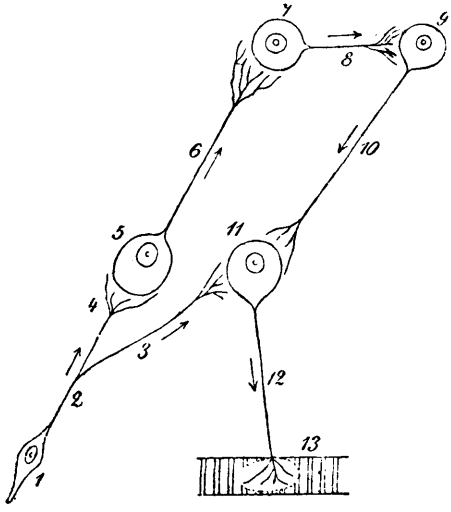


Fig. 119.

Schemat zawilszego układu nerwowego. 1 komórka zmysłowa; 2 neuryt dzielący się na dwie gałązki 3 i 4; 5 komórka nerwowa rdzenia kręgowego; 6 jej neuryt; 7 i 9 komórki nerwowe mózgu; 11 komórka ruchowa rdzenia kręgowego; 12 jej neuryt; 13 mięsień.

10. Energia specyficzna.

10. Zakończenia nerwowe umieszczone w rozmaitych miejscach na obwodzie ciała nie są jednakowo wrażliwe na wszelkie rodzaje podniet. Te, które położone są w skórze, zostają pobudzone przez ucisk, ciepło, zimno; zakończenia nerwu wzrokowego pobudzone zostają przez światło. Tem więc zakończenia te różnią się istotnie od wychodzących z nich włókien nerwowych. Włókna nie mogą wogóle być pobudzone przez światło ani przez stale wywierane ciśnienie, natomiast przez silne i nagłe wahania w ciśnieniu. To samo rzec należy o innych bodźcach, działających na rozmaite organy końcowe nerwów. Organy połączone z obwodowemi początkami nerwów czuciowych są więc wrażliwe, nastrojone nie-

www.dlibra.wum.edu.pl

jako na podniety specyficzne. Każdy zostaje pobudzony przez pewien szczególny rodzaj działania i przenosi to pobudzenie na włókna nerwowe. Ten końcowy organ nerwowy przejmuje wyłącznie bodźce pewnego określonego charakteru.

Budowa anatomiczna, charakter szczególny owego organu końcowego, przejmującego podnietę, rozstrzyga o tem, jakiego właściwie rodzaju podniety nań działają. Organ otoczony tkankami nieprzezroczystemi oczywiście nie może być wrażliwym na światło, bo ono doń nie dochodzi. Lecz gdyby nawet nie było takiej przeszkody zewnętrznej, organ przeznaczony do przejmowania bodźców świetlnych musiałby jeszcze przez samą budowę swą być odpowiednim do tego, aby pobudzały go drgania eteru o pewnej oznaczonej długości fal. Rozejrzyjmy się wśród znanych nam w tym względzie faktów, a okaże się co następuje. Przeważna liczba owych organów, przejmujących podniety zewnętrzne, zostaje pobudzona jedynie przez pewne oznaczone rodzaje wpływów. Natomiast wszystkie nerwy, idące od owych organów do ośrodkowego układu nerwowego, mogą być pobudzone przez zwykłe podniety nerwowe, o ile są wogóle dla tych ostatnich dostępne. Lecz bez względu na to, w jaki sposób pobudzenie zachodzi, czy przez podnietę specyficzną, działającą na organ końcowy przejmujący podrażnienie, czy wskutek bezpośredniego podrażnienia samego nerwu, zawsze pobudzenie każdego nerwu wywołuje działanie fizyologiczne ściśle oznaczone, właściwe tylko danemu nerwowi. Każde pobudzenie nerwu wzrokowego sprowadza wrażenie światła, każde pobudzenie nerwu słuchowego wywołuje wrażenie dźwięku i t. d. Powiadamy przeto, że każdy z tych nerwów odznacza się właściwą sobie energią specyficzną.

Z faktu, że podrażnienie mechaniczne lub elektryczne nerwu wzrokowego sprowadza zawsze wrażenie świetlne, a te same bodźce, działając na nerw słuchowy, sprowadzają zawsze wrażenie dźwiękowe, wynika, że nie drgania eteru przebiegają wzdłuż nerwu wzrokowego ani drgania dźwiękowe wzdłuż nerwu słuchowego do mózgu. Do mózgu dochodzi raczej to tylko, co nazwaliśmy pobudzeniem, bez względu na to, czy to pobudzenie zostaje wywołane przez bodźce działające na same włókna nerwowe, czy też pochodzi z organów końcowych, obwodowych, dzięki działaniu podniet, na które organy te są wrażliwe. Samo wszakże zjawisko pobudzenia musi być jednakowe we wszystkich włóknach nerwowych. Nie znamy pod tym względem różnic, podobnie jak nie znamy różnic w budowie histologicznej ani w jakichkolwiek innych własnościach rozmaitych włó-

www.dlibra.wum.edu.pl

kien nerwowych. Gdy zaś wszystkie włókna nerwowe podobne są do siebie i wszystkie są tylko przewodnikami dla jednego i tego samego zjawiska, które pobudzeniem nazywamy, bez względu na to, czem to pobudzenie zostało wywołane, przeto wszelkie stany świadomości, sprowadzane ostatecznie przez te pobudzenia, polegać muszą tylko na różnicach w budowie i czynności owych przyrządów, organów, komórek, na które te pobudzenia się przenoszą. Przypuszczamy przeto, że każda komórka kory wielkich półkul mózgowych, w której powstać może wrażenie świadome, gdy dojdzie do niej pobudzenie od połączonych z nią włókien nerwowych, wprawiona zostaje w stan czynności, wyzwalający ściśle oznaczony rodzaj czucia świadomego. Pobudzenie pewnych komórek sprowadza wrażenie światła, innych wrażenie dźwięku i t. d.

Przypuszczenie to istotnie poparte zostaje doświadczeniami zdobytemi w badaniach zwierząt wyższych i w postrzeżeniach na człowieku przy miejscowo ograniczonych chorobach mózgu. Podobne pomiędzy sobą komórki, t. j. takie, które sprowadzają wrażenia jednorodne, położone są przestrzennie obok siebie. W chorobach mózgu, ograniczonych do pewnych miejsc, następują zakłócenia tylko we wrażeniach czuciowych pewnego określonego rodzaju. W zgodzie z tem pozostają rezultaty doświadczeń na zwierzętach. Tak np. wycięcie kory mózgowej w tylnym płacie wielkich półkul mózgowych pociąga za sobą utratę wrażeń wzrokowych, wycięcie kory mózgowej w płacie skroniowym sprowadza zaburzenia słuchu; zupełnie te same zakłócenia postrzegano przy zmianach chorobowych odnośnych miejsc kory mózgowej u człowieka.

Obok dużych różnic pomiędzy komórkami wyzwalającemi wrażenia świetlne a innemi, w których zachodzą wrażenia dźwiękowe, istnieć muszą jeszcze różnice mniejsze pomiędzy komórkami jednego i tego samego rodzaju, które odpowiadają odmianom jednej i tej samej jakości wrażeń. W ten sposób tłumaczyć sobie możemy różnice w odczuwaniu barw przy wrażeniach świetlnych, w odróżnianiu wysokości tonów przy wrażeniach dźwiękowych i t. d. Przy niektórych wrażeniach, zwłaszcza dotykowych, przybywają nadto różnice wykazujące miejsca, na które działają podniety, wywołujące odnośne pobudzenia. Dzięki tym różnicom potrafimy odróżnić dwa zresztą identyczne wrażenia, np. ukłucie szpilką raz działające na skórę ramienia, drugi raz na skórę policzka [1]).

---

[1]) Hypoteza przypuszcza istnienie bardzo dużej liczby komórek nerwowych w korze mózgowej. W zgodzie z tem pozostają rezultaty badań mikroskopowych; różnic fizyologicznych pomiędzy komórkami kory mózgowej, przyznać to trzeba, dojrzeć nie jesteśmy w stanie.

www.dlibra.wum.edu.pl

O zjawiskach fizycznych zachodzących w komórkach kory mózgowej a towarzyszących powstawaniu wrażeń zmysłowych nic powiedzieć nie umiemy. Same tylko wrażenia są nam znane z własnego doświadczenia. Wrażenia te w niczem nie są podobne do zjawisk fizycznych i chemicznych, które działają jako podniety na obwodowe zakończenia nerwowe i przez to ostatecznie są pobudkami owych wrażeń. Nie należy dać się wprowadzić w błąd przez to, że często używamy tu jednej i tej samej nazwy dla dwu pojęć. To, co działa na przyrząd nerwowy w siatkówce oka, to drgania eteru; to zaś, co wyzwala się pod ich wpływem w układzie nerwowym, to pobudzenia właściwe wyłącznie tkance nerwowej. Te pobudzenia sprowadzają w komórkach kory mózgowej połączonych z nerwem wzrokowym wrażenia świetlne. Jeżeli więc nazywamy także światłem odpowiednie drgania eteru, nie chcemy przez to bynajmniej powiedzieć, że drgania te istotnie podobne są do zjawisk w komórkach nerwowych, w których powstają wrażenia światła. Że tak być nie może, wynika już z tego, że te same drgania eteru, działając na skórę, wywołują wrażenie zupełnie inne, wrażenie ciepła. Podobnie ma się rzecz z drganiami dźwiękowemi. Gdy działają za pośrednictwem powietrza lub przez kości głowy na nerwy słuchowe, wzbudzają w nas wrażenia dźwiękowe; gdy zaś przenoszą się na nerwy skóry, powstaje wrażenie zupełnie innego rodzaju, łaskotania. O drganiach eteru i drganiach stroika (kamertonu) wyrobiliśmy sobie pewne pojęcie. Jakiego wszakże rodzaju są zjawiska materyalne w komórkach kory mózgowej, o tem nie wiemy. Tem mniej w stanie jesteśmy wyobrazić sobie, w jaki sposób te zjawiska materyalne prowadzą do zgoła odrębnego, a tak charakterystycznego objawu, jakim jest wrażenie świadome czucia. Same te wrażenia znane nam są doskonale. Toż są one jedyną, wyłączną treścią wiedzy naszej bezpośredniej. Wszystko, co poza tem wiemy o świecie zewnętrznym, to tylko wnioski z owych wrażeń czuciowych (porówn. rozdz. I i II). Ponieważ w licznych doświadczeniach przekonaliśmy się, że pewne wrażenia występują zawsze, ilekroć z najrozmaitszych objawów sądzić możemy, że w świecie zewnętrznym zachodzą pewne oznaczone zjawiska, przywykliśmy przeto zjawiska owe nazywać tem samem imieniem co i wrażenia, jakie one w nas wywołują.

Wiadomo nam również, że w okolicznościach osobliwych może nie być owej tak pewnej zgodności pomiędzy wrażeniami naszemi a odpowiedniemi zjawiskami świata zewnętrznego. Pobudzenie nerwów czuciowych może nastąpić pod wpływem zjawisk niezwykłych lub pod wpływem bodźców działających w któremkolwiek

www.dlibra.wum.edu.pl

miejscu na same włókna nerwowe. Pobudzenie komórek nerwowych nastąpić może także pod wpływem przyczyn wewnętrznych, zmiany w składzie krwi lub t. p., bez pobudzenia doprowadzonego po drodze nerwów. Powstają wówczas wrażenia podmiotowe (subjektywne), którym nie odpowiadają zjawiska w świecie zewnętrznym, tak jak je zwykliśmy odtwarzać w umyśle. W ten to sposób otwiera się przed nami wielki obszar złudzeń zmysłowych, omamy, halucynacye, które potrafimy odróżniać od wrażeń zwykłych zaledwie w sposób niedokładny, ponieważ ostateczne zjawiska w komórkach nerwowych kory mózgowej są przytem takie same, jak przy wrażeniach zmysłowych powstających w sposób zwykły.

Rozważania nasze o wrażeniach opierają się na postrzeganiu samych siebie. Dotyczą więc one przedewszystkiem tylko osobnika postrzegającego. Z największą przeto ostrożnością można je tylko przenosić na inne istoty żywe. Czy kto inny, spoglądając na kwiat, który według nas ma barwę czerwoną, odbiera zupełnie to samo wrażenie barwne, tego stwierdzić wcale nie jesteśmy w stanie [1]). Wolno nam jednakże sądzić, że pewne wrażenia prawdopodobnie u innych ludzi i do pewnego stopnia także u zwierząt wyższych zachodzą w sposób podobny jak w nas samych Możemy stwierdzić, czy pies widzi, czy jest ślepy; jeżeli najprostszą drogą biegnie ku rzuconemu przedmiotowi i chwyta go, przypuszczamy wówczas, że widzi ten przedmiot tak, jak my go widzimy. Lecz wykracza po za granice badania fizyologicznego pragnienie stwierdzenia, czy wrażenia psa w tym razie zgodne są w zupełności z naszemi, albowiem nie mamy środków, które by nam pozwoliły w tym względzie wykryć coś pewnego. Bardziej jeszcze płonnemi byłyby roztrząsania teoretyczne nad tem, czy zwierzęta niższe lub rośliny odbierają wrażenia do naszych wrażeń podobne. Uwagi niżej przytoczone o zjawiskach zmysłowych u innych tworów powinny przeto być rozumiane jedynie z zastrzeżeniem, że nic nie wypowiadamy o wrażeniach samych przez się, lecz tylko opisujemy zjawiska same, tak jak je poznaliśmy.

---

[1]) Nawet okoliczność, że i kto inny nazywa ową barwę czerwoną, nie dowodzi wcale, że odbiera on to samo co i my wrażenie Przywykł on nazywać wrażenie od owej barwy odbierane czerwienią, podobnie jak my przywykliśmy przypisywać właśnie tę samą nazwę wrażeniu, jakie w tym przypadku odbieramy. Ludzie ślepi na pewne barwy z pewnością inne odbierają wrażenia aniżeli ludzie obdarzeni normalnym zmysłem barwnym, a jednakże jedni i drudzy posługują się temi samemi nazwami.

www.dlibra.wum.edu.pl

11. Zakończenia nerwów czuciowych często są pomieszczone pośród lub pod komórkami nabłonkowemi, pokrywającemi powierzchnię skóry lub błony śluzowe (porówn. rozdz. XIII, § 11). Gdy komórki położone powierzchownie są połączone z nerwami, nazywamy je nabłonkami nerwowemi. Często istnieją jeszcze osobne urządzenia, służące do przejmowania pewnych określonych podniet a powstrzymywania podniet innych rodzajów. W ten sposób te narządy przejmujące podniety stają się prawdziwemi organami, narządami zmysłów. U zwierząt wyższych organy te mają budowę tak charakterystyczną, że powątpiewać nie możemy o ich znaczeniu jako narządów przejmujących pewne oznaczone podrażnienia. Narządy wydoskonalone dla załamywania promieni światła w oku, dla przewodnictwa drgań dźwiękowych w uchu pozwalają natychmiast rozpoznać, że w pierwszym przypadku mamy do czynienia z organem przejmującym bodźce świetlne, w drugim zaś z organem przejmującym bodźce dźwiękowe. Gdy takie same narządy spotykamy u innych istot, uprawnia nas to do przypuszczenia, że zostają one pobudzane przez podniety takie same jak u człowieka. Gdy zaś spotykamy organy zmysłów odmienne od naszych, możemy doświadczalnie stwierdzić, czy i jakiego rodzaju podniety działają na nie, lecz powstrzymamy się od sądu o tem, jakiego rodzaju wrażenia podrażnienia owe wywołują. 11. Narządy zmysłów.

Nasuwa się przypuszczenie, że zjawisko stopniowego różnicowania, które poznaliśmy przy rozpatrywaniu innych narządów, odbiło się też w pewien sposób na rozwoju organów zmysłów. Skoro pobudliwość pierwotnie właściwa jest wszelkiej protoplazmie, a w komórkach zmysłowych rozwinęła się do stopnia wyższego, mogło więc zróżnicowanie doprowadzić do tego, że jedna komórka zmysłowa bardziej stała się pobudliwą pod wpływem podrażnień mechanicznych (ciśnienie, wyciąganie i t. p.), inna stała się wrażliwszą na podniety chemiczne (smak i powonienie), znów inna na wstrząśnienia mechaniczne (słuch), wreszcie inna na drgania eteru (wzrok). Pogląd ten, rozwinięty głównie przez Herberta Spencera, ma istotnie wiele prawdopodobieństwa. Lecz niestety nie wynikają zeń wnioski, nadające się do sprawdzenia empirycznego. Możemy wszakże zgodnie z tym poglądem uważać za rzecz bardzo prawdopodobną, że pewne organizmy mogą też posiadać komórki zmysłowe, w których zgoła zróżnicowanie jeszcze nie nastąpiło lub zaszło w bardzo nieznacznym stopniu, które zatem jednakowo mniej więcej mogą być pobudzone przez podniety różnego rodzaju. Zdaje się, że istotnie się tak dzieje.

Ażeby podrażnienia rozmaitego rodzaju wywoływały też roz-

www.dlibra.wum.edu.pl

maite rodzaje wrażeń, na to, prócz zróżnicowania komórek zmysłowych, potrzeba jeszcze i zróżnicowania czuciowych komórek nerwowych w organie ośrodkowym. O tem zróżnicowaniu, jak to już kilkakrotnie wspomniano, możemy coś wypowiedzieć ze spostrzeżeń nad sobą samymi, o ile chodzi o własne nasze wrażenia. Co się zaś tyczy innych ustrojów żywych, powstają tylko domniemania, tem mniej pewne, im warunki życia tych tworów bardziej się różnią od warunków życia naszego.

Zwykły podział wrażeń na pięć zmysłów już dla człowieka przy badaniu ściślejszem nie jest wystarczający. W tak zwanym zmyśle czucia np. objęte są z pewnością rozmaite rodzaje czucia dla tego tylko, ponieważ narządy przeznaczone do przejmowania bodźców położone są w skórze obok siebie. W zakresie jednego i tego samego rodzaju czucia możemy spostrzegać różnice w sile wrażenia, lecz również i pewne odmiany jakościowe. W zakresie zmysłu wzroku mamy więc wrażenia rozmaitych barw, w zakresie zmysłu słuchu wrażenia różnych wysokości tonów. Jeżeli wrażenia barw z jednej strony, a z drugiej wrażenia tonów uważamy za odmiany jednej i tej samej jakości wrażeń, światła i dźwięku, czynimy to dlatego, ponieważ wrażenia te przechodzić mogą jedne w drugie. Od wrażenia barwy błękitnej możemy przez stopniowe przejścia dojść do zieleni, również od wrażenia tonu pewnej wysokości przejść możemy do jego tercyi lub kwinty. Lecz nigdy od wrażenia ucisku przez żadne stopniowania przejść nie można do wrażenia ciepła. Wrażenie ucisku i wrażenie ciepła nie są zatem odmianami jednej i tej samej jakości wrażeń, lecz są tak różnemi pomiędzy sobą jakościami, jak wrażenia dźwiękowe i wrażenia świetlne.

Gdy doświadczenie uczy nas, jak niepewną jest rzeczą wnioskowanie o rodzaju odbieranych wrażeń wyłącznie tylko z budowy anatomicznej organów zmysłowych, tem bardziej przeto unikać powinniśmy przypuszczeń zbyt pośpiesznych o wrażeniach u innych tworów żywych. Być bardzo może, że niektóre istoty mają „zmysły“, których nam brak w zupełności. Jakiego rodzaju wrażenia zmysły te wywołują, o tem wyobrażenia mieć nie możemy, podobnie jak niewidomy nie może mieć wyobrażenia o tem, co nazywamy wrażeniem światła. Pomijamy tu przeto owe domniemane organy zmysłowe osobliwszego rodzaju u rozmaitych istot żywych (np. tak zwane narządy boczne u ryb), brak nam bowiem wszelkich podstaw do ich poznania fizyologicznego. Doświadczalnie stwierdzić wszakże można, czy dana istota może być pobudzona przez pewnego rodzaju bodźce, oczywiście, o ile oddziaływa ona

www.dlibra.wum.edu.pl

na te bodźce w sposób widoczny. Tak np. przytoczone w § 4-ym zjawiska fototaxis dowodzą, że mnóstwo jest tworów wrażliwych na promienie światła. Niekiedy wrażliwość na światło równomiernie jest właściwa całej powierzchni ciała, często zaś jest ograniczona do pewnych miejsc szczególnych. W tym ostatnim razie owe miejsca posiadają specyalne organy, które przez wyróżnicowanie się osiągnęły szczególny stopień wrażliwości na drgania eteru o oznaczonej długości fali, gdy tymczasem organy w innych miejscach położone nie odznaczają się taką pobudliwością, lecz są pobudliwe w sposób inny, oddziaływając np. na wpływy mechaniczne [1]). Miejsca ciała wrażliwe na światło zazwyczaj z łatwością dają się rozpoznać po tem, że skupiony jest w nich barwnik, który, umieszczony po za narządem nerwowym, pochłania światło wpadające i prawdopodnie w ten sposób wzmacnia działanie na zakończenia nerwowe. Tak np. wspomniana w § 4-ym *Euglena* posiada w pobliżu końca przedniego, w wić opatrzonego, małą okrągłą plamkę barwnikową (pigmentową), która sama tylko jest na światło wrażliwa; jeżeli światło pada tylko na tylną część ciała wypełnioną chlorofilem, nie wywiera to żadnego wpływu na kierunek i ruch *Eugleny*.

Podobne plamki pigmentowe znajdujemy u wielu niższych istot. Są one zawsze wrażliwe na światło, przypominają więc oczy wyższych zwierząt i nazywamy je oczkami (*ocelli*). Podobieństwo do oczu jest jeszcze większe, jeżeli prawdziwe zakończenia nerwowe, w których lub po za któremi skupiony jest barwnik, przy pomocy włókien nerwowych połączone są z komórkami nerwowemi, a jednocześnie przed niemi oskórek (*cuticula*) tworzy rodzaj soczewki, która ześrodkowuje w komórkach zmysłowych światło wpadające, jak to np. dzieje się u meduz. Pomimo to jednak i tych utworów nie należy nazywać oczami i nie należy twierdzić, że zwierzęta widzą niemi. Gdy wszakże zakończenia nerwowe wraz ze swym barwnikiem położone są w zagłębionej jamce, do której światło wpadać może tylko przez wązki otwór, wówczas na dnie tego zagłębienia powstawać mogą obrazy przedmiotów zewnętrznych. Tak zbudowane jest np. oko łodzika (*Nautilus*) na-

---

[1]) U pierwotniaków nie mamy do czynienia z właściwemi narządami, lecz z pobudliwością ogólną protoplazmy. Gdy wszakże pobudliwość specyficzna na pewien rodzaj bodźców przywiązana jest do oznaczonego miejsca ciała, jak np. u *Eugleny*, o której natychmiast wspomnimy, wówczas miejsce to uważać można za organ komórkowy w takiem znaczeniu, jak była mowa w rozdz. XIII, § 6 i nast.

www.dlibra.wum.edu.pl

leżącego do głowonogów (*Cephalopoda*) (fig. 120). Brak tu zupełnie soczewki lub jakiegokolwiek przyrządu załamującego światło, gdy natomiast przyrząd nerwowy wskazuje już zróżnicowanie, przypominające doskonale rozwinięte oko zwierząt wyższych. Oczy innych głowonogów, np. mątwy, w budowie swej znacznie więcej są zbliżone do oczu kręgowców.

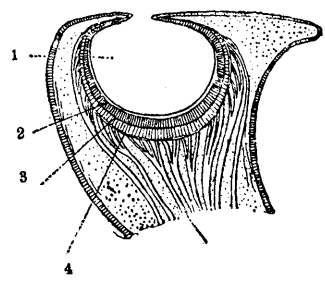


Fig. 120.

Oko proste łodzika. 1 jamka oka (oczodół); 2 warstwa pręcikowa, 3 warstwa komórek wzrokowych, 4 warstwa komórek nerwowych.

Należy przypuszczać, że przyrząd w ten sposób zbudowany służyć może nie tylko do postrzegania przedmiotów świata zewnętrznego, lecz i do rozpoznawania ich kształtów, i możemy przeto nazywać go okiem, jakkolwiek bardzo prostem. Od oka takiego do doskonalszego u zwierząt wyższych istnieją liczne stopniowe przejścia.

12. Ruchy dowolne i automatyczne.

12. Prócz stanów świadomości czuciowych, powstających przez pobudzenie nerwów zmysłowych, oraz następstw tych stanów, czyli wyobrażeń, znamy inny jeszcze stan świadomości, który nazywamy wolą. Wyobrażamy sobie, że bez wszelkiego działania zzewnątrz, jedynie na skutek czegoś powstającego w naszem wnętrzu, jesteśmy w stanie działać, np. wywoływać ruchy mięśni. Jest to może złudzenie. Być może, że działania, czyny takie biorą zawsze początek w pewnej podniecie zewnętrznej, która tylko nie dochodzi do naszej świadomości jako następstwo działania zewnętrznego. Jakkolwiekbądź, tyle rzec możemy napewno, że tego rodzaju czyny, powstające samodzielnie według mniemania naszego, prawdziwego czy fałszywego, również przywiązane są do kory mózgowej w niczem nieuszkodzonej. U ludzi, których kora mózgowa ucierpiała wskutek choroby, nie występują czyny podobne do tych, które wykonywamy jako t. zw. objawy woli. Musimy przeto wnosić, że pobudzenia do tych czynów, podobnie jak pobudzenia prowadzące do świadomych wrażeń, powstają w komórkach nerwowych kory mózgowej.

Obok rozmaitych komórek, w których powstają poszczególne rodzaje wrażeń, muszą też istnieć komórki, w których powstają pobudzenia ruchowe. Na schemacie fig 119 str. 518 komórki „czuciowe“ oznaczone są cyfrą 7, zaś „ruchowe“ cyfrą 9. Za słusznością tego poglądu przemawia fakt, że sztuczne podrażnienie pewnych oznaczonych miejsc kory mózgowej wywołuje ruchy pewnych grup mięśni, podczas gdy drażnienie miejsc, w których położone są komórki „czuciowe“, nigdy nie wywołuje ruchów.

www.dlibra.wum.edu.pl

Również zmiany chorobowe, patologiczne, ograniczone do owych terytoryów „ruchowych“ kory mózgowej, pociągają za sobą pewne zakłócenia w odpowiednich grupach mięśni.

Przenosząc przez analogią wyobrażenia zdobyte w własnej naszej świadomości na innych ludzi, a do pewnego stopnia i na zwierzęta wyższe, których układ nerwowy ośrodkowy do naszego jest podobny, przypisujemy i im także „wolę“. Niejednokrotnie już kładliśmy nacisk na to, że przypuszczenia tego rodzaju wolno nam czynić tylko z największą ostrożnością. Zwłaszcza gdy mowa o zwierzętach niższych lub roślinach, które nie posiadają narządów podobnych do naszego układu nerwowego, możemy rozprawiać o zjawiskach psychicznych tylko z wyraźnem zastrzeżeniem, że chodzi tu o przypuszczenia, których tymczasem dowieść nie potrafimy.

Obok pobudzeń mózgowych związanych z objawami świadomości występują również pobudzenia nieświadome. Ponieważ występują one prawie wyłącznie jako ruchy, będziemy przeto tylko o ruchach mówili a pominiemy inne objawy sprawności, dla których podniety wychodzą z układu nerwowego. Można zatem odróżniać ruchy dowolne i ruchy nieświadome, bezwiedne. Do tych ostatnich należą także odruchy, o których była już mowa w § 9-ym. Lecz oprócz odruchów istnieją też ruchy bezwiedne, dla których nie jesteśmy w stanie wskazać podniety zewnętrznej, która je wyzwala. Niektóre z nich występują często w przebiegu życia prawidłowego i zawsze w sposób jednakowy, inne występują tylko niekiedy, okolicznościowo.

Owe ruchy bezwiedne, zachodzące w życiu normalnem, nazywamy w fizyologii także ruchami automatycznemi. Za przykład posłużyć mogą ruchy oddechowe. Trudno jest bardzo odgraniczyć je od odruchów. Należy przypuścić, że i te ruchy wywołane zostają przez działanie pewnych podniet na nerwy czuciowe i że pobudzenie przenosi się następnie na nerwy ruchowe. Pomińmy tę trudność w tłumaczeniu, a określimy ruchy automatyczne jako ruchy powstające pod wpływem podniet wewnętrznych, które same przez się występują w warunkach życia prawidłowego. Dla niektórych ruchów tej kategoryi, np. dla ruchów oddechowych, istotnie powiodło się ściślejsze wybadanie tych warunków.

Znaczną liczbę bardzo ważnych faktów z zakresu czynności układu nerwowego możemy stwierdzić przez spostrzeżenia i doświadczenia na zwierzętach. Gdy wszakże stajemy wobec pytania, czy pewne ruchy związane są z przejawami świadomości, czy podniety pewne prowadzą do wrażeń świadomych, wówczas pozosta-

www.dlibra.wum.edu.pl

je nam wyłącznie tylko samopostrzeganie, obserwacya samych siebie.

Biorąc właśnie za punkt wyjścia fakty świadomości naszej, przejawy samowiedzy, wytworzyliśmy sobie konsekwentnie przeprowadzony pogląd na zjawiska przyrody. Wszystkie te zjawiska pojmujemy jako formy ruchu. Pogląd taki daje się też zastosować do zjawisk pobudzenia, zachodzących w nerwach i komórkach nerwowych. I te zjawiska, podobnie jak wszelkie procesy fizyczne i chemiczne, mogą być pojmowane jako szczególne przypadki ruchu cząsteczkowego. Lecz gdy od samego pobudzenia komórek nerwowych przechodzimy do wrażeń, do czucia i wynikających z nich objawów świadomości, do wyobrażeń, gdy, jednem słowem, przechodzimy do t. zw. „zjawisk psychicznych“, wówczas pogląd powyższy zawodzi nas już jako niewystarczający. Doświadczenia, zebrane przez postrzeganie stanów własnej naszej świadomości, możemy pomnażać i przez pilne samopostrzeganie i odpowiednie doświadczanie na sobie samych; możemy je w ten sposób porządkować, systematyzować. Zbieramy na tej drodze zasób wiadomości, stanowiący treść psychologii empirycznej, która zaliczona być winna do nauk przyrodniczych, w szczególności do fizyologii, jako obejmująca zjawiska zachodzące w świecie żywym. Lecz wszystka ta wiedza psychologiczna nie poucza nas o tem, w jaki sposób ruchy cząsteczkowe w komórkach nerwowych przybierają charakter zjawiska psychicznego. Pytanie to nie daje się rozstrzygnąć przy pomocy środków i metod badania przyrodniczego; należy ono raczej, jak to już powiedziano w rozdziale pierwszym, do dziedziny metafizyki.

www.dlibra.wum.edu.pl

ROZDZIAŁ DWUDZIESTY.

Wzrost i rozmnażanie.

1. Istota wzrostu.

1. Zjawiska życiowe zachodzą z ustawiczną stratą materyj wchodzących w skład ciała. Jeżeli czynności życiowe trwać mają bez zakłóceń, potrzeba oprócz bezustannego dowozu tlenu i nieprzerwanego wydalania produktów rozkładu, powstających w komórkach, jeszcze dowozu związków pokarmowych na pokrycie materyj zużytych. Istoty jednokomórkowe pobierają ów pokarm ze środowiska, w którem przebywają; u tkankowców (wielokomórkowych) każda komórka pobiera potrzebny materyał z cieczy tkankowej, która ją omywa.

Gdy środowisko, w którem żyją komórki, obfituje bardzo w materye pokarmowe, wówczas mogą komórki więcej pobierać niż tracą. W tym razie masa ich się zwiększa, komórki r o s n ą. Gdy wzrost ich doszedł do pewnego stopnia, następuje p o d z i a ł komórek. U jednokomórkowych podział jest równoznaczny z rozmnażaniem się osobników. U tkankowców dzielenie się komórek prowadzi przedewszystkiem do powiększenia masy ciała, jest więc wzrostem w szerszem znaczeniu. Lecz i u tych istot w następstwie dojść może do oddzielenia się większej lub mniejszej części masy ciała; z tej oddzielonej części powstać może osobnik nowy, tak że i w tym razie w rezultacie mamy do czynienia z r o z m n a ż a n i e m.

Wzrost i rozmnażanie są przeto dwiema odmianami jednego i tego samego zjawiska, przeobrażania się materyi martwej na żywą dzięki czynności asymilacyjnej komórek. Póki równa wytworzonej ilość materyi wydziela się z komórek podczas ich czynności życiowych, póty całkowita jednocześnie istniejąca masa substancyi żywej pozostaje bez zmiany. Ponieważ warunki asymilacyi (przyswajania) i wydzielania podlegają wahaniom czasowym i miejscowym, przeto całkowita ilość żywej materyi, istniejącej w każdej chwili na kuli ziemskiej, waha się w pewnych granicach. Nie na-

www.dlibra.wum.edu.pl

stąpią wszakże zmiany znaczne, póki warunki trwałości życia w istocie pozostają jednakowe.

Zdolność rośnięcia nie jest w jednakowym stopniu właściwa wszystkim komórkom istoty wielokomórkowej; o ile się zdaje, zdolność ta słabnie z biegiem życia we wszystkich komórkach, lecz w różnej mierze w rozmaitych tkankach. Ztąd też pewne komórki szybko dochodzą do stanu niejako zastoju. Mogą one jeszcze przez czas krótszy lub dłuższy pozostawać w stanie żywotności, pokrywając straty ponoszone przez asymilacyą materyj pobieranych zzewnątrz. Lecz nadchodzi chwila ich obumarcia; komórki te zostają wydalone lub służą innym komórkom tegoż osobnika za materyał pokarmowy. Inne natomiast komórki znajdują się tymczasem w okresie ożywionego, ustawicznie odnawiającego się rozmnażania. Im to przeważnie cały osobnik wzrost swój zawdzięcza. Można to najlepiej śledzić w roślinach, których proces ustawicznego wzrostu ma pewne oznaczone punkty, z których się poczyna.

2. Wzrost roślin.

2. Komórki, znajdujące się w owych punktach wegetacyjnych u roślin, pozostają w razie warunków pomyślnych (temperatura odpowiednia, dostateczny dowóz pokarmu i t. d.) w stanie ciągłego powiększania się i żwawego dzielenia się. Zachowują one przeto wszelkie własności komórek młodocianych lub embryonalnych. Nie są one jeszcze zróżnicowane, nie pozyskały jeszcze cech specyficznych; mogą z nich powstać i rozwinąć się tkanki najrozmaitsze. Komórki takie znajdują się u roślin w pewnych miejscach, w części u końców pędu głównego i gałęzi bocznych jako pączki końcowe, w części w miejscach innych jako pączki boczne. Pączki są właściwemi, normalnemi ogniskami wzrostu. Lecz takiegoż charakteru komórki lub agregaty komórek występują też w innych miejscach, gdzie często, nie rozmnażając się, pozostają w spoczynku, póki bodziec jaki nie obudzi drzemiącej w nich zdolności rozwijania się; nazywamy takie komórki pączkami dodatkowemi.

Wzrost komórek roślinnych zachodzi w części przez samo tylko pobieranie wody bez zwiększenia się ilości materyj stałych [1]). To pobieranie wody odbywa się przez osmozę wskutek przyciągania wody przez związki rozpuszczalne zawarte we wnętrzu komórek, i może ono trwać póty, póki wzmożone wskutek rozprężenia napięcie błony elastycznej pozostaje w równowadze z ciśnieniem

[1]) Wzrost miejscowy może zachodzić u roślin również kosztem innych miejsc. Wówczas cała roślina z powodu współczesnego oddychania i transpiracyi może nawet tracić na wadze.

www.dlibra.wum.edu.pl

osmotycznem we wnętrzu komórki. Komórka rozciąga się, a jednocześnie błona staje się cieńsza; protoplazma, która z początku całkowicie wypełniała komórkę, skupia się w postaci cienkiej warstwy ściennej, podczas gdy zwiększona objętość komórki wypełnia się przesiąkniętą do wnętrza cieczą (porówn. rozdz. VII, § 8). Następnie zachodzi zazwyczaj wzrost błony; protoplazma wydziela ze siebie materye, które układają się na błonie w postaci nowych warstw, albo też cząstki materyi z cieczy zewnętrznej pobierane wnikają pomiędzy cząstki błonki pierwotnej. Wzrost błon może więc zachodzić przez nakładanie (*juxtapositio*) i przez wnikanie (*intussusceptio*); wzrost zaś protoplazmy tylko przez wnikanie, przez pobieranie nowych związków zzewnątrz, które przenikają w stanie rozpuszczonym przez błonę komórkową i następnie zasymilowane stają się częściami składowemi protoplazmy. Wzrost taki odbywa się prawie wyłącznie w komórkach młodocianych, ustawicznie ulegających podziałowi. Masa i całkowita objętość wzrastającego utworu zwiększają się przytem znakomicie, podczas gdy same komórki zachowują wielkość nieznaczną. Dopiero w okresie późniejszym zachodzi wyżej opisane zjawisko zwiększania się objętości pojedyńczych komórek. Ztąd też w punktach wegetacyjnych znajdujemy małe komórki w najwyższych miejscach pędów, większe zaś w pewnem oddaleniu, w częściach starszych.

3. Wzrost komórek zwierzęcych oraz wytwarzanych przez nie agregatów zachodzi nieco inaczej, aniżeli opisany powyżej wzrost u roślin, a to głównie z powodu braku błon w komórkach zwierzęcych. Znaczne powiększenie komórki wskutek samego tylko pobrania wody nie może tu nastąpić (porówn. rozdz. VII, § 8); komórki pozostają małe, mają zawsze tylko małe wodniczki; gdy osiągnęły pewną wielkość, rozmnażają się przez dzielenie. Całkowity przeto wzrost zwierzęcia lub pewnych jego części zachodzi raczej skutkiem mnożenia się komórek, aniżeli skutkiem ich powiększania się. W tkance embryonalnej, podczas żywszego w poszczególnych miejscach rozmnażania, tworzy się, podobnie jak u roślin, zgrubienie albo pączek. W ten sposób np. w pewnym okresie rozwoju zarodkowego powstają zaczątki kończyn. Albo też wskutek szybszego wzrostu miejscowego tworzą się wystające listewki, fałdy i t. p. W taki sposób powstają rozmaite organy, narządy, na których kształtowanie się wpływają przedewszystkiem szczególne własności komórek; lecz również miarodajnemi, choć w stopniu znacznie mniejszym, są tu stosunki mechaniczne, jak mniejszy lub większy opór, występujący w danem miejscu wzrostu. Prócz tego na wzrost

3. Wzrost komórek zwierzęcych.

www.dlibra.wum.edu.pl

wywierają wpływ podniety, omówione przez nas w rozdziale poprzednim; ztąd nazwa ich: podniety kształtujące. Nie jesteśmy atoli w stanie wypowiedzieć nic stanowczego, niewątpliwie stwierdzonego o naturze tych podniet ani o sposobie, w jaki one na wzrost wpływają. Badanie wszystkich tych zjawisk znajduje się zaledwie w najpierwszych okresach. Wprawdzie dzięki studyom w dziedzinie historyi rozwoju (embryologii) mniej lub więcej dokładne posiadamy wiadomości o kolejnych stadyach rozwoju u wielu istot. Poczęto nawet śledzić bieg tych zjawisk przy pomocy odpowiednich doświadczeń i pozyskano już w ten sposób rezultaty bardzo interesujące. Lecz pomimo to sformułowanie praw ogólnych w tej dziedzinie zjawisk dotychczas nie jest jeszcze możliwe.

Im dalej postępuje różnicowanie komórek, tem bardziej słabnie ich zdolność do żwawego rozmnażania się i wytwarzania nowych produktów. Przeważna część wytworzonych już tkanek zwierzęcia wyższego jest w stanie rosnąć jeszcze przez pobieranie materyałów zzewnątrz. Pojedyńcze komórki w nich wyrodnieją i giną, a zastępują je komórki nowe, powstające przez podział z istniejących już poprzednio; może też nastąpić powiększenie masy narządu; lecz nowe komórki zawsze tego samego są rodzaju, jak te, z których powstały. Widzimy przeto, że w organach, złożonych zawsze z tkanek rozmaitych, przy tworzeniu się w warunkach chorobowych t. zw. nowotworów budowa czyli ugrupowanie charakterystyczne tkanek względem siebie nie powraca do stanu prawidłowego, lecz nowotwór składa się zazwyczaj tylko ze skupienia jednego rodzaju komórek, które przez nadmierne wybujanie rozmnożyły się w olbrzymiej ilości. I ta zdolność nie jest w jednakowym stopniu właściwa wszystkim rodzajom zróżnicowanych komórek. Wszędzie pośród komórek doskonale wyróżnicowanych występują, o ile się zdaje, pojedyńcze komórki, które zachowały jeszcze swój charakter młodociany, embryonalny, i z nich to właśnie w warunkach szczególnych powstają nowotwory. W ten sposób tłumaczyć sobie można powstawanie guzów nowotworowych o specyficznym charakterze, odmiennym od tkanki otaczającej. Pod wielu względami można to zjawisko porównać do wspomnianego wyżej powstawania pączków z „drzemiących“ pączków dodatkowych u roślin.

Nagle występujące, a żwawo zachodzące bujanie tkanki nowotworowej może być wynikiem podrażnienia, jak to np. widzimy u zwierząt przy tworzeniu się blizn po skaleczeniach. Puszczanie nowych pączków u roślin po obrażeniach zachodzi wskutek wzmo-

www.dlibra.wum.edu.pl

żonego dopływu materyj pokarmowych do pączków znajdujących się pod miejscem uszkodzenia; natomiast tworzenie się galasówek po ukłóciach owadów oraz podobne odmiany wzrostu są wynikami podrażnień nienormalnych.

4. Regeneracya.

4. Mniej lub więcej posunięte naprzód zróżnicowanie warunkuje także zależność wzajemną organów. Podczas gdy komórka pierwotna łączy w sobie wszelkie własności życiowe i potrzebuje tylko dowozu odpowiedniego materyału pokarmowego i dostatecznej ilości tlenu oraz możności wydalania produktów powstających w przerobie materyi, natomiast organy poszczególne istot wyższych w takiej pozostają względem siebie zależności, że istnieć mogą tylko przy zobopólnem współdziałaniu. Ztąd też organy, wyosobnione z całości tworu żywego, mogą żyć jeszcze przez krótszy lub dłuższy (porówn. rozdz. XIII i rozdz. XVIII, § 7), ale zawsze ograniczony czas. Zależność wzajemna pomiędzy organami większa jest u istot wyższych niż u niższych, większa wogóle u zwierząt niż u roślin. Rozstrzyga w tym względzie zawsze okoliczność, czy w organie wyosobnionym znajdują się wszystkie niezbędne do zachowania życia tkanki i czy warunki przerobu materyi nie są zakłócone. Ztąd też, jak już wspomniano, gałęź odcięta rośliny wyższej może długo jeszcze pozostawać przy życiu, gdy ją umieścimy w wodzie; pączki i kwiaty mogą się rozwinąć i t. d. Lecz gałęź taka może nawet nowy wytworzyć korzeń, jeżeli ją dolnym końcem w ziemi zasadzimy; może ona się odrodzić w nową roślinę. Regeneracya taka nastąpić może także z korzenia oraz części tegoż, z bulwek, cebulek i t. p. Jak wiadomo, zjawiskami temi posługuje się ogrodnik przy rozmnażaniu roślin.

Ta zdolność regeneracyi właściwa jest niekiedy nawet małym ułamkom roślin wyższych, jeżeli zachowane są w nich wszystkie istotne tkanki. Kawałki liści ukośnicy (*Begonia*), ułożone na mokrym piasku, puszczają korzonki w miejscach przełomu nerwów liści i stają się nowemi roślinami; korzenie wymiotnicy (*Ipecacuanha*), pokrajane na małe kawałki, tworzą po wysianiu również całe rośliny. Możnaby jeszcze dużo podobnych przykładów przytoczyć.

Pokrewnem z tego rodzaju regeneracyą jest zrastanie się odpowiednio łączonych części roślin, na czem polega znane w ogrodnictwie t. zw. uszlachetnianie roślin. Odróżnia się tu szczepienie i oczkowanie, zależnie od tego, czy przeszczepiamy na płonkę całą gałęź czy tylko pączek wraz z małą ilością tkanki sąsiedniej, kory i drzewa. Zrastanie następuje, jeżeli w bezpośredniem znajdą się zetknięciu

www.dlibra.wum.edu.pl

tkanki możliwie jednorodne, lecz zawsze tylko pomiędzy gatunkami blizko spokrewnionemi.

Występuje tu jeszcze zjawisko bardzo ważne. Jeżeli przy oczkowaniu zbliżymy górny koniec zraza do płonki, wówczas zrośnięcie nie następuje. Również sadzonki, jeżeli mają wypuścić korzenie, muszą być zasadzone w ziemi końcem swym dolnym. Bywają wyjątki z tej reguły; lecz powstające tu utwory nie są do życia zdolne i szybko obumierają. Widać ztąd, że w częściach roślin wyrażona jest pewna biegunowość. Dolny koniec gałęzi odciętej zachowuje się inaczej niż górny, bez względu na to, w którem miejscu ścięto gałęź. Owe przeciwieństwa biegunowe muszą więc tkwić już w każdej najdrobniejszej cząstce rośliny.

I tkanki zwierzęce, nawet całkowicie od ciała odcięte i pochodzące z rozmaitych osobników, mogą niekiedy zrastać się z sobą. Lecz dzieje się to w mierze ograniczonej. I tu, równie jak u roślin, zrastanie łatwiej następuje, jeżeli zbliżone ze sobą tkanki pochodzą od istot podobnych, trudniej natomiast, gdy tkanki różnego są pochodzenia. Tkanki nie posiadające naczyń krwionośnych, lecz odżywiające się przez pobieranie cieczy tkankowej, jak nabłonki i chrząstki, mogą wówczas nawet, gdy pochodzą ze zwierząt wyższych, zachować swe własności życiowe w otoczeniu obcem, np. gdy zostaną przeszczepione do jamy brzusznej innego zwierzęcia. Niekiedy nawet naczynia krwionośne tkanek otaczających mają wrastać do przeszczepionych organów, tak że te ostatnie pozostają przy życiu na nowym gruncie, w gojone niejako w ranie.

O istotach jednokomórkowych już w rozdz. XIII, § 3 powiedzieliśmy, że ich ułamki mogą żyć w dalszym ciągu i zachowywać się zupełnie tak samo jak całkowite istoty, jeżeli oprócz protoplazmy zawarta jest w nich materya jądrowa. Jeżeli istotkę jednokomórkową nieco większą, np. wymoczka *Stentor polymorphus* (fig. 121), którego wydłużone ciało ułatwia podział, tak przekroimy, że tylny odcinek cieńszy zawierać jeszcze będzie część jądra, w takim razie rozwinie się tu nowy wieniec rzęs, a miejsce przekroju odcinka przedniego wprost się zamknie. Obiedwie części po tym podziale żyją w dalszym ciągu jako dwa samodzielne zwierzątka. Podobnie dzieje się z tkankowcami niższemi, w których zróżnicowanie ogranicza się do podziału na listek wewnętrzny (*entoderma*) i listek zewnętrzny (*ectoderma*). Gdy np. przekroimy wpoprzek stułbię szarą (*Hydra fusca*) (fig. 124, str. 537), wówczas na tylnym odcinku rozwija się nowy wieniec macków; ranka na przednim odcinku zamyka się, koniec ten przyczepia się do przedmiotu stałego, i obiedwie części stułbii żyją nadal jako samodzielne polipy.

Gdy zwierzątko dzielimy na trzy lub więcej części, wówczas wszyst-

www.dlibra.wum.edu.pl

kie mogą się rozwinąć w całkowite polipy; w warunkach pomyślnych dzieje się to nawet z odciętym mackiem. Kawałki te zawsze przytwierdzają się swojemi końcami tylnemi, a u końców przednich tworzą się wieńce macków. I tutaj więc spotykamy biegunowość, podobnie jak u części roślin.

Każdy kawałek odciętego w ten sposób polipopławu posiada jeszcze listek wewnętrzny i zewnętrzny; tyle tylko zwierzę to ma tkanki zróżnicowanej. Dlatego też w każdym kawałku zachowane są własności do życia niezbędne; każdy kawałek może wyrosnąć na całe zwierzę. Jeżeli zaś tak odwrócimy polipa, że listek wewnętrzny zwrócimy na zewnątrz, a zewnętrzny wpuklimy wewnątrz, wówczas polip żyć przestanie, jeśli nie uda mu się odwrócić. Tkanki te nie mogą więc zastępować się wzajemnie w swych czynnościach, które zdobyły i utrwaliły w sobie przez zróżnicowanie.

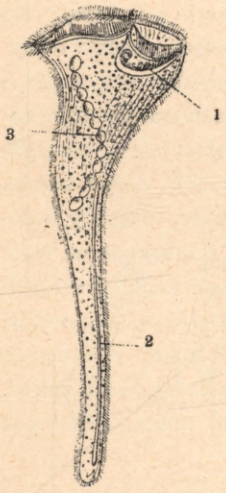


Fig. 121.

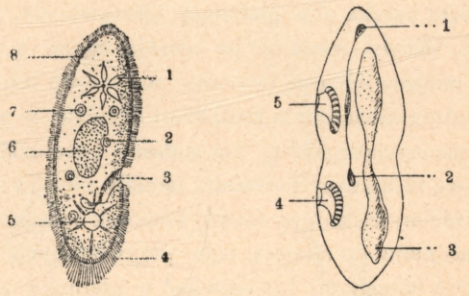


Fig. 122.

Fig. 121. *Stentor polymorphus*, wymoczek nadający się do spostrzeżeń nad podziałem z powodu swego jądra wydłużonego. 1 spiralna wstęga rzęsowa otaczająca otwór ust (ogębie), 2 długi wodniczek kurczliwy, 3 jądro kształtu paciorkowatego.

Fig. 122. Dzielenie się *Paramaecium*. *A* zwierzę rozwinięte. 1 i 5 wodniczki kurczliwe, 2 jądro dodatkowe, 6 jądro główne, 3 otwór ust i przełyk, 7 wodniczek pokarmowy, 8 szczecinka w oskórku, 4 szczecinka wysunięta na zewnątrz. *B* zwierzątko w okresie podziału, schematycznie. 1, 2 jądro dodatkowe w fazie podziału, 3 jądro główne, 4 i 5 nowy i dawny otwór ustny.

U zwierząt bardziej zróżnicowanych, robaków, skorupiaków, owadów, ziemnowodnych, płazów również zachodzi regeneracya pojedyńczych utraconych części ciała. Regeneracya wogóle odbywa się tem trudniej, im zwierzę na wyższym stoi szczeblu rozwojowym. Części regenerowane często bywają mniejsze od pierwotnych utraconych i niedostatecznie roz-

www.dlibra.wum.edu.pl

winięte. Za przykład takiej regeneracyi posłużyć może wytwarzanie się u raków nowych nożyc po utracie starych. Że raki są w stanie wytworzyć na nowo nożyce, owady zaś utraconych kończyn regenerować nie mogą, to polega najpewniej na różnicy w tkankach tych dwu poza tem tak zbliżonych do siebie grup zwierzęcych. Nie wiadomo nam wszakże, na czem różnice te polegają.

Regeneracya narządów u wyższych tkankowców nie powinna być uważana bez zastrzeżeń za zjawisko analogiczne z puszczaniem nowych pąków u roślin po obrażeniach. Gdy odcięliśmy gałęź w roślinie, wówczas materyał pokarmowy, któryby w strumieniu soków odżywczych miał do owej gałęzi dopłynąć, w ilości obfitszej dopływa do pączków położonych poniżej nacięcia. Pączki te przeto wyrastają intensywniej, a w pewnych warunkach rozwijają się także pączki dodatkowe, które w razie nieuszkodzenia gałęzi pozostałyby w spoczynku. Można to samo wywołać, choć w stopniu mniejszym, nacinając pęd boczny lub pączek tak, aby cięcie przeszło przez wiązki naczyniowe; strumień soku podnoszący się z korzenia zatrzymuje się niżej i dzięki temu niżej położone pączki otrzymują więcej materyj pokarmowych. To co wyrasta z pączka, w tym przypadku gałęź uliściona, jest niejako przewidziane w samym pączku; komórki pączka albo pozostają nierozwinięte, albo rozwijają się w taką gałęź. Kiedy wszakże po utracie ogona u jaszczurki lub nożyc u raka w miejscu odcięcia wyrasta nowy ogon lub nowe nożyce, narządy o dokładnie oznaczonym kształcie i składzie, w zupełności zbudowane na wzór utraconych organów, nie możemy twierdzić, że w komórkach, z których nowe te narządy powstały, istniały niejako zadatki, zalążki tych organów. Widzimy raczej, że rozwój komórek w każdem miejscu zależy od pewnych warunków do miejsca tego przywiązanych, tak że nawet takie komórki, które poczęły się już rozwijać w kierunku odmiennym, zbaczają od tegoż i przystosowują się do nowych warunków.

5. Podział, rozszczepianie i tworzenie zarodników.

5. Wzrost i dzielenie się komórek prowadzą do powstawania nowych osobników. Osobniki rodzicielskie mogą dzielić się przytem całkowicie; przestają one istnieć jako takie, ciało ich rozpada się na ciało osobników potomnych. Albo też rozmnażanie zachodzi w ten sposób, że osobnik rodzicielski nie traci życia swego indywidualnego, a tylko pewne jego komórki oddzielają się, wytwarzając z siebie osobniki nowe.

Najprostszą formą rozmnażania jest oczywiście bezpośredni podział, jaki poznaliśmy u ameb (porówn. rozdz. XII, § 8). Występuje to rozmnażanie się zarówno u istot jednokomórkowych, jak i u wielu wielokomórkowych. Jako przykład podziału istoty stosunkowo wysoko organizowanej może posłużyć przytaczane już

www.dlibra.wum.edu.pl

wyżej (rozdz. XIII, § 6) *Paramaecium* (fig. 122, str. 535). Podział rozpoczyna się od wydłużania się jądra dodatkowego; gdy jądro to się podzieliło, następuje dzielenie się jądra głównego. Tymczasem u otworu ust (3) powstaje wpuklenie, z którego tworzy się nowy otwór ust dla jednego ze zwierząt potomnych, podczas gdy dawny otwór ust pozostaje dla drugiego. Wreszcie pośrodku następuje wydłużenie i zwężenie i całe zwierzę rozpada się na dwie części.

W sposób podobny zachodzi podział u wielu innych wymoczków, np. u przedstawionego w fig. 121 stentora (*Stentor polymorphus*). Tutaj podział zachodzi poprzecznie; płaszczyzna podziału jest prostopadła do osi podłużnej. Taki podział jest najczęstszy. u tych zwierząt, których jedna oś znacznie jest od innych dłuższąi Niekiedy jednakże podział zachodzi prostopadle do jednej z os krótkich. Taki podział podłużny wskazują m. in. okrzemki (*Diatomeae*) i wirczyki (*Vorticellae*) (porówn. fig. 61, str. 336).



Fig. 123.

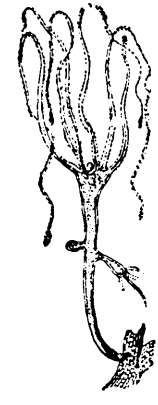


Fig. 124.

Fig. 123. Grzybki rozszczepkowe.

Fig. 124. Stułbia szara (*Hydra fusca*), przytwierdzona do rośliny wodnej, z długiemi mackami i dwoma pączkami, z których prawy pozwala już rozpoznać kształt polipa.

Odmianą podziału jest rozszczepianie. Przy zwykłym podziale komórka rozpada się na dwie prawie równe połowy; tutaj natomiast oddziela się tylko mała część komórki, która następnie dopiero wyrasta do przeciętnej wielkości komórki macierzystej. Zjawisko to może się powtarzać; jeżeli powstające pączki pozostają jeszcze przez czas pewien w związku z komórkami macierzystemi, w takim razie tworzą się dłuższe, prostolinijne lub rozgałęzione nici z komórek złożone, jakie np. często widzimy w drożdżach (fig. 123).

www.dlibra.wum.edu.pl

Obok rozmnażania przez podział i rozszczepianie często spotykamy rozmnażanie przez tworzenie zarodników. Zarodnikami nazywamy takie zarodki, które przez czas dłuższy lub krótszy pozostają w stanie spoczynku, aby następnie obudzić się niejako do życia i wyrosnąć na nowe twory tegoż gatunku. Jeżeli zarodniki zabezpieczone są przez błony od uszkodzeń zewnętrznych, od wyschnięcia, od wpływu zimna i t. d., nazywamy je trwałemi zarodnikami; jeżeli opatrzone są w wici lub rzęsy i mogą dzięki temu poruszać się samodzielnie, nazywamy je pływkami. Tworzenie się zarodników trwałych zachodzi od czasu do czasu w bakteryach i grzybkach rozszczepkowych zamiast zwykłego rozmnażania się przez podział lub rozszczepianie, wówczas mianowicie, kiedy to rozmnażanie bezpośrednie staje się niemożliwe wskutek braku pokarmu, wody lub wskutek innych grożących życiu mikrobów szkodliwości. We wnętrzu komórki dokoła jądra protoplazma gęściej się skupia, a to skupienie otacza się grubszą błonką służącą za osłonkę ochronną.

W sposób podobny, jak widzieliśmy (porówn. rozdz. XII, § 9), zachodzi otorbienie u ameb. W tym ostatnim przypadku zjawisko to nie służy sprawie rozmnażania, lecz tylko sprzyja utrzymaniu istoty przy życiu w warunkach niepomyślnych i umożliwia przeto rozmnażanie, które w następstwie zachodzi. Natomiast przy właściwem tworzeniu się zarodników tylko część protoplazmy staje się zarodnikiem, który oddziela się od całości pozostającej przy życiu, i część ta następnie w odpowiednich warunkach wyrasta na nowe indywiduum; albo też we wnętrzu komórki lub po oddzieleniu się zarodnika następuje podział wielokrotny. W tym razie jednocześnie powstają liczne zarodniki o nieznacznej wielkości. Często zrastają się one naprzód z innemi częściami tegoż osobnika lub osobnika tego samego gatunku, zanim nastąpi ich rozwój. Wówczas zjawisko to należy już właściwie do szeregu zjawisk rozmnażania płciowego, o którem będzie mowa w paragrafie następnym.

Przykład tworzenia się pływków przytoczyliśmy już przy opisie śluzowców (p. fig. 64, str. 340). Rozpowszechnione jest ono bardzo u wodorostów i grzybków wodorostowych. Pływki tworzą się tylko u takich istot, które żyją w wodzie lub (najczęściej jako pasorzyty) na podłożu wilgotnem. Lecz nici nasienne (p. fig. 59, str. 335) mogą również do pływków być zaliczone.

Rozszczepianiu tworów jednokomórkowych odpowiada u tkankowców pączkowanie. Pewne komórki w ciele istot wielokomórkowych nie biorą udziału w różnicowaniu, zachowują swój charakter embryonalny i, rozmnażając się żwawiej, wydają nowe pędy, jak to widzieliśmy u roślin, lub też, wypuszczając pączki,

www.dlibra.wum.edu.pl

wytwarzają nowe samodzielne osobniki. Takie rozmnażanie się za pomocą pączków spotykamy zarówno u roślin jako też często u zwierząt niższych, jak to widać u stułbii (*Hydra*) na fig. 124; po lewej stronie jest tu pączek młody, dopiero co wypuszczony, po prawej zaś już bardziej rozwinięty; ten ostatni wskazuje już kształty macierzyste. Pączki, doszedłszy do pewnej wielkości, mogą się oddzielić od zwierzęcia rodzicielskiego i wiodą życie samodzielne; albo też pozostają w związku z osobnikiem, który je wydaje, tak że tworzą się kolonie i pnie zwierzęce (porówn. rozdz. XIII, § 13).

Pączki zwierząt, z których rozwijają się nowe osobniki, mogą pod wielu względami być porównane z pączkami roślin wyższych, z których wyrastają gałęzie i t. p. Jakkolwiek w zwykłym biegu życia roślinnego pozostają one w związku z rośliną macierzystą, od której przez korzeń wspólny pobierają pokarm a przez liście materye organiczne, jednakże każda gałęź zachowuje w znacznym stopniu samodzielność i w pewnych okolicznościach może się rozwinąć w całkowitą roślinę. Roślina wyższa przeto podobniejsza jest raczej do pnia zwierzęcego aniżeli do osobnika zwierzęcego. Podobieństwo pod względem rozmnażania się staje się jeszcze większe, jeżeli i w roślinie pączek się oddziela i rozwija się w nową samodzielną roślinę. Jeżeli pączek zawiera obficie materyał pokarmowy w postaci związków zapasowych, wówczas oddzielenie się może nastąpić przed rozwinięciem się nowej rośliny; w przeciwnym razie pączek pozostaje w połączeniu z rośliną macierzystą aż do rozwinięcia się listków i korzeni, przez które odżywianie może zachodzić. Znanym przykładem w tym względzie są pełzające po ziemi rozłogi poziomek. Podobnie dzieje się z roślinami zimotrwałemi, u których z kłącza rosnącego w ziemi w kierunku poziomym co roku wyrasta nowa roślina, zastępująca obumarłą, podczas gdy rosnący koniec rozwija pączek dla rośliny z następnego roku. Gdy kłącze grubieje w bulwę obfitującą w substancye zapasowe, wówczas połączenie jego z rośliną rodzicielską może zmarnieć, zanim z pączków występujących na bulwach powstaną nowe rośliny. Jeżeli kłącze rozwija się w utwór postaci tarczy z licznemi liśćmi, obfitującemi w materye zapasowe (cebulki), powstają wówczas pomiędzy łuskami pączki, z których tworzą się cebulki nasienne, t. zw. cebuleczki, a z nich nowe wyrastają rośliny. Niekiedy cebuleczki powstają w kwiatach zamiast nasion (czosnek). Wszystkie te sposoby rozmnażania występować mogą obok rozmnażania płciowego przez nasiona, lecz najczęściej usuwają one rozmnażanie płciowe coraz bardziej na plan dalszy, tak że w przeważnej liczbie roślin, u których to rozmnażanie bezpłciowe występuje, staje się ono prawie lub wyłącznie dominującem.

Że i u tkankowców stosunkowo wysoko organizowanych obok rozmnażania się płciowego zdarza się rozmnażanie przez pączkowanie, tego

www.dlibra.wum.edu.pl

dowodem pierścienice (*Annelides*). Zachodzi tu zwykłe dzielenie się poprzeczne zwierzęcia, albo też przez wielokrotne pączkowanie powstają liczne osobniki potomne, które nie oddzielają się. W ten sposób powstaje cały łańcuch połączonych ze sobą zwierzątek rozmaitego wieku, jak to widać na fig. 125, przedstawiającej pierścienicę *Myrianida fasciata*. Zachodzi tu coś podobnego do opisanego w § 4-ym rozmnażania przez sztuczny podział; tylko organy nowe (usta, koniec ogonowy) tworzą się tu przed oddzieleniem się.

6. Sprzęganie.

6. We wszystkich odmianach rozmnażania, o których dotychczas była mowa, osobniki młode czyli potomne powstają tylko z jednego osobnika macierzystego czyli rodzicielskiego, czy to w ten sposób, że osobnik macierzysty całkowicie przechodzi w swe potomstwo, jak to się dzieje przy podziale, czy też częściowo, jak przy rozszczepianiu, pączkowaniu i tworzeniu zarodników. W przeciwstawieniu do tych sposobów rozmnażania występuje u istot wyższych wyłącznie a u niższych często łączenie się dwu komórek, które dopiero umożliwia rozwinięcie się potomstwa. Komórki te albo są zupełnie jednakowe albo zgoła pomiędzy sobą różne. W tym ostatnim przypadku mamy do czynienia z rozmnażaniem płciowem i odróżniamy komórki męzkie i żeńskie. W pierwszym zaś przypadku, który można niejako uważać za stopień poprzedzający rozmnażania płciowego, zachodzi wprawdzie łączenie się dwu komórek, lecz te dwie części nie wskazują żadnego, a przynajmniej wyraźnego wyróżnicowania płciowego. Nie zawsze też części te są komórkami przeznaczonemi specyalnie dla czynności rozmnażania; mogą to także być całkowite osobniki [1]), z których połączenia powstają nowe pokolenia. Zjawiska te obejmujemy ogólną nazwą sprzęgania się (konjugacya).

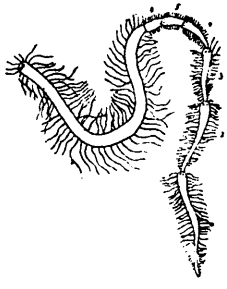


Fig. 125.

Myrianida, robak należący do gromady pierścienic (*Annelides*), rozmnażający się przez wielokrotne pączkowanie. Cyfry wskazują kolejny porządek, w jakim zwierzęta potomne powstały z osobnika rodzicielskiego (po lewej stronie).

Sprzęganie się całych osobników postrzegano u wielu pierwotniaków, które zwykle rozmnażają się przez podział; prawdopodobnie zachodzi ono u wszystkich pierwotniaków. Osobniki układają

[1]) Osobniki, które całkowicie lub których części zrastają się z sobą, muszą należeć do tego samego lub przynajmniej do blizko spokrewnionych gatunków (w znaczeniu systematyki). Porówn. o tem rozdział następny.

www.dlibra.wum.edu.pl

się obok siebie, spajają niejako a po pewnym czasie oddzielają się, wymieniwszy pomiędzy sobą części swego ciała. Przykład tego rodzaju lepiej poznany opiszemy później szczegółowo (*Paramaecium*). Bywa i tak, że osobniki całkowicie zespalają się z sobą, tworzą tak zwany zarodnik sprzężny (*zygospora*), z którego powstają nowe osobniki (np. wiciowiec *Heteromita*).

Sprzęganie się występuje u wielu metafitów i tkankowców (*Metazoa*) obok innych sposobów rozmnażania się. Grzybki pleśniowe z rodzaju *Mucor* zwykle rozmnażają się przez tworzenie zarodników. Składają się z długich rozgałęzionych komórek, które na podłożu wilgotnem (nawóz, chleb i t. d.) tworzą gęstą warstwę włókien grzybni, gdy pojedyńcze gałązki wyrastają prostopadle do grzybni, jako t. zw. włókna powietrzne. U końców tych ostatnich przez nabrzmienie i wydzielanie ścianki oddzielającej powstaje woreczek zarodnikowy, t. zw. zarodnia; ścianka wpukla się do zarodni i tworzy t. zw. podsadę kształtu kręgielkowatego (*columella*). W zarodni powstają przez podział liczne zarodniki, ciałka owalne, połyskujące, złożone z protoplazmy, jądra i grubej błony komórkowej. Trzymają się one razem, sklejone substancyą galaretowatą, mocno pęczniejącą. Dojrzała zarodnia pęka przy najlżejszem dotknięciu, owa materya galaretowata pęcznieje przez pobieranie wody i rozsiewa złożone w niej zarodniki, z których następnie nowe wyrastają włókna. Lecz w pewnych okolicznościach zamiast tego zwykłego sposobu rozmnażania występuje sprzęganie się. Z dwu sąsiednich włókien wyrastają wypustki boczne. Gdy wypustki te się zetkną, wówczas u końca każdej oddziela się przegródką krótka komórka. Dwie te komórki, gamety, zespalają się wskutek rozpuszczenia się oddzielających je przegródek na t. zw. zarodnik sprzężny (*zygospora*), który otacza się grubą, najczęściej kolcami usianą błoną. Zarodnik taki może przez długi czas pozostawać w stanie spoczynku a następnie, po pęknięciu torebki, wyrosnąć w nowe włókna grzybni, podobnie jak inne zarodniki.

W nieco inny sposób zachodzi sprzęganie się u pewnej grupy wodorostów, które odróżniamy od innych wodorostów pod nazwą sprzężnych (*Conjugatae*). Obserwujmy wodorost z rodzaju skrętnicy (*Spirogyra*) (fig. 126, str. 542). Składa się on z długich nici, złożonych z komórek, i rośnie przez podział komórek. Protoplazma w cienkiej warstwie przylega do otaczającej błony; delikatne pasemka protoplazmy biegną od ściany do położonego wewnątrz jądra komórkowego, dokoła którego nieco zbiera się protoplazmy. Osobliwie przedstawia się skupienie chlorofilu; barwnik ten w przed-

www.dlibra.wum.edu.pl

stawionej tu skrętnicy układa się w trzech cienkich, spiralnie ułożonych wstążkach.

Gdy nici skrętnicy osiągnęły pewną długość, następuje sprzęganie się. W niektórych gatunkach tego wodorostu powstają, jak to widać w fig. 127 A, u komórek dwu obok siebie położonych nici wyrostki boczne, które ostatecznie stykają się z sobą i po rozpuszczeniu się odgraniczających je błon łączą się z sobą. Następnie zawartość komórek z nici po prawej stronie narysowanej przechodzi do odpowiednich komórek drugiej nici; protoplazmy i jądra zespalają się i otaczają się twardą błoną. Powstałe w ten sposób zarodniki sprzężne mogą bez szkody znieść wyschnięcie i nizkie temperatury zimowe. Powstają z nich później nowe nici z komórek złożone. W innych gatunkach (fig. 127B) zespolenie odbywa się pomiędzy sąsiedniemi komórkami jednej i tej samej nici.

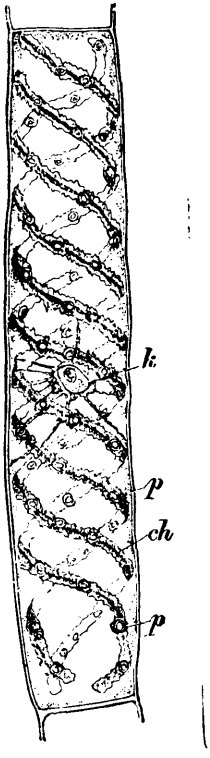


Fig. 126.

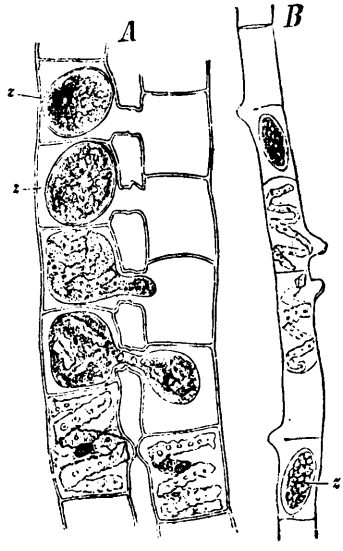


Fig. 127.

Fig. 126. Komórka z nici skrętnicy (*Spirogyra*), powiększona 200 razy. *k* jądro, *p* pyrenoid, *ch* spiralne wstążki chlorofilu.

Fig. 127. Sprzęganie się u dwu rozmaitych gatunków skrętnicy. *A. Spirogyra quinina, B. Sp. longata*; *z* zarodnik sprzężny powstały przez sprzężenie dwu protoplastów.

Zbliżenie się obudwu przygotowujących się do sprzężenia komórek zachodzi zarówno u skrętnicy jak i u grzyba *Mucor* wskutek zjawisk wzrostu. Lecz później u skrętnicy następuje wędrówka jednego proto-

www.dlibra.wum.edu.pl

plastu do drugiego, spoczywającego, gdy w grzybie takiego ruchu protoplazmy nie stwierdzono. W zachowaniu się rozmaitem obudwu gamet w skrętnicy można dojrzeć pierwszy ślad różnicy płciowej, która powraca zawsze we właściwej konjugacyi płciowej. Można przeto przez analogią gametę ruchomą nazywać męzką, a nieruchomą żeńską, jakkolwiek zresztą żadnych widocznych pomiędzy niemi różnic nie dostrzegamy.

Obadwa przytoczone w fig. 127A i B przykłady wskazują nadto różnicę w podziale płci. W *Spirogyra quinina* (*A*) jedna nić zawiera tylko gamety męzkie, druga tylko żeńskie; w *Spirogyra longata* (*B*) natomiast w jednej nici obadwa zawarte są rodzaje. Według analogii ze stosunkami podobnemi u roślin wyższych możemy pierwszą nazywać dwudomową, drugą zaś jednodomową.

Przykład pouczający sprzęgania się odmiennych, lecz pochodzących od jednej komórki elementów, dają nam rozmaite gatunki wirczyków (*Vorticellae*).

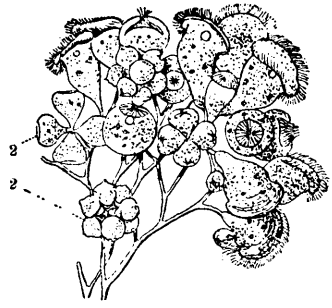


Fig. 128.

Kawałek kolonii *Epistylis umbellaria*. Przy 1 mikrospora ma się właśnie połączyć z megasporą; przy 2 liczne przez podział powstałe mikrospory.

Wirczyki rozmnażają się przez podział. Jądro o kształcie podkowy wydłuża się i układa się poprzecznie względem osi podłużnej; następnie rozszczepia się dzwonek, tak że dwa dzwonki mieszczą się na jednej łodyżce. Jeden dzwonek wydłuża się, przybiera kształt bardziej cylindryczny i tworzy u końca łodyżki drugi wieniec rzęs. Następnie oddziela się od łodygi, przez czas pewien pływa swobodnie, znów się przytwierdza, traci swój dolny wieniec rzęs i w tem miejscu wytwarza się nowa łodyżka. Niekiedy wszakże części powstające z podziału bardzo różnej są wielkości; albo też jedna z dwu powstałych z podziału połów natychmiast znów dzieli się na wiele, do ośmiu, części mniejszych. Powstające w ten sposób tak zwane mikrospory pływają swobodnie, dopóki nie napotkają gdzieś komórki zwykłej czyli megaspory. Przyczepiają się wówczas do tej ostatniej blizko końca łodyżki i zespalają z nią. Z takiego zespolonego z mikrosporą osobnika w dalszym ciągu tworzą się przez zwykły podział nowe wirczyki. Porówn. fig. 128.

W inny znów sposób zachodzi sprzęganie się u *Paramaecium*. Jak to wskazuje fig. 129, 1 do 6, dwa osobniki tak się zbliżają do

www.dlibra.wum.edu.pl

siebie, że ich otwory ust stykają się z sobą. Podczas zachodzącej następnie a niezmiernie zawiłej konjugacyi te otwory ustne zupełnie zanikają, a tworzą się na nowo dopiero po ostatecznem znów oddzieleniu się osobników. Jądra główne rozpadają się na dużą liczbę drobnych ułamków, które zespalają się z protoplazmą. Przedtem jeszcze jądra dodatkowe (porówn. fig. 129) wyrastają w tak zwane wrzeciona i dzielą się dwukrotnie, tak że w każdym osobniku znajdują się cztery wrzeciona jądrowe, powstałe z jąder dodatkowych. Z tych czterech trzy znów znikają; czwarte dzieli się raz jeszcze; każda z powstających połówek przechodzi

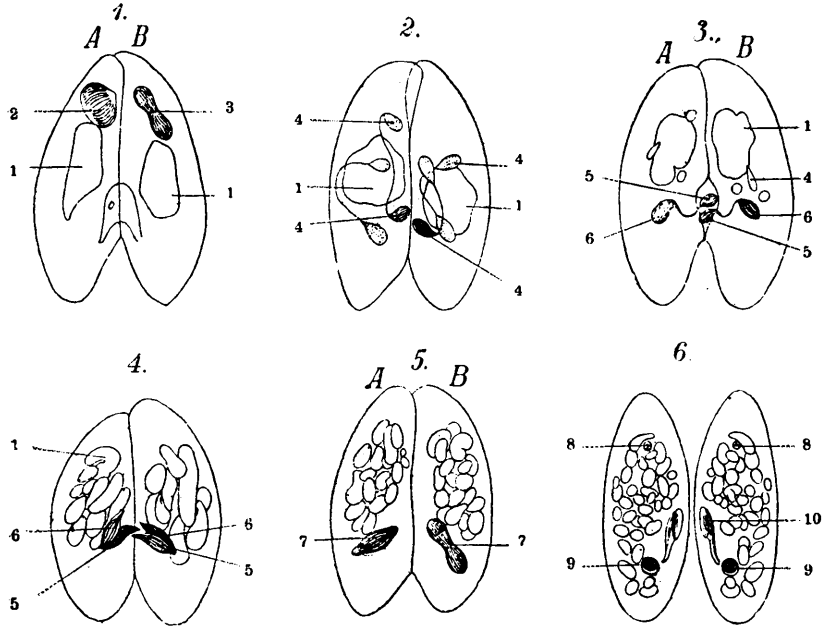


Fig. 129.

Sprzęganie się *Paramaecium*, schematycznie. *A* i *B* są dwa osobniki sprzęgające się. 1 jądro główne, które się rozpada i następnie (porówn. N. 6) zostaje zastąpione przez nowo utworzone jądro główne 9; 2 jądro dodatkowe kształtu wrzecionowatego; 3 toż samo jądro w okresie podziału; 4 jądra potomne, powstałe z tegoż przez wielokrotne dzielenie się; 5 jądra wędrujące; 6 jądra stałe; 7 wrzeciona utworzone przez zespolenie się jądra wędrującego ze stałem; 8 nowe jądro dodatkowe; 9 nowe jądro główne; 10 nowy otwór ust.

przez mostek protoplazmatyczny, utworzony w miejscu dawnego otworu ust, do innego osobnika i zespala się z połówką tam pozostałą. To jądro, utworzone z zespolenia się dwu połówek jąder różnych osobników, jeszcze raz się dzieli; z jednej części powstaje nowe jądro główne, z drugiej nowe jądro dodatkowe. Wkrótce

www.dlibra.wum.edu.pl

potem osobniki, które już podczas tych ostatnich okresów oddzieliły się od siebie, poczynają rozmnażać się przez podział.

7. Bardziej jeszcze do rozmnażania płciowego zbliżony jest sposób rozmnażania się toczka (*Volvox*), z którym zapoznaliśmy się już (rozdz. XII, § 11) jako z przykładem kolonii o odmiennych osobnikach. W niektórych komórkach powstają jaja, w innych pączki zoospor przez wielokrotny podział (por. fig. 51, str. 318). Te ostatnie wydobywają się nazewnątrz i pływają po wodzie dzięki ruchom swych wici. Napotykają kolonie inne, które po uwolnieniu zoospor rozpadają się, sprzęgają się z ich komórką jajową, z której następnie przez podział i wyróżnicowanie nowa powstaje kolonia. 7. Rozmnażanie płciowe.

Przy rozmnażaniu płciowem we właściwem znaczeniu, różne pomiędzy sobą elementy płciowe, z których zespolenia nowe powstają osobniki, nie tylko różne są pod względem morfologicznym, lecz i odmienne mają znaczenie fizyologiczne. Jeden pierwiastek, jajo, jest komórką, z której przez podział wielokrotny i następne zróżnicowanie powstałych zeń komórek rozwija się nowy osobnik. Lecz rozwój nastąpić może tylko wówczas, gdy jajo zespoliło się z komórką płciową innego rodzaju, mianowicie z komórką nasienną. Jajo musi być zapłodnione. Zapłodnienie polega właśnie na sprzężeniu komórki jajowej z komórką nasienną; rozmnażanie płciowe w znaczeniu ściślejszem jest przeto szczególnym przypadkiem tych zjawisk, które omówiliśmy w paragrafie poprzednim.

Jajo i komórka nasienna powstają albo w jednym i tym samym albo w dwu różnych osobnikach. W tym ostatnim przypadku mówimy o dwu odrębnych płciach (rodzajach): męzkiej, wytwarzającej nasienie, i żeńskiej, wytwarzającej jaja. Wytwory płciowe, jaja i nasienie, powstają w oddzielnych narządach, organach płciowych, które nawet w tych razach, kiedy obiedwie płci występują w jednym i tym samym osobniku, zwykle są położone w rozmaitych miejscach organizmu. Pierwiastek płciowy męzki, plemnik (nasienie) prawie zawsze zdolny jest do samodzielnego poruszania się i często bywa przyciągany przez jajo dzięki sile chemotaktycznej. Najrozmaitsze urządzenia pomocnicze sprzyjają spotykaniu się jaja z nasieniem; u roślin np. nasienie rozprasza się przez wiatr, przez owady i t. d.; u zwierząt służą w tym celu nader rozmaite środki, umożliwiające łączenie się osobników odmiennych płci.

Gdy obadwa pierwiastki płciowe wytwarzają się w jednym i tym samym osobniku, mówimy o obojnactwie (hermafrody-

www.dlibra.wum.edu.pl

tyzm). W tym razie możliwe, a nawet niekiedy niezbędne jest samozapłodnienie czyli sprzęganie się jaja i komórki nasiennej jednego i tego samego osobnika. Lecz najczęściej samozapłodnienie tak jest utrudnione, że łatwiej odbywa się sprzęganie pomiędzy pierwiastkami płciowemi, męzkim i żeńskim, pochodzącemi od różnych osobników. Nazywamy to zapłodnieniem krzyżowem.

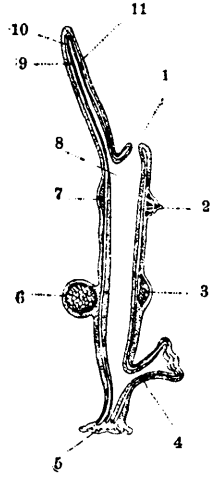


Fig. 130.

Schematyczny przekrój podłużny przez stułbię (*Hydra*). 1 otwór ust; 2 jądro (*testiculus*); 3 jajo; 4 pączek; 5 tarcza nożna; 6 jajo dojrzałe; 7 jądro; 8 jama żołądkowa; 9 blaszka podpierająca; 10 listek wewnętrzny; 11 listek zewnętrzny.

Rozmnażanie płciowe występuje bardzo często u licznych istot niższych obok innych sposobów rozmnażania, jak dzielenia się, pączkowania i t. d. U wspomnianej już wielokrotnie stułbii (*Hydra*) np. widzimy, jak obok opisanych już wyżej (§ 5) pączków, w niektórych miejscach listka zewnętrznego tworzą się jaja, w innych nici nasienne, tak że przez analogią ze zwierzętami wyższemi można tu mówić o jajnikach i jądrach (*testiculi*) (por. fig. 130).

Jaja powstają jako skupienia wielu komórek, tworzących wypukłość w listku zewnętrznym, zazwyczaj bliżej przytwierdzonej nóżki polipa. Jedna z tych komórek znacznie wyrasta, przybiera kształt amebowy i powiększa się kosztem innych, które rozpadają się i których szczątki służą tamtej za pokarm. Wyrosłe w ten sposób jajo wciąga następnie swe nibynóżki, pokrywająca je warstwa komórkowa ektodermy pęka i jajo nagie występuje. W jądrze (*testiculus*) z każdej komórki rozwija się nić nasienna z główką i ogonkiem; nici te po przebiciu komórek zewnętrznych wyzwalają się, pływają w wodzie dzięki swym ruchom biczykowatym i sprzęgają się z jajami.

U innych jamochłonów elementy płciowe tworzą się w listku wewnętrznym. Tutaj, podobnie jak u stułbii, nie potrzeba oddzielnych urządzeń dla wydzielenia tych elementów płciowych. Gdy wszakże jajo i komórki nasienne powstają z listka środkowego (*mesoderma*), wówczas przybywają jeszcze oddzielne narządy wydzielnicze oraz często narządy służące do łączenia się osobników (spółkowania). Zazwyczaj narządy te rozwijają się wraz z organami służącemi do wydalania moczu. Ztąd nazwa układu moczopłciowego.

W państwie roślinnem rozmaite sposoby rozmnażania, bezpłciowe i płciowe, częstokroć występują obok siebie. Elementy płciowe męzkie często posiadają zdolność poruszania się, będąc opatrzone w rzęsy (pływki). Lecz u roślin najwyżej organizowanych, u jawnokwiatowych, w których

www.dlibra.wum.edu.pl

elementy płciowe powstają w kwiatach, niema tego, tak że elementy męzkie, ziarnka pyłkowe potrzebują współdziałania środków zewnętrznych, wiatru, owadów i t. d., aby mogły dostać się do miejsc, w których wytwarzają się jajka. Narządy płciowe albo są złączone w jednym i tym samym osobniku (rośliny jednodomowe), albo umieszczone w różnych (dwudomowe), i mianowicie w jednym lub w różnych kwiatach, męzkie w pręcikach, żeńskie w słupkach. Jajka utworzone w tych ostatnich zostają zapłodnione przez pyłek wytworzony w pręcikach, gdy pyłek ten padnie na znamię (bliznę) słupka. Tutaj każda komórka pyłkowa wyrasta w rurkę, która przenika do słupka, poczem następuje złączenie się obudwu komórek płciowych. Z zapłodnionego jajka powstaje następnie zarodek, który wraz z materyami pokarmowemi przedstawia właściwe nasienie (porówn. rozdz. XV, § 4).

Z powyższego wynika, że pomiędzy zjawiskami sprzęgania się a właściwem rozmnażaniem się płciowem niema skrajnego przeciwieństwa, lecz że obadwa te sposoby rozmnażania połączone są z sobą stopniowemi przejściami. Można ułożyć szereg nieprzerwany, od zwyczajnego łączenia się dwu zupełnie jednakowych komórek do zespalania się takiego, w którem komórki wyraźnie żeńskie zostają zapłodnione przez komórki męzkie, zgoła od żeńskich różne. Jako przykład najprostszy poczytywać możemy łączenie się dwu jednakowych komórek, np. u *Heteromita* lub *Mucor*. Dalej następuje sprzęganie się mas protoplazmatycznych wprawdzie jeszcze jednakowych, z których wszakże jedna pozostaje w spoczynku, druga zaś porusza się. Przypomina to już różnice płciowe, albowiem w wyraźnie płciowym sposobie rozmnażania zawsze komórka męzka, obdarzona ruchem, dosięgnąć musi spoczywającej komórki żeńskiej. Sprzęganie się wirczyków (*Vorticellae*) wskazuje nam nową stronę różnic płciowych. Części sprzęgające się znacznie różnią się pomiędzy sobą wielkością; część ruchliwa, męzka, mikrospora jest mniejsza od spoczywającej, żeńskiej, megaspory; podobny stosunek spotykamy również w prawdziwych elementach płciowych, jajku i komórce nasiennej. Wreszcie znaczenie jąder dodatkowych przy sprzęganiu u *Paramaecium* wielce jest podobne do pewnych zjawisk w zapładnianiu płciowem.

8. Znaczenie rozmnażania płciowego.

8. Zanim przystąpimy do omówienia zjawiska rozwoju nowych istot, zatrzymajmy się jeszcze nad pytaniem, jakie przypisać należy znaczenie sprzęganiu się oraz rozmnażaniu płciowemu w przeciwstawieniu do opisanych w § 5-ym sposobów rozmnażania. Różnica istotna polega oczywiście na połączeniu dwu osobników komórkowych. Rozmnażanie przez podział, pączkowanie i rozszczepianie jest w rzeczywistości niczem innem jak pewnym rodzajem wzrostu. Zwłaszcza wyraźnie różnica owa wy-

www.dlibra.wum.edu.pl

stępuje, gdy porównamy wzrost drzewa z rozmnażaniem się istot prostszych, np. bakteryj. W obudwu przypadkach z jednej komórki powstają przez podział wielokrotny miliony komórek. Lecz w jednym z nich komórki te pozostają ze sobą w połączeniu, w drugim zaś każda komórka natychmiast staje się samodzielną.

W obudwu razach przyrost materyi żywej może zachodzić tylko przez pobieranie materyi zzewnątrz i jej przyswajanie. W ten sposób protoplazma nowo utworzona pozyskuje jednocześnie własności materyi żywej. W dużem, starem drzewie [1]) wprawdzie liczne komórki już obumarły, ale wszystkie one oraz komórki jeszcze przy życiu będące pozyskały swe własności życiowe z nasienia, a zarodek tego nasienia powstał z jednej jedynej komórki zapłodnionej.

Otóż gdy widzimy, że u istot, które zwykle rozmnażają się przez dzielenie, od czasu do czasu występuje sprzęganie się albo też rozmnażanie płciowe, i że następnie rozmnażanie przez podział zachodzi znów intensywniej; gdy widzimy, że również u istot wyższych, rozmnażających się tylko płciowo, po zapłodnieniu następuje okres znacznie żywszego wzrostu, jak tego wymaga rozwój nowego osobnika, nasuwa się nam myśl, że zdolność do rozmnażania się przez podział może osłabnąć w biegu życia, lecz że powraca ona dzięki sprzęganiu się lub zapłodnieniu, że więc zachodzi w ten sposób niejako odmłodzenie [2]).

Zgoła nie jesteśmy w stanie powiedzieć, w jaki sposób to odmładzanie się zachodzi. Wszystko, co nam wiadomo, sprowadza się do faktu, że łączenie się następować może tylko pomiędzy osobnikami lub pochodnemi osobników jednego i tego samego gatunku lub przynajmniej gatunków bardzo do siebie zbliżonych, że wszakże przy tem ograniczeniu owo odmładzanie, o ile się zdaje, tem jest doskonalsze, im mniej są ze sobą pokrewne obadwa sprzęgające się elementy. Wprawdzie niewątpliwie przesadzone są tak

---

[1]) Niektóre drzewa osiągnąć mogą wiek przeszło tysiąca lat.

[2]) W przypisku na str. 311 zaznaczyliśmy, że przy podziale zawsze ułamek materyi ciała przechodzi do potomstwa. Odnosi się to także do rozmnażania płciowego, tylko w tym razie ułamek ów jest znacznie mniejszy. Jeżeli—jak to wynika ze spostrzeżeń nad sprzęganiem się u bardzo wielu pierwotniaków—sprzęganie to musi od czasu do czasu zachodzić u wszystkich istot, aby było zapewnione zachowanie gatunku, w takim razie różnica pomiędzy temi tworami a istotami rozmnażającemi się sposobem płciowym nie byłaby w istocie tak znaczna, jak się to pozornie zdaje. I pierwotniaki nie byłyby więc absolutnie nieśmiertelnemi, lecz musiałyby się starzeć i odżywać tylko w swem potomstwie.

www.dlibra.wum.edu.pl

bardzo rozpowszechnione poglądy o szkodliwości sprzęgania się osobników bardzo blizko spokrewnionych, albowiem w przyrodzie wielokrotnie zdarza się zapłodnienie pomiędzy blizko pokrewnemi osobnikami. Mimo to jednak krzyżowanie, jak nazywamy sprzęganie się pomiędzy potomkami rozmaitych, daleko pod względem pokrewieństwa od siebie stojących osobników, jest z pewnością w wielu przypadkach z wielką dla potomstwa korzyścią [1]).

Zgodnie z tem widzimy, że często okoliczności najrozmaitsze stają na przeszkodzie sprzęganiu się elementów jednakowego pochodzenia a sprzyjają krzyżowaniu się. U roślin kwiatowych urządzenia zmierzające ku temu celowi bardzo są rozpowszechnione. Lecz również często zachodzi samozapylanie w kwiatach roślin jednodomowych bez żadnego wpływu szkodliwego. U niektórych wodorostów sprzężnych, jak to widzieliśmy (porówn. fig. 127 *B*), zachodzi sprzęganie pomiędzy sąsiedniemi komórkami jednej i tej samej nici wodorostowej, więc pomiędzy pochodnemi jednego i tegoż samego zarodnika. Natomiast u wirczyków (*Vorticellae*) swobodnie pływające mikrozoidy conajmniej równie łatwo sprzęgają się z makrozoidami obcemi, jak i z pochodzącemi z tego samego pnia. To samo dotyczy wszystkich gamet poruszających się przy pomocy wici lub rzęs. Jednem słowem, wolno przypuszczać, że mieszanie się gamet rozmaitego pochodzenia przyczynia się wszędzie do tego, aby powstałe z biegiem czasu uchylenia jednostronne od przeciętnych cech gatunkowych wyrównywały się, i że działa to pomyślnie na utrzymanie istot przy życiu i na prawidłową, fizyologiczną ich sprawność.

9. Rozwój nowego osobnika, zapoczątkowany przez zapłodnienie, musi być poprzedzony przez zmianę w jaju, którą nazywamy dojrzewaniem jaja. W niektórych jajach możemy te 9. Dzielenie się jądra.

[1]) Poglądy panujące o szkodliwych skutkach sprzęgania się pomiędzy osobnikami blizko pokrewnemi opierają się na doświadczeniach hodowców zwierząt i ogrodników oraz na spostrzeżeniach nad małżeństwami ludzkiemi pomiędzy blizkimi krewnymi. Należy wszelako zauważyć, że mamy tu do czynienia z istotami, które pod wielu względami uchylają się od stanu, w jakim żyją istoty na swobodzie, w warunkach naturalnych. Nie powinno nas dziwić, że potomstwo dwojga istot, które w jednym i tym samym kierunku zbaczają od stanu prawidłowego, więc właściwie uważane być już mogą za chore, może wskazać owo zboczenie w wyższym jeszcze stopniu. Znane są wszakże przypadki wiarogodne, w których wielokrotne małżeństwa pomiędzy krewnymi w wielu pokoleniach dawały potomstwo zdrowe w zupełności.

www.dlibra.wum.edu.pl

zmiany w całkowitym ich przebiegu dobrze obserwować, i wielce jest prawdopodobnem, że zachodzą one we wszystkich jajach w sposób jednakowy lub bardzo podobny. Błonka jądra rozpuszcza się; samo jądro przybiera postać wrzeciona, wędruje ku obwodowi jaja, gdzie powstaje mała wyniosłość, która wraz z jedną po-

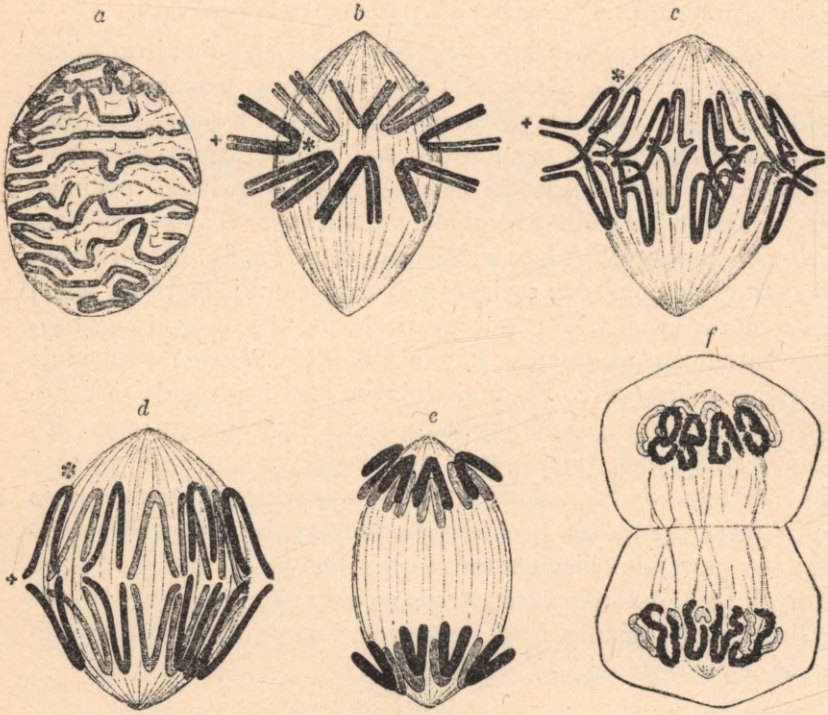


Fig. 131.

Obraz schematyczny mitozy (mitotycznego dzielenia się jądra). W *a* substancya chromatynowa znajduje się w stanie kłębka; *b* kształt gwiazdy macierzystej, pętlice poczynają się rozszczepiać; *c* i *d* pętlice oddalone od siebie; *e* gwiazda podwójna (potomna); *f* kształt kłębka w jądrach obudwu nowych (otoczonych błonami) komórek roślinnych.

łową jądra oddziela się jako tak zwane pierwsze ciałko biegunowe. Zjawisko to powtarza się; wydziela się drugie ciałko biegunowe. Pozostała reszta jądra stanowi jądro jaja dojrzałego. Do niego przenika plemnik; jądro jajowe zlewa się z jądrem plemnika; zapłodnione w ten sposób jajo może się dalej dzielić i utworzyć kulę przewężną, z której wyłania się zarodek czyli zaczątek nowej istoty.

Dzielenie się komórki zachodzi w bardzo charakterystyczny sposób. Opiszemy tu pokrótce osobliwsze, dające się przytem postrzegać zjawiska. Z dwu głównych części składowych jądra

www.dlibra.wum.edu.pl

(porówn. rozdz. XII, § 3) chromatyna zbiera się przedewszystkiem w pewnej liczbie jednakowych odcinków nitkowych, które przeważnie zgięte są w kształcie pętlic i dla tego noszą nazwę pętlic chromatynowych (p. fig. 131, str. 550). Jednocześnie rozpuszcza się i zanika błona czyli opona jądra; z tego powodu o występujących w dalszym ciągu utworach w komórce, prócz pętlic chromatynowych, które rozpoznajemy z powodu ich doskonałego barwienia się, nie można stanowczo powiedzieć, o ile pochodzą z materyi jądrowej, a o ile z protoplazmy. Obok pętlic chromatynowych występuje przedewszystkiem utwór wrzecionowaty, złożony z delikatnych nici, a pochodzący w pewnej części z substancyi achromatynowej jądra. U obudwu jego końców dostrzegamy dwa małe ciałka biegunowe, silnie załamujące światło. W pewnych przypadkach postrzegano, że pochodzą one z t. zw. śródciałka (*centrosoma*), zawartego w komórce jeszcze w stanie spoczynku; to śródciałko również silnie załamuje światło a położone jest w protoplazmie w pobliżu jądra, niekiedy zaś niejako ukryte we wpukleniu właściwego jądra. Ciałka biegunowe, włókna wrzeciona i pętlice chromatynowe układają się w taki sposób, że te ostatnie dokładnie w płaszczyznie pośrodkowej wrzeciona tworzą gwiazdę (okres gwiazdy macierzystej) (fig. 131,*b*). Następnie każda pętlica chromatynowa rozszczepia się podłużnie na dwie połowy, które oddalają się od siebie a zbliżają ku obudwu ciałkom biegunowym (fig. 131,*c*). Te ostatnie coraz więcej oddalają się od siebie, przyczem wrzeciono achromatynowe coraz bardziej się wydłuża, a połówki pętlic chromatynowych coraz więcej od siebie się oddalają (fig. 131,*d*). Gdy znów ułożyły się w postaci gwiazd u każdego ciałka biegunowego (okres gwiazdy podwójnej, fig. 131,*e*), wówczas poczyna się dzielenie protoplazmy od zwężenia w miejscu płaszczyzny pośrodkowej wrzeciona achromatynowego, albo też, u roślin, od powstawania błony dokładnie w tejże płaszczyznie. Każda z dwu połów pętlic chromatynowych wytwarza ze siebie niejako skielet chromatynowy nowego jądra, które wkrótce znów otacza się błoną jądrową. Ciałka biegunowe pozostają niekiedy wyraźne jako śródciałka obudwu młodych komórek, najczęściej wszakże trudno rozpoznać, co się z niemi dalej staje, również jak i dokładniej śledzić nie można dalszych przeobrażeń włókien wrzeciona. Po podziale jądra następuje zupełne oddzielenie się obudwu protoplazm przez powstawanie coraz głębszej bróżdy lub wytworzenie nowej błony komórkowej.

Ten rodzaj dzielenia się jądra powtarza się także w licznych podziałach komórek, następujących nadal w dalszym biegu rozwo-

www.dlibra.wum.edu.pl

ju. Dzielenie takie nazywamy karyokinezą albo mitozą; mówimy też o mitotycznem dzieleniu się komórek. W wyjątkowych przypadkach występuje dzielenie amitotyczne (przewężanie bezpośrednie), gdy mianowicie jądro a po niem i protoplazma dzielą się przez proste rozpadanie się na dwie części. Zdaje się wszakże, że takie przewężanie bezpośrednie zachodzi tylko w takich komórkach, które natychmiast potem obumierają lub przynajmniej przechodzą w stan spoczynku i już nadal dzielić się nie mają.

Po wydzieleniu pierwszej komórki biegunowej w pewnych osobliwych warunkach może u niektórych istot nawet bez zapłodnienia następczego nastąpić dalszy rozwój aż do utworzenia nowego osobnika; zachodzi więc to, co nazywamy dzieworództwem (*parthenogenesis*). Dzieworództwo wyjątkowo tylko zdarza się u roślin (u *Chara crinita*), natomiast często u stawonogów (*Arthropoda*). U pszczół królowa składa dwa rodzaje jaj, zapłodnione, z których rozwijają się samiczki, robotnice i królowe, i niezapłodnione, z których powstają samczyki, trutnie. U rozwielitek (*Daphnidae*), skrzelonogów wodnych, latem powstają tylko samiczki rozwijające się partenogenetycznie; dopiero ostatnie pokolenie każdoroczne składa się z samczyków i samiczek. Z zapłodnionych, o grubych skorupach jajek zimowych powstaje w roku następnym nowe pokolenie, które wytwarza takie same serye pokoleń. Podobnie zachodzi rozmnażanie mszyc (*Aphidae*).

Dzieworództwo jest przeto pewnym rodzajem rozmnażania bezpłciowego, które porównane być może z rozmnażaniem przez pączkowanie.

10. Rozwój.

10. Od chwili zapłodnienia do osiągnięcia postaci ostatecznej, w której istota żywa prawie zupełnie jest podobna do swych rodziców pod względem kształtów i organizacyi, zachodzi cały szereg okresów, stopni pośrednich, których badanie i opis stanowi przedmiot embryologii czyli historyi rozwoju. U wielu zwierząt rozwój (ontogenia) odbywa się we wnętrzu organizmu macierzystego, który zaopatruje w pokarm i ochrania nową istotę, niezdolną jeszcze do życia i odżywiania się samodzielnego. U innych jajko natychmiast po zapłodnieniu lub po przebyciu pierwszych okresów rozwoju uwalnia się z ustroju macierzystego, z którego zabiera często na dalszą drogę życia pewną ilość pokarmu (materye zapasowe w nasionach roślinnych, żółtko odżywcze w jajkach zwierząt). Niekiedy wszakże nowa istotka staje się zdolną do ruchu samodzielnego i do odżywiania się, zanim osiągnęła rozwój zupełny. Wówczas już w stanie swobodnym przechodzi ona szereg zmian w budowie, organizacyi, sposobie życia, co nazywamy me-

www.dlibra.wum.edu.pl

tamorfozą, przemianą. Najbardziej znaną jest metamorfoza owadów, u których następują kolejno trzy szeregi form, larwa [1]), poczwarka (*pupa*) i owad dojrzały (*imago*), oraz przemiana ziemnowodnych, których larwy żyją wyłącznie w wodzie i oddychają skrzelami, gdy zwierzęta dojrzałe są w części płucodysznemi (porówn. rozdz. II, § 15 i rozdz. XIV, § 7 i nast.).

Niekiedy larwy poruszają się swobodnie, gdy tymczasem zwierzęta dojrzałe są przytwierdzone. Przykład tego rodzaju poznaliśmy już, mówiąc o wirczykach (*Vorticellae*), u których „larwy migawkowe" powstają przez podział dzwonka, przytwierdzają się następnie i wyrastają w istotkę dojrzałą, opatrzoną w łodyżkę (porówn. § 6). Podobnie dzieje się z wielu niższemi roślinami. Wśród robaków i skorupiaków metamorfoza również bardzo jest powszechna. Formy larw najczęściej bardzo są w organizacyi swej różne od istoty dojrzałej i często podobne są raczej do zupełnie innych typów tworów żywych. To samo rzec można o formach rozwojowych, które występują bez właściwej metamorfozy czyli przed odosobnieniem się zarodka z organizmu matki. Tak więc w zarodkach ptaków i zwierząt ssących, nie wyłączając człowieka, widzimy zaczątki narządów oddychania i krążenia wytworzone w formie charakterystycznej dla zwierząt o oddychaniu skrzelowem. Gdy wszakże u tych ostatnich organy owe zostają zachowane, natomiast u zwierząt, które w następstwie oddychają płucami, ulegają one zanikowi lub przeobrażają się w narządy służące zupełnie innym celom. Zjawiska tego rodzaju niezmiernie duże mają znaczenie dla stwierdzenia stosunków pokrewieństwa pomiędzy rozmaitemi grupami istot, o czem będzie jeszcze mowa w rozdziale następnym.

Larwy nie wytwarzają nigdy elementów płciowych, nie mogą przeto wydawać potomstwa. I w tych razach, kiedy istoty młodociane po oddzieleniu się od organizmu macierzystego (po urodzeniu) już całkowicie posiadają formy i ogólną organizacyą istot dorosłych, dojrzałość ich płciowa następuje dopiero po zupełnem lub prawie zupełnem ukończeniu okresu wzrostu. Uchyleniem od prawidła tego nazywać można zjawisko spotykane u wielu niższych roślin i zwierząt, mianowicie, że pokolenia różnie ukształtowane następują po sobie; pokolenie, powstające na drodze płciowej, wytwarza następne na drodze bezpłciowej. Niekiedy następują też po sobie dwa pokolenia powstające bezpłciowo, tak że dopiero pokole-

[1]) U motylów larwą jest gąsienica.

www.dlibra.wum.edu.pl

nie czwarte podobne jest do pierwszego pod względem kształtów i organizacyi. Gdybyśmy zechcieli pokolenia powstające z jaj zapłodnionych uważać za larwy, musielibyśmy przypisać larwom zdolność do rozmnażania się bezpłciowego.

Ten rodzaj rozmnażania nazywamy przemianą pokoleń, ponieważ rozmaitej formy pokolenia, zrodzone płciowo i bezpłciowo, naprzemian po sobie następują. Tak np. u stułbiopława *Campanularia* (porówn. fig. 74, str. 352) od polipów oddzielają się powstające przez pączkowanie meduzy, które swobodnie pływają, dojrzewają płciowo i z zapłodnionych jajek wytwarzają larwy migawkowe, które w następstwie przytwierdzają się i znów stają się polipami. W paprociach powstają na liściach sposobem bezpłciowym zarodniki, z których dojrzewają rośliny zgoła do paproci, co je wydała, niepodobne. Z tego tak zwanego przedrostka (*prothallium*), który sam znów wytwarza jajka i plemniki, po zapłodnieniu rozwija się nowa roślina paprociowa.

11. Epigeneza i ewolucya.

11. Nie możemy omawiać tu szczegółowiej wszystkich różnorodnych zjawisk, zachodzących podczas rozwoju zwierząt i roślin, musimy raczej poprzestać na zaznaczonych powyżej głównych zarysach. Lecz do jednego jeszcze punktu powrócić musimy, ponieważ ma on, jak się zdaje, istotne znaczenie fizyologiczne. Już przy sprzęganiu *Paramaecium*, a w wyższym jeszcze stopniu przy właściwem zapłodnieniu czyli sprzęganiu jajka z plemnikiem zwróciło uwagę naszą zachowanie się jąder. Jako zjawisko najistotniejsze w każdem zapłodnieniu należy poczytywać, że nowe jądro przewężne, z którego dalszego podziału powstają wszystkie jądra nowego osobnika, jednakowe zawiera masy substancyi chromatynowej rodzica męzkiego i żeńskiego. Co do ciałek biegunowych, to zdaje się, że jedno pochodzi z komórki jajowej a drugie z części środkowej plemnika (porówn. fig. 59, str. 335). Taki możliwie równomierny podział materyi rodzicielskiej męzkiej i żeńskiej w zapłodnionem jajku nasuwa domniemanie, że w ten sposób przenoszą się na potomstwo cechy rodziców. Całe potomstwo rodziców jednego i tego samego gatunku wykazuje w zakresie cech gatunkowych mieszaninę owych drobnych właściwości, któremi każdy osobnik różni się od innych osobników tegoż gatunku. Każda istota już to bardziej jest podobna do ojca, już też do matki, lecz zawsze coś ma w sobie z ojca i coś z matki. Owe cechy przejęte od rodziców nazywamy odziedziczonemi i odróżniamy od nich właściwości indywidualne, osobnicze, już to od urodzenia właściwe, już też nabyte w ciągu życia. Pytanie, czy i w jakim

www.dlibra.wum.edu.pl

stopniu cechy indywidualne nabyte mogą dalej przez potomstwo być dziedziczone, stanowi przedmiot bardzo ożywionych roztrząsań w nauce lat ostatnich. Lecz materyał faktyczny, dotychczas w tym kierunku zdobyty, nie pozwala jeszcze na odpowiedź stanowczą.

W jajku zapłodnionem oczywiście złożone są właściwości, orzekające o rozwoju nowej istoty. Jeżeli obiedwie połowy, z których zlania się jajko powstało, są jednego i tegoż gatunku [1]), wówczas i twór nowy posiadać będzie te same cechy gatunkowe. Jeżeli połowy te są różne gatunkowo, w takim razie rozwijająca się z nich istota, jeżeli wogóle rozwój nastąpi, wskaże mieszaninę cech dwu gatunków. Takie istoty, zajmujące miejsce pośrednie pomiędzy dwoma dobrze znanemi gatunkami, nazywają się bastardy albo krzyżówki. Z nich w pewnych warunkach powstać mogą nowe gatunki. Zważyć należy, że powstająca nowa istota składa się nietylko wyłącznie z obudwu zespalających się z sobą substancyj rodzicielskich. Lecz wszystko, cokolwiek jajko rozwijające się pobiera zzewnątrz, wszystko to zamienia ono przez asymilacyą na żywą, jednorodną ze swem ciałem materyą. To przeobrażanie odnosi się nietylko, jak w zjawisku odżywiania, do składu chemicznego pobieranych związków pokarmowych (porówn. rozdz. XVII, § 12). Całokształt wszelkich cech fizyologicznych wraz ze zdolnością, ba nawet z koniecznością rozwinięcia się w pewne formy z pewnemi oznaczonemi właściwościami, przenosi się na całą masę stopniowo rozwijającej się, wzrastającej i dojrzewającej istoty. Można to wyrazić i w ten sposób, że w jajku zapłodnionem złożony jest już zawiązek, niejako z góry nakreślony dokładnie plan, układ całej przyszłej istoty. Potrzeba tylko rozwinięcia się, aby istota ta wszystkie szczegóły swej budowy i wszystkie cechy nam ukazała. Ten pogląd ewolucyjny aż do połowy stulecia XVIII panował nie tylko w znaczeniu obrazowem; przyjmowano go raczej w znaczeniu dosłownem. Wyobrażano sobie rzeczywiście, że w jajku lub plemniku wszystkie części przyszłej istoty żywej są już zawarte niejako w kształtach zdrobniałych. Poglądowi temu dopiero Kasper Fryderyk Wollf (1735 — 1794) przeciwstawił teoryą epigenezy, według której z niezróżnicowanego, jednorodnego materyału jaja tkanki i organy rozwijają się dopiero przez powolne, stopniowe przeobrażenia. Jakkolwiek od czasu wygłoszenia

[1]) Pojęcie gatunku należy tu rozumieć w znaczeniu systematyki. Porówn. bliżej rozdział następny.

www.dlibra.wum.edu.pl

tej teoryi nauka o rozwoju olbrzymie uczyniła postępy w duchu pojęć epigenezy, i istotnie posiedliśmy ogromny zapas faktów doskonale zaobserwowanych, jednakże nie dość jeszcze jasne zdobyliśmy zrozumienie związku pomiędzy temi faktami, aby módz je teoretycznie w sposób zadawalający powiązać. Ztąd też i obecnie jeszcze stoimy wobec licznych poglądów hypotetycznych, które już to więcej skłaniają się do pojmowania ewolucyjnego, już znów więcej do epigenetycznego, które wszakże przy bliższej analizie najczęściej okazują się mniej lub więcej szczęśliwie pomyślanemi porównaniami lub czystemi tylko omówieniami faktów. Rozważanie tych hypotez może się przyczynić do wyjaśnienia naszych poglądów, a tem samem do postępu wiedzy. W wykładzie naszym wszakże, który ogranicza się do podania najważniejszych wyników badań, poprzestać musimy na krótkim tych hypotez zarysie.

12. Teorye dziedziczności.

12. Pytanie, w jaki sposób zachodzi przenoszenie się dziedziczne cech biologicznych, jest jednem z najtrudniejszych w całej nauce o życiu. Pragnienie należytego wyjaśnienia zjawisk życiowych od najdawniejszych czasów nasuwało myślicielom hypotezy, które zawsze odpowiadały tym poglądom zasadniczym, jakie w danym okresie panowały powszechnie w umysłach. Tem wytłumaczyć sobie należy, że wszystkie nowsze w tej dziedzinie hypotezy są przystosowane do poglądów, które starają się wszelkie zjawiska w ciałach materyalnych sprowadzić do cząsteczek i ruchów tychże (porówn. rozdz. IV). Podobnie jak wyobrażamy sobie wszelkie ciała za złożone z cząsteczek, tak też znajdujemy we wszystkich hypotezach nowoczesnych o materyi żywej pogląd, że i ta materya złożona jest z cząstek najdrobniejszych, które same przez się już posiadają wszelkie istotne właściwości życia. Hypotetyczne te cząstki otrzymywały rozmaite nazwy; lecz myśl zasadnicza we wszystkich hypotezach owych jest ta sama.

Oczywiście owe hypotetyczne cząstki najdrobniejsze, elementy materyi żywej należy sobie wyobrażać zgoła inaczej niż cząsteczki fizyczne i chemiczne. Przedewszystkiem mają one być znacznie od tych ostatnich zawilsze w budowie, a powtóre, z powodu właśnie tej zawiłości, też znacznie większe. Są to niejako cząsteczki wyższego porządku; każda składa się z dużej liczby cząsteczek fizycznych o rozmaitym składzie chemicznym, tak że we wnętrzu ich mogą zachodzić rozmaite procesy chemiczne [1]). Po-

[1]) Z pośród badaczów, którzy mniej lub więcej dokładnie opracowali tego rodzaju hypotezy, głównie Naegeli rozwinął nieco ściślejsze pogląd-

www.dlibra.wum.edu.pl

mimo swej względnej wielkości cząsteczki te organiczne jednak nie sięgają granic widzialności mikroskopowej. Nie należy ich przeto zamieniać ze wspomnianemi już wyżej (porówn. rozdz. XIII, § 1) elementami komórki, które poczytujemy za organy komórkowe; raczej wyobrazić sobie należy, że same te narządy komórkowe złożone są już z owych hypotetycznych cząstek.

Cząsteczkom fizycznym przypisujemy wspólną wszystkim ciałom ciężkość; poza tem wszakże są one różne zależnie od swego składu chemicznego. Omawianym tu przez nas cząstkom można z powodu ich zawiłego składu przypisać najrozmaitsze własności. To prowadzi do zrozumienia możliwości owych różnorodnych zjawisk w rozmaitych komórkach; a przypuszczając nadto w komórkach zarodkowych istnienie cząstek o osobliwszych właściwościach, dochodzimy do pojmowania zjawisk rozwoju i dziedziczności. Ponieważ cząstki organiczne materyi żywej złożone są z wielu cząsteczek, więc są podzielne, przeto można także wyobrazić sobie, że przenoszą one swe własności na te produkty, które z nich przez podział powstają.

Zgodnie z wyznawanemi przez nas zasadami, które rozwinęliśmy w rozdziale II-im, uważamy za usprawiedliwione wygłaszanie podobnych hypotez. Lecz zarazem obowiązani jesteśmy zbadać je i rozważyć, o ile nauka pożytek z nich odnosi. W tym względzie na dwa punkty nacisk tu położyć musimy. Przedewszystkiem fizyczna hypoteza cząsteczkowa dzięki prostocie przypuszczeń, na których się opiera, pozwala porównywać najrozmaitsze wynikające z niej wnioski z poszczególnemi spostrzeganemi faktami. Wszelka stwierdzona w ten sposób zgodność służy do wzmocnienia prawdopodobieństwa wewnętrznego hypotezy. Otóż w zbudowanych na jej podobieństwo hypotezach o cząstkach żywych takie sprawdzanie jest niemożliwe. Wobec różnorodności cech i właściwości, jaką koniecznie przypisać musimy owym cząstkom hypotetycznym, można wprawdzie wysnuwać rozmaite wnioski, które do pewnego stopnia pozostają w zgodzie z faktami; lecz dowieść nie można, że wynikają one z danej hypotezy z koniecznoś-

---

dy na cząsteczki organiczne, z których składać się ma materya żywa, a które on nazwał micele. Badacz ten przejął w części poglądy o własnościach miceli z tego, co nam wiadomo o własnościach ciał koloidowych (rozdz. VII). Inni autorowie już to całkowicie przyłączyli się do teoryi Naegeliego, już też poprzestają na tem, że godzą się na przyjęcie owych hypotetycznych cząstek, lecz nie zajmują się bliżej rozważaniem ich budowy.

www.dlibra.wum.edu.pl

ścią logiczną, lub że stoją w sprzeczności z każdą inną hypotezą. Hypotezy tego rodzaju nie zupełnie odpowiadają wymaganiom, które wyliczyliśmy w rozdziale II-im. Należy je poczytywać za pierwsze próby rozświetlenia zamętu wśród znanych dotychczas faktów. Lecz fakty te nie są jeszcze dostateczne, aby można było opracować na ich podstawie hypotezy pewniejsze, zalecające się prostotą i zupełną jasnością. Zjawiska, o które tu chodzi, zbyt są złożone, zbyt zawiłe, abyśmy już mogli dojrzeć wyraźnie związek pomiędzy niemi zachodzący. Dalszym pozostawić to musimy badaniom, które z czasem pozwolą nam niewątpliwie powołać do życia hypotezy mniej chwiejne, teorye pewniejsze i trwalsze.

www.dlibra.wum.edu.pl

ROZDZIAŁ DWUDZIESTY PIERWSZY.

Początek życia.

1. W rozdziałach poprzednich dowiedzieliśmy się, że materya żywa bezustannie zamienia się na martwe produkty wydalinowe, martwa zaś materya znów się na żywą przeobraża. To zjawisko ostatnie zachodzi tylko na drodze asymilacyi, przyswajania; tylko materya żywa może martwą na żywą zamieniać. Wobec tego powstaje pytanie, w jaki sposób to, co życiem nazywamy, poczęło się na ziemi. 1. Przejście materyi martwej w żywą.

Poszukiwania paleontologiczne wskazują wprawdzie, że twory żywe musiały istnieć na ziemi już przed niepamiętnemi czasy; bądźcobądź wszakże był niewątpliwie okres czasu, kiedy życie tego rodzaju, jak je znamy obecnie, nie było możliwe. Już sama tylko temperatura wysoka, jaka panować musiała ongi na globie ziemskim (porówn. rozdz. XVII, § 15), prowadzi do takiego wniosku, ponieważ żadna ze znanych nam istot wytrwać nie może przy życiu w temperaturach powyżej 50 — 60°. Jeżelibyśmy wszakże przypuścili, że niegdyś — gdy temperatura opadła poniżej owej granicy, para wodna skropliła się na wodę ciekłą, a atmosfera przybrała skład podobny do obecnego — w jakikolwiek sposób powstała lub dostała się na ziemię jedna jedyna istotka żywa o budowie choćby najprostszej, wystarczyłoby to do zrozumienia, że z tego tworu przez rozmnażanie i stopniowe różnicowanie powstały wszystkie twory późniejsze.

Przypuszczenie początku pozaziemskiego życia na samej kuli ziemskiej nie zawiera w sobie nic nielogicznego. Czy jakiekolwiek z owych licznych ciał niebieskich, które prócz ziemi naszej poruszają się w przestrzeni wszechświatowej, jest zamieszkane przez istoty żywe, tego nie wiemy. Wolno nam twierdzić, że ciała niebieskie, na których inne zgoła panują warunki fizyczne i chemiczne niż na globie naszym, nie mogą gościć u siebie istot tego rodzaju, jakie znamy na ziemi. Czy istnieją two-

www.dlibra.wum.edu.pl

ry, którym nie potrzeba tlenu, które żyć mogą bez wody, w temperaturze poniżej zera i w braku wielu innych warunków niezbędnych do życia znanym nam tworom—rozprawiać o tem wszystkiem nie ma żadnego celu. Nie jesteśmy w stanie pomyśleć takich istot, nie umiemy zupełnie wyobrazić sobie ich cech i właściwości fizyologicznych. Pozostanie przeto zawsze sprawą subjektywnego poglądu stanowisko nasze wobec pytań powyższych.

Jeżeli wszakże — co jest prawdopodobne—niektóre ciała niebieskie znajdują się lub znajdowały kiedyś w warunkach podobnych do panujących na naszej ziemi, w takim razie mogą lub mogły na nich istnieć twory podobne do naszych tworów ziemskich. Ponieważ zaś, jak wiadomo, ciała te niebieskie lub oderwane od nich części niekiedy spotykają się z ziemią, mogłyby przeto istoty żywe lub ich zarodki przejść z nich na ziemię w stanie zdolnym do życia i rozmnażania.

Lecz gdybyśmy nawet zgodzili się na tę możliwość, nie zadowolni nas ona w zupełności. Jeżeli bowiem nasz ziemski świat żywy pochodzi od istot z innych ciał niebieskich przybyłych, to zapytamy dalej, zkąd też tamte pochodzą. Jeżeli powstały one kiedyś z materyi nieożywionej, w takim razie istoty ziemskie również w warunkach podobnych na ziemi samej powstać mogły. A w takim razie zbyteczna jest hypoteza „meteorowa".

„Ożywienie" materyi, powstawanie materyi żywej z martwej, zachodzi zawsze wyłącznie tylko we wnętrzu istot żywych. Z dwutlenku węgla, wody i azotanów roślina wytworzyć może żywą protoplazmę, lecz tylko w swoich żywych, zawierających chlorofil komórkach. Z martwych ciał białkowych, tłuszczów i wodanów węgla zwierzę potrafi wytwarzać protoplazmę, lecz tylko póty, póki samo żyje. Istota martwa nie asymiluje, nie przyswaja. Wszystko, co żyje, powstało w istocie żywej albo jako część istoty żyjącej. *Omne vivum ex vivo* [1]).

Przeświadczenie o niewzruszonej prawdzie tego twierdzenia jest co prawda dopiero wynikiem nowszych badań. Jeszcze Arystoteles przypuszczał, że węże, jaszczurki, żaby powstawać mogą z mułu wilgotnego. Późniejsi przyrodnicy sądzili, że taki sposób powstawania ograniczyć należy do ślimaków, pcheł i t. p. Gdy i to

---

[1]) Wyrzeczenie to jest trawestacyą wygłoszonego przez Harveya twierdzenia: „*omne vivum ex ovo*". W tej formie odnosi się ono tylko do zjawiska rozmnażania, do powstawania osobników żywych z podobnych do nich rodziców. Właściwie też wyrzeczenie Harveya daje się zastosować tylko do istot wyższych, albowiem u niższych inne występują sposoby rozmnażania się, nie za pomocą jajek (porówn. rozdz. XX).

www.dlibra.wum.edu.pl

okazało się złudzeniem, wówczas tylko jeszcze w gromadnem występowaniu organizmów niższych w t. zw. naparach (ztąd nazwa *Infusoria*, wymoczki) widziano dowód powstawania istot żywych z materyału martwego, i wreszcie uznano, że w ten sposób mogą się tworzyć tylko grzybki, bakterye i t. d.

2. Samorództwo.

2. Nalejmy wodę na siano, mięso lub podobne materye organiczne i pozostawmy tę mieszaninę przez czas pewien, a zobaczymy, że ciecz zmętnieje i wreszcie pocznie gnić. Badanie mikroskopowe wykaże nam w wodzie obecność licznych drobnoustrojów, zwłaszcza bakteryj, a również zazwyczaj rozmaitych wymoczków. Wymoczki częściej się rozmnażają, jeżeli rozrobić wodą błoto z kałuż, ziemię ogrodową lub gnój, osad z rynien deszczowych lub t. p. Ponieważ bakterye, wymoczki i t. d., które znajdujemy w tych razach, nie były na początku obecne, przypuszczano przeto, że powstały z rozkładających się mas organicznych, czyli że materya martwa zamieniła się w żywą. To mniemane powstawanie istot żywych nazwano samorództwem (*generatio spontanea*, *generatio aequivoca*); w czasach ostatnich wprowadzono nadto nazwę abiogeneza i archigonia.

Nie mamy obecnie trudności w dowiedzeniu, że pogląd ten jest fałszywy. Wiadomo nam, że wszystkie znajdowane w powyższych cieczach drobnoustroje lub ich zarodniki albo już z samego początku zawarte były w wodzie lub owych materyałach organicznych, albo do cieczy dostały się z powietrza. Pojedyńcze osobniki, a bardziej jeszcze ich zarodniki mogą ujść uwagi nawet przy pilnem badaniu mikroskopowem. Lecz gdy rozmnożyły się gromadnie, co w obecności obfitego materyału pokarmowego zachodzi tem szybciej, im przyjaźniejsze są i inne warunki istnienia, zwłaszcza odpowiednia temperatura, wówczas w każdej kropli cieczy takie są ich masy, że przeoczyć ich już nie można; a także ich działalność, jak gnicie i inne przeobrażenia chemiczne, z łatwością wykryć się daje.

Że jest tak istotnie, tego dowiedli doświadczeniami gorliwemi i doskonale przekonywającemi liczni badacze, że wymienimy tu tylko Helmholtza i Pasteura. Pragnąc całkowicie powstrzymać wszelkie rozwijanie się drobnoustrojów w naparach lub w cieczach zawierających niezbędne do ich odżywiania materye, należy doskonale zadosyć uczynić dwóm warunkom: użyte do doświadczeń naczynia i materyały muszą być wolne od istot żywych i ich zarodników, oraz zapobiedz należy, aby zarodniki lub drobnoustroje zzewnątrz przeniknęły.

www.dlibra.wum.edu.pl

Nie łatwo jest spełnić te dwa warunki. Tem objaśnić należy, że wciąż jeszcze zdarzają się badacze, którzy sądzą, że „niewątpliwie“ doświadczeniami swemi dowiedli faktu samorództwa. Wobec tego zaś tem silniej zaakcentować należy, że we wszystkich doświadczeniach dokonanych troskliwie i sumiennie nigdy w warunkach powyższych istoty żywe nie powstawały.

Chcąc naczynia i materyały używane do doświadczeń uwolnić od drobnoustrojów i zarodników, trzeba je ogrzać do temperatury, w której życie istnieć nie może. Ciecze najpewniej wyjaławiamy (sterylizujemy) t. j. uwalniamy od żywych mikrobów przez dość długie ogrzewanie w temperaturze wrzenia. Jeżeli nie można temperatury tak wysokiej stosować ze względu na to, że użyte materye ulegają zmianie w tych warunkach, w takim razie wystarcza ogrzewanie do 60°, lecz dłużej trwające i kilkakrotnie powtarzane. Do ciał i przedmiotów suchych, jak szkło i t. p. przylegają często bardzo oporne na ogrzewanie zarodniki trwałe, które po zwilgoceniu wyrastają na dojrzałe mikroby; dla ich zabicia, dla pewnego wyjałowienia czyli uwolnienia od tych zarodników potrzeba dłuższego ogrzewania conajmniej przy 150°.

Takie zarodniki trwałe, jak również pierwotniaki otorbione mogą w stanie suchym przez długi czas pozostawać przy życiu, nawet w warunkach najmniej pomyślnych (porówn. rozdz. XII, § 9 i rozdz. XX, § 5). Przy bardzo nieznacznym ciężarze tych drobniutkich tworów łatwo przenoszą się one z wiatrami i rozpraszają się na wsze strony. Pyłki unoszące się ustawicznie w powietrzu, a widoczne wskutek odbijania się światła na ich powierzchni („pyłki słoneczne“) zawierają przeto często, obok najrozmaitszych składników nieorganicznych, także istotki żywe, mikroby i zarodniki. Gdy powietrze jest spokojniejsze, pyłki te powoli opadają na ziemię. Zwłaszcza dotyczy to tych warstw powietrza, które znajdują się w otwartych naczyniach. Naczynia przeto takie są niejako pułapkami, w których stopniowo osiadają i zbierają się znaczne ilości unoszących się w powietrzu pyłków. Jeżeli wśród tych pyłków znajdują się choćby nieliczne mikroby żywe lub ich zarodniki, a naczynia zawierają odpowiednie roztwory odżywcze, w takim razie osobniki żywe poczną się rozmnażać, z zarodników nowe powstaną osobniki, które również się będą rozmnażały, jednem słowem ciecz po pewnym czasie pełna będzie rozmaitych drobnoustrojów, nawet w razie, jeśli naczynie i jego zawartość na początku były zupełnie od mikrobów wolne.

Pragnąc napewno przeszkodzić dostaniu się pierwszych zarodków żywych, należy odciąć dostęp powietrza do naczyń. Lecz zamknięcie naczyń bynajmniej nie musi być szczelne, hermetyczne. Dość jest zatkać naczynie watą. Przez watę wprawdzie przechodzi powietrze, lecz zostaje ono niejako filtrowane; wszelkie zawarte w niem mikroby i zarodniki,

www.dlibra.wum.edu.pl

choćby najdrobniejsze, pozostają na powierzchni zewnętrznej lub w powierzchownych warstwach waty.

Przypuśćmy, że napełniliśmy odpowiednie naczynie (nadają się do tego tak zwane kolbki, jakich używamy w pracowniach chemicznych, t. j. naczynia szklane obszerne o długich wązkich szyjkach) roztworem odżywczym, wyjałowiliśmy doskonale przez dostatecznie długie ogrzewanie i zatkaliśmy suchą [1]), uprzednio wyjałowioną watą. Drugą kolbkę napełniamy takim samym roztworem, wyjaławiamy ją również starannie, lecz nie zatykamy. Trzecią wreszcie kolbkę z takąż zawartością pozostawiamy nie sterylizowaną, lecz zatykamy ją. Wszystkie trzy kolbki ustawiamy obok siebie, najlepiej w miejscu ciepłem.

Po pewnym czasie, niekiedy już po 24 godzinach ciecz w kolbce trzeciej wyraźnie jest mętna; badanie mikroskopowe wykazuje w niej najrozmaitsze drobnoustroje. W kolbce drugiej obecność mikrobów zwykle daje się wykryć dopiero później, po kilku tygodniach lub przynajmniej po kilku dniach. Gdy pierwsze ślady tych najdrobniejszych istot wystąpiły, rozmnażanie ich szybko już następuje, a jeżeli w roztworze odżywczym zawarte są materye organiczne, mogące uledz rozkładowi, jak białko i t. p., dostrzedz można wyraźnie ślady tego rozkładu.

Lecz kolbka pierwsza pozostaje bez zmiany i nie można w niej wykryć ani śladu żadnych drobnoustrojów. Jeżeli dobrze kolbka ta jest zamknięta, możemy ją lata całe przechowywać, a mikroby bynajmniej się w niej nie rozwiną.

Z doświadczenia tego wynika przeto to, cośmy wyżej twierdzili, że rozwój mikroorganizmów w warunkach wymienionych nastąpić może tylko w takim razie, jeżeli były one (lub ich zarodniki) już uprzednio zawarte w naczyniu lub jeżeli zzewnątrz do naczynia przeniknęły. Jakkolwiek urozmaicać będziemy warunki doświadczenia, zawsze dowieść będzie można, że gdzie niema żywej materyi, tam też życie powstać nie może.

3. Z pewnością zatem twierdzić możemy, że nikomu jeszcze nie powiodło się dowieść samorództwa, powstawania materyi żywej z nieożywionej. Czyż może- 3. Powstanie życia nie jest znane.

[1]) Jeżeli wata, zatykająca naczynie jak korek, nie jest sucha, mogą się na jej powierzchni zewnętrznej zagnieździć drobnoustroje, które następnie poprzez watę rozwiną się i rozmnożą i wreszcie przenikną do wnętrza naczynia.

www.dlibra.wum.edu.pl

my, opierając się na tem, powiedzieć, że samorództwo nie jest możliwe?

Oczywiście nie. Wolno nam tylko twierdzić, że w tych warunkach, jakie dotychczas w doświadczeniach naszych urzeczywistniliśmy, samorództwa niema. Ci badacze, którzy mniemali, iż udało im się dowieść powstawania żywych istot z materyi nieożywionej, łudzili się, albowiem nie spełnili ściśle wszystkich warunków niezbędnych do zabicia już znajdujących się w danem środowisku oraz do powstrzymania zzewnątrz przenikających mikrobów i zarodników [1]). Obecnie dzięki postępom techniki doświadczalnej łatwo dowieść, że przy dokładnem przestrzeganiu niezbędnych ostrożności samorództwo nie zachodzi. Lecz skoro doszliśmy do przekonania, że był czas na kuli ziemskiej, kiedy istnieć na niej nie mogły istoty tego rodzaju, jakie znamy obecnie, musimy też przyznać, że pomiędzy owemi czasy a temi, kiedy znalazły się już pierwsze twory do obecnych podobne, musiała kula ziemska przebyć okresy przejściowe, o których bynajmniej nie wiemy, czy nie panowały podówczas warunki zgoła inne, niż te, które urzeczywistniamy w naszych doświadczeniach.

Być może, że istoty żywe powstały w sposób zupełnie inny i z innej materyi niż ta, której używamy w doświadczeniach. Może być, że potrzeba było na to setek albo tysięcy lat. Może powstawanie to było stopniowe; może nie od razu z pierwiastków C, H, O, N, S i P utworzyły się gotowe cząsteczki żywego białka, tłuszczów, wodanów węgla, a z tych nie zaraz powstał grzybek lub ameba, lecz wyłoniły się pewne, może obecnie nie znane nam, gdyż w warunkach dzisiejszych nie istniejące związki chemiczne, a również pewne nieznane nam także poprzedniki tworów dzisiejszych. Może potrzeba było do tego innej temperatury, innej zawartości tlenu lub dwutlenku węgla, innego ciśnienia, niż te, które stosujemy lub stosować możemy w doświadczeniach naszych.

Zbytecznem będzie chyba pomnażanie tych domniemań i rozmaitych możliwości. Pytania, których nie jesteśmy w stanie rozstrzygnąć przy pomocy współczesnych środków pomocniczych nauki, muszą z konieczności pozostać bez odpowiedzi. Poprzestać

---

[1]) Na poznaniu tych warunków polega wielki postęp dokonany w czasach nowszych przez naukę o istotach najdrobniejszych, zwłaszcza przez bakteryologią. Już powyżej zwróciliśmy uwagę na to, jak postęp ten przyczynił się do poznania chorób zakaźnych i zapobiegania im oraz do wielu zastosowań technicznych (konserwowanie środków spożywczych, przemysł fermentacyjny i t. d.). Porówn. rozdz. XVII, § 7.

www.dlibra.wum.edu.pl

musimy na stwierdzeniu, że nic nam nie wiadomo o pierwszem powstaniu życia wogóle a w szczególności na ziemi naszej, i musimy to pozostawić przyszłości, która może przez odkrycie nowych faktów wypełni tę lukę w wiedzy naszej.

4. Zmienność istot.

4. Paleontologia naucza, że liczne gatunki, ba nawet całe wielkie klasy istot, które w dawnych okresach geologicznych niezmiernie były rozpowszechnione, albo całkowicie wymarły albo do małej bardzo ograniczyły się z czasem liczby osobników, że znów inne istoty, zamieszkujące jeszcze obecnie obszary ograniczone, musiały w epokach dawniejszych zajmować znacznie większe terytorya, albowiem liczne ich ślady i szczątki znajdowane są w okolicach, gdzie obecnie istot tych brak zupełnie. Nie potrzeba nawet sięgać do odległych okresów geologicznych, aby wywody te poprzeć przykładami. Niektóre zwierzęta i rośliny wymarły dopiero w czasach historycznych, inne w ostatniem zaledwie stuleciu tak się stały rzadkie, że tylko ochrona sztuczna broni od zagłady ostatnie ich reszty. Tak np. bóbr (*Castor fiber*), który dawniej bardzo był w Niemczech pospolity, obecnie znajduje się jeszcze tylko w Elbie między Magdeburgiem a Wittenbergiem; bizon północnoamerykański (*Bison americanus*) blizki jest zupełnego wygaśnięcia, a ostatnie osobniki przechowywane są w parku narodowym w Yellowstone. Ptak podbiegunowy, t. zw. bezlotek (*Alca impennis*), który jeszcze w początku XIX-go stulecia bardzo był rozpowszechniony w Islandyi, zupełnie obecnie wyginął. W tych przypadkach winnym jest człowiek, który zwierzęta wymienione zabijał w olbrzymich gromadach. Na zanikanie form dawniejszych przedewszystkiem składały się bardzo znaczne zmiany stosunków klimatycznych. Liczne rośliny i zwierzęta, które same lub których gatunki pokrewne żyją obecnie tylko w strefach zwrotnikowych, znajdowano w skamieniałościach okolic o klimacie umiarkowanym, a zwierzęta ze stref podbiegunowych w okolicach o klimacie obecnie ciepłym.

Z drugiej strony w okresach po sobie następujących, o których sądzić możemy z uwarstwowień geologicznych, widzimy występujące coraz to nowe formy istot, których nie było w epokach dawniejszych.

Bezwątpienia liczne formy, które składały się tylko z części miękkich, zginęły, nie pozostawiwszy po sobie żadnych śladów, któreby o ich istnieniu dawniejszem świadczyły. Nie znamy też jeszcze wszystkich we wnętrzu ziemi zachowanych istot dawniejszych, albowiem mała stosunkowo część skorupy ziemskiej dotych-

www.dlibra.wum.edu.pl

czas zbadana jest pod względem geologicznym, a część bardzo znaczna wogóle zbadana być nie może, gdyż jest pokryta morzem. Lecz nieprawdopodobnem jest wszakże, aby przy każdej zmianie stosunków na powierzchni ziemi zachowane zostały szczątki właśnie tych form, które nie pozostały już przy życiu w okresach następnych, a zginęły bez pozostawienia śladów właśnie te, które stanowiły w dalszym ciągu części składowe żyjącej fauny i flory. Gdyby tak być miało, musiałyby czasy najdawniejsze być najbogatsze w formy różnorodne, a obecny nasz świat żywy musiałby się składać tylko ze szczątków pierwotnego, z którego stopniowo coraz więcej osobników i gatunków wymieraćby musiało. Jest to w wysokim stopniu nieprawdopodobne.

5. Podział systematyczny.

5. Pragnąc w dalszym ciągu rozważać to pytanie, musimy naprzód zająć się tem, w jaki sposób formy zwierzęce i roślinne zarówno obecnie jeszcze istniejące jak i dawniejsze oddzielamy nawzajem, innemi słowy, na jakich zasadach opieramy podział istot, ich układ w grupach.

Obserwacya uczy nas poznawać tylko osobniki, z których żaden do drugiego ściśle i całkowicie podobny nie jest. Dzieci jednej rodziny, szczenięta jednej suki, nawet z jednego pomiotu, kwiaty pochodzące z jednego posiewu, wszystkie wskazują pewne, choć drobne różnice. Dotyczy to nietylko cech zewnętrznych, jak np. barwy włosów lub t. p., lecz i organy wewnętrzne różnią się w pewnym stopniu; a różnice te zapewne wystąpiłyby jeszcze wyraźniej, jaskrawiej, gdybyśmy byli w stanie dokładnie wybadać organizacyą całkowitą każdego oddzielnego osobnika we wszelkich szczegółach mikroskopowych, chemicznych i t. p.

Nie wyłącza to jednakże faktu, że wiele tych osobników więcej znacznie wykazuje pomiędzy sobą podobieństw i dlatego może być połączonych w jednę grupę, która cechami bardzo ważnemi różni się od grup innych, w takiż sposób przez połączenie osobników podobnych utworzonych. Toż uczy nas tego doświadczenie codzienne, i od czasów niepamiętnych zniewala nas to do obejmowania wszelkich przedmiotów przyrody i w szczególności istot żywych w oddzielne grupy.

Każdy taki podział staje się możliwym tylko dzięki temu, że przy włączaniu pewnej liczby osobników w jednę grupę pomijamy wszystkie owe drobne różnice w cechach pomiędzy pojedyńczemi osobnikami, że mianowicie różnice te uważamy za nieistotne, drugorzędne. Jeżeli obejmujemy w jednej grupie systematycznej wszystkie gożdziki, wszystkie psy, wszystkich ludzi, to świadomie

www.dlibra.wum.edu.pl

pomijamy różnice barwy, wielkości, kształtów części oddzielnych. Wszystkie te odmienności uważamy za cechy nieistotne wobec cech zgodnych, których wyliczenie stanowi opis (rozpoznanie, dyagnozę) danej grupy.

Podział systematyczny naukowy sprowadza wszystkie znane twory żywe do pewnej liczby gatunków (*species*), które znów obejmujemy w grupy większe, rodzaje (*genera*).

Podając rodzaj i gatunek, wskazujemy dokładnie stanowisko danej istoty w układzie zoologicznym lub botanicznym; temu też odpowiada nazwa naukowa, która składa się zawsze z dwu wyrazów, z nazwy rodzajowej i nazwy gatunkowej: *Canis vulpes* (lis), *Canis familiaris* (pies), *Quercus pedunculata* (dąb pospolity, szypułkowy), *Quercus sessiliflora* (dąb bezszypułkowy) [1]).

Od czasu kiedy Linneusz (1735) utworzył system, układ znanych mu podówczas zwierząt i roślin, ten sposób podziału i nazywania powszechnie został przyjęty. Każdy, w jakikolwiek sposób zajmujący się badaniem przyrodniczem tworu żywego, posługuje się tą nomenklaturą. Gdy na razie nie umiemy samej istoty rozpoznać, staramy się przedewszystkiem stwierdzić, czy jest ona identyczna z jakąkolwiek już przedtem opisaną, a gdy się okaże, że tak jest, oznaczamy ją nazwą dla tamtej przyjętą.

Jeżeli wszakże identyczności takiej nie wykażemy, to albo posługujemy się nazwą mniej dokładnie określoną, albo, jeżeli mamy powód do przypuszczania, że jest to forma nowa, czyli dotychczas jeszcze nie opisana, dajemy jej nazwę nową, utworzoną według tych samych zasad, t. j. złożoną z dwu części: gatunkowej i rodzajowej [2]).

Ponieważ liczne rodzaje również wykazują pomiędzy sobą większe podobieństwa i tem różnią się od innych grup rodzajów, powstają przeto ugrupowania większe, które nazywamy rodzinami, rzędami, klasami, pokoleniami, aż wreszcie dochodzimy do najogólniejszego podziału na dwa

---

[1]) To oznaczenie nazwą podwójną stosuje się i w tych przypadkach, kiedy znamy jeden tylko gatunek lub gdy przypuszczamy, że wogóle jeden tylko gatunek w całym rodzaju istnieje, np. *Homo sapiens* (człowiek).

[2]) Kto nie posiada wprawy w badaniach nad systematyką roślin i zwierząt, napotyka nieraz dużą trudność w dokładnem oznaczeniu, określeniu danego osobnika. Przy pomocy podręczników odpowiednich często można oznaczyć rodzaj, lecz nie gatunek. W tych razach do nazwy rodzaju dopisuje się *spec.* Tak np. *Melolontha spec.* znaczy, że mamy na myśli chrząszcza z rodzaju *Melolontha*, lecz gatunek bliżej nie jest nam znany, a więc nie chodzi nam np. o zwykłego chrząszcza majowego (*Melolontha vulgaris*).

www.dlibra.wum.edu.pl

państwa: roślin i zwierząt, do których przyłącza się jako trzecie, mniej charakterystyczne — pierwotniaków (porówn. rozdz. I, § 15).

6. Znaczenie podziału.

6. Odgraniczenie jednych gatunków od drugich nastręcza nieraz znaczne trudności. Im więcej badamy pojedyńczych osobników, tem bardziej przekonywamy się, że w obrębie tego, co dotychczas uważaliśmy za jeden gatunek, często rozróżnić można doskonale odgraniczone grupy mniejsze, podgrupy. W tym razie dzielimy gatunek albo w ten sposób, że wydzielamy gatunki nowe, albo wyodrębniamy podgatunki, odmiany, rasy. Zachodzi to nie bez pewnej dowolności subjektywnej. Tak np. niektórzy botanicy uważają wspomniane wyżej dwa gatunki dębu tylko za odmiany jednego i tego samego gatunku: *Quercus robur*. To samo rzec należy o rodzajach i o grupach wyższych. Brodawnik pospolity zaliczony był przez Linneusza do rodzaju *Leontodon* i nazwany *Leontodon taraxacum*. Obecnie uznano za słuszne rozdzielić rodzaj *Leontodon*, a nowemu rodzajowi nadano dawniejszą nazwę gatunkową jako rodzajową, tak że ta sama roślina nazywa się obecnie *Taraxacum officinale* (dmuchawiec lekarski).

Przy takich zmianach nazw i podziale oraz układaniu w system kierują autorami względy dogodności. Cel podziału systematycznego jest czysto praktyczny; chodzi tu o ułatwienie poglądu ogólnego, o łatwiejsze zapamiętanie i rozpoznawanie. Do tego wszakże przybyły nadto i inne pojęcia. Osobniki pojedyńcze, złączone w jednę grupę, nazwano pokrewnemi, i odróżniamy rozmaite stopnie pokrewieństwa. Nasuwa się przeto pytanie, czy nazwa ta niczem innem nie ma być jak tylko porównaniem, czy też przypisać jej należy pewne znaczenie istotne.

Rodzeństwo, czyli potomstwo jednej i tej samej pary rodziców nazywamy krewnymi; również nazywamy tem mianem rodziców i dzieci. Dzieci dwojga rodzeństwa nazywamy krewnymi drugiego stopnia; pokrewieństwu temu odpowiada niejako pokrewieństwo pomiędzy dziećmi jednej pary rodziców a rodzeństwem rodziców. Jeżeli wysiejemy żołędzie jednego dębu i wyhodujemy cały lasek dębowy, możemy wszystkie drzewa tego lasku nazywać dziećmi owego dębu rodzicielskiego i uważać je za rodzeństwo. Jeżeli żołędzie z dwu dębów potomnych znów wysiejemy, wówczas nowo wyrosłe dęby pozostają względem siebie w pokrewieństwie stopnia drugiego.

Póki w sposób pewny daje się stwierdzić bezpośrednie lub pośrednie pochodzenie pewnej liczby osobników od jednej pary rodziców [1]),

[1]) Samo się rozumie, w jaki sposób rozważanie powyższe daje się stosować do tych przypadków, w których nie potrzeba połączenia dwu

www.dlibra.wum.edu.pl

czyli póki jesteśmy w stanie wykazać nieprzerwaną ciągłość drzewa genealogicznego, możemy bezwarunkowo mówić o pokrewieństwie w znaczeniu właściwem. Tak zwana akacya (*Robinia pseudacacia*), drzewo leśne Ameryki północnej, poraz pierwszy została wyhodowana z nasienia w roku 1601 przez Jan Robina w paryzkim Jardin des plantes. Od tego pierwszego egzemplarza europejskiego pochodzą, jeśli nie wszystkie, to w każdym razie przeważna liczba drzew akacyowych w Europie. W roku 1614 w wypchanem wolu ptaka dostało się do Europy nasienie wełnówki (*Erigeron canadense*); roślina ta stała się obecnie bardzo pospolitym chwastem, rozpowszechnionym w całej Europie i Rosyi azyatyckiej. Również amerykańskiego pochodzenia jest elodea (*Elodea canadensis*). W roku 1836 wystąpiła ona poraz pierwszy w Irlandyi w stawie, w którym wyhodowano rośliny wodne północno-amerykańskie, a pomiędzy któremi przypadkowo znajdować się musiało nasienie elodei. Wkrótce wypełniła ona cały staw, z którego musiano ją doszczętnie wytrzebić. W latach 1841 — 1854 rozpowszechniła się we wszystkich wodach Szkocyi i Anglii. W roku 1854 przesłano ją dla zbadania do ogrodu botanicznego w Schoenebergu pod Berlinem. Ztąd przeszła elodea do Haweli, Szprewy, Elby, Odry i t. d. Obecnie należy ta roślina do stałych mieszkańców rzek, stawów i jezior Europy środkowej, lecz zdaje się, że od roku 1872 dalszych postępów w rozprzestrzenianiu się nie zrobiła. Podobnie dzieje się z wędrówką odwrotną zwierząt i roślin z Europy do Ameryki. Wszystkie woły dzikie w Argentynie są potomkami małego stada złożonego z siedmiu krów i jednego byka, które w roku 1556 sprowadzono z Hiszpanii i rozpuszczono w lesie. Kozy na wyspie Juan Fernandez na wybrzeżu zachodniem Chili pochodzą od jednej pary, która przybyła tam w roku 1704 z marynarzem szkockim Aleksandrem Selkirkiem, pierwowzorem Robinsona Crusoe.

W przeciwstawieniu do tych i niewielu innych znanych do pewnego stopnia historyj pochodzenia niektórych gatunków zwierząt i roślin, pochodzenie przeważnej liczby nie jest nam znane. W przytoczonych przykładach mamy zresztą do czynienia z pewną, choć dużą, jednakże ograniczoną liczbą osobników. Interesującem zaś jest to, czy, podobnie jak wszystkie kozy z wyspy Juan Fernandez pochodzą od owej pary marynarza Selkirka, i wszystkie wogóle kozy na świecie są ze sobą spokrewnione, t. j. czy wszystkie pochodzą od jednej tylko pary pierwotnej.

Zasady, na których opiera się układanie gatunków, rodzajów,

---

osobników dla wydania na świat potomstwa. Na pewno pokrewnemi są w takich razach wszystkie osobniki, które pochodzą przez podział lub pączkowanie z jednego i tego samego osobnika.

www.dlibra.wum.edu.pl

klas i t. d., są czysto morfologiczne: podobieństwo form zewnętrznych i wewnętrznych, podobieństwo organizacyi. Wiadomo nam, że formy te i organizacye przechodzą do pewnego stopnia na potomstwo. Lecz z drugiej strony podobieństwo pomiędzy rodzicami a potomstwem nie jest bezwarunkowe, albo raczej istnieje wprawdzie podobieństwo, lecz niema równości, jednakowości. W żadnym potomku nie powtarzają się z zupełną ścisłością kształty i cechy przodków; małe różnice i odchylenia występują zawsze.

7. Zmienność.

7. Aby ominąć tę trudność w stwierdzeniu pojęcia gatunku, przypuszczono, że zmiennemi, niestałemi są tylko cechy nieistotne, że natomiast cechy istotne, stanowiące o charakterze gatunku przenoszą się dziedzicznie na potomstwo bez zmiany. Lecz jest to rozumowanie zupełnie dowolne. Twierdzimy, że gatunek rozmnaża się bez zmiany swych istotnych cech osobniczych. A gdy dostrzegamy w potomstwie pewne zboczenie, powiadamy wówczas, że nie jest to cecha istotna, gatunkowa.

Fakty, które spożytkowujemy w sądzeniu o zmienności i o utrwalaniu się zboczeń w potomstwie przez dziedziczenie, pochodzą głównie z doświadczeń hodowców nad zwierzętami domowemi i ze spostrzeżeń ogrodników nad roślinami. Gdy ogrodnik spostrzeże np. na grzędzie goździków pewną odmianę w ubarwieniu listków, to przez wysianie nasion tych roślin na osobnej grządce, na której nie może nastąpić zapłodnienie przez pyłek innych roślin, powiedzie mu się znakomicie pomnożyć liczbę goździków z tą nową cechą gatunkową. Powtarzając kilkakrotnie to doświadczenie, po pewnym czasie dochodzi do roślin, które prawie wszystkie wskazują to nowe zabarwienie i osobliwą tę cechę przenoszą na swe potomstwo. W sposób podobny powstały rozmaite rasy czyli odmiany zwierząt domowych, które wyhodowano sztucznie. Hodowca, dobierając do rozpłodu zwierzęta z pewną szczególną właściwością, z upierzeniem piękniejszem, z smuklejszą budową członków, większą siłą mięśniową, zręcznością i t. p., może właściwość tę rozwinąć do pewnego stopnia i utrwalić, tak że przenosi się ona na potomstwo. Potrzeba do tego co prawda długiego czasu, dużej bardzo cierpliwości i pewnych zdolności.

Rozumiemy przeto, że odgraniczenie ścisłe pojęcia gatunku, które probowaliśmy przeprowadzić w paragrafie poprzednim, nie jest wystarczające. Z jednej strony dowieść nie jesteśmy w stanie, że wszystkie istniejące obecnie twory jednego i tego samego gatunku są w rzeczy samej pochodzenia wspólnego. Z drugiej zaś strony widzimy, że istoty rzeczywiście pochodzenia wspólnego w pewnych okolicznościach tak mogą się stać pomiędzy sobą różne,

www.dlibra.wum.edu.pl

że nie można już powiedzieć, czy dają się one jeszcze zaliczyć do jednego i tego samego gatunku.

Jeżeli przy określeniu pojęcia gatunku kładziemy nacisk na pochodzenie wspólne, wprowadzamy zamiast cech czysto morfologicznych nowy moment, fizyologiczny. Bardziej jeszcze uwydatnia się to w innym pomyśle, uczynionym w celu dokładniejszego określenia gatunku. Przekonano się, że niekiedy nietylko osobniki jednego i tego samego gatunku, lecz również pochodzące od dwu gatunków zbliżonych do siebie mogą wydać potomstwo. Te t. zw. bastardy (krzyżówki) [1]), które w cechach swych wykazują mieszaninę cech gatunkowych obojga rodziców, zazwyczaj są bezpłodne. Zamierzono przeto uważać wszystkie zwierzęta, które wydają ze sobą potomstwo płodne, za należące do jednego gatunku, te zaś, które wydają ze sobą potomków bezpłodnych, za należące do gatunków różnych. Lecz i taki pogląd nie wystarcza i nie może zadowolnić nas całkowicie. Niejednokrotnie bowiem postrzegano u zwierząt, a także u roślin przypadki, w których potomstwo dwu osobników, ogólnie uznanych za gatunkowo różnych, było jednakże płodne. Jeżeli w tym razie hodowca dba o to, aby krzyżówki zapładniały się tylko pomiędzy sobą, to w pokoleniu pierwszem otrzymuje się dużo nasion niezdolnych do rozwoju. Lecz w każdem pokoleniu następnem liczba względna, procentowa nasion płodnych podnosi się. Jest to nawet, o ile się zdaje, jeden z najpewniejszych sposobów do otrzymania gatunków nowych w czasie stosunkowo krótkim.

Wobec powyższego słuszniej jest bądźcobądź przy podziale istot na gatunki pominąć zupełnie względy fizyologiczne a opierać się wyłącznie na cechach czysto morfologicznych. Uważać będziemy za należące do gatunków rozmaitych takie formy, które różnią się wyraźnie od siebie pewnemi cechami, i pomiędzy któremi przejść stopniowych wykazać nie można; tam wszakże, gdzie odchylenia są nieznaczne i gdzie są stopnie pośrednie, będziemy mówili o odmianach, modyfikacyach, rasach w zakresie jednego gatunku.

Oczywiście zaprzeczyć nie można, że takie rozróżnianie często nasuwa pewne trudności; dziwić się przeto nie można, że nieraz w pewnym przypadku rozmaici badacze do odmiennych dochodzą wniosków w kwestyi systematyki zwierząt lub roślin.

8. Różnice, jakie zazwyczaj występują u istot jednakowego pochodzenia, są najczęściej nieznaczne, mianowicie takie, jakie po- 8. Powstawanie gatunków nowych.

[1]) Najlepiej znany jest mieszaniec, powstający ze skrzyżowania konia i osła, mianowicie muł (potomek osła i klaczy albo ogiera i oślicy). Lecz i u innych zwierząt domowych, a także wśród żyjących na wolności, a bardziej jeszcze wśród roślin często zachodzi krzyżowanie.

www.dlibra.wum.edu.pl

strzegamy zwykle pomiędzy rodzicami a dziećmi i pomiędzy rodzeństwem. W niektórych wszakże przypadkach występują różnice tak duże, że każdy badacz-systematyk zaliczyć musi osobniki, w których je dostrzega, do gatunku innego. Prawie zawsze pozostajemy w niepewności, co jest mianowicie powodem tych zboczeń. Zmiana warunków zewnętrznych życia, krzyżowanie oraz t. zw. atawizm są przyczynami najpospolitszemi. Ponieważ nie można nigdy przewidzieć, że zboczenie od cech gatunkowych wystąpi, przeto nigdy prawie w następstwie stwierdzić nie można warunków, które na te zmiany wpływ wywrzeć mogły. Corocznie wprowadzane są do handlu nowe gatunki lub odmiany roślin ogrodowych, lecz ogrodnicy sami nie wiedzą najczęściej, dzięki czemu one powstały.

Jest rzeczą niewątpliwą [1]), że zmiany w zewnętrznych warunkach życia mogą sprowadzić zmiany w ustrojach żywych. Rośliny dziko rosnące, będąc przeniesione do hodowli ogrodowej, podlegają zmianom widocznym; również rośliny górskie hodowane na płaszczyznach lub rośliny przenoszone z jednego klimatu do innego. To samo dzieje się ze zwierzętami. Opieka troskliwa i umiejętna hodowla mogą utrwalić i wzmocnić jeszcze te odmiany; bez tego łatwo znów odmiany giną. Być może, że wobec działania tych samych warunków przez długie okresy czasu zmiany owe głębiej niejako się zakorzeniają, a wreszcie wskutek wielokrotnego dziedziczenia się stają się trwałemi cechami gatunkowemi; lecz domniemanie to nie daje się tak łatwo sprawdzić [2]).

Krzyżowanie gatunków jest niewątpliwie jedną z przyczyn najdzielniejszych sprowadzających odmiany. Zachodzi ono dosyć często u roślin, których pyłek kwiatowy roznosi się przy pomocy wiatru, owadów i t. p. Również zdarza się ono, w mniej-

---

[1]) Zmiany, powstające pod wpływem czynników zewnętrznych, występują tem łatwiej, im owe czynniki wcześniej poczynają działać na rozwijającą się istotę. Pouczającym pod tym względem przykładem jest tak zwany „dimorfizm sezonowy“ u niektórych motylów. Motyle powstające z poczwarek zimujących wyglądają zupełnie inaczej, aniżeli potomstwo tychże motylów zrodzone w ciągu lata. Gdy zaś poczwarki przechowujemy w lodowni lub w termostacie, w temperaturze bardzo nizkiej lub w odpowiednio wysokiej, możemy dowolnie wyhodować formy wiosenne lub letnie.

[2]) Zgodnie z tem należy przypuszczać, że istoty, które stale przebywają w jednakowych warunkach zewnętrznych, nie zmieniają się wcale lub zmieniają bardzo mało. Możnaby tem objaśnić, dlaczego np. okrzemki z formacyi węglowej prawie w zupełności podobne są do żyjących jeszcze obecnie w morzu.

www.dlibra.wum.edu.pl

szym może stopniu, wśród zwierząt żyjących w stanie dzikim oraz wśród zwierząt domowych. Wiadomości nasze o skutkach krzyżowania opierają się przeważnie na doświadczeniach czynionych ze zwierzętami domowemi. Możliwość zapłodnienia pomiędzy różnemi zupełnie gatunkami jest niewątpliwie stwierdzona dla ssących, ptaków, ziemnowodnych, ryb, owadów i szkarłupni. U zwierząt, których zapłodnienie połączone jest z aktem spółkowania, często krzyżowanie gatunków napotyka trudności, których niema w tych przypadkach, w których zapłodnienie jajek zachodzi poza organizmem macierzystym. W tych razach można także zapłodnienie sztucznie sprowadzić, i wielokrotnie z powodzeniem dokonywano już doświadczeń podobnych. Lecz wogóle badania te nie są jeszcze dostatecznie liczne, aby można z nich było już wyprowadzić wnioski ostateczne.

Pod nazwą a t a w i z m u pojmujemy zjawisko występowania w osobniku cech gatunkowych przodków dawniejszych, cech takich, które u rodziców czyli przodków najbliższych słabo były wyrażone lub zgoła nie występowały. Wiadomo powszechnie, że dzieci niekiedy podobniejsze są do dziadka lub babki niż do ojca lub matki. W ten sposób rozmaite cechy osobliwsze zostają dziedziczone z pominięciem jednego lub kilku pokoleń. Gdy przeto nagle występuje pewne niezwykłe zboczenie od cechy gatunkowej, bardzo być może, że pochodzi ono od któregokolwiek z przodków dawniejszych.

Gdy zatem znane nam są okoliczności najrozmaitsze, które prowadzą do mniejszych lub większych odmian i różnic pomiędzy potomkami tych samych osobników, stajemy wobec pytania, czy różnice te są dość znaczne, abyśmy je uznać mogli za r ó ż n i c e g a t u n k o w e, oraz czy pod wpływem czynników jakichkolwiek mogą się one tak utrwalić, aby przeniosły się na potomstwo i dały początek g a t u n k o m n o w y m.

Małe różnice, istniejące zawsze pomiędzy poszczególnemi osobnikami jednej i tej samej grupy, połączone są pomiędzy sobą przejściami stopniowemi. W tych razach, kiedy cechy anatomiczne dostępne są dla pomiarów, okazuje się — przy dostatecznie dużej liczbie osobników badanych — pewna prawidłowość w stosunku pomiędzy wielkością zboczeń od miary przeciętnej a liczbą osobników, w których zboczenie dane zostało stwierdzone. Aby przedstawić to na przykładzie możliwie prostym, przypuśćmy, że mamy oznaczyć wzrost (długość ciała) osobników dorosłych pewnej ludności, np. mężczyzn zamieszkujących państwo dane. Z bardzo dużej liczby pomiarów pojedyńczych obliczamy średnią arytmetyczną, a opierając się na rachunku prawdopodobieństwa, możemy także oznaczyć, o ile wartość obliczona może się odchylać od p r a w d z i w e j ś r e d n i e j

www.dlibra.wum.edu.pl

wielkości (porówn. rozdz. III, § 7). Wielkości pomiarów istotnych w części bardzo znacznie różnią się od tej wartości średniej. Obliczamy liczbę osób, które wyższe są lub niższe od owej średniej o 1, 2, 3 centymetry i t. d. Okazuje się, że liczba tych, które nieznacznie tylko odbiegają od wartości średniej, bardzo jest duża. Z kolei liczebnie mniej jest tych, którzy różnią się wzrostem o 1 *cm*, następnie jeszcze mniej takich, którzy o 2 *cm* wyżsi są lub niżsi od wzrostu średniego. Liczby oddzielnych grup coraz stają się mniejsze w tym porządku, aż wreszcie dochodzimy do grup obejmujących bardzo mało osobników, a bardzo dalekich od wartości średniej wzrostu.

Prawidłowość podobna występuje we wszystkich rodzajach odmian, które łączą się z sobą przejściami stopniowemi, zawsze oczywiście z zastrzeżeniem, że dokonano badań nad możliwie dużą liczbą osobników. Jeżeli niema owej prawidłowości, może to często ztąd pochodzić, że wzięto do badania osobniki, które ze względu na badaną cechę nie należą do jednej i tej samej grupy. Przypuśćmy, że przeprowadzono pomiary podobne na osobach dorosłych płci żeńskiej. I tu otrzymanoby podobną prawidłowość, lecz zarówno miara przeciętna jak i wielkość największa i najmniejsza wypadłyby niższe niż dla mężczyzn. Lecz gdy obadwa szeregi pomiarów w jeden połączymy, okaże się, że są dwie różne pomiędzy sobą wielkości, dla których liczba należących do nich osobników jest większa aniżeli dla najbliższych sąsiednich [1]).

Zboczenia od owej prostej prawidłowości natychmiast przeto zwracają uwagę naszą na to, że jakaś okoliczność szczególna wpływa tu na rezultat ostateczny. Podobnie jak w przykładzie tu przytoczonym płeć męzka i żeńska stanowią dwie grupy oddzielne, różne pomiędzy sobą co do wzrostu, tak w innych przypadkach spostrzegamy, że istnieją różnice rasowe lub że różnice takie właśnie znajdują się w fazie powstawania. Badania statystyczne tego rodzaju, wielokrotnie podejmowane w czasach ostatnich, już doprowadziły do wyników interesujących, a gdy jeszcze liczniej będą dokonywane, niewątpliwie dadzą rezultaty jeszcze cenniejsze.

Przytoczyliśmy już wyżej, że przez troskliwą hodowlę odmiany w cechach gatunkowych mogą być doprowadzone do pewnej trwałości, że natomiast łatwo znów mogą się zatrzeć, jeżeli pozostawić istoty żywe samym sobie. Natomiast odrębności znaczniejsze, występujące od czasu do

---

[1]) Aby módz porównywać pomiędzy sobą rezultaty tego rodzaju obliczeń, wyrażamy je w odsetkach, procentach całkowitej liczby poddanych pomiarom osobników. Rezultat obliczeń przedstawiamy często poglądowo w postaci linij krzywych. W przypadku ostatnio przytoczonym krzywa wskazywałaby dwa maxima. Porówn. o tem w przypisach na końcu książki.

www.dlibra.wum.edu.pl

czasu, najczęściej przechodzą natychmiast na potomstwo. Otóż stajemy wobec pytania, czy można na podstawie tych doświadczeń zbudować teoryą, któraby uczyniła prawdopodobnem powstanie znanych nam gatunków przez przeobrażenie z gatunków innych. Jeżeliby zaś tak być miało, należy zbadać dalej, jakie działające w przyrodzie czynniki wpływać mogą na to przeobrażenie pobudzająco i przyśpieszająco.

9. Dobór sztuczny

9. Rozmaici badacze różnemi czasy wypowiadali przypuszczenie, że gatunki nie są bezwzględnie niezmiennemi i że gatunki żyjące obecnie powstały z innych, inaczej zbudowanych przez zmiany powolne, stopniowe. Zwłaszcza wyraźnie wypowiedział się za tem przyrodnik francuzki Lamarck w dziele swem Philosophie zoologique, które ukazało się w roku 1809. Przyłączyli się doń z francuzów głównie Geoffroy St. Hilaire, z niemców Oken i Goethe. Powszechnem uznaniem wszakże pochlubić się mogła ta nauka dopiero dzięki pracom Karola Darwina, który w szeregu pism ogłaszanych w latach od 1859 do 1872 zebrał materyał obfity faktów i spostrzeżeń, dających teoryi o pochodzeniu gatunków oparcie pewne i trwałe.

Istota nauki Darwina da się streścić w twierdzeniach następujących. Odmiany występujące u zwierząt i roślin pod wpływem hodowli dowodzą, że cechy gatunkowe nie są absolutnie niezmienne. Należy ztąd wnosić, że przy rozmnażaniu się istot żywych działają dwa rozmaite czynniki: po pierwsze dziedziczność czyli zdolność rodziców do przenoszenia swych cech na potomstwo, i powtóre zmienność, dzięki której każdy osobnik jednakże w pewien sposób od rodziców swych jest odmienny.

Gdy hodowca wybiera te osobniki, u których pewne zboczenie w nieco większym występuje stopniu, i używa ich do dalszej hodowli, może doprowadzić do tego, że zboczenie to w pokoleniach późniejszych występuje coraz wyraźniej. Środkiem przeto, który coraz wydatniej ujawnia zmiany stopniowe, jest według planu pewnego dokonywany dobór osobników odznaczających się pewną odmianą w sposób możliwie wyraźny, i używanie tych właśnie osobników do rozpłodu. Postępowanie to nazywa Darwin doborem sztucznym.

Otóż Darwin usiłuje dowieść, że coś podobnego dzieje się i bez udziału człowieka, wśród roślin i zwierząt żyjących na wolności. Wszystkie istoty zależne są z jednej strony od swojej organizacyi, z drugiej zaś od otoczenia swego. Wówczas tylko, kiedy dostosowane są do siebie organizacya i otoczenie, osobniki pozostawać mogą przy życiu i płodzić potomstwo. Jeżeli wszystkie wa-

www.dlibra.wum.edu.pl

runki zachowania życia istnieją w pełnej mierze, wówczas jest prawdopodobieństwo, że wiele osobników jednakowych żyć może obok siebie i wydawać potomstwo, które w cechach istotnych podobne jest do swych rodziców.

Lecz to rozmnażanie się nie może postępować do nieskończoności. Jedna roślina wydać może tyle nasion, że możnaby niemi posiać duże pole; jedna ryba składa tyle jajek naraz, że wytworzonemi z nich rybami cały staw zaludnićby można. Gdyby wszystkie te nasiona i jajka istotnie miały się rozwinąć, nie starczyłoby na kuli ziemskiej miejsca dla wszystkich osobników. Lecz w rzeczywistości mała tylko część nasion i jajek się rozwija; duża część osobników rozwiniętych ginie we wczesnej młodości, a tylko pozostała niewielka reszta póty pozostaje przy życiu, że może zachować gatunek, czyli wytworzyć potomstwo, podobne do rodziców w istotnych cechach gatunkowych.

Jedną z przyczyn najgłówniejszych, które stają na przeszkodzie rozmnażaniu się nieograniczonemu, jest brak pożywienia dostatecznego. Wszystkie osobniki jednego i tego samego gatunku potrzebują istotnie jednakowego pokarmu. Każda roślina potrzebuje właściwego dla wzrostu i rozwijania się gruntu. Jeżeli na gruncie odpowiednim dla pewnego gatunku roślin wysiać choćby jedno ziarno tej rośliny, to z początku istnieje możliwość właściwie bezgranicznego jej rozmnażania się, lecz oczywiście póty tylko, póki dany obszar nie pokryje się całkowicie roślinami tego gatunku. Wyobraźmy sobie na tym obszarze parę zwierząt, która może się doskonale żywić tą rośliną, a w takim razie potomstwo tej pary póty mogłoby się mnożyć, póki rośliny starczyłyby do jego wyżywienia. A gdyby przybył jeszcze gatunek zwierząt drapieżnych, któremu owe zwierzęta roślinożerne za pokarm służyćby mogły, wówczas trzy te rodzaje istot mogłyby w liczbie ograniczonej istnieć obok siebie na danym obszarze ziemi, lecz dalsze ich rozmnażanie nie byłoby możliwe.

Przypadek, który tu dla przykładu przytoczyliśmy, z pewnością nigdy istotnie się nie zdarzył. Wszędzie jednocześnie istnieją liczne rozmaite gatunki roślin i również zawsze liczne różnorodne gatunki zwierząt roślinożernych oraz mięsożernych, które żywią się roślinożernemi. Każdy przeto z owych gatunków tylko do pewnego stopnia rozmnażać się może, o ile mianowicie starczy potrzebny mu do odżywiania się pokarm, a wreszcie znów musi się ustalić pewien trwały stosunek pomiędzy poszczególnemi gatunkami roślin oraz zwierząt roślinożernych i mięsożernych. Liczba

www.dlibra.wum.edu.pl

przeto osobników każdego gatunku waha się zawsze tylko w pewnych ciasnych granicach.

Nie sama tylko bezwzględna ilość pokarmu wpływa na rozmnażanie się osobników jednego i tegoż gatunku. Liczne rośliny, które mogłyby służyć zwierzętom za pokarm, spożywane bywają w mniejszym stopniu od innych, albowiem opatrzone są w kolce ostre lub zawierają w swych tkankach materye trujące. Zwierzęta, które mogłyby innym służyć za pokarm, unikają tego losu, jeżeli mogą się od swych wrogów obronić, jeżeli wyziewami złowonnemi wrogów swych odstraszają, jeżeli dość szybko są w stanie umknąć, jeżeli wreszcie przez zabarwienie swe własne lub dzięki barwie otoczenia swego uchodzą uwagi nieprzyjaciół. Pośród zwierząt drapieżnych te znów w lepszych znajdują się warunkach bytu, które odznaczają się siłą cielesną, szybkością i zwinnością ruchów, wzrokiem bystrzejszym lub innemi własnościami, sprzyjającemi w chwytaniu zdobyczy. Gdy wszakże dzięki którejkolwiek z tych okoliczności pewien gatunek rozmnoży się i osiągnie znaczniejszą liczbę osobników, zawsze nastąpi wreszcie pewien zastój w dalszem rozmnażaniu.

Inne jeszcze prócz powyższych wchodzą w grę czynniki, powstrzymujące rozmnażanie się istot żywych. Niesprzyjające warunki klimatyczne, np. zima surowa, bardzo wilgotne lato, mogą zniszczyć dużą liczbę osobników danego gatunku. Miejsce ich zajmą wówczas gatunki inne, które poczną rozmnażać się w znaczniejszej niż dotychczas mierze; pozostałym wszakże z owego gatunku wyniszczonego osobnikom trudno już będzie powrócić do liczby pierwotnej, albowiem — powiedzmy obrazowo — zastaną stół biesiadny przez innych już zajęty. Również choroby, zwłaszcza sprowadzane przez pasorzyty, mogą ograniczyć rozmnażanie, podczas gdy przypadki symbiozy działać mogą pomyślnie. Wiadomo, jak często larwy owadów przenikają w nasiona roślinne i czynią je do kiełkowania niezdolnemi, albo całkowicie je pożerają i w ten sposób ograniczają rozmnażanie. I jajka zwierząt często bywają niszczone przez pasorzyty, a również młode zwierzęta, zwłaszcza nowonarodzone, wystawione są na mnóstwo niebezpieczeństw, które w znacznym stopniu powstrzymują rozmnażanie się osobników.

10. Walka o istnienie.

10. Wyobraźmy sobie, że ten lub ów z wymienionych wpływów szkodliwych w większym występuje stopniu, a zrozumiemy, że może to doprowadzić do zupełnego wyniszczenia pewnego gatunku. Jeżeli nawet kilka osobników uniknie losu zgubnego, nie będą się one mogły utrzymać przy życiu wobec współubiegania się

www.dlibra.wum.edu.pl

z innemi gatunkami. Jest rzeczą niewątpliwą, że w ciąguo kresów geologicznych zachodziły w najrozmaitszych miejscach kuli ziemskiej znaczniejsze zmiany w zewnętrznych warunkach życia, zwłaszcza w klimacie, w podziale lądów i mórz, w wyniesieniach ziemi nad poziom morza. W wysokim stopniu jest prawdopodobne, że zmiany te bywały i tak znaczne, że mogły doprowadzić do zupełnego zaginięcia niektórych gatunków. Gdyby nam przeto zależało tylko na zrozumieniu, dlaczego gatunki, które żyły w okresach dawniejszych na ziemi, wymarły w zupełności, sprawa byłaby niezmiernie łatwą. Lecz wyłania się pytanie, czy można też wykryć okoliczności i czynniki, które czynią prawdopodobnem powstawanie nowych gatunków.

Otóż tutaj powołuje się Darwin na wspomniane już wyżej zjawisko zmienności. Ponieważ potomstwo nigdy nie jest we wszystkich szczegółach podobne do rodziców, przeto nigdy pokolenia po sobie następujące nie mogą być zupełnie jednakowe, podobnie jak i osobniki współcześnie żyjące zawsze są pomiędzy sobą różne, choćby w bardzo nieznacznych cechach. Należy dowieść, że w tem właśnie, obok wpływów zewnętrznych bezustannie działających, leży przyczyna zmienności ustawicznej.

Widzieliśmy, że liczba osobników każdego gatunku zdąża zawsze do pewnego maximum, mogącego być w danych warunkach osiągniętem, lecz ponad to wykroczyć nie może. Do owych warunków przyczyniają się wszystkie możliwe czynniki: wewnętrzne, tkwiące w organizacyi istot żywych, i zewnętrzne, zależne od otoczenia. Poznaliśmy kilka przykładów, wskazujących charakter i znaczenie tych czynników wewnętrznych i zewnętrznych. Nie wyczerpaliśmy wprawdzie bynajmniej w naszym opisie wszystkich, tak wielce zawiłych stosunków. To wszakże wynika jasno z rozważań powyższych, że z mnóstwa osobników jednego i tego samego gatunku, żyjących współcześnie na pewnym obszarze, nie wszystkie w jednakowym stopniu są zdolne do wyzyskania dla siebie korzyści, jakie im otoczenie daje, a do zniesienia bez szkody warunków nieprzyjaznych. Rozważmy jeszcze kilka prostych przykładów. Zwierzę, wystawione na prześladowania ze strony silniejszego zwierzęcia drapieżnego, najwięcej będzie miało widoków uniknięcia grożącego mu niebezpieczeństwa, jeżeli będzie w stanie zauważyć dość wcześnie zbliżanie się wroga, jeżeli potrafi dość szybko uciec lub schronić się w miejscu, do którego nieprzyjaciel dotrzeć nie może. Natomiast zwierzę drapieżne tem snadniej będzie mogło zdobyć pokarm dostateczny dla siebie i swego potomstwa, im łatwiej będzie mu bez zwrócenia uwagi swej zdobyczy zbliżyć

www.dlibra.wum.edu.pl

się do niej, jeżeli potrafi nawet przy świetle słabem, np. w nocy napaść na swą ofiarę, jeżeli po ostrożnem skradaniu się jednym skokiem potrafi schwycić ją i uczynić niezdolną do walki. Dzięki takim, w części nieznacznym różnicom w zdolnościach osobniczych, niektóre osobniki danego gatunku więcej będą miały szans wytrwania w życiu niż inne. Ponieważ warunki zewnętrzne, o których wyżej była mowa, raz na zawsze czynią niemożliwem rozmnażanie się osobników do nieskończoności, przeto pomiędzy wszystkiemi osobnikami, zamieszkującemi współcześnie pewien obszar ziemi, z konieczności wyradza się walka o istnienie — jak to nazwał Darwin — a w walce tej zawsze zwycięstwo odnieść muszą te osobniki danego gatunku, które w jakikolwiek sposób korzystnie wśród swych towarzyszów się wyróżniają. Wyróżniającemi się zaś korzystnie są te, które najlepiej są przystosowane do zawiłych warunków życia, panujących właśnie w danym okresie czasu w danej miejscowości. Wynikiem takiej walki być musi, że przeciętnie każde pokolenie w tym lub owym względzie znacznie różnić się będzie od pokolenia poprzedzającego, ponieważ wszystkie osobniki przy życiu pozostałe, choć każdy tylko w mierze nieznacznej, w pewnym oznaczonym lub w kilku kierunkach różnić się musiały od swych rodziców. A różnice te, te uchylenia, zboczenia będą przeciętnie korzystne w danych warunkach życia. W ten to sposób walka o byt prowadzi jednocześnie do utrzymania przy życiu osobników najodpowiedniejszych, najlepiej przystosowanych. Tę część nauki o życiu rozwinął Herbert Spencer jeszcze przed pracami wiekopomnemi Darwina.

Osobniki, które nie przystosowały się do warunków walki o byt, w przeważnej liczbie giną już we wczesnej młodości. Pozostające przy życiu mają natomiast sposobność do wydania potomstwa. Mogą one przeto, zdaniem Darwina, przenieść na swe potomstwo te właśnie cechy i właściwości, któremi różnią się od innych osobników swego gatunku. Pokolenie trzecie przeto w jednym lub kilku oznaczonych kierunkach jeszcze bardziej od pierwszego różnić się będzie. Gdy w taki sposób wciąż dalej dziedziczność wpływ swój wywiera z pokolenia na pokolenie, musi w przyrodzie nastąpić to samo, co dzieje się przy udziale człowieka w doborze sztucznym, przy rozmyślnem hodowaniu osobników z pewnemi cechami wydatnemi. Można przeto wraz z Darwinem mówić o doborze naturalnym, który prowadzi do powolnej, stopniowej przemiany cech gatunkowych i do powstawania gatunków nowych.

Oto w zarysach ogólnych treść nauki o powstawaniu gatun-

www.dlibra.wum.edu.pl

ków, nauki przez Darwina znakomicie rozwiniętej i uzasadnionej. Nie jest zamiarem naszym przytaczanie szczegółów tej nauki ani roztrząsanie wszystkich dowodów za i przeciw niej, które w ostatnich latach czterdziestu obszerne zajęły miejsce w literaturze biologicznej. Nie można zaprzeczyć, że w teoryi Darwina napotykamy jeszcze pewne szczegóły, utrudniające zrozumienie wszystkich zjawisk życiowych. Należy dobrze odróżnić hypotezę zasadniczą o zmienności gatunków i o wynikającem ztąd powstawaniu stopniowem form obecnie żyjących z dawniejszych, od rozmaitych przypuszczeń i domniemań o osobliwszych czynnikach, które dały powód do tych zmian i przeobrażeń. Powolne przeobrażanie się gatunków, nauka o powstawaniu, o pochodzeniu gatunków, t. j. przypuszczenie, że gatunki obecnie żyjące powstały z innych, opiera się na tak znacznej liczbie faktów, że można tę naukę poczytywać za teoryą doskonale uzasadnioną, w zupełności uprawnioną. Co się wszakże tyczy wpływów i czynników, które w przypadkach poszczególnych doprowadziły do tych przeobrażeń, to niewątpliwie obok tych, które przytacza i uwzględnia Darwin, działają jeszcze liczne inne, których po szczególe tu rozważać nie będziemy, ponieważ poglądy biologów nie są jeszcze dostatecznie zgodne, aby można na nich zbudować naukę, ogół zjawisk obejmującą i bezwzględnie niewzruszoną.

11. Filogenia.

11. Gdyby możliwem było wyśledzić wstecz powstanie każdej znanej nam obecnie formy istot żywych, gdyby, innemi słowy, można było odtworzyć drzewa genealogiczne tych form, wyłoniłaby się z tego zupełna historya świata żywego. Jeżeli pomyślimy, z jakiemi trudnościami połączone jest odtworzenie drzewa genealogicznego jednej rodziny ludzkiej, obejmującej niewiele pokoleń, nie będziemy się dziwili, że trudności te są znacznie większe, prawie nie dające się pokonać, gdy chodzi o cały świat tworów żywych. Podobnie jak z wielkim zaledwie mozołem ze skąpych szczątków odtworzyć się dają dzieje tych narodów, które nie pozostawiły po sobie wiadomości doskonale pewnych i wiarogodnych, tak też i z dziejami następujących po sobie pokoleń rozmaitych form zwierzęcych i roślinnych niezmiernie trudno sobie poradzić. W nielicznych zaledwie przypadkach oprzeć się można na faktach historycznych, dobrze stwierdzonych. Poza tem poprzestać musimy na bardzo niezupełnych i trudno tłumaczących się świadectwach paleontologicznych oraz na wnioskach, które wyprowadzić można z danych anatomii porównawczej i embryologii.

www.dlibra.wum.edu.pl

Dzięki badaniom paleontologicznym powiodło się wypełnić duży szereg luk pomiędzy tworami znacznie od siebie oddalonemi. Im dokładniej poznajemy formy różnorodne świata żywego, istniejące obecnie zarówno jak i wymarłe, tem doskonalej luki owe pomiędzy oddzielnemi ogniwami się wypełniają, tem zupełniej przeprowadzić możemy ów wspomniany już (rozdz. XII, § 2) układ w postaci drzewa rozgałęziającego się i wyrastającego z jednego korzenia wspólnego. Nawet pomiędzy rozmaitemi wielkiemi klasami występują ogniwa łączące, jak dowodzi przykład odkrytego w łupku litograficznym w Solnhofen w Bawaryi p r a p t a k a, *Archaeopteryx lithographica* (fig. 132), ptaka prawdziwego, w którym jednak poznać można wyraźnie pochodzenie od płaza. Albo też odnajdujemy dowody przejścia stopniowego do utworów pozornie zupełnie samoistnych, jak przeobrażanie się palców w kopyta. Zwłaszcza poszukiwania geologiczne w Ameryce północnej, podjęte dopiero w czasach ostatnich, prowadzą do znacznego rozszerzenia i uzupełnienia znajomości świata żywego przedhistorycznego i wypełniają poważne luki w obrazie znanych nam form zwierzęcych.

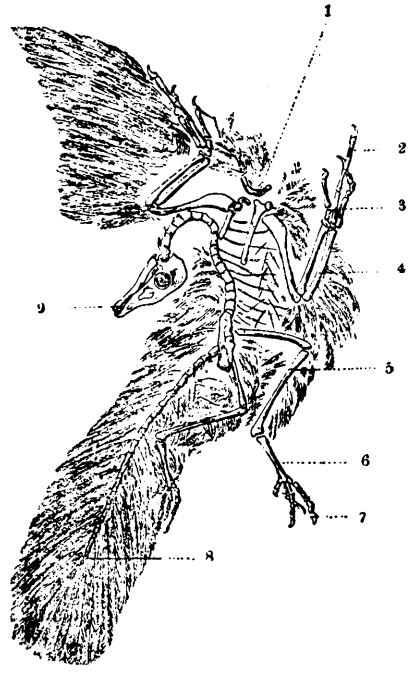


Fig. 132.

Archaeopteryx lithographica, odkryty w łupku litograficznym w Solnhofen. Ptak, który układem zębów, budową palców i kręgów (ogonowych) zbliża się do płazów. 1 *clavicula* (obojczyk); 2, 3, 7 palce; 4 *ulna* (kość łokciowa); 5 *os tarso-tibiale*; 6 *metatarsus*; 8 kręgi ogonowe; 9 zęby.

Należy się spodziewać, że w miarę dalszych poszukiwań geologicznych w dostępnych częściach skorupy ziemskiej wiedza nasza w tym względzie coraz bardziej uzupełniać się będzie. Z tem wszakże wzrasta prawdopodobieństwo, że przypuszczenie wspólnego pochodzenia wszystkich form życia z jednego pnia istotnie jest słuszne.

Gdy dzięki tym nowym odkryciom uzupełnia się i zaokrągla

www.dlibra.wum.edu.pl

anatomia porównawcza i gdy staje się możliwem z podobieństw w budowie zwierząt i roślin wyprowadzać wnioski o ich pokrewieństwie, z drugiej strony przypuszczenia na tych badaniach oparte zyskują na rozległości przez wiadomości czerpane z embryologii czyli historyi rozwoju. Wszystkie bez wyjątku istoty żywe pochodzą z komórki. Ta wspólność pochodzenia stanowi o podobieństwie pierwszych okresów rozwoju pomiędzy wszystkiemi istotami. Podczas gdy rośliny i zwierzęta niższe pozostają na tym pierwszym stopniu organizacyi, u metafitów natomiast i tkankowców wraz z dzieleniem się i różnicowaniem komórek zachodzą powoli coraz większe różnice. Ztąd też tem jest trudniej oznaczyć, scharakteryzować rozwijającą się istotę, im wcześniejsze mamy przed sobą stopnie rozwoju. Nie tylko bardzo młode zarodki jednej i tej samej klasy, np. zwierząt ssących, bardzo są do siebie podobne; w okresach bardzo wczesnych rozwoju napotykamy trudności w rozróżnianiu nawet bardzo od siebie oddalonych form. Przypominamy wspomnianą już poprzednio (rozdz. XIII, § 10) formę gastruli, która jako przejściowy okres rozwojowy występuje w istotnie jednakowej formie prawie u wszystkich tkankowców. W rozwoju dalszym często znajdujemy zaczątki niektórych organów, które znów zanikają, podczas gdy u innych istot pozostają. Tak np. u wszystkich kręgowców znajdujemy w pewnym okresie rozwoju łuki skrzelowe. Gdy wszakże u kręgowców niższych rozwijają się one w trwały narząd skrzelowy, u wyższych natomiast w części znów ulegają przekształceniu wstecznemu, zanikają, w części zaś przeobrażają się w inne organy. Te i liczne podobne fakty nasuwają hypotezę, że przejściowe zaczątki organów, które, jak np. skrzela u zwierząt płucodysznych, nigdy nie funkcyonują, powstają na skutek siły dziedziczności, że więc w przytoczonym przypadku owe zwierzęta pochodzą od przodków, którzy oddychali skrzelami. Poglądy te uogólniono w następującem twierdzeniu: formy następujące po sobie podczas rozwoju każdego tworu są powtórzeniem (w skróceniu) szeregu form, który przodkowie tego tworu przebyli z biegiem czasu. Hypoteza ta, poraz pierwszy jasno sformułowana przez Haeckela i nazwana przez niego prawem biogenetycznem, stanowi podstawę, na której z historyi rozwoju danej istoty (ontogenia) wyprowadzić można wnioski o historyi rozwoju rodu (filogenia).

12. Celowość.

12. Badanie dziejów rodowych ma przed sobą zadania natury historycznej. Lecz niestety świadectwa o następstwie kolej-

www.dlibra.wum.edu.pl

nem form wskazują mnóstwo braków, nie zawsze tłumaczą się jasno i często trudne są do odczytania. Ztąd to pochodzi, że wnioski, wyprowadzane w przypadkach poszczególnych z faktów anatomii porównawczej i embryologii, pozostają tylko hypotezami. Natomiast przypuszczenie o stopniowem różnicowaniu się form zawilszych z form prostszych może być uważane za uzasadnione doskonale. Dopiero na podstawie tego przypuszczenia liczne fakty oderwane znajdują wyjaśnienie i wiążą się wzajemnie. i przystosowanie.

Od dawien dawna zwracała uwagę badaczów celowość, która w tak wyraźny sposób ujawnia się w przyrodzie organicznej. W jaskrawej z nią sprzeczności pozostaje fakt występowania pewnych organów lub szczątków organów, które w zjawiskach życiowych zgoła udziału nie biorą. Z doboru naturalnego, przyjmowanego przez Darwina, wynika konsekwentnie, że istoty lepiej uzbrojone w walce o istnienie wypierać muszą inne gorzej uzbrojone i wreszcie same musiałyby przy życiu pozostać. W ten sposób coraz więcej wytworzyć się musiało form, które najlepiej były przystosowane do warunków życia. Lecz obok tego znaczenie swe ujawnia także dziedziczność. Organy, które dla przodków były użyteczne albo nawet niezbędne, albowiem żyli oni w innych warunkach zewnętrznych, występują także u ich potomstwa, które właściwie wcale organów tych już potrzebować nie może. W pewnych przypadkach te organy u potomstwa występują tylko podczas rozwoju embryonalnego i następnie znów zanikają, w innych zaś pozostają trwale. Czy nastąpi jedno czy drugie, to zależy od tego, przez jak długi czas dany organ w rzeczywistości był czynny, oraz od czasu, jaki upłynął od chwili, kiedy organ przestał funkcyonować. Im organ dłużej był czynny, tem głębiej niejako jest on utrwalony w całej organizacyi danej istoty, tem wydatniej ujawnia się jego przenoszenie dziedziczne. Im zaś więcej czasu upłynęło od zaprzestania jego czynności, tem łatwiej ulega on zanikowi, a w istocie dojrzałej pozostanie tylko w stanie szczątkowym.

Nie jest zadaniem naszem omawianie szczegółowe i obszerne wszystkich faktów poznanych w tym względzie. Fizyologia te może tylko zjawiska życia wciągnąć w zakres swych badań, które zachodzą w istotach obecnie żyjących, te tylko bowiem zjawiska dostępne są dla badań naszych doświadczalnych i dla obserwacyi. I w tym zakresie wiele jeszcze pozostaje do zbadania, a pragnąc dojść do praw ogólniejszych, często musieliśmy się w toku wykładu naszego posługiwać hypotezami tymczasowemi albo wprost na-

www.dlibra.wum.edu.pl

wet przyznawać, że nic dokładniejszego nie wiemy. W wyższym jeszcze stopniu odnosi się to do pytań w ostatnich rozdziałach poruszonych, które w małej zaledwie części zostały poddane badaniu doświadczalnemu, a które w części znacznej nawet na tej drodze zupełnie badane być nie mogą.

Zawsze w badaniu zjawisk życia starać się winniśmy sprowadzać, o ile można, te zjawiska do prostszych, lepiej poznanych przejawów w przyrodzie martwej. W wielu przypadkach powiodło się to już dotychczas, w innych zaś nie, a to może dlatego tylko, że warunki, w których zjawiska te zachodzą, zbyt są zawiłe, aby można je było z łatwością rozłożyć na prostsze części składowe. Lecz co obecnie jeszcze nie zostało zrozumiane, to przy głębszem poznaniu zjawisk doskonale może poznać się powiedzie. Nie mamy powodu przypuszczać, że własności materyi mogą stać się innemi, gdy materya ta staje się częścią składową istoty żywej, ani że prawa, poznane w zjawiskach przyrody nieożywionej, zgoła tracą swą siłę w przejawach przyrody żywej. Przypuszczenie takie mogło znaleść zwolenników wówczas, kiedy zwykło się zjawiska, nie dające się rozczłonkować; uważać za przejawy pewnych „sił“ specyficznych. Mówiono też wtedy o „sile życiowej“, która jakoby „kierowała i rządziła“ wszelkiemi zjawiskami w istotach żywych. Zrozumieliśmy obecnie, że przypuszczenia takie bynajmniej nie przyczyniają się do poznania głębszego zjawisk, lecz nawet stają na przeszkodzie badaniom dalszym. Poprzestajemy raczej na przyznaniu się do niewiedzy, a badaniem pilnem zjawisk poszczególnych staramy się przyśpieszyć chwilę, kiedy i najzawilsze zagadnienia dadzą się sprowadzić do zjawisk prostszych, dobrze poznanych.

www.dlibra.wum.edu.pl

DODATEK.

Związek funkcyonalny. Sposób graficzny i metody graficzne.

(Do str. 58, 59 oraz 574).

1. Szeregi liczb, pozostających względem siebie w związku funkcyonalnym, dają się zawsze tabelarycznie przedstawić, jak to widać z przykładów, podanych na str. 50 i 55 dzieła niniejszego; rzeczą jest przytem najzupełniej obojętną, czy liczby powyższe otrzymują się z pomiarów doświadczalnych, czy też z zestawień statystycznych. Jeżeli chcemy wyrazić analitycznie fakt, że dwie wielkości znajdują się w takiej zależności wzajemnej, że każdej określonej wartości pierwszej odpowiada inna, również zupełnie określona (w pewnych przypadkach kilka określonych) wartość drugiej, to oznaczamy to krótko ogólnym wzorem funkcyonalnym $x = f(y)$, gdzie x i y odpowiadają powyższym wielkościom zmiennym, a f jest symbolem ich zależności wzajemnej. Jeżeli ten związek funkcyonalny jest bliżej znany, czyli, innemi słowy, gdy wiemy, jakim określonym działaniom odpowiada w każdym danym wypadku symbol f, to oczywiście dla każdej wartości x będziemy w stanie wyznaczyć odpowiadającą jej wartość y i odwrotnie. Otrzymane w ten sposób szeregi odpowiadających sobie wzajemnie liczb można znów przedstawić w postaci tabeli. Związek ten wystąpi jeszcze naoczniej, gdy przedstawimy go g r a f i c z n i e w sposób, przyjęty w geometryi analitycznej. Ta ostatnia metoda znajduje wielokrotne zastosowanie i w fizyologii, dlatego też zajmiemy się nią tu nieco szczegółowiej.

Jako przykład weźmy wielokrotnie omawiane w tekście spostrzeżenia dla wyznaczenia praw spadku. Wykazaliśmy tam, że między czasem upłynionym i przebieżoną przestrzenią istnieje ścisła zależność, wyrażająca się wzorem $s = a\,t^2$, gdzie s i t są w i e l k o ś c i z m i e n n e, mierzące odpowiednio odległości i czas, a a jest

www.dlibra.wum.edu.pl

ilością stałą, posiadającą zupełnie określone, niezmienne znaczenie w każdym punkcie kuli ziemskiej (porów. przyp. na str. 67). Przestrzeń przebieżoną wyrazić można w centymetrach lub w innej określonej jednostce długości. Aby ją przedstawić na rysunku, odcinamy na prostej OX (fig. 133) od punktu O długość $Oa = a$ w skali dowolnej. Następnie dzielimy prostą Ox na części, stosownie do przyję-

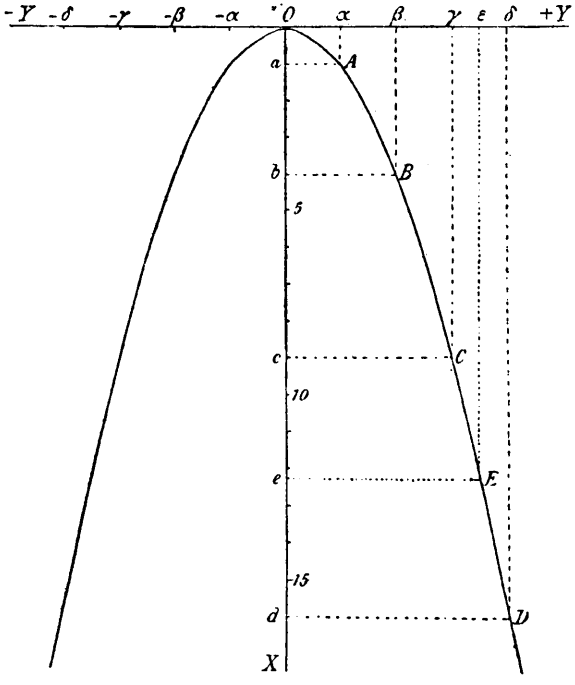


Fig. 133.

Parabola, poglądowo przedstawiająca przebieg w czasie przy spadku swobodnym Oś rzędnych — Y O + Y przedstawia czas, zmierzony od punktu O, początku osi współrzędnych. Na prawo odcięte są czasy, upływające od początku spadania i przyjęte jako wielkości dodatnie; czasy, poprzedzające moment spadania przedstawione są jako wielkości odjemne. Na osi odciętych OX odcięte są wielkości proporcyonalne do przestrzeni przebytych.

tej jednostki i otrzymujemy w ten sposób odcinki $Oa = a$, $Ob = 4a$, $Oc = 9a$, $Od = 16a$, odpowiadające przestrzeniom, przebieżonym przy spadku.

Czasy t są tu wyrażone w sekundach. Ponieważ zaś czas przedstawia wielkość jednowymiarową, można go przedstawić przez linię prostą, przyczem pewna określona długość tej prostej niechaj odpowiada jednostce czasu (1 sek.). Za tę ostatnią przyjmijmy na rysunku długość Oa. Aby proste, odpowiadające czasom spadku, odróżniać od tych, które charakteryzują przestrzenie przebyte,

www.dlibra.wum.edu.pl

prowadzi się każdą z nich w odmiennym kierunku. Zazwyczaj bierze się układ dwu prostopadłych osi, którym na rysunku odpowiada prosta OX i prostopadle ku niej skierowana prosta OY. Odcinki $O\sigma$, $O\beta$, $O\gamma$, $O\delta$ odpowiadają odpowiednio 1, 2 i t. d. sekundom.

Teraz poprowadzimy z punktu a prostopadłą do OX, a w punkcie α prostopadłą do OY; przecięciem tych dwóch prostych będzie punkt A. W sposób podobny postąpimy dla punktów b i β, c i γ, d i δ, których prostopadłe przecinają się w B, C i D. Otrzymamy więc pewną liczbę prostokątów, w których zatem strony przeciwległe są sobie równe. Na tej zasadzie mamy, że $aA = O\alpha$ i $\alpha A = Oa$, $bB = O\beta$ i $\beta B = Ob$, $cC = O\gamma$, $\gamma C = Oc$, $dD = O\delta$ i $\delta D = Od$. Każda para tych prostych przedstawia dwie wielkości, związane ze sobą wzorem zasadniczym, podanym powyżej. Tak otrzymaną parę odpowiadających sobie prostych zowią współrzędnemi, a dwie linie pomocnicze OX i OY, służące do wykonania konstrukcyi, osiami współrzędnych (w danym wypadku prostokątnych). OX nazywa się osią X-ów lub osią odciętych, a odcinki odłożone na niej wprost odciętemi; OY zowią osią Y-ów lub osią rzędnych, a odcinki na niej rzędnemi. Każdej odciętej odpowiada rzędna i odwrotnie. Jeżeli daną jest wartość odciętej, znajdziemy natychmiast odpowiadającą jej rzędną, gdyż zależność funkcyjna jednej od drugiej jest ściśle w każdym wypadku wyrażona przez wzór.

Podobnie, jak to uczyniliśmy dla punktów a i α, b i β i t. d. moglibyśmy wykonać konstrukcyą i dla wszystkich innych punktów osi rzędnych i odciętych. Tak np. do wartości rzędnej $O\varepsilon$, odpowiadającej $3^1/_2$ sek., należy odcięta $Oe = 12^1/_4\, a$. Odnośne proste przecinają się w punkcie E, położonym między C i D. Im więcej wyznaczymy takich punktów, tem dokładniej uszeregują się one i wytworzą prawidłową krzywą. Ściślejsze zbadanie tej ostatniej uczy, że posiada ona własności paraboli, którą się otrzymuje, przecinając stożek prostokątny płaszczyzną prostopadłą do jego osi.

Parabola składa się z dwu symetrycznych części, z których omówiliśmy dotychczas tylko konstrukcyą pierwszej. Jeżeli wzór zasadniczy $s = at^2$, będący podstawą naszego konstrukcyjnego wyznaczania krzywej, zamienimy przez równoważne mu wyrażenie (por. str. 54) $t = \pm \sqrt{\frac{s}{a}}$, to znajdziemy odrazu, że każdej dowolnej odciętej s odpowiadają dwie rzędne t, równe co do wartości liczebnej, lecz przeciwne co do znaku. Odkładając ujemne wartości na t, dla odróżnienia od dodatnich, w kierunku odwrotnym od punktu O (na naszej figurze na lewo od O) i wypełniając w sposób

www.dlibra.wum.edu.pl

analogiczny poprzednią konstrukcyą, otrzymamy drugą gałęź paraboli.

Na naszym rysunku punkt O odpowiada momentowi, w którym rozpoczyna się spadek ciała, a zarazem wyznacza on punkt w przestrzeni, z którego się to spadanie zaczyna. Spadek ten odbywa się z wciąż rosnącą prędkością, tak że ciało w każdym punkcie swej drogi obdarzone jest prędkością, wprost proporcyonalną do czasu spadania. Jeżeli ciało rzucimy w górę z pewną szybkością w kierunku pionowym, to podniesie się ono z malejącą prędkością dokładnie do wysokości, z jakiejby spadać musiało, aby osiągnąć równą prędkość, i wymaga w tym celu tegoż samego czasu, co i przy spadku.

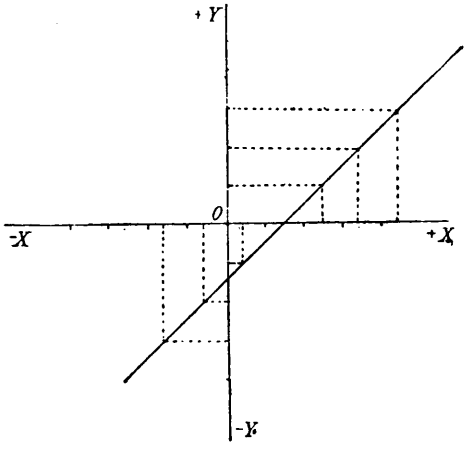


Fig. 134.

Linia prosta, przedstawiająca wzór $x=a+by$. a i b dwie stałe, $-X+X$ oś odciętych, $+Y-Y$ oś rzędnych. Na pierwszej osi wartości dodatnie odkładają się z prawej strony, a odjemne z lewej; na osi zaś rzędnych dodatnie wartości leżą u góry, odjemne u dołu.

Jeżeli w sposób analogiczny do wyżej opisanego konstrukcyjnie przedstawimy to uprzednie wznoszenie się ciała i przytem liczyć będziemy czasy od chwili, gdy ciało osięgło już najwyższy swój punkt, to wypadnie nam czasy, odpowiadające wznoszeniu, uważać za odjemne, gdyż poprzedzają one moment, wzięty przez nas za początkowy. Czasy te przedstawione więc będą przez odcinki O-α, O-β i t. d., a lewa część naszej figury będzie wiernie odtwarzała zjawisko wznoszenia się. podobnie jak prawa charakteryzuje spadek ciał.

W sposób zupełnie podobny można obrazowo przedstawić przy pomocy współrzędnych związek funkcyjny, dany przez pewny określony wzór. Stosownie do wziętej formuły otrzymujemy też krzywe różnorodne. Przedstawmy np. wzór $x = a + by$. Mamy tutaj dwie zmienne x i y, oraz dwie stałe a i b. Dla wartości $y=0$, będzie $x = a$, dla $y = 1$, $x = a + b$; dla $y = 2$ jest $x = a + 2b$; $y = -1$ odpowiada $x = a - b$ i t. d. Obliczając w ten sposób dla różnych dodatnich i odjemnych wartości na y odpowiadające im wartości

www.dlibra.wum.edu.pl

na x i wypełniając ich konstrukcyą na osiach współrzędnych, otrzymamy z połączenia tak otrzymanych punktów krzywą charakterystyczną dla danego wzoru. W danym wypadku, ponieważ wartości x zwiększają się i zmniejszają proporcyonalnie do y, szukana krzywa będzie linią prostą.

2. Przejdźmy teraz do przypadku ogólniejszego i załóżmy, że z doświadczeń lub zestawień statystycznych otrzymano dwa szeregi liczb, których wyrazy nie wyrażają się jedne przez drugie przy pomocy pewnego określonego wzoru, lecz znajdują się względem siebie w ogólnym związku funkcyonalnym $x = f(y)$. Wykreślając odpowiadające im wartości x i y na osiach współrzędnych prostokątnych i łącząc otrzymane w ten sposób punkty końcowe rzędnych liniami prostemi, otrzymamy rysunek, równoważny co do wartości odpowiedniej tabelce. Jeżeli jednak wyznaczona została znaczna liczba współrzędnych, tak iż odmierzone rzędne znajdują się blizko obok siebie, to starają się przez ich górne punkty końcowe poprowadzić krzywą jednolitą. Jeżeli dla równych lub bardzo blizkich wartości odciętych znaleziono wartości rzędnych, które wskutek nieuniknionych błędów doświadczeń lub wypadkowych niedokładności przy zestawieniach statystycznych różnią się nieco, to krzywą prowadzić należy między niemi; czyni się to dla tej przyczyny, że najprawdopodobniejsza wartość odpowiada prawie średniej arytmetycznej znalezionych empirycznie ilości. Fig 135 przedstawia właśnie taką krzywą; wartości rzędnych, wyznaczone na drodze pomiarów, oznaczone są odpowiednio punktami.

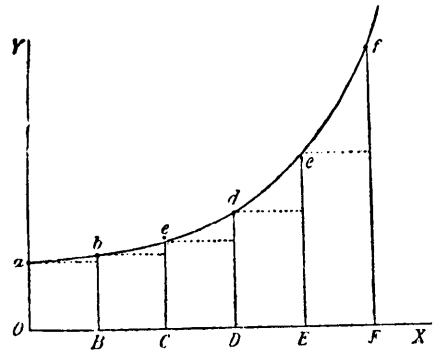


Fig. 135

Krzywa, wyznaczona według danych doświadczalnych. Empirycznie znalezione wartości, odpowiadające odciętym 0, OB, OC i t. d, przedstawione są przez punkty a do f. Krzywa została poprowadzona przez punkty a, b, d i f w przypuszczeniu, że uchylenia krzywej od punktów c i e wynikają z błędów pomiarów.

Jeżeli nawet nie udaje się z przebiegu krzywej, wykreślonej na podstawie danych doświadczalnych, wyznaczyć wzór jej odpowiadający, to jednakże sama postać tej krzywej upoważnia zazwyczaj do ważnych wniosków. Porównywając krzywe na fig. 133 i 135, uderza nas przedewszystkiem ta okoliczność, że w pierwszej

www.dlibra.wum.edu.pl

zakrzywienie zwrócone jest wklęśle, a w drugiej wypukło względem osi odciętych. W pierwszej rzędne rosną powolniej, niż odcięte; co do drugiej rzecz ma się wprost przeciwnie. Wzrost rzędnych jest tu dla jednakowych przyrostów odciętych początkowo niewielki, staje się jednak coraz większym wraz ze zwiększaniem się wartości odciętych. Toż samo stosuje się do początku krzywej na fig. 136 (str. 591), w dalszym jej jednak przebiegu stosunek ten staje się odwrotnym. Mianowicie krzywa, której część wypukła była zwrócona początkowo ku osi odciętych, staje się stopniowo wklęsłą względem tejże osi; następnie charakter ten znowu się zmienia i w części końcowej krzywa jest zwrócona swą wypukłością ku osi. W miejscach na krzywej, gdzie zachodzi to przejście od wypukłości do wklęsłości i odwrotnie, bieg krzywej przybiera charakter prawie prostolinijny; punkty o tych własnościach noszą nazwę punktów przegięcia. Ostatnia krzywa odróżnia się od wszystkich poprzedzających także i tem, że posiada maximum; mianowicie rzędna, odpowiadająca wartości odciętej PM, jest większa, niż wszystkie poprzedzające i następujące rzędne.

Jak więc widzimy, już z samej postaci empirycznie zbudowanej krzywej wysnuwać się dają wnioski ciekawe co do rodzaju zależności wzajemnej szeregów wielkości, związanych ze sobą stosunkiem funkcyonalnym; krzywa taka pozwala stawiać wnioski nawet wtedy, gdy nie udaje się znaleźć wzoru, któryby analitycznie charakteryzował jej przebieg [1]). Korzyść jednak posiadania takiej krzywej polega przedewszystkiem na tem, że daje ona możność znalezienia odpowiadających wartości dla wielu punktów na niej, które w rzeczywistości wyznaczane nie były. Sposób ten nosi nazwę interpolacyi graficznej w odróżnieniu od interpolacyi rachunkowej (por. str. 58). Jeżeli wartości otrzymane na drodze interpolacyi zostają sprawdzone przez nowe pomiary, to pozwala to jednocześnie uzupełnić przebieg poprzednio otrzymanej krzywej, którą poprawiać należy w ten sposób do czasu, aż wartości, znaj-

---

[1]) Jest rzeczą zawsze możliwą wyznaczyć, według pewnych reguł analizy matematycznej, wzór empiryczny w postaci szeregu: $x=e+ay+by^2+cy^3+\ldots$, w którym zmienna y przybiera kolejno coraz wyższe potęgi. Wielkości e, a, b, c są stałe, które się wyznacza z danych empirycznych. Ilość wyrazów we wzorze powyższym musi być taka, aby wartości, przy jego pomocy otrzymane, dostatecznie zgadzały się z wartościami, znajdowanemi bezpośrednio. Zazwyczaj wystarczają pierwsze dwa lub trzy wyrazy szeregu.

www.dlibra.wum.edu.pl

dywane przy pomocy krzywej, uczynią dostatecznie zadość praktycznym warunkom badania.

3. Jako przykład stosowania krzywych przy poszukiwaniach fizyologicznych lub, wogóle mówiąc, biologicznych, rozpatrzmy nieco bliżej statystyczne zestawienia o zmienności, o których była mowa w rozdz. XXI § 8. Jeżeli na zasadzie wielkiej liczby pomiarów zebrany został znaczny materyał co do pojawiania się pewnej określonej zmienności (waryacyi), podany procentowo w stosunku do badanej liczby indywiduów, w takim razie dl wyciągania dalszych wniosków uciekają się również do pomocy krzywej; ta ostatnia wykreśla się odnośnie do osi współrzędnych prostokątnych, przyjmując wielkości zmierzone [1]) za odcięte, a procentowo im odpowiadające liczby indywiduów za rzędne. Otrzymuje się wtedy krzywe postaci, jak na fig 136, odpowiadającej zupełnie warunkom, postawionym na str. 574. Wartość średnia zdarza się najczęściej, obok niej zachodzą najczęściej te, które się od wartości średniej uchylają nieco w jednę lub w drugą stronę; im większe zaś są te uchylenia od średniej, tem rzadziej przytrafia się wartość im odpowiadająca, aż nareszcie w U zostaje osiągnięta dolna, a w punkcie O górna granica wszystkich zaobserwowanych wypadków. Różnica między największą i najmniejszą wogóle zaobserwowaną wartością poddawanej pomiarom wielkości (wyrażona na krzywej przez odcinek UO na osi odciętych) stanowi t. zw. interwal zmienności.

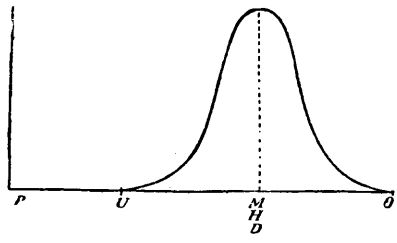


Fig. 136.

Normalna krzywa zmienności, wykreślona na zasadzie poszukiwań statystycznych. PU największa, PO najmniejsza wartość zmierzona, HO interwal zmienności, PM wartość średnia ze wszystkich pomiarów. Rzędne wyrażają procentowo częstość zachodzących wypadków dla każdej oddzielnej grupy pomiarów. Krzywa jest symetryczna. Rzędna największej częstości zlewa się z prostą, dzielącą na dwie równe części przestrzeń, ograniczoną przez krzywą; spodek zaś tej rzędnej przypada w jednym punkcie z wartością średnią M.

W tak zakreślonych granicach zachodzą zmiany, jako skutki ogólnej zmienności, właściwej każdej istocie żyjącej. Wyrokujące-

[1]) W przykładzie przytoczonym na str. 574 wielkości mierzone były długości ciała; można jednak w tym celu użyć każdej innej własności, ulegającej zmianom, o ile tylko daje się ona zmierzyć i liczbowo wyrazić.

www.dlibra.wum.edu.pl

mi dla tych zmian są różnice w budowie rodziców, a także warunki, które miały miejsce w czasie zapładniania, w czasie rozwoju jaja oraz w stanie młodości danego indywiduum. Jeżeli zmiany takie przekraczają pewne granice, to mogą być szkodliwe dla danego osobnika. Takie, pojedyńczo zachodzące uchylenia skrajne od wartości średniej, ulegają każdorazowo zanikowi wskutek działania doboru naturalnego. Znaczniejsze uchylenia zdarzają się więc rzadko i są wyjątkowo obserwowane, jako curiosa (karły, olbrzymy i t. p.). Jeżeli coś podobnego dzieje się u zwierząt domowych i roślin uprawnych, to własność ta stać się może przedmiotem doboru sztucznego i punktem wyjścia dla wytworzenia ras nowych o nowych własnościach. Jeżeli jednak zewnętrzne warunki życiowe ulegają zmianom w takim kierunku, że formy skrajne pod jakimbądź względem łatwiej utrzymują się, to takie skrajniejsze typy zaczynają pojawiać się coraz częściej i częściej. Z drugiej zaś strony formy, w odwrotnym kierunku uchylające się od wartości przeciętnych mogą mniej pomyślnie rozwijać się w nowych warunkach, stawać się rzadszemi lub uledz nawet całkowitemu wymarciu. W czasie zachodzenia takiego procesu zmian, uwydatnia się on w postaci krzywej tem, że obiedwie gałęzie krzywej przestają być symetryczne, jak to widać na fig. 137. Największa częstość nie zlewa się już z wartością średnią. Jeżeli proces podobny wciąż zachodzi w jednakowym kierunku, to przy kolejno idących badaniach krzywa przesuwa się na osi odciętych i przyjmuje, gdy proces uległ zakończeniu, ponownie postać prawidłową, lecz z nowemi wartościami rzędnych i odciętych.

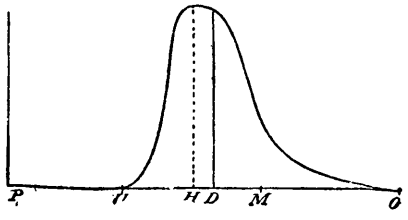


Fig. 137.

Asymetryczna krzywa zmienności, jako graficzny wyraz wpływu, bardziej sprzyjającego występowaniu znaczniejszych zmian. *PU* najmniejsza, *PO* największa wartość zmierzona, *PM* wartość średnia, *H* największa częstość, *D* rzędna, dzieląca na równe części przestrzeń, ograniczoną przez krzywą.

4. Powyżej stosowaliśmy do konstrukcyi krzywych doświadczalnie lub statystycznie zdobyty materyał liczbowy, a czyniliśmy to bądź w celu dokładniejszego zbadania zależności wzajemnej wchodzących w grę wielkości, bądź też w celu poglądowego przedstawienia wyników badań. Gdy mamy do czynienia z badaniem ruchów postępować można odwrotnie; ruch wyraża się za pomocą automatycznie wykreślonej krzywej, z której, mierząc ją

www.dlibra.wum.edu.pl

następnie, otrzymuje się szeregi liczb. Ten sposób „przyrządów samopiszących“ lub krótko „samopisów“ nie ogranicza się li tylko do zjawisk zwykłego ruchu, ale może znaleźć zastosowanie wszędzie, gdzie dane zjawisko daje się sprowadzić do ruchów. Pomysłowi eksperymentatorzy wynaleźli wiele samopiszących przyrządów najrozmaitszej konstrukcyi, które znajdują ważne zastosowanie w celach naukowych i technicznych. W fizyologii mianowicie te graficzne sposoby badania są w częstem użyciu, dlatego wyjaśnienie zasady, będącej ich podstawą, jako uzupełnienie wiadomości, podanych w rozdziale III, będzie tu najzupełniej na miejscu.

Każdy ruch przedstawiony być może w postaci zależności funkcyonalnej między czasem i temi położeniami w przestrzeni, w których znajduje poruszające się ciało w kolejno po sobie następujących momentach. Tak np. w każdym rozkładzie dróg żelaznych obok nazw stacyj jest podany czas, w którym dany pociąg przychodzi i odchodzi ze stacyi. Zamiast tego możnaby również zastosować opis poglądowy, odkładając stacye według ich oddalenia (w kilometrach) od stacyi centralnej na osi odciętych, a czasy, zmierzone w minutach (licząc od punktu wyjścia ze stacyi początkowej) na osi rzędnych i wykreślając tak otrzymane wartości współrzędnych według sposobów podanych powyżej. Toż samo stosuje się i do ruchów innych rodzajów; zawsze można przedstawić w funkcyi czasu odległość poruszającego się ciała od pewnego oznaczonego miejsca, uważanego za początek osi współrzędnych. Wykreślania powstających w ten sposób krzywych przy tej graficznej lub samopiszącej metodzie dokonywa samo ciało poruszające się.

Przypuśćmy, że chcemy dokładniej zbadać rodzaj ruchu dźwięczących widełek strojowych. Przymocowujemy wtedy na jednem ramieniu widełek możliwie lekkie piórko piszące (np. końcową część szczeciny świńskiej), które ze swej strony dotyka gładkiej powierzchni papierowej lub szklanej, pokrytej lekką warstwą kopciu.

Przy drganiu widełek drga też piórko i ruchy te odzwierciadlają się na zakopconej powierzchni wskutek ścierania się kopciu w odpowiednich miejscach. W ten sposób można uczynić widzialnem i dostępnem do pomiarów to, co na str. 90 nazwaliśmy wydłużeniem (elongacyą).

Jeżeli ramiona widełek umieszczone są poziomo, to wskutek ruchu drgającego wykreśloną zostanie linia pionowa. Gdy widełki są nieruchome, a powierzchnia zapisująca porusza się koło ostrza piórka w kierunku poziomym, zostaje wykreślona linia pozioma.

www.dlibra.wum.edu.pl

Jeżeli ruch ten zachodzi z jednakową prędkością, wtedy odległość ostrza od jego punktu wyjścia jest każdorazowo proporcyonalna względem czasu, który od początkowej chwili wyjścia upłynął. Jeżeli nadto oba te ruchy zachodzą jednocześnie, ostrze piórka wykreśla krzywą falistą, której rzędne odpowiadają każdorazowym elongacyom, a których odcięte mierzą czasy ubiegłe. Drgania widełek strojowych mają charakter zupełnie prawidłowy, a przeciąg czasu między kolejno następującemi falami jest równy. Z tej przyczyny opisany samopis drgań falistych może być zastosowany do kontrolowania jednorodności ruchu lub też do mierzenia czasów dla drgań lub oddzielnych faz.

W sposób analogiczny daje się wykreślić każdy ruch innego rodzaju, o ile z ciałem poruszającem się połączyć się daje piórko piszące. Jeżeli przytem ruchy są niezmiernie drobne, to dają się one powiększyć przy pomocy czułej dźwigni, przymocowując piórko na dłuższem jej ramieniu. Zamiast zakopconej powierzchni szklanej można też użyć walca, pokrytego papierem zakopconym, obracającego się około swej osi. Chodzi tu wogóle zawsze o to, aby powierzchnia zapisująca poruszała się prostopadle do ruchów piórka i przytem z jednostajną, dokładnie znaną prędkością.

Prócz ruchów właściwych nadają się do podobnego badania także i zmiany różnych rodzajów, jeżeli tylko udaje się przenieść je w ten sposób, aby powstał ruch prostolinijny. Jeżeli np. w ciecz, znajdującą się w otwartem ramieniu przedstawionego na fig. 9 (str. 121) manometru, włożymy pływak z końcem, wystającym nieco ponad powierzchnię i zaopatrzonym w piórko piszące, to można z łatwością zaregestrować wahania ciśnień w naczyniu *g*. W podobny sposób zbudował po raz pierwszy Ludwig przyrząd, znany w technice fizyologicznej pod nazwą kimografionu lub falopisu, który automatycznie notuje wahania w ciśnieniu krwi. Zbudowano także mnóstwo innych przyrządów dla badania zjawisk przy oddychaniu, biegu krwi i t. p. Opis należy do tych specyalnych działów i badań, dla których one zbudowane zostały.

www.dlibra.wum.edu.pl

SKOROWIDZ ALFABETYCZNY.

A.

Abdomen 269.
Abiogeneza 561.
Aboralny 380.
Absorpcya gazów 133.
Aceton 208.
Acetylen 221.
Achromatyna 300.
Achroodekstryna 246.
Acidalbumin 259.
Actinia 361.
Actinosphaerium Eichhorni 476.
Adenina 262.
Aeroby 362.
Aerotaxis 504.
Aerotropizm 503.
Aethalium septicum 342.
Agaricus melleus 489.
Agaricus olearius 489.
Akacya 247, 569.
Akroleina 249.
Aksyomat 22, 40.
Aktynia 337.
Albumin 256, 257.
Albumin jaja 257.
Albumin surowiczy 154, 257.
Albuminat 259.
Albuminoid 255, 263.
Albumoza 259, 278, 452.
Alca impennis 565.
Aldehyd 208.
Aldoza 235.
Alizaryna 227.
Alkalia 197.
Alkalialbuminat 259.
Alkaloidy 232, 405.
Alkohol 136, 151, 189, 204.
Alkohol butylowy 205.
Alkohol etylowy 205, 207, 219.
Alkohol metylowy 205.
Alkohol propylowy 205.
Alkoholat 207.
Allotropia 147.
Aloes 227.
Aloina 405.
Alveolae 287.
Ameba 299, 302.
Amid 228.
Amidobenzol 228.
Aminy 229.
Amitoza 552.
Ammocoetes branchialis 24.
Amoeba polypodia 299, 309.
Amoeba proteus 299.
Amoniak 179, 190, 228, 254.
Amphioxus lanceolatus 342.
Amplituda 90.
Ampulla 480.
Amygdalina 226, 236.
Amylaza 453.
Amylodekstryna 246.
Amyloid 246.
Amyloliza 452.
Amyloza 243.
Anabas scandens 372.
Anaeroby 362, 421.
Analiza chemiczna 182.
Anatomia 5, 267.
Anatomia królika 268.
Anatomia porównawcza 5.
Anatomia roślin 5.
Anilina 228.
Anion 193
Annelides 540.
Anoda 74, 193.
Anthozoa 360.
Antracen 227.
Antropologia 5.
Antropomorfizm 30.
Antyfebryna 228.
Antypody optyczne 213, 217.
Anus 273.
Aorta 280, 380.
Aorta abdominalis 270, 382.
Aorta brzuszna 270, 382.
Aparaty 59.
Aphidae 552.
Arabinoza 240.
Archaeopteryx lithographica 581.
Archigonia 561.
Argon 79.
Artemia Milhausenii 165.
Artemia salina 165.
Arteria 380.
Arteria antennalis 379.
Arteria carotis 382.
Arteria pulmocutanea 382.

www.dlibra.wum.edu.pl

Arteria pulmonalis 280.
Arthropoda 510, 552.
Arum cardifolium 469.
Arum maculatum 469.
Arystoteles 43, 49, 560.
Ascidia 371.
Ascomycetes 217.
Ascones 359.
Asocyacya 19.
Asparagina 230, 405.
Asteroidea 479.
Astragalus 248.
Astrognozya 5.
Astronomia 40.
Asymetrya węgla 214.
Asymilacya 305, 458, 555, 559.
Atawizm 573.
Atom 26, 75.
Atropina 232.
Automat 297.
Automatyzm 527.
Avogadro 125, 177.
Azot 79, 177, 182, 200, 227.
Azotan potasu 149.

B.

Bacillus aceti 428.
Bacillus acidi lactici 218, 238.
Bacillus butyricus 238.
Bacillus radicicola 424, 427.
Bacterium lactis 238.
Bacterium phosphorescens 489.
Bacterium photometricum 363.
Bacylle 317.
Badanie mikrochemiczne 62.
Bako z Werulamu 43.
Bakteroidy 424.
Bakterye 317.
Bakterye azotowe 424.
Bakterye korzeniowe 424.
Bakterye purpurowe 395.
Bakterye siarkowe 363, 422.
Bakterye żeleziste 363.
Bakteryopurpuryna 395.
Barwnik czerwony krwi p. Hemoglobina.
Barwniki anilinowe 228.
Barwniki marzanny 227.
Baryłeczkowate 478.
Bastard 555, 571.
Baterya elektryczna 74.
Beggiatoa 363.
Begonia 533.
Benzaldehyd 226.
Benzochinon 234.
Benzoil 229.
Benzol 189, 222, 224, 231.
Bernard Cl. 245.
Berzeliusz 212.
Beta vulgaris 241.
Bezlotek 565.
Bezwodniki alkoholów 219.
Bezwodniki kwasowe 218.
Białko 111, 153, 154, 156, 158, 232, 233, 253, 258, 278, 389, 404, 437.
Bicz p. Wić.
Biegunowość 534.
Biologia 7.
Birgus latro 372.
Bison americanus 565.
Blastula 343.
Blaszka pławna 477.
Błąd prawdopodobny 53.
Błędy badania 44.
Błędy pomiarów 52.
Błękit pruski 254.
Błona brzuszna 276.
Błona komórkowa 160, 329.
Błona osadowa 301.
Błona półprzepuszczalna 139, 158, 163.
Błona śluzowa 277.
Błona wydzielinowa 301.
Błona zwierzęca 158.
Błonnik p. Celuloza 160, 246.
Bodziec p. Podnieta 304 i t d.
Bodziszkowate 166.
Bokorny 451.
Boyle 114, 118, 132, 133.
Bóbr 565.
Branchipus stagnalis 165.
Brodawka korzeniowa 424.
Brogniart 469.
Brom 182, 191.
Brown 330, 474, 494.
Brózdkowanie jaja 342.
Brücke 325.
Buchner E. 452.
Budowa cząsteczki 204.
Budowa piankowa 169.
Budowa tłuszczów 250.
Budowa związków chemicznych 195.
Buk 344.
Bulbus cordis 382.
Bulwa 539.
Bulwka korzeniowa 424.
Burak cukrowy 241.
Butan 202.
Butwienie 426.

C.

Caldwell 23.
Campanularia Johnstoni 352, 554.
Canalis vertebralis 271.
Canis familiaris 567.
Canis vulpes 567.
Carchesium polypinum 336.
Carica papaya 455.
Carpus 275.
Castor fiber 563.
Caulerpa prolifera 328, 475.
Cavum cranii 271.
Cebulka 539.
Cechy przedmiotów 4.
Celowość 582.
Celuloza p. Błonnik 160, 246.
Centrosfera 330.

www.dlibra.wum.edu.pl

Centrosoma 330, 551.
Centymetr 51.
Cephalopoda 526.
Cerebrum 272.
Cerebryna 239.
Cewki kręte 386.
Chamelaeo monachus 369.
Chara crinita 552.
Chara fragilis 393, 475.
Chelidonium 250.
Chemia 7.
Chemia fizykalna 76.
Chemia fizyologiczna 14.
Chemizm mikrobów 421.
Chemotaxis 503.
Chemotropizm 503.
Chinina 232.
Chinolina 231.
Chityna 265.
Chlor 177, 182, 191.
Chlorek amonu 149, 190.
Chlorek metylu 201.
Chlorek sodu 149, 154, 196.
Chlorofil 243, 394.
Chloroform 202.
Chlorowce 191.
Chlorowodór 179, 190, 196.
Chłonienie gazów 133.
Chłonienie pokarmów 279, 284, 406.
Cholesteryna 221, 251.
Chondrioderma difforme 340.
Choroba 9.
Chromatofory 330.
Chromatyna 300.
Chrząstka 345.
Chrząszcz 489, 576.
Chun 489.
Ciała bezkształtne 146.
Ciała białkowe p. Białko.
Ciała nukleinowe 301, 328.
Ciala pektynowe 240, 247.
Ciała woskowe 251.
Ciałko krwi białe 284, p. Leukocyt.
Ciałko krwi czerwone 164, 283, 326.
Ciałko biegunowe 550.
Ciało 65.
Ciało proste 75, 171.
Ciało stałe 72, 144.
Ciało złożone 171.
Ciągliwość 153.
Ciążenie 28, 67.
Ciecz 72, 110, 129.
Ciepło 99, 286, 468.
Ciepło promieniste 103.
Ciepło spalania 101, 438.
Ciepłostka 100.
Ciężar 52, 66.
Ciężar atomu 80 178, 180, 182.
Ciężar cząsteczki 81, 180, 192.
Ciężar właściwy 81.
Ciliata 335.
Cirripedia 430.
Ciśnienie 65.
Ciśnienie gazu 113, 120.
Ciśnienie osmotyczne 140, 161, 192.
Ciśnienie parcyalne 125, 142, 163, 193.
Ciśnienie pary wodnej 133.
Clavicula 273.
Cloaca 371.
Clostridium Pasteurianum 424.
Cnidaria 333, 348, 359.
Cobitis fossilis 376.
Coelenterata 359, 477.
Cohn Ferd. 419.
Colla 154, 264.
Colocasia odora 469.
Columella 541.
Columna vertebralis 271.
Concha 272.
Conjugatio 540.
Cor 270.
Costa 270.
Cranium 271.
Cremor tartari 212.
Crenothrix 363.
Ctenophora 477.
Cukier gronowy 183, 189, 235.
Cukier mleczny 240, 241.
Cukier owocowy 239.
Cukier słodowy 242.
Cukier trzcinowy 162, 240.
Cukry 234, 452.
Cukry aldehydowe 235.
Cukry ketonowe 235.
Cuscuta europaea 431.
Cuticula 345, 373.
Cyclostomi 24.
Cynk 182.
Cyprinoidei 376.
Cyrkulacya 475.
Cytoplazma 160, 330.
Czaplinosek 166.
Czas 51, 89.
Czaszka 271.
Cząsteczka 26, 73, 145.
Cząsteczka gazu 119.
Cząsteczka gramowa 149, 150, 162, 188.
Czucie 15, 517.
Czułek 506.
Czułki 361.
Czynność fizyologiczna 296.

D.

Dalton 118, 135.
Daphnidae 552.
Darwin 575, 578
Dąb 567.
Decapoda 377
Dedukcya 35, 39.
Definicya 20
Dekstroza 235.
Dekstryna 154, 245, 278.
Demonstracya 59
Dendryt 512.
Desmidiaceae 478.

www.dlibra.wum.edu.pl

De Vries 162.
Diageotropizm 501.
Diaheliotropizm 502.
Dializa 159.
Dializator 159
Diaphragma 269 369.
Diastaza 453.
Diatomeae 478, 537.
Dicotyledones 390.
Difflugia pyriformis 309
Dionaea muscipola 348, 505.
Diosmoza 139.
Dipnoi 372.
Dłoń 275.
Długość 51.
Dno gruczołu 288.
Dobór naturalny 579.
Dobór sztuczny 575.
Dojrzewanie 549
Doświadczenie 32, 46, 49, 60.
Doświadczenie ilościowe 58.
Doświadczenie jakościowe 58.
Drażliwość 291, 304, 497.
Drażnienie 495
Drganie 89, 90, 102.
Drgnięcie 483.
Driesch 502.
Drobnoustroje p. Mikroby i Mikroorganizmy.
Drosera 348, 505.
Drożdże 237, 363
Drzewo genealogiczne 569.
Du Bois Reymond 444, 488.
Ductus thoracicus 282, 380
Dumas 256.
Dutrochet 469.
Dwuliścieniowe rośliny 390.
Dwumetyliak 228.
Dwumetylketon 208.
Dwutlenek węgla 181, 193, 210, 287.
Dyament 147.
Dychawki p. Tchawki.
Dyfuzya cieczy 137, 138, 158.
Dyfuzya gazów 122, 127, 136.
Dysocyacya gazów 190.
Dysocyacya w temperaturze wysokiej 244.
Dysocyacya związków rozpuszczonych 192.
Dzbanecznik 348
Dziedziczność 556, 575, 583.
Dzielenie ameby 310.
Dzielenie jądra 550.
Dzielenie komórki 536.
Dziesięcionogi 377.
Dzieworództwo 552.
Dziobak 23.
Dzwonek pławny 353.

E.

Echidna 23.
Echinodermata 479.
Eksosmoza 159.
Ekspiracya 369.
Ektoderma 338, 343.
Ektosarka 299.
Elastyczność 128.
Elastyna 263.
Elektrolit 192.
Elektrometr 487
Elektryczność 103.
Elementy chemiczne 75, 147.
Elipsoid 145.
Elodea canadensis 393, 569.
Embryo 390.
Embryologia 294, 320, 552, 582.
Emulsya 249
Emulsyna 236.
Endosmometr 139, 158.
Endosmoza 159.
Endostyl 372.
Energia 87, 90, 464.
Energia atomów 106.
Energia chemiczna 101.
Energia cynetyczna (ruchu) 93, 97, 101, 105, 286, 438
Energia cząsteczek 97, 106.
Energia eteru 102, 105
Energia potencyalna (położenia) 93, 97, 101, 105, 438.
Energia specyficzna 519.
Entoderma 338, 343.
Entosarka 299.
Enzym 346, 451.
Ephemera vulgata 375.
Epigeneza 554.
Epistylis umbellaria 543.
Erigeron canadense 569.
Erodium gruinum 166.
Erytrocyt 326.
Erytrodekstryna 246.
Estry 218, 250.
Etan 202.
Eter (etylowy) 136, 152, 187
Eter wszechświatowy 38, 64, 83, 465.
Etery 218.
Etyl 202.
Etylen 221.
Eudiometr 173.
Euglena viridis 503, 525
Euphasia 490.
Euphorbia 250.
Ewolucya 554.
Excretio 347.
Experimentum crucis 46.

F.

Fagus silvatica 344.
Fakir 312.
Farynoza 244.
Fehling 236.
Felspat 111.
Femur 275.
Fenantren 227.
Fenol 226.
Fenyl 228.

www.dlibra.wum.edu.pl

Fenylglukosazon 236.
Fenylhydrazyna 236.
Fenyliak 228.
Fenyllaktosazon 242.
Fenylmaltosazon 242.
Ferment 236, 237, 347, 450.
Ferment koagulacyjny 258.
Fermentacya 237.
Fermentacya alkoholowa 237.
Fermentacya masłowa 238.
Fermentacya mleczna 238.
Fibrilla 482
Fibroina 265.
Fibryna 258.
Fibrynogen 257.
Fibula 275.
Filogenia 580.
Fiolek żółty 182, 308
Fischer E. 235, 239.
Fizyka 7.
Fizyologia, określenie 1, 7.
Fizyologia człowieka 14.
Fizyologia ogólna 12, 321.
Fizyologia pierwotniaków 13.
Fizyologia, podział 11.
Fizyologia porównawcza 11, 266.
Fizyologia roślin 11, 13.
Fizyologia szczegółowa 11, 321.
Fizyologia zwierząt 13.
Flagellata 420.
Fluor 182.
Formaldehyd 208.
Fosforescencya 492.
Fosforany alkaliów 193.
Fosfór 182, 191, 200.
Fototropizm 502.
Foucroy 230.
Franklin 47, 472.
Fraunhofer 261, 396.
Fraxinus Ornus 240
Fruktoza 239, 241.
Fuligo varians 342, 503.
Funaria hygrometrica 395.
Funkcya (matemat.) 54.
Funkcya (fizyologicz.) p. Czynność.

G.

Galaktoza 237, 239.
Galareta 155.
Galilecsz 28, 38, 43, 49.
Galwanometr 487.
Galvanotaxis 505.
Ganglion 509.
Gardziel 272
Gastrula 342, 357.
Gatunek 567.
Gay-Lussac 118.
Gaz 72, 110.
Gaz błotny 199, 201.
Gaz piorunujący 173.
Gąbka 168, 359.
Gąsienica 375
Generatio aequivoca (*spontanea*) 561.
Genus 567.
Geoffroy St.-Hilaire 36, 575.
Geografia 5.
Geotropizm 501.
Geraniaceae 166.
Gęstość 82.
Gęstość gazów 178.
Gęstość pary 182.
Gliceryna 208, 250.
Glikogen 245.
Glikokol 229, 254, 264
Glin 182.
Globulin 257.
Gloeocapsa polydermatica 318.
Glukoproteid 260.
Glukoza 234, 235, 241, 278, 363.
Glukozyd 226, 236.
Glutoza 264.
Glutyna 264.
Głowonogi 526.
Gnicie 425.
Goethe 575.
Goleń 275.
Grafit 147.
Gram 51.
Granit 111.
Granuloza 244.
Grasica 272.
Gruczoł 277, 288, 346, 386
Gruczoł łojowy 289.
Gruczoł muszlowy 165.
Gruczoł potowy 289.
Gruczoł ślinowy 260.
Gruczoł śluzowy 260.
Grzyb 416.
Grzybek drożdżowy 363, 428.
Grzybki 237, 428.
Grzybki fermentacyjne 428.
Grzybki gnilne 428.
Grzybki pleśniowe 428.
Grzybki rozszczepkowe 217, 238, 314, 317.
Grzybki woreczkozarodnikowe 217.
Guanina 262.
Guma 154.
Guma arabska 240, 247.
Guma roślinna 240.
Gwajakol 227.
Gwiazda macierzysta 551.
Gwiazda podwójna 551.

H.

Haacke 23.
Haeckel 326, 582.
Halogeny 191, 198.
Harvey 283, 560.
Havers 346.
Heksobiozy 234.
Heksotriozy 234.
Heksozy 234.
Hel 79.
Heliosphaera 476.
Heliotaxis 503.

www.dlibra.wum.edu.pl

Heliotropina 227.
Heliotropizm 502.
Heliozoa 476,
Helmholtz 490, 508, 561.
Hemiedrya 213
Hemina 262.
Hemoglobina 164, 193, 260, 261, 285.
Henry 134.
Hensen 245
Hepar 270, 273
Heptozy 234.
Hermafrodytyzm 545.
Hermann 505.
Hesperydyna 236.
Heteromita 541, 547.
Historya rozwoju p. Embryologia.
Hodowla bakteryj 420.
Hofmann A. W. 177.
Holothuria 370, 480.
Homar 379.
Homo sapiens 567.
Hooke 330.
Hoppe-Seyler 314
Hormiphera plumosa 477.
Horror vacui 38.
Hubert 469.
Humerus 275
Huxley 444.
Huyghens 38, 44.
Hydra 338, 539, 546.
Hydra fusca 534.
Hydra viridis 503
Hydratacya 260
Hydrodynamika 9.
Hydroksyl 205.
Hydroliza 221, 235.
Hydroliza ciał białkowych 259.
Hydroliza mączki 245.
Hydromedusa 353.
Hydrotaxis 504.
Hydrotropizm 503
Hydrozoa 360.
Hypoksantyna 262.
Hypoteza 26, 33
Hypoteza atomowa 27.
Hypoteza Avogadro'a 125.
Hypoteza emisyjna światła 38.

I.

Iglica 166.
Igły krzemionkowe 168.
Ilość ciepła 99.
Imago 553.
Imid 228.
Indol 254.
Indukcya 22, 36, 39.
Indywiduum p. Osobnik.
Infusorium 561.
Inozyt 234.
Inspiracya 369.
Interpolacya 58.
Intestina 270.
Intussusceptio 305, 531.
Inwersya 241.
Inwertyna 241.
Ion 151. 162, 193.
Ipecacuanha 533.
Iris florentina 399.
Izomerya 206, 212, 224.
Izomorfia 148
Izotonia 142.

J.

Jad 310
Jajo 294, 545, 550.
Jama brzuszna 269, 272.
Jama ciała 272, 343.
Jama czaszkowa 271.
Jama nosowa 272.
Jama piersiowa 272.
Jama skrzelowa 371.
Jamka przedsionkowa 400.
Jamochłony 359, 477.
Jąderko 300, 330
Jądro 160, 299, 325.
Jądro dodatkowe 328.
Jednokomórkowe twory 321.
Jednoliścieniowe rośliny 390
Jednostka biologiczna 322.
Jednostka pracy 92.
Jednostki miar 51
Jełczenie 252.
Jemioła 431.
Jesion mannitowy 240.
Jędrność (turgor) 162, 401.
Jętka 375.
Język 272.
Jod 182, 191, 308.
Juxtapositio 305, 531.

K.

Kalorya 100.
Kalorymetrya 439.
Kameleon 369.
Kamień winny 212.
Kanaliki Haversa 346.
Kanał kręgowy 271.
Kanianka 431.
Kant 65, 465.
Kapilary 281, 380.
Kapturnica 348.
Karamel 241.
Karbamid 230.
Karboksyl 209.
Karotyna 395.
Karyokineza 552.
Kataliza 456.
Kation 193.
Katoda 74, 193.
Kauczuk 250.
Kazeina 258
Kekulé 223, 225
Keppler 28, 49.
Keratyna 263.
Keton 208
Ketoza 235, 238.

www.dlibra.wum.edu.pl

Kiełkowanie 390.
Kijanka 6.
Kilogramometr 100.
Kiszka prosta 273.
Kiszki 270.
Kjeldahl 256.
Klasa 4.
Klasyfikacya 4.
Klatka piersiowa 273
Klej 154, 169, 183, 264.
Koagulacya białka 258.
Kodeina 232.
Kojarzenie 19.
Kokki 317.
Kolczatka 23.
Kollagen 263.
Koloid 154
Kolonia 315, 351.
Komora wilgotna 302.
Komory serca 279, 380.
Komórka 13, 322, 435.
Komórka kurczliwa nabłonka 337.
Komórka mięśniowa 478
Komórka nasienna 545
Komórka nerwowa 510.
Komórka roślinna 160, 330.
Komórka sztuczna 169.
Komórka wędrująca 332
Komórka zamykająca 400.
Konchiolina 265
Konstytucya chemiczna 204
Kończyny 273.
Kora mózgowa 520.
Korale 360.
Korneina 265.
Korzenionogi 309.
Korzonek 390.
Kosaciec włoski 399.
Kosmki 284.
Kość 346
Kość bezimienna 275.
Kość biodrowa 274.
Kość kulszowa 274.
Kość krzyżowa 274.
Kość łokciowa 275.
Kość łonowa 274
Kość łydkowa 275.
Kość promieniowa 275.
Kościec 273.
Krab 430
Krążenie krwi 279, 378
Krążenie materyi 408, 411, 433.
Krążki krwi czerwone 283
Kreatyna 231.
Kreatynina 231.
Kreozot 227.
Krew 164, 279, 283.
Krezka 270, 276.
Kręgosłup 271.
Kręgi 271.
Krochmal p. Mączka.
Królik 268.
Krtań 270.
Krwiobieg p. Krążenie krwi.
Krypton 79
Krystalografia 148.
Krystaloid 154.
Kryształ 146
Kryształy Teichmana 262.
Kryt 177
Krzem 182.
Krzesiwo pneumatyczne 98
Krzyżowanie 549, 572.
Krzyżówka 555, 571.
Ksantofil 395.
Ksantyna 231, 262.
Ksylol 224.
Kumaryna 227.
Kurczliwość 474.
Kühne 451
Kwarc 111
Kwas 196.
Kwas asparaginowy 229.
Kwas azotawy 423.
Kwas azotny 423.
Kwas benzoesowy 226.
Kwas bromowodorny 198
Kwas bursztynowy 211.
Kwas cerotynowy 251.
Kwas cholalowy 229.
Kwas fluowodorny 198.
Kwas fosforny 210.
Kwas gallusowy 226.
Kwas glikocholowy 229.
Kwas glutaminowy 230.
Kwas gronowy 212.
Kwas hipurowy 229.
Kwas jodowodorny 198.
Kwas kapronowy 209
Kwas karbaminowy 230.
Kwas karbolowy 226
Kwas krzemowy 154.
Kwas lewowinny 213.
Kwas margarowy 209.
Kwas masłowy 209, 238.
Kwas nezowinny 213.
Kwas migdałowy 217.
Kwas mirycylowy 251.
Kwas mięsomleczny 214, 435
Kwas mleczny 212, 218, 234, 238.
Kwas moczowy 231.
Kwas mrówkowy 209.
Kwas octowy 209, 219, 234.
Kwas olejowy 222
Kwas palmitowy 209.
Kwas prawowinny 213.
Kwas propionowy 209.
Kwas salicylowy 226.
Kwas siarczany 211.
Kwas stearowy 209.
Kwas szczawiowy 211.
Kwas węglany 193, 210.
Kwas winny 212, 216.
Kwasy amidowe 229.
Kwasy dwuzasadowe 210

www.dlibra.wum.edu.pl

Kwasy oksytłuszczowe 211.
Kwasy organiczne 209, 405.
Kwasy tłuszczowe 209, 254

L.

Labia 272
Lak 155.
Lakmus 196.
Laktalbumin 257.
Laktoza 241
Laktozyna 242.
Lamarck 575.
Lampyris noctiluca 489.
Lancetnik 342.
Lanolina 251.
Laplace 465.
Larix 240
Larwa 24, 553.
Larynx 270
Lasecznik 317.
Lassaigne 254.
Lavoisier 184, 387.
Le Bel 214, 237.
Lemna trisulca 397.
Leontodon 568.
Lepkość 153.
Letarg 312
Leucyna 229, 254, 263.
Leukocyt 284, 303, 331.
Lewuloza 239.
Liebig 184, 415, 456.
Ligamentum nuchae 264.
Limfa 279, 286.
Linie Fraunhofera 261, 396.
Linneusz 5, 567.
Lis 567.
Listek środkowy (*mesoderma*) 343
Listek wewnętrzny (*entoderma*) 343.
Listek zewnętrzny (*ectoderma*) 343.
Liścień 390, 404.
Lityn 198
Loeb 502.
Loew 451.
Logika 17, 37.

Ł.

Łodzik 525.
Łopatka 273.
Łój 251.

M.

Machilis maritima 374.
Macrobiotus Schultzei 313.
Magnez 182.
Mak 166
Makowiec 250.
Maltodekstryna 246.
Maltoza 240, 242, 278.
Mangan 182
Mannoza 237, 240.
Manometr 121.
Manubrium sterni 272.
Mariotte 114, 118, 133.
Marzanna 227.
Masa 51, 66, 77, 80.
Masło 248.
Mastigamoeba aspera 334.
Maszyna 324, 442.
Matematyka 39.
Materya 64, 68.
Materya gumowa 247.
Materya klejotwórcza 264.
Materya nużąca 485.
Materya oddechowa 437.
Materya pektynowa 247.
Materya plastyczna 437.
Materya śluzowa 260.
Materya zapasowa 403.
Materya żywa 157.
Mączka 243, 401, 452
Mechanika 88.
Mechanizm 297.
Medulla spinalis 271.
Meduza 337, 352, 353
Medycyna 14.
Megaspora 543.
Melolontha 567.
Mephitis mesomelas 347
Mercurialis perennis 344
Mesenterium 270, 276
Mesoderma 343.
Meta — 225.
Metacarpus 275
Metafizyka 15.
Metal 191.
Metaloid 192.
Metamorfoza 553.
Metan 199, 201, 204
Metaphyta 321.
Metatarsus 275.
Metazoa 321, 477.
Metenyl 202.
Metoda badania 43.
Metoda osmotyczna 188.
Metoda stechiometryczna 187.
Metr 51.
Metyl 201.
Metylen 202.
Metyletylketon 208.
Metyliak 228.
Meyen 330.
Miara 51
Miara ciepła 99.
Micele 557.
Micrococcus ureae 423.
Micronucleus 328.
Miedź 182.
Mieszanie cieczy 136.
Mieszanie gazów 123.
Mięczak 182
Mięsień 275, 339, 479.
Mięsień poprzecznie prążkowany 481.
Migawki 334.
Mika 111.
Mikroby 420, 427.
Mikroorganizmy 237.

www.dlibra.wum.edu.pl

Mikroskop 61, 326.
Mikrospora 543.
Mimosa pudica 506.
Minoga 24.
Miozyna 485
Miozynogen 257, 485.
Mitoza 550, 552.
Mocznik 230, 287, 289, 385, 423.
Moczowód 270.
Modrzew 240.
Mohl 330.
Molekuła 74.
Monera 326.
Monocotyledones 390.
Monoplastydy 321.
Monosacharydy 234.
Monotremata 23, 45.
Morchella esculenta 365.
Morfina 232.
Morfologia 5.
Morula 342.
Mostek 269.
Mózg 272.
Mrówka 351.
Mszyce 552.
Muchołówka 348, 505.
Mucor 237, 542, 547.
Mucyna 260.
Muł 571.
Muszla nosowa 272.
Müller August 24.
Mydło 210, 249, 251.
Myrianida fasciata 540.
Myxomycetes 341, 420, 476.

N.

Nabłonek 345.
Nabłonek nerwowy 523.
Naczynia chłonne 285.
Naczynia krwionośne 280.
Naczynia limfatyczne 286.
Naczynia włosowate 281, 380.
Naczynia wodne 386.
Naegeli 456, 556.
Naftalina 227, 231.
Napięstek 275.
Narząd p. Organ.
Nasiąkanie 144, 155.
Nasienie 314
Naskórek 344.
Następczość zjawisk 21.
Nauka o rozwoju p. Embryologia.
Nauki dedukcyjne 39.
Nauki humanistyczne 40.
Nauki indukcyjne 39.
Nauki pomocnicze 8.
Nautilus 525.
Nawożenie 417.
Nawóz 416.
Nematoscelis rostrata 491.
Nemura lateralis 375.
Neon 79.
Nepenthes 348.
Nephridia 360, 361, 386.
Nerki 270, 289, 361, 386.
Nerw dośrodkowy 515.
Nerw odśrodkowy 514.
Nerw świetlny 491.
Nerw współczulny 270, 510.
Nerwy czuciowe 292, 514.
Nerwy mieszane 292.
Nerwy obwodowe 291, 509.
Nerwy ruchowe 291, 514.
Nerwy wydzielnicze 292, 514.
Nerwy zmysłowe 293.
Neurilemma 511.
Neuron 511, 516.
Neuryt 513.
Newton 28, 38, 44, 49, 470.
Nibynóżki 303.
Nić czułkowa 353.
Niesporczaki 313.
Nieważniki 84.
Niezniszczalność materyi 412.
Nikotyna 232
Nitki chwytające 353.
Nitki nasienne 334.
Nitki parzące 333
Nitrogliceryna 496.
Noctiluca miliaris 489.
Nóżka ambulakralna 480.
Nucleolus p. Jąderko.
Nucleus p. Jądro.
Nuklein 262, 301.
Nukleoalbumin 257.
Nukleoproteid 260, 262.
Nylander 236, 241.

O.

Objętość 81.
Objętość gazu 113.
Obniżenie punktu zamarzania 150, 189.
Obojczyk 273
Obojnactwo 545.
Obrazkowiec plamisty 469.
Obserwacya 1, 44, 52, 60.
Oczkowanie roślin 533.
Odbyt 333, 357.
Odczynnik Schweizera 246
Oddychanie 287, 306, 362.
Oddychanie kiszkowe 376.
Oddychanie roślin 365.
Oddychanie skórne 375
Oddychanie wewnątrzkomórkowe 364.
Oddychanie wewnętrzne 377
Oddychanie zewnętrzne 377.
Odkrycie 32
Odruch 293, 516.
Odżywianie 275.
Odżywianie roślin 390, 409.
Odżywianie zwierząt 405, 409.
Oesophagus 272.
Ognice 489.
Oken 575.
Oko 525.
Określenie 20.

www.dlibra.wum.edu.pl

Okrzemki 478, 537.
Oksybenzol 226.
Olbrot 251.
Olej 248.
Olej migdałowy 222.
Olejek migdałów gorzkich 226.
Oliwa 222, 251.
Ontogenia 552, 582.
Opienka brzozowa 489.
Opium 250.
Oralny 380.
Orchis Morio 240.
Organ 111, 151, 267, 296, 299, 320.
Organ komórki 325.
Organ statyczny 377.
Organizacya 297.
Organizm 267, 296.
Organizm elementarny 324.
Organy elektryczne 487.
Organy oddechowe 367.
Organy parzyste 268.
Organy szczątkowe 583.
Organy świecące 490.
Organy zmysłowe 523.
Ornithorynchus 23.
Orto- 225.
Os coxae 275.
Os ilei 274.
Os ischii 274.
Os pubis 274.
Os sacrum 274.
Osazon 237.
Oscillaria Froelichii 341.
Oscillaria princeps 341.
Osculum 359.
Oskórek 345.
Oskrzele 287, 368.
Osłonice 246, 371.
Osłonka rdzenna 511.
Osłonka Schwanna 511.
Osmoza 139, 159, 188.
Osmoza ciałek krwi 163.
Osmoza koloidów 157.
Osmoza przyczyna ruchu 166.
Osobnik 316.
Osocze krwi 164, 193, 284.
Osseina 264, 275.
Ostryga 245.
Otorbienie 311.
Otrzewna 276.
Otwornice 309.
Otwór gębowy 357.
Otwór wyrzutowy 359.
Otwory szparkowe 399.
Owad 246, 553.

P.

Palatum 272.
Palce 275.
Palenie 101.
Paleontologia 413.
Pamięć 3.
Państwo mineralne 5.
Państwo roślinne 5.
Państwo zwierzęce 5
Papaver somniferum 166, 250.
Para 131, 132.
Para- 225.
Paractis excavata 361.
Parafina 203.
Paramaecium caudatum 331, 336, 505, 535, 544
Paranucleus 328.
Paranuklein 263.
Parthenogenesis 552.
Parzydełkowce 333, 348, 359.
Pasorzyt 427, 429.
Pasteur 212, 217, 419, 452, 561.
Patologia 9.
Pączek 314, 530.
Pączkowanie 538.
Pełzak p. Ameba.
Penicillium glaucum 217.
Pentozy 234, 240.
Pepton 259, 278, 452.
Pepton klejowy 264.
Pergamin roślinny 139.
Periplaneta orientalis 505.
Peristomium 336.
Peritoneum 276.
Perpetuum mobile 94
Petrografia 5.
Petromyzon Planeri 24.
Pewnik 22, 40
Pęcherz moczowy 270.
Pęcherz pławny 376
Pęcherzyk Poli'ego 480.
Pęcherzyk zarodkowy 343.
Pęcherzyk żółciowy 273.
Pęcherzyki płucne 287, 368.
Pęcznienie 154.
Pęd 390
Pętlica chromatynowa 551.
Pfeffer 503.
Pharynx 272.
Phytonaster Murrayi 480.
Pictet 315.
Pień tętniczy 382.
Pierścień benzolowy 222.
Pierścień węglowodorowy 231.
Pierścienice 540.
Pierwiastki 75, 147, 179, 191
Pierwotniaki 12, 321.
Pies 567
Pirogallol 226.
Pirydyna 231.
Piskorz 376.
Piszczel 275.
Planaria 360.
Planeta Wenus 45.
Plankton 490.
Plasmodium 341.
Plazma 299.
Plazmoliza 162.
Plemnik 545, 551.
Płacz roślin 400.

www.dlibra.wum.edu.pl

Pławy 360, 502.
Płeć 545.
Płuca 270, 368.
Płuca wodne 370.
Płucotchawki 374.
Płyn sprężysty 129.
Płytka madreporowa 480.
Pływki 539.
Pobudliwość 291, 304, 494.
Pochodne benzolu 224.
Pochodne metanu 222.
Pochodzenie gatunków 580.
Poczwarka 553.
Podniebienie 272
Podniesienie punktu wrzenia 150, 189.
Podnieta 304, 494, 532.
Podstawienie 195.
Podział pracy 320, 350.
Podział systematyczny 4, 566.
Podział tworów żywych 12, 426.
Podział własności 4.
Podzielność 68, 71.
Pojęcie 20
Pokarm 275.
Polaryzacya światła 70.
Poli 480.
Polip 353.
Poliplastydy 321.
Polisacharydy 234, 242.
Pomiary 49.
Popiół 308, 392.
Populina 236.
Porażenie nerwów 292.
Porosty 416.
Porządek 4.
Postrzeganie 1, 44.
Pot 289.
Potas 182, 198.
Powierzchnia cieczy 130
Powinowactwo chemiczne 197, 440.
Powstawanie gatunków 571.
Powstawanie życia 563
Półkule mózgowe 520.
Praca 91, 438, 447, 483
Prawidło 24.
Prawo 27, 33.
Prawo biogenetyczne 582.
Prawo Boyle'a 113, 133, 190.
Prawo ciążenia 28, 49, 68.
Prawo ciśnienia osmotycznego 141.
Prawo Daltona 118, 135.
Prawo empiryczne 28, 57.
Prawo Gay-Lussaca 118, 190.
Prawo Henry'ego 134, 194.
Prawo Mariotte'a 113, 133, 190.
Prawo oziębiania ciał 57.
Prawo przyczynowości 28
Prawo racyonalne 58.
Prawo spadku ciał 50.
Prawo stałych stosunków objętościowych 175.
Prawo stałych stosunków wagowych 176, 180.
Prawo Webera 498
Prawo zachowania energii 105.
Prawo zachowania materyi 78.
Prąd elektryczny 74, 103, 172, 192, 487.
Pręcik 547.
Prędkość 88.
Prędkość kątowa 89.
Prędkość linijna 89.
Prężność pary 132.
Promieniowanie 56.
Promieniowce 327, 479, 489.
Propan 202.
Propyl 202.
Proroctwo 22.
Proteidy 255, 260.
Proteiny 111, 255.
Proteoliza 452.
Proteus anguineus 373.
Prothallium 554.
Protista 321.
Protophyta 321.
Protoplazma 160, 300, 325, 436.
Protozoa 321.
Próba Lasseigne'a 254.
Próba Nylandera 236, 241.
Próba Trommera 236, 241.
Próchnica 425.
Próchnienie 425.
Przecinki 317.
Przedmioty przyrody 1.
Przedramię 275.
Przedrostek 554.
Przedsionki serca 279, 281, 380.
Przełyk 272, 337
Przemiana funkcyi 377.
Pzremiana pokoleń 554.
Przemieszczanie 477.
Przeobrażenia energii 434.
Przepona brzuszna 268, 369.
Przerób materyi 255, 286, 306, 355, 384, 387.
Przesłanki logiczne 35.
Przestrzeń 89.
Przetchlinki 373.
Przewężanie jaja 343.
Przewężenia Ranviera 511
Przewód gruczołu 288.
Przewód kamienny 480.
Przewód nosowy 272.
Przewód okrężny 480
Przewód piersiowy 282, 380.
Przewód pokarmowy 276.
Przyczyna 29.
Przyleganie (*juxtapositio*) 305.
Przyroda 1, 3, 30.
Przyrządy 59.
Przyrządy graficzne 59
Przyssawki 431.
Przystosowanie 583.
Przyswajanie 458
Pseudonuklein 263.
Pseudopodium 303.

www.dlibra.wum.edu.pl

Psychologia 15.
Psychologia empiryczna 528.
Psychologia fizyologiczna 15.
Pszczoła 351, 374.
Pulmones 270
Puls 61.
Punkt wrzenia 150.
Punkt zamarzania 150
Pupa 553
Purpuryna 227.
Pyrophorus 489.
Pyrosoma 489.

Q.

Quercus pedunculata 567.
Quercus robur 568.
Quercus sessiliflora 567.

R.

Radiolaria 327, 489.
Radius 275
Raffinoza 242.
Rak 371.
Ramienica 393.
Ramię 275.
Ramsay 79.
Ranvier 511.
Rayleigh 79.
Rdzeń kręgowy 271.
Reakcya chemiczna 195.
Rectum 273.
Refleks 293, 516.
Reflektor 491.
Regeneracya 533.
Regulowanie ciepła 470
Reguła 24, 25, 33.
Renes 270.
Reotropizm 505.
Rezorpcya 165, 279.
Rhizobium leguminosarum 424.
Rhizopoda 309.
Robaczek świętojański 489.
Robaki 309.
Robin 569.
Robinia pseudacacia 569.
Rodnik 201.
Rodzaj 567
Rosiczka 348, 505.
Rośliny 12, 298, 426, 460.
Rośliny bezchlorofilowe 418, 448
Rośliny morskie 182.
Rośliny motylkowe 427.
Rouelle 230.
Rozbiór chemiczny 184.
Rozgwiazdy 479.
Rozkład chemiczny 74, 190.
Rozkład hydrolityczny 221.
Rozkład wody 172, 195.
Rozmnażanie 310, 529, 545.
Rozpuszczalnik 148.
Rozpuszczanie 144
Rozszczepianie 537.
Roztwór 148.
Roztwór Cohna 419.
Roztwór Fehlinga 236.
Roztwór hypertoniczny 164.
Roztwór hypotoniczny 164.
Roztwór izotoniczny 142, 162.
Roztwór Pasteura 419.
Roztwór rozcieńczony 151.
Roztwór rzekomy 152, 189.
Rozwielitka 552.
Rozwój 6, 294, 319, 551.
Rożki 165.
Równowaga azotowa 388.
Równowaga dynamiczna 444.
Równowaga przerobu materyi 388.
Równoważnik mechaniczny ciepła 108.
Równoważność 104
Różnicowanie komórek 320, 328.
Rtęć 190.
Ruch 6, 87.
Ruch ameby 302.
Ruch atomów 87.
Ruch automatyczny 527.
Ruch cząsteczek 87, 95, 474.
Ruch dowolny 293, 527.
Ruch drgający 96.
Ruch eteru 87.
Ruch gazów w roślinie 399.
Ruch krwi 9
Ruch molarny 87, 473.
Ruch molekularny Browna 474.
Ruch obrotowy 89.
Ruch protoplazmy 474.
Ruch wahadła 89.
Ruch wiciowaty 334.
Ruch wirowy 89.
Ruch wody w roślinie 400.
Ruch zwierząt 11.
Rumford 442.
Rurkopław 353.
Ryby 382.
Ryby dwudyszne 372.
Ryby karpiowate 376.
Ryby okrągłouste 24.
Rzęsa 334
Rzęsa wodna 397.

S.

Sacculina carcini 430.
Saccharomyces 237, 363, 428.
Sacharoza 234, 240.
Sacharum officinarum 241.
Salep 240.
Saletra potasowa 162, 189, 423.
Salicyna 236.
Samorództwo 561.
Samozapłodnienie 546.
Santonina 405.
Saprofit 427.
Sarkolemma 481.
Sarracenia 348.
Sąd 17.
Scapula 273.
Scheele 212.

www.dlibra.wum.edu.pl

Schemat krążenia krwi 282.
Schistostega osmundacea 490.
Schizomycetes 217, 317.
Schizophyceae 317.
Schizopoda 490.
Schleiden 330.
Schwann 330, 511.
Secretio 289, 347.
Sekunda 51.
Selaginella lepidophylla 313
Selkirk 569.
Sen zimowy 312.
Serce 270, 279, 378.
Sernik 258
Serycyna 265.
Siarczan wapnia 149.
Siarka 74, 76, 147, 182.
Siarkowodór 199, 254.
Siła 28, 31.
Siłacz 372.
Sinus venosus 378.
Siphonophora 353.
Skala absolutna temperatur 117.
Skala Celsyusza 117.
Skatol 245.
Skeletyna 263.
Skielet 273.
Skielet królika 274.
Skoczogon 374.
Skorupa 309.
Skorupiaki 182, 490.
Skorupka nasienna 390.
Skóra 372
Skóra żaby 381.
Skrętnica 541.
Skrobia p. Mączka.
Skrzela 165, 371.
Skrzela wewnętrzne 370.
Skrzelopłuca 372.
Skrzelotchawki 374.
Skupienie 72.
Skurcz mięśnia 483, 508.
Skutek 29
Słonecznica 476.
Słód 453.
Słupek 547.
Smardz 365.
Smoła 155
Sok komórkowy 160.
Sód 182, 195, 198.
Sól 196.
Species 567.
Spencer 523, 579.
Spermatozoon 334.
Spirogyra 541.
Spirylle 317.
Spływ 503.
Spoczynek 483.
Społeczeństwo zwierzęce 351.
Spongia 359.
Spongina 265.
Spójność 129.
Spółżycie 415.
Sprawność organizmów 467.
Sprężystość 128.
Sprzęganie 540.
Srebro 47, 198.
Stała ciążenia 67.
Stałość mas 77.
Stan skupienia 72.
Stan półciekły 155.
Status nascendi 191.
Stawonogi 510, 552.
Steapsyna 455.
Stechiometrya 187.
Stek 371
Stekowce 23, 36, 45
Stentor polymorphus 534.
Stephalia corona 354.
Stephenson 463.
Stereoizomerya 216.
Stereotropizm 505.
Stereotaxis 505.
Sternum 269.
Stęp 275.
Stoma 373.
Stopa 275
Storczyk 240.
Stożek wegetacyjny 331.
Strata energii 98.
Strychnina 232.
Strzykwa 370, 480.
Stułbia 338, 503.
Stułbiopław 352.
Substancya kitowa 340.
Substytucya 195.
Suchwa 372.
Sycones 359.
Syllogizm 35.
Symbioza 414.
Symbol chemiczny 179.
Symetrya w budowie ciała 268.
Sympathicus 270, 510.
Syncytium 341.
Syntonina 259.
Systemat 4
System Linneusza 5.
Szczepienie roślin 533.
Szczeponogi 490.
Szczęka 272.
Szereg tłuszczowy 222.
Szkarłupnie 479.
Szparki 400.
Szybkość ruchu 88.

Ś.

Ścięgno 481.
Ścinanie białka 156, 258.
Ślinianka 260, 277.
Śluzowiec 341, 420, 476.
Śmierć 310.
Śmierć pozorna 311.
Śródbłonek 345.
Śródciałko 330, 551.
Świadomość 2, 15, 30, 293.

www.dlibra.wum.edu.pl

Świat wewnętrzny 2.
Świat zewnętrzny 2, 64.
Światło 69, 460, 462, 489, 521.
Światło, działanie na rośliny 395, 460, 462.
Światło spolaryzowane 235.
Świecenie 489.
Świeciel 489.
Świetlanka 490.
Świetlik 489.

T.

Tanina 169.
Tapetum 490.
Taraxacum 568.
Tarcza okołoustna 361.
Tardigrada 313.
Tarsus 275.
Tautologia 40.
Taxis 500.
Tchawica 270.
Tchawki 373.
Tchawkodyszne 373.
Teichman 262.
Temperatura 55. 114.
Temperatura absolutna 116.
Temperatura krytyczna 133.
Teorya 33.
Teorya cynetyczna gazów 122.
Teorya Kekule'go 223, 225.
Teorya Le Bela i van't Hoffa 214, 237.
Teorya undulacyjna światła 38.
Termity 351.
Termometr 55.
Termotaxis 505.
Termotropizm 505.
Testiculus 546.
Tetanus 483.
Tetraedr 215.
Tetrozy 234.
Tętnica 280, 380.
Tętnica płucna 280.
Tętnica płucoskórna 382.
Tętnica szyjowa 382.
Tętno 61.
Tężec 483.
Thorax 273.
Thymus 272.
Tibia 275.
Tkanka 111, 145, 151, 268, 320, 322, 343.
Tkankowce 357, 375, 477, 496.
Tlen 74, 76, 172, 177, 182, 285, 306, 361, 393.
Tlenek węgla 181.
Tlennik rtęci 190.
Tłuszcze 111, 209, 233, 248, 278.
Toczek 318, 353, 545.
Toluol 224.
Torbiel 312.
Torricelli 38.
Trachea 170.
Tracheata 373.
Tradescantia discolor 162.
Tradescantia virginica 331, 342, 365, 475.
Transpiracya roślin 400.
Trawienie 9, 277, 347, 406.
Trawienie u ameb 305.
Triozy 234.
Trommer 236, 241.
Tropizm 500.
Trójbutyryna 251.
Trójchlorek fosforu 191.
Trójkaprylina 250.
Trójmetyliak 228.
Trójoleina 250.
Trójpalmityna 250.
Trójstearyna 250.
Trucizna 310.
Truncus arteriosus 382.
Trzcina cukrowa 241.
Trzustka 277.
Trzykrotka 162, 475.
Tubera Salep 240.
Tunicata 371.
Turbellaria 360.
Turgor 162, 401, 472, 505.
Tyrozyna 229, 254, 263.

U.

Udo 275.
Uduszenie 288.
Układ 4.
Układ ambulakralny 480.
Układ cząsteczkowy 204.
Układ moczopłciowy 546.
Układ naturalny 5.
Układ nerwowy 291, 509.
Układ nerwowy ośrodkowy 271, 291, 509.
Układ pokarmowo-naczyniowy 359, 480.
Układ systematyczny 298.
Układ sztuczny 5.
Ukośnica 533.
Ukwiał 361.
Ulna 275.
Ureter 270.
Ustrój p. Organizm.
Uszlachetnianie roślin 533.
Utlenianie 101, 434.

V.

Vacuola p. Wodniczek.
Van Kempelen 297.
Van't Hoff 214, 237.
Varrentrapp 256.
Vaucanson 297.
Vauquelin 230.
Vena cava 270.
Vena cava ascendens 281.
Vena cava descendens 281.
Ventriculus 270.
Vertebrae 271.

www.dlibra.wum.edu.pl

Verworn 327, 505.
Vesica fellea 273.
„ *urinaria* 270.
Vibrio phosphorescens 489.
Villi 284.
Viola lutea 308, 391.
Viscum album 431.
Vita minima 312.
Volvox globator 318, 353, 545.
Vorticellae 335, 336, 537, 543, 547, 553.

W.

Wagi 66.
Wahadło 53, 92.
Wahanie wsteczne prądu 488.
Wakuola 161, 299.
Walka o byt 578.
Wanilina 227.
Wapień 182.
Wargi 272.
Wartościowość pierwiastków 199.
Wąsonogi 430.
Wątroba 270, 273, 277.
Wdech 287, 369.
Weber 498.
Weismann Aug. 311.
Welnówka 569.
Węgiel 182.
Węgiel asymetryczny 216, 237.
Węglan sodu 210.
Węglan wapnia 210.
Węglany alkaliczne 193.
Węglowodór 201, 203.
Wibryon cholery 218.
Wiciowce 420.
Wić 317, 334, 477.
Widłak 182, 313.
Widmo absorpcyjne chlorofilu 396.
Wielkość 51, 54.
Wielokomórkowe twory 321.
Więz karkowy 264.
Will 256.
Wirczyk 335, 336, 537, 543, 553.
Wirki 360.
Wiwisekcya 62.
Własności cieczy 128.
Własności przedmiotów 1, 3.
Włóknik krwi 257, 258.
Włókno mięśniowe 336, 478.
Włókno nerwowe 291, 510.
Włókno osiowe 511.
Wnętrzności 270.
Wnikanie (*intussusceptio*) 305.
Wnioskowanie 22, 35.
Woda 74, 136, 151, 172, 179, 195, 198, 307.
Woda krystalizacyi 150, 156.
Wodan 149.
Wodan glinu 154.
Wodan sodu 195.
Wodany węgla 111, 233, 403.
Wodniczek 160, 299, 332.
Wodniczek pokarmowy 333, 367.
Wodorosty 314, 416.
Wodorosty jednokomórkowe 415.
Wodorosty rozszczepkowe 317.
Wodór 74, 76, 172, 177, 182.
Wola 29.
Wolff 555.
Woltametr 172.
Wosk 251.
Wół 569.
Wöhler 230.
Wrażenie 498, 522.
Wrażliwość 525.
Wrzenie 131, 150.
Wsierdzie 280.
Wyczerpanie 485.
Wydalanie 347.
Wydech 287, 369.
Wydzielanie 289, 347, 384.
Wydzielina 277, 289, 347.
Wymiana gazów w płucach 369.
Wymiotnica 533.
Wymoczek 561.
Wyobrażenie 20.
Wyrostek mięśniowy 338.
Wzór budowy 203.
Wzór chemiczny 186.
Wzór empiryczny 204.
Wzrost 473, 529.
Wzrost roślin 530.
Wzrost zwierząt 531.

Z.

Zadychra 165.
Zamarzanie 150.
Zapłodnienie 545.
Zarodek 390, 547.
Zarodnia 541.
Zarodnik 538.
Zarodnik sprzężny 541.
Zarodnik trwały 538, 562.
Zaródź p. Protoplazma.
Zasada 196.
Zasady ksantynowe 231.
Zastawki serca 279.
Zatoka żylna 378.
Zbiorowisko komórek 322, 339.
Zęby 274.
Zieleń roślinna p. Chlorofil.
Ziemnowodne 382.
Zjawisko 1, 2, 6, 21, 29.
Zjawisko egzotermiczne 446.
Zjawisko endotermiczne 446.
Zjawisko psychiczne 15, 293.
Zjawisko życiowe 10, 266.
Złudzenie zmysłowe 522.
Zmiana pokoleń 353.
Zmienność istot 563, 570, 578.
Zmydlanie 249, 251.
Znamię 547.
Znużenie 484.
Związek chemiczny 171.
Związek izomeryczny 206.
Związek nienasycony 221.

www.dlibra.wum.edu.pl

Związek organiczny 201.
Związki alifatyczne 224.
Związki aromatyczne 224.
Związki organiczne azotu 227.
Związki tłuszczowe 224.
Zwierzę 12, 298, 426, 442.
Zwierzę ciepłokrwiste 472.
Zwierzę kręgowe 271.
Zwierzę równocieplne 470.
Zwierzę ssące 266.
Zwierzę zimnokrwiste 472.
Zwierzę zmiennocieplne 470.
Zwój nerwowy 509.
Zygospora 541.

Ż.

Żachwa 371.
Żebro 270.
Żebropławy 335, 477.
Żelatyna 155.
Żelazo 74, 76, 182, 200.
Żołądek 270.
Żółć 222.
Życie roślin 448.
„ spółkowe 415.
„ zwierząt 448.
Żyła 380.
„ płucna 281.
„ pusta 270.
„ wstępująca 281.
„ zstępująca 281.
Żywica 250.
Żywienie ameb 305.

Ź.

Źrenica 61.

www.dlibra.wum.edu.pl

Do nabycia we wszystkich księgarniach następujące dzieła

WYDANE Z ZAPOMOGI KASY POMOCY

dla osób, pracujących na polu naukowem,

imienia dr. med. JÓZEFA MIANOWSKIEGO,

lub ofiarowane na rzecz Kasy.

Baginsky A. **Wykład chorób dzieci.** Podręcznik dla lekarzy i studentów. Przekład z wydania niemieckiego z r. 1883, dokonany przez d-ra *Wiktora Kosmowskiego.* Tom I. Warszawa, 1886, w 8-ce, str. VIII. 279. Tom II. 1886, str. 272. Tom III. 1887, str. 282. Cena każdego tomu rb. 1 (ofiarowane).

Biegański Wł. **Zagadnienia ogolne z teoryi nauk lekarskich.** Warszawa, 1897, str. 304. Cena rb. 1.

Billroth-Winiwarter. **Wykład chirurgii ogólnej.** Przekład z 15-go wydania niemieckiego. Warszawa, 1898 — 1900, w 8-ce, str. 1134. Cena rb. 4.

Cels A. Korneliusz. **O lecznictwie ksiąg ośmioro.** (A. Corn. Celsi: De medicina libri octo), z najlepszych wydań na język polski przełożył dr. med. i chir. *Henryk Łuczkiewicz.* Warszawa, 1889, str. XXXVII, 630. Cena rb. 2.

Charcot, Bouchard, Brissaud. **Wykłady z dziedziny patologii ogólnej i szczegółowej.** Przekład z dzieła: Traité de Médecine, wydanego pod kierunkiem profesorów: Charcot, Bouchard. Brissaud. Patologia ogólna zakażeń przez A. Charrin'a. Zaburzenia i choroby odżywiania przez Le Gendre'a, przekład *St. Markiewicza.* Choroby zakaźne wspólne ustrojom człowieka i zwierząt przez G. H. Roger'a, przekład *Ad. Ciąglińskiego.* Warszawa, 1893, w 8-ce, str. VIII. 966. Cena kop. 50.

Cohnheim Juljusz. **Odczyty z patologii ogólnej.** Podręcznik dla lekarzy i studentów. Przekład z 2-go przerobionego wyd. z 1882 r. Warszawa, 1888, w 8-ce. Tom I, str. VIII, 607. T. II, str. V, 262. T. III, str. VI, 340, 20. Cena rb. 5.

Cybulski Napoleon prof. **Fizyologia człowieka,** wydana staraniem *Stanisława Markiewicza.* Część IV. Zmysły (ciąg dalszy). Ucho.—Powonienie.—Smak.—Czucie - Szczegółowa fizyologia układu nerwowego centralnego.—Fizyologia rozmnażania się i rozwoju. Warszawa, 1896, str. 719—906. Cena k. 75.

Erlicki Alfons. **Wykłady kliniczne o chorobach umysłowych.** Warszawa, 1897 str. 373. Cena rb. 1 kop. 50.

Günther C. **Wstęp do nauki bakteryologii ze szczególnem uwzględnieniem techniki mikroskopowej,** dla lekarzy i studentów. Z niemieckiego przełożył dr. *Aleksander Żurakowski.* Warszawa, 1902, str. III, 552 z 90 fotogramami. Cena rb. 2.

Haeser H. **Historya Medycyny.** Przekład trzeciego wyd. dzieła **Lehrbuch der Geschichte der Medicin,** dokonany przez prof. d-ra *H. Łuczkiewicza.* Tom II. Dzieje medycyny nowożytnej. Warsz., 1886, w 8-ce, str. 1092. Cena rb 2.

Heiman Teodor. **Choroby narządu słuchowego.** Podręcznik dla lekarzy i studentów. Ze 161 rysunkami w tekscie. Warszawa, 1902, w 8-ce więk., str. VIII, 729. Cena rb. 3.—

Huetter-Lossen. **Wykład chirurgii szczegółowej.** Przekład z 7-go wyd. niemieckiego. Warszawa, 1898—1900, w 8-ce, str. 1558. Cena rb. 5.

Jaccoud S. **Wykład patologii szczegółowej.** Przekład z siódmego wydania francuskiego z r. 1883. Dzieło ozdobione drzeworytami i tablicami

www.dlibra.wum.edu.pl

chromolitograficznemi. Warszawa, 1884, w 8-ce. Tom I, str. 931. Tom II, str. 984. Tom III, str. 961. Cena rb. 2 za całość.

Kocher Th. **Wykład chirurgii operacyjnej.** Przekład z 3-go wydania niemieckiego z r. 1897. Przełożył *A. Karczewski.* Warszawa, 1900, str. 478. Cena rb. 1 kop. 50.

Krysiński St. **Słownictwo anatomiczne.** Cz. I. Nazwy anatomiczne, str. XVIII. 268, z 30 rys. w tekscie i 2 tabl. Cz. II. Słownik nazw anatomicznych łacińsko-polski i polsko-łaciński, str. 275, 8-ka. Warszawa. Część III. 1898. Słownik abecadłowy nazw anatomicznych łacińsko-polski z objaśnieniami źródłosłowowemi. Warszawa, 1899, str. 125, 8-ka. Za całość rb. 2.

Ołtuszewski Wł. **Szkic fizyologii mowy** ze szczególnem uwzględnieniem głosek alfabetu polskiego. Z 5 drzeworytami Warszawa, 1893, w 8-ce, str. 38. Cena kop. 20.

Ołtuszewskt Wł. **Rozwój mowy u dziecka** i stosunek tego rozwoju do jego inteligencyi. Warszawa, 1896, str. 80. Cena k. 50.

Ołtuszewski Wł. **Psychologia oraz Filozofia mowy,** z 5 drzewor. w tekscie. Warszawa, 1898, 8-ka, str. 104. Cena kop. 80.

Orłowski Stanisław. **Syfilis rdzenia.** Warszawa, 1898, w 8-ce, str. 340; z 4-ma tablicami litograficzn. Cena rb. 1.

Penzoldt Fr. **Podręcznik farmakologii klinicznej,** dla użytku lekarzy i studentów. Spolszczył Al Fabian. Warszawa, 1891, str. VIII, 282, XV, VIII. Cena kop 30.

Podręcznik histologii ciała ludzkiego zbiorowo napisany przez następujące grono: Adam Bochenek, Napoleon Cybulski, Emil Godlewski, Henryk Hoyer jun., Kazimierz Kostanecki, Leon Kryński, Stanisław Maziarski, Aleksander Rosner (w Krakowie), Władysław Szymonowicz (we Lwowie), Ludwik Dydyński, Henryk Hoyer, sen., Władysław Janowski, Walenty Kamocki, Antoni Kuczyński, Rafał Radziwiłłowicz (w Warszawie) Redakcyą kierował *H. Hoyer sen.*, wydawnictwem *L. Dydyński.* Warszawa, 1901, str. 562. Rysunków w tekscie 430. Cena rb. 2 kop. 40

Sander Fryderyk. Zarys nauki **o Publicznej Ochronie Zdrowia,** według drugiego wydania z r. 1885 przełożył *St. Markiewicz.* Str. VI, 632. Warszawa, 1891. Cena rb. 1 k. 50.

Tchórznicki Józef. **Pilne sprawy hygieniczne.** Warszawa. 1896, str 259. Cena rb. 1.

Wassercug Dawid. **Objawy oczne** przy zaburzeniach układu nerwowego, oraz wartość ich przy rozpoznawaniu siedliska i natury chorób mózgowych. (Z rysunkami szematycznemi). Warszawa, 1891. w 16-ce, str. 256. Cena rb. 1.

Wesener Feliks. **Dyagnostyka kliniczna chorób wewnętrznych.** Wykład o metodach badania w chorobach wewnętrznych dla słuchaczy medycyny i dla lekarzy. Przełożył według wydania z r. 1892 *St. Markiewicz.* Warszawa, 1894, str. XII, 536, ze 100 rysunkami w tekscie i na 12 tablicach litogr. Cena rb. 2.

Biblioteka matematyczno-fizyczna, wydawana pod redakcyą *M. A. Baranieckiego,* a następnie *A. Czajewicza.*

Serya I t. II i III. *Kramsztyk S.* **Wiadomości początkowe z fizyki.** Książeczka I. Wydanie drugie, str XXII, 105, drzeworytów 61. Cena w oprawie kop. 40. Książeczka II. Wydanie drugie, str. XI, 171 drzewor. 77. Cena w opr. k. 65.

Serya I tom IV. *Witkowski A. W.* **Wiadomości początkowe z geografii fizycznej i meteorologii.** Warszawa, 1884, w 12-ce, str. X, 108, drzewor. 22, lit. 4. W oprawie. Cena k. 25.

Serya III tom V. *Baraniecki A. M.* **Początkowy wykład syntetyczny własności przecięć stożkowych,** na podstawie ich pokrewieństwa harmonicznego z kołem. Warszawa, 1885, w 8-ce, str. XVI, 131, drzewor. 63. Cena kop. 40.

Serya III tom VI. *Czajewicz A.* **Trygonometrya płaska i kulista.** Warszawa, 1891, w 8-ce, str. XX, 389, drzeworytów 86. Cena rb. 2.

www.dlibra.wum.edu.pl

Serya III tom VIII. *Witkowski August.* **Zasady fizyki.** (Tom I wyczerpany. Tom II patrz Dzieła i rozprawy matem. Nr. 4).
Serya IV tom II. *Sochocki J* **Rozwiązywanie równań liczebnych.** Warszawa 1884, w 8-ce Lex. str. XII, 212. Cena k. 60.
Serya IV tom IV. *Zajączkowski W.* **Geometrya analityczna.** Warszawa, 1884, w 8-ce Lex., str. XI, 411, drzeworytów 85. Cena rb. 1.
Serya IV tom X. *Franke J. N.* **Mechanika teoretyczna.** Warszawa, 1889, w 8-ce, str. XXXI, 645, drzewor. 72. Cena rb. 3.

Dzieła i rozprawy matematyczno-fizyczne, wydawane przez *A. Czajewicza i S. Dicksteina.*

1. *Badowski J.* **Geometrya elementarna.** Warszawa, 1894, str. LVIII, 338, drzeworytów w tekscie IX i 344. Cena rb. 1 k. 35.
2. *Baraniecki M. A.* **Arytmetyka**, wykład szczegółowy. Wydanie drugie, znacznie zmienione. Warszawa, 1894, str. LXIV, 408. Cena rb. 1 k. 35.
3. *Danielewicz A. B.* **Podstawy matematyczne ubezpieczeń życiowych** napisał... Warszawa, 1896, str. 335, tablic X. Cena rb. 2.—
4. *Witkowski A.* **Zasady fizyki.** Tom II. Zeszyt 1-szy. Warszawa, 1897, w 8-ce, str. 301. Cena rb. 1 kop. 35.
5. *Kowalczyk J.* **O sposobach obliczania przeszkód biegu ciał niebieskich.** Warszawa, 1901, str. 624. Tablic III. Cena rb. 7 kop. 50.
6. *Schür F.* **Podręcznik geometryi analitycznej**, przekład z niemieckiego przez *T. Łopuszyńskiego.* Warszawa, 1901, str. 249 z licznymi rysunkami w tekscie. Cena rb. 1.
7. *Feldblum M.* **Geometrya wykreślna.** Warszawa, 1902, str. XVI, 325 z 172-ma rysunkami w tekscie. Cena rb. 2.

Danielewicz Bolesław. **Z dziedziny statystyki matematycznej.** Warszawa, 1884, w 8-ce, str. 20. Cena kop. 10.
Poradnik dla samouków. Część I. Matematyka. Nauki przyrodnicze.
Rozmarynowicz Teofil. **Matematyczne podstawy ubezpieczeń na wypadek niezdolności do pracy** w zastosowaniu do urządzenia kas emerytalnych. Wydał Bolesław Danielewicz. Warszawa, 1886, w 8-ce więk. str. IV, 53. Cena k. 10.

Berdau Feliks Dr **Flora Tatr, Pienin i Beskidu Zachodniego.** Warszawa, 1890, w 8-ce, str. IV, 827, 55. Cena rb. 3.—
Drymmer Karol. **Spis roślin zawartych w 14-tu tomach Pamiętnika fizyograficznego.** Warszawa, 1898, w 4-ce, str. 152. Cena kop. 50.—
Filipowicz Kazimierz Dr. **Wiadomości początkowe z botaniki** (podług dzieła D-ra Le Maout: „Leçons élementaires de botanique") z 194 drzeworytami w tekscie. Warszawa, 1884, 16-ka, str. III, 234, II. (Kartonowane). Cena kop. 25.
Judt J. M. **Żydzi jako rasa fizyczna.** Analiza z dziedziny antropologii. Warszawa, 1902, str. VII, 189. Cena rb. 1 k. 50.
Pamiętnik fizyograficzny. Tomy VIII—XVII. Cena każdego tomu rb.7 k 50.
Natanson Ludwik Dr. med **Teorya jestestw idyodynamicznych.** Warszawa, 1883, str. 112 i IV. Cena k. 25 (ofiarowane).
Sempołowski Antoni. **Hodowla i uszlachetnianie roślin gospodarskich** z 29-ma rysunkami w tekscie. Warszawa, 1902, str. 284. Cena rb. 1 kop. 50.
Szokalski W. F. **Początek i rozwój umysłowości w przyrodzie.** Warszawa, 1885, w 8-ce, str. VIII, 468. Cena kop. 60.
W. K. **Rzeki i jeziora**, tekst objaśniający do mapy hydrograficznej dawnej Słowiańszczyzny, części północno-zachodniej. Warszawa, 1883, w 8-ce, str. II, 125. Cena kop. 5 (ofiarowane).

---

www.dlibra.wum.edu.pl

Biblioteka przyrodnicza czasopisma „Wszechświat".

Bernthsen A. Prof. Dr. **Podręcznik chemii organicznej** przełożony przez pp. *B. Hryniewieckiego, T. Rotarskiego, H. Miączyńskiego, W. Ciechońskiego* i *K. Jędrychowskiego.* Wydanie *Br. Znatowicza.* Warszawa, 1902, str. IV, 563, XXIX. Cena rb. 2 kop. 25.

Frank A. B. **Wykład fizyologii roślin** ze szczególnem uwzględnieniem roślin uprawnych. Przełożył *W. M. Kozłowski.* Warszawa, 1896, str. 262 z 52 rysunkami w tekscie. Cena rb. 1 k. 10.

Mohn H. **Zasady meteorologii,** przełożył *St. Kramsztyk.* Warszawa, 1888, w 8-ce, str. XVI, 318, VI, z 46 drzeworytami i 24 tablicami litograf. Cena rb. 1.

Nussbaum Józef Dr. prof. **Zasady anatomii porównawczej.** Tom I. Wiadomości wstępne i anatomia porównawcza zwierząt bezkręgowych; 212 rysunków w tekscie oraz 5 tablic litografowanych. Warszawa, 1899, str. III, 744, XXI. Tom II. Anatomia porównawcza zwierząt kręgowych ze 134 drzeworytami. Warszawa, 1903, str. X, 552. Cena tomu rb. 4.

T'schermak G. prof. dr. **Podręcznik mineralogii,** z V-go wydania niemieckiego przełożył, uzupełnił i przedmową historyczną opatrzył *Józef Morozewicz.* Warszawa, 1900, str. VI i IV, 702. Drzeworytów 840 i 3 tablice kolorowane. Cena rb 4.

Warming E. **Zbiorowiska roślinne.** Zarys ekologicznej geografii roślin. Z wydania niemieckiego d-ra *E. Knoblaucha* przełożyli z upoważnienia autora *E. Strumpf* i *J. Trzebiński.* Warszawa, 1900, str. XV, 450. Cena rb. 1 k. 50.

www.dlibra.wum.edu.pl

Biblioteka Główna WUM
KS.1288
210000001288

www.dlibra.wum.edu.pl

330



www.dlibra.wum.edu.pl