

Dr. STANISŁAW M. SUMIŃSKI

*PODRĘCZNIK
BIOLOGJI*

WYDANIE DRUGIE

WYDAWNICTWO M. ARCTA W WARSZAWIE

1 9 2 4

K. 2078. <http://rcin.org.pl>

PAŃSTWOWE
MUZEUM ZOOLOGICZNE

BIBLIOTEKA

Inw. Nr. K.2078.

Dozjicium Sumiński

Stacisz

Dr. ST. M. SUMIŃSKI

12. X. 24

PODREČZNIK BIOLOGJI

WYDANIE II



WYDAWNICTWO M. ARCTA W WARSZAWIE

1924

4252
100-8-01
PAŃSTWOWE
MUZEUM ZOOLOGICZNE
BIBLIOTEKA
Inw. Nr. K.2078.

Biblioteka Muzeum i Inst. Zoologii PAN

K. 2078



100000000407

M. ARCT — ZAKŁADY WYDAWNICZE
Sp. Akc. w Warszawie.

WARSZAWA, Księgarnia, Nowy Świat 35.

ODDZIAŁY I PRZEDSTAWICIELSTWA:

GDANSK, Towarz. „Ruch”, Rynek Kaszubski.
KATOWICE, Księgarnia Polska, Poprzeczna 2.
KRAKÓW, Księgarnia Jagiellońska, Wiślna 3.
LUBLIN, M. Arct i S-ka, Krak. - Przedm. 17.
LWÓW, Księgarnia Naukowa, Zimorowicza 17.
ŁÓDŹ, M. Arct i S-ka, Piotrkowska 105.
NEW-YORK, Polish Book Importing Co.
POZNAŃ, M. Arct, Księgarnia, plac Wolności 7.
RÓWNE, Księgarnia Naukowa, Szosowa 27.
WILNO, Księg. Stow. Naucz. Pol. Królewska 1.

DRUKARNIA M. ARCTA W WARSZAWIE, NOWY-ŚWIAT 41.

PRZEDMOWA.

Ponieważ od czasu ukazania się niniejszej książki w 1-em wydaniu, które już zostało wyczerpane, nie pojawił się żaden inny podręcznik biologji w zakresie szkoły średniej, przeto autor uznał za wskazane podręcznik swój drukować powtórnie. Jakkolwiek bowiem według programów Min. W. R. i O. P. biologja ma być wykładana tylko w gimnazjum matematyczno-przyrodniczem i w sposób, który dopiero w przyszłości będzie opracowany, to jednak w wielu jeszcze szkołach przedmiot ten istnieje w kl. VII lub VIII, i odczuwana jest potrzeba książki, któraby odpowiadała zakresem i poziomem ustalonemu dotychczas programowi.

Autor pragnął, aby jego podręcznik w pewnej mierze przynajmniej zadośćczynił tej potrzebie, usiłując zarazem usunąć w 2-iem wydaniu wszystkie usterki poprzedniego; pod tym względem autor korzystał ze wskazówek Sz. kolegów, za które wyraża Im głęboką wdzięczność.

I. OGÓLNE CECHY ISTOT ŻYWYCH.

Co to jest istota żywa.

Zadaniem biologji jest wszechstronne badanie istot żywych. Pierwszem zagadnieniem tej nauki będzie kwestja, co to jest istota żywa, jakie są jej cechy i czem się ona różni od wszelkiej materji nieożywionej. Na pytanie, co to jest istota żywa, możemy odpowiedzieć, że jest to istota, która ujawnia pewną sumę specyficzných zjawisk życiowych, czyli żyje; wtedy w gruncie rzeczy sprowadzimy rzecz całą do zagadnienia, co to znaczy żyć; inaczej, jak się objawia ten dziwny fenomen we wszechświecie, który nazywamy życiem. Odpowiedzi na pytanie, jak się przejawia życie, dostarcza nam z łatwością codzienna obserwacja; jeśli dla tej obserwacji stworzymy sobie jeszcze specjalnie wy-

Cechy istoty żywej.

godne warunki, to bardzo łatwo możemy stwierdzić pewne cechy, charakteryzujące żywą istotę. Wystarczy przez mikroskop popatrzeć na pierwotniaki lub na jakiegokolwiek ustroje dogodne pod tym względem do badań, aby zauważyć następujące zjawiska. Istota żywa porusza się; ta właściwość jej, polegająca na zdolności do zmiany miejsca, jest tak charakterystyczna, a zarazem tak zakorzeniona w naszych pojęciach o istocie żywej, że sylogizm, ujęty w codzienną formułkę „żyje, bo rusza się”, jest powszechnym i najpierwszym sądem, jakim każdy, wygłaszając go, określa żywą istotę. Obserwując żywą istotę nieco dłużej, bez trudu również stwierdzamy, że posiada ona określony i czynny stosunek do otoczenia. Już powierzchowna obserwacja poucza, że istota żywa coś z otoczenia pobiera i coś swemu otoczeniu oddaje. O ile badania nad tą wymianą z otoczeniem przeprowadzimy wszechstronnie i nie poprzestaniemy na stwierdzeniu wymiany substancyj, to przekonamy się ponadto o tem, że istota żywa pobiera również i energję w pewnej postaci i też samą ilość energii nazwewnątrz oddaje. Jeśli badanie istoty żywej prowadzić będziemy albo dostatecznie długo, albo też natrafimy na odpowiedni moment, to wykryjemy jeszcze dwie jej cechy; przekonać się będziemy mogli, że istota żywa rośnie, czyli zwiększa masę swego ciała i rozmnaża się. To ostatnie zjawisko można często obserwować bezpośrednio, badając np. pierwotniaki; nietrudno wówczas dostrzec fakt podziału jednego osobnika na dwa, co właśnie jest rozmnażaniem.

Zarówno obserwacja istot żywych, jako też i odpowiednio wykonane doświadczenie pouczają, że istota żywa posiada cechę, którą nazywamy pobudliwością albo wrażliwością; cecha ta polega na tem, że ustrój reaguje, czyli oddziałuje na podniety czyli bodźce, które mogą być bardzo różne co do swego charakteru, a więc mechaniczne lub chemiczne, oraz mogą być zewnętrzne lub wewnętrzne. Te wszystkie cechy właściwe istotom żywym wykrywa ich badanie. Zdaniem wielu przyrodników, porównanie istoty żywej z materją nieożywioną pozwala na odkrycie jeszcze jednej cechy. Istota żywa stanowi indywidualum, osobnika o określonym kształcie zewnętrznym, wielkości i t. p. Jeśli istotę żywą podzielimy, potniemy na części, to przestanie ona być tem, czem była, gdy tymczasem sól np. jest solą równie dobrze w wielkim bloku, jak też i w maleńkiem ziarenku. Żywy ustrój jest nim dopóty, dopóki zachowana została jego indywidualność i gdy zostanie ona zniszczona bądź przez czynniki zewnętrzne, bądź przez bliżej niewyjaśnione czynniki wewnętrzne, które nazywamy śmiercią naturalną, wówczas ustrój ten przechodzi w stan materji nieożywionej. Cechą, charakteryzującą istotę żywą, będzie więc także swoista organizacja, stanowiąca z każdej istoty żywej indywidualum; ponadto: ruch, wzrost, pobieranie substancyj z otoczenia, wydzielanie innych, oraz wytwarzanie energii, czyli jak zjawiska te nazywamy ogólnie: przemiana materji i energii, rozmnażanie się, oraz pobudliwość czyli wrażliwość. Aby nabrać przeświadczenia, że cechy te są właściwe istocie żywej, należy stwierdzić przedewszystkiem, czy każda istota żywa wszystkie te cechy posiada, a następnie, czy jakakolwiek istota żywa nie posiada innych jeszcze cech. Doświadczenie daje nam dostateczny materiał dla twierdzenia, że niema istoty żywej, któraby nie posiadała którejkolwiek z wymienionych cech. Jedne z nich ujawniają się bardzo łatwo, jak wrażliwość, przemiana materji,—inne występują raz w życiu, lub co pewien czas, jak rozmnażanie, albo też związane są z pewnym okresem życia, jak wzrost, ale wszystkie istnieją. Istota żywa może w pewnych przypadkach nie ujawniać wszystkich cech, albo prawie wcale ich nie okazać, jak np. dzieje się to z wyschniętem ziarnem lub jajeczkiem zwierzęcem, niemniej jednak cechy te mogą zawsze wystąpić. Twierdzenie, że żadna istota żywa nie posiada innych jeszcze cech opiera się na analizie przejawów życia tych istot, z której wynika, że wszelkie zjawiska życia dadzą się zawsze sprowadzić do tych cech zasadniczych. Pod tym względem wszystkie istoty żywe różnią się jedynie skalą, różnaitością objawów zasadniczych cech życia, lecz nie różnią się ich ilością. Dla przekonania się o tem wystarcza rozpatrzeć jakieś przykłady konkretne. Weźmy pod uwagę jakakolwiek istotę o organizacji najprostszej, np.

amebę, czyli pełzaka i istotę o organizacji bardzo złożonej, np. ssaka. Badając amebę przez czas dłuższy, możemy wykryć w niej kolejno obecność wszystkich cech istoty żywej. Bezpośrednia obserwacja wykaże zjawiska ruchu, przemiany materji w postaci pobierania pewnych substancyj z otoczenia i oddawania innych, rozmnażania i wzrostu. Jeśli umieścimy amebę w warunkach takich, że będziemy mogli stosować wobec niej różne podniety, to okaże się, że ameba reaguje na te podniety, czyli posiada cechę wrażliwości. Możemy wreszcie amebę zabić, czyli przeprowadzić w stan nieżycia, w którym staje się ona materją nieożywioną. Ponieważ ameba jest ustrojem bardzo prostym, przeto wszystkie wyszczególnione cechy przejawiają się u niej w bardzo prostych formach; ruch — pełzanie będzie przelewaniem się plazmy, pobieranie pokarmów—oblewaniem przez plazmę i rozpuszczaniem w niej cząstek organicznych, znajdujących się na drodze ameby, rozmnażanie—prostym podziałem osobnika na dwa potomne i t. d. I najwyższy wszakże ustrój, jak np. zwierzę ssące, nie wykazuje żadnych więcej cech życiowych, lecz tylko wielką złożoność tych cech, które u ameby przebiegają w sposób prosty. Przemiana materji np., która w organizmie ssaka przybiera formy bardzo skomplikowane, odbywa się przy współdziałaniu szeregu systemów: pokarmowego, krwionośnego i t. d., jest w gruncie rzeczy tem samem, czem jest u ameby oblewanie i rozpuszczanie przez plazmę cząstki pokarmu. Wrażliwość, która u ameby uzewnętrznia się pewnemi bardzo prostemi reakcjami na podniety, u ssaka przejawia się w sposób nader różnorodny. Posiada on służące do tego celu specjalne narządy, system nerwowy, organy zmysłów; zwiększa się wielokrotnie skala podniet, na które ssak reaguje, wszakże istota zjawiska pozostaje ta sama i stanowi ją ta sama cecha życiowa, jaką wykrywamy u wszelkich ustrojów żywych.

Stosunek istoty żywej do materji nieożywionej. Rozważania poprzednie zmierzały do określenia istoty żywej, lecz nie określały stosunku istoty żywej do wszelkiej materji nieożywionej. Powierzehowne badania

doprowadzałyby do wniosku, że istota żywa jest czemś zasadniczo odmiennem od martwej materji, gdyż posiada znamionujące życie cechy, których, jak sądzić można, martwej materji brak. Nie można jednak twierdzić, aby materja nieożywiona nie posiadała wcale cech podobnych do cech istot żywych. Wręcz przeciwnie, materja ta posiada je również i do cech żywych istot można je przyrównać: trudność polega na tem, aby zbadać, czy cechy, wykazywane przez martwą materję, są istotnie podobne do tych, jakie spotykamy u żywych ustrojów, czy też zachodzi w tym przypadku tylko podobieństwo zewnętrzne, jakgdyby zbieżność zewnętrznych przejawów, będących wynikiem działania sił zupełnie odmiennych

i różnych. Materja nieożywiona wykazuje niewątpliwie cechy podobne do cech istoty żywej. Obserwujemy w niej ruch, taki jaki przejawia kamień, woda w potoku, chmury. Widzimy również wzrost; kryształy rosną, narastają kwiaty na oknach podczas mrozu, sople lodowe, stalaktyty. Mamy też zjawiska wymiany substancyj z otoczeniem: ciała t. zw. higroskopijne pochłaniają parę wodną i oddają ją w pewnych warunkach. Możemy nawet mówić o reagowaniu na podniety zewnętrzne w tym sensie, że ciała martwe np. rozszerzają się pod działaniem ciepła, kurczą gdy jest zimno. Istnieją więc liczne cechy materji nieożywionej, posiadające podobieństwo do cech istoty żywej; należy przeto zbadać, jakiej natury jest to podobieństwo. Zastanawiając się nad temi analogicznemi zjawiskami i porównywając je z sobą, możemy dojść do przeświadczenia, że poza zewnętrzną analogją w istocie swej różnią się one.

Ruch materji nieożywionej może być wywołany tylko czynnikami natury zewnętrznej. Że tak jest w stosunku np. do kamienia staczającego się z góry, lub wody w potoku, to jest oczywiste, lecz jest tak również i wówczas, gdy mamy do czynienia ze zjawiskiem bardziej łudzącem. Jeśli rozpatrzeć dla przykładu ruch kropli chloroformu w wodzie albo oliwy w wodzie, albo jakiegoś innego odpowiedniego ciała w cieczy, a badań takich wykonano bardzo wiele, dla zrozumienia mechanizmu ruchów istot żywych, to okaże się, że kropla chloroformu wykazuje ruchy zupełnie identyczne z ruchami różnych śluzowców i ameb. Wszakże całkowicie ruchów tych utożsamiać nie można, gdyż ruch kropli chloroformu jest wynikiem działania sił zewnętrznych i w zasadzie ustaje z chwilą ustalenia się równowagi, podczas gdy przyczyny wywołujące ruch ameby mogą być wprawdzie również natury zewnętrznej, ale będą także i swoistej, nie dającej się bliżej określić natury wewnętrznej. To samo widzimy w stosunku do ruchu jakiejkolwiek wyższej istoty. Nie da się zaprzeczyć, że na ruch ptaka np. działają siły, czyli czynniki zewnętrzne, jak np. głos, światło i t. p., wszakże ostatecznie bodźcem jego ruchu będą czynniki wewnętrzne.

Jeśli porównamy inne zjawiska podobne do siebie wśród materji nieożywionej i istot żywych, to również stwierdzimy na pewno tylko zewnętrzną analogję. Wzrost kryształu w nasyconym roztworze wykazuje znaczne różnice z wzrostem istoty żywej. Jakkolwiek i w jednym i w drugim przypadku odbywa się nagromadzenie substancyj z otoczenia i przez to zwiększenie pierwotnej masy danego osobnika, to jednak w kryształach następuje nakładanie, osadzanie się cząstek jednych na drugich, czemu nie towarzyszą zazwyczaj zmiany chemiczne, gdy tymczasem ustrój żywy rośnie i zwiększa swoją masę wskutek przetworzenia pobranych substancyj i całkowitej ich zmia-

ny pod względem chemicznym. Żywa istota różni się więc znacznie pod względem przejawów od materji nieożywionej. Czy jednak różni się bezwzględnie, innemi słowy, czy jest czemś absolutnie różnem od wszelkiej materji nieożywionej, na to odpowiedzieć nie można przed dokładnem zbadaniem istot żywych pod względem ich budowy chemicznej.

Skład chemiczny istot żywych. Badanie istoty żywej należy rozpocząć od wykazania, jakie pierwiastki wchodzą w jej skład. Uskutecznią się to drogą analizy chemicznej, która mieć będzie do rozwiązania zadania następujące. Jakie pierwiastki wchodzą w skład istot żywych. Jaki % stanowią te pierwiastki oraz, i to będzie najważniejsze zadanie, jakie ciała są zbudowane z pierwiastków wchodzących w skład istoty żywej, czyli z jakich się ona składa związków. Już wstępne badania wykazują, że istoty żywe składają się, jak wiadomo, w znacznej części z wody, której zawartość waha się w granicach nie mniejszych niż 50% ogólnej wagi ciała, a dochodzących do 90%, a nawet przekraczających tę liczbę.

Ta tak wielka stosunkowo procentowość wody we wszelkich ustrojach żywych ma ogromne znaczenie dla wszelkich wewnątrz ustroju rozgrywających się procesów życiowych, które tylko w takim środowisku płynnym przebiegać mogą.

Dalsza analiza substancji już obezwodnionej wykazuje przede wszystkim węgiel, który wykrywamy w sposób nader prosty, przez silne ogrzewanie jakiejś substancji żywej, wskutek czego doprowadzamy ją do stanu zwęglenia. Ilość węgla jest bardzo znaczna, gdyż wynosi więcej, niż 50%, t. j. więcej, niż połowę substancji suchej. Spalając żywą istotę, otrzymujemy w rezultacie produkty lotne i ciała stałe, które znajdziemy w popiele. Całkowita analiza wykazuje w istotach żywych następujące pierwiastki: węgiel, wodór, tlen, azot, siarka, fosfor, sól, magnez, potas, żelazo, chlor, jod, brom, fluor, krzem, miedź, glin, arsen. Nie wszystkie wymienione pierwiastki wchodzą w skład każdej istoty żywej; pierwiastki: brom, fluor, miedź, glin, arsen zdarzają się rzadko i tylko w specjalnych przypadkach. Jakkolwiek pozostałe pierwiastki są w żywych ustrojach bardzo rozpowszechnione, to jednak tylko nieliczne z pośród nich znajdują się w każdej istocie żywej. Są to: węgiel, wodór, tlen, azot, siarka i fosfor. Ponieważ one to tworzą przede wszystkim żywą substancję, czyli organizmy, przeto nadano im nazwę organogenów. Występując we wszystkich organizmach, wchodzą one w skład ich w różnym stosunku procentowym, który podlega nieznacznym wahanom, naogół przedstawia się tak:

węgla około 53%, wodoru ok. 7%, tlenu ok. 22%, azotu ok. 16%,
siarki „ 2%, fosforu „ 1%.

Pierwiastki te występują w przyrodzie w różnych połączeniach, w istotach żywych tworzą one trzy zasadnicze grupy związków organicznych, a mianowicie: węglowodany, tłuszcze i ciała białkowe. Węglowodany są to związki, w skład których wchodzi węgiel, wodór i tlen, w stosunku, który odpowiada ogólnemu wzorowi $C_m(H_2O)_n$; przykładem węglowodanów może być skrobia, cukier, glikogen. Skrobia i cukier są typowymi przedstawicielami węglowodanów roślinnych, glikogen występuje jako bardzo rozpowszechniony węglowodan zwierzęcy. Jedne z nich, jak cukier, są rozpuszczalne, inne, jak skrobia, są nierozpuszczalne. Węglowodany wchodzi w skład żywych ustrojów w różnych ilościach; w postaci materiałów zapasowych stanowią one niekiedy znaczną część masy danego ustroju, jak np. skrobia w kartoflu, cukier w buraku, ponieważ w tych właśnie związkach przeważnie zawarte są substancje zapasowe organizmów, zwłaszcza roślinnych; natomiast w organizmach zwierzęcych nie odgrywają już tak wielkiej roli. Węglowodany są ważnym składnikiem istot żywych, nie stanowią jednak tak znacznej części żywego ustroju, jak pozostałe ciała organiczne, a przede wszystkim ciała białkowe. Tłuszcze są to ciała w wodzie nierozpuszczalne, składają się również z węgla, wodoru i tlenu. Ciała te cechuje znaczna zawartość węgla, wynosząca od 60—80%, podczas gdy zawartość węgla w węglowodanach wynosi około 40%. Tłuszcze występują w organizmach często w znacznych ilościach, gdyż zwłaszcza organizmy zwierzęce w tej postaci nagromadzają materiały zapasowe; jak wiadomo, bardzo liczne zwierzęta posiadają zdolność nagromadzania bardzo znacznych ilości tych ciał.

Ciała białkowe, zwane też wprost białkami, są to najbardziej złożone z występujących w ustrojach ciał organicznych. W skład ich wchodzi: węgiel, wodór, tlen, azot i siarka, w skład wielu ciał białkowych wchodzi również i fosfor. Analiza ciał białkowych podaje następujące wartości przeciętne:

C — 50,6%—54,97%,	N — 15,0%—18,0%,
H — 6,5%—7,3%,	S — 0,3%—6,3%.
O — 21,5%—23,5%,	

Analiza substancji żywej wykazuje, że białko stanowi bardzo znaczny procent tej substancji, naogół znaczniejszy nawet u zwierząt niż u roślin, gdyż u roślin różne elementy mechaniczne, wzmacniające, są zbudowane przeważnie z węglowodanów, gdy tymczasem u zwierząt białko wchodzi również w skład części szkieletowych, jako ich składnik organiczny. Ciała białkowe są przeważnie nierozpuszczalne w wodzie, oraz nie przenikają przez błony zwierzęce; cecha ta jest bardzo ważna, gdy chodzi o pobieranie białka przez ustroje zwie-

rzące. W temperaturach niższych niż -20° i wyższych niż $+70^{\circ}$, białka ścinają się. Ciała białkowe tworzą olbrzymią grupę związków: liczba ich jest nie mniejsza niż liczba rodzajów zwierzęcych i roślinnych, gdyż w każdym rodzaju spotykamy odmienne białka, a i w jednym ustroju bywają różne białka. Ciała białkowe stanowią najbardziej złożone związki organiczne, ich cząsteczki są bardzo wielkie, a masa cząsteczkowa wynosi kilka tysięcy. Z tej przyczyny białka należą do ciał najtrudniejszych do zbadania; jakkolwiek od ich dokładnego poznania zależy poznanie istoty żywej, albowiem fakt, że ciała białkowe stanowią główną część komórki powoduje, iż główne właściwości fizyczne i chemiczne istot żywych są właśnie właściwościami białek. Jakkolwiek komórka składa się głównie z ciał białkowych, to jednak należy pamiętać, że żywa istota jest prawie zawsze utworzona ze wszystkich ciał organicznych, a ciała białkowe występują w niej w związku jeszcze z innymi ciałami, jak wodą, solami mineralnymi i innymi.

Rozpatrzywszy pokrótce cechy istoty żywej, winniibyśmy dojść do pewnej konkluzji, któraby dawała odpowiedź na pytanie, jakie zostało postawione na początku tego rozdziału, czy są i jakie są istotne różnice między istotami żywymi a materją nieożywioną. Odpowiedzi takiej dać jednakże nie można. Gdy bowiem z jednej strony, zarówno analiza przejawów życia, jako też składu chemicznego dowodzi znacznego podobieństwa istot żywych do materji nieożywionej, to z drugiej strony, zarówno zasadnicze cechy ustrojów posiadają swoiste znamiona, tylko im właściwe, jako też i ich budowa chemiczna, wprawdzie z powszechnie występujących pierwiastków złożona, jest odmienna od budowy związków nieorganicznych. Ostatecznie wypada stwierdzić, że wprawdzie wszelkie istoty żywe powstały z ciał składających się na materję nieożywioną i nie w nich niema takiego, czego nie byłoby w tej materji, to jednak różnią się one od materji tem czemś, co się nie daje dotychczas określić, a co stanowi istotę życia.

II. O POWSTANIU ŻYCIA NA ZIEMI.

Gdy zastanawiamy się nad jakąkolwiek istotą żywą, a specjalnie nad tem, skąd się ona wzięła na ziemi, to wszyscy dziś już wiemy, że każdy ustrój pochodzi od innych, do niego podobnych. Fakt ten, który obecnie jest w nauce ustalonym pewnikiem, stał się dorobkiem nauki od czasów stosunkowo niedawnych, gdyż dopiero od połowy zeszłego stulecia. Dawniej bowiem przypuszczano powszechnie, że istnieje możliwość t. zw. samoródtwa, t. j. powstawania żywych

istot wprost w jakimś podłożu, jak np. mięso, muł, piasek, gnijące liście, śmieci i t. p. Jeszcze obecnie ludzie nieoświeceni twierdzą, że w mięsie „zalegają się robaki”, nazywając robakami gąsienice much; lub że z deszczem ryby albo żaby spadają. Jest rzeczą zastanawiającą, że w „robaczywieniu” (verminatio) wierzyli najuczestni ludzie jeszcze w wieku XVIII. Fałszywe te poglądy obaliły ostatecznie wiekopomne badania Pasteura (wielkiego uczonego francuskiego), dokonane w połowie XIX wieku, który dowiódł, że samorodnie żadna istota powstać nie może. Fakty, które skłoniły Pasteura do wykonania jego badań, były następujące. Zagadnieniem możliwości samorodnego powstawania ustrojów żywych zajęli się uczeni jeszcze w wieku XVIII. Były to czasy, kiedy po raz pierwszy odkryto różne mikroskopowej wielkości ustroje i nazwano je wymoczkami (Infusoria). Obecnie nazwa ta została zachowana tylko dla jednej gromady pierwotniaków: w owych czasach do wymoczków zaliczano różne rośliny i zwierzęta, należące przeważnie do jednokomórkowców, ale także i różne inne, jak niektóre robaki, larwy różnych stawonogów i inne. Poznanie tego tak bardzo licznego świata żywych ustrojów, powstających w wodzie nalanej na siano, liście suche, mech i t. d., skłoniło uczonych do mniemania, że pojawiły się one tam samorodnie: nie znano bowiem wówczas tego pospolitego faktu, że różne rośliny i zwierzęta mogą jako otorbione i wyschnięte długo istnieć bez wody, a wrócić do normalnego życia dopiero po nastaniu odpowiednich warunków. Aby rozstrzygnąć to zagadnienie i udowodnić, że samorództwo nie istnieje, wykonano szereg różnych doświadczeń. Doświadczenia te polegały przeważnie na tem, że poddawano różne substancje organiczne, jak mięso, mleko i inne, gotowaniu albo silnemu ogrzewaniu, poczem, po pewnym czasie badano, czy zawierają żywe ustroje, wywołujące gnicie, czy też ich nie zawierają. Wszakże wyniki badań bywały rozbieżne. Jedni badacze twierdzili, że owe „wymoczki” nie pojawiają się w przegotowanych substancjach, inni dowodzili, że fakty temu przeczą, gdyż np. w żółtku drobnoustroje się pojawiają, nawet, jak się zdawało, po najdokładniejszym wygotowaniu. Spór między uznającymi możliwość samorództwa i przeczącymi tej możliwości postanowiła rozstrzygnąć Akademia Paryska, ogłaszając konkurs na wyświetlenie tej kwestji. Pasteur właśnie ostatecznie tego dokonał.

Pasteur zwrócił przedewszystkiem uwagę na powietrze, w którym poprzednio nie przypuszczano istnienia istot żywych. Obecnie wiemy z bakterjologii, że bakterje występują w dwóch formach: istot dojrzałych, przejawiających wszystkie funkcje życiowe i spor, inaczej zarodników, które są otoczone błoną i rozwijają się w dorosłe osobniki wówczas dopiero, gdy znajdują się

**Badania
Pasteura.**

w odpowiednich dla swego życia warunkach. Badając powietrze, Pasteur przekonał się, że i w powietrzu znajdują się bardzo liczne spory. Odkrycie to było bardzo ważne, gdyż wykazało możliwość przenikania spor z powietrza. Badania, dokonane bądź przez Pasteura, bądź przez innych uczonych, dały obfity materiał, dotyczący rozmieszczenia i ilości spor w powietrzu, w różnych warunkach. Obecnie wiadomo, że niema prawie takich miejsc na ziemi, gdzie powietrze wolne byłoby zupełnie od spor (wyjątek stanowią mają kraje polarne), gdyż nawet na szczytach górskich, nad lodowcami, na 1 m³ powietrza przypada średnio 1 spora. W powietrzu nad polami i lasami znajduje się średnio kilkanaście spor na metr sześcienny. Liczby te wzrastają znacznie w powietrzu miast, dochodząc już do kilkunastu tysięcy, przyczem w lecie spor jest dwa razy tyle co w zimie. Płosci spor, znajdujących się w wodzie i glebie, są tak olbrzymie, że się je oblicza nie na metr sześcienny, lecz na centymetr. Okazuje się, że nawet w wodzie źródlanej jest około 10 spor na 1 cm³, w rzekach po przepłynięciu przez wielkie miasto bywa już do 100.000 spor, np. w Sprewie poniżej Berlina, a w ściekach miejskich ilość ta dochodzi do 50.000.000.

W glebie drobnoustrojów bywa jeszcze więcej. Ziemia z łąk i pól zawiera ich około 1.500.000 na 1 cm³, a ziemia bardzo zanieczyszczona do 250.000.000. Jest rzeczą oczywistą, że wobec tak wielkich ilości spor, występujących wszędzie w przyrodzie, wystarcza najdrobniejsza niedokładność przy wykonywaniu doświadczeń, mających wykazać, że samoródtwo nie istnieje, aby spory przeniknęły — i wywołały fałszywe sądy. Sądzić zatem należy, że wszyscy poprzednicy Pasteura, którzy nawet w przegotowanych substancjach znajdowali drobnoustroje, nie umieli zapobiec ich wtargnięciu. Pasteur dowiódł ostatecznie, że jeśli, jak on to robił, jakkolwiek substancję organiczną gotować w zamkniętej kolbie szklanej przez kilka minut, przytem w ten sposób, aby powietrze uchodziło jednym wyjściem (przez pompę), a wchodziło przez rozżarzoną rurkę platynową, wskutek czego wszelkie spory zostają zabite, to po wykonaniu doświadczenia i zalutowaniu kolby drobnoustroje nie pojawią się wcale. Ponadto Pasteur wykazał, że wystarczy później na chwilę otworzyć kolbę, aby z powietrza weszły spory i rozwinęły się w krótkim przeciągu czasu. Wspaniałe doświadczenia Pasteura nie przekonały jednakże wszystkich uczonych. Niektórzy z nich twierdzili, że pewne drobnoustroje pojawiają się nawet w wygotowanych i wyjałowionych substancjach, trzymanyh w wysokiej temperaturze, równej 50°. Badacze ci mieli rację. I tu wszakże udało się następnie dowieść Pasteurowi, że w tym przypadku nie z samoródtwem mamy do czynienia, lecz tylko ze sporamii pewnej bakterji, które są nadzwyczajnie

wytrzymałe na wysoką temperaturę, gdyż giną dopiero po dłuższem gotowaniu w t.=135° C, a w t. 100° C nawet się rozwijają.

Pasteur dowiódł więc ostatecznie, że żadne istoty nie pojawiają się samorodnie. Lecz doniosłość jego badań i ich wyników ma znaczenie nie tylko teoretyczne. Dopiero od czasów Pasteura zaczęto stosować sterylizację, czyli wyjaławianie, czyli jeszcze inaczej odkażanie, a więc zabijanie bakteryj i ich spor we wszystkich tych przypadkach, gdy dostanie się bakteryj gnilnych, czy innych, mogłoby nastąpić ze szkodą dla organizmu. Dziś już żaden chirurg nie wykona najprostszej operacji, wręcz nie dotknie się chorego, póki nie zostaną odkażone jego narzędzia. Poza tem, dokładniejsze poznanie bakteryj pozwoliło na hodowanie ich w t. zw. czystych kulturach, czyli oddzielnie różnych gatunków. To dało ludziom możność poznania istotnych sprawców tyłu chorób, znanych pod nazwą infekcyjnych albo zakaźnych— i stworzyło metody unikania ich. Poznanie wreszcie bakteryj doprowadziło do poznania warunków, w których organizm może im się oprzeć. Nauka o szczepieniach ochronnych, tak powszechnie obecnie stosowanych, i przygotowywaniu odpowiednich środków, t. zw. surowie, powstanie swe również zawdzięcza odkryciom Pasteura. Tak więc badania, przedsięwzięte tylko w imię zagadnień naukowych, dały olbrzymie rezultaty na polu praktycznem, jak się to często zdarzało w dziejach nauki.

Badania Pasteura nie zaspokoili i zaspokoić nie mogły umysłów tych uczonych, którzy zastanawiają się nad pytaniem, jak, kiedy i w jakiej postaci powstało życie na ziemi. Można nawet powiedzieć, że jego odkrycia utrudniły rozstrzygnięcie tego pytania, skoro bowiem dowiedzione zostało, że żadne ustroje samorodnie powstawać nie mogą, to w takim razie jak sobie tłumaczyć zjawienie się życia na ziemi? Jest to oczywiście zagadnienie o znaczeniu teoretycznem, które dla biologa, badającego przyrodę żywą, czyli rośliny i zwierzęta, nie ma bezpośredniego znaczenia, tem niemniej interesowało ono i zawsze interesować będzie wiele umysłów. Niektórzy uczeni dowodzili, że i współcześnie w pewnych warunkach mogą powstawać samorodnie istoty żywe. Miano na myśli dno morskie, gdzie oddawna doszukiwano się początków życia. Był nawet czas, że w wydobytej z dna oceanu galaretowatej masie dopatrywano się cech żywej istoty. Okazało się jednakże, że domniemana żywa materja była w istocie rzeczy osadem różnych substancyj w alkoholu. Wobec braku danych o powstawaniu życia na ziemi zagadnienie o jego powstaniu przed wiekami nie może być ostatecznie rozstrzygnięte. Nauka, nie posiadając żadnych danych konkretnych, stworzyła cały szereg hipotez. Można je podzielić na dwie grupy. Jedne z nich przyjmują, że życie powstało na ziemi i starają się wyjaśnić,

jak to się stać mogło. Drugie przyjmują za rzecz możliwą, iż życie powstało gdzieś we wszechświecie, na którymś z za-
stygłych ciał niebieskich—i zostało przeniesione na zie-
mię. Zwolennicy pierwszej grupy hipotez przypuszczają, że, gdy na ziemi warunki fizyczne stały się takie, iż utworzyła się atmosfera, wody, a temperatura powierzchni ziemi spadła do kilkudziesięciu stopni ponad 0°, to wówczas te same procesy, które, powodując łączenie się różnych pierwiastków, doprowadziły do wytworzenia się rozmaitych związków nieorganicznych i organicznych, stworzyły też warunki, w których odpowiednie połączenie się niektórych, znanych już nam pierwiastków utworzyło pierwsze istoty żywe. Oczywiście, dokładniejsze dane o powstaniu pierwszych istot nie są znane zupełnie. Jak widać, hipotezy te również przyjmują istnienie samoródtwa, z tą tylko różnicą, że jest ono przypuszczam tylko w pewnej epoce w dziejach ziemi i specjalnych warunkach.

W ostatnich czasach udało się niektórym uczonym otrzymać drogą sztuczną cały szereg ciał organicznych, wskutek t. zw. syntezy chemicznej. Po otrzymaniu syntetycznie mocznika w r. 1828 przez Wöhlera, w czasach nowszych uzyskano tą samą drogą bardzo liczne połączenia chemii organicznej. Wreszcie w końcu zeszłego i na początku bieżącego stulecia dokonano syntezy wielu ciał, właściwych specjalnie istotom żywym. Otrzymano w ten sposób cukry, aminokwasy, a nawet z syntezy aminokwasów pewne ciała białkowe. Białka te posiadają wiele cech właściwych naturalnym ciałom białkowym. Jakkolwiek otrzymane ciała białkowe różnią się od białek, znajdujących się w istotach żywych przez to samo, że są martwe, to jednakże, jak widać, nauka jest już na drodze do odkrycia warunków, w jakich mogła powstawać materja żywa.

Hipotezy, przenoszące powstanie życia poza granicę ziemi, również w założeniu swem muszą przypuszczać samoródtwo, lecz już nie na ziemi, ale na planetach, albo dalszych jeszcze ciałach niebieskich. Jest rzeczą oczywistą, że nie przyczyniają się one właściwie zupełnie do rozstrzygnięcia zagadnienia, utrudniając je raczej, wskutek przeniesienia zagadnienia w warunki jeszcze mniej znane, niż istniejące lub możliwe na ziemi. W hipotezach tych jedna tylko kwestja specjalnie interesuje biologa. Czy jest możliwe, aby jakiegokolwiek ustroje mogły być przeniesione z jednego ciała niebieskiego na drugie. Pewne fakty zarówno z dziedziny badań biologicznych, jak też i badań astronomicznych zdają się za taką możliwością przemawiać. Trudność bowiem w przyjęciu tych hipotez polegała na tem, że nasze wiadomości o temperaturze przestrzeni międzyplanetarnych zdawały się uniemożliwiać przypuszczenie o wędrówce przez nie jakiegokolwiek ustrojów. Z drugiej strony zaś

nagrzewanie się ciał spadających na ziemię przy przechodzeniu przez atmosferę ziemską zdawałoby się czynić niepodobieństwem, aby jakiegokolwiek żywe istoty mogły tak wysoką temperaturę przetrzymać. Badania meteorytów wykazały jednak, że o ile powierzchnia ich nosi na sobie ślady bardzo wysokiej temperatury, to środek zawiera często substancje łatwopalne, które spaleni nie uległy, a więc najoczywściej na działanie wysokiej temperatury nie były wystawione. To byłyby zatem możliwe drogi dla przenoszenia się istot żywych, jakiegokolwiek, trzeba przyznać, mało prawdopodobne. Poza tem niektórzy fizycy stworzyli jeszcze ciekawszą hipotezę możliwości przenoszenia się żywych istot z planety na planetę dzięki sile promieni słońca. Badania fizyków wykazały, że promienie słoneczne wywierają siłę 0,5 mgr na 1 m² powierzchni ziemi. Siła ta byłaby wystarczająca, aby pchać przez przestworza ciała o kształcie kulistym, a średnicy nie większej niż 0,00016 mm, o ile oczywiście zniosłyby one temperaturę, wynoszącą około 200° C poniżej zera. Czy są takie spory, któreby tym warunkom zadośćczynić mogły? Na to biologja odpowiada, że tak jest istotnie. Poznano bowiem bakterje, których spory mierzą miljonowe części milimetra, a doświadczenia nad działaniem niskich temperatur na spory bakteryj pozwoliły stwierdzić, że niektóre spory wytrzymują działanie $t = -252^{\circ} \text{C}$ przez czas 6 miesięcy. Z tych więc względów hipoteza powyższa byłaby możliwa do przyjęcia. Wszakże, przypisując nawet tej hipotezie całkowite prawdopodobieństwo, pamiętajmy, że dzięki niej moglibyśmy co najwyżej przyjąć, iż pewne bakterje zjawiły się na ziemi z innych światów, albowiem tą drogą nie dałoby się usprawiedliwić zjawienia się wszystkich istot. A znów wszystkie nasze wiadomości o świecie zwierząt i roślin nie pozwalają na przypuszczenie, aby te bakterje mogły być praprzodkami świata żywych istot. Widać stąd, że pochodzenie życia na ziemi jest, jak dotąd, zupełnie niewyjaśnione, a wszystkim hipotezom można przypisać tylko wartość usiłowań umysłu ludzkiego, który zawsze pragnie przeniknąć tajemnice przyrody i poznać je.

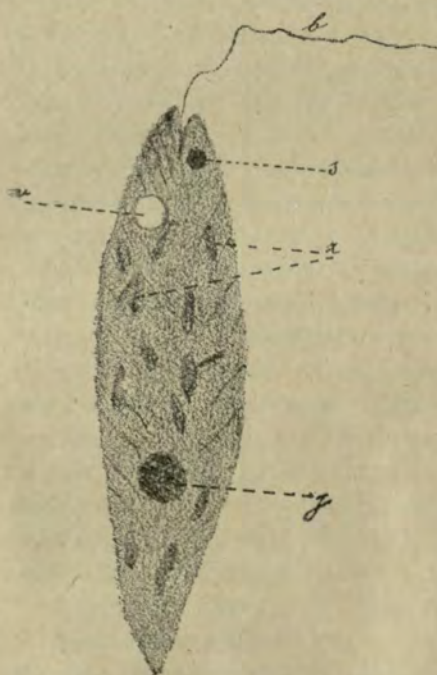
III. NAJPROSTSZE ORGANIZMY; ROŚLINA I ZWIERZĘ.

Określając istotę żywą i jej cechy, czyni to biolog bez względu na to, czy dana istota jest zaliczona do zwierząt czy do roślin. Fakt ten pozwala na wniosek, że cechy istoty żywej są niezależne od przynależności danego ustroju do świata zwierzęcego czy roślinnego. Jest to kwestja, którą trzeba rozpatrzeć nieco szczegółowiej, aby uświadomić sobie, na czym oparte są nasze pojęcia o roślinie i zwierzęciu, oraz czy i o ile są one wyrazem istotnych różnic.

Różnice między rośliną a zwierzęciem.

Zastanowienie się nad tą sprawą jest ważne, albowiem doprowadza do zrozumienia podstaw, na jakich opiera się biolog, opisując istotę żywą, gdy tymczasem zwykliśmy powszechnie dzielić organizmy na zwierzęce i roślinne i traktować je, jako pod każdym względem niemal postaci odmienne. Jest to rzecz zupełnie zrozumiała, gdyż w taki sposób myślimy od dzieciństwa, a podział nauki o istotach żywych na botanikę i zoologję nie przyczynia się do zmniejszenia pozornych różnic. Dla rozstrzygnięcia tej kwestji należy zanalizować ogólne pojęcia o roślinie i zwierzęciu i rozważyć, czy dadzą się one zastosować do wszystkich zwierząt i roślin. Nie ulega najmniejszej wątpliwości, że każdy, myśląc o roślinie lub zwierzęciu, wyobraża sobie przede wszystkim takie zwierzę, jak ssak, ptak, wogóle kręgowiec, lub też zwierzę należące do wyższych bezkręgowych, albo taką roślinę, jak drzewo, krzew, czy jakaś inna roślina wyższa. Te istoty rzeczywiście różnią się od siebie bardzo znacznie pod względem kształtu, sposobu żywienia się i innych cech i one to stwarzają, a raczej kształtują nasze poglądy, gdyż różnice powyższe postrzegamy za istotne. Każdy wszak na pytanie, czem się różni roślina od zwierzęcia, odpowie, że: roślina inaczej wygląda i nie rusza się, uważając, że omyłka jest niemożliwa. W rzeczywistości wszakże te, tak wybitne różnice zewnętrzne występują tylko wśród roślin i zwierząt o organizacji najbardziej złożonej, zanikają zaś bardzo szybko u istot o organizacji prostszej. Rozważając podstawy, na jakich określamy pewne istoty, dojdziemy łatwo do przeświadczenia, że rozumujemy przez analogję, która może być trafna, ale może również spowodować sądy fałszywe. Gdy np. mamy przed sobą kawałek chleba obficie porośnięty pleśnią i określamy pleśń, jako roślinę, to tok rozumowania naszego będzie mniej więcej taki: ponieważ organizm ten nie ma głowy, tułowia, nóg i t. p., rośnie, ale nie porusza się—więc będzie to roślina. W tym przypadku rozumowanie jest słuszne, ale to samo rozumowanie, zastosowane do wielu koralów lub choćby naszej słodkowodnej gąbki, będzie błędne. To ujemne doświadczenie pouczy nas o tem, że opieranie się na pewnych zewnętrznych cechach, właściwych wielu, ale nie wszystkim organizmom, jest niedostateczne. We wszystkich powyższych przykładach określenie przynależności danego ustroju jest jeszcze rzeczą łatwą: Zawodzi wprawdzie wygląd zewnętrzny, lecz wystarcza zbadanie budowy wewnętrznej. (Stąd też nadawaną w w. XVIII wielu różnym jamochłonom, niektórym szkarłupniom i innym nazwę zwierzokręgowców (*Zoophyta*) możemy traktować jako historyczną). Trudności bardzo wielkie w zaliczaniu danych istot do zwierząt lub roślin ujawniają się najczęściej przy określaniu pod tym względem organizmów jednokomórkowych.

czyli pierwotniaków. Rozpatrując pod mikroskopem takie ustroje, jak np. wiciowce, nie zawsze możemy od razu określić, czy oglądany okaz jest to roślina, czy zwierzę. Ponieważ istoty te składają się z jednej komórki, więc naogół budowa jest o tyle jednorodna, że również nie dostarcza danych i zmusza do zastanowienia się, czem właściwie różni się roślina od zwierzęcia, to znaczy jakie cechy ustroju posiadają zdecydowanie zwierzęcy lub roślinny charakter. Studjując różne istoty jednokomórkowe, spotykamy takie, gdzie wyszukanie powyższych cech staje się wręcz niemożliwe. Dla przykładu wystarczy rozpatrzyć taką np. Euglenę (rys. 1). Euglena żyje



Rys. 1. *Euglena viridis*. b—biczek; v — banieczka (wakuola) tętniąca; z — cząsteczki chlorofilu (chloroplasty); j—jądro; s—stigma.

Wszystkie te cechy Eugleny, które nietrudno wykryć, nie wystarczają jednakże dla określenia jej ani jako rośliny, ani jako zwierzęcia. I właśnie dopiero badając pierwotniaki, uświadomiamy sobie najlepiej, że cechy, które pochytywaliśmy za charakterystyczne dla roślin lub zwierząt, w stosunku do Eugleny nie mogą mieć zastosowania. Nie będzie więc taką cechą kształt, gdyż, jak wiadomo, już nawet dla wyższych ustrojów nie jest on decydujący, jak to jest u koralu i innych. Tak samo ruch nie będzie cechą dostateczną,

w różnych wodach, przeważnie stojących, w niewielkich kałużach lub rowach, a również w beczkach i kadziach ogrodowych, w studniach i t. p. Występuje często w tak ogromnych ilościach, że woda przybiera zabarwienie zielone, Euglena bowiem, jak wiadomo, jest zielona. Badając Eugleny przez mikroskop w powiększeniu słabym, zauważamy przede wszystkim, że poruszają się one we wszystkich kierunkach. Oglądając pojedynczy okaz Eugleny w silnym powiększeniu, stwierdzamy, że jest ona zbudowana z jednej komórki, posiada jądro, wodniczki, liczne ciała zielone, oraz w pobliżu jednego końca ciała małą, okrągłą, czerwona plamkę, t. zw. stigmę. Z końca ciała wybiega pojedyncza, dość długa nić, która, jak łatwo sprawdzić, jest dla Eugleny narządem ruchu.

jakkolwiek każdy skłonny jest poczytywać ruch za cechę specyficzną zwierzęcą, gdyż są liczne zwierzęta nie poruszające się, jak np. gąbki, korale, kaczenice, pewne osłonice i inne, i odwrotnie, znamy liczne poruszające się rośliny, jak np. bakterje. Pobieranie substancyj przez Euglenę również nie dostarczy pewnego dowodu, albowiem z wyjątkiem roślin zielonych wszystkie inne ustroje pobierają substancje organiczne, sam zaś sposób ich pobierania jest mniej więcej jednaki u wszystkich jednokomórkowców. Rozmnażanie Eugleny odbywa się przez podział, jest to wszakże forma rozrodu właściwa bardzo wielu ustrojom zarówno zwierzęcym jak i roślinnym. Pozostawałaby więc stigma, jako miejsce specjalnie czułe na światło: mogłaby ona jednakże o tyle tylko nasuwać analogję z okiem zwierząt wyższych, gdyby wszelkie inne rośliny były pozbawione podobnych ośrodków specyficznego wrażliwości. Badania wszakże wykazały, że jest inaczej. Znalaziono mianowicie podobne plamki barwne u wielu niewątpliwych roślin. A więc posiadanie stigm również nie rozstrzyga o przynależności Eugleny do roślin lub zwierząt, jak nie rozstrzyga o tem żadna z rozpatrzonych powyżej cech tej istoty. Stanowisko systematyczne Eugleny rzeczywiście nie jest ustalone w nauce. Botanicy zaliczają ją do roślin, zoologowie do zwierząt. Euglena nie stanowi wyjątku wśród ustrojów żywych. Cała gromada pierwotniaków, do których należy Euglena, nie daje się określić pod względem systematycznym. Gromada ta nosi nazwę wiciowców (*Flagellata*), zaliczone bowiem do niej pierwotniaki są zaopatrzone zazwyczaj w jedną wić na końcu ciała, służącą jako narząd ruchu. Do tej gromady należą różne formy, zarówno prowadzące żywot wolny, jak nocoświatliki, toczek, jak też i pasorzyty, jak różne *Trypanosomy* i inne. Wielu przyrodników uważa wiciowce dla wyżej przytoczonych względów za grupę, która stanowi punkt wyjścia dla świata roślinnego i zwierzęcego, inne bowiem jednokomórkowce, ze względu na cechy, jakie ujawniają, mogą być zaliczone do roślin, jak bakterje, sinice, okrzemki i inne, lub do zwierząt, jak korzenionózki, sporowce i wymoczki. Badanie Eugleny i podobnych do niej ustrojów doprowadza do przeświadczenia, że niema wcale istotnych różnic między zwierzętami i roślinami, skoro są organizmy, u których te różnice całkowicie się zacierają. Wskutek tego ustroje te nie są ani zwierzętami, ani roślinami, są to istoty żywe. Stwierdzenie tego faktu daje nam inny pogląd na przyrodę żywą, ucząc, że jest ona niepodzielna, a zwierzęta i rośliny są to jedynie jakby dwa konary, wyrastające ze wspólnego pnia.

IV. KOMÓRKA: CECHY FIZYCZNE I CHEMICZNE. BUDOWA KOMÓRKI. KARJOKINEZA.

Badając istoty żywe, począwszy od takich, które posiadają najprostsza organizację i nawet nie dają się rozpoznać, czy są roślinami, czy zwierzętami, a skończywszy na ustrojach najbardziej złożonych, roślinach czy zwierzętach, dostrzeżemy, oprócz wspólnych im wszystkim cech, znamionujących istoty żywe, jeszcze i wspólną cechę budowy.

Budowa komórkowa organizmów.

Wszystkie bez wyjątku istoty żywe zbudowane są z pewnych jednostek elementarnych, t. zw. komórek, które albo występują w większej liczbie, tworząc organizm wielokomórkowy, albo też tworzą organizmy, złożone z jednej komórki.

Komórki mogą być różnej wielkości i kształtu, mogą też spełniać różne funkcje w organizmie, znajdować się jako elementy żywe, bądź też obumarłe, zasadniczo jednak niema organizmów, któreby nie wykazywały budowy komórkowej, bardzo nieliczne wyjątki stanowią pewne najniższe rośliny (śluzowce—*Caulerpa*), zbudowane z jednej niezróżnicowanej masy plazmatycznej z rozsianymi w niej jądrami.

Ważne to odkrycie, dokonane niespełna sto lat temu, dowiodło, że świat istot żywych posiada jeszcze jedną cechę, wspólną dla roślin i zwierząt, a jest nią powszechna budowa komórkowa.

Odkrycie komórki.

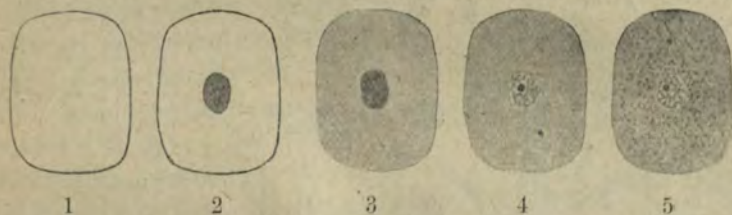
Nie odrazu uczeni ocenili znaczenie komórki dla nauk biologicznych. Od chwili odkrycia komórki do czasów ugruntowania się poglądów na znaczenie komórki upłynęły blisko dwa stulecia. Komórka po raz pierwszy została dostrzeżona i opisana przez Anglika Roberta Hooke'a, który w r. 1665 wydał książkę p. t. „*Micrographia curiosa*”, a w niej opisy i rysunki rzeczy, jakie przez ówczesny, a ulepszony przez siebie mikroskop zbadał. W książce tej opisał on komórki, jakie dostrzegł w korku. W kilkanaście lat później opisali różne komórki roślinne Nehemias Grew i Marcello Malpighi.

W tych czasach poznano tylko komórkę roślinną, która zwykle jest dość duża, stąd łatwiej jest dostrzegalna, a w niektórych przypadkach, np. w łodygach różnych roślin, posiada takie wymiary, że ją można widzieć okiem nieuzbrojonym. Przez cały wiek XVIII uczeni mało zajmowali się komórką, tak że powtórne jakgdyby odkrycie komórki przypada na pierwszą połowę wieku XIX, gdy w r. 1838 Schleiden, a w r. 1839 Schwann opisują komórki roślinne i zwierzęce i stwierdzają powszechność, jako składnika istot żywych.

Od tych czasów też zaczynają się właściwe badania komórkowe. Dawniejsi bowiem badacze nie przypisywali komórce większego zna-

czenia. Wyraziło się to przedewszystkiem w tem, że nie dociekali zupełnie, jakie znaczenie posiada zawartość komórki, opisując tylko otaczającą ją błonę i przypuszczając, że w niej tkwi istota rzeczy. Dopiero w pierwszej połowie XIX w. wykryto, że w każdej komórce znajdują się nieodmiennie różne składniki. W r. 1831 botanik Brown wykrył w komórce obecność jądra. Nieco później przekonano się, że substancja, otaczająca jądro, jest cieczą, której skład i charakter mogą być bardzo różne, lecz stanowi ona składnik stały i właściwy każdej komórce. Substancję tę nazwano protoplazmą albo plazmą; po polsku nazywamy ją zarodnią.

W drugiej połowie zeszłego stulecia znaleziono w komórce jeszcze inne stałe składniki. W jądrze stwierdzono powszechnie obecność jednego lub kilku jąderek. W plazmie, jak się okazało, istnieje małeńkie ciało, t. zw. centrosoma, albo śródciało. W plazmie ponadto w ostatnich czasach znaleziono jeszcze pewne składniki, które, zdaniem badaczy, mają się znajdować we wszystkich komórkach.



Rys. 2. Schematy, ilustrujące stopniowy rozwój wiadomości o komórce. 1 — z komórki znana tylko błona komórkowa (czasy Hooke'a); 2 — wykrycie stałej obecności jądra (początek w. XIX); 3 — wykrycie plazmy w każdej żywej komórce; 4 — wykrycie złożonej budowy jądra i istnienie jąderka; 5 — stwierdzenie złożonej budowy plazmy.

Jednocześnie wraz z wykrywaniem nowych składników komórki rozszerzała się i pogłębiała znajomość składników już dawniej poznanych. Badania wykazały, że plazma i jądro nie są tak proste, ani jednorodne, jak pierwotnie mniemano, przeciwnie, są to elementy o budowie bardzo złożonej (rys. 2). Coraz powszechniejsze badania, ustaliwszy fakt, że wszystkie istoty żywe posiadają budowę komórkową, jednocześnie dały materiał do poznania wielkości komórki i różnych, nieraz bardzo swoistych, jej kształtów.

Obecne nasze wiadomości o komórce przedstawiają się w sposób następujący. Komórkę charakteryzujemy jako elementarną jednostkę życiową, która, albo będąc organizmem samodzielnym, albo wchodząc w skład każdego organizmu, składa się z otoczonej błoną bryłki zarodni, o swoistej budowie, za-

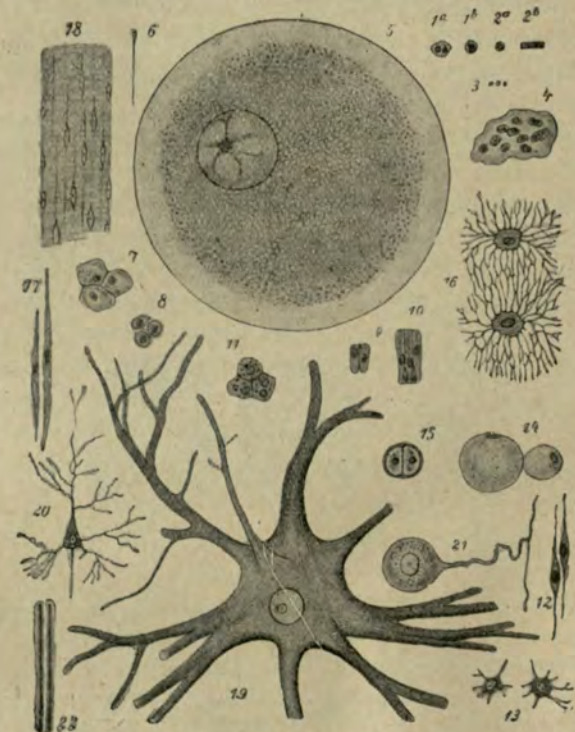
wierającej pewne stałe składniki, wewnątrz której znajduje się jądro wraz z jednym lub więcej jąderkami.

Wielkość i kształt komórki.

Wielkość i kształt komórki bywają bardzo rozmaite. Wielkość komórki leży w granicach powiększeń mikroskopowych, to znaczy, że komórkę można widzieć do-

brze tylko przy użyciu mikroskopu. Dokładniejsze badania wielkości komórek zmusiły do stosowania pewnej jednostki miary, któraby umożliwiała porównania wymiarów różnych komórek. Jednostką taką, oznaczaną grecką literą μ , jest mikron = 0,001 mm. Bardzo wiele komórek waha się w granicach kilkunastu μ , są wszakże komórki znacznie większe.

Kształt komórek nie daje się ująć w żadne reguły i określenia ogólne. Komórki, znajdujące się w warunkach takich, że mogą przybierać kształty dowolne—to znaczy nie ściśnięte przez inne, mają przeważnie kształt kulisty lub do kulistego zbliżony. Komórki, wchodzące w skład organizmów, przyjmują różną postać, przyczem uwidoczni się wów-



Rys. 3. Różne kształty komórek (pow. w jednej skali). 1a i 1b—białe ciała krwi; 2a—czerwone ciała krwi; 2b—te same ciała, ułożone obok siebie w t. zw. rulonie; 3—płytki krwi; 4—komórka wielojądrowa; 5—komórka jajowa; 6—k. plemnikowa; 7, 8, 9, 10—komórki nabłonka; 11—k. wątroby; 12—k. wrzecionowate tkanki łącznej; 13—k. gwiaździste; 14—k. tłuszczowe tkanki łącznej; 15—k. chrzęstne; 16—k. kostne; 17—k. mięśni gładkich; 18—k. mięśni prążkowanych; 19—k. nerwowe, ruchowe, z rdzenia; 20—k. piramidalne z rdzenia; 21—k. nerwowe z układu współczulnego; 22—kawalek włókna nerwowego.

czas zależność kształtu komórki od jej funkcji w organizmie. Znamy komórki kuliste, jak jajowe, płaskie, jak w nabłonku, wrzecionowate—w mięśniach, gwiaździste—w nerwach, walcowate—w nabłon-

ku i t. p. Charakterystyczniejsze kształty komórek przedstawia tablica, (rys. 3), (porówn. ponadto komórki jajowe i plemnikowe w rozdz. o rozmnażaniu). Każda komórka jest otoczona błoną, która jest wytworem zarodźci. Błona komórkowa jest bardzo elastyczna i rozciągliwa w komórkach młodych, w komórkach starych może podlegać różnym procesom, które całkowicie zmieniają jej charakter, np. w komórkach roślinnych procesami takimi są: zdrewnienie lub skorkowacenie. Błona komórkowa jest przenikliwa dla wody i ciał gazowych, wskutek czego może się odbywać wymiana tych substancyj między komórką a otoczeniem.

Zaródź. Wewnątrz błony jest zaródź. Jest to substancja, posiadająca cały szereg cech, których poznanie jest niezbędne dla zrozumienia wszelkich zjawisk życiowych komórki, odbywających się przedewszystkiem w tem podłożu. Zaródź może być rozpatrywana ze względu na swe cechy fizyczne, chemiczne i morfologiczne, czyli cechy budowy.

Fizyczne cechy zarodźci. Pod względem fizycznym zaródź jest ciałem, którego konsystencji jednym słowem określić nie można. Nie jest ona bowiem ciałem stałym, ale też nie jest i płynem w powszechnem rozumieniu tego słowa, nie można jej też przyrównać do płynów tak gęstych, jak np. oliwa. Zasadniczą bowiem cechą każdego płynu jest to, że przyjmuje wszelką postać zależnie od przestrzeni, jaką płyn zajmuje, gdy tymczasem plazma zachowuje pewną określoną postać. Określa się powszechnie plazmę, jako substancję półgęstą, galaretowatą lub śluzowatą. W określeniu tem jest niewątpliwie nieściśłość, lecz gęstość plazmy dokładniej nie daje się określić, i ponadto, jak wynika z badań, jest jeszcze kwestją sporną.

Dane powyższe przemawiałyby za tem, że plazma jest ciałem niejednorodnem, zachowującym się rozmaicie w stosunku do różnych czynników.

Ciężar gatunkowy plazmy oznaczono z wielu badań na 1,1 w stosunku do wody przyjętej za 1.

Pod względem optycznym plazma jest prawie całkowicie bezbarwna i przezroczysta, a światło załamuje nieco silniej niż woda; a więc, rozpatrywanie plazmy niebarwionej jest bardzo trudne, gdyż nieznaczna różnica w załamaniu promieni świetlnych w plazmie, w porównaniu z załamaniem w wodzie powoduje, że, oglądając plazmę niebarwioną w wodzie, nie otrzymujemy wyraźnych obrazów.

Chemiczne cechy zarodźci. Pod względem chemicznym plazma jest ciałem bardzo złożonem. Składa się ze związków organicznych, do których należą białka, węglowodany i tłuszcze, oraz ze związków nieorganicznych, a mianowicie z wody i pewnych soli.

Ciała te wchodzą w skład plazmy w różnym ustosunkowaniu. Ponieważ o składzie chemicznym ciał organicznych była mowa w rozdziale I-ym, więc obecnie zastanowimy się tylko nad tem, w jakim stosunku ciała te tworzą plazmę.

Zbadanie tego jest rzeczą bardzo trudną. Trudności polegają na tem, że nie jest rzeczą możliwą badać plazmę żywą; gdy na plazmę zaczynamy działać różnemi czynnikami, dla uzyskania analizy, jest ona już w gruncie rzeczy istotą martwą i nie mamy żadnej pewności, czy w obiekcie naszych badań nie zaszły ogromne zmiany w porównaniu z ustrojem żywym. Oprócz tych trudności są jeszcze i inne, a przedewszystkiem niemożność otrzymania większej ilości samej tylko plazmy, bez innych elementów komórkowych.

Badając plazmę, stwierdzamy, że najwięcej ilościowo zawiera ona wody. Jeśli wyłączyć nasiona, które w stanie wyschniętym zawierają zaledwie parę % wody, to okaże się, że organizmy zwierzęce i roślinne zawierają niemniej, niż 50% wody, a zwykle ilość ta jest znacznie większa. Wykazano, że kręgowce zawierają od 50 — 70% wody, bezkręgowce zaś znacznie więcej. Ilość wody — zwłaszcza u różnych morskich jamochłonów dochodzi do 99%, jaką podają dla jednej z meduz—*Carmarina*. Tak znaczna ilość wody tłumaczy się tem, że wszystkie procesy życiowe, jakie zachodzą w ustroju, dokonują się w środowisku płynnem. Ilość soli w plazmie podlega znacznym wahaniom. Bywa ich mniej nawet, niż 1%, ale dochodzić mogą do 70%. Sole, wchodzące w skład plazmy, możemy otrzymać w postaci popiołu, gdy plazmę będziemy spalać. Analiza wykazuje wówczas, że w plazmie spotykamy najczęściej sole potasu, sodu, magnezu i wapnia.

Z ciał organicznych największy % stanowią w plazmie ciała białkowe, których ilość dochodzi 80%, a nawet przekracza tę liczbę.

Na drugim miejscu stoją tłuszcze, których bywa do 30%. Węglowodany zajmują miejsce ostatnie i pod względem zawartości procentowej, gdyż bywa ich do 10% zaledwie—i dlatego jeszcze, że często plazma nie zawiera tych ciał weale.

Podane cechy chemiczne plazmy odnoszą się w zasadzie zarówno do plazmy roślinnej, jak i do zwierzęcej, jakkolwiek trzeba zaznaczyć, że w plazmach tych występują pewne różnice ilościowe. Dotyczą one przedewszystkiem występowania soli i ciał organicznych. Soli plazma roślinna zawiera naogół mniej niż zwierzęca. Z ciał organicznych — plazma roślinna zawiera więcej węglowodanów, niż zwierzęca, mniej białek, a jeszcze mniej tłuszczów.

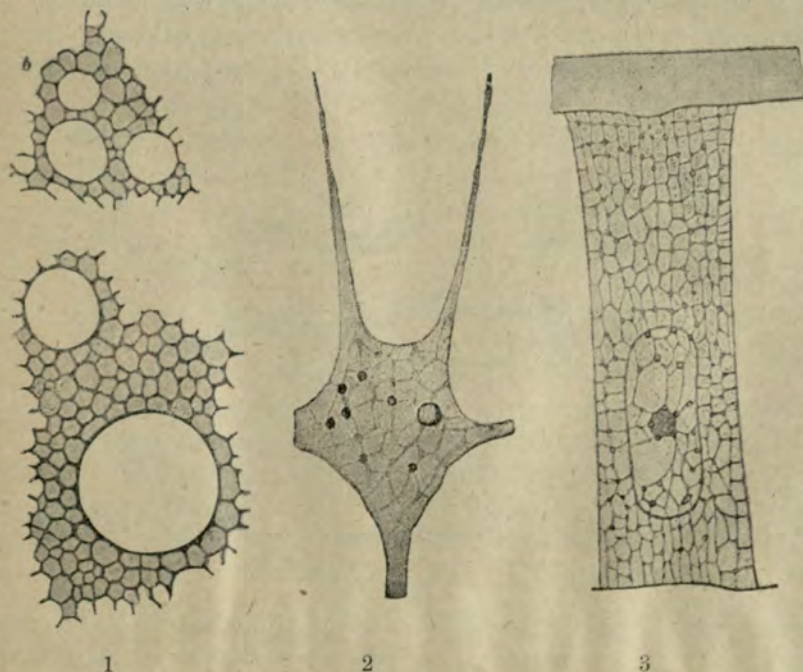
Cechy morfologiczne zarodki. Budowa morfologiczna, czyli struktura plazmy jest również, jak i jej cechy fizyczne i chemiczne, nie zawsze jednakowa.

W końcu zeszłego stulecia mniemano powszechnie, że budowa plazmy jest zawsze stała i jednaka. Jednakże nie wszystkim badaczom przedstawiała się ona jednakowo. Zgadzała się ona na jedno, że plazma składa się z dwóch substancyj, z których jedna — jednorodna stanowi jakgdyby podłoże dla drugiej, która się w tej pierwszej mieści. Natomiast co do wyglądu i charakteru tej drugiej części plazmy zachodziły różnice poglądów. Jedni badacze wyobrażali ją sobie w postaci siateczki, inni w postaci drobnych włókienek, jeszcze inni w postaci ziarenek (rys. 4). Najwięcej zwolenników liczyła wszakże teoria budowy t. zw. piankowej, której twórcą był Bütschli, orzekająca, że plazma ma postać pianki, to znaczy składa się z dwóch substancyj, z których jedna tworzy jakgdyby przegródki, wewnątrz których znajduje się druga substancja, bardziej płynna (rys. 5).



Rys. 4. Struktura plazmy: Plazma o budowie ziarnistej. Komórki wątroby.

Późniejsze badania dowiodły jednak, że poglądy powyższe nie mogą być uważane za słuszne: albowiem pod względem struktury plazma tak samo nie jest zawsze jednakowa — i może się różnie przedsta-



Rys. 5. Struktura plazmy. Plazma o budowie piankowej. 1. Część plazmy korzenionózki *Thalassicola*. 2. Część plazmy z nibynózki *Miliola* (*Rhisopoda*). 3. Komórka z nabłonka dżdżownicy. b—pianka z oliwy zmieszanej z cukrem.

wiać, zależnie od komórek, które badamy, ich stanu fizjologicznego i t. p.

Plazma więc i pod względem fizycznym, chemicznym i morfologicznym jest ciałem bardzo złożonem i bynajmniej nie jednakowem. Obecnie przyrodnicy sądzą, że plazma jest nawet raczej zespołem różnych jeszcze mniejszych i prostszych od niej jednostek i charakter plazmy zależy od ilości i rodzaju tych jednostek.

Drugim stałym składnikiem komórki, różnym od plazmy, jest jądro (nucleus). Niema żywej komórki, ani roślinnej, ani zwierzęcej, któraby jądra nie posiadała. Znane zaś a bardzo nieliczne przypadki komórek pozornie bezjądrowych zawsze okazują się zjawiskami wtórnymi. Jak wiadomo powszechnie, nie posiadają jądra czerwone ciała krwi, czyli erythrocyty ssaków. W tym przypadku jednak mamy do czynienia z zanikiem jądra w komórce dorosłej, podczas gdy w komórkach zarodkowych jądra istnieją.

Dalsze jego losy tłumaczone są w sposób dwojaki. Jedni uczeni sądzą, że substancja jądrowa została rozpuszczona w substancji plazmatycznej, inni, że przy ostatecznem kształtowaniu się komórki została ona z niej usunięta.

Drugi przypadek pozornej bezjądrowości dotyczy niektórych jednokomórkowych ustrojów, a przede wszystkim bakteryj (rys. 6). Bakterje często jądra nie wykazują. Lecz fakt ten nie dowodzi



Rys. 6. Budowa niektórych bakteryj, wykazująca różne rozmieszczenie substancji jądrowej.

braku jądra u bakteryj wogóle, a tylko braku jądra zróżnicowanego, które może się znajdować w stanie nie skupionym, lecz rozrzuconym w postaci drobnych cząsteczek, ziarenek w całej plazmie. W tej postaci znajdujemy istotnie jądro w tych organizmach.

W dawniejszych czasach opisywano różne ustroje rzekomo bezjądrowe pod nazwą moner, ale w tych monerach również później obecność jądra wykryto. Stwierdzenie tego faktu obalilo pogląd, mający swe uzasadnienie teoretyczne, że, skoro komórka—ten elementarny organizm żywy—jest tak bardzo złożona, to należy przypuszczać możliwość istnienia ustrojów prostszych. Jak widzimy, jest to tego samego rodzaju pogląd, jak ten, który doszukiwał się powstania nowych istot żywych w mule mórz i oceanów. Ścisłe badania nie usprawiedliwiły hypotetycznego domniemania i w tym przypadku.

Każda komórka posiada jedno jądro. Jest to ogólna reguła, od której bywają nieliczne wyjątki. Spotykamy je wśród jednokomórkowców, np. u rzęskowców bardzo często istnieją dwa jądra, z których każde posiada zupełnie odmienną funkcję (por. *Stylonychia* w rozdz. o rozmnażaniu). Niektóre rzęskowce, jak np. pasorzytnicza *Opalina*, posiadają wiele jąder (rys. 7). U tkanekowców rzadko jest więcej, niż jedno jądro. Zdarza się to np. w komórkach wątroby różnych zwierząt, zwłaszcza płazów, w niektórych komórkach nerwowych: jądra te nie różnią się od siebie ani kształtem, ani czynnościami.

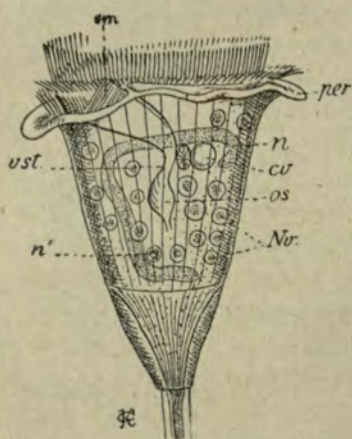
Jądro zajmuje zazwyczaj położenie środkowe w komórce. O ile kształt komórki bywa bardzo różny, o tyle jądro zachowuje przeważnie kształt okrągły lub owalny i jądra o innych kształtach, jak np. o kształcie gwiazdzistym, sierpowatym i in. (rys. 8 i 9), zdarzają się bardzo rzadko. Wielkość jądra nie jest w prostym stosunku do wielkości komórki. Próby ilościowego, liczbowego stosunku jądra do plazmy nie dały niezmiennych rezultatów. Cechy jądra w porównaniu z plazmą są następujące: jest ono ciałem nieco silniej łamiącym światło, niż plazma, to też nawet w komórce niebarwionej daje się dostrzec w postaci ciemniejszego od plazmy pęcherzyka. Jądro, również jak i plazma, składa się z ciał o różnorodnych właściwościach, lecz zdaje się być nieco gęstszej konsystencji. Pod względem chemicznym jądro jest również ciałem bardzo złożonym, w skład którego wchodzi przede wszystkim ciała białkowe t. zw. nukleoproteidy oraz tłuszcze w niewielkiej ilości, nie przekraczającej kilku procentów. Otrzymanie większych ilości czystej substancji jądrowej jest niezmiernie trudne, to też badania prowadzono na takim tylko materiale jądrowym, jaki w większych ilościach udało się uzyskać, a mianowicie na plemnikach ryb łososiowatych. Analiza elementów jądrowych nie wykazała w nich węglowodanów. Jądro posiada reakcję zasadową w odróżnieniu od plazmy, która posiada reakcję kwasową.



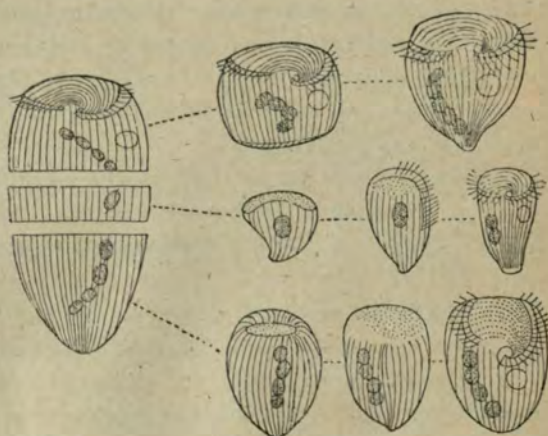
Rys. 7. *Opalina ranarum*. Pierwotniak, należący do wymoczaków. W plazmie widać znaczną ilość kulistych jąder.

Jest to bardzo ważny szczegół, posiadający wielkie znaczenie praktyczne. Wskutek tych różnych właściwości jądra i plazmy, można stosować rozmaite barwniki, z których jedne barwić będą tylko plazmę, inne tylko jądro. Obecnie metoda barwienia komórki jest wszechstronnie opracowana i pozwala na wyraźne zróżnicowanie tych elementów — co ogromnie ułatwia badania.

Jądro jest otoczone błoną różnej gęstości, przeważnie b. cienką. Wewnątrz błony znajduje się sok jądrowy, bliżej niezbadany, co do swego charakteru i składu, a w nim dwie substancje: linina i chromatyna. Linina, zwana inaczej achromatyną, stanowi jakgdyby rusztowanie, złożone z cieniutkich włókienek, przebiegających w różnych kierunkach i mogących wytwarzać gęstą siateczkę; substancja ta nie barwi się wcale lub bardzo nieznacznie barwnikami plazmatycznymi. Chromatyna składa się z substancji, która może mieć różny wygląd,



Rys. 8. Wymoczek *Carchesium polypinum*. n — jądro t. zw. główne; n' — jądro t. zw. poboczne.



Rys. 9. Wymoczek *Stentor* przecięty na kilka części, odradza części odcięte z każdego kawałka, jeśli jest w nim cząstka jądra. Dowodzi to znaczenia jądra w komórce, a zarazem zdolności t. zw. regeneracyjnych pierwotniaków.

jak ziarenek, grudek, nacieków, nitek, pałeczek i t. p. Są one ułożone na linii albo w przestrzeniach wolnych od jej włókien. Chromatyna barwi się bardzo energicznie, stąd też pochodzi jej nazwa. Chromatyna jest nadzwyczaj ważnym składnikiem, co się okazuje w procesie rozmnażania jądra, gdzie wówczas odgrywa ona główną rolę.

Wewnątrz jądra znajdujemy jedno lub więcej jąderko (nucleolus). Jąderko jest to okrągłe zwykle ciało, silnie łamiące światło i mało przezroczyste. Znaczenie jąderka, jego struktura, skład chemiczny są do dzisiaj zupełnie niewyjaśnione. Wiadomo, że jąderko nie jest składnikiem jądra, tak istotnym jak

wszystkie inne, mimo to spotykamy je w każdej normalnej komórce. Poglądy na znaczenie jąderka są bardzo różne. Jedni badacze widzą w niem produkt przemiany materji jądra, inni—nagromadzenie produktów odżywczych dla jądra, a są i jeszcze inne zapatrywania, których rozważać nie będziemy.

Śródciałko. W obrębie plazmy wykryto w ostatnich czasach jeszcze pewne składniki, które, jak sądzić można, stale w komórkach występują. Jeden z nich to t. zw. aparat siateczkowy Golgi'ego, stanowiący delikatną siatkę, którą ujawnić można w plazmie, niezależnie od struktury, jaką dana plazma posiada. Znaczenie tego składnika nie jest znane. Drugi to t. zw. centrosoma, śródciałko, ciałko maleńkie, o kształcie kuleczki, które mierzy około 1 μ , a mieści się zwykle w pobliżu jądra. W komórce znajduje się jedno lub dwa śródciałka; jeśli są dwa—to leżą tuż przy sobie, połączone mostkiem z substancji plazmatycznej. Śródciałka odgrywają specjalną rolę w czasie rozmnażania się komórki; gdy komórka jest w spoczynku, to są one nawet często zupełnie niewidoczne.

Inne składniki komórki. Oprócz opisanych części składowych komórki, którym często nadajemy wspólną nazwę organoidów, tak, jak to ma miejsce u pierwotniaków, istnieją jeszcze inne, wykryte przeważnie w plazmie już w XX wieku. Występują one w różnej postaci, zazwyczaj ziarenek lub nitek, i otrzymały różne nazwy, jak chromidja, mitochondrja i inne. Nie będziemy ich rozpatrywać, ponieważ powszechność ich występowania nie jest ustalona, a również nie jest zbadane znaczenie dla komórki.

Badając komórkę, nie można poprzestać na opisie jej części składowych, należy dążyć do wyjaśnienia znaczenia tych części i wzajemnego stosunku. Z tego stanowiska traktując komórkę, trzeba przedewszystkiem wyjaśnić stosunek wzajemny dwu najważniejszych części komórki, t. j. jądra i plazmy.

Stosunek jądra do plazmy. Fakt, że jądro składa się z tych samych zasadniczo substancyj, z jakich składa się plazma, poparty ponadto najnowszemi badaniami, wykazującemi, że różne organoidy plazmy mają całkowicie charakter jądrowy, i zdają się z jądrowej substancji pochodzić, pozwala na twierdzenie, że jądro jest specjalnem co do miejsca i kształtu zróżnicowaniem plazmy. Znaczy to, że jądro należy rozumieć, jako składnik komórki późniejszy, który powstał z jednorodnej pierwotnie praplazmy.

Obecnie wiemy, że jądro stanowi niezbędną część plazmy i oddzielenie tych składników od siebie powoduje śmierć obu. Powyższe twierdzenie zostało oparte na badaniach doświadczalnych. Aby ustalić wzajemną zależność jądra i plazmy, dokończa się t. zw. merotomji, t. j. takiego rozcięcia komórki, aby jedną cząstkę stanowiła tylko plazma, drugą jądro. Jest to rzecz bardzo trudna pod względem technicznym, niemniej jednak wielu uczonym udało się dokonać tej sztuki

na licznych a względnie dużych pierwotniakach, jak ameby, stentory i inne (rys. 9). Z tych badań okazało się, że odcięta część pierwotniaka żyje i zdolna jest do całkowitego zregenerowania się, czyli odtworzenia substancji utraconej, o ile zawiera drobną nawet ilość substancji jądrowej: pozbawiona zaś jądra plazma obumiera. Zagadnienie, czy samo jądro zdolne jest odtworzyć osobnika było do ostatnich czasów bardzo trudne do rozstrzygnięcia, z powodu trudności wycięcia tylko jądra bez cząstek plazmatycznych. Obecnie zostało rozstrzygnięte w tym sensie, że samo jądro również ginie.

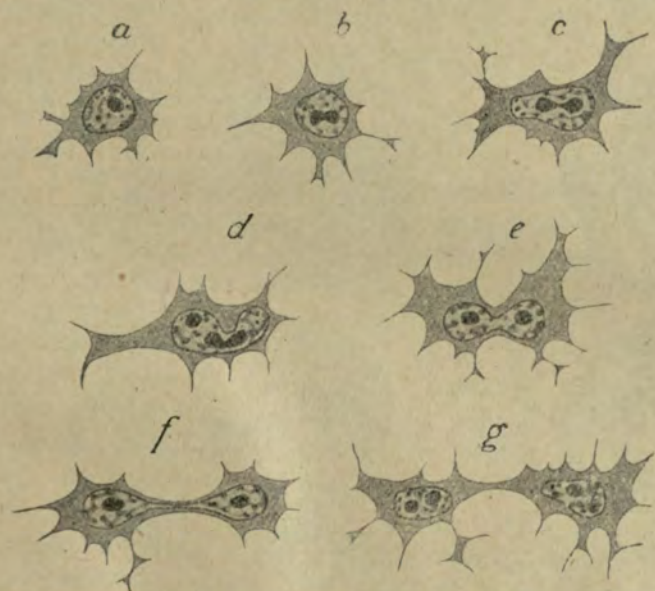
Stosunek jądra do plazmy. Niemniej ważne jest zagadnienie stosunku plazmy do jądra ze względu na czynności komórki. Komórka i jako składowa część organizmów, i jako ustrój samodzielny, jako pierwotniak — żyje, to znaczy spełnia szereg funkcji, stanowiących w całości swej życie. Wobec zróżnicowania komórki funkcje te mogą być spełniane przez oba główne składniki, bądź też może istnieć podział czynności. Niegdyś przypuszczano, że w procesach życiowych zachodzi podział czynności między plazmą i jądrem. Sądzono mianowicie, że plazma spełnia funkcje: ruchu, przemiany materji i energii, i pobudliwości, jądro zaś — funkcję rozrodu. Obecnie wiemy, że żadna z funkcji życiowych nie może się dokonywać ani tylko w plazmie, ani tylko w jądrze, gdyż oba te składniki komórki we wszystkich procesach życiowych biorą zarówno udział.

Rozpatrzywszy tę elementarną jednostkę życiową, jaką jest komórka, widzimy jak bardzo jest ona skomplikowana, i jako całość i jako zespół poszczególnych składników. Badania dowiodły, że im głębiej wnikamy w budowę komórki, im lepsze metody stosujemy, aby ją poznać, tem bardziej zawiła okazuje się jej budowa. Nie możemy więc nawet powiedzieć, czy przyszłość nie wzbogaci nas jeszcze w nowe odkrycia w tej dziedzinie i czy nie poznamy jeszcze innych nowych składników komórki.

Komórka, będąca ustrojem samodzielnym lub też częścią składową organizmu wielokomórkowego, żyje, t. j. przejawia wszystkie cechy życia. Funkcje te są zazwyczaj związane w jedną całość w całym organizmie; jest natomiast jedna, która przebiega całkowicie w obrębie komórki, wywołując w niej bardzo łatwo dostrzegalne zmiany morfologiczne; jest to rozmnażanie.

Rozmnażanie się komórki. Cecha żywego ustroju, zdolność do rozrodu jest właściwa każdej żywej, w skład ustroju wchodzącej komórce. Komórka rozradza się, czyli rozmnaża w sposób dwojaki. Przez podział prosty, polegający na przewężeniu jądra — później plazmy — i utworzeniu w ten sposób dwu potomnych

komórek. Ten sposób rozmnażania się komórek jest powszechnie znany, gdyż tak przebiega on u ameby. Niegdyś mniemano, że tak jak ameba, rozmnażają się wszystkie ustroje jednokomórkowe—oraz wszystkie komórki w organizmie złożonym. Późniejsze badania wszakże, rozpoczęte w połowie zeszłego wieku, wykazały, że pogląd ten jest niezgodny z rzeczywistością. Nie tylko nie wszystkie komórki rozmnażają się, jak ameba, lecz przeciwnie, bardzo rzadko obserwujemy w komórce podział prosty (rys. 10), przeważającym okazał się podział t. zw. pośredni, czyli mitotyczny, zwany również karjokinezą albo mitozą. Mitoza znaczy więc, karjokineza jest wyrazem zło-

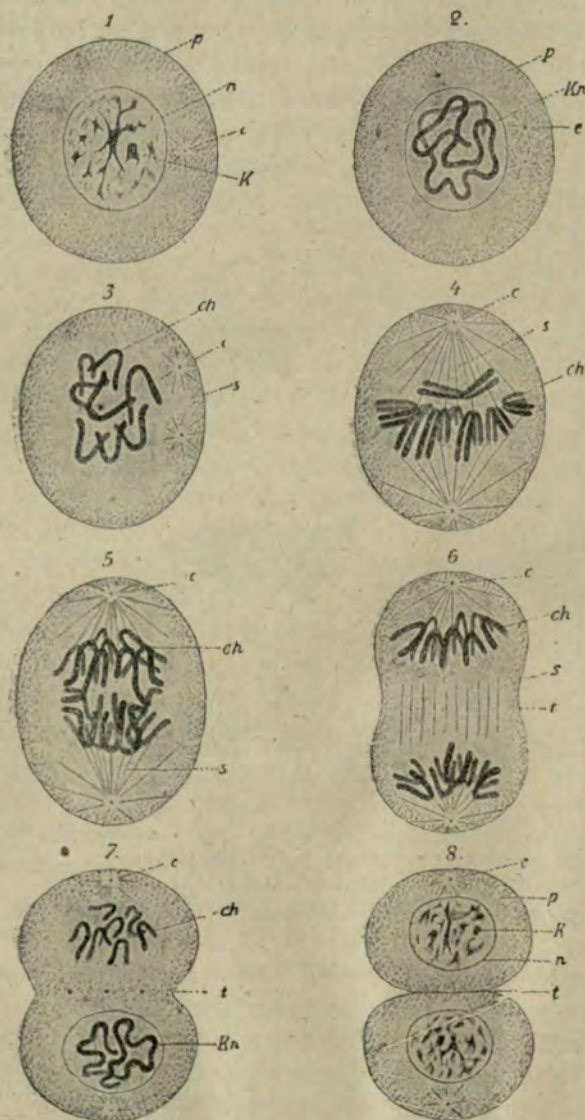


Rys. 10. Podział komórki bezpośredni czyli amitotyczny, obserwowany w tkance łącznej ścięgniętej ssaka. Lit. a—g oznaczają kolejne stadja podziału.

żonym: pochodzi od *karion*—jądro i *kinein*—ruszać się; istotnie, termin ten dobrze określa proces, którego najważniejszą część stanowi ruch jądra i zmiany, jakie w niem zachodzą.

Karjokineza. Karjokineza ma przebieg następujący (rys. 11). W komórce, podlegającej karjokinezie, przedewszystkiem zauważamy zmiany w jądrze. Chromatyna, która występuje w jądrze w różnej postaci i często jest w niem bardzo rozrzucona, zbija się i tworzy nić, a z niej jeden gęsty splot, zwany kłębkim zbitym albo spiremą. Kłębek zbity rozwija się w długą nić, równej mniej więcej grubości, która rozpościera się w całym jądrze, a ponieważ wówczas lepiej widać przestrzenie nie zajęte przez chromatynę, więc

to stadium otrzymało nazwę kłębka luźnego. Procesy powyższe są przygotowawcze i noszą wspólną nazwę profazy. Aż dotąd rolę czynną można było zauważyć tylko w chromatynie i centrosomach.



Rys. 11. Schemat przebiegu pośredniego podziału komórki (karjokinezy, mitozy). K—jądro; c—centrosomy; ch — chromosomy.

Od tej chwili zmiany zachodzą i w innych składnikach jądra. Błona jądrowa, sok jądrowy, linina oraz jąderko znikają na pewien czas, to znaczy rozpuszczają się i mieszają z plazmą wskutek czego przestają być widoczne, i zdają się w dalszych procesach nie brać udziału. Śródciałko, czyli centrosoma już na początku karjokinezy dzieli się na dwa, które przemieszczają się w plazmie tak, iż zajmują miejsca na dwóch przeciwnych krańcach komórki, czyli jej biegunach. Wkoło śródciałek wytwarzają się bardzo delikatne promienie plazmatycznego pochodzenia, które od śródciałek idą we wszystkich kierunkach, stykając się ze sobą w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny przeprowadzonej przez śródciałka; płaszczyznę tę nazywamy równikową. Dalszy przebieg ka-

ryokinezy dotyczy tylko chromatyny. Nie chromatynowa, stanowiąca kłębek luźny, rozpada się na pewną ilość równych mniej więcej

części, które zaraz potem zaginają się, tworząc pętle. Odcinki te noszą nazwę chromosomów albo pętli chromatynowych. Pętle, rozmieszczone pierwotnie w całej plazmie, skupiają się w płaszczyźnie równikowej, poczem następuje podział tych pętli podłużny, czyli rozszczepienie. Chromosomy, oglądane przez mikroskop, wydają się jednorodne, w gruncie rzeczy jednak składają się z drobnych ziarenek ułożonych obok siebie, w kształcie sznurka paciorków; po rozszczepieniu sznurek rozdziela się na dwa. Teraz następuje bardzo ważny moment w procesie karjokinezy. Chromosomy, po rozszczepieniu szeregują się tak, że każda połówka pierwotnego chromosomu kieruje się ku innemu biegunowi komórki, zwracając się ku niemu wierzchołkiem pętli. To stadjum nosi nazwę anafazy. Chromosomy nie zostają w płaszczyźnie równikowej, lecz przesuwają się ku śródciałkom, znajdującym się, jak wiadomo, na biegunach, i skupiają się w ich sąsiedztwie. Gdy tylko chromosomy dojdą do biegunów komórki, to wówczas ztraca się ich odrębność, zaczynają się one zlewać w jedną nić, później ta nić skłębia się, wreszcie powstaje zbita masa chromatynowa. Stadja te przypominają w zupełności początek karjokinezy — tylko w odwrotnym porządku. Jest to stadjum, zwane metafazą. Jednocześnie pojawiają się błona i sok jądrowy, rusztowanie z lininy i jąderko. Promienie plazmatyczne, odchodzące od śródciałek, zanikają — śródciałką zaś stają się coraz mniej widoczne, a często przestają być widoczne wogóle. Powstały dwa jądra potomne i te ostatnie stadja karjokinezy, objęte mianem telofazy, kończą proces. Plazma przez cały czas trwania profazy, anafazy i metafazy nie wykazuje zmian. Dopiero z chwilą rozpoczęcia się telofazy zaczyna się przewężenie plazmy w płaszczyźnie równikowej komórki, które bardzo szybko postępuje naprzód, doprowadzając do wytworzenia się ściany między dwiema częściami komórki pierwotnej, które dzięki posiadaniu odrębnych jąder stają się dwiema komórkami potomnymi. Od tej chwili cały zespół zjawisk, stanowiących karjokinezę, czyli zachodzących w jądrze i towarzyszących jej, t. j. przebiegających w plazmie, jest zakończony, komórki wracają do stanu spoczynkowego, po którym może znów nastąpić nowa karjokineza.

**Wyjaśnienie
karjokinezy.**

Tak zawile zjawisko, jak karjokineza, oddawna zajmowało badaczy, którzy usiłowali wyjaśnić jego znaczenie, to znaczy odpowiedzieć na pytanie, dlaczego nowe komórki nie powstają drogą podziału prostego, lecz tylko przez złożony proces karjokinetyczny. Z jednej strony dokładne poznanie karjokinezy, z drugiej rozważania teoretyczne doprowadzają do powszechnie przyjętego poglądu, że istotę karjokinezy stanowi i zawilość jej tłumaczy konieczność jak najbardziej równomiernego po-

działu substancji chromatynowej. Bardzo wiele danych przemawia za tem, że chromatyna jest tą zasadniczą substancją, która stanowi podłoże cech dziedzicznych, przekazywanych przez komórkę, a więc i organizm, komórkom, czyli przez nie organizmom potomnym. Tylko równomierne podzielenie tej substancji zapewnia równomierność w przeniesieniu wszystkich cech. Uważając karjokinezę, jako proces, którego celem jest dokładne rozdzielenie substancji chromatynowej między oba jądra potomne, celem tym tłumaczymy sobie wszystkie towarzyszące karjokinezie zjawiska. Znikanie na pewien czas błony jądrowej i lininy może mieć to znaczenie, że powstanie chromosomów, ich podział i wędrówka do biegunów komórki nie doznają przeszkód ze strony tamtych pozostałych składników morfologicznych komórki. Zadaniem śródełek będzie stworzenie ośrodków, wokół których skupiają się elementy potomnego jądra; promienie plazmatyczne są szeregiem ziarenek, wzdłuż których przesuwają się chromosomy. Można sobie wyobrazić, że bardzo mały w stosunku do wielkości komórki chromosom mógłby, wobec braku tych promieni pozostać gdzieś w plazmie—i wobec szybkości całego procesu nie wejść w skład chromatyny potomnego jądra. Losy jąderka w czasie karjokinezy nie są znane dokładnie. Prawdopodobnie podlega ono zwykłemu podziałowi i tą drogą powstają jąderka w jądrach potomnych.

Ilość chromosomów, na jakie dzieli się chromatyna, nie jest jednakowa. Wahać się ona może od dwóch (u robaka *Ascaris megalocephala*) do tysiąca. Stosunkowo najczęściej spotyka się liczby w granicach od 10—20. Mamy np. u różnych zwierząt i roślin następujące liczby chromosomów w jądrach komórek organizmu, z wyjątkiem dojrzałych komórek rozrodczych (wyjaśnienie w rozdz. XIV).

<i>Ascaris</i> (glista)— <i>Nematodes</i> (Obleńce)	chromosomów	2
<i>Spiroptera</i>	„ „ „	12
<i>Spirogyra</i> — <i>Konjugatae</i> (sprzężnice)	„	12
<i>Grylotalpa</i> (turkuć)	owady	12
<i>Aequorea</i>	jamochlony	12
<i>Hydrophilus</i> (kałużnica)	owady	16
<i>Phallusia</i>	osłonice	16
<i>Limax</i>	brzuchonogi	16
Szczur	ssaki	16
<i>Pinus</i>	iglaste	16
<i>Branchipus</i>	liścionogi	24
<i>Cyclops</i>	widłogony	24
<i>Helix</i>	brzuchonogi	24
<i>Pyrhocoris</i>	owady	24

łoś	ryby	chromosomów	24
salamandra	}	płazy	24
żaba			24
mysz	}	ssaki	24
człowiek			24
lilja	}	rośliny	24
peonja			24
<i>Aconitum</i>	}	"	24
<i>Artemia</i>			skorupiaki

Liczba chromosomów nie stoi w żadnym związku ze stanowiskiem systematycznym danej rośliny lub zwierzęcia, to znaczy, że gatunki zbliżone do siebie mogą mieć ilość chromosomów podobną lub też różną; odwrotnie, gatunki należące do różnych typów mają jednakową ich liczbę, np. *Branchipus* ma 24 chromosomy, *Artemia*—168, chociaż są to gatunki bardzo pokrewne (skorupiaki), a np. po 24 chromosomy mają różne gatunki bardzo oddalone od siebie w systemie, jak lilja, ślimak, owad, ssak. Człowiek posiada prawdopodobnie 24 chromosomy. Ilość chromosomów w komórkach danego gatunku jest wielkością stałą, to znaczy: jest jednakowa we wszystkich komórkach organizmu (z wyjątkiem dojrzałych komórek rozrodczych, wyjaśnienie w rozdz. XIV), i jednakowa we wszystkich pokoleniach.

Karjokineza przebiega tak, jak ją opisano powyżej, prawie we wszystkich poznanych przypadkach, wszakże u zwierząt i roślin najniższych znajdujemy pewne odchylenia od tej normy, u roślin zaś wyższych karjokineza wygląda nieco inaczej z tej przyczyny, że w komórkach roślinnych niema centrosomu.

V. CO TO JEST TKANKA. ZESPOŁY KOMÓREK. TKANKI ROŚLINNE I ZWIERZĘCE. NARZĄDY.

W przyrodzie spotykamy organizmy zwierzęce i roślinne dwojkiego rodzaju. Jedne z nich składają się z jednej tylko komórki, te nazywamy jednokomórkowcami lub pierwotniakami, drugie składają się z wielu komórek i te nazywamy organizmami wielokomórkowcami, albo bardzo często tkankowcami, przyczem uważamy, że terminy te są jednoznaczne, tak dalece, że bardzo często używamy takich przeciwstawień, jak: pierwotniaki i tkankowce. Wynikałoby stąd, że każda istota żywa, która nie jest jednokomórkową — jest tkankowcem. Naogół tak jest w rzeczywistości, albowiem znamy bardzo mało organizmów złożonych nie z jednej lub z bardzo wielu, lecz z kilku komórek, np. 2, 3, 4 i t. p. Istoty takie uważamy raczej za zbiór organizmów jednokomórkowych, tworzących

Powstanie tkanek.

kolonje osobników, np. wiciowiec — toczek (*Volvox*). Gdy organizm stał się bardziej złożony i w skład jego weszło wiele komórek, wszędzie w tych przypadkach powstały tkanki. Tkanke określamy, jako zbiór komórek, które spełniają w organizmie jednakowe lub podobne funkcje i pod wpływem spełniania tych funkcji są do siebie podobne. Rozumiemy, że tkanki powstały wówczas, gdy organizmy utworzone z wielu komórek wytworzyły specjalne ośrodki dla wykonywania poszczególnych czynności życiowych. Tkanki więc są wyrazem podziału pracy w organizmie wielokomórkowym. W ustroju jednokomórkowym wszystkie funkcje życiowe są spełniane przez jedną plazmę i jądro. Wszystkie tak zwane organoidy, czyli organelle—jak rzęski, stigmy i t. p., które pod względem czynności mogą być upodobniane do organów ustrojów złożonych, są wytworem jednej plazmy. W organizmie wielokomórkowym jednostki składowe organizmu nie spełniają wszystkich funkcji, lecz tylko pewne określone. Stałe przystosowanie się danych komórek do wypełniania jednej funkcji, powtarzające się w szeregu pokoleń, doprowadziło do wytworzenia się komórek o swoistym kształcie i specjalnych cechach, których zespoły tworzą właśnie tkanki. Traktując powstanie tkanek, jako wynik znaczniejszej złożoności organizmu, rozumiemy to w ten sposób, że zwiększenie organizmu, jego masy, odległości od środka ciała do obwodu spowodować musiało, że nie wszystkie komórki, a więc tylko niektóre spełniać mogły czynność poruszania danego ustroju, inne czynności przewodzenia podrażnień, jeszcze inne przerabiania substancji i t. d. Lecz każda komórka, nawet wchodząc w skład tkanki i różniąc się znacznie i pod względem cech swoistych, i kształtu i funkcji, np. wydłużona komórka mięśniowa o plazmie poprzecznie prążkowanej, posiada mimo to zdolność do wykonywania wszystkich funkcji życiowych tak samo jak i komórki niezróżnicowane, choć może jej nie ujawniać przez cały czas swego istnienia. Mamy na to dowody, badając wyizolowane z tkanek komórki, a hodowane w specjalnych warunkach, albo też obserwując takie przypadki, gdzie wskutek specjalnych warunków komórki jednej tkanki zastępują komórki tkanki innej.

Podział tkanek. Tkanki, jako rezultat różnicowania komórek, ze względu na wykonywane przez organizm funkcje, dadzą się ująć w pewne grupy, odpowiadające owym funkcjom. Można więc je rozpatrywać z tego stanowiska i można też badać tkanki w związku z ich pochodzeniem i wówczas dzielić je na pierwotne i wtórne. Już z definicji tkanki wynika, że są to utwory właściwe zarówno roślinom, jak też i zwierzętom, gdyż, skoro tkanka powstaje tam, gdzie organizm staje się wielokomórkowym, to ta sama przyczyna

istnieje i u roślin i u zwierząt. Ugrupowanie tkanek i ich ilość jest, jak zaznaczono, w ścisłym związku z funkcjami ustroju; w zasadzie więc znajdziemy i u roślin i u zwierząt tkanki, odpowiadające sobie pod względem funkcyjnym i w znacznym stopniu do siebie podobne.

Tkanki roślinne możemy, jak wiadomo, podzielić na: tkanki okrywające, mięksiszowe, wzmacniające i przewodzące. Tkanki okrywające spełniają w pierwszym rzędzie funkcję ochraniającą rośliny od wszelkich ujemnych wpływów otoczenia: wytwarzanie wosku, włosków i t. p. Okrywając roślinę, umożliwiają one jednak i komunikowanie się wnętrza rośliny ze światem zewnętrznym: szparki oddechowe, przetchlinki i t. p. Tkanki mięksiszowe, zwane inaczej zasadniczymi lub twórczymi, stanowią główną masę rośliny i w pewnych ośrodkach są materiałem, z którego powstają elementy innych tkanek, stąd właśnie pochodzi ich nazwa tkanek twórczych. Poza tem tkanki te są podłożem, gdzie skupiają się wszelkiego rodzaju materiały zapasowe, zjawisko tak charakterystyczne dla roślin. Tkanki wzmacniające wytwarzają elementy mechaniczne, bądź w postaci sprężystych mocnych włókien, bądź w postaci utworów całkowicie zdrewniałych. Ich zadaniem jest nadać roślinie sztywność.

Tkanki przewodzące tworzą system rureczek o różnej budowie, które połączone w wiązki, tworzą wiązki sitkowe i naczyniowe: one to spełniają tę bardzo ważną funkcję przewodzenia, przeprowadzania soków w roślinie i umożliwiają krążenie soków.

Tkanki zwierzęce dzielimy, jak wiadomo, na: tkankę nabłonkową, nerwową, mięśniową i łączną. Tkanka nabłonkowa ochrania organizm od działania czynników zewnętrznych. Pokrywa ona ciało zwierzęcia z zewnątrz, ale również wyściela organizm wewnątrz, a przedewszystkiem narządy, mające połączenie ze światem zewnętrznym, które to połączenie trwa przez całe życie zwierzęce, jak przewód pokarmowy, albo istnieje tylko w stanie zarodkowym. Rola ochrony organizmu bywa spełniana nie tylko przez sam nabłonek, lecz również, a nawet bardziej jeszcze przez wytwory nabłonka, zazwyczaj o twardej konsystencji, zbudowane z obumarłych już częściowo elementów komórkowych. Zaliczają się do nich wszelkie zrogowacenia, schitynizowania i t. p. zjawiska, występujące u niższych zwierząt, a u wyższych takie wytwory, jak: rogi, kopyta, łuski, pióra, włosy. Istniejące u bardzo wielu zwierząt gruczoły skórne, które również, jak wszystkie gruczoły, są pochodzenia nabłonkowego, należy traktować także jako utwory, ochraniające organizm. Do nich należą gruczoły, wydzielające ciecz ostrą, gryzącą, często o przykłej woni, jak np. u różnych owadów, u niektórych płazów, jak: ropuchy, salamandry; gruczoły potowe, których wydzielina chroni organizm przed szkodliwym działaniem wysokiej temperatury, gruczoły tłuszczowe, jak np. nadzwyczajnie rozwinięty gruczoł kuprowy u ptaków pływających, którego wydzielina, rozprowadzona dziobem po całym ciele, izoluje ciało od zetknięcia z wodą—i wiele innych. Badając rozwój i budowę zęba kręgowców, stwierdzamy, że jest on w znacznej części także nabłonkowego pochodzenia; jeśli uwzględnimy znane z paleontologii fakty, że pewne ryby kopalne miały zęby rozsiane na całej powierzchni ciała, to również dojdziemy do przeświadczenia, że i zęby pierwotnie stanowiły wytwór nabłonka o charakterze ochronnym, a dopiero później wraz ze zmianą funkcji zmieniły położenie w organizmie. Wytwory nabłonka mogą mieć nie tylko obronny charakter, ale mogą również służyć do zdobywania zdobyczy, jak np. części aparatu gębowego u stawonogów. Nabłonki rozwinęły się w świecie zwierzęcym

w dwóch typach. Jeden to nabłonek jednowarstwowy, właściwy większości tkankowców, aż do lancetnika włącznie; drugi, to nabłonek wielowarstwowy, właściwy wszystkim kręgowcom.

Tkanka nerwowa składa się z komórek, które odznaczają się, jak wiadomo, specyficzną wrażliwością na podniety zewnętrzne. Komórki, a przede wszystkim ich wyrostki plazmatycznego pochodzenia, służą do przewodzenia bodźców. Komórki tkanki nerwowej wraz ze wszystkimi wyrostkami, t. zw. neurony, stanowią jednostki, które, stykając się z innymi takimi jednostkami, tworzą drogi, łączące powierzchnię organizmu z głównymi ośrodkami nerwowymi. Niektóre pierwotniaki mają część plazmy, zróżnicowaną tak, jak tkanka nerwowa, posiadają one t. zw. neurofany, czyli organelle o wybitnej wrażliwości, a niższe jamochlony, mają wśród komórek ektodermy, komórki gwiaździste o znaczeniu komórek nerwowych (rys. w rozdz. XVI).

Tkanka mięśniowa składa się z komórek o plazmie jednorodnej, t. zw. gładkiej—i plazmie, wykazującej niejednorodność rozłożenia substancji, t. zw. poprzecznie prążkowanej, o specyficznej cesze, jaką jest kurczliwość. Tkanka mięśniowa, gładka, występuje u niższych tkankowców; począwszy od stawonogów, przeważać zaczynają mięśnie prążkowane, które, jak wiadomo, u kręgowców stanowią znaczną większość, gdyż tylko mięśnie, niezależne od centralnego systemu nerwowego, z wyjątkiem mięśnia sercowego, są zbudowane z komórek gładkich. Część plazmy specjalnie kurczliwą, pod nazwą myonemów, posiadają już wymoczki.

Tkanki łączne stanowią grupę tkanek bardzo bogatą i różnorodną. Cechuje je nadzwyczajny rozwój substancji międzykomórkowej, będącej wytworem plazmy i stanowiącej istotę komórek tych tkanek. Zależnie od składników, występujących w substancji międzykomórkowej, zmienia się charakter tkanki łącznej, która może być: wiotką, ścięgnistą, włóknistą, tłuszczową, chrzęstną i wreszcie kostną. Do tkanek łącznych zaliczamy również krew i limfę, uważając, że w tym przypadku elementami komórkowymi są składniki postaciowe, a osocze jest substancją międzykomórkową.

Porównanie tkanek roślinnych i zwierzęcych.

Porównyując ze sobą tkanki roślinne i zwierzęce, możemy wykazać wzajemne ich podobieństwa i różnice. Widzimy przedewszystkiem, że we wszystkich tych przypadkach, gdzie u roślin i zwierząt występują analogiczne funkcje, tam też istnieją i analogiczne tkanki. Dotyczy to tkanki okrywającej i mechanicznej u roślin, która odpowiada tkankom: nabłonkowej i łącznej u zwierząt. Jednorodna tkanka przewodząca roślin nie ma zupełnego odpowiednika u zwierząt, część funkcji przewodzenia soków po organizmie, właściwa zwierzętom, zostaje spełniona przez utwory, zbudowane z różnych tkanek, jak naczynia krwionośne, limfatyczne i przewód pokarmowy. Rozwój tkanki mięśniowej, stanowiącej podstawę zdolności ruchowej zwierząt, doprowadził do niezwyklego udoskonalenia tej zdolności, która u roślin objawia się tylko w granicach, zakreślonych turgorem plazmy. Co do tkanki nerwowej, to jest to tkanka, która nie ma odpowiednika w świecie roślinnym w tem znaczeniu, że przewodnictwo nerwowe podrażnień, które i u roślin niewątpliwie istnieje, dość przypomnieć mimożę, rosiczkę i wiele innych (p. rozdz. XVI), nie odby-

wa się u roślin za pośrednictwem specyficznej tkanki, lecz i innych komórek organizmu, niezróżnicowanych w tym kierunku.

Przystosowanie komórki w tkance, dla wypełniania pewnych określonych funkcji, inaczej przebiega u roślin, a inaczej u zwierząt. U roślin wyraża się to przekształcenie w pierwszym rzędzie w błonie komórkowej, u zwierząt—w plazmie. Wszelkie stwardnienia, skorkowacenia, zdrewnienia roślin są procesami, obejmującymi błonę roślinną; wszelkie zrogowacenia i t. p. zjawiska u zwierząt zachodzą w plazmie. Badając rozwój i powstawanie tkanek, stwierdzamy, że i u roślin i zwierząt nabłonek jest tkanką pierwotną i najstarszą. U roślin wytwarzają się ponadto bardzo wcześnie tkanki zasadnicze, z których rozwijają się inne tkanki, u zwierząt z najpierwszej warstwy komórek zarodka tworzą się nabłonki, część ich drogą odpowiedniego zróżnicowania daje tkankę nerwową, inne zaś tkanki powstają później — i pochodzą też z warstw komórek zarodkowych późniejszego pochodzenia. W młodej części rośliny, np. w wierzchołku pędu znajdujemy pod nabłonkiem tkankę zasadniczą, która da początek późniejszym tkankom; podobnie rzecz się ma i u zwierząt. Rozwijający się osobnik zwierzęcy zawiera tkankę embrjonalną, która później przekształca się, dając początek tkankom łącznym.

Tkanki zarówno roślinne, jak zwierzęce, nie występują odosobnione, lecz są w związku czynnościowym jedne z drugimi. Pewien zespół tkanek określonej postaci, spełniający jakąś funkcję w organizmie, nosi nazwę organu lub narządu. Ilość i zróżnicowanie narządów są wykładnikiem stopnia organizacji roślinnej i zwierzęcej. Narządy posiadają i rośliny i zwierzęta, wszakże u zwierząt ilość narządów i ich systemów jest znacznie większa. Jeśli u roślin wyższych narządami będziemy nazywać liść, kwiat, łodygę i korzeń, to u zwierząt wyróżnić możemy narządy oddechowe, pokarmowe, krążenia, wydzielnicze, rozrodcze, zmysłowe i t. d.

VI. OGÓLNA MORFOLOGJA ORGANIZMÓW.

RODZAJE SYMETRII.

Rośliny i zwierzęta rozpatrywane i badane w przyrodzie, w warunkach naturalnych ich bytowania przedstawiają się nam jako świat istot nieskończenie różnorodnych. W jakimkolwiek zespole czy zbiorowisku badać je będziemy, wszędzie dostrzeżemy tę niesłychaną różnorodność postaci. Weźmy choćby jako przykład sztuczny zbiornik różnych istot, jakim jest akwarjum. Znajdziemy w niem rośliny o różnym wyglądzie i kształtach, jak sinice, okrzemki, rośliny naczyniowe—i bardzo różne zwierzęta, gdyż mogą w niem być pierwotniaki i jamochłony, robaki, pierścienice, stawonogi, mię-

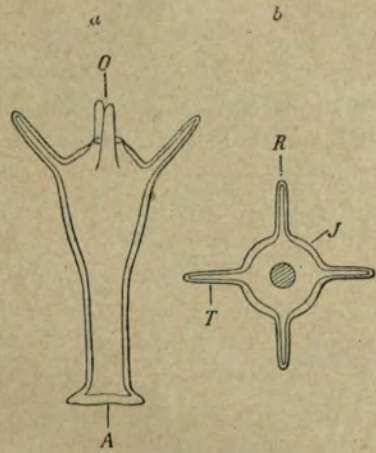
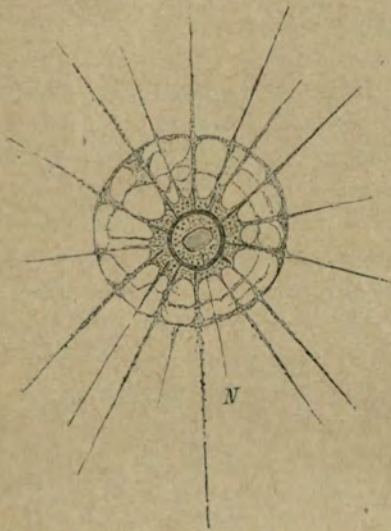
czaki, kręgowce—każda z tych istot rozpatrywana oddzielnie stanowi pewną odrębną organizację. Rozpatrując je obok siebie, czasem odrazu, na pierwszy rzut oka, uchwycimy pewne ogólne podobieństwo np. skorupiaki, larwy owadów, pajęczaki, często zaś porównywane ze sobą istoty wydadzą się nam zupełnie niepodobne, np. wirek i ryba lub mięczak. Widzimy, że natura stworzyła bardzo rozmaite postacie, z tego samego materiału, jakim jest komórka i tkanka. Jeśli wszakże nie poprzestaniemy na stwierdzeniu podobieństwa w jednym przypadku, a braku ich w drugim, lecz rozejrzemy się w całości świata organicznego, to przekonamy się, że i świat roślinny i świat zwierzęcy ukształtowany jest według kilku typów, innymi słowy, będziemy mogli wykryć ogólny plan budowy organizmów. Tego rodzaju spostrzeżenia można wykonać i na roślinach i na zwierzętach, wystarczy jednak dla przykładu rozpatrzyć zwierzęta.

Badając zwierzęta pod względem ich postaci, wprowadzamy pewne pomocnicze pojęcie, ogromnie ułatwiające orjentowanie się w zawitych stosunkach budowy organizmu zwierzęcego —

Symetria. pojęcie symetrii. Uważamy, że zwierzę posiada budowę symetryczną wówczas, jeśli przez jego ciało można przeprowadzić przynajmniej jedną płaszczyznę, dzielącą je na połowy, mające się względem siebie tak, jak obraz i jego odbicie. Jeśli można przeprowadzić tylko jedną płaszczyznę przez zwierzę, wówczas mówimy o symetrii dwubocznej, jeśli zaś płaszczyzn takich można więcej znaleźć, to powstaje inna forma symetrii—promienista i t. p. Rozpatrując zwierzęta pod względem panujących wśród nich stosunków symetrii, możemy stwierdzić fakty następujące:

Pierwotniaki są to zwierzęta, które posiadają różne postacie symetrii i w zasadzie żadna postać symetrii nie występuje w przewadze. Są między nimi istoty asymetryczne. Niektóre z nich posiadają symetrię promienistą, jak np. promienice (rys. 12) lub nawet dwuboczną, jak niektóre wymocзки. Jamochłony niektóre mają symetrię promienistą; przez ciało meduzy można przeprowadzić kilka (rys. 13) lub więcej płaszczyzn, przecinających się w środku ciała zwierzęcia, inne—dwuboczną, jak ukwiały, żebroplawy (rys. 14). Inną i bardzo odrębną formę symetrii spotykamy u szkarłupni. Zwierzęta te, pod wielu względami różniące się od innych, i pod tym również wykazują swoją odmienność. Posiadają one symetrię t. zw. pięciopromienistą, to znaczy, że można przez nie przeprowadzić pięć płaszczyzn symetrii, lub też wielokrotną pięciu. Płaszczyzny te u rozwiazdy np. przejdą przez otwór gębowy, przez każde ramię i środkiem, między dwoma ramionami przeciwległymi (rys. 15). Wszystkie pozostałe zwierzęta posiadają symetrię dwuboczną, która daje się stwierdzić już na stadjum gastruli (rys. 16, obj. terminu w r. XIV),

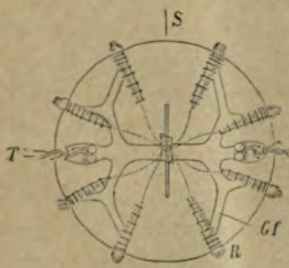
cechuje też i kręgowce. Znane są przypadki, że pewne zwierzęta wyższe nie podlegają ogólnym prawom symetrii, jak np. liczne mięczaki, a również i pewne stawonogi, np. wążonogi.



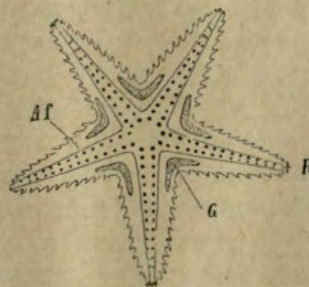
Rys. 12. Słonecznica — Actinosphaerium (korzenionóżki)—osobnik młody. N—jądro.

Rys. 13. Polip.
Rysunek schematyczny.
a—z boku; b—z góry.

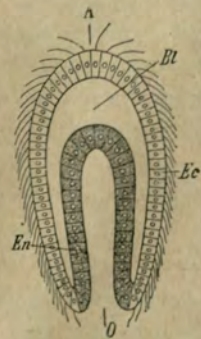
We wszystkich tych przypadkach zarówno badania embriologiczne, jak i paleontologiczne przodków kopalnych danych gatunków dowodzą, że zanik symetrii jest zjawiskiem wtórnym, które



Rys. 14.
Żebroplaw.



Rys. 15. Gwiazda morska.
Budowa pięciopromienista.
R—promienie. G—gonady
w międzypromieniach.



Rys. 16. Gastrula
jednościowa (schematycznie).
AO—oś główna.

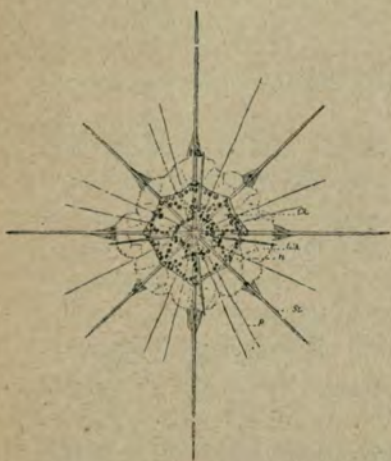
należy sobie tłumaczyć jakimś specjalnymi przyczynami, wpływającymi na zmianę pierwotnej organizacji zwierzęcia. Ponieważ zatrącenie symetrii dwubocznej jest zjawiskiem wtórnym, a wszystkie wyż-

sze tkankowce, począwszy od robaków, posiadają tę właśnie formę symetrii, przeto należy uznać, że symetria dwuboczna jest najwyższą formą symetrii w świecie zwierzęcym. Istnienie symetrii jest związane z istnieniem stałych kształtów u zwierzęcia. U bardzo

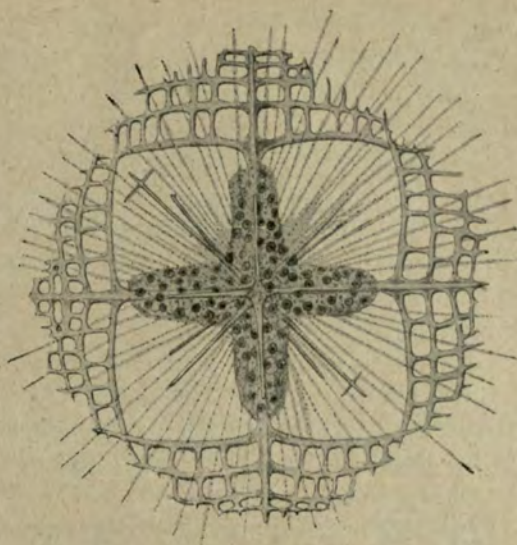
Szkielet. wielu zwierząt występują w organizmie dwie części, stanowiące ogólny zrąb, rusztowanie—i części miękkie, które się na powyższych opierają. Takim zrębem jest dla każdego organizmu szkielet. Szkielet składa się z substancyj organicznych, połączonych z substancjami nieorganicznymi, które ustrój odkłada dla zapewnienia szkieletowi należytej sztywności. Występowanie szkieletu zachodzi już u pierwotniaków. Pospolicie zjawia się on u korzenionózek. Jako materiał, służący do budowy szkieletu pierwotniaków, żyjących w wodzie, użyte są przez ustrój sole, zawarte w wodzie, stąd szkielet przeważnie wapienny, rzadziej krzemionkowy. Wapienne szkieleciki otwornie dały, jak wiadomo, pokłady wapienia t. zw. kredowego; stąd na szlifach przez naturalną kredę piszącą znajdujemy bardzo wiele szczątków tych otwornic.

Znacznie większa zawartość soli w wodzie morskiej, w porównaniu z wodą słodką sprawia, że tak liczne morskie organizmy wytwarzają szkielet, takie nawet, których najbliżsi słodkowodni krewniacy, np. pierścienice, szkieletu nie posiadają.

Jako typowy przykład użycia krzemionki do budowy szkieletu można przytoczyć pierwotniaki roślinne, okrzemki. Szkielety pierwotniaków, nadzwyczajnie delikatne, mają nieraz postać zbliżoną do ściśle geometrycznych i wśród nich można znaleźć przykłady najpiękniejszych form organicznych (rysunek 17 i 18). U wyższych zwierząt szkielet występuje w bardzo różnorodnem ukształtowaniu. Tak np. u gąbek szkielet nie tworzy całości, lecz jest nagromadzeniem niepołączonych ze sobą elementów szkieletowych, występujących w postaci gwiazdek, igieł i t. p. Mimo braku połączeń oddzielnych elementów szkieletowych, ich ilość zapewnia organizmowi sztywność. Gąbki stanowią przykład zużycia do budowy szkieletu różnych substancyj, przez organizmy blisko siebie stojące. Właśnie, ze względu na materiał, użyty do budowy szkieletu, dzielimy gąbki na wapienne, krzemionkowe i rogowe. Gąbki rogowe mają szkielet z t. zw. sponginy, która jest kombinacją substancyj organicznych i nieorganicznych, zbliżoną do rogu. Szkielet nie wytworzył się równomiernie we wszystkich typach zwierzęcych—i nie wszędzie też jest jednakowo rozwinięty. Jeden typ zwierząt—robaki, szkieletu właściwego nie posiada. Jedynie znacznie rozwinięty wór skórno-mięśniowy, osłonięty silną cuticulą, zapewnia tym zwierzętom ochronę organizmu. Natomiast bardzo dobrze rozwinięty szkielet mają: stawonogi i szkarłupnie. Zwłaszcza u niektórych form osiągnął on tak nadzwyczaj-



Rys. 17. Promieniowiec **Acanthometra** (korzenionóżki). Budowa szkieletu.



Rys. 18. Promieniowiec **Lithoptera** (korzenionóżki). Budowa szkieletu.

na odporność na wszelkie zewnętrzne oddziaływania, że, jak wiadomo, pancerz niektórych krabów tylko z trudem rozbić można. Stosunek szkieletu u zwierząt bezkręgowych do całego organizmu jest, jak wiadomo, taki zazwyczaj, że zwierzę jest całkowicie otoczone tym szkieletem i tylko na pograniczu oddzielnych części szkieletu są miejsca bardziej miękkie, dzięki czemu zwierzę może się poruszać. Odmiennie stosunki zachodzą u mięczaków, których muszla, będąca wytworem płaszcza, okrywa tylko niejako organizm, będąc zrosnięta z nim w jednym miejscu.

Jakkolwiek szkielet u mięczaków jest również wytworem tkanki nabłonkowej, to jednakże budowa muszli jest bardzo skomplikowana. Badając na przekroju muszlę małża, znajdujemy, że składa się ona aż z trzech warstw: rogowej, pryzmatycznej i perłowej. W tej właśnie mogą powstawać perły.

Istnienie szkieletu u zwierząt niższych, gdzie nie występuje on wszędzie, ma dla nauki doniosłe znaczenie, gdy chodzi o kopalne szczątki dawnych zwierząt. Bardzo często tylko najtwardsze części szkieletowe różnych zwierząt zachowały się z dawnych epok geologicznych, jako najodporniejsze na działanie wszelkich czynników niszczących, to też najmniej wiadomości posiadamy o tych zwierzętach epok ubiegłych, które nie posiadały szkieletu.

Cechą zwierząt bezkręgowych jest, że posiadają przede wszystkim szkielet zewnętrzny; stanowi on osłonę, do której przytwierdzają się narządy wewnętrzne, mięśnie i t. p. Szkielet wewnętrzny jest właści-

wy prawie wyłącznie kręgowcom, u których zwany jest również kostnym, albowiem do jego budowy służy substancja kostna. U obecnie żyjących kręgowców spotykamy przeważnie szkielet wewnętrzny, jego połączenie ze szkieletem zewnętrznym, utworzonym ze zrosłych łusek, jak np. u żółwi, jest raczej wyjątkiem. Wszakże u niektórych kręgowców kopalnych istniał szkielet zewnętrzny w postaci tarczki kostnych, jak u ryb, u płazów. Powstanie silnego szkieletu wewnętrznego, w rzadkich tylko przypadkach niekostnego (lancetnik—ryby chrząstko-szkieletowe), miało doniosłe znaczenie dla ogólnego rozwoju organizmu zwierzęcego—przedewszystkiem pod względem masy. Nietrudno zrozumieć, że zwierzęta, posiadające szkielet wewnętrzny, a więc zwierzęta, których wszystkie narządy wewnętrzne znalazły rozmieszczenie takie, że z obu stron przyczepiają się do szkieletu, mogły się bardziej rozrosnąć, aniżeli zwierzęta, których wszystkie narządy mają punkty przyczepu na obwodzie ciała, czyli na szkielecie zewnętrznym. To też niema tak małych kręgowców, jak małe bywają zwierzęta bezkręgowce; a przeważająca ilość bezkręgowych to formy drobne, mierzące po kilka, kilkanaście centymetrów. Obecność szkieletu wewnętrznego i możliwość rozrastania się organizmu powodują, że największe formy zwierzęce znajdujemy wśród kręgowców. Odnosi się to nie tylko do gatunków obecnie żyjących, lecz również i do gatunków kopalnych. Olbrzymy świata dzisiejszego: słonie, wieloryby, żyrafy, są to wszystko kręgowce — kręgowcami również były olbrzymy takie, jak gady: *Brontosaurus*, *Iguanodon* i *Atlantosaurus*, żyjące w epoce mezozoicznej. Największe zaś z żyjących bezkręgowych nie osiągają wymiarów kręgowców. Zaliczamy do nich niektóre głowonogi, mierzące do 10 metrów, z oceanu Wielkiego; pewne kraby oceaniczne, mierzące do 2 m, wreszcie niektóre robaki, jak: tasiemiec, brzódogłowiec i inne, osiągające długość do 12 m, lecz przy nadzwyczajnej wąskości ciała, które u tasiemca ma szerokości zaledwie 6 mm.

O ile ogólny kształt zwierzęcia można określić formą symetrii, jaka jest właściwa danemu typowi zwierzęcemu, wielkość zaś określają granice, w których waha się ona, zależnie od obecności zewnętrznego lub wewnętrznego szkieletu, o tyle kształt indywidualny danego gatunku jest wynikiem działania bardzo wielu czynników, często nader różnorodnej natury. Oczywiście, czynniki zewnętrzne, a więc oddziaływanie środowiska, znaczy najwięcej. Czynniki wewnętrzne są elementem kształtującym, który wywołał i wywołuje modyfikację w organizacji istoty żywej. Najwyraźniejszych przykładów w tym względzie dostarczają istoty, które, będąc z pochodzenia istotami wodnymi, żyją obecnie na lądzie, lub odwrotnie, od życia lądowego przeszły do życia w wodzie. Jako przykład pierw-

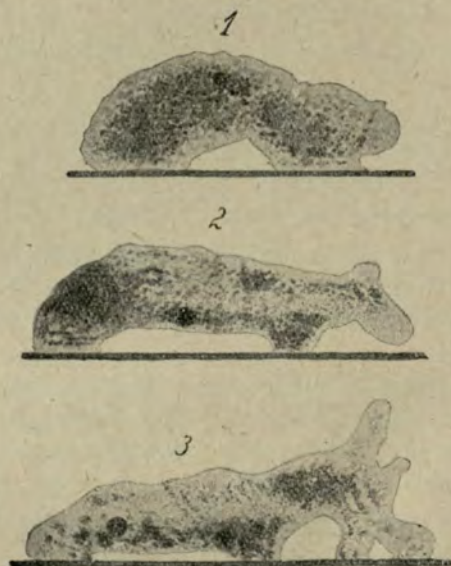
szych, można przytoczyć płazy, drugich zaś, różne owady, a przede wszystkim chrząszcze wodne, jak np. pływakowate, kałużnicowate i inne.

VII. RUCH ZWIERZĄT I ROŚLIN. ŻYCIE OSIADŁE.

Wymieniając cechy, właściwe istocie żywej, na pierwszym miejscu postawiliśmy zdolność do przejawiania ruchu, opierając się na tej podstawie, że nawet dla ludzi nieoświeconych pierwszym sprawdzianem istoty żywej jest to, że się ona porusza. Tak samo, jak zwykliśmy wszyscy mówić: „żyje, bo rusza się”, tak też mówiąc: „tam się coś rusza”, w tej formie twierdzimy, że: tam jest coś żywego, jest jakaś żywa istota, gdzie znów nieświadomie uważamy ruch za nieodłączny atrybut wszelkiej żywej istoty. Czy rzeczywiście tak jest, czy ruch, o jakim mowa, jest właściwy tylko istocie żywej, a wszelka postać ruchu, spotykana w przyrodzie nieożywionej, jest czemś zasadniczo odmiennem, nad tem więcej zastanawiać się nie będziemy, poprzestając na uwagach, wypowiedzianych w tej kwestji w rozdziale I.

Rozpatrzmy obecnie tylko, jak się przejawia ruch **Ruch plazmy.** u zwierząt i roślin oraz, o ile jest on zjawiskiem powszechnem wśród żywych ustrojów. Rozpatrując zjawiska ruchu, można wyróżnić wśród nich zjawiska przebiegające w komórce i zjawiska ruchu całego ustroju, czyli, inaczej miejscowości. Ruch w komórce jest właściwie ruchem plazmy. Ruch plazmy jest zjawiskiem powszechnie występującem, gdzie jest w związku z czynnościami życiowemi plazmy, jak utlenianie, pobieranie jednych substancyj, a wydzielanie innych i t. p. Jeśli określamy ruch plazmy jako zjawisko powszechne, to należy to rozumieć w taki sposób, że niema przyczyn, dla których nie miałyby on zachodzić w każdej żywej plazmie. Wyrazistość jednak tego zjawiska jest bardzo różna, przy zachowaniu jednakowych warunków, w których komórkę badamy (ciśnienie, wilgotność, temperatura); w jednych komórkach ruch plazmy jest bardzo wyraźny, w drugich nie daje się dostrzec zupełnie. Obiektem, bardzo dobrze nadającym się do obserwowania tego ruchu, są np. młode komórki roślinne, zwłaszcza trzykrotki (*Tradescantia*) lub ramienicy (*Chara*). Widzimy w nich przesuwanie się cząstek plazmy wokoło jądra, które nasuwa myśl, że plazma posiadać może charakter cieczy. O ile ruch w plazmie jest częstokroć trudno dostrzegalny, o tyle swoisty ruch osobnika zwierzęcego lub roślinnego daje się zazwyczaj bardzo łatwo obserwować. Najpierwotniejszą może formę ruchu, powodującego zmianę miejsca, spotykamy u ameby. Ameba, jak wiadomo, może się poruszać.

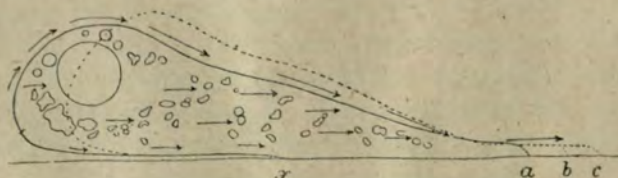
Ruch jej odbywa się w taki sposób, że plazma w dowolnym miejscu wysuwa się, zwierzę wskutek tego zwięża się i wydłuża; ponieważ jądro nie zmienia środkowego położenia, zatem środek zwierzęcia również się przesuwa, wobec czego w stosunku do jakiegoś nieruchomego punktu zaszła zmiana w pierwotnym położeniu ameby, zmiana, którą możemy nazwać ruchem w danym kierunku. Ruch taki, jak u ameby, nazywa się pełzaniem (stąd ameba nosi miano pełzaka), jest dość rzadkiem zjawiskiem (rys. 19). Ruch w tej postaci polega na przelewaniu



Rys. 19. Pełzak (**Amoeba**) w czasie ruchu.

się plazmy, przyczem ta część plazmy, która w danym momencie wysunęła się w jednym kierunku, nosi nazwę nibynóżki. O przemieszczeniach plazmy, zachodzących wewnątrz ameby, w czasie jej ruchu poucza rys. 20. Nibynóżki, może ich bowiem być naraz kilka, nie są stałymi organellami komórki, i właściwie narządem ruchu ameby i pokrewnych jej istot jest cała prawie plazma. Ruch w tej postaci, jak u ameby, spotykamy również u innych korzenionóżek, a także u niektórych roślin jednokomórkowych, oraz w wolno żyjących

komórkach tkankowców, jak leukocyty i limfocyty. Korzenionóżki, posiadające otaczający ich ciało szkielet, wysuwają swe niby-



Rys. 20. Schemat ruchu pełzającej ameby. Strzałki wskazują na kierunek prądów protoplazmy, przyczem dłuższe z nich oznaczają prądy bystrzejsze. Dolna część ameby (a—x) przylega do podłoża, punkty b i c oznaczają następane położenia przedniego końca ameby. Linja punktowana oznacza położenie ameby w następnym okresie czasu.

nóżki przez otwory w szkielecie. Lecz już u pierwotniaków zauważamy zróżnicowanie w organizacji, doprowadzające do wytworzenia

specjalnych narządów ruchowych. Takim narządem będzie nie powstała z ektoplazmy, lecz osadzona często głęboko w plazmie, jaką posiadają i pewne amebowate, mianowicie przedstawiciele rodz.: *Mastigamoeba*.

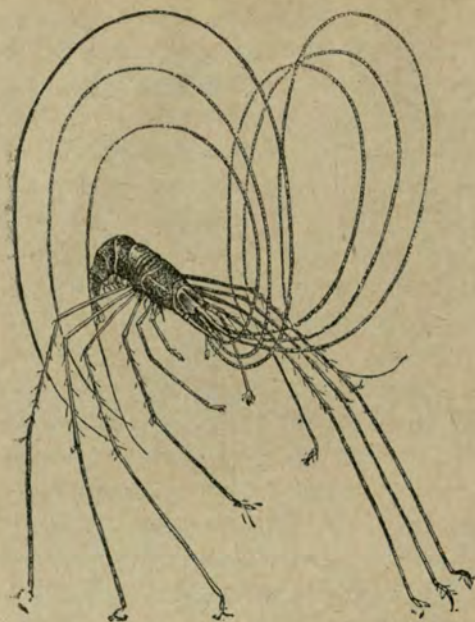
Ruch pierwotników.

Pierwotnikami, których zwykłym narządem ruchu jest jedna nie, osadzona na węższym końcu ciała, są wiciowce. Stąd też pochodzi ich nazwa. Wić taka wy-

konywa ruchy śrubowe, przyczem ciągnie za sobą dany ustrój, który też obraca się w wodzie po linii spiralnej. Opisany w rozdz. III ruch Eugleny jest typowy, a zarazem wskazuje na wyższość ruchu, wykonywanego wicią, gdy się porówna szybko pływające Eugleny ze stosunkowo bardzo powolnym przesuwaniem się ameby. Podobnie jak wiciowce poruszają się pływki śluzowców oraz liczne bakterje. U wiciowców, oprócz nici pojedynczej, spotykamy czasem nieć podwójną, albo też t. zw. błonę falującą, która otacza całe ciało. Błonę taką mają różne pasorzytnicze *Trypanosomy*. Wyższe pierwotniki zwierzęce, wymoczki, posiadają zazwyczaj znaczną ilość t. zw. rzęsek, stąd liczne wymoczki inaczej zwiemy rzęskowcami. Rzęski te, również wyrostki plazmatyczne łączą się swą ukrytą w plazmie podstawą z innymi organellami tych zwierząt, z myonemami i neurofanami. Rzęski otaczają bądź całe ciało, bądź tworzą tylko pewne linje orzęsione, a występują albo w jednakowej wielkości, albo też bywają różnej długości i grubości. Część tych rzęsek spełnia inną funkcję biologiczną, otaczają one mianowicie otwór wpustowy i służą do wytwarzania wiru wody. Ilość rzęsek u wymoczków, ich wielkość, kształt i charakter są tak różnorodne, że stanowią ważną cechę systematyczną i dlatego podział gromady wymoczków na szereg rzędów oparty jest na rzęskach.

Poza pierwotnikami rzęski rzadko są narządem ruchu. Istnieją one u pewnych robaków, jak np. wirki. Ponadto często występują, jako organ prowizoryczny, istniejący u młodocianych postaci rozwojowych, czyli larw, później zaś zanikają. Takie orzęsione larwy istnieją u jamochłonów, robaków, jak np. u motyli, u pierścienic, dlatego też nawet larwa morskich pierścienic nosi nazwę rzęskokrażka, u mięczaków i in.

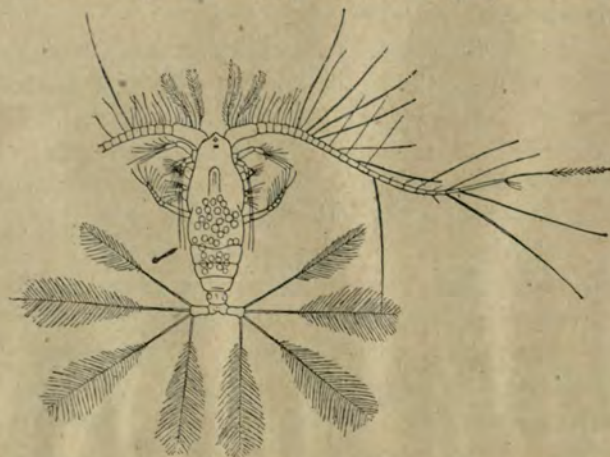
Narządy ruchu u tkankowców. Narządy ruchu tkankowców są bardzo różne. Ogólnie biorąc, są to aż do kręgowców albo wyrostki skórne, albo też narządy zaopatrzone już w mięśnie i szkielet zewnętrzny, nieczłonowane, jak np. u pierścienic, lub członowane, jak u stawonogów. Liczba ich waha się w bardzo znacznych granicach. Położone u zwierząt dwubocznie symetrycznych po obu stronach ciała mogą istnieć w ilości kilkudziesięciu par, jak u pierścienic, wijów, lub też w liczbie znacznie mniejszej, jak np. u owadów, gdzie są trzy pa-



Rys. 21. Skorupiak głębinowy **Nematocarcinus**. Nadzwyczajnie długie i cienkie odnóża, służyc mogą w warunkach zupełnego spokoju wody w głębinach.

gdzie w skład aparatu gębowego wchodzi trzy pary odnóży, oraz u skorpionia, stawonoga, należącego do pajęczaków, u którego pierwsza para nóg służy do chwytania zdobyczy.

Stawonogi dostarczają nam niezliczonych przykładów zróżnicowania w budowie

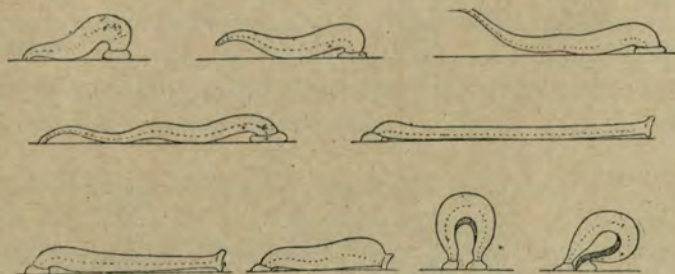


Rys. 22. Rak **Calocalanus**. Budowa odnóży pierzastych powoduje zwiększenie się powierzchni zwierzęcia w celu utrzymywania się na wodzie.

ry odnóży, albo też u pajęczaków, gdzie są ich cztery pary. Im mniejsza jest ilość odnóży, tem bardziej ograniczona jest okolica ciała, na której się one mieszczą. U wijów, skorupiaków odnóża są na tułowiu i odwłoku, u owadów wyłącznie na tułowiu, a tylko wyjątkowo u gąsienic bywają nóżki odwłokowe o prostszej budowie i czasowem występowaniu. U stawonogów, u których ilość odnóży jest znacznie zredukowana, część ich w zmienionej postaci spełnia inną funkcję, tworząc t. zw. przyśladki gębowe, lub aparat gębowy. Jako przykłady takiej zmiany funkcji pierwotnych odnóży chodowych można przytoczyć dwa powszechnie znane: a to u raka rzeczno-

odnóży, w zależności od wykonywanej funkcji i warunków życia. Np. skorupiak *Nematocarcinus* (rys. 21), żyjący w głębinach mórz, posiada zupełnie inną budowę odnóży, aniżeli inny skorupiak *Calocalanus* (rys. 22), żyjący na powierzchni morza. Owady np. posiadają nogi bardzo rozmaicie ukształtowane, służą one do pływania (pływak, pluskolec), biegania (szczypawka), skakania (konik polny) i t. p.

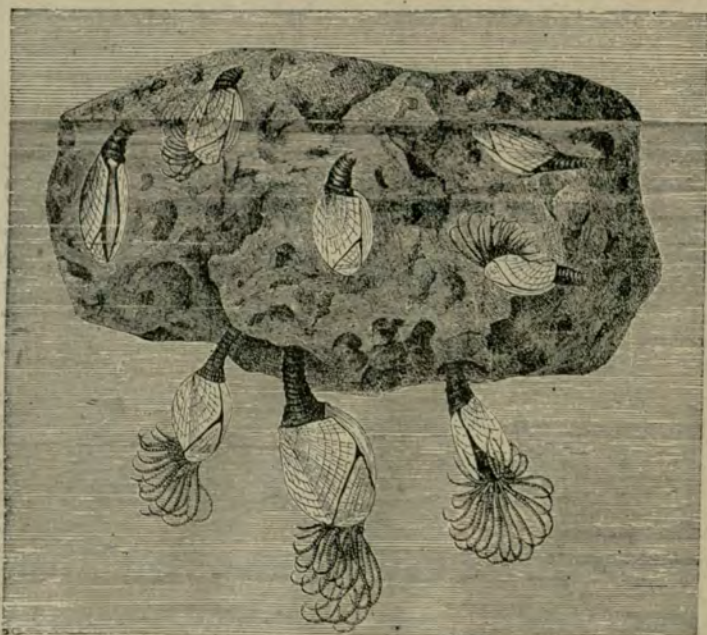
Nie wszystkie jednak tkankowce posiadają odnóża. Pozbawione są ich np. pijawki. Dla nich narządem ruchu jest całe ciało; posiadają silnie rozwinięty wór skórno-mięśniowy, mogą one wykonywać ruchy albo pływając w wodzie, albo przy pomocy przyssawek (rysunek 23).



Rys. 23. Szereg stadjów ruchu pelzającej pijawki.

Kręgowce posiadają tylko dwie pary kończyn i liczba ta nigdy nie jest większa. Kończyny kręgowców różnią się zasadniczo od odnóży bezkręgowców tem, że są zupełnie innego pochodzenia; odnóża bezkręgowców nie są, jak kończyny kręgowców zewnątrzniemnymi częściami szkieletu. U kręgowców kończyny również podlegają zmianom, zależnie od spełnianej funkcji: zjawisko to obserwujemy we wszystkich gromadach kręgowców, jak np. płetwy ryb i płetwowate kończyny ssaków wodnych. Jako wyjątkowe zjawisko w świecie zwierzęcym, spotykamy zdolność do unoszenia się w powietrzu, czyli latania. Jest ono wyjątkowe dlatego, że właściwie ograniczone do dwóch gromad zwierzęcych: ptaków i owadów, gdyż nietoperze stanowią nieliczny wyjątek, a możliwość przesuwania się przez powietrze, właściwa rybnom latającym, żabie latającej, niektórym gadom i innym jeszcze ssakom, prócz nietoperzy, nie jest lataniem w ścisłym znaczeniu. Zdolność do unoszenia się w powietrzu, właściwa owadom i ssakom, a stanowiąca przystosowanie się tych organizmów do życia w atmosferze, jest rezultatem zupełnie odmiennych przeobrażeń ustrojowych. Skrzydło owada jest czemś zasadniczo różnem od skrzydła ptaka. Pierwsze jest specjalnie rozwiniętym fałdem skórny, drugie zaś odpowiednio zmodyfikowaną kończyną przednią. Stąd też, mimo podobieństwa wykonywania jednakowej funkcji, jaką jest latanie, mechanizm lotu znacznie się różni u jednych i drugich. Uważając zdolność do zmiany miejsca, czyli ruch istoty żywej, za jedną z zasadniczych jej cech życiowych, musimy pamiętać, że bardzo liczne ustroje zatraciły tę pierwotną zdolność. Odnosi się to nie tylko do roślin, gdzie, jak wiadomo, tylko niższe rośliny posiadają zdolność ruchu, ale również i do zwierząt. Z wyjątkiem krę-

gowców, we wszystkich typach zwierzęcych znajdujemy przykłady zwierząt, nie zmieniających miejsca (czynnie), lecz prowadzących życie osiadłe. Są zwierzęta, u których osiadłość jest tylko częściowa, np. hydra lub ukwiały, są liczne inne, gdzie osiadłość jest trwałą formą życia. Postaci osiadłe znajdujemy wśród pierwotniaków (wiryzy) gąbek, jamochłonów (korale), robaków (wrotki), pierścienic (*Spirographis*) (rys. w rozdz. XVII), stawonogów (kaczenica) (rys. 24), mięczaków (perłopław), osłoniec. We wszystkich wszakże znanych przypadkach można z łatwością stwier-



Rys. 24. Kaczeniec (*Lepas*) przytwierdzona do kawałka pływającego pumeksu (wielkość naturalna). Widać na rysunku przekształcenie, jakiemu podległy odnóża, zamienione w wąsy.

dzić, że osiadłość nie jest pierwotną cechą tych zwierząt, lecz, że będąc przystosowaniem do warunków życia, jest ona cechą wtórną. Dowodzi tego historia tych zwierząt, uwidoczniiona w ich rozwoju. Zwierzę dorosłe jest osiadłe, lecz jego larwa nie jest osiadła, pływa swobodnie w wodzie, a dopiero później, przeobrażając się, zatracza narządy ruchowe. Fakt ten można obserwować nawet u zwierząt, rozwijających się przez pączkowanie, t. j. u koralu, które rozmnażają się również w pewnych warunkach drogą płciową; powstająca z jajeczek koralu orzęsiona larwa pływa wolno. Tak samo wolno pływającą larwę znajdujemy u kaczenicy, u osłonicy (rys. w rozdz. XV) i innych.

Rośliny wyższe nie mają rozwiniętej zdolności do zmiany miejsca: wszakże i one wykazują ruchy bardzo różnorodne, jak ruchy, związane ze zjawiskiem wzrostu, światłozwrotności, zmianą wilgotności i inne.

VIII. PRZEMIANA MATERJI. ODDYCHANIE.

Do cech właściwych każdej istocie żywej należy zjawisko, które ogólnie nazywamy przemianą albo wymianą materji. Jest to zjawisko bardzo złożone, w którym można rozróżnić trzy główne etapy. Pierwszy to pobieranie przez każdy ustrój z otoczenia różnych ciał; drugi — to procesy, dokonywające się wewnątrz ustroju, ostatni wreszcie polega na oddawaniu, zwracaniu do otoczenia różnych substancyj, przeważnie różniących się pod względem chemicznym od pobranych, częściowo nie różniących się. Przemianą materji wywołuje w ustroju przemianę innej natury, przemianę energii. Oba powyższe procesy nazywamy więc łącznie przemianą materji i energii. Względy praktyczne sprawiają, że zjawiska te będziemy rozpatrywali oddzielnie. Przemiana materji dotyczy wszelkich substancyj, jakie każdy ustrój pobiera, a więc tak samo substancyj stałych, jak i cieczy oraz substancyj gazowych. Istoty żywe pobierają substancje z otoczenia we wszystkich tych stanach skupienia, właściwych materji, wszakże pod względem sposobów pobierania przez ustrój materji gazowych z jednej strony, a płynnych i stałych z drugiej — zachodzą znaczne różnice, wymagające oddzielnego opisu tych sposobów. O ile pobieranie substancyj płynnych i stałych, czyli żywienie się istoty może być przerywane okresami, gdy to zjawisko nie zachodzi, o tyle przemiana materji gazowych, czyli oddychanie jest jedną z cech żywego ustroju, która przejawia się przez cały czas trwania życia i nie może być przerywana, z wyjątkiem tych przypadków, gdy intensywność wszelkich procesów życiowych maleje i schodzi do minimum, jak np. w stanie życia utajonego.

Każda żywa istota oddycha tlenem, t. j. pobiera tlen albo wprost z atmosfery, albo też z wody, w której gaz ten jest rozpuszczony. Jest to powszechna reguła, od której znane są bardzo nieliczne wyjątki. Stanowią je te istoty, które również bez tlenu w procesach życiowych obyć się nie mogą, lecz czerpią go nie w postaci tlenu atmosferycznego, lecz z rozkładu połączeń organicznych. Do takich istot należą niektóre pasorzyty wewnętrzne, jak np. robaki.

Istot, któreby mogły żyć, zupełnie obchodząc się bez tlenu, nie znamy wcale, z wyjątkiem bardzo nielicznych bakteryj. Są pewne bakterje, t. zw. beztlenowe, które rozwijają się w atmosferze beztlenowej, a w obecności wolnego tlenu żyć nie mogą — i u tych bakteryj jed-

nakże wykazano przemianę tlenową t. zw. międzycząsteczkową, dowodzącą, że zjawiska życia bez tlenu nigdzie przebiegać nie mogą. Istoty żyjące na powierzchni ziemi nie odczuwają braku tlenu, gdyż atmosfera zawiera go nad ziemią średnio 20,9%. Ilość ta jest zupełnie wystarczająca i tylko w rzadkich przypadkach (groty i t. p.) jest mniejsza i życie uniemożliwia. Badania wykazały, że dla oddychania zwierząt wyższych potrzebną jest ilość tlenu nie mniejsza niż 17% zawartości powietrza, z tego wynika, że atmosfera może być terenem życia tylko do tej wysokości, do której tlen znajduje się w powyższym procencie. Analiza powietrza w różnych wysokościach pozwala na przypuszczalne obliczenie zawartości tlenu. Z analizy tej wynika, że na

Skład atmosfery i źródła tlenu.

wysokości 0 km. ilość tlenu równa się 20,9%, na wysokości 20 km. 15%, na wysokości 40 km. 10% i wreszcie na wysokości 100 km. 0%; tlenu już nie ma zupełnie.

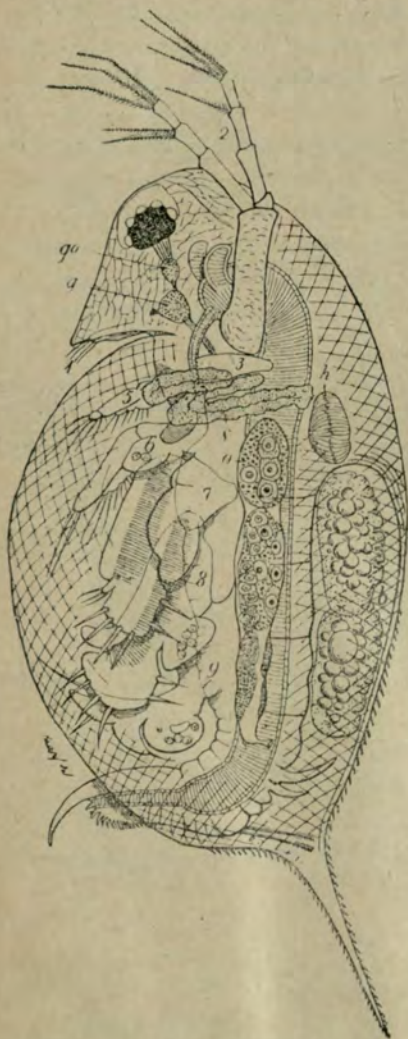
Zatem, ze względu na ilość tlenu życie wyższych stworzeń mogłoby być możliwe tylko do wysokości kilkunastu km. O ile na powierzchni ziemi żadne istoty żywe nie odczuwają głodu tlenowego, o tyle w wodzie stosunki kształtują się bardzo różnorodnie. Jak wiadomo, istoty żyjące w wodzie również oddychają tylko atmosferycznym tlenem, gdyż rozkład wody nie zachodzi. Tlen dostaje się do wody dwiema drogami. Albo przez dyfuzję, albo jako produkt powstały z rozkładu dwutlenku węgla przez rośliny zielone. Ponieważ rośliny te rozkładają CO_2 znaczne ilości, więc w mniejszych zbiornikach wodnych, gdzie jest dużo roślin, braku tlenu nie bywa. Inaczej natomiast bywa w wodach, pozbawionych roślin, tam życie zwierzęce jest zależne od tlenu dyfundującego z atmosfery i często daje się odczuwać brak tego gazu. Tlen rozpuszcza się w wodzie łatwiej nawet niż azot, powietrze rozpuszczone w wodzie zawierać może do 33% tego pierwiastku, jednak ilość bywa często niewystarczająca, gdyż dyfuzja odbywa się bardzo wolno. Obliczono np., że cząsteczka tlenu, aby się dostać do dna drogą dyfuzji w głębokich jeziorach i oceanach, zużywa na to kilka tysięcy lat.

Znany ten fakt, a również i fakt, że na głębokości większej, niż 400 metrów nie mogą już żyć rośliny zielone, dla braku odpowiedniego światła, od dawna zmuszał uczonych do zastanowienia się, skąd czerpią tlen istoty, żyjące w głębinach morskich. Obecnie wiadomo, że tlen dostaje się do dna oceanów z powierzchni nie tylko przez dyfuzję, ale również z powierzchni wraz z cząsteczkami wody w różnych prądach morskich pionowych i skośnych. Tam też najwięcej znajdowano istot żywych, gdzie takie prądy panują.

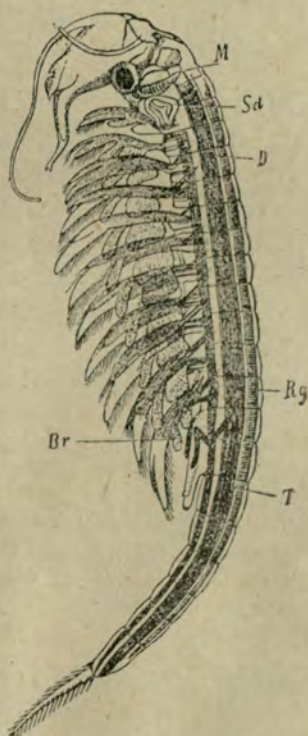
Oddychanie istot nie posiadających narządów.

Pobieranie tlenu przez żywe istoty polega na tem, że tlen musi przeniknąć do każdej komórki. Dzieje się to w sposób dwojaki: albo przez bezpośrednie przenikanie, albo za pośrednictwem specjalnych narządów. Oddychanie bez współdziałania narządów

może się tylko wtedy odbywać, gdy albo wielkość ustroju, albo grubość ciała pozwalają na to, aby tlen mógł się przedostać do każdej poszczególnej komórki. Oddychanie tego typu, czyli bezpośrednie przenikanie tlenu do wnętrza organizmu mamy u pierwotniaków, jamochłonów, robaków oraz niektórych pasorzytów, gdzie miękka, pozbawiona grubego naskórka powierzchnia ciała umożliwia takie bezpośrednie wnikanie tlenu. W tych przypadkach przyczyną, która sprawia, że tlen przenika przez błonę komórek, jest różnica ci-



Rys. 25. *Daphnia pulex*. 1, 2 — pierwsza i druga para czułków, h — serce; 5—9 — pięć par nóg.



Rys. 26. Zadychra (*Branchipus*). Br—woreczki skrzelowe, Rg—serce.

śnienie w otoczeniu i w ciele zwierzęcia. Ciśnienie to jest większe w otoczeniu i dlatego tlen dostaje się do wnętrza komórki. Ponieważ wówczas jest w niej nagromadzony CO_2 , jako produkt procesu oddychania, którego ciśnienie jest znów większe, niż w otoczeniu, przeto, na

zasadzie tych samych praw, CO_2 wydostaje się z komórki do otoczenia. U zwierząt o wyższej organizacji tlen wchodzi przez specjalne narządy służące do oddychania. Narządy te występują w kilku postaciach, zależnie od funkcji, jaką pełnią. Można je podzielić na narządy, służące do pobierania tlenu z wody i z powietrza. Do pobierania tlenu z wody służą przeważnie skrzela, do pobierania tlenu z powietrza — płuca albo tchawki. Wszystkie inne narządy stanowią nieliczne wyjątki. Skrzela bezkręgowców (rys. 32) są to wy-

Skrzela.



Rys. 27. Larwa *Cloëon* (*Ephemeridae*). Kt — skrzela tchawkowe, czyli skrzelotchawki.

rostki skórne, w tworzeniu się skrzel osłonic i kregowców bierze udział ponadto i przednia część jelita. Badania wykazują, że skrzela, ich kształt i położenie bywają bardzo rozmaite. Zawsze są one jednakże tak ułożone w organizmie, że znajdują się w zetknięciu ze światem zewnętrznym, cz.

z wodą, co jest konieczne, aby tlen, zawarty w wodzie, miał dostęp do tych narządów. Przenikanie tlenu do skrzel odbywa się w taki sposób, że tlen przedostaje się przez nabłonek do naczyń krwionośnych, rozgałęzionych w skrzelach, stąd ro-



Rys. 28. Skrzelotchawki z jelita tylnego ważki *Aeschna*.

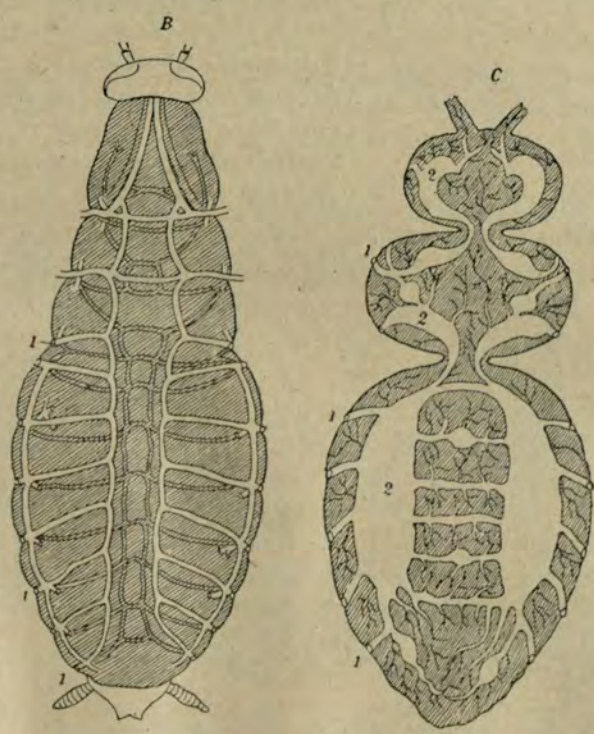
chodzi się z

krwią po całym ciele. Tą też drogą jest usuwany CO_2 . Zwierzęta skrzelodyszne posiadają często bardzo ciekawe urządzenia w organizacji, świadczące o potrzebie wyzyskania dostępnych ilości tlenu. Do takich urządzeń należą np. skrzela rozwielitki (*Daphnia*) (rys. 25), lub zadychry (*Branchipus*), przedstawicieli naszych skorupiaków słodkowodnych z rzędu liścionogów (rysunek 26). Skrzela tych zwierząt są to przekształcone pierwotne odnóża ruchowe, które u przekopnicy zachowały jeszcze swą funkcję, a u rozwielitki są zastąpione przez osadzone na głowie czułki. Lecz i w jednym i w drugim przypadku obecne skrzela są w ciągłym rytmicznym ruchu. Ruch ten powoduje wir wody wokół

skrzel, a z nowemi cząsteczkami wody zwierzę otrzymuje nowe zapasy tlenu. Innem ciekawem urządzeniem jest umieszczenie skrzeli u pewnych wyższych raków. Mają one zwyczaj odbywać dłuższe wędrówki na lądzie. Aby skrzela nie przestały funkcjonować, znajdują się one w jamkach, napełnionych wodą. Oprócz skrzeli, zwierzęta posiadają i inne narządy do pobierania tlenu z wody. Najbardziej swoiste będą wśród nich narządy szkarłupni, noszące nazwę układu wodnego. Inne narządy tego rodzaju są zazwyczaj przekształceniem pewnych odcinków przewodu pokarmowego, jak np. u strzykw t. zw. płuca wodne, lub u jelitodysznych.

Jakkolwiek żyjące w wodzie owady i ich larwy przeważnie posiadają tchawki i czerpią tlen wprost z atmosfery, to jednak pewne larwy przystosowały się do korzystania z tlenu, znajdującego się w wodzie. Posiadają one

Tchawki. do tego celu specjalne narządy, t. zw. skrzelotchawki, jak to jest u larw i jętek (rys. 27). Ciekawe te narządy są połączeniem skrzeli, znajdujących się na zewnątrz, i tchawek wewnątrz organizmu.

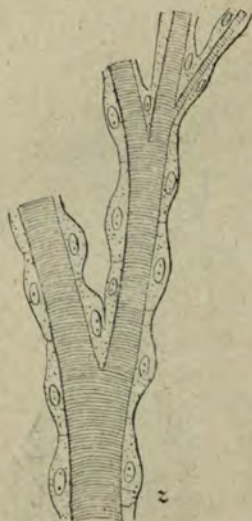


Rys. 29. Ułożenie tchawek u owadów. B — tchawki karaczana; C — t. pszczoły; 1 — stigmy; 2 — pęcherzyki tchawkowe.

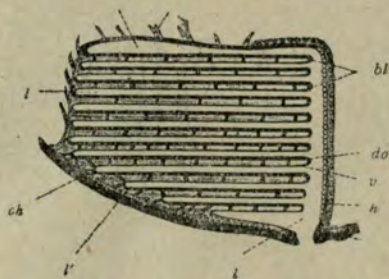
U ważek zaś tylny odcinek jelita posiada wyrostki, które, omywane przez wchodzącą do wnętrza ciała wodę, funkcjonują jako skrzela. Ze skrzeli tych dopiero tlen przechodzi do rurek tchawkowych (rys. 28).

Stawonogi lądowe posiadają jako główny narząd t. zw. tchawki, które znajdujemy u pratchawców, wijów, owadów i pewnych pajęczaków. Tchawki są to rureczki, stanowiące w ciele stawonogów pewien systemat, który rozpoczyna na zewnątrz ciała stigma, czyli

przetehlinka (rys. 29). Od stigmy idzie gruba rurka, przewodząca powietrze, która się potem rozgałęzia (rys. 30). Stigma jest tak zbudowana, że filtruje powietrze, wchodzące do tchawek. Powietrze, przechodząc przez chitynowe przegródki, znajdujące się w otworze stigmy, zostaje oczyszczone wskutek tego, że wszystkie cząstki stałe zatrzymują się na tych przegródkach. Niektóre stawonogi, a mianowicie pająki — i pewne inne pajęczaki posiadają t. zw. płucotchawki (rys. 31), stanowiące modyfikację tchawek. Inne bezkręgowce lądowe albo nie posiadają specjalnych narządów oddechowych, jak np. dżdżownica, albo oddychają płucami, jak ślimaki, płuca ich wszakże są innego pochodzenia, niż płuca kręgowców. Kręgowce oddychają z pomocą skrzeli lub płuc. Skrzelodyszne są ryby, larwy płazów i nieliczna grupa płazów, które zachowują skrzela, jako postaci dorosłe. Są to t. zw. trwałoskrzelne, do



Rys. 30. Schemat budowy tchawki owadu. Warstwa zewnętrzna złożona z komórek, wewnętrzna — otoczona spiralnie skręconą nicią.



Rys. 31. Przekrój przez płucotchawkę pająka. bl — przegródki płucotchawki; do — strona grzbietowa; v — strona brzuszna; h — tylna ściana płucotchawki; l — wewnątrz pł. w pobliżu otworu oddechowego; l' — komory powietrzne; l'' — grzbietowa komora powietrzna; ch — warstwa chitynowa powierzchni ciała.

których należy znany powszechnie odmieniec (*Proteus*). Pozostałe kręgowce są płucodyszne. Lecz i u niższych kręgowców znany jest jeden przypadek posiadania płuc. Dotyczy on ryb t. zw. dwudysznych (*Dipnoi*). Ryby te, o których będzie jeszcze mowa, posiadają i skrzela i płuca. Obecność obu narządów oddechowych jest wywołana specjalnymi warunkami bytowania tych zwierząt, do których stanowi przystosowanie. Ryby dwudyszne są reprezentowane przez kilka gatunków zaledwie, żyjących w rzekach Afryki, Ameryki Południowej i Australji. Przebywają one w rzekach wysychających w suchej porze roku. W okresie suszy ryby te zagrzebują się w szlamie, robiąc tylko otwór, prowadzący do nozdrzy i wówczas oddychają płucami; żyjąc przez pozostałą część roku w wodzie, oddychają oczywiście skrzelami.

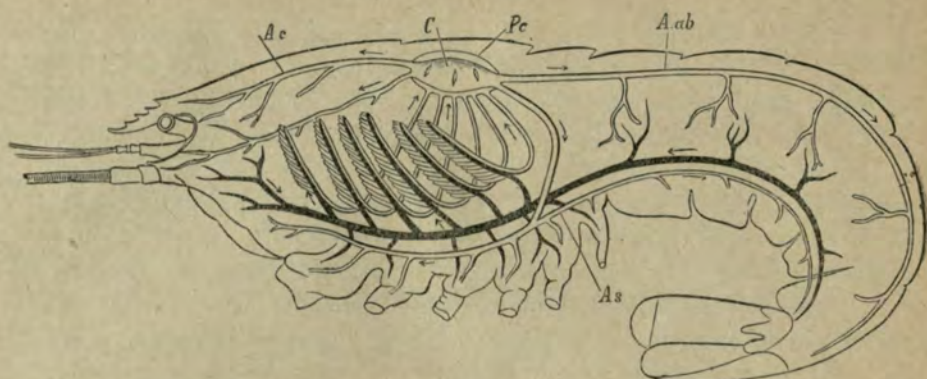
Płuca kręgowców są narządem, pochodzącym z dwu

Płuca.

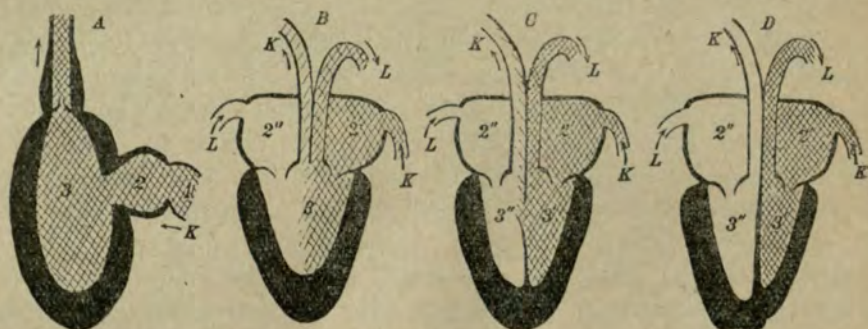
ślepych woreczków, powstałych w ściankach pierwotnego jelita. Początkowo rozwijając się w połączeniu z jelitem, później dopiero zatracają z nim związek i uzyskują komunikację ze światem zewnętrznym. Stąd wynika, że płuca są umieszczone wewnątrz organizmu, co nie przeszkadza ich funkcji, albowiem powietrze przenika do płuc swobodnie, dzięki ruchowi klatki piersiowej, wytwarzającym, wskutek zwiększenia pojemności, mniejsze, niż nazewnątrz ciśnienie powietrza. Pamiętać należy, że bez względu na to, dzięki jakim organom zwierzę pobiera tlen, wszędzie zachodzi oddychanie t. zw. skórne, t. j. przenikanie tlenu bezpośrednio przez skórę. Jest ono bardzo ważne i tlen, tą drogą otrzymany przez organizm, stanowi często znaczny procent wszystkiego tlenu, pobieranego przez dane zwierzę. Jak dalece ważne może być oddychanie przez skórę, o tem poucza znane doświadczenie z żabą. Żaba oddycha płucami, lecz jeśli jej płuca usuniemy, to jednak będzie ona żyła, czyli, że oddychanie skórne zaspokoi potrzeby organizmu. Lecz jeżeli uniemożliwimy żabie oddychanie przez skórę, pokrywszy skórę warstwą izolacyjną, np. pokostem, to wówczas płuca nie wystarczą i żaba zginie z braku tlenu. Oprócz oddychania skórnego, u niektórych tkankowców odgrywa pewną rolę i oddychanie jelitowe. Opisane powyżej narządy, służące do pobierania tlenu, nie wypełniają wszystkich funkcyj, niezbędnych dla oddychania. Pamiętać należy, że oddychanie polega na utlenianiu całego organizmu, a więc każdej poszczególniej komórki, która się na dany organizm składa. Tlen, wprowadzony przez narządy oddechowe, musi się jeszcze przedostać do każdej komórki. Same narządy oddechowe nie wystarczają do tego celu i dalsze przemieszczanie tlenu w organizmie dokonywa się wskutek istnienia specjalnej cieczy, czyli krwi. Nazwa krwi jest stosowana dla wszystkich zwierząt; nie jest to słuszne, albowiem bezkręgowce posiadają przeważnie ciecz, która różni się od krwi budową i składem i nosi nazwę hemolimfy. I krew i hemolimfa są to, jak wiadomo, tkanki, należące do tkanek łącznych. Hemolimfa krąży bądź bezpośrednio w organizmie w przestrzeniach międzykankowych, bądź w specjalnych naczyniach; krew kręgowców zawsze tylko w naczyniach. U wyższych bezkręgowców i u wszystkich kręgowców powstają narządy, regulujące krążenie tych cieczy, t. zw. serea. Jak wiadomo, zespół wszystkich naczyń krwionośnych wraz z naczyniem centralnem nosi nazwę systemu krwionośnego albo systemu krążenia.

System krwionośny.

Dla przypomnienia podajemy rys. 32 ilustrujący powyższe, schemat układu krwionośnego i krążenia u raka.



Rys. 32. Schemat układu krwionośnego raka. C — serce; Pc — osierdzie; Ac—tętnica głowowa; Aab—t. odwłokowa; As—t. brzuszna. Strzałki wskazują kierunek, w jakim krew płynie.



Rys. 33. Schemat budowy serca różnych kręgowców. A—ryb; B—plazów; C—gadów; D—ptaków i ssaków. 1—Zatoka żylna; 2—przedsionek; 3—komora; 2'—prawy przedsionek; 2''—lewy przedsionek; 3'—prawa komora; 3''—lewa komora. Strzałki wskazują na kierunek biegu krwi. K—Naczynia, które krew dąży do ciała albo z ciała; L—naczynia, które krew dąży do płuc albo z płuc. Krew tętnicza nie kreskowana. Krew żylna zakreskowana w dwóch kierunkach. Krew przemieszana zakreskowana w jednym kierunku.

Narządy te mają budowę bardzo różnorodną. U niższych zwierząt serce bywa zazwyczaj woreczkowatym rozszerzeniem głównego naczynia, u wyższych jest to oddzielny organ (rys. 33), który, otoczony osierdziem, składa się z dwóch części, uniemożliwiających mieszanie się krwi utlenionej i odtlenionej. Szczegóły, dotyczące budowy i funkcji tych narządów pomijamy, jako znane z podręczników zoologii i anatomii. Między systemem krwionośnym bezkręgowych i kręgowych ta jeszcze zachodzi różnica, że u bezkręgowców serce i główne naczynia mieszczą się po stronie grzbietowej, a u kręgowców po stronie brzusznej. Krew lub hemolimfa, wszedłszy w nieprzerwany związek z tlenem w narządach oddechowych, czyli utleniwszy się, dochodzi wraz z tlenem do każdej komórki ciała. Gdzie obieg

krwi jest otwarty, tam tlen wchodzi w bezpośrednie zetknięcie z komórką, w obiegu zamkniętym dzieje się to w t. zw. naczyniach włoskowatych albo kapilarach. Ścianki tych naczyń są zbudowane z pojedynczej warstwy komórek, przez które tlen dyfunduje do komórek ciała. Zachodzą tu dwa zjawiska: oddzielenie się tlenu od krwi i dyfuzja tlenu do komórki. Pierwsze z tych zjawisk jest natury chemicznej i polega na właściwości krwi, tworzeniu niestálych związków z tlenem, w obfitości tego gazu (w płucach, skrzelach i t. p.) i oddawaniu go w tkankach, gdzie tlenu jest mało, a łączeniu się z dwutlenkiem węgla, który właśnie nagromadził się w komórce. Drugie zjawisko dyfuzji tlenu z krwi do komórek przez ścianki komórek i CO_2 z komórek do krwi jest takie samo, jak opisano przy

**Istota
oddychania.**

oddychaniu pierwotniaków. Oddychanie więc jest w ostatecznym rezultacie procesem wewnątrz-komórkowym; polega ono na ciągłym utlenianiu komórki, któremu towarzyszy wytwarzanie się ciepła. Jest to proces, który nie może być rozpatrywany oddzielnie i niezależnie od przemiany materji, albowiem jest z nią w najściślejszym związku. Dwutlenek węgla, jako produkt powstały na skutek utleniania, czy spalania komórki, zostaje usunięty z organizmu temi samymi drogami, jakimi przybył tlen. Oddychanie, rozumiane jako wymiana gazów z otoczeniem, składa się z wdychania i wydychania; powietrze wydychane, czyli wydalone z ustroju, zawiera zawsze znacznie większy procent dwutlenku węgla, niż powietrze wchłaniane przez ustrój. Dodać trzeba, że wydalanie CO_2 odbywa się również i przez skórę.

**Oddychanie
roślin.**

O ile oddychanie zwierząt jest znane od najdawniejszych czasów, o tyle oddychanie roślin jest znane od początków zeszłego stulecia. Dopiero wówczas wykryto i zbadano dokładnie, że nie tylko rośliny niezielone oddychają tak, jak zwierzęta, ale że zjawisko to zachodzi i u roślin zielonych. Pierwotnie mniemano powszechnie, że rośliny zielone pobierają z powietrza CO_2 i zwracają tlen, i że żaden inny proces nie zachodzi. Obecnie wiemy, że rośliny zielone oddychają tlenem, tak samo, jak i wszystkie inne istoty. Zjawisko to można bardzo łatwo wykazać, przeprowadzając odpowiednie doświadczenia w ciemności, a więc w warunkach, gdy pobieranie CO_2 , a wydalanie tlenu ustaje. Doświadczenia wskazują również, że przy oddychaniu roślin wywiązują się znaczne ilości ciepła.

Oddychanie roślin, tak samo jak i zwierząt, jest procesem ciągłym, u roślin zielonych, znajdujących się na świetle, jest on dlatego trudniej dostrzegalny, że wówczas przeważają procesy asymilacyjne. Rośliny nie posiadają specjalnych narządów do roznoszenia tlenu po organizmie i usuwania dwutlenku węgla. Tlen przenika

przez skórkę, t. j. całą powierzchnię u roślin zielonych i w młodych częściach roślinnych, a poza tem przez szparki oddechowe i przez przetchliny. Wydzielanie dwutlenku węgla odbywa się temi samemi drogami. Oddychanie, jako proces tak ważny, że bez niego nie mogłoby być życia, jest więc zjawiskiem powszechnem i właściwem wszystkim żywym istotom.

IX. PRZEMIANA MATERIJ STAŁYCH. WYDZIELANIE. ¹⁾

Przemiana materij stałych obejmuje kilka procesów. Po pierwsze pobieranie tych materij, czyli pożywienie, dalej przygotowanie pobranego pożywienia do wchłonięcia przez organizm, następnie wchłonięcie odpowiednio przygotowanych substancyj, wreszcie usunięcie z ustroju części zużytych, albo, ogólnie mówiąc, produktów, powstałych na skutek przemiany materij w organizmie. Całokształt tych zjawisk jest do zbadania bardzo trudny. Wiemy dobrze, jakie substancje organizm pobiera i jakie wydała, czyli że znane nam są dobrze dwa ogniwa tego łańcucha—pierwsze i ostatnie, natomiast dokładne zbadanie procesów, przebiegających wewnątrz ustroju, do dziś jeszcze jest niemożliwe. Badacz, zajmujący się zjawiskiem przemiany materij u zwierząt i roślin, może kwestję tę traktować z różnych stanowisk. Albo zająć się przede wszystkim interesującymi sprawami pobierania pożywienia, wyszukiwania go, zdobywania i t. p., przyczem napotka niezwykle rozmaitość zjawisk tej kategorii u roślin i zwierząt, albo też badać przedewszystkiem losy materij stałych wewnątrz organizmu. Pierwsze z tych zagadnień stanowi w znacznym stopniu zakres ekologii, drugie—fizjologii. Przemiana materij, rozpatrywana ze stanowiska

Pobieranie materij stałych.

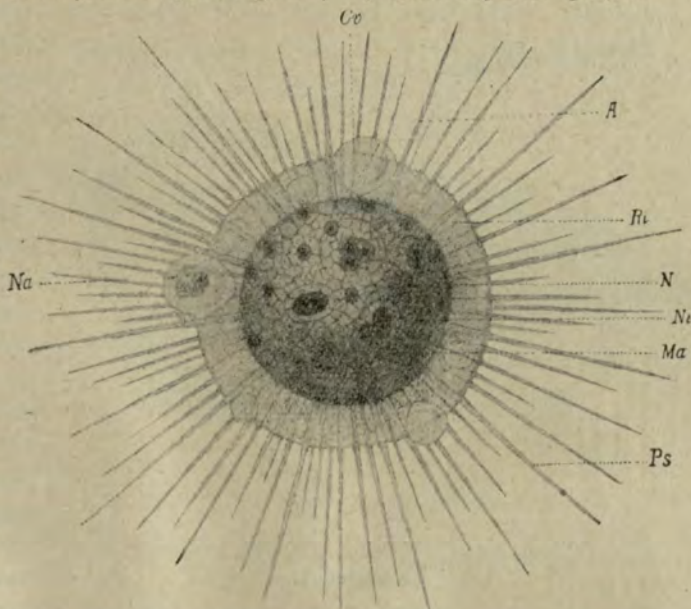
ekologii, jest nadzwyczajnie różnorodna i wykazuje tysiączne, a niesłychanie ciekawe zjawiska, dowodzące, że na ziemi wre nieustanna walka o pożywienie, będąca największym czynnikiem walki o byt wogóle. Tlenu jest na ziemi poddostatkiem, nie brak go prawie nigdzie, to też urządzenia w organizacji zwierzęcia czy rośliny, służące do chwytania tego gazu, są rzadkie. Z pożywieniem jest zupełnie inaczej. Wystarczy przyjrzeć się najprzeróżniejszym organom, służącym do chwytania zdobyczy, zbadać, co służy i służyć może za pokarm, oraz zastanowić się nad ekologicznemi przyczynami rozmieszczenia

¹⁾ Rozd. IX, X i XI są napisane w formie bardzo zwięzłej, i zawierają właściwie skrót tylko wiadomości z zakresu przemiany materij i energii. Autor sądzi, że w tej formie będą one wystarczającym przypomnieniem faktów poznanych przez uczącego się z botaniki, zoologii i anatomji człowieka. W tem też rozumieniu użyto wielu terminów, bez ich bliższego wyjaśnienia.

zwierząt i roślin na ziemi, aby nabrać przeświadczenia, że wyżywienie się istoty żywej i możność zdobycia tegoż jest jej głównym warunkiem istnienia.

Już u pierwotniaków znajdujemy specjalne organoidy dla zdobywania pokarmu: są to rzęski, otaczające otwór gębowy. Korzenionóżki, posiadające szkielet wapienny, wysuwają banieczkę odżywcza w celu rozpuszczenia cząstki pokarmowej poza szkieletem (rys. 34). Jamochlony posiadają czułki czyli macki; szkarłupnie—nóżki; stawonogi mają tyle najróżnorodniejszych urządzeń do pobierania pożywienia, czyli aparatów gębowych, że nie tylko w każdej gromadzie, ale w każdym rzedzie niemal spotkamy różnaitość tych form. W innych typach też panuje znaczna różnorodność tych organów, wystarczałoby dla przykła-

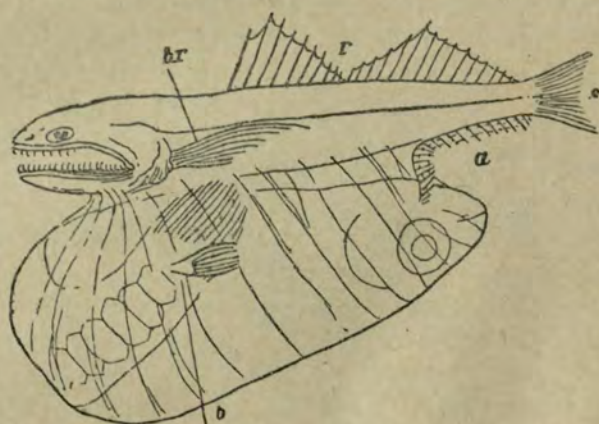
du rozpatrzyć ptaki np., gdzie naogół kształty są bardzo jednostajne i nie zdają się wykazywać większych różnic. A jednak dość zbadać dzioby ptaków, aby dostrzec wielkie różnice w dziobie drapieżców, brodzieców, ptaków pływających, dzięciołów, ziarnojadów i innych. Jeszcze lepszym przykładem są owady, u których zasadniczy typ aparatu gębowego, przystosowanego do gryzienia i żucia, podlega, jak wiadomo, bardzo znacznym modyfikacjom.



Rys. 34. Słonecznica (*Actinosphaerium*). Ri—ektoplazma; Ma—entoplazma; Ps—nibynóżki; N—jądro; Na—banieczka odżywcza; Cv—b. tętniące.

Badając, co służy za pokarm zwierzętom i roślinom, tem bardziej dojdziemy do przeświadczenia, że na ziemi są zużywane wszelkie substancje organiczne we wszelkiej ich postaci. Wiadomo powszechnie, że każde zwierzę żywe czy martwe stanowi pokarm jakiegoś innego zwierzęcia, dotyczy to tak samo każdej rośliny. Lecz umiejętnością wyzyskania tych źródeł pokarmowych, jakimi są wszelkie rośliny i zwierzęta, nie ograniczają się żywe istoty. Bardzo liczne zwierzęta żyją odpadkami substancyj organicznych. Do takich należą: dżdżownice, różne mięczaki i in. Są zwierzęta, które zużywają tak twarde części roślinne, iż zdawałoby się mogło, że żadna istota żywa nie potrafi ich ani zgryźć, ani strawić, np. małż,

świdrak okrętowy w poszukiwaniu pokarmu dziurawi grube deski i bale, — inny maśl, skalotocz, dzięki swej wydzielinie, rozpuszcza skalę i w niej szuka pożywienia. Niedawno wykazano, że pewne owady błonkoskrzydłe potrafią powygryzać otwory w kilkumilimetrowej grubości blasze ołowianej w celu wyszukania pożywienia. Każdemu znane są pod tym względem termity i nasze mrówki, które wrzucono do mrowiska np. łeb ssaka ogryzają ze wszelkiej substancji, nie wyłączając rogowych i chrzęstnych, zostawiając jedynie części kostne. Bardzo łatwo jest wyliczyć wiele pouczających przykładów, które dowodzą, że zwierzętom i roślinom niezelenym każda spotykana w przyrodzie substancja organiczna może służyć za pokarm — i jest pod tym względem całkowicie wyzyskana. Również, jeśli zastanowić się nad rozmieszczeniem tych istot na ziemi, to także dochodzi się do przeświadczenia, że w pierwszym rzędzie możliwość zdobycia pożywienia rozstrzygała o tem, że istoty żywe znajdujemy w miejscach, tak, jakby można mniemać, niezdatnych do życia w nich. Niema w tem

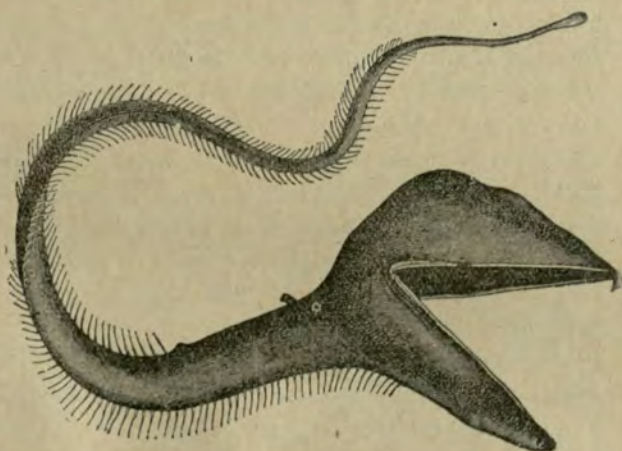


Rys. 35. Ryby głębinowe. **Scopelus**, polknięty przez **Chiasmodus**.

nie dziwnego, że na ziemi znajdujemy tam wszędzie bujne życie zwierzęce, gdzie odpowiednie warunki pozwalają na rozwój świata roślinnego. Lecz nie są pozbawione zwierząt i takie miejsca, które stanowią pustynie. Zarówno lodowce wysokich gór, jak lody krain podbiegunowych posiadają sporą ilość gatunków zwierzęcych. Nie są ich pozbawione i piaszczyste pustynie całej kuli ziemskiej i jeziora o znacznej zawartości soli i ciemne groty i jaskinie. Wszędzie żyją różne zwierzęta i potrafią się wyżywić. Jednym z najjaskrawszych przykładów, dowodzących, jak dalece istoty żywe w walce o wyżywienie się i o byt umiały dostosować się do warunków, są zwierzęta, zamieszkujące głębiny morskie. Wszelkie warunki fizyczne, panujące w morzu na znacznych głębokościach, tak się różnią od warunków na powierzchni morza i na lądzie, że nie jest łatwo zrozumieć, wskutek jakich przyczyn zwierzęta przystosowały się do by-

towania w tych warunkach; ich obecność wszakże można tłumaczyć zdobyciem nowych terenów dla życia i dlatego też istoty, żyjące w głębinach, wskutek swej budowy, potrafią wyzyskać okazję zaopatrzenia się w pożywienie. Dowodzi tego rys. 35, 36. Losy zdobytego i pobranego pożywienia przebiegają bardzo różnie u rozmaitych zwierząt. W ogólności pożywienie pobrane przechodzi następujące etapy: przekształcenia fizycznego, chemicznego, wessania i asymilacji. Przygotowanie fizyczne polega na tem, że wszelkie ciała pobrane, niezależnie od postaci, w jakiej dostały się do ustroju, muszą być przeprowadzone w stan cieczy.

W tym celu zostają one zmieszane z różnemi wydzielinami gruczołowemi, zawierającemi, oprócz innych składników, znaczną ilość wody, która te substancje zamienia na rzadką masę. Ponadto i w jamie gębowej i w dalszym odcinku przewodu pokarmowego następują: roztarcie, rozdrobnienie pokar-



Rys. 36. Ryba głębinowa **Eupharynx**. Budowa wskazuje na przystosowanie się do trudnych warunków zdobycia pożywienia w głębinach morza.

mu na drobne cząstki, tem łatwiej podlegające działaniu wspomnianych wydzielin. Rozdrobnienie to jest częściowo wykonane przez aparat gębowy, przez zęby i t. p., częściowo w tym odcinku przewodu pokarmowego, który nosi ogólną nazwę żołądka. Liczne zwierzęta, pobierające twarde pokarm, posiadają jeszcze w żołądku specjalne przystosowania do rozdrabniania pokarmu, w postaci różnych twardego wzrostków i t. p. U zwierząt tych część żołądka, służąca do tego celu, nosi nazwę żołądka żującego. Jako przykład można przytoczyć raka lub ptaki. Wydzieliny gruczołów, rozsianych w całym przewodzie pokarmowym, a oprócz tego stanowiących oddzielne narządy, połączone z przewodem pokarmowym (np. wątroba, trzustka—u kręgowców), a występujących już, jak wiadomo, i u niższych tkankowców, mają za zadanie zmienienie pożywienia nie tylko pod względem fizycznym, ale również i pod względem chemicznym. Przyczyny tego są bardzo ważne. Wessanie pokarmu musi się odbyć przez ścianki

przewodu pokarmowego, czyli przez błony komórek, z których przewód jest zbudowany. Przez błony takie mogą przeniknąć, jak już wiadomo, tylko ciała rozpuszczalne, gdy tymczasem znaczna część pobranych pokarmów składa się z ciał nierozpuszczalnych. Wszel-

Trawienie. kie ciała organiczne, pobierane przez istoty żywe, składają się, jak już wiemy, z węglowodanów, tłuszczów i ciał białkowych. Z tych trzech zasadniczych grup ciał tylko część węglowodanów, a mianowicie cukry są rozpuszczalne w wodzie i te mogą bezpośrednio przeniknąć przez ścianki przewodu pokarmowego; wszystkie inne ciała organiczne, pobierane przez ustroje, są nierozpuszczalne i te muszą podlec pewnym przeobrażeniom chemicznym, zanim w przemianie materji w ustroju zaczną uczestniczyć. Przeobrażenia chemiczne polegają na rozłożeniu tych ciał na ciała prostsze i rozpuszczalne. Dzieje się to pod wpływem wydzielin gruczołowych przewodu pokarmowego. Czynność tę rozpoczyna wydzielina gruczołów ślinowych już w jamie ustnej; później procesy te przebiegają w żołądku, a głównie, jak u kręgowców, w jelicie cienkim. W tych częściach przewodu pokarmowego zostają rozpuszczone ciała nierozpuszczalne i dopiero w takiej postaci przenikają do ustroju. Rozpatrzywszy je grupami, przekonamy się, jakie losy przechodzą, wzięwszy za przykład człowieka i zwierzęta wyższe. Węglowodany, które mogą być przyswojone, składają się ze skrobi, zawartej np. w kartoflu, z glikogenu, znajdującego się w tkankach zwierzęcych, z różnych cukrów, zawartych w owocach, mleku i t. d. Trawienie skrobi zaczyna się w jamie ustnej pod wpływem Ptyaliny, składnika śliny, przerwane w żołądku na skutek obecności kwasów, wznowione zostaje w jelicie cienkim. Tam skrobia i glikogen ostatecznie zostają zamienione na jeden z cukrów, t. zw. maltozę. W rezultacie znaczna część cukrów, t. zw. cukry proste zostają wessane przez ścianki jelita — idą do krwi—a tą drogą do całego ustroju. Ciała tłuszczowe, wprowadzone do organizmu, podlegają zmianom dopiero w dwunastnicy pod wpływem znacznych wydzielin dwóch największych gruczołów: wątroby i trzustki. Masy tłuszczowe zostają zamienione na delikatną emulsję, pewna jej część dostaje się do ustroju, inna przechodzi do ścian jelita w postaci kropelek tłuszczowych. Ciała białkowe zaczynają podlegać przemianom w żołądku. Działania pewnych wydzielin: kwasu solnego i t. zw. trypsyny zamieniają wielkie nierozpuszczalne cząsteczki białkowe na mniejsze, rozpuszczalne i stanowiące już t. zw. albumozy i peptony. W dwunastnicy, pod wpływem wydzieliny trzustki, t. zw. trypsyny, i innych wydzielin, powyższe ciała rozkładają się na t. zw. aminokwasy. Te ciała mogą już być wessane i zostają wessane; dostawszy się z krwią do tkanek, są materiałem, z którego komórki budują swoje białko właściwe.

Jak widać, niesłuchanie ważną rolę w przemianie materji odgrywają wymienione wydzieliny gruczołowe. Działają one bardzo silnie, skoro doprowadzają do głębokich przemian ciał organicznych w stosunkowo niskiej temperaturze, wynoszącej, jak wiadomo, około 37° i w roztworze wodnym. Ponieważ same te wydzieliny zmianom nie podlegają, przeto działanie ich przyrównywa, się do znanych w przyrodzie nieożywionej katalizatorów.

Wszystkie ciała, które dla jakichkolwiek bądź przyczyn nie weszły do przemiany materji i pozostały w przewodzie pokarmowym, zostają usunięte z ustroju przez ostatni odcinek tego przewodu. U zwierząt wyższych tylko takie ciała tą drogą opuszczają ustrój, u niektórych bezkręgowców, np.: u wijów, owadów, do jelita uchodzą narządy wydzielnicze, a więc i ich produkty.

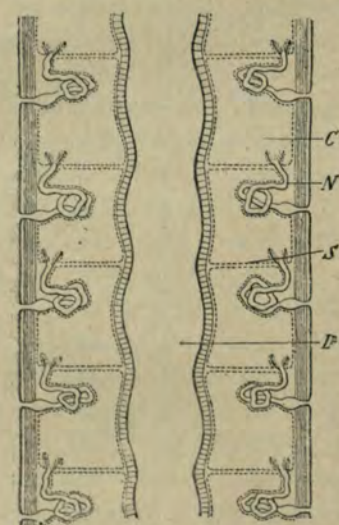
Losy pobranych substancyj, których zadaniem jest odnowienie zużytych części ustroju i zarazem dostarczenie niezbędnej energii, są następujące. Cukry zostają częściowo rozprowadzone po całym organizmie, częściowo nagromadzone w wątrobie, przekształcone w postaci glikogenu. Ten nagromadzony zapas zostaje zużywany w miarę potrzeby ustroju. W ostatecznym wyniku cukry zostają rozłożone, czyli, jak mówimy, spalone na dwutlenek węgla i wodę. Powstaje z tego procesu znaczna ilość energii, której przemiany będą omówione w nast. rozdz. Ciała tłuszczowe przechodzą w zasadzie zupełnie podobne koleje i również zostają rozłożone na CO_2 i H_2O .

Ciała białkowe, wchodzące do ustroju, mają za zadanie odnowienie stale zużywających się białek tkankowych. Ponieważ zużycie to jest, jak wiemy, w gruncie rzeczy spalaniem, więc powstają i tu również produkty tego spalania, wszakże nie tylko w postaci CO_2 i H_2O , do których należy dodać amonjak, jak przy tłuszczach i węglowodanach, lecz ponadto w postaci prostszego ciała, niż białko, t. zw. mocznika. Mocznik, ciało o wzorze $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, produkt rozkładu białka w organizmie, jest pierwszym związkem organicznym, który, jak wiadomo (patrz rozdz. II), udało się otrzymać drogą syntetyczną. U zwierząt niższych produktami rozpadu białka są inne ciała, jak: kwas moczowy, kwas hipurowy i t. d. Wszystkie one zawierają zawsze azot.

Z porównania wagi dorosłego, normalnego ustroju zwierzęcego w pewnych odstępach czasu wynika, że ustrój ten nie na wadze nie zyskuje, czyli tyle wydała, ile i pobiera. Ponieważ ilości pobieranych substancyj są dość znaczne (człowiek w ciągu mniej więcej 30—40 dni pobiera tyle, ile waży), przeto proces wydalania z ustroju zasługuje na szczegółowe rozpatrzenie. Część pobranych substancyj, ale tylko tych, które do ustroju nie weszły, zostaje wydalona przez przewód pokarmowy. Przeważna część wszakże opuszcza ustrój innemi

drogami, a mianowicie przez skórę, czyli całą powierzchnię ciała, przez narządy oddechowe i przez narządy wydzielnicze. Przez skórę i narządy oddechowe zostają wydalone w części CO_2 i H_2O . Dlatego to, bez względu na wilgotność powietrza wdychanego, powietrze wydychane jest całkowicie nasycone parą wodną, fakt każdemu znany od dziecka—para wodna z wydychanego powietrza zawsze się skropli na zimnym przedmiocie. Powietrze wydychane zawiera O około 16%.

Azot, w postaci mocznika, albo innego związku azotowego opuszcza organizm przez [narządy wydzielnicze. Wyróżnicowane narządy wydzielnicze istnieją już u robaków, a potem występują w każdym typie, nosząc różne nazwy jak np. narządów segmentacyjnych (u pierścienicy), rurek Malphighiego (u owadów, wijów, pajęczaków), gruczołów skorupowych (u skorupiaków), organów Bojanusa (u mięczaków) i wreszcie nerek (u kręgowców). Jako przykład budowy tych narządów, może być rys. 37.



Rys. 37. Przekrój podłużny schematyczny przez ciało pierścienicy. Narządy wydzielnicze. Położenie i budowa. N — narządy wydzielnicze (nefrydy).

W ogólności, są to narządy o budowie gruczołowej, zazwyczaj parzyste, składające się z dwóch części: jednej, zbierającej produkty rozkładu białka i drugiej, wyprowadzającej je nazewnątrz. Narządy wydzielnicze, stanowią jednakże ostatni już etap w usuwaniu produktów rozpadu ciał białkowych. U kręgowców procesy, doprowadzające do zbierania się mocznika w nerkach, zaczynając się w komórce, dalej prowadzone są w wątrobie, gdzie z ciał przyniesionych z tkanek z krwią, tworzą się t. zw. sole amonowe, z których ostatecznie mocznik powstaje. W nerkach również gromadzi się znaczna ilość wody, i w rezultacie mocz, który zostaje usunięty z organizmu, zawiera około 3,5% suchej substancji, przeważnie mocznika, rozpuszczonej w wodzie.

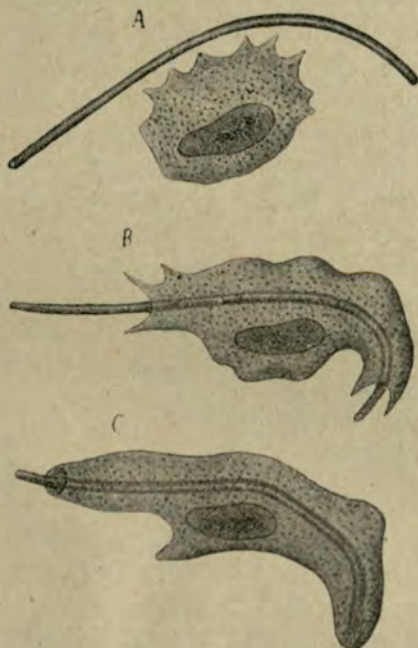
Rozpatrzona w krótkim zarysie przemiana materji u zwierząt wyższych przebiega wskutek istnienia i współdziałania wielu narządów.

Lecz przemiana materji, polegająca na pobieraniu substancyj złożonych, ich rozpuszczaniu, wchłanianiu — i wreszcie usuwaniu produktów spalania odbywa się jednakowo u wszystkich zwierząt (rys. 38). Dla porównania dobrze jest zbadać, jak się te zjawiska odbywają u ameby. Każdemu znany jest rysunek, wyobrażający amebę, jak otacza

plazmą jaką cząstkę, znajdującą się na jej drodze. Wiemy dobrze, że jeśli ta cząstka jest np. ziarnem piasku, to ameba przesunie się bokiem i ziarnko to ostatecznie nie zostanie przez amebę wchłonięte. Lecz jeśli tą cząstką było coś organicznego, to wówczas, obserwując amebę, dostrzeżemy, że zarys tej cząstki zaczyna się powoli zacierać, wreszcie zanika zupełnie i cząstka wogóle przestaje być widzialna. Jednocześnie dostrzegamy pojawienie się większej ilości banieczek, czyli wakuoli odżywczych, najpierw w miejscu, gdzie dana cząstka zniknęła, później rozchodzących się po całej amebie. Wreszcie, jako ostatnie ogniwo w tem zjawisku będzie dający się zaobserwować fakt, że po pewnym czasie jedna z innego rodzaju wodniczek, t. zw. kurezliwych, zbliżyła się do powierzchni, a jej zawartość została wypchnięta nazewnątrz, poza obręb organizmu. Analizując wszystkie te fakty, musimy dojść do przeświadczenia, że w amebie zaszło to wszystko, co i w ustroju złożonym. A więc, tak samo rozpuszczanie części nierozpuszczalnych, wchłonięcie ich, dostarczenie każdej cząstce ustroju, wreszcie usunięcie stałych produktów rozpadu, (gazowe również zostały wydzielone, w sposób już opisany). Badając amebę, można zarazem zdać sobie do pewnego stopnia sprawę, jak przebiega przemiana materji w ustroju złożonym, zważywszy, że najistotniejsze procesy tego zjawiska odbywają się w każdej poszczególnej komórce, w sposób analogiczny, jak u ameby.

Przemiana materji u roślin.

Przemiana materji u roślin wyższych, zielonych, różni się od przemiany zwierzęcej w dwóch punktach. Przede wszystkim, jak wiadomo, rośliny te posiadają zdolność, im tylko właściwą, przetwarzania substancyj nieorganicznych na organiczne. Powtórę, rośliny w znacznie większym stopniu nagromadzają w swym organizmie wytworzone substancje organiczne. Zwierzę dorosłe wydała tyle, ile pobiera, roślina wydała bardzo niewiele. Produktami wydalania przez roślinę są: dwutlenek węgla,



Rys. 38. Leukocyt zjadający bakterję, jako przykład pobierania pokarmu przez ustrój jednokomórkowy.

tlen i woda. Wszystkie inne ciała nieorganiczne i powstałe z nich ciała organiczne są zatrzymywane. To też roślina rośnie i zwiększa swoją masę nieograniczenie długo, tak, jak długo żyje.

X. PRZEMIANA ENERGJI.

W każdym ustroju jednocześnie ze zjawiskami przemiany materii odbywają się zjawiska przemiany energii. Obserwując jakiegokolwiek zwierzę, lub też dokonywając obserwacji nad sobą, z łatwością dostrzeżemy, że życie jest nierozłączne z zużywaniem pewnych ilości energii. Zużycie energii jest spowodowane wszelką pracą, jak mięśniową i t. p. Ponieważ organizm sam przez się energii w żadnej postaci stwarzać nie może, przeto energja, zużywana przez ustrój, zostaje otrzymana z zewnątrz. Ponieważ z zewnątrz każdy ustrój pobiera różne pokarmy, a więc wynika stąd, że pokarmy zawierają źródło energii w postaci energii chemicznej, która w organizmie zostaje przetworzona. Pokarmy te są to znane już grupy ciał organicznych. Badając przemianę energii w organizmie, ustalamy wartość energetyczną pokarmów w pewnych jednostkach. W tym celu określamy wartość pobieranych substancyj w ilości kaloryj, jakie otrzymuje się ze spalania jednostki wagowej tych ciał. Ustalono, że substancje, pobrane przez organizm, posiadają następujące wartości:

Wielkość przemiany energii w kalorjach.

Wielkość przemiany energii w kalorjach. Ustalono, że substancje, pobrane przez organizm, posiadają następujące wartości:

1 gr białka 4,1 K.

1 „ węglowodanów 4,1 K.

1 „ tłuszczów średnio 9,3 K.

Wartości te otrzymujemy, spalając substancję suchą, odwodnioną, w probówce; w ustroju otrzymamy oczywiście zasadniczo te same liczby. W rzeczywistości jednak te liczby będą cokolwiek mniejsze z tego powodu, że nie wszystkie pobrane substancje zostaną wchłonięte; chcąc zatem obliczyć, ile ustrój otrzymał kaloryj po pobraniu pewnej ilości, dajmy na to 100 gramów białka, nie można liczby tej pomnożyć przez 4,1, lecz należy odliczyć znany z badań procent. Ponieważ badania, dotyczące przemiany energii, ograniczają się, jak dotąd, do zwierząt wyższych, a więc w rozważaniach obecnych opierać się będziemy na danych, odnoszących się do przemiany energii u ludzi.

Zbadawszy, ile jednostek ciepłych otrzymuje ustrój z pobranych pokarmów, musimy się zastanowić nad tem, ile ich potrzebuje. Obliczono, że normalny dorosły człowiek potrzebuje 30 kaloryj na dobę na 1 kg wagi, jeśli znajduje się w spoczynku. Praca fizyczna wzmaga zapotrzebowanie energii do 40 kaloryj; nie zostało stwierdzone, aby praca umysłowa w jakimkolwiek stopniu zwiększała zużycie energii. Energja cieplna, wytworzona w ustroju, w części zo-

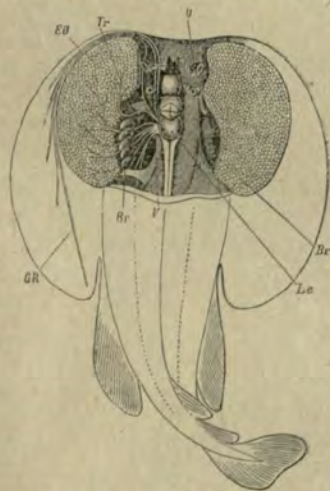
staje zużyta jako ciepło, w znacznej części zamieniona zostaje na pracę mechaniczną. Należy jednak pamiętać, że u zwierząt spotykamy inne jeszcze formy zużycia energii, a to mianowicie w postaci energii świetlnej i elektrycznej.

Świecenie zwierząt jest zjawiskiem znacznie pospolitszem, niż zwykliśmy sądzić. W naszym kraju świecą tylko dwa gatunki owadów (*Lampyzis* i *Phosphæmus*), jeden wij oraz pewne bakterje (w naszym morzu świeci w sierpniowe noce *Pleurobrachia* z jamochłonów), natomiast w krajach egzotycznych ilość postaci świecących ogromnie wzrasta, a poza tem bardzo wiele morskich zwierząt posiada zdolność świecenia. W każdym typie zwierzęcym znajdujemy gatunki świecące. Z pierwotniaków znany noćświeciciel, z jamochłonów — różne meduzy i rurkopławy, z robaków — wirki, z pierścienic — różne wieloszczety, ze skorupiaków — różne raki krótkoodwłokowe, ze szkarłupni — pewne rozgwiazdy, z mięczaków — różne głowonogi, wreszcie najpiękniejsze zjawisko świecenia mamy u ryb głębinowych. Narządy świecące mają różną budowę i rozmaite ułożenie na ciele. Mogą być ułożone symetrycznie, jak u niektórych ryb, po bokach ciała, mogą być też rozrzucone, jak u pewnych głowonogów.

Przemiana energii cieplnej na wyładowanie elektryczne jest znacznie rzadsza. Jako przykłady przytoczyć można ryby: sumy i drętwe, których wyładowania są tak silne, że mogą przewrócić człowieka (rys. 39). Organy elektryczne mieszczą się po stronie brzusznej tych zwierząt i stanowią przekształcone mięśnie.

Jakkolwiek wszystkie trzy grupy ciał organicznych mogą dostarczyć organizmowi niezbędnych ilości kaloryj, to jednak nie jest sprawą obojętną, jakimi ciałami będą zaspokojone potrzeby ustroju. Ponieważ w skład ustroju wchodzi zarówno białka, jak węglowodany i tłuszcze, przeto obecność tych składników jest w pożywieniu niezbędną. Stosunek wzajemny, jaki ma zachodzić w ilościach potrzebnych substancyj, można określić drogą doświadczalną, badając kolejno losy tych substancyj w organizmie.

Stwierdzono, że organizm potrzebuje pewnej ilości ciał białkowych, aby odnowić białko tkanek. Ilość ta została dla człowieka obliczona na 75—80 gramów na dobę (suchej substancji). Jeśli ustrój otrzymywać będzie większe ilości ciał białkowych, to większe też ilości będą wydalane, skąd okazuje się, że w organizmie istnieje t. zw. równowaga białkowa i nadmierne, ponad potrzebę, pobieranie ciał białkowych nie ma dla ustroju znaczenia dodatniego, przeciwnie, wywołuje skutki ujemne, wynikające z konieczności usunięcia



Rys. 39. Drętwa (*Torpedo*).
EO—organy elektryczne.

z ustroju tych nadmiernych ilości. Biorąc jako przykład człowieka, możemy łatwo obliczyć, jak wielka będzie pozostała ilość energii, której należy dostarczyć w postaci tłuszczów i węglowodanów. Stosunek procentowy tych pozostałych ciał może być regulowany różnie, wszakże zawsze znacznie więcej jest zużywanych węglowodanów. Składają się na to dwie przyczyny. Jedna—to fakt, że w przyrodzie najwięcej substancji organicznej, dostarczanej przez rośliny, stanowią węglowodany; stąd najłatwiej zdobywa je zwierzę dla swego pożywienia. W stosunkach ludzkich wyraża się to dobitnie, substancje bowiem węglowodanowe są najtańsze. Druga przyczyna jest ta, że węglowodany, a mianowicie cukry, stanowią znakomity materiał pędny dla pracy organizmu, w szczególności mięśniowej, oraz są łatwo asymilowane; nagromadzają się one w organizmie, aby w miarę potrzeby zasilać organizm. Wielkiego znaczenia cukru w ustroju dowodzi fakt, że część ciał białkowych, rozpadając się, oddziela cukry w tym samym celu. Tłuszcze odgrywają znaczną rolę wówczas, gdy chodzi o wytworzenie wielkich ilości ciepła.

Znaczenie tłuszczów.

Posiadając wysoką wartość kaloryczną, ogrzewają one organizm i regulują jego ciepłotę łatwo, w tych zwłaszcza warunkach, gdy skutek utraty ciepła przez promieniowanie, duże ilości ciepła są potrzebne. To też znaczenie tłuszczów w świecie zwierzęcym można łatwo stwierdzić na przykładach, jakich dostarczają nasze zwierzęta, zapadające w sen zimowy. Zwierzęta te, jak np.: borsuk, świstak, nietoperz, jeż, kret i inne nagromadzają w organizmie znaczne ilości tłuszczu, bądź pod skórą, bądź na różnych narządach wewnętrznych: serce, wątroba, nerki, przewód pokarmowy. Tłuszcz ten częściowo jako zły przewodnik ciepła, bezpośrednio jest izolatorem, częściowo zostaje zużyty w czasie zimy na utrzymanie stałej temperatury ciała, która zazwyczaj w tej porze roku znacznie różni się od temperatury otoczenia.

Niższe zwierzęta nie posiadają tak wielkich zapasów tłuszczu, co jest w związku z tem, że temperatura ich ciała jest zależna od otoczenia, wskutek czego nie wykazują tak znacznych różnic.

Jak wiadomo, wszystkie zwierzęta możemy podzielić na t. zw. (niesłusznie) ciepłokrwiste, czyli o temperaturze ciała stałej (ssaki i ptaki), jakkolwiek u ssaków, zapadających w sen zimowy, ciepłota ciała w niektórych przypadkach obniża się znacznie i t. zw. zimnokrwiste, czyli o temperaturze ciała zmiennej (wszystkie pozostałe).

W organizmie o prawidłowo przebiegającej przemianie materji ilość pobranych substancyj równa się ilości wydalonych, przyczem, jak wiadomo, organizm zużywa pewną, określoną ilość białka, a węglowodany i tłuszcze dopełniają białko w proporcji niejednakowej, zależnej często od różnych czynników natury ekologicznej. Jak już

zaznaczono, organizm reaguje w ten sposób na nadmierne, ponad potrzebę, ilości białka, iż tak samo w nadmiernych ilościach wydziela to białko. Stosunek ustroju do węglowodanów i tłuszczów pobieranych w nadmiarze jest inny. Organizm posiada tendencję do ich nagromadzania; przyczem węglowodany gromadzą się albo we właściwej ich postaci, albo też w postaci tłuszczów. Tę zdolność organizmu zwierzęcego do przetwarzania węglowodanów na tłuszcze stwierdzamy bezpośrednio obserwacją. Wiemy dobrze, jak prędko i łatwo tuczą się różne zwierzęta i w hodowli i w naturze. Wziąwszy pod uwagę zwierzęta roślinożerne, np. nasze zwierzęta domowe, musimy stwierdzić, że w skład ich pokarmu tłuszcze wchodzi w bardzo znikomej ilości; skoro więc, kosztem przeważnie węglowodanowych pokarmów powstają tłuszcze, to muszą one z tamtych pokarmów powstawać. Ilość ich została dokładnie obliczona. Stwierdzono u bydła tuczonego, t. j. otrzymującego nadmiar pokarmu i utrzymanego w spokoju, iż zwierzę 100 kg. skrobi przetwarza na 25 kg. tłuszczu, przyczem ilości tłuszczów, jakie mogą się nagromadzać, są zdumiewająco wielkie, gdy węglowodanów nadmiernych człowiek np. nie może nagromadzić więcej, niż kilkaset gramów. Zwierzę, otrzymujące pokarm w nadmiarze, gromadzi go na zapas, na okres, kiedy pokarmu zdobyć nie może. Organizm zwierzęcy bowiem zabezpiecza się w ten sposób wobec różnych, niekorzystnych warunków swej egzystencji. Mało jest istot na świecie, które miałyby zapewniony stały dopływ pożywienia: nawet roślinożerne nie zawsze znajdują odpowiednią ilość pokarmu, tem więcej odnosi się to do mięsożerców, których obfite pożywienie jest często kwestją szczęśliwego przypadku. To też w organizacji tych istot często znajdujemy specjalne urządzenia, prowadzące do tego, aby chwilowy nadmiar pożywienia przechować przez czas dłuższy. Klasycznym przykładem może być znana powszechnie pijawka, która swój przewód pokarmowy może napełnić zapasem krwi, wystarczającym na cały rok. Podobnie węże mogą „jeść”, czyli pobierać pożywienie w bardzo rzadkich odstępach czasu, a potem powoli zużywać zdobyty pokarm. Lecz, jeśli się zapasy wyczerpią, to wówczas następuje głód, który ma swój właściwy wyraz w zjawiskach przemiany materji. Wiemy dobrze, że zwierzę głodzone chudnie, t. j. traci na wadze, wreszcie ginie. Głód, jako zjawisko przemiany materji, ma przebieg następujący.

Zjawisko głodu.

Ustrój, nie otrzymujący niezbędnego dopływu substancyj z zewnątrz, żyje przez pewien czas kosztem substancyj, istniejących w organizmie. Stwierdzono, że pierwszym materiałem, zużywanym przez zwierzę głodzone, jest glikogen, nagromadzony przedewszystkiem w wątrobie. Gdy zapas glikogenu się wyczerpie, a jak wiadomo, nie jest on znaczny, wówczas

ustrój zużywać zaczyna tłuszcze. Ponieważ tłuszczów może być bardzo dużo, przeto stan taki trwać może dość długo, zwłaszcza, jeśli stanowi głodu towarzyszy zmniejszona przemiana energii, np. w czasie snu zimowego. Naogół, choć nie zawsze, dopiero po wyczerpaniu zapasów tłuszczowych ustrój sięga do ostatniego źródła substancyj, jakie jeszcze są w organizmie, t. j. do ciał białkowych w tkankach. Wówczas część tych białek idzie na przemianę energii. Ponieważ jednak ilość białek, zużyta na ten cel, nie może być znaczna, przeto ustrój ginie. Śmierć ta jest więc śmiercią głodową, jakkolwiek może się nam wydawać, że dany organizm posiadał znaczną jeszcze stosunkowo masę. Tak samo śmierć z głodu, głodu białkowego, następuje wówczas, gdy ilość otrzymywanego białka będzie stale niższa, niż to jest niezbędne dla przemiany białkowej, jakkolwiek ilość innych ciał może być bardzo znaczna. Smutnych przykładów takich niemało dostarczyły czasy wielkiej wojny.

Przemiana materji i energii jest zjawiskiem, stale rozgrywającym się w ustroju przez cały czas trwania jego życia. Lecz, o ile zjawisko to nigdy nie ustaje, o tyle jego napięcie, intensywność może być bardzo różna. Badając pod tym względem zwierzęta, znajdziemy bardzo wiele ciekawych i pouczających przykładów. Stosunki, panujące u zwierząt wyższych, są dosyć jednolite, wszakże nawet u ssaków obserwujemy zjawisko snu zimowego, w czasie którego przemiana materji i energii znacznie słabnie. Świszcz alpejski np. **Sen zimowy u zwierząt.** oddycha w czasie snu zimowego 90 razy mniej, aniżeli w lecie, t. j. robi zaledwie 15 wdechów i wydechów na godzinę, traci na wadze przez cały ten okres zaledwie 200—300 gramów, wobec temperatury ciała 8°—9° C. Świstak budzi się na krótko, mniej więcej co 15 dni i wówczas wydziela moc.

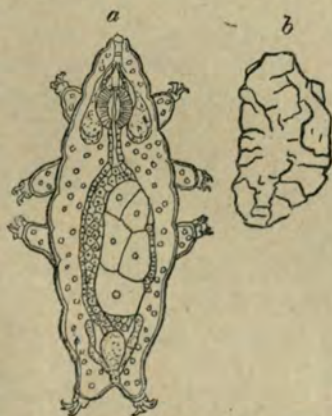
Niektóre, zasypiające na zimę ssaki ujawniają życie w formie takiej choćby, jak świstak, inne, jak nietoperz, żadnych zewnętrznych przejawów życia nie okazują. Niższe kręgowce zapadają w zupełną martwość; bardzo małego natężenia zjawisk energetycznych u płazów np. dowodzą fakty, że żaba może być całkowicie zamrożona na czas dłuższy, bez szkody dla życia. O wiele silniej występuje to zjawisko u niższych zwierząt. Wśród tych istot nietrudno o przykłady bardzo charakterystyczne. Znamy bardzo wiele istot, których życie przebiega jakgdyby okresami. Po okresie intensywnego życia następuje okres prawie zupełnej martwoty. Przykładów znajdziemy mnóstwo wśród przedstawicieli każdego typu, np. wśród różnych robaków, stawonogów, mięczaków.

Okresy t. zw. martwoty mogą być wynikiem działania różnych czynników, w pierwszym rzędzie braku pożywienia, ale również braku wody, zimna lub t. p. Stąd też okresy takie obserwujemy nie

tylko w związku ze zmianą pór roku, ale również niezależnie od nich. Liczne lądowe ślimaki np. z chwilą braku pożywienia i dostatecznej wilgotności zamykają otwór, prowadzący do wnętrza skorupki, krzepnącą wydzieliną śluzową, przestają się ruszać i w takim martwym napozór stanie mogą przebywać szereg miesięcy. Wystarczy jednak dać im świeżych liści, aby wieczka zostały rozpuszczone, a ślimaki zaczęły żyć normalnie, oczywiście przy dostatecznej wilgotności otaczającej atmosfery. Po wyczerpaniu się pożywienia ślimak wraca do poprzedniego stanu. Znany jest powszechnie mały, dwumilimetrowy pajęczak, należący do niesporczaków *Macrobiotus* (rys. 40), który, żyjąc na dachach, w rynnach, we mehu i t. p.,

Życie utajone. podlega wysychaniu, tak dalece, że staje się podobny do ziarnka piasku; w stanie tym może przebyć wiele miesięcy, ożywając wtedy tylko, gdy w otoczeniu jest dostateczna ilość wilgoci. Podobnie zachowują się

różne robaki, wrotki, skorupiaki i pierwotniaki. Przecież cała gromada pierwotniaków, nosi nazwę wymoczków, gdyż poznano je, otrzymując poruszające się w nalanych wodą liściach, czy sianie, gdzie, jak wiadomo, znajdują się one w stanie otorbionym. Badając podobne fakty, musimy zapytać się, jak przebiega przemiana materji i energii w tych przypadkach. Nie ulega wątpliwości, że zjawiska te są znacznie mniej intensywne, wszakże nie zanikają całkowicie. U wyższych zwierząt przemiany te można obliczyć, nawet jeszcze u poczwerek owadów udało się stwierdzić wielkość tej przemiany, jakkolwiek stanowi ona za ledwie jedną tysięczną przemiany gąsienicy; natomiast współczesne metody nie pozwalają na stwierdzenie takiej przemiany w wyschniętych nasionach, lub jajeczkach zwierzęcych. Nie znaczy to wszakże, aby przemiana materji i energii nie odbywała się wcale w takich np. nasionach, dowodzi tylko, że nasze przyrządy nie są jeszcze dostatecznie czułe, aby ją wykazać. Gdyby bowiem nasiona lub jajeczka raz wyschnięte nie wykazywały żadnych przemian wewnętrznych, to nie traciłyby zdolności rozwojowych przez nieograniczenie długie okresy czasu, tymczasem, jak wiemy, jest inaczej. Wszystkie przytoczone fakty dowodzą, że przemiana materji i energii może posiadać bardzo różne natężenie i należy do zjawisk, które przebiegają



Rys. 40. *Macrobiotus*, należący do pajęczaków. a—w stanie ożywienia; b—wysuszony, jako przykład zmian w natężeniu przemiany materji, a zarazem przykład zjawiska t. zw. życia utajonego.

przemiany w wyschniętych nasionach, lub jajeczkach zwierzęcych. Nie znaczy to wszakże, aby przemiana materji i energii nie odbywała się wcale w takich np. nasionach, dowodzi tylko, że nasze przyrządy nie są jeszcze dostatecznie czułe, aby ją wykazać. Gdyby bowiem nasiona lub jajeczka raz wyschnięte nie wykazywały żadnych przemian wewnętrznych, to nie traciłyby zdolności rozwojowych przez nieograniczenie długie okresy czasu, tymczasem, jak wiemy, jest inaczej. Wszystkie przytoczone fakty dowodzą, że przemiana materji i energii może posiadać bardzo różne natężenie i należy do zjawisk, które przebiegają

nie w jednakowym stopniu w czasie życia ustroju. Pod względem przemiany energii rośliny, również jak i pod względem przemiany materji, różnią się od zwierząt. Roślina gromadzi materję i gromadzi też energję, zużywając jej na swe procesy życiowe bardzo niewiele. Dlatego też rośliny zielone posiadają takie olbrzymie zapasy energii, którą wyzwalamy, spalając je. Energja, nagromadzona w roślinach, może być przechowywana przez wielkie okresy czasu; najlepszym dowodem tego są pokłady węgla, z których człowiek czerpie energję, nagromadzoną w nich przed wielu tysiącami lat.

Przemiana energii u roślin.

XI. KRAŻENIE MATERJI I ENERGJI W PRZYRODZIE.

Aby dokładniej poznać zjawiska przemiany materji i energii, należy rozpatrzyć je w całości, to znaczy zbadać, jak one przebiegają na ziemi. Badając to, przekonamy się, że na ziemi istnieje stale, czyli dokonywa się krążenie materji, t. j. przechodzenie jej od jednych ustrojów do innych i znów powrót do pierwszych. Krążenie materji odbywa się w wąskim stosunkowo pasie, obejmującym część litosfery i atmosfery. Istoty żywe, z powodu braku tlenu, nie żyją zbyt głęboko w ziemi. Już na głębokości kilkunastu metrów pod powierzchnią nie spotykamy żywych istot. Ta sama przyczyna, brak tlenu w dostatecznych ilościach, sprawia, iż w kierunku pionowym życie nie wznosi się wyżej, niż kilkanaście kilometrów. W tej więc tylko warstwie żyje świat roślinny i zwierzęcy. Życie to, badane jako całokształt zjawisk przemiany materji, wykazuje ścisłą zależność wzajemną obu światów: roślinnego i zwierzęcego, z tem jednakże, że zależność zwierząt od roślin jest większa, niż odwrotnie — roślin od zwierząt.

Wzajemna zależność roślin i zwierząt.

Dla jasnego wyobrażenia sobie tej zależności przypomnijmy sobie przemianę materji u roślin i zwierząt. Rośliny dzielimy, jak wiadomo, na zielone, t. j. takie, które przygotowują ciała organiczne z substancyj nieorganicznych i niezielone, które żywią się ciałami organicznymi. Ponieważ żadne inne istoty nie potrafią wytwarzać substancyj organicznych, a wszystkie te istoty muszą się żywić gotowemi związkami, przeto jasno z powyższego wynika, że wszystkie rośliny niezielone (z wyjątkiem pewnych bakteryj) i wszystkie zwierzęta mogą i muszą się żywić temi jedynie substancjami, jakie przez rośliny zielone zostały wytworzone. A więc życie tych istot jest całkowicie zależne od obecności roślin zielonych, które albo bezpośrednio dostarczają pożywienia innym roślinom — niezielonym, które w stosunku do nich są pasorzytami lub saprofitami, i zwierzętom,

albo też dostarczają tego pożywienia pośrednio. W tym przypadku zwierzęta, żywiąc się roślinami i wzrastając ich kosztem, stanowią pożywienie innych zwierząt. Zależność tę widzi się w przyrodzie na każdym kroku, najwyraźniej przejawia się ona tam, gdzie świat roślinny jest uboższy, a zatem np. w morzu. Nietrudno tam o fakty, wskazujące, że cały łańcuch istnień zwierzęcych zależy od pierwszego ogniwa, jakim są rośliny.

Np. okrzemkami żywią się różne drobne skorupiaki; gdzie one zjawiają się w wielkich ilościach, tam za nimi ciągną stada śledzi i innych ryb. Niemi żyją znów stokfiszce, te zaś stanowią pokarm dla rekinów i delfinów.

Podobnych przykładów można przytoczyć bardzo wiele. Doprowadzają one do twierdzenia, że życie zwierzęce i roślin niezielonych zawisło jedynie od roślin zielonych. Rośliny zielone byt swój opierają na dostatecznym występowaniu tych pierwiastków i związków nieorganicznych, z których zostają zbudowane ciała organiczne. Wiemy już (rozdz. I), jakie pierwiastki wchodzi w skład tych ciał, wobec czego pozostaje tylko zbadać, czy i o ile są one na ziemi rozpowszechnione w stopniu, wystarczającym na potrzeby roślin.

Badając szereg pierwiastków, wchodzących w skład żywej istoty i znając skład chemiczny gleby, pokrywającej powierzchnię ziemi, widzimy, że interesować nas muszą przede wszystkim losy węgla i azotu. Musimy odpowiedzieć na pytanie, skąd rośliny czerpią te pierwiastki, gdyż wszystkie inne albo bardzo łatwo roślina wszędzie znajduje (np. H), albo zużywa je w tak małych ilościach (np. S. P.), że wszędzie jest tych pierwiastków dostatecznie dużo. Jest rzeczą znaną, że rośliny zielone węgiel czerpią tylko z powietrza w postaci CO_2 , zawartego w niem w ilości równej średnio 0,03%. Z otrzymanego z powietrza węgla, oraz z otrzymanych z ziemi tlenu i wodoru rośliny zielone przy zużyciu znacznych ilości energii słonecznej tworzą pierwsze związki organiczne. Z tych samych pierwiastków, po dołączeniu azotu, siarki, fosforu, powstają na skutek bardzo złożonych procesów syntetycznych również i ciała białkowe. W tej postaci węgiel dostaje się do zwierząt. W organizmie zwierzęcym zostają węglowodany i tłuszcze rozłożone, spalane na CO_2 i H_2O , przyczem CO_2 zostaje usunięty z organizmu w powietrzu wydychanem. Znaczna więc część pochłoniętego z atmosfery C wraca do niej z powrotem. Część jednakże zostaje uwięziona w postaci ciał białkowych i opuszcza ustrój jako mocznik. Losy tej części węgla są nieco bardziej skomplikowane. Wraca ona również do atmosfery jako CO_2 , ale po uprzednim rozłożeniu mocznika, o czym będzie niżej. Węgiel krąży zatem, czasowo zupełnie opuszczając atmosferę i wracając do niej poprzez rośliny i zwierzęta. Oczywiście, krążenie to może trwać

bardzo rozmaite okresy czasu. Cząsteczka węgla, pobrana na wiosnę, z której roślina uczyniła młody liść, zjedzona przez chrabąszcza, wróci do atmosfery po kilku tygodniach; inna cząsteczka, zawarta w bryle węgla kamiennego przed tysiącami lat, wróci dopiero wówczas, gdy tę bryłę spalimy.

Krażenie azotu ma za punkt wyjścia ziemię. Rośliny zielone czerpią azot tylko z ziemi i dla przemiany materji cała masa azotu atmosferycznego jest bez wartości dla roślin i zwierząt, a nieliczny, znany pospolicie wyjątek stanowią tylko pewne bakterje, współżyjące z roślinami motylkowemi.

Dawniej mniemano, że tylko z roślinami motylkowemi współżyją bakterje, wiążące wolny azot. Ponieważ bakterje te żyją w ziemi, więc wystarcza ziemię wyżarzyć, lub w jakiś inny sposób wyjałowić, aby się one na korzeniach pojawić nie mogły. Okazało się jednakże, że są rośliny (pewne tropikalne, marzannowate), z któremi współżycie bakteryj wiążących azot jest znacznie ściślejsze. Z nasion roślin takich, wsadzonych do ziemi wyjałowionej, rozwijają się osobniki, u których znajdujemy narośla lub brodaweczki, wypełnione bakterjami (nie na korzeniu wszakże, lecz na liściu). Bakterje te znajdują się tu, mimo wyjałowienia ziemi dlatego, że były już w nasieniu, gdzie się osiedlają między bielmem i zarodkiem. Oprócz tego poznano i inne jeszcze rośliny wyższe, przyswajające wolny azot wskutek współżycia z bakterjami lub grzybami, a także rośliny niższe, jak pewne glony. Ponadto znamy pewne wolno żyjące w glebie bakterje, t. zw. nityfikacyjne, które potrafią zużywać wolny azot atmosferyczny i wskutek przemiany materji dostarczać glebie związków azotowych. Należą do nich *Clostridium*, bakterja wiążąca azot tylko w atmosferze beztlenowej i *Azotobacter*, żyjący w obecności tlenu.

Jak wiadomo, azot jest pobierany przez rośliny zielone, jako wchodzący w skład związków nieorganicznych, a mianowicie głównie w postaci azotanów, t. j. soli kwasu azotowego. W roślinie azot ten połączony zostaje z cząsteczkami pierwszych asymilacyj, dając ciała białkowe. Roślinne ciała białkowe zostają zużyte przez zwierzęta i ostatecznie opuszczają ustrój w postaci znanego już mocznika, lub związków podobnych. Są to ciała organiczne i w takiej postaci nie mogą być pobrane przez rośliny zielone, czyli nie mogą wrócić do krążenia azotu w przyrodzie. Nie mogą również służyć jako pożywienie roślinom te wszystkie substancje organiczne, zawierające azot, które tak samo nie są zdatne na pożywienie dla zwierząt. Są to wszelkie resztki organiczne, których w przyrodzie nagromadzają się olbrzymie ilości. Należą do nich szczątki zwierzęce, które już nie są spożytkowane przez inne zwierzęta, spadłe i zwiędłe liście, na-

Znaczenie bakteryj.

wóz i t. p. Zawarte w nich organiczne substancje azotowe wracają wszakże do ogólnego krążenia, dzięki współdziałaniu pewnych bakteryj. Są to: *Nitrosomonas*, zamieszkujący świat stary i *Nitrosococcus*, żyjący w Ameryce, które, żyjąc wszędzie na ziemi w ogromnych ilościach, zużywają te substancje i wytwarzają, jako produkty utlenienia związki azotowe nieorganiczne. Ponieważ zapasy nieorganicznych związków azotowych nie są w ziemi zbyt znaczne, czego najlepszym dowodem jest, że rolnik musi wzbogacać w azot tę, stale przez siebie eksploatowaną warstwę gleby, przeto istnienie roślin zielonych i zwierząt zależy całkowicie od tych bakteryj. Gdyby ich nie było, to ziemia, pokryta nieużyteymi szczątkami roślin i zwierząt, nie mogłaby żywić więcej roślin zielonych i zależnego od nich świata zwierzęcego.

Krażenie materji odbywa się w obrębie ziemi, a właściwie nie-wielkiej warstwy ziemi i atmosfery: każda cząsteczka węgla, azotu, wodoru i innych ciał, stanowiących istoty żywe, dostaje się najpierw do roślin zielonych, później przejść musi do zwierząt, aby wreszcie bądź bezpośrednio, bądź na skutek działania bakteryj, wrócić do pierwotnego stanu ciała nieorganicznego. To też istnienie nowych pokoleń żywych istot na ziemi jest zależne od śmierci i rozpadu poprzednich. Ścisły związek przemiany materji z przemianą energii nasuwałby przypuszczenie, że istnieje krążenie energii, skoro krążenie materji jest faktem stwierdzonym. O ile wszakże krążenie materji odbywa się na ziemi i możemy badać wszystkie ogniwa tego zamkniętego łańcucha zjawisk, o tyle krążenie energii poznajemy tylko w pewnej jego części. Jedyne źródłem energii dla wszystkich ustrojów jest słońce. Ono wypromieniowuje w przestrzenie tak

Krażenie energii.

olbrzymią ilość energii cieplnej, że ta część, którą otrzymuje ziemia, wystarczyłaby, aby stopić w ciągu roku warstwę lodu, grubości 40 metrów. Nieznaczna tylko część tej energii dostaje się do ustrojów żywych. W ustrojach odgrywa ona rolę pierwszorzędą. Zastanowiwszy się dokładnie nad procesami życiowymi wszelkiej żywej istoty, musimy dojść do przeświadczenia, że tylko słońce jest tem źródłem, skąd czerpią rośliny energję, a z nich zwierzęta. Słońce więc jest pierwszą przyczyną wszelkiej postaci energii cieplnej, świetlnej i innych. Słuszne zatem jest twierdzenie, że słońce ogrzewa nas i wówczas, gdy w piecu spalamy węgiel, albowiem wyzwalamy wtedy energję słoneczną, zawartą w węglu; że słońce ogrzewa organizm nawet i w czasie północnej nocy podbiegunowej, lub snu zimowego, albowiem spalane wówczas w ustroju tłuszcze swoją energję wzięły ze słońca i że z tej samej przyczyny słońce porusza skrzydłem ptaka lub motyla.

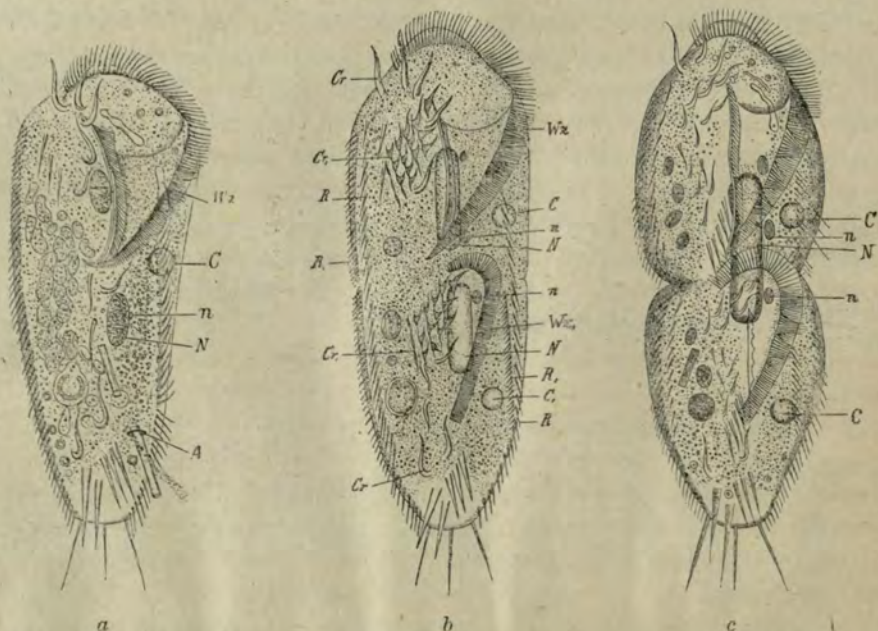
XII. ROZMAŻANIE. ROZRÓD BEZPŁCIOWY.

Właściwością wszystkich żywych ustrojów jest to, że posiadają one zdolność wytwarzania podobnych do siebie ustrojów potomnych. Właściwość tę nazywamy po prostu rozmnażaniem się organizmów, albo ich rozrodem. Omówiona w rozdziale II sprawa samoródtwa wykazuje dostatecznie, że

Formy rozrodu.



Rys. 41. Ameba w stanie podziału. k—jądro; v—wodniczka tętniąca.



Rys. 42. Przebieg podziału wymocznka *Stylonychia*. a—zwierzę, oglądane od strony brzusznej; b—zwierzę w czasie podziału; c—późniejsze stadium podziału z silnym przewężeniem między osobnikami potomnymi. N—jądro główne (macronucleus); n—jądro poboczne (micronucleus); C—wodniczka kurezliwa.

tylko tą, a nie żadną inną drogą powstają i powstawały na ziemi wszelkie istoty żywe. Rozmnażanie się roślin i zwierząt przybrało tak różnorodne formy, że należy je przedewszystkiem sklasyfikować, a potem najważniejsze omówić. Rozróżniamy dwie zasadnicze formy rozrodu: rozród płciowy i rozród bezpłciowy. Rozród bezpłciowy występuje głównie u istot najniższych, zarówno u roślin, jak u zwierząt i dlatego winien być uważany za formę pierwotniejszą. Zasadniczą cechą rozrodu bezpłciowego jest, że osobnik potomny zostaje wytworzony kosztem substancji jednego osobnika macierzystego. Rozród bezpłciowy przy-

Rozród bezpłciowy.

biera różne formy; wyróżnić możemy, jako najważniejsze, następujące: podział, pączkowanie i sporulację, przyczem podstawową formą jest podział, pączkowanie zaś i sporulacja są tylko pewnymi modyfikacjami podziału.

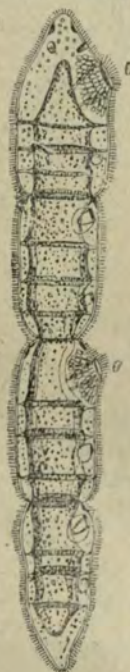


Rys. 43. Podział podłużny ukwiału **Paranemonia**, jako przykład rozrodu bezpłciowego. Obraz, oglądany z boku i z góry.

Rozmnażanie się przez podział daje się najłatwiej obserwować wśród pierwotniaków, np. u ameby; jak powszechnie wiadomo, przebiega on w sposób następujący: obserwując amebę w chwili podziału (rys. 41), dostrzegamy, że jądro w niej ulega zwężeniu, zwężenie to stopniowo powiększa się, w rezultacie powstają dwa odcinki jądrowe, połączone wąskim przesmykiem substancji jądrowej, wreszcie i to połączenie rozrywa się, dwa jądra potomne odsuwają się od siebie, plazma przewęża się tak samo, jak jądro, i po pewnym czasie powstają dwa nowe osobniki.

Załączony rysunek (rys. 42), ilustrujący podział wymoczka *Stylonychia*, wykazuje, że podział podobnie, jak u ameby, przebiega i u pierwotniaków o bardziej złożonej budowie.

Podział u wszystkich istot jednokomórkowych przebiega w zasadzie tak, jak u ameby. Wszakże liczne spostrzeżenia, dokonane w ostatnich czasach, zdają się dowodzić, że nawet tam, gdzie rozród zewnętrznie przedstawiał się oczom badacza jako prosty podział ją-



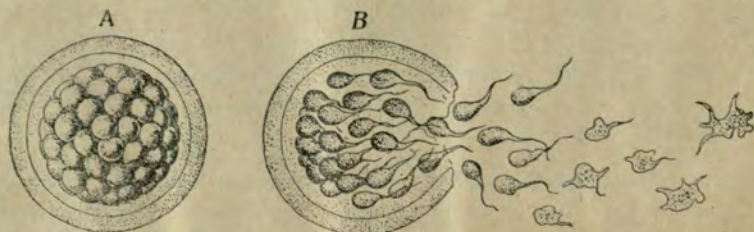
Rys. 44. Wirek **Microstomum lineare**. Rozmnażanie przez podział. O — otwory gębowe pojedynczych osobników.



Rys. 45. **Hydry.** A—skurczona; B—silnie wyciągnięta; C—z dwoma pęczkami: a—młodszy; b—starszy; D—z gruczołami płciowymi: sp—jądro; c—jajko tworzące się i wychodzące na zewnątrz.

dra i plazmy—w istocie rzeczy zachodzi zjawisko karjokinezy. Podział naogół dokonywa się w płaszczyźnie prostopadłej do długiej osi ciała. Jednakże u niektórych pierwotniaków przebiega on w płaszczyźnie, równoległej do długości osi ciała. Tak jest np. u niektórych wiciowców, wśród bakteryj zaś spotykamy obie formy podziału. Rozmnażanie przez podział obserwowano i u wyższych, niż pierwotniaki, ustrojów; znamy go u niektórych jamochłonów (hydra), u kwiały (rys. 43), u robaków (niektóre wirki, jak *Microstomum*, rysunek 44).

Pączkowanie. Pączkowanie tem się różni od podziału, że od osobnika macierzystego oddziela się pewna ilość substancji plazmatycznej i jądrowej, która początkowo tworzy jakby pączek, stąd nazwa. Pączek ten albo odrywa się i, rozrastając się, przekształca się stopniowo w organizm dorosły, albo pozostaje na stałe w związku z osobnikiem macierzystym. Jako



Rys. 46. Sporulacja ameby (**Protomyxa**). A — wytworzenie się spor wewnątrz osobnika otoczonego powstałą z plazmy cystą; B — cysta pęka, osobniki potomne wydostają się nazewnątrz, poruszając się w wodzie z pomocą wici, później przekształcają się w postaci o nieprawidłowo występujących nibynóżkach.

przykład pierwszego typu pączkowania może posłużyć hydra (rys. 44), drugiego zaś—korale. Pączkowanie spotykamy u różnych pierwotniaków, najczęściej u wymoczków, u jamochłonów i u pewnych osłonie (jest to jedyny przykład rozrodu bezpłciowego u zwierząt o tak wysokiej organizacji).

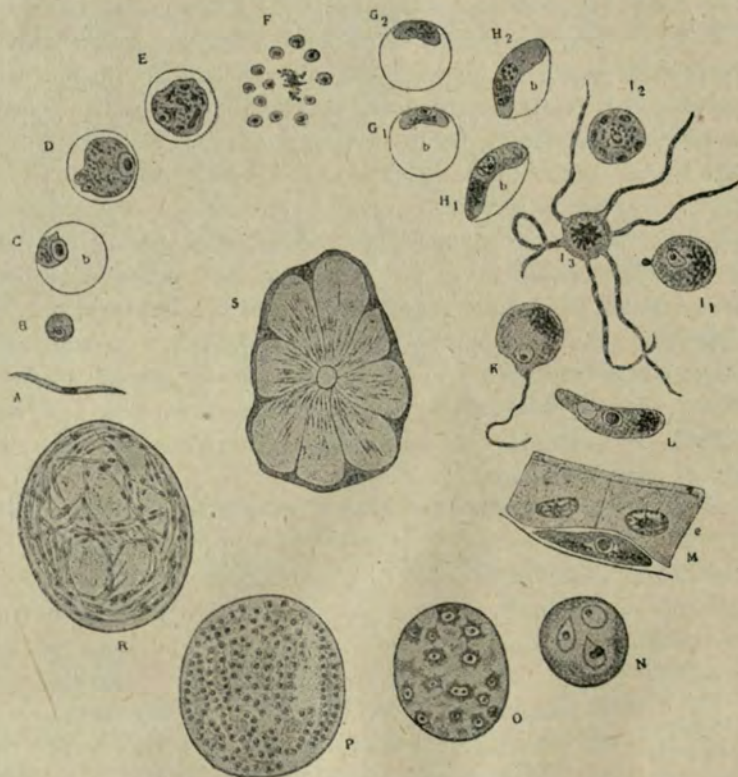
Sporulacja. Sporulacja polega na tem, że osobnik otacza się torebką, będącą wytworem plazmy, wewnątrz której następuje podział jądra na pewną, dość znaczną nieraz liczbę fragmentów, otoczonych cząstkami plazmy; po dokonaniu tego procesu ściany torebki pękają, spory wydostają się nazewnątrz i w ten sposób powstaje odrazu znaczniejsza liczba osobników potomnych (rys. 46). Sporulacja występuje u różnych istot jednokomórkowych. Powstały tą drogą osobnik albo odrazu przetwarza się w postać dorosłą, albo też otoczony cystą, może nie rozwijać się przez czas dłuższy. Jest to zjawisko, spotykane nadzwyczaj często u bakteryj, gdzie właśnie spory ich znajdują się w wielkich ilościach w powietrzu; one to, mierząc zaledwie części mikrona, a ważąc tysięczne części miligramu, unoszą się w powietrzu, przenikając wszędzie i wywołując pojawianie się bakteryj tam nawet, gdzie ich przedostanie się zdawałoby się wręcz niemożliwe.

Dodać należy, że powstałe u opisywanej ameby spory, czyli zarodniki, mają postać bardzo zbliżoną do pływków niektórych najniższych roślin—śluzowców.

Sporulacja może występować równorzędnie z innymi formami rozrodu, jak np. z podziałem lub nawet z rozrodem płciowym. Będzie to szczegółowo opisane przy rozwoju zarodka malarji. Jakkolwiek formą rozrodu, właściwą wszystkim ustrojom niższym, jest rozród bezpłciowy (zachodzi i u istot wyższych, u zwierząt i u roślin, u których powstawanie nowych osobników z pędów jest rozrodem bezpłciowym), to jednakże nie wszystkie pierwotniaki rozmnażają się wyłącznie drogą bezpłciową. Stwierdzono, że i u pierwotniaków istnieją zjawiska, które zasługują na nazwę rozrodu płciowego, gdyż wykazują znamiona, cechujące rozród płciowy. Zjawiska te można wyjaśnić na podstawie przykładów, jakich dostarcza rozwój zarodka malarji.

Zjawiska rozrodu płciowego u pierwotniaków. rozwój zarodka malarji znany jest z podręczników zoologii, wystarczy zatem podać tylko te fakty, które świadczą o istnieniu w cyklu rozwojowym tego sporowca zjawisk płciowych (rys. 47). Zarodek malarji, wszczepiony do krwi ludzkiej wraz ze śliną komara z rodzaju *Anopheles*, ma postać sierpowatą; przenika on do czerwonych ciałek krwi. Zarodek ten rośnie i powiększa się kosztem ciała krwi, poczem rozpada się na liczne sporozoitów, które również drogą podziału bezpośredniego dają nowe pokolenia sporozoitów. Dzieje się to w nowych

ciałkach krwi, opanowanych przez sporozoity po zniszczeniu poprzednich. Rozmnażanie sporozoitów przez podział trwa tylko przez pewną liczbę pokoleń, poczem sporozoity rosną i przeobrażają się w makrogametocyty i mikrogametocyty. Normalnie dzieje się to w komarze, który zaraża się nimi, wysysając krew ludzką. Makro-

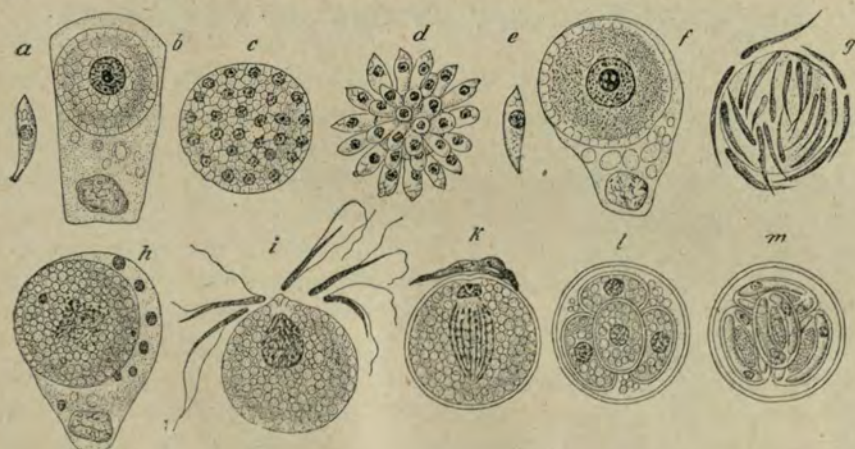


Rys. 47. Rozwój *Plasmodium malariae*. A—nitkowate zarodniki, przenikające do krwi człowieka ze śliną komara; B—postać pasorzyta, w której przenika on do erytrocytów; C—przenikanie pasorzyta wewnątrz czerwonego ciała krwi (b); D i E—rozrastanie się pasorzyta w czerwonym ciałku krwi; F—rozpad czerwonego ciała krwi i pasorzyta na drobne, okrągłe zarodniki, które następnie znów napastują nowe czerwone ciała krwi; G₁, G₂, H₁, H₂—łączenie się makrogamety z mikrogametą; I₁, I₂—makrogamety; I₃—wytwarzanie się mikrogamet; K—łączenie się makrogamety z mikrogametą; L—ookinet; M—wędrówka ookineta przez ściankę żołądka; N, O, P, R—wytwarzanie się wewnątrz spor nitkowatych zarodników; S—przekrój przez gruczoł ślinowy komara; wewnątrz komórek gruczołu widać nitkowate zarodniki. (Zn. pow.).

gametocyty i mikrogametocyty dojrzewają. Makrogametocyty odrzucają część substancji jądrowej i przechodzą w makrogamety, mikrogametocyty zaś podlegają bardzo złożonemu podziałowi jądra, z którego powstaje pewna liczba nitkowatych, ruchliwych mikrogamet.

Następnie jedna mikrogameta przenika do makrogamety, łącząc się z jej substancją jądrową: jest to kopulacja. Makrogameta, po kopulacji przekształca się w ookinetę, która, dostawszy się do komórek nabłonkowych, wyściełających przewód pokarmowy komara, otacza się cystą, wskutek czego powstaje oocysta. Wewnątrz oocysty zachodzi sporulacja; tworzą się liczne spory, a z każdej spory powstają nowe zarodki malarji, czyli sporozoiety. Sporozoiety przechodzą przez ściany komórek, dostają się do gruczołów ślinowych i śliny komara, i znów wprowadzone do krwi ludzkiej, mogą na nowo rozpocząć cykl życiowy.

Opis rozwoju zarodka malarji i załączony rysunek nie są zupełnie ściśle, albowiem odnoszą się one częściowo do jednego gatunku, częściowo zaś do



Rys. 48. Cykl rozwojowy sporowca **Eimeria (Coccidium)**. a—sporozoit; b—t. zw. schizont, powstały ze sporozoiu w komórce nablonka; c—schizont z wiełoma jądrami, powstałemi drogą podziału; d—tworzenie się merozoiuów; e—merozoit; f—mikrogametoblast w komórce nablonka; g—tworzenie się mikrogamet; h—makrogameta w komórce nablonka; i—kopulacja mikrogamet z makrogametą i zapłodnienie; k—oocysta, powstała z zapłodnionej makrogamety; l—powstanie 4 spor wewnątrz oocysty; m—tworzenie się w każdej sporze dwu sierpowatych sporozoiuów.

innego. Użyto tego rysunku, ponieważ figuruje on w najczęściej używanych podręcznikach zoologii.

Rys. 48 przedstawia rozwój innego sporowca, należącego do kokejdów, pasorzytujących u różnych kręgowców i bezkręgowców.

W rozwoju zarodka malarji widzimy zatem takie zjawiska: rozród bezpleiowy przez podział, rozród bezpleiowy przez sporulację i kopulację makrogamet z mikrogametami, która jest zjawiskiem pleiowem i w istocie swej niczem się nie różni od łączenia się plemnika z jajkiem u zwierząt wyższych lub zapylania i w następstwie zapłodnienia u roślin wyższych. Zarodek malarji nie stanowi

wyjątku wśród gromady sporowców pod względem rozmnażania się. Bardzo wiele sporowców i innych pierwotniaków rozmnaża się w sposób zasadniczo bardzo podobny i zjawisko kopulacji, czyli łączenia się dwu różnych osobników dla wytworzenia nowego pokolenia, jest u pierwotniaków bardzo rozpowszechnione.

Do ostatnich czasów zaliczano również do zjawisk płciowych t. zw. konjugację u wymoczków, gdzie dostrzec można wymianę substancji jąder pobocznych między dwoma osobnikami. Opis tak pojmowanej konjugacji znajdujemy w każdym większym podręczniku zoologii lub biologii.

Dopiero w ostatnich latach uczeni zmienili poglądy na znaczenie i istotę konjugacji, którą obecnie uważają jako zjawisko, o znaczeniu w sprawie przemiany materji, a specjalnie wydzielaniu produktów rozpadu.

XIII. ROZRÓD PŁCIOWY. BUDOWA JAJKA I PLEMNIKA.

Rozród płciowy, który u jednokomórkowców jest zjawiskiem rzadkiem, staje się u tkankowców najpowszechniejszą formą powstawania osobników potomnych, tak dalece, że inne sposoby rozmnażania się występują bardzo rzadko, a w niektórych typach zwierzęcych nie spotykamy ich wcale. U jednokomórkowców zjawiska kopulacji lub konjugacji znajdują wytłumaczenie w potrzebie wymiany lub odnowienia substancji komórkowej, a zwłaszcza jądrowej, u tkankowców to samo zjawisko stanowi istotę **Istota rozrodu płciowego.** rozrodu płciowego. Z tego wynika, że rozród płciowy można określić jako zjawisko, w którym powstanie nowego, potomnego osobnika dokonywa się kosztem dwu osobników, dających mu początek. To sprawia, że osobnik potomny zostaje utworzony z różnych elementów, pochodzących od różnych osobników.

U jednokomórkowców proces rozmnażania się obejmuje cały organizm. Nawet u istot o nieco wyższej organizacji nieznaczne jeszcze zróżnicowanie powoduje, że ustrój posiada bardzo wiele ośrodków, mogących dać początek nowemu osobnikowi. Przykładem tego jest omawiana poprzednio hydra, która może pączkować prawie w każdym miejscu swego ciała. W organizmie zróżnicowanym na różnorodne tkanki i powstałe z nich systemy narządów, rozradzanie się jest funkcją, ograniczoną do pewnej tylko części organizmu. Powstają wskutek tego specjalne narządy, w których wytwarzają się elementy rozrodcze.

Narządy rozrodcze. Narządy rozrodcze zwierząt, czyli gonady, są to organy, które właściwie są pod względem pochodzenia i funkcji gruczołami. Wielkość ich, kształt i położenie mogą być bardzo różne. U zwierząt dwubocznie symetrycznych są to naogół narządy parzyste; umieszczone są one zazwyczaj w tylnej, odwłokowej części ciała. Narządy rozrodcze jednej i drugiej płci mogą

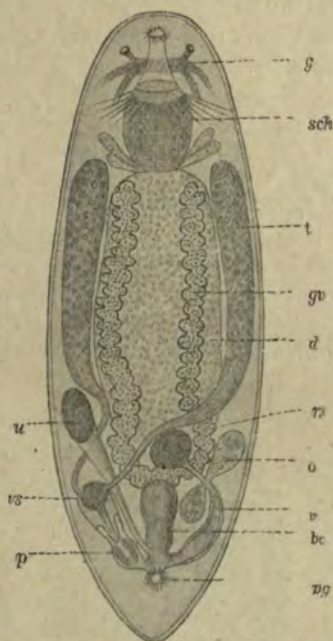
mieć wygląd bardzo różny. Składają się one: z części gruczołowej, produkującej właściwe elementy rozrodcze, z rurek, wyprowadzających je albo nazewnątrz organizmu, albo do specjalnej komory, oraz z narządów zewnętrznych, służących bądź do łatwiejszego przeniesienia elementów z jednego osobnika do drugiego, jak u samców, bądź do ich złożenia, jak u samic. Dla przykładu wystarczy rozpatrzeć narządy rozrodcze owadów. Jak widać (rys. 55 i 65 w rozdz. bież. i nast.), jajnik jest zbudowany z szeregu rureczek wachlarzowato ułożonych, w których powstają jajeczka, uchodzące nazewnątrz przez jajowody. Podobnie rzecz się przedstawia i u samców.

Hermafrodytyzm.

Widać to na rysunku, wyobrażającym anatomię robaka. Z gruczołu nasiennego czyli jądra (rysunek 49) przez nasieniowody wydostają się nazewnątrz wytworzone w nim elementy. W gruczołach danego osobnika powstają elementy rozrodcze tylko jednego typu, czyli jednej płci, stąd zjawiskiem powszechnym u zwierząt jest rozdzielność płci. Znany wszakże nieliczne wyjątki z tej reguły. Występowanie w jednym osobniku obu narządów rozrodczych nosi nazwę hermafrodytyzmu, albo obojactwa. Należy je traktować jako zjawisko wtórne, stanowiące w wielu przypadkach specjalne przystosowanie życiowe, które może zwiększyć możliwość zapłodnienia, np. u zwierząt, poruszających się bardzo wolno, tak samo u pasorzytów (rys. 49).

Wszakże tam nawet, gdzie istnieje obojactwo, zapłodnienie własnych jaj własnymi plemnikami zachodzi w bardzo nielicznych przypadkach. U roślin istnieje wprawdzie samozapylenie, ale często spotykamy specjalne zabezpieczenia, chroniące znamię od własnego pyłku, jak np. niejednoczesne dojrzewanie, różna wysokość pręcików i słupków i inne. Stwierdzono też w pewnych przypadkach zabójcze działanie własnego pyłku.

Hermafrodytyzm u zwierząt znany jest tylko wśród bezkręgowców, gdyż opisywane przypadki hermafrodytyzmu u pewnych ryb nie są dokładnie stwierdzone. Wśród bezkręgowców znany jest hermafrodytyzm u jamochłonów, robaków płaskich, pierścienic, stawonogów, mięczaków, szkarłupni, osłonnic.



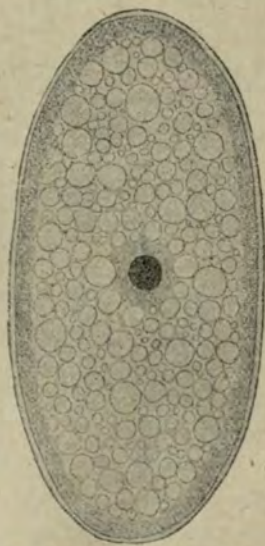
Rys. 49. Anatomja wirka *Mirax*. Przykład hermafrodytyzmu. t—jądra z nasieniowodami; o—jajniki z jajowodami; rs—zbiornik nasienny; pg—otwór płciowy; u—macica; p—prącie.

Posiadanie przez organizm określonego typu gonad stanowi o jego płci i jest zarazem t. zw. pierwszorzędną cechą płciową. Jednocześnie wszakże zjawiają się w organizmie t. zw. drugo- i trzeciorzędne znamiona, albo cechy płciowe. Wyrażają się one w różnym ukształtowaniu pewnych narządów, np. przysadek w różnych wymiarach, występowaniu pewnych organów dodatkowych, np. rogów, grzebieni i t. p. Wskutek tego powstają różnice między osobnikami odmiennych płci; jest to t. zw. dymorfizm płciowy.

Dymorfizm, czyli dwupostaciowość płciowa może wyrażać się bardzo różnie. W jednych typach jest to zjawisko mało ujawniające się, jak np. u jamochłonów, szkarłupni, robaków, pierścienic, w innych, jak np. u stawonogów i kręgowców, przybiera nieraz bardzo jaskrawe formy, chociaż i u tych zwierząt nie zawsze w stopniu jednakowym. Np. jelonek, samiec, różni się od samicy bardzo, tak samo „robaczek świętojański”, tak samo różne kózkowate, gdy tymczasem u bardzo wielu owadów dymorfizmu nie ma. Również i u kręgowców dymorfizm przejawia się różnie. Przeważnie mało widoczny u ryb, płazów, gadów, jest on czasami bardzo wyraźny, np. u różnych ptaków, zwłaszcza kurowaty, u wielu ssaków, np. u kopytnych.



Rys. 50. Jajko mięczaka brzuchonoga. Widać jądro z jąderkiem, oraz kuleczki żółtka nierównomiernie rozmieszczone w plazmie.



Rys. 51. Jajko owada *Meloe* (tego-pokrywe). W środku jądro; plazma stanowi niewielką warstwę na obwodzie; między plazmą a jądrem nagromadzone żółtko.

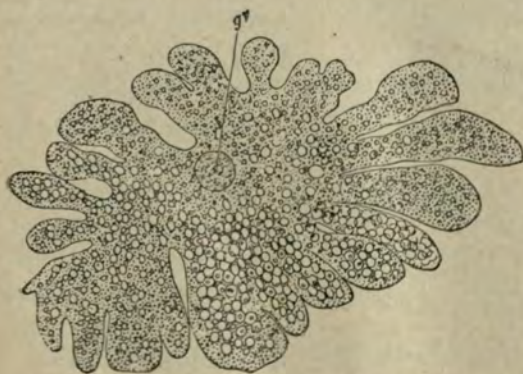
Narządy rozrodcze samice nazywają się jajniki (ovaria); narządy rozrodcze samca noszą nazwę jąder (testes), albo gruczołów nasiennych. W jajnikach powstają jajka (ova); w jądrach wytwarza się plemniki, czyli sperma, której najważniejszym składnikiem jest plemnik, czyli ciało nasienne (spermatozoum).

Jajko. Element rozrodczy samiczy, czyli jajko, jest to jedna komórka. Składa się więc ona z otoczonej błoną plazmy i jądra z jąderkiem. W plazmie komórki jajowej znajdujemy

zawsze twory ziarniste, złożone z ciał białkowych i tłuszczów, które stanowią materiał odżywczy dla przyszłego zarodka: twory te oznaczamy mianem żółtka.

Żółtko może być skupione znacznie i oddzielone od plazmy, czyli tworzyć oddzielną całość, jak np. w jajku ptasiem. Lecz żółtko może być również rozmieszczone w postaci kuleczek w całej plazmie, albo też może się znajdować wkoło jądra, a wówczas plazma znajduje się w przeważnej części na obwodzie komórki jajowej. Widać to dobrze na załączonych rysunkach (rysunek 50, 51).

Oprócz powyższych składników, znajdujemy ponadto w jajku błony dodatkowe, otaczające je i posiadające znaczenie ochronne. Pod względem kształtu i wielkości jajko różni się znacznie od innych komórek ciała. Z porównania jajka z innymi komórkami (rys. 3) widać, że jajko jest zazwyczaj komórką największą w danym ustroju. Przyczyna tego leży właśnie w ilości nagromadzonych w niem elementów odżywczych.



Rys. 52. Jajo stulbi (**Hydra**) z wypustkami (pseudopodia); gv—jądro.

Komórka jajowa osiąga wskutek tego znaczne wymiary, dochodzące w średnicy kilku centymetrów (jajka ryb, gadów, ptaków). Kształt komórki jajowej jest naogół jednakowy u wszystkich zwierząt. Jajko jest okrągłe lub owalne, i rzadko kiedy posiada inne kształty. Jako przykład jajek o odmiennych kształtach, różniących się od jajka ptasiego, mogą służyć rys. 52 i 53.

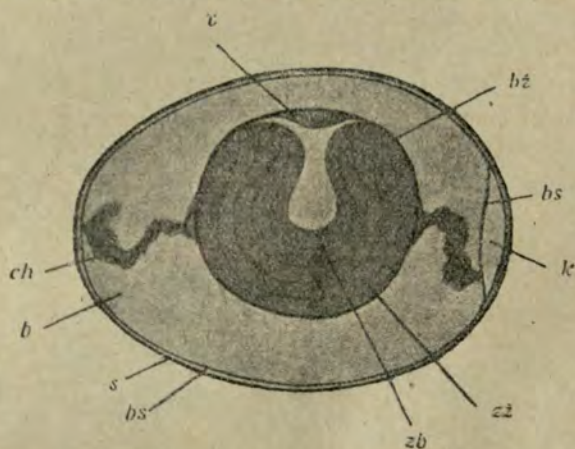
Aby poznać nieco dokładniej budowę jajka, rozpatrzmy na przekroju podłużnym budowę jajka kurzego (rys. 54). Składa się ono



Rys. 53. Jajko żarłacza (**Scyllium**), ryby, należącej do chrzęstnoszkieletowych.

Jajko jest owalne i prześwieca przez rogową osłonę. Skrócone sznury służą do umocowania jajka.

z następujących części: z wielkiej kuli, umieszczonej pośrodku jajka, a zawierającej plazmę z jądrem i żółtko; są one otoczone wspólną błoną, która jest właściwą błoną komórkową. Jak widać, plazma i jądro komórki jajowej leżą na kuli żółtkowej. Żółtko jaja kurzego nie jest wszędzie jednakowe. Pod plazmą i jądrem, noszącymi razem nazwę tarczki zarodkowej, jest żółtko, t. zw. białe, jaśniejsze, w formie dzbanka; żółtko białe tworzy jeszcze i w żółtku żółtem, ciemniejszym, listewki współśrodkowe. Kula żółtkowa jest zawieszona w białku. Jak wiadomo, nie zmienia ona położenia nawet przy wstrząśnieniu jajkiem. Dzieje się tak wskutek tego, że żółtko jest utrzymywane w równowadze przez t. zw. chalazy, czyli sznury ze zgęszczonej substancji białkowej, które drugim



Rys. 54. Przekrój podłużny przez jajo kury. t—tarczka zarodkowa, czyli plazma z jądrem; bż—błona żółtkowa; zb—żółtko białe; żż—żółtko-żółtko; ch—chalaza; osłony jajowe: b—białko; bs—błona skorupowa; s—skorupa; k—komora powietrzna.

końcem są zaczepione o błonę skorupową. Białko jest właściwie błoną drugorzędną o swoistym charakterze; odgrywa ono rolę ochronną, ale zarazem stanowi zapas substancji odżywczej dla zarodka. W jajku ptasiem, oprócz białka, istnieją jeszcze inne błony dalszego rzędu. Jedna z nich leży na białku (b. s.), a nie dochodząc w jednym, zazwyczajętym, końcu do błony podskorupowej (na rys. niema), ogranicza komorę powietrzną, zawierającą zapas powietrza na potrzeby zarodka, ponadto powietrze przenika do wnętrza jajka przez porowatą skorupę wapienną.

Jajko, rozpatrywane jako całość, jest, jak widać, tworem bardzo złożonym i wprawdzie morfologicznie nie stanowi więcej, niż jedną komórkę, lecz składa się ono z jednej komórki właściwej i innych części dodatkowych, które, nie wykazując budowy komórkowej, powstały z bardzo wielu innych komórek. Tworzenie się i powstawanie jajek można łatwo prześledzić, np. w jajnikach owadów. Rozpatrując jedną z rurek jajnikowych w przekroju podłużnym (rys. 55), widzimy, że w jej zakończeniu są komórki jednakowego kształtu i charakteru. Z tych komórek jedna stanie się przyszłym jajkiem, inne, jako komórki odżywcze, zostaną zużyte na utworzenie żółtka komórki jajowej.

To też wskazywanie jajka, jako przykładu największej komórki zwierzęcej, będzie słuszne o tyle, o ile będziemy zaznaczali, co w jajku jest tą jedną komórką. Trzeba też pamiętać, że jajko ptasie, oglądane przez nas w zwykłej postaci, t. j. normalnie zniesione, rzadko kiedy jest jajkiem w ścisłym znaczeniu, t. j. komórką jajową, gdyż zazwyczaj jest ono już zapłodnione i mogło zacząć się rozwijać.

W rozwoju bardzo wielu jaj spotykamy się z podobnym zjawiskiem, polegającym na tem, że, po zapłodnieniu, jajko zaczyna się rozwijać, następnie rozwój zostaje zahamowany i rozpoczyna się na nowo dopiero wówczas, gdy jajko znajdzie się w odpowiednich i dostatecznych warunkach dla przebiegu tego procesu. Oczywiście, warunki te mogą być bardzo różne, zależnie od ekologicznych przystosowań danego gatunku. Jajka żaby brunatnej rozwijają się w wodzie już w t^o 5, jajka bardzo bliskiego gatunku żaby zielonej w t^o 15, jajka ptaków w t^o 38. Zahamowanie rozwoju może trwać różnie długo; tak np. jajka kury zachowują zdolność rozwojową przez 2—3 miesiące, o ile są przechowane w odpowiednich warunkach.

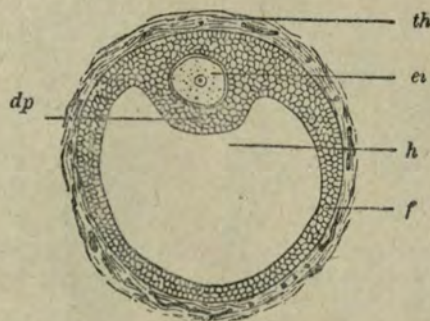
Poznawszy budowę jajka ptasiego, weźmy jeszcze dla porównania jajko zwierzęcia ssącego (rys. 56, 57). Jajko ssaka jest również znacznie większą komórką, niż inne w organizmie tego zwierzęcia, jakkolwiek wielkość jajka waha się w granicach kilku dziesiątych milimetra. Jajko to znajdujemy zwykle w t. zw. pęcherzyku Graafa. Posiada ono zazwyczaj ziarnistą plazmę, wśród której są kulki substancji żółtkowej. Wewnątrz leży jądro i jedno albo kilka jąder. Jajko otacza t. zw. błona przezroczysta, pochodzenia plazmatycznego. Wkoło niej znajdują się liczne komórki, które mają znaczenie odżywcze i jajko zwiększa swoją masę ich kosztem.

Wielkość jajek względna i bezwzględna, a również ich ilość zależą od bardzo wielu czynników, przeważnie ekologicznej natury. W ogólności powiedzieć można, że, jakkolwiek wytworzenie



Rys. 55. Cewki jajnikowe owadów. A — prostoskrzydłych; B — chrząszczy; kf — komora wierzchołkowa rurki jajnika; ei — komora, zawierająca młode jajko; nk — komora, zawierająca komórki t. zw. żółtkotwórcze, t. j. takie, które pójdą na utworzenie żółtka.

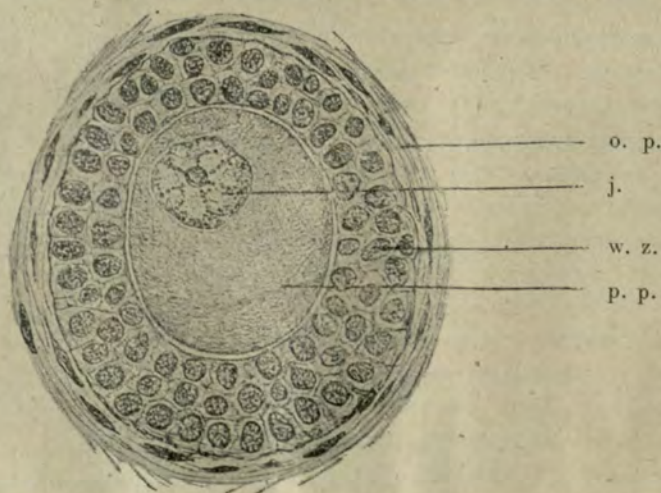
albowiem wiele komórek



Rys. 56. Pęcherzyk Graafa. th—ścianka pęcherzyka z komórek tkanki łącznej; ei—jajko; dp—tarczka jajonośna; f—komórki ściany pęcherzyka, tworzące t. zw. błonę ziarnistą; h—jama pęcherzyka Graafa, wypełniona płynem surowicznym.

substancje odżywcze i twórcze bezpośrednio z ustroju matki. Wynika z tego, że jajka ssaków, jako rozwijające się wewnątrz organizmu matczyńskiego, są stosunkowo znacznie mniejsze, aniżeli jajka gadów,

idzie na utworzenie jednego jajka, to jednak organizm wytwarza ich znacznie więcej, aniżeli się ich później może rozwinąć przez cały czas życia ustroju. Stwierdzono np., że ilość jajek, wytwarzających się w jajnikach pewnych ssaków, dochodzi do 50 tys., gdy tymczasem dojrzewa z tych jajek tylko kilkaset, a rozwija się w ustrój potomny zaledwie kilka. Wielkość jaj zależy w pierwszym rzędzie od zawartości żółtka w jajku: ilość żółtka zależy znow przedewszystkiem od tego, czy rozwijający się zarodek powstaje tylko kosztem materiału żółtkowego, czy też otrzymuje



Rys. 57. Pęcherzyk Graafa niedojrzały; o. p.—osłonka pęcherzyka z tkanki łącznej; j.—jądro; p. p.—plazma t. zw. prajajka, czyli jajka niedojrzałego; w. z.—warstwa ziarnista komórek.

ptaków i innych, które rozwijają się poza organizmem. Wielkość jajek więc nie zależy od wielkości zwierzęcia; jajko żaby lub wróbla jest tysiąckrotnie większe od jajka największych ssaków. O ile

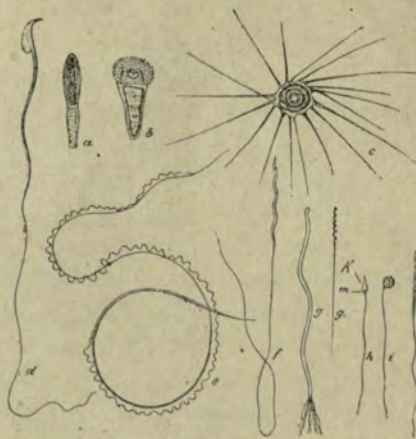
wielkość jaj zależy od ilości żółtka, o tyle ilość żółtka zależy od liczby jaj, produkowanych przez dane zwierzę. Im jajek więcej, tem są one z reguły mniejsze. Ilość zaś produkowanych jaj stoi w związku z warunkami rozwoju zarodka, oraz z zabezpieczeniem zarodka i postaci młodocianych. Zazwyczaj bywa tak, że im jajka lepiej są zabezpieczone w czasie rozwoju, tem jest ich mniej. Gdy przeciwnie, im jajka więcej narażone są na zniszczenie—tem więcej zwierzęta ich wytwarzają. Można dla przykładu przytoczyć robaki pasorzytnicze, które produkują olbrzymie ilości jajeczek, np. glista ludzka (*Ascaris lumbricoides*) produkuje przeszło 60 milionów jajeczek. Wogóle, wszystkie pasorzyty wytwarzają wielkie ilości jajeczek, ale też warunki ich życia są, jak wiadomo, takie, że miliony jaj giną, i tylko wobec tak wielkich ilości jaj nieliczne trafią na odpowiednie warunki i rozwinię się w dojrzałe osobniki. To samo zjawisko zauważamy u ryb. Ryby jesiotrowate, wędrujące z morza daleko w górę rzek dla złożenia jajek, które zostają rzucone do wody, szeroko rozlanej na wiosnę, składają miliony jajek (duże okazy jesiotrów dają po kilkadziesiąt kilogramów ikry, czyli t. zw. kawioru), ale też bardzo wiele z tych jajek ginie. Ciernik zaś (*Gasterosteus*), lub różanka (*Rhodeus*) składają zaledwie po kilkadziesiąt jajek i ilość ta wystarcza najzupełniej dla zachowania gatunku. Przyczyna tej dziwnej dysproporcji jest następująca: ciernik ściele gniazdko pod wodą i złożywszy w nie jajeczka, pływa wkoło, odstraszać napastników, a różanka składa jajka do jamy płaszczowej małża—szczeżui, gdzie również rozwijające się zarodki są dobrze zabezpieczone (por. rys. w rozdz. XVIII). To samo zjawisko obserwujemy w tych przypadkach, w których postacie młodociane są otoczone opieką. Ptaki drapieżne, gnieźdzące się na niedostępnych skałach, składają jedno lub kilka jajek najwyżej. Jedna z egzotycznych rzekotek (rys. 58) składa tylko kilkanaście jajek, lecz młode nosi na grzbiecie, gdy tymczasem płazy składają zazwyczaj po kilkadziesiąt i kilkaset jajeczek.



Rys. 58. Rzekotka (*Hylodes*) z młodemi kijankami, uczepionymi na grzbiecie.

Plemniki.

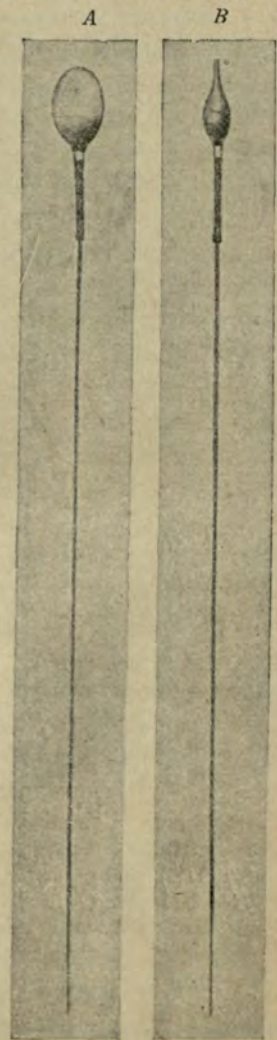
Elementem rozrodczym męskim jest plemnik. Jest on najważniejszym produktem gruczołów nasiennych i zarazem składnikiem spermy, czyli plemni, cieczy, wytwarzanej w gruczołach przewodów nasiennych. W spermie, oprócz plemni-



Rys. 59. Różne kształty plemnika. a — roztocza **Gamasus**; b — obleńca **Ascaris**; c — raka rzecznego; d — szczura; e — salamandry; f — ryby, drętwy; g, g' — robakowaty i włosowaty plemnik brzuchonoga, żyworódki; h — meduzy; i — rurkoplawa; k — żaby.

niki mają kształty bardzo różnorodne (rysunek 59). Badając plemnik, zawsze można w nim stwierdzić obecność wszystkich składowych części komórki. W rzadkich przypadkach plemniki mają kształt komórki okrągłej lub owalnej, najczęściej występują one w postaci tworów wydłużonych, niciowatych, zaopatrzonych w główkę. Rozpatrując dla przykładu plemnik jednego ze ssaków (rys. 60), znajdujemy w nim trzy części, dające się wyraźnie rozpoznać, a mianowicie: główkę, pasemko środkowe, oraz długą nić końcową, albo ogonową. Główka plemnika zbudowana jest z substancji jądrowej, a w szczególności chromatynowej, która jest w niej silnie zagęszczona i tym sposobem zajmuje mniej miejsca, niż w jądrze zwykłej komórki. Z zewnątrz główka jest powleczone osłonką plazmatyczną, wystającą poza przednią część; jest to t. zw. kapa główki. Za główką jest część środkowa plemnika, zwa-

ków, są jeszcze inne elementy komórkowe. Plemnik, tak samo, jak jajko, jest jedną komórką, lecz zazwyczaj najmniejszą komórką organizmu. W przeciwieństwie do jaj, które kształtem niewiele się różnią od siebie, plem-



Rys. 60. Schemat budowy plemnika ssaka. A — wprost; B — z boku. Widać główkę plemnika, pasemko środkowe i nić końcową, czyli ogonową.

na pasemkiem środkowym, czyli wstawką. Pasemko to jest zbudowane z substancji plazmatycznej i zawiera różne twory plazmatycznego pochodzenia, z których najważniejsze jest śródciałko (centrosoma). Za pasemkiem wreszcie jest wić ogonowa, również twór plazmatyczny. Wić ta jest zbudowana zwykle z pęczka włókienek i tylko w końcowej części jest pojedyncza.



Rys. 61. **Axolotl (Amblystoma).** Postać larwalna (widoczne skrzel), zdolna do rozrodu — przykład neotenji.

Badając powstawanie plemników w gruczole nasiennym, można wykryć wszystkie poszczególne stadja przekształcania się odpowiednich komórek w plemniki i wówczas móc sobie wyjaśnić, jakiego pochodzenia są różne jego części składowe. Liczba wytwarzanych plemników jest nadzwyczajnie wielka i wielokrotnie większa, niż liczba jaj. Przyczyną tego jest z jednej strony fakt, że plemnik jest nie tylko jedną komórką, ale i na wytworzenie go idzie jedna komórka, a z drugiej, że wprawdzie do zapłodnienia jajka jest potrzebny jeden plemnik, ale warunki, w których odbywa się zapłodnienie (p.



Rys. 62. **Axolotl (Amblystoma).** Osobnik dorosły (po przeobrażeniu).

rozdz. nast.) są takie, że trzeba wielkiej liczby plemników, aby każde jajko zostało zapłodnione. Trudno nawet obliczyć, ile plemników mogą różne zwierzęta wytworzyć w ciągu całego życia. Wiadomo, że u wielu ssaków ilość spermy, jednorazowo wydalona nazewnątrz, zawiera kilkaset milionów plemników.

Wytwarzanie elementów rozrodczych, zdolnych do zapoczątkowania nowego organizmu, nie jest funkcją życiową tak stałą i ciągłą,

jak np. przemiana materji. Produkowanie jaj i plemników, mogących się rozwijać, trwa zwykle krócej, niż życie osobnika zwierzęcego i ponadto bardzo często odbywa się okresowo. Elementy rozrodcze zazwyczaj zawiązują się już u postaci embrjonalnych, dojrzewają zaś znacznie później. W tych przypadkach, gdy zwierzę osiąga dorosłość po przebyciu szeregu przemian (przeobrażeń), wszystkie poprzedzające ten stan postacie, zwane ogólnie larwalnemi, nie produkują dojrzałych elementów płciowych. Reguła ta ma całkowite zastosowanie nawet wówczas, gdy stan osobnika dorosłego trwa bardzo krótko, a stan rozwojowy, larwalny znacznie dłużej. Tak np., u owadów życie larwy może się ciągnąć przez szereg lat, a życie owada dorosłego trwać zaledwie kilka, albo kilkanaście dni; mimo to, rozmnaża się zawsze tylko owad dorosły. Znane są jednak wyjątki, kiedy zwierzę może się rozmnażać w stadium larwy. Zjawisko to nosi nazwę neotenji. Jako przykład można

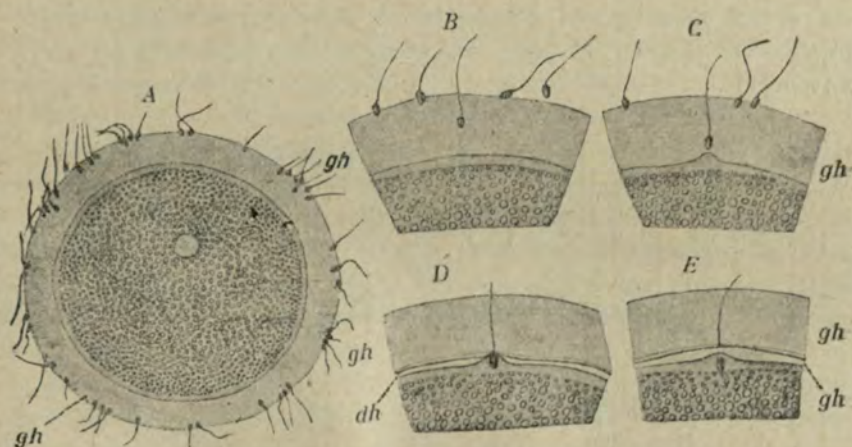
Neotenja. przytoczyć rozmnażanie się larwalne, czyli neoteniczne aksolotla (*Amblystoma*). Jest to płaz, pochodzący z Meksyku, a często bardzo hodowany w Europie, zwłaszcza w różnych laboratoriach biologicznych. Zwierzę to, należące do płazów ogoniastych (*Urodela*), żyje zazwyczaj jako larwa (kijanka) w wodzie i oddycha skrzelami (rys. 61). U nas przeobraża się bardzo rzadko, a i w ojczyźnie swej nieczęsto. Po przeobrażeniu wychodzi na ląd i staje się zwierzęciem płucodyszmem (rys. 62). Elementy rozrodcze, zdolne do rozwoju, najczęściej produkuje larwa. Każde pokolenie może się przeobrazić i rozmnażać również w stanie dorosłym.

Warto zaznaczyć, że różnym uczonym, a między innymi i polskim, udało się doprowadzić aksolotle do szybkiego przeobrażenia się wskutek żywienia ich pewnemi substancjami, jak jod lub ekstrakt z gruczolu tarczowego.

XIV. ZAPŁODNIENIE. PARTENOGENEZA.

Zapłodnienie. Jajko i plemnik — elementy rozrodcze, powstałe w dwóch osobnikach zwierzęcych, mają dać początek osobnikowi potomnemu. Aby się to stać mogło, musi nastąpić połączenie tych elementów, ich zetknięcie się i zespolenie. Proces taki zawsze zachodzi i jakkolwiek przybiera najróżnorodniejsze formy zewnętrzne, jednakże w gruncie rzeczy istotę jego stanowi połączenie się elementów obu płci — u zwierząt plemnika z jajkiem. Proces ten nazywa się zapłodnieniem jajka, albo w skróceniu — zapłodnieniem. Zjawisko zapłodnienia, zajmujące umysł ludzki od najdawniejszych czasów, przez długie wieki było w swej istocie zupełnie nieznané. Poznano to zjawisko wówczas dopiero, gdy zaczęto je ba-

dać w warunkach, dostępnych dla bezpośredniej obserwacji. U zwierząt zapłodnienie bywa dwóch rodzajów: zewnętrzne, jak np. u wielu ryb i płazów, albo wewnętrzne, jak np. u gadów, ptaków i ssaków. Zapłodnienie zewnętrzne polega na łączeniu się jajka z plemnikiem poza ustrojem, zazwyczaj w wodzie, wewnętrzne zaś jest wtedy, gdy plemnik zostaje wprowadzony do ustroju samicy. Do badań nadaje się tylko zapłodnienie zewnętrzne. Ponadto, przebieg zapłodnienia można dobrze obserwować tylko wówczas, gdy jajka są dostatecznie małe i przezroczyste i widać je w dość silnym powiększeniu mikroskopu. Jajka, zawierające bardzo wiele żółtka, są ciemne i obserwacja ich jest wówczas bardzo utrudniona. Wymaganym warunkom odpowia-



Rys. 63. Przebieg procesu zapłodnienia jaja rozgwiazdy; pierwsze stadja A—jajko, otoczone plemnikami; B, C—części jajka, widać przenikanie plemników do galaretowatej osłony jajowej, w C widać utworzenie się wzgórka przyjmującego; D—plemnik przenika przez błonę do wnętrza plazmy; E—wici ogonowa, oddzielona od plemnika zostaje nazewnątrz, między osłoną galaretowatą a pozostałym jajkiem powstaje szczelina, przez którą żaden inny plemnik do jajka się nie przedostanie.

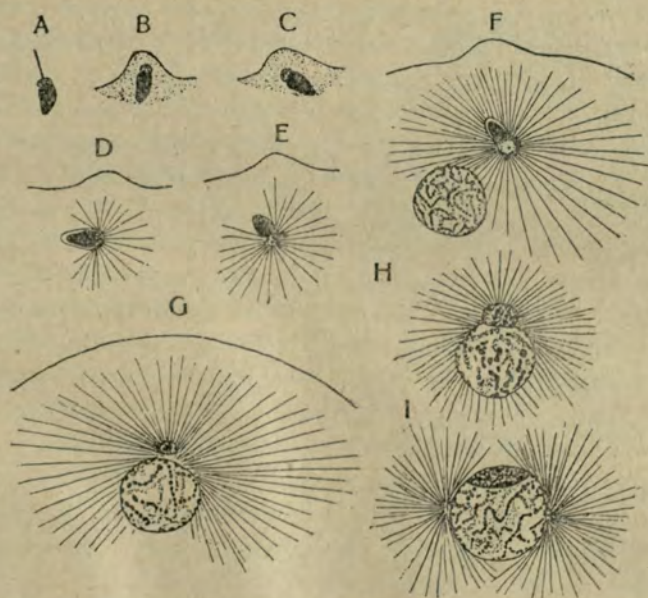
dają dobrze jaja szkarłupni, to też na nich robiono bardzo wiele badań nad zjawiskami zapłodnienia. Gdy zapłodnienie jest u jakiegoś gatunku zewnętrzne, to wówczas łatwo je obserwować, dawszy poprostu na szkiełko pewną ilość jajeczek i plemników. Oczywiście i jajka i plemniki muszą być już zdatne do rozwoju, czyli dojrzałe (wyjaśnienie niżej), zatem badania te można prowadzić tylko w pewnych określonych porach roku. Takie zapłodnienie bywa często niesłusznie nazywane sztucznem, w gruncie rzeczy jest ono naturalne, a tylko przebiega w sztucznych warunkach. Badając zapłodnienie np. u rozgwiazdy, ujrzymy szereg obrazów, nader typowych dla tego zjawiska (rys. 63). Do olbrzymiego (w stosunku do plemników)

jajka zewsząd dążyć będą plemniki, a ponieważ plemników jest zawsze o wiele więcej, niż jajek, więc na każde jajko przypada ich znaczna liczba. Jajko stanowi element bierny i nie porusza się, poruszają się natomiast plemniki. Ruch ich jest umożliwiony wskutek istnienia wici ogonowej, która działa podobnie, jak wić Eugleny, z tą różnicą, że nie ciągnie główki plemnika za sobą, lecz popycha ją naprzód. Obecność wici wyjaśnia mechanizm ruchu plemników, natomiast nie wyjaśnia stwierdzonego faktu, że plemniki, znalazłszy się w pobliżu jajka, bardzo szybko kierują się w jego stronę i zdążają ku niemu. Siła, działająca na plemniki tak, że są one przyciągane przez jajko, została nazwana chemotropizmem, czyli przyciąganiem chemicznym. Zbliżające się plemniki znajdują się w różnych odległościach od jajka, wreszcie jeden z nich zbliża się o tyle, że przedni koniec główki dotyka błony jajowej. Wówczas w jajku tworzy się w tym miejscu maleńka wypuklina, t. zw. wzgórek przyjmujący, do którego przenika plemnik, zanim zagłębi się w jaju. Wzgórek ten w następstwie zanika. Gdy do jajka przeniknie pierwszy plemnik, wówczas na fakt ten jajko reaguje w sposób następujący: albo zewnętrzna warstwa plazmy oddziela się, powstaje szczelina, wypełniająca się pochodzącą z jaja cieczą, albo też zachodzi zgęstnienie zewnętrznej warstwy plazmy, wskutek czego powstaje gruba błona wokół jajka. W obu przypadkach powstaje zaporą, której żaden następny plemnik przebyć nie może i żaden się już więcej do jajka nie dostaje. Z tego faktu wynika bardzo ważny wniosek, że do zapłodnienia jaja potrzebny jest tylko jeden plemnik. Fakt ten został potwierdzony przez dane, uzyskane drogą doświadczenia. Wykazują one, że jeśli wprowadzić większą liczbę plemników do jaja, to albo zapłodnienie dokonane jest przez jeden tylko plemnik, pozostałe zaś giną, albo przy połączeniu się większej liczby plemników z jądrem jajowym jajko rozwija się nienormalnie i wreszcie ginie. Zjawiska takie można obserwować, jeśli podzielać na jajko w taki sposób, aby na czas jakiś osłabić jego zdolność życiową, więc np. kokainą, chloroformem i t. p. Jajko wtedy nie reaguje na wnikanie plemnika.

Jajko stosunkowo rzadko jest tak zbudowane, że plemnik może przedostać się w miejscu dowolnym. Zazwyczaj w jajku istnieje tylko jeden otwór wpustowy dla plemników. Tak jest u wielu owadów; wykazano ponadto, że i w galaretowatej masie, otaczającej jaja jeżowców (na rysunku nie oznaczona) istnieje jeden korytarzyk dla plemników.

Plemnik, dostawszy się do jajka, zaczyna się zbliżać ku środkowi, t. j. w kierunku jądra komórki jajowej (rys. 64). Zazwyczaj jest to już tylko główka i pasemko środkowe. Wić bardzo często

odrywa się jeszcze w chwili, gdy główka przebija błonę jajową, a więc do jajka wcale się nie dostaje, jeśli się jednak wic znajdzie w plazmie, to odrywa się, a potem znika. Fakty te pozwalają wnosić, że wic plemnika ma tylko znaczenie narządu ruchowego. W czasie zbliżania się plemnika do jądra jaja zmienia się jego pierwotne położenie w jaju. Główka plemnika wraz z pasemkiem wykonywa obrót o 180° , t. j. ustawia się w plazmie jajowej tak, że zwraca się ku błonie jajowej, a między główką i jądrem jaja jest pasemko. Z pasemka środkowego wydostaje się śródciałko, z którego powstają dwa, wkoło nich wytwarza się sfera promieni plazmatycznych, poczem przemieszczają się one w plazmie jaja tak, jak to się dzieje



Rys. 64. Przebieg procesu zapłodnienia jaja jeżowca. Stadja późniejsze. A—F — przenikanie główki plemnika w plazmie jajowej, w kierunku jądra jaja, obrót główki o kąt 180° , oddzielanie się centrosomy i powstawanie sfery promieni; G—I — zespolenie się jądra plemnika z jądrem jaja czyli, karjogamja.

w komórce przy karjokinezie; taką samą też odgrywają rolę. Główka zatracą pierwotną postać i staje się kłębkim chromatyny, o kształcie zwykłego jądra komórkowego. Wreszcie główka plemnika zbliża się ostatecznie do jądra jajka, poczem następuje całkowite zespolenie się tych elementów. Zjawisko to nosi nazwę karjogamji i jest najistotniejszym momentem w całym procesie zapłodnienia. Od tej chwili jajko jest zapłodnione. Bezpośrednio potem zachodzi w jajku pierwsza karjokineza, powstają dwie komórki potomne; zaczyna się rozwój.

Skoro jednakże ilość chromatyny w jajku zapłodnionem jest dwukrotnie większa, niż w jajku i plemniku przed zapłodnieniem, skoro potem nowe komórki powstają wskutek karjokinetycznych podziałów jądra, to komórki organizmu potomnego powinnyby posiadać ilość chromosomów podwójną. Gdyby tak było, to wszystkie komórki nowego organizmu posiadałyby tę ilość podwójną w stosunku do poprzedniego pokolenia, czyli, że jeśli pokolenie a liczyłoby pewną liczbę n chromosomów, to pokolenie a_1 miałoby ich $2n$, pokolenie $a_2—4n$ i t. d. Tak nie jest, gdyż, jak wiadomo, liczba chromosomów jest dla każdego gatunku w każdym pokoleniu stała. Skoro tak jest, to należy przyjąć, że elementy rozrodcze nie posiadają ilości chromosomów takiej, jak wszystkie komórki somatyczne (czyli ciała), lecz mniejszą. Jeśli liczba jest mniejsza, a po zapłodnieniu ma wynosić liczbę pierwotną, to rozumowanie wskazuje, że redukcja obejmuje połowę chromosomów, istniejących w komórkach somatycznych, gdyż wtedy tylko, gdy organizm, mający n chromosomów, zredukuje

do $\frac{n}{2}$ w jajkach i plemnikach, wówczas jajko zapłodnione posiadać będzie znów $\frac{n}{2} + \frac{n}{2} = n$ chromosomów, które w tej samej liczbie zjawiają się w komórkach całego ustroju. Rozumowanie powyższe zostało całkowicie potwierdzone przez obserwację. Wykazano, że jajko i plemnik podlega procesowi t. zw. redukcji chromosomów. Proces ten przebiega albo współcześnie z tworzeniem się jajka i plemnika z pierwotnych komórek jajników i jąder, albo następuje później. W jajkach redukcja chromosomów dokonywa się czasem dopiero po przeniknięciu plemnika przez błonę jajową, czyli bezpośrednio przed karjogamją. Redukcja chromosomów polega w istocie swej na oddzieleniu się połowy chromosomów w procesie karjokinetycznym, przyczem oddzielona połowa chromosomów zostaje ostatecznie wydalona z komórki nazewnątrż.

Dopiero na podstawie znajomości tego zjawiska można wyjaśnić znaczenie użytego poprzednio terminu: dojrzały plemnik i dojrzałe jajko. Albowiem tylko te elementy rozrodcze, które osiągnęły definitywny kształt, oraz posiadają zredukowaną liczbę chromosomów, są dojrzałe i tylko dojrzałe jajko może być zapłodnione przez dojrzały plemnik.

Jajko zaczyna się rozwijać, gdy zostanie zapłodnione. Jest to prawo ogólne i wynika ono z istoty rozrodu płciowego. Mimo to jednak, znane są przypadki rozwoju jajka niezapłodnionego. Zjawisko takie nosi nazwę dzieworódstwa, czyli partenogenezy.

Partenogeneza. Partenogeneza znana jest już oddawna i wiadomo, że tą drogą mogą się rozwijać pewne robaki, skorupiaki, owady, osłonice. Wśród owadów obserwowano partenogenezę u wielu gatunków z różnych rzędów. Najpospolitszym przykładem

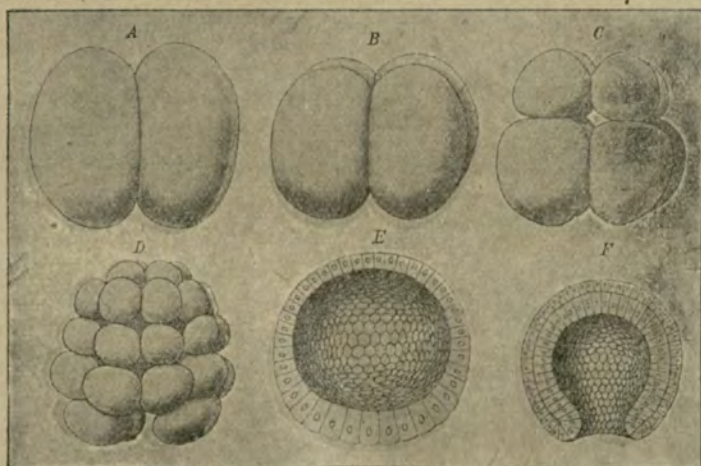
królowa. Wszystko to są fakty dokładnie wyjaśnione, z wyjątkiem jednego, a mianowicie: jaka jest przyczyna, że jedno jajko zostaje zapłodnione, a inne nie. Przyczyna tego nie jest nam znana, jakkolwiek należy wyłączyć przypuszczenie, jakoby miało to zależeć od królowej, t. j. być w związku ze świadomością pszczoły. Raczej należy przypuszczać, że rzecz ta jest w związku z różnicami w budowie komórek woskowych, do których składająca jajko królowa wsuwa odwłok. Różny ucisk na ciało pszczoły wywołuje odmienną reakcję, wyrażającą się tem, że sperma ze zbiornika nasiennego wypływa w jednym przypadku, a nie wypływa w innym.

Badania nad partenogenezą naturalną zmusiły uczonych do zastanowienia się nad zagadnieniem, które można tak sformułować. Jeśli jajko może się rozwinąć i dać nowe indywiduum bez udziału plemnika, to w takim razie, jaki jest udział plemnika w zapłodnieniu? Być może w takim razie, że odgrywa on rolę pewnej podniety, na którą jajko reaguje, tak że się zaczyna rozwijać. Gdyby przyjąć to założenie, to należałoby poszukiwać sposobów takiego oddziaływania na jajko, aby plemnik zastąpić, czyli wywołać partenogenezę sztuczną. Usiłowania rozstrzygnięcia tych zagadnień spowodowały ogromną ilość badań w tym kierunku. Uczeni zaczęli stosować wobec jajek różne podniety, które można sprowadzić do dwóch kategorii podniet: mechanicznych i chemicznych. Do podniet mechanicznych będą należały takie, jak: wstrząsanie jajek, wirowanie, nakłuwanie i wiele innych; do chemicznych takie, jak: działanie różnymi kwasami, solami, umieszczanie jajek w osoczu krwi i inne. Badania te objęły wszystkie typy zwierząt, nie wyłączając kręgowców. Rezultaty, otrzymane dotychczas, nie upoważniają do jakichkolwiek kategoriycznych twierdzeń. Stwierdzono, że, stosując odpowiednią podniętę, prawie zawsze można wywołać rozwój jajka, lecz z jajek takich nader rzadko rozwijają się osobniki dorosłe. Otrzymanie kilku następujących po sobie pokoleń dotychczas nie udało się. W przyrodzie wreszcie nie znamy ani jednego przypadku istnienia w jakimś gatunku samych tylko samic, to znaczy partenogenezy, jako stałej formy rozrodu. Zawsze po pewnej liczbie pokoleń bezpłciowych następują płciowe i obok samic istnieją samce. Zdarza się jednak, jak to wykazano dla niektórych owadów, że na pewnej przestrzeni, nie można wcale odszukać samców danego gatunku, to znaczy, że wszystkie osobniki tego gatunku powstały w tej okolicy drogą partenogenetyczną.

Partenogenezę zatem można traktować, jako odchylenie od powszechnego zjawiska rozrodu płciowego, które zawsze ma charakter wyjątkowy i nigdy nie stanowi reguły rozrodu. Przyczyny, któreby wyjaśniały zjawisko partenogenezy nie są jeszcze zbadane.

XV. ROZWÓJ JAJKA. ROZWÓJ ZARODKA PROSTY I ZŁOŻONY. DŁUGOŚĆ ŻYCIA.

Zapłodnione jajko zaczyna się rozwijać. W jajku takim podniętą do rozwoju jest przeniknięcie plemnika do jajka; w przypadkach partenogenezy podnięta wytwarza się sama w sposób jeszcze niezbadany. Rozwój jajka przejawia się w postaci szeregu przemian morfologicznych, zaczyna się zaś podziałem jajka. Jajko, stanowiące pewną organiczną całość, rozdziela się na komórki potomne, z których zbudowany będzie ustrój zarodka. Komórki, powstałe z podziału jajka, noszą nazwę blastomerów, a ponieważ po utworzeniu się



Rys. 66. Pierwsze stadja rozwoju jajka, czyli brózdtkowanie. Stadja 2. 4. 8 blastomerów (A, B, C); D—blastula; E—blastula w przekroju; F — gastrula.

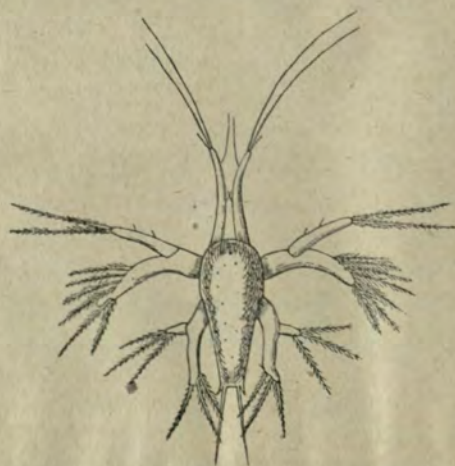
Brózdtkowanie. ich na powierzchni zarodka tworzą się brózdy, przeto cały ten proces nazywa się brózdtkowaniem (rys. 66). Szereg następujących po sobie podziałów doprowadza do powstania najpierw 2, potem 4, 8, 16 i t. d. blastomerów. Blastomery są zwykle jednakowego kształtu i wielkości, czasem wszakże jedna część zarodka szybciej podlega podziałom, niż inne. Wtedy jedne blastomery są większe, inne mniejsze.

Jakkolwiek blastomery zdają się być identyczne i pozornie nie różnią się od siebie, to jednak w rzeczywistości zachodzą między nimi istotne różnice. A mianowicie, pewne blastomery są przeznaczone na wytworzenie pewnych określonych narządów w przyszłym organizmie dorosłym. Fakt ten udało się badaczom wykazać drogą eksperymentu, polegającego na usuwaniu niektórych blastomerów. Okazało się, że usunięcie blastomeru pociąga za sobą niemożność wytworzenia się jakiegoś narządu, np. krążenia.



Rys. 67. Rozwój przywry **Fasciola**. a—orzęszona, wolno pływająca larwa **miracidium**; b—żyjąca w ślimaku **sporocysta** z rozwijającymi się wewnątrz **redjami**; c—**redja** z rozwijającymi się **cerkarjami**; d—**cerkarja**.

ny; wewnętrzna zaś—entoderma, lub listek zarodkowy wewnętrzny. W miejscu, gdzie nastąpiło wpuklenie, powstaje prowadzący do



Rys. 68. Postać larwalna raka **Penaeus**, t. zw. pływik (**nauplius**).

Blastula. Po wielokrotnych podziałach z blastomerów tworzy się kula komórek, t. zw. blastula, częściowo wewnątrz wypełniona resztkami substancji żółtkowej. W dalszym rozwoju blastula ulega zmianom i przekształceniom, które mogą być bardzo różne. Najpospoliciej dzieje się tak, że następuje wpuklenie do środka części blastuli. Warstwa komórek wpuklona dotyka do warstwy niewpuklonej, wskutek czego powstaje postać zarodkowa, złożona z dwu warstw komórek, zewnętrznej i wewnętrznej. Warstwa zewnętrzna nazywa się ektoderma, albo listek zarodkowy zewnętrzny;

wewnętrzna zaś—entoderma, lub listek zarodkowy wewnętrzny. W miejscu, gdzie nastąpiło wpuklenie, powstaje prowadzący do wnętrza otwór; jest to pierwotny otwór gębowy zarodka, prowadzący do pierwotnej jamy ciała. Później zarówno otwór ten, jak i jama ciała ulegają tak znacznym przekształceniom, że u dorosłego osobnika już zupełnie nie występują. Postać rozwojowa, opisana powyżej, nosi nazwę gastruli.

Gastrula. Później w różny sposób powstaje między ektoderma i entoderma trzecia warstwa komórek—mezoderma, albo środkowy listek zarodkowy. Do stadium gastruli rozwój w całym świecie tkankowców przebiega mniej wię-

cej jednakowo. Gastrulacja jest zjawiskiem, spótykanem zarówno u najniższych tkankowców, jamochłonów, jak i u najwyższych—ssaków. Dopiero później zarodek kształtuje się swoiście według planu budowy, właściwego danemu typowi zwierząt. Po stadjum gastruli następuje dalszy rozwój zarodka, który charakteryzuje tworzenie się tkanek i narządów. Powstają one z tych trzech warstw, albo listków zarodka. Dla przykładu podamy, co powstaje z listków zarodkowych u kręgowców, i tak: z listka zarodkowego zewnętrznego powstają: a) nabłonek i jego pochodne, jak pióra, włosy, utwory rogowe i t. p.; b) cały układ nerwowy i zmysłowy; c) nabłonek części przewodu pokarmowego. Z listka zarodkowego środkowego powstają: a) system mięśniowy; b) narządy rozrodcze; c) narządy wydzielnicze, d) tkanki łączne i ich pochodne. Z listka zarodkowego wewnętrznego powstają: a) struna grzbietowa; b) nabłonek przewodu pokarmowego i gruczołów tu należących i t. d.

Rozwój zarodka od stadjum gastruli do utworzenia się osobnika dorosłego może przebiegać dwojako.

Rozwój prosty. Rozwój może być prosty, albo złożony. Rozwój prosty polega na tem, że powstający z jajka osobnik odrazu kształtuje się na podobieństwo dorosłego. Ten typ rozwoju jest rzadszy. W taki sposób powstają wyższe kręgowce (gady, ptaki, ssaki), częściowo ryby.

Plazy mają rozwój złożony, można jednak niektóre plazy, jak np. salamandry, zmusić do tego, że łąc będą odrazu młode takie, jak dorosłe, jeśli hoduje się je w specjalnych warunkach.

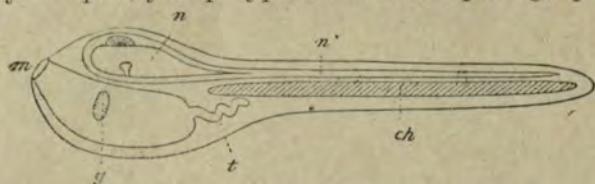
Rozwój prosty u bezkręgowców jest jeszcze rzadszy, niż u kręgowców. Spotykamy ten typ rozwoju u niektórych robaków, np. wirki; u pierścienic, np. u dżdżownicy; u pewnych stawonogów, np. u pajków; u mięczaków, np. u brzochoogów. Przeważa u zwierząt rozwój złożony, t. j. taki, w którym z jajka powstaje postać do istoty dorosłej niepodobna, a o pewnej dość znacznej samodzielności życiowej. Postać ta nosi ogólną nazwę larwy, jakkolwiek w różnych typach zwierzęcych może ponadto posiadać nazwę specjalną. Np. larwa szkarłupni nazywa się



Rys. 69. Postać larwalna raka *Peanaeus*, t. zw. żywik (zoëa).

Rozwój złożony.

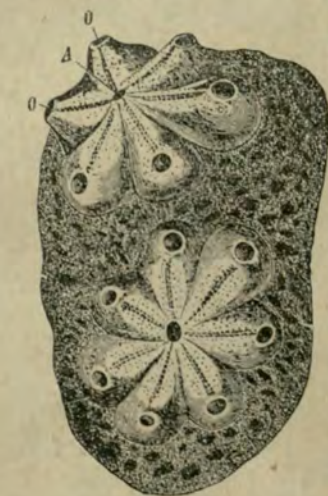
prętowiec, larwa pierścienic — trochofora, czyli rzesokrażek, larwa owadów — gąsienica, a czasem liszka lub czerw, larwa płazów — kijanka i t. d. Nie zawsze z larwy powstaje odrazu osobnik dorosły. W pewnych przypadkach larwa podlega przeobrażeniom i wów-



Rys. 70. Larwa żachwy; postać wolno pływająca. m — otwór gębowy; g — jama skrzelowa; n — mózg; n' — cewka nerwowa; ch — struna grzbietowa.

czas powstaje druga z rzędu postać larwalna. Jest tak np. u niektórych robaków (przywr), należy do nich powszechnie znana motylica wątrobo-

wa (rys. 67); u niektórych skorupiaków, gdzie z jajka wylęga się larwa pływik (rys. 68), przeobraża się ona jeszcze w drugą postać larwalną, żywik (rys. 69) i dopiero powstaje postać dorosła. Znana powszechnie postać rozwojowa owadów o przeobrażeniu zupełnem — poczwarka, również musi być uważana jako larwa. Larwa różni się nieraz bardzo znacznie od postaci dorosłej. Różnice te są zarówno morfologiczne, jak i biologiczne. Np. liszka różni się od motyla kształtem, odmienną budową aparatu gębowego, posiadaniem gruczołów, których wydzielina, krzepnąc na powietrzu, daje nitkę (jedwabnik i wiele innych), a także prowadzi zupełnie odmienne życie. U bardzo wielu owadów warunki życia larwy są zupełnie odmienne od warunków życia owada dorosłego; jako przykłady można przytoczyć ważki, różne dwuskrzydłe, motyle, chrząszcze, błonkoskrzydłe, chróściki, mrówkolwy. U kręgowców różnice między larwą a postacią dorosłą są również bardzo znaczne. Larwa żaby, czyli kijanka różni się od postaci dorosłej następującymi ważniejszymi cechami: posiada inny kształt i nie ma barwika charakterystycznego dla postaci dorosłej, posiada ogon, który zanika, oddycha skrzelami, gdy tymczasem żaba oddycha płucami; kijanka jest



Rys. 71. Żachwa kolonjalna (*Botryllus*). postać osiadła. O — otwory gębowe poszczególnych osobników; A — wspólny otwór odbytowy.

roślinożerna, ma długi, spiralnie skręcony przewód pokarmowy, żaba zaś jest mięsożerna i przewód pokarmowy ma krótki, prosty. Kijanka ma tylko na podniebieniu małe ząbki skórne, żaba ma je na szczęcie.

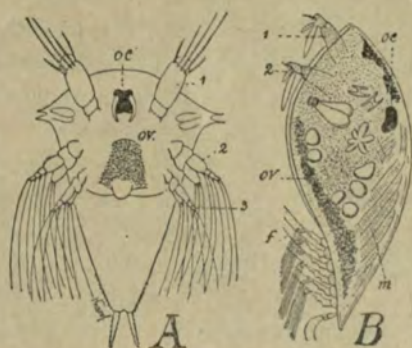
Różnice, jakie wykazują postacie larwalne w porównaniu z formami dorosłymi, często wykraczają znacznie poza zwykłe granice. Dzieje się to wówczas, gdy larwa posiada nie tylko budowę i cechy, które potem występują u osobników dorosłych, oraz różne specjalne narządy i przystosowania, mające znaczenie w życiu larwalnym (np. ogon kijanki), ale także znamiona, które z powodu specjalnych przyczyn (pasorzytyzm, życie osiadłe) u form dorosłych zanikły i nie ujawniają się zupełnie. Jako przykład można przytoczyć larwy niektórych osłoniec (rys. 70), które jako postacie wolno żyjące posiadają narządy zanikłe u osiadłych osobników dorosłych (rys. 71), larwy skorupiaków takich, jak bardzo charakterystyczna worecznica, (*Sacculina*) (rys. 72, 73) i w. in.

Larwa szkarłupni, prętowiec (*pluteus*), jako posiadająca symetrię dwuboczną, wykazuje, że pięciopromienna symetria postaci dorosłych nie jest pierwotną formą symetrii w tym typie.

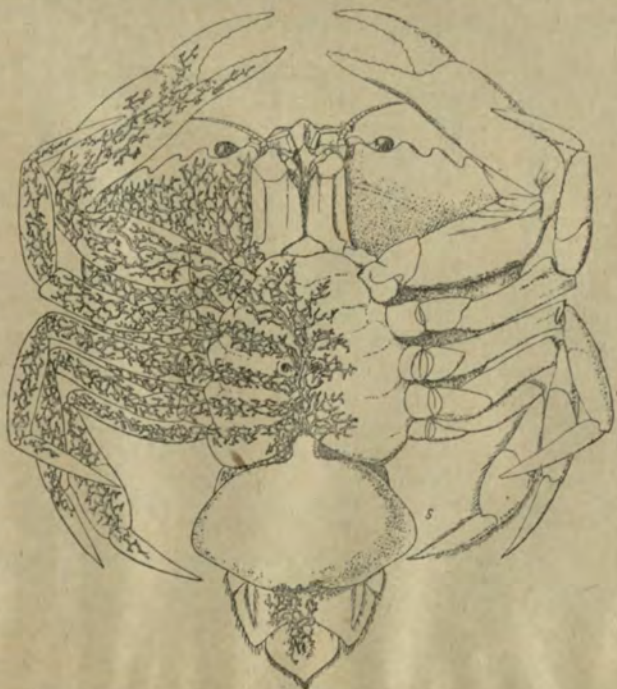
Postać larwalna, różniąca się mniej lub więcej od osobnika dorosłego, posiada wszelkie cechy istoty żywej, z wyjątkiem zdolności do wytwarzania nowych osobników. (Jednakże

Larwa szkarłupni, prętowiec (*pluteus*), jako posiadająca symetrię dwuboczną, wykazuje, że pięciopromienna symetria postaci dorosłych nie jest pierwotną formą symetrii w tym typie.

Postać larwalna, różniąca się mniej lub więcej od osobnika dorosłego, posiada wszelkie cechy istoty żywej, z wyjątkiem zdolności do wytwarzania nowych osobników. (Jednakże



Rys. 72. Pływak i larwa, t. zw. cyprysowata worecznicy *Sacculina*. 1, 2 — pierwsza i druga para czulków; 3 — żuwaczki. oc — oczko; or — zaczątki jajników; m — mięśnie.

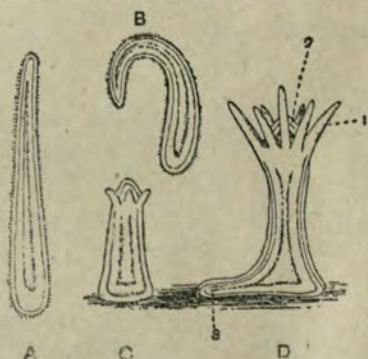


Rys. 73. Worecznica (*Sacculina*) na ciele kraba. s — workowata część pasorzyta, przytwierdzona do odwłoka; rozgałęzienia przenikają do wnętrza ciała (zaznaczone tylko z lewej strony).

znana jest w świecie zwierzęcym t. zw. neotenja i przykład aksolotla był pod tym względem omówiony). Cechy larwy odpowiadają poziomowi typu, do którego dane zwierzę należy, jakkolwiek larwa posiada naogół organizację nieco prostszą, co przedewszystkiem ujawnia się w budowie systemu nerwowego i narządów zmysłowych. Wyjątek stanowią larwy tych zwierząt, których postaci dorosłe podległy uwstecznięciu, wskutek życia pasorzytniczego lub osiadłego.

U zwierząt znane są jeszcze inne formy rozwoju, **Przemiana pokoleń.** związane ze zmianą postaci. Jest to t. zw. przemiana pokoleń.

Zjawisko to jest znane powszechnie u różnych morskich jamochłonów (rys. 74 i 75). Polega ono na tem, że u tych organizmów występują kolejno dwa pokolenia, z których jedno rozmnaża się drogą płciową, a drugie—drogą bezpłciową, jak w tym przypadku, przez pączkowanie. Dwa te kolejne pokolenia różnią się od siebie nie tylko sposobem rozmnażania, lecz i wyglądem. Meduza rozmnaża się płciowo, z jej



Rys. 74. Rozwój planuli (larwy) u polipa. A i B—planula pływająca; C—planula osiadła; D—młody polip; rozwijają się czułki (1) i otwór gębowy (2).



Rys. 75. **Syncoryne** (jamochłony). A—część kolonji; B—meduza; 1—polipy z czułkami (2) i powstającymi meduzami (3).

jajeczek zapłodnionych powstaje polip. Polip rozmnaża się przez pączkowanie lub podział, wskutek których powstają meduzy. Przytem meduza jest, jak wiadomo, postacią wolno pływającą, polip zaś osiadły.

Jako przykład innej formy złożonego rozwoju, związanego ze zmianą postaci, czyli t. zw. cyklu życiowego, może być przytoczona filoksera, znany pluskwiak, pasorzyt winnej łązy (rys. 76).

Phylloxera vastatrix jest owadem, pochodzącym z Ameryki, skąd przedostała się w zeszłym stuleciu do Francji wraz z winną łązą. Z Francji przeniosła się stopniowo do wszystkich krajów Europy, gdzie uprawiane jest wino, tak że obecnie żyje już w Rosji południowej.

Cykl życiowy filoksery jest następujący: na wiosnę z zimujących jaj zapłodnionych wylęga się na korze winnej łąy bezskrzydła postać, t. zw. zalóczyielka. Wódruje ona na liócie, robi w nich naklucia, wskutek których powstają na lióciach nabrzmienia, galasy, wewnótrz próżne. W tych galasach zalóczyielka osiąga ostateczny rozwój. Zalóczyielka składa jajka, z których wylęgają się gósenice zachowują się tak, jak zalóczyielka. Nastópné pokolenie znów składa jajka. Osobniki, wylęglé z tych jajek, żyją: jedné na lióciach, inne przenoszą się na korzenie (są to t. zw. radícicola e). Te, które żyły na lióciach, giną na jesieni, te zaś, które przeniosły się na korzenie — zimują. Zimujące na korzeniach radícicola e składają na wiosnę jajka.

Część osobników, wylęgająca się z tych jajek, posiada zaczątkowe skrzydła (wszystkie postacie, dotąd opisane, były bezskrzydłe), są to larwy, po przeobrażeniu będą to skrzydlate samice. Samice te składają jajka dwu rodzajów: malé i duże (rys. 77). Z malých jajek wylęgają się samee, z dużých samice.

Nastópuje zapłodnienie samic (wszystkie poprzednie pokolenia były, oczywiście, partenogenetyczne). Złożone przez samice zapłodnione jajka zimują, a na wiosnę z jajek tych wylęgają się zalóczyielki. Cały cykl trwa zatem dwa lata.

Życie larwy zostaje zakończone przeobrażeniem się jej w postać dorosłą. Stosunek długości życia larwy do długości życia postaci dorosłej, jaka z niej wyszła, bywa

bardzo różny. U żab od początku rozwoju jajka do czasu ukończenia się przeobrażenia upływa 6 tygodni do 2 miesięcy, żaba dorosła żyje kilkanaście lat. U owadów czas życia dorosłego zwierzęcia jest czę-



Rys. 76. *Phylloxera vastatrix*. c — samica skrzydłata partenogenetyczna; a — osobniki, żyjące na lióciach; b — radícicola; e, d — samica i samiec pokolenia płciowego.



Rys. 77. Jaja filoksery. 1 — wielkie jaja, znoszone przez samicę skrzydłatą, z których wylęgają się samice; 2 — malé jaja, znoszone przez samicę skrzydłatą, z których wylęgają się samee; 3 — jaja, znoszone przez samicę bezskrzydłą (pow. w jednokowym stosunku).

sto niewspółmiernie krótki w porównaniu z życiem larwalnym. Zwykle bowiem stadium larwy i poczwarki trwa rok lub dwa i więcej, życie owada kilka, albo kilkanaście dni, a znane są przecież przykłady, że owad dorosły żyje zaledwie kilkanaście godzin i tak dalece nie jest przystosowany do długiego życia, iż jego przewód pokarmowy posiada budowę taką, że odżywianie się nie jest możliwe (niektóre jętki).

Zastanawiając się nad zjawiskiem przeobrażeń w świecie zwierzęcym, zwłaszcza w tych przypadkach, w których osobnik dorosły wypełnia jedynie funkcję rozrodu, czyli podtrzymania istnienia gatunku, należałoby szukać odpowiedzi na pytanie, jak sobie należy tłumaczyć istnienie stanów larwalnych. Na pytanie to nie można dać bezwzględnie pewnej odpowiedzi. Niewątpliwie, powstanie stadium larwy u zwierząt objaśnia się w pewnej mierze tem, że mała ilość żółtka, zawartego w jajach, czyli zapasów materji i energii, nie wystarcza do utworzenia postaci dorosłej. Stadium larwy jest etapem, pozwalającym na ponowne nagromadzenie zapasów materji i energii dla dalszego kształtowania się ostatecznej formy zwierzęcia.

Zwierzę staje się dorosłym wówczas, gdy może się rozradzać, nie znaczy to jednak, aby już wówczas rozwój całkowicie został zakończony. I w przypadkach rozwoju prostego, gdy z jajka wylęga się postać taka, jak dorosła i przy rozwoju złożonym, po ukończeniu okresu przeobrażeń zwierzę nie przestaje się rozwijać nadal. Rozwój polegać będzie nie tylko na zwiększeniu masy (owady stanowią wyjątek — postać dojrzała więcej nie rośnie), ale także na licznych jeszcze zmianach wewnętrznych. Np. procesy kostnienia trwają u wielu kręgowców przez całe życie. Zjawisko to ujawnia się w znacznie silniejszym stopniu u wyższych roślin. Zwierzęta osiągną kres rozwoju i rośnięcia wcześniej, niż następuje śmierć t. zw. naturalna, gdy tymczasem rośliny wyższe gromadzą znacznie więcej substancyj, niż ich wydalają, posiadając budowę, która umożliwia gromadzenie substancyj w stopniu prawie nieograniczonym (korzenie, pnie), rosną, wskutek czego zwiększają swoją masę tak długo, jak długo istnieją.

Życie każdej istoty kończy się śmiercią. Jest to zjawisko, którego uzasadnić naukowo nie można. Badając zespół procesów, przebiegających w organizmie, można jedynie stwierdzić, jakie zjawiska w ostatecznym przebiegu doprowadzają do śmierci. W każdym organizmie, tak samo, jak w każdej komórce współcześnie i współrzędnie zachodzą dwa rodzaje procesów. Jeden, to procesy twórcze, to jest przyswajanie substancyj, wzbogacanie niemi organizmu, zwiększanie masy organicznej, a w związku z tem wytwarzanie nowych komórek i wszelkich składników ciała.

Drugi, to procesy destrukcyjne, powodujące niszczenie, wyrażają się one w rozpadzie żywej materji, zużyciu komórek i tkanek. Rozpatrując z tego stanowiska życie ustroju, można je podzielić na trzy okresy. W pierwszym procesy twórcze bezwzględnie przeważają; jest to czas największego wzrostu każdego ustroju, a zarazem największej zdolności każdego organizmu szybkiego odrestaurowania poniesionych strat przypadkowych. Okres drugi znamionuje pewna równowaga obu procesów. Organizm posiada mniej więcej tyle zdolności twórczych, ile w nim się przejawia procesów niszczących. W okresie trzecim organizm mniej tworzy nowych elementów, niż ich podlega zniszczeniu; wreszcie, siły twórcze organizmu tak znacznie maleją, że wkońcu następuje śmierć. W rzeczywistości śmierć naturalna jest rzadka, gdyż w tym trzecim okresie życia ustroju wszelkie zewnętrzne czynniki, działające szkodliwie w słabym nawet stopniu, już wystarczają, aby życie unicestwić.

Jak nie wiemy przyczyn śmierci, tak samo nie znamy przyczyn, dla których tak różna bywa długość życia różnych istot. Jakkolwiek bardzo często nie można dać odpowiedzi na pytanie, jak długo dana istota żyje, gdyż obserwacje bezpośrednie są nieraz bardzo utrudnione, a nie można mieć pewności, czy dane, jakie otrzymać można w hodowli, są równomierne pod tym względem z danymi, jakie uzyskalibyśmy, obserwując zwierzę w warunkach naturalnych, to jednakże wiadomości nasze o życiu różnych istot są dość obfite. Udało się więc zbadać, jak długo żyją różne zwierzęta i rośliny. Dla przykładu podamy, że mają żyć: pewne ukwiały aż do 50 lat, dżdżownica do 10 lat, pijawka lekarska, rak rzeczny, kura domowa, owca do 20 lat, mięczak-perłoplaw do 100 lat, tak samo karp, szczupak, gęś, łabędź, kruk; pewne żółwie mogą żyć podobno do 300 lat, niektóre drzewa (eukaliptusy, sekwoje) do kilku tysięcy lat.

Z danych tych jednakże nie można wyciągnąć żadnych wniosków ogólniejszej natury: a więc nie można np. twierdzić, że zwierzęta, należące do jakiegoś typu, gromady, czy rzędu, żyją dłużej lub krócej, niż inne. Nie można również wnioskować, że długość życia zwierząt zależy od warunków ekologicznych lub czynników geograficznych; słowem, kwestja, od czego zależy długość życia różnych gatunków zwierzęcych, nie jest jeszcze wyjaśniona.

Śmierć, rozpatrywana ze stanowiska całokształtu życia na ziemi, staje się zjawiskiem koniecznym. Wobec ograniczonych ilości materji organicznej i konieczności jej ustawicznego krążenia w przyrodzie, a także ograniczonego miejsca dla istot żywych na ziemi, życie nowych pokoleń możliwem się staje tylko wówczas, gdy dawne z powierzchni ziemi znikną, a ginąc, dadzą materiał dla tych nowych pokoleń i miejsce, na którem one żyć będą.

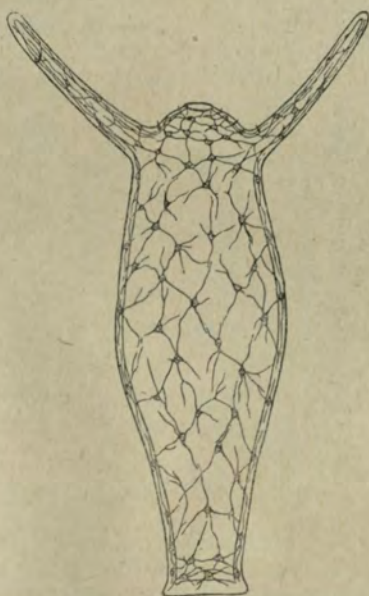
XVI. POBUDLIWOŚĆ. SYSTEM NERWOWY I NARZĄDY ZMYŚLOWE.

Jedną z zasadniczych, powszechnych i elementarnych cech istoty żywej jest pobudliwość, zwana też niekiedy wrażliwością. Jest to cecha, która łatwiej i lepiej, niż inne, daje się stwierdzić u wszystkich zwierząt i roślin przez cały czas trwania ich życia i ujawnia się zawsze dostatecznie wyraźnie, z wyjątkiem przypadków t. zw. życia utajonego. Pobudliwość żywego ustroju polega na tem, że reaguje on na podniety zewnętrzne, lub też nawet w pewnych razach na podniety wewnętrzne. Przyczyn istnienia pobudliwości nie można wyjaśnić, tak samo, jak przyczyn innych cech życiowych. Istota pobudliwości jest taką samą cechą żywej materji, jak np. zdolność do rozrodu lub przemiany materji. Pobudliwość istot żywych, objawiająca się jako reakcja na podniety, jest czemś różnem od reakcji materji nieożywionej, np. szyny żelaznej, lub prochu na podniety, taką, jak np. wysoka temperatura lub iskra. Różnica polega przede wszystkim na tem, że reakcje materji nieożywionej mają charakter zupełnie bierny, występować mogą w tej samej postaci, niezależnie od rodzaju bodźca i nigdy nie mogą być zmienione, t. j. powiększone, zmniejszone, zmodyfikowane przez samą istotę reagującą, gdy tymczasem istota żywa może, zależnie od różnych czynników, rozmaicie reagować na taką samą podniety, o takim samym natężeniu. Zdolność, wykazywana przez wszelkie żywe ustroje do reagowania na zewnętrzne podniety, jest zjawiskiem, które łączy istoty żywe z otaczającym je światem zewnętrznym; wszelkie zaś reakcje tej istoty są najważniejszym czynnikiem w walce o byt, albowiem tylko wskutek możliwości reagowania organizmy określają swój stosunek do świata, co czyni możliwem ich egzystencję. Jakkolwiek każda żywa istota, a przede wszystkim każda żywa plazma jest pobudliwa, to jednakże, począwszy od najniższych istot, daje się stwierdzić zróżnicowanie substancji żywej w kierunku wytworzenia ośrodków

Ośrodki pobudliwości. spotęgowanej pobudliwości. Przyjmowanie podniet jest więc dokonywane przez całą plazmę wogóle, ale zjawisko to ujawnia się najsilniej pierwotnie w pewnych komórkach, następnie w tkance i narządach. Organizmy pierwotne reagują na podniety całą swoją istotą, lecz skala pobudliwości, t. j. zdolność reagowania, jest znacznie węższa, ze względu na ilość podniet, niż u organizmów więcej zróżnicowanych. Tak np. podniety dźwiękowe nie wywołują reakcji ze strony najniższych ustrojów.

Ponieważ wszelkie zjawiska, dokonywające się w istocie żywej; zawsze posiadają właściwe sobie podłoże materialne i analiza cech

życiowych nieodmiennie je wszędzie wykazywała, przeto i w tym przypadku należy stwierdzić, co w istocie żywej jest obdarzone pobudliwością. Badania, czynione nad komórką, wykazały, że pobudliwość jest cechą właściwą plazmie, może się zmieniać, zależnie od stanów życiowych plazmy, a także wywoływana ponad możność reagowania może czasowo zanikać. Jeśli na komórkę mięśniową działać będziemy prądem elektrycznym, to komórka zareaguje skurczem. Jeśli jednak podnieta powyższa będzie stosowana wielokrotnie, to po pewnej ilości reakcyj komórka działać przestanie i powrót do czyn-



Rys. 78. *Stentor coeruleus*. W plazmie oznaczony przebieg myonemów (oznaczone kolorem szarym) i neurofanów (ozn. kolorem czarnym).

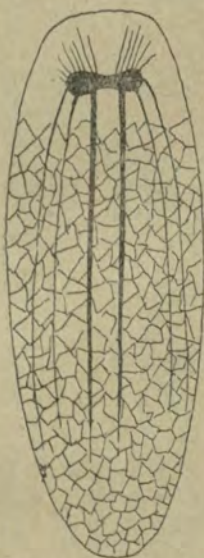
Rys. 79. System nerwowy hydry, przedstawiony schematycznie. Składa się z pojedynczych komórek nerwowych, ułożonych w ektodermie.

nego reagowania nastąpi dopiero po pewnym czasie. Jest to dowód, że pobudliwość jest w ścisłym związku z innymi procesami życiowymi i wyczerpanie energii przerywa zjawisko pobudliwości. Już u pierwotniaków daje się wykryć części plazmy, specjalnie zróżnicowane w kierunku pobudliwości. Są to pewne organoidy, poznane u rząskowców, t. zw. neurofany, stanowiące część substancji plazmatycznej i przebiegające wzdłuż ciała zwierzęcia (rys. 78). Najniższe tkankowce posiadają już pewną ilość

Neurofany.

organoidy, poznane u rząskowców, t. zw. neurofany, stanowiące część substancji plazmatycznej i przebiegające wzdłuż ciała zwierzęcia (rys. 78). Najniższe tkankowce posiadają już pewną ilość

komórek o specjalnej pobudliwości; hydra ma szereg takich komórek gwiaździstych, rozmieszczonych w ektodermie (rys. 79). Lecz i u jamochłonów, do których hydra należy, istnieje wyższy stopień organizacji narządów, służących do przewodzenia podrażnień. Narządy te tworzą w ogólności t. zw. system nerwowy. Zaczątki tego systemu są już u jamochłonów wyższych. U meduz np. system nerwowy składa się już z pierścienia, obiegającego wokół całe ciało; od tego pierścienia odchodzą rozgałęzienia do narządów zmysłowych. Niezależnie od stopnia organizacji zwierzęcej,



Rys. 80. Schemat budowy systemu nerwowego wirków (*Turbellaria*).

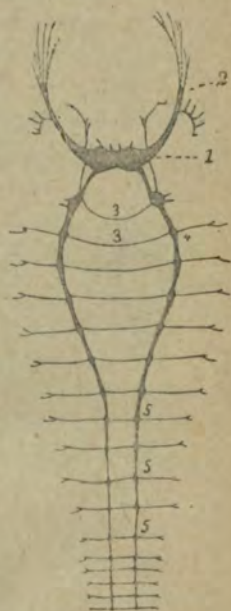
można u wszystkich tkanek stwierdzić istnienie systemu nerwowego o pewnym, określonym typie. U bezkręgowych o symetrii dwubocznej system nerwowy składa się zwykle z dwu pni, albo sznurów nerwowych, przechodzących wzdłuż całego ciała po stronie brzusznej. Pnie te są połączone t. zw. węzłami nerwowymi, od których odchodzą do ciała drobne gałązki nerwowe. Zwierzęta, wykazujące budowę ciała segmentowaną, mają zazwyczaj ilość węzłów nerwowych, odpowiadając ilości segmentów. Od brzusznych pni nerwowych odchodzi obrączka około przełyku, a nad przełykiem znajduje się t. zw. płat mózgowy, lub głowowy, często parzysty, główny ośrodek, skąd rozchodzą się nerwy do narządów głowowych.

Dla lepszego zrozumienia budowy systemu nerwowego bezkręgowych należy rozpatrzyć załączone rysunki. Rys. 80 przedstawia system nerwowy robaków płaskich; rys. 81—najważniejszą część systemu nerwowego pierścienic; rys. 82—system nerwowy raka, wreszcie rys. 83—system nerwowy owada.

Kręgowce, a właściwie strunowce, mają odmienny typ budowy systemu nerwowego. Ich system nerwowy stanowi zawsze rurkę i znajduje się po stronie grzbietowej. Składa się on u kręgowców

można u wszystkich tkanek stwierdzić istnienie systemu nerwowego o pewnym, określonym typie.

U bezkręgowych o symetrii dwubocznej system nerwowy składa się zwykle z dwu pni, albo sznurów nerwowych, przechodzących wzdłuż całego ciała po stronie brzusznej. Pnie te są połączone t. zw. węzłami nerwowymi, od których odchodzą do ciała drobne gałązki nerwowe. Zwierzęta, wykazujące budowę ciała segmentowaną, mają zazwyczaj ilość węzłów nerwowych, odpowiadając ilości segmentów. Od brzusznych pni nerwowych odchodzi obrączka około przełyku, a nad przełykiem znajduje się t. zw. płat mózgowy, lub głowowy, często parzysty, główny ośrodek, skąd rozchodzą się nerwy do narządów głowowych.



Rys. 81. Przednia część systemu nerwowego u *Serpula* (szczęcionogi). 1 — zwój nerw. nadprzełykowy; 2 — nerwy odchodzące do czulków; 3 — spoidła; 4 — nerwy odchodzące od węzła; 5 — nerwy brzuszne.

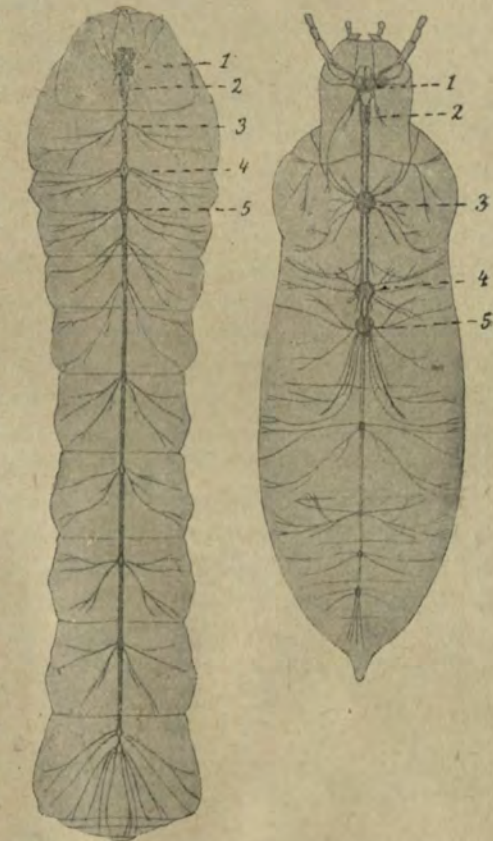
z dwóch głównych ośrodków: mózgu głowowego i mózgu rdzeniowego, z nich wychodzą rozgałęzienia nerwowe.

Narządy zmysłowe.

W związku z rozwojem systemu nerwowego jest rozwój narządów zmysłowych. Na najniższym stopniu organizacji zwierzęcej odbieranie podnieć skuteczniane jest przez całą plazmę, później różnicują się w tym kierunku specjalne komórki, pierwotne komórki nerwowe; wreszcie

powstanie systemu nerwowego, ukrytego w głębi ciała, doprowadza do wytworzenia ośrodków specjalnej wrażliwości na podnieć. Ośrodkami temi są narządy zmysłowe. W pierwotnej postaci są to komórki o wybitnej pobudliwości, zmienne pod względem morfologicznym, zaopatrzone we włoski lub t. p. (rys. 84). Lecz nawet u jednokomórkowców, u których niema jeszcze systemu nerwowego, znaleziono pewne miejsca w plazmie o specjalnej wrażliwości na pewne czynniki. Jakoprzykład można przytoczyć stigmę, czyli plamkę barwną eu-

Rys. 82. System nerwowy raka rzecznego.



Rys. 83. System nerwowy chrząszcza — na lewo larwy, na prawo owada dorosłego. 1 — węzeł nadprzelykowy; 2 — w. podprzelykowy; 3, 4, 5 — węzły trzech pierwszych segmentów ciała.

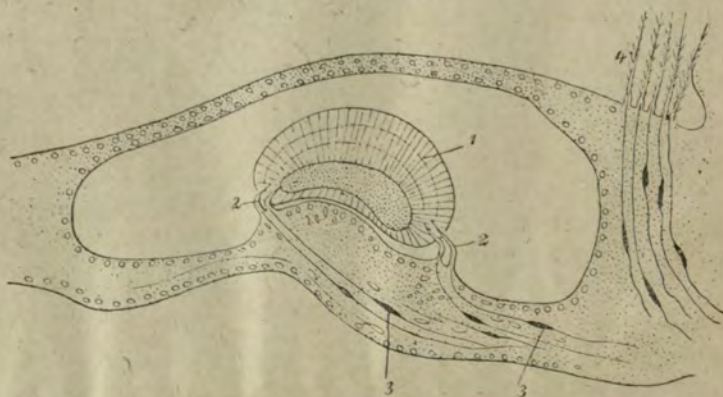
gleny (por. rys. 1 w rozdz. III). Komórki zmysłowe, rozsiane po całym ciele, zamienione zostały stopniowo w skupienia komórek, zlokalizowane w pewnych tylko okolicach organizmu, które już są narządami zmysłowemi. Ponieważ w miarę różnicowania się ustrojów i w zakresie narządów zmysłowych powstał podział ich funkcyj, przeto na-



Rys. 84. Komórki zmysłowe z linii bocznej larwy salamandry.

rządy te stały się wrażliwe tylko na określone kategorie podniet. Liczba narządów zmysłowych, jak również ilość rodzajów podniet, wywołujących reakcję w ustroju, nie jest jeszcze dokładnie znana. Jest natomiast już rzeczą oddawna wiadomą, że narządów zmysłowych jest znacznie więcej, niż powszechnie przypuszczano. Wiemy już obecnie, że oprócz zmysłów: wzroku, słuchu, powonienia, dotyku i smaku, istnieją liczne inne zmysły, jak: równowagi, temperatury, ciśnienia. Zmysły te albo posiadają specjalne narządy, jak np. znana powszechnie linja boczna u ryb, albo też posiadają umieszczone w skórze podłoże morfologiczne w postaci pojedynczych komórek. Zmysł równowagi jest u zwierząt bardzo różnie wykształcony i różne też bywają narządy tego zmysłu. Na załączonych rysunkach (rys. 85 i 86) widać te narządy u skorupiaków i meduzy, ponadto narządami równowagi są zazwyczaj czułki, czyli różki, np. u stawonogów, ponadto specjalnie u dwuskrzydłych t. zw. przezmianki, czyli haltery. Bardzo często badacze, wnioskując z budowy i kształtu komórki, że służy ona jakiemuś zmysłowi, nie potrafią jeszcze określić istoty danego zmysłu.

Nie wszystkie ustroje posiadają jednakową ilość zmysłów. Zmysły: smaku, dotyku, wzroku i równowagi są właściwe przeważnej ilości tkankowców, a zmysł smaku i dotyku da się wykryć nawet u jednokomórkowców. Zmysły inne, zwłaszcza powonienia i słuchu, są mniej rozpowszechnione, i tak np. zmysł słuchu jest dobrze rozwinięty dopiero u kręgowców.



Rys. 85. Statocysta skorupiaków *Mysis* w przekroju podłużnym. 1—statolit; 2—włoski czuciowe; 3—komórki czuciowe; 4—szczytinki czuciowe na powierzchni ciała.

Zmysł słuchu występuje u zwierząt w związku ze zmysłem równowagi. Widzimy to dobrze u meduzy (rys. 86).

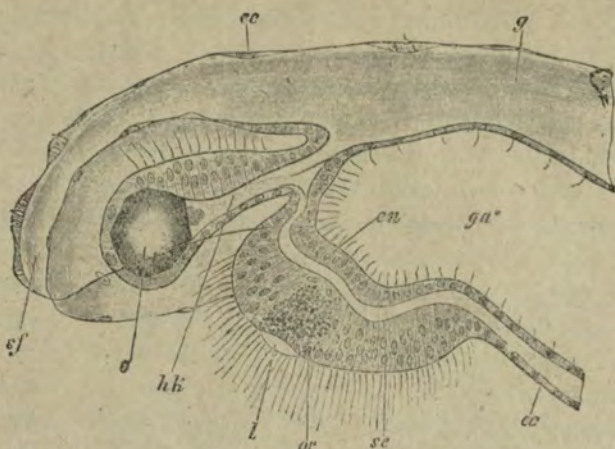
Narząd wzroku. W ilości i rozmieszczeniu różnych narządów zmysłowych panuje u zwierząt wielka różnorodność. Nie będziemy szczegółowo rozpatrywali tych zjawisk. Natomiast dla wskazania na przykładzie,

jak się przedstawiają narządy tego samego zmysłu u różnych zwierząt, omówimy nieco szczegółowiej narząd bardzo ważnego pod względem biologicznym zmysłu, wzroku. Oczy, które występują począwszy od jamochłonów, mogą być ułożone bardzo rozmaicie. U meduz są one na brzegach dzwonu w ilości kilkunastu (por. rys. 86 lit. *oc* i *l*). U robaków niższych, u wirków (*Turbellaria*) istnieją w górnej części ciała w ilości dwóch lub kilku. U stawonogów też oczy są różnie rozmieszczone. Wije mają oczy po obu bokach głowy w ilości po kilkanaście do kilkudziesięciu sztuk. Pajęczaki mają również większą ilość oczu, których symetryczne zazwyczaj rozłożenie jest cechą rozpoznawczą. Owady posiadają,

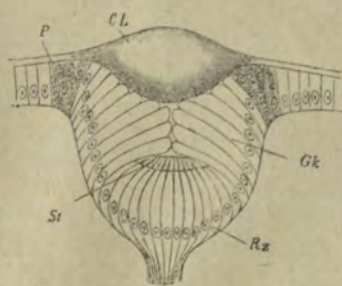


Rys. 87. Oko *Tristomum* (*Trematodes*), złożone z jednej komórki wzrokowej.

jak wiadomo, oczy w ilości dwu lub kilku. U skorupiaków istnieje zwykle jedna tylko para oczu, zróżnicowanych czasem w jedno (oczlik). U mięczaków znów oczy bywają rozmaicie ułożone; brzechonogi posiadają dwoje oczu, tak samo głowonogi, małże zaś mają często wiele setek oczu, którymi usiany jest

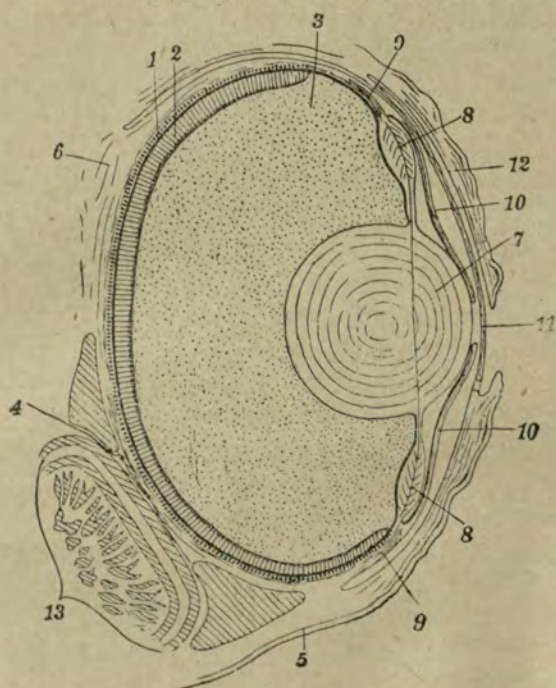


Rys. 86. Organy czuciowe meduzy. *hk* — czulek słuchowy; *o* — otolit; *se* — czuciowe komórki nabłonka; *oc* — oko; *l* — soczewka.



Rys. 88. Przekrój przez oczko larwy chrząszcza. *CL* — rogówka-soczewka; *Gk* — komórki, tworzące t. zw. ciało szkliste; *P* — komórki barwikowe; *Rz* — k. siatkówki; *St* — precikowate wyrostki kom. siatkówki.

brzeg płaszcza. U kręgowców dzisiejszych istnieje już zawsze tylko jedna para oczu, jakkolwiek formy kopalne wykazują obecność trzeciego oka ciemieniowego, co w postaci oka szczątkowego zachowało się u jedynej nowozelandzkiej jaszczurki *Hatteria* (por. rys. w r. XX). Oczy mogą być różnie osadzone w organizmie. Jak wiadomo, bywają one umieszczone na słupkach, jak u raka, na czulkach, jak u brzuchonogów, wreszcie na specjalnych wyrostkach, jak u niektórych zwierząt głębinowych.



Rys. 89. Przekrój podłużny przez oko głowonoga *Sepiola*. 1 — komórki wzrokowe; 2 — pałeczki; między 1 i 2 widać warstwę pigmentu; 3 — ciało szkliste; 4 — skrzyżowanie włókien nerwowych, idących do wzrokowego węzła nerwowego (13); 5 — skóra; 6 — tkanka łączna; 7 — soczewka; 8 — corpus epitheliale; 9 — mięsień; 10 — tęczówka; 11 — rogówka; 12 — fałda powieki.

w nich zawsze ciało łamiące światło, t. zw. soczewka, pod którym znajduje się warstwa specjalnych komórek zmysłowych, pobierających wrażenia świetlne, t. zw. siatkówka (rys. 88). Oczywiście, najbardziej skomplikowaną budowę posiada oko kręgowców, gdzie, oprócz tych zasadniczych składników, występują jeszcze liczne dodatkowe, jak tęczówka i powieki.

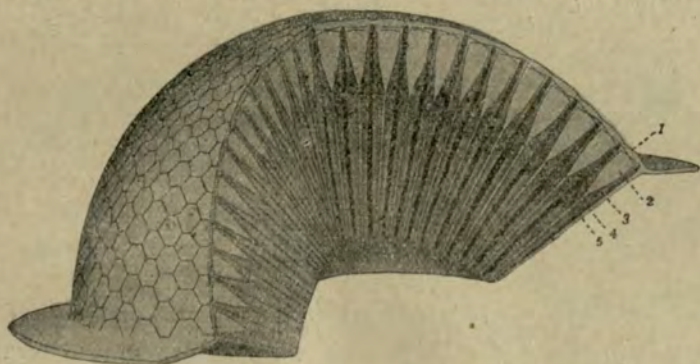
W pewnych przypadkach, jak np. u pewnych osłoniec oczy są głęboko schowane w ciele zwierzęcia, którego przezroczystość umożliwia przenikanie promieni świetlnych.

Oczy zwierząt posiadają różną budowę i pod tym względem panują w świecie zwierzęcym nie mniejsze różnice, niż w ilości oczu i ich ułożeniu. Rozróżniamy oczy proste i złożone. Przez oczy proste, takie np. jak u robaków (rysunek 87), przyoczek owadów lub oczy niektórych mięczaków rozumieć należy narząd o zdolności pobierania podrażnień, ograniczonych zapewne tylko do rozróżniania intensywności światła. Oczy złożone posiadają rozmaitą budowę. Naogół występuje

Podobnie, jak u kręgowców, złożoną budowę oka posiadają również i niektóre bezkręgowce, jak np. głowonogi, co wykazuje załączony rysunek 89.

Oko złożone może ponadto być budowane ze znacznej, gdyż sięgającej kilku tysięcy ilości jednostek, jak to jest w oku owadów (rys. 90).

Widzenie jest funkcją, która posiada u zwierząt bardzo różnorodne właściwości. Wnioskując, że zwierzę widzi, ponieważ posiada narząd wzroku, czyli oczy, należy być bardzo ostrożnym w utożsamianiu tego faktu z faktem, stwierdzonym u człowieka. O jakości widzenia sądzić można częściowo na podstawie anatomicznej budowy oka; wszakże w wielu wypadkach nie jest rzeczą możliwą orzec, czy i o ile widzenie zwierzęcia jest analogiczne z widzeniem człowieka. Na podstawie budowy oka wnosimy, że na przykład owady widzą na odległość bardzo nieznaczną, wynoszącą



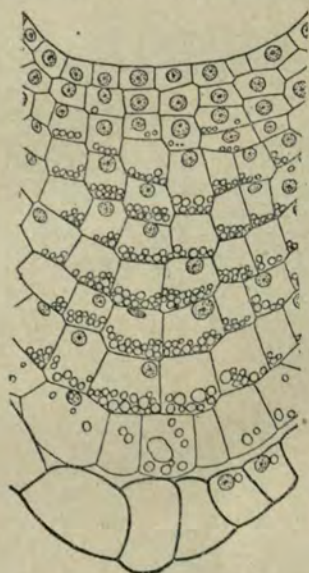
Rys. 90. Złożone siateczkowe oko owada. Wycinek, wskazujący budowę wewnętrzną. 1 — soczewki; 2 — stożki krystaliczne; 3 — główne komórki pigmentowe; 4 — boczne k. pigmentowe; 5 — jądra komórek wzrokowych.

zaledwie kilka metrów. Poza tem, sposób widzenia owada możnaby nazwać mozaikowym, to znaczy, że owad otrzymuje tylko cząstkę przedmiotu, taką, jaka się znajduje przed każdym z oczek złożonych, z wielu fragmentów danego przedmiotu tworzy się obraz całości, jak w mozaice lub witrażu. Jak nie można upodabniać widzenia różnych zwierząt do widzenia ludzkiego pod względem przestrzennym, tak samo nie można tego czynić pod względem wrażliwości oka na różne barwy, czyli na fale świetlne różne, długości.

Nie jest rzeczą znaną, czy świat zewnętrzny przedstawia się zwierzęciu w takich samych barwach, jak nam, natomiast istnieją dane, że pewne zwierzęta są wrażliwe na takie fale świetlne, które działają, np., na kliszę fotograficzną, a nie są przyjmowane przez nasze oko. Znany powszechnie przykład gąsienicznika (*Rhyssa*) (rys. 99), składającego jajka w ciało gąsienicy, znajdującej się pod grubą warstwą

kory, dowodzi, że owad ten widzi tę gąsienicę. Dziać się to może tylko wskutek tego, że gąsienicznik jest wrażliwy na takie fale świetlne, dla których kora drzewna jest jeszcze przenikliwa.

Do niedawnych jeszcze czasów utrzymywało się mniemanie, że istnienie narządów zmysłowych, a więc i wrażenia, odbierane przez te narządy, są właściwe tylko zwierzętom, gdy tymczasem, jak sądzono, rośliny nie czują, to znaczy nie posiadają większej wrażliwości, niż ją ujawnia wszelka żywa plazma. Lecz już w XIX wieku zaczęły się liczne badania, wskazujące, iż sprawa przedstawia się zupełnie odmiennie. Współczesny



Rys. 91. Część przekroju podłużnego przez wierzchołek korzenia. Cialka skrobi, leżące na dolnych ścianach komórek, spełniają rolę narządów równowagi.

stan badań uprawnia do twierdzenia, że rośliny posiadają cały szereg narządów zmysłowych oraz zmysłów. Liczba tych narządów jest dosyć znaczna i wciąż jeszcze nowe są przez badaczy wykrywane. Okazuje się więc, że rośliny nie posiadają tylko wyodrębnionego systemu nerwowego, to znaczy, że przewodzenie podrażnień nie odbywa się u nich za pośrednictwem specjalnych narządów, zbudowanych z odmienniej tkanki, lecz bezpośrednio przez żywe komórki.

Narządów zmysłowych roślin najpospolitsze są narządy: dotyku, wrażliwości na światło, oraz równowagi.

Niektórzy uczeni proponują, w celu uniknięcia dwuznaczności i nieporozumień, stosowanie odmiennych nazw dla narządów zmysłowych u roślin, w odróżnieniu od zwierząt. Zamiast: narząd dotyku — tangoreceptor, zamiast: narząd wzroku — fotoreceptor i t. d.

Narządy zmysłowe roślin są rozmieszczone bardzo rozmaicie. Jako narząd dotyku występują włoski o silnej wrażliwości, które mogą być rozsiane wśród innych włosków, pokrywających roślinę. Wrażliwość tych włosków na podniety natury dotykowej może być bardzo znaczna i przewyższa nawet wrażliwość dotyku człowieka. Stwierdzono, że włoski dotykowe reagują na ucisk ciała, ważącego 0,0002 mgr., gdy tymczasem człowiek odczuwa na końcach palców ciało o wadze nie mniejszej, niż 0,002 mg. Wrażliwość dotykowa roślin daje się w niektórych przypadkach bardzo łatwo obserwować. Powszechnie znana jest mimoza, rosiczka i bardzo wiele innych. Narządy zmysłowe roślin, wrażliwe na światło, są zazwyczaj

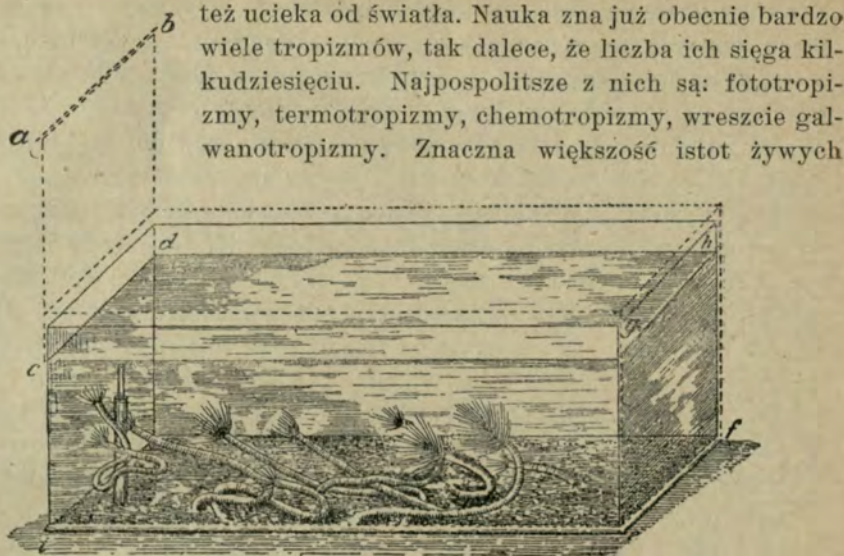
rozmieszczone na brzegach blaszki liściowej. Występują one w postaci komórek naskórka o kształcie przeważnie zaokrąglonym, których górna część, wypukła, przezroczysta, silnie łamiąca światło, spełnia funkcję soczewki, a dolna—komórki zmysłowej.

Do narządów zmysłu równowagi zaliczamy również te, które mieszczą się w wierzchołku korzenia i sprawiają stałe dążenie korzenia do środka ziemi. Wiadomo oddawna, że jeśli roślinę, rosnącą np. w doniczce w położeniu normalnym, przechylić, to po pewnym czasie korzeń się wygnie i skieruje w kierunku pionu. Badania dowiodły jednak, że jeśli w powyższym doświadczeniu odcinać wierzchołek korzenia, to zjawisko wygięcia się korzenia nie nastąpi. Przyczyna tego zjawiska jest taka. Komórki wierzchołkowe w korzeniu zawierają pewną ilość ciałek skrobi, swobodnie zawieszonych w plazmie (rys. 91). Ciałka te w normalnym położeniu korzenia wywierają ucisk na dolne ścianki komórek. Gdy korzeń zmieni położenie, wówczas ciałka skrobi uciskają inne ścianki komórek, równowaga zostaje zakłócona i będzie przywrócona dopiero wówczas, gdy na skutek wygięcia się korzenia, ciałka skrobi znów padną na poprzednio uciskane ścianki.

XVII. TROPIZMY. INSTYNYKT.

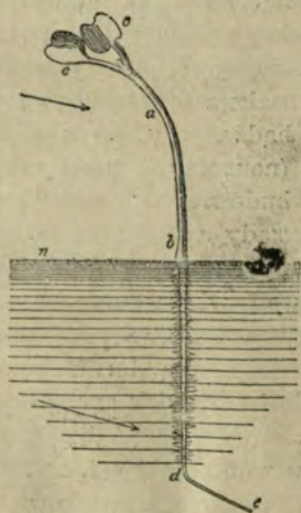
Istota żywa jest obdarzona pobudliwością, albo, jak nazywamy, wrażliwością, to jest reaguje na różnorodne podniety zewnętrzne. Wiemy już, że pobudliwość jest cechą wszelkiej żywej plazmy, wszakże rozchodzenie się podniety po ustroju i reakcja tegoż odbywa się wskutek tego, że różne ustroje posiadają bądź specjalnie wrażliwe na podniety wyróżnicowane części plazmy (neurofany), bądź narządy o mniej lub więcej skomplikowanej budowie. Plazma zatem u istot najniższych, a ponadto specjalne narządy u wyższych są morfologicznym podłożem zjawisk, które możemy nazwać ogólnie zjawiskami zmysłowymi. Badając ustroje żywe, wykrywamy ogromną różnorodność powyższych zjawisk. Można je dla łatwiejszej orientacji podzielić na trzy kategorie. Będą to: tropizmy, instynkty i wreszcie, na podłożu zjawisk zmysłowych powstałe przejawy życia psychicznego.

Tropizmami nazywamy stałe reakcje ustroju, reakcje t. zw. kierunkowe na określone podniety zewnętrzne. Reakcją kierunkową nazywamy taką, gdy ustrój reaguje w kierunku podniety. Reakcja taka zawsze może być dodatnia lub ujemna, to znaczy, że ustrój może dążyć do danej podniety, albo też w kierunku przeciwnym. Więc np. tropizmem będzie dążenie do światła, czyli fototropizm, może on być dodatni lub ujemny: organizm dąży do światła, lub zwraca się ku niemu, albo



Rys. 92. Pierścienice osiadłe (*Spirographis*). Światło idzie od strony a, b, c, d.

posiada fototropizm dodatni, to znaczy, dążenie do światła; obecność tego tropizmu można niewątpliwie stwierdzić i u człowieka. Podane



Rys. 93. Fototropizm dodatni łodygi i ujemny korzenia roślinki, hodowanej w wodzie. Światło pada, jak wskazują strzałki.

rysunki (rys. 92, 93) wykazują ciekawy fototropizm u zwierząt osiadłych, oraz dodatni fototropizm łodygi i ujemny korzenia; jako przykład istot o ujemnym fototropizmie można przytoczyć liczne bakterie lub ameby. Jeśli ameby umieścić w naczynku, w którym początkowo będą się one znajdowały w różnych miejscach, to, oświetlwszy naczynko w taki sposób, aby część jego pozostawała w cieniu, można się po pewnym czasie przekonać, że wszystkie ameby znalazły się w części zaciemnionej. Eksperyment ten można wykonać wiele razy i zawsze nastąpi ta sama reakcja ze strony ameb; tak samo zachowują się liczne bakterie. Ujemny fototropizm wykazują różne pajęczaki, dżdżownice, larwy wielu owadów, a także liczne rośliny, gdy tymczasem t. zw. światłozwrotność u roślin jest fototropizmem dodatnim, jak to jest np. u słonecznika.

Termotropizm, czyli ruch pod wpływem podniety cieplnej, wykazuje również wiele istot. Zjawisko to można bardzo łatwo wykazać, np., u pantofelków. Jeśli umieścimy znaczną liczbę pantofelków w wodzie w takich warunkach, aby wodę tę można było w jednym miejscu ogrzewać, np. w poziomej rurce szklanej, to otrzymamy: wodę najcieplejszą w miejscu ogrzewania, najzimniejszą na drugim końcu rurki, pośrednią między temi dwoma punktami. Jeśli maximum temperatury wody wynosić będzie 40°C , minimum 15°C , to pantofelki zbiorą się wszystkie w miejscu, gdzie temperatura wynosi około 26°C . W tem doświadczeniu można jednocześnie zaobserwować zjawisko termotropizmu ujemnego, a mianowicie: wymoczki, które już się znalazły w wodzie o $t^{\circ}=26^{\circ}\text{C}$, będą się cofały, dopłynąwszy do wody o $t^{\circ}=27^{\circ}\text{C}$ lub 25°C .

Temperatura 26° jest więc dla pantofelków optymalną, wszakże nie jest to dla nich wielkość stała, gdyż zależy od tego, w jakiej temperaturze żyły one poprzednio. Tak np. dla pantofelków, hodowanych w $t^{\circ}=10^{\circ}\text{C}$, optimum nie przekracza 25°C , hodowanych zaś w $t^{\circ}=25^{\circ}\text{C}$ optimum wyniesie do 32°C .

Jako przykład chemotropizmu, czyli ruchu pod wpływem podniety chemicznych, przypomnieć można znane już zjawisko (rozdz. XIV) przyciągania plemników przez jajko, albo plemników paproci przez kwas jabłkowy. Doświadczenie, wykazujące obecność chemotropizmu u wymoczków, może być wykonane również na pantofelku. Jeśli do naczynka, zawierającego pantofelki, wpuścić kroplę kwasu octowego o koncentracji równej $\frac{1}{50}\%$, to okaże się, że kropla ta działa na wymoczki chemotropicznie dodatnio, wszystkie pantofelki wpłyną do kropli, a przepłynąwszy ją i zetknąwszy się z wodą, będą zawracać z powrotem, wskutek czego wszystkie znajdą się w kropli. Jeśli stężenie kwasu zwiększyć, to wywoływać on będzie reakcję ujemną.

Znaczenie tropizmów. Posiadanie wielu tropizmów przez wszystkie istoty żywe nakazuje zastanowienie się nad kwestją, czem są tropizmy dla ustroju, to znaczy, jakie jest ich znaczenie. Badając tropizmy, musimy je uważać za zjawiska celowe w życiu ustroju, który zawsze dąży do warunków optymalnych. Tak więc, w przytoczonym przykładzie okazuje się, że: temperatura 26°C jest najlepsza dla tego wymoczka, t. j. w tej temperaturze najlepiej odbywają się wszystkie zjawiska życiowe, jak: ruch, funkcjonowanie wodniczek, pobieranie pokarmu, wydzielanie i inne. Tak samo dodatnio chemotropicznie działanie kwasu o określonym stężeniu wyjaśnia się tem, że pantofelki, żywiąc się przeważnie bakterjami, reagują dodatnio na kwasowość, zwykłą dla środowiska wodnego, obfitującego w bakterje. Bakterje bowiem występują najliczniej tam, gdzie zachodzi gnicie, tam też wytwarzają się zawsze różne kwasy.

Instynkt. O ile tropizmy występują u wszystkich zwierząt i roślin, o tyle instynkty są pod względem powszechności znacznie bardziej ograniczone. Nie znamy instynktów u roślin, a nie

można też stanowczo twierdzić, aby zjawiska te były właściwe wszystkim zwierzętom. Ponieważ określenie, czym jest instynkt, jest rzeczą bardzo trudną, przeto należy najpierw rozpatrzeć, w jakim znaczeniu jest ten wyraz pospolicie używany. Należy zaznaczyć, że wyrazów: instynkt, instynktownie, używa się przeważnie błędnie, dla oznaczenia przy ich pomocy zjawisk, które z instynktem nic nie mają wspólnego. Mówi się więc powszechnie, że: ktoś uniknął grożącego mu niebezpieczeństwa w postaci przejeżdżającego pociągu, samochodu, spadającej cegły i t. p., ponieważ instynktownie odskoczył, uchylił się i t. d. Fakty takie nie są bynajmniej instynktami, lecz różnymi odruchami, stanowiącymi wynik nie dochodzących do świadomości wrażeń wzrokowych lub słuchowych. Bardzo często również instynktami są nazywane różne przecucia, np. ze strony matki niebezpieczeństwa, grożącego jej dziecku. Jest rzeczą oczywistą, że takie zjawiska również nie należą do kategorii instynktów.

Dla wyjaśnienia, czym jest instynkt, przypomnijmy niektóre znane każdemu fakty z życia zwierząt. Więc np. pszczoła-robotnica, wylądwszy się z poczwarki, wylatuje poza ul, zbiera nektar kwiatowy, pyłek, wraca z nim do ula, poczem robi z jednych zebranych materiałów albo komórki woskowe zwykle, z których plaster wosku powstaje, albo mateczniki. Z innych wytwarza miód lub t. zw. chleb pszczeli, którym będą żywione gąsienice. Z jajeczka chróściaka wylega się larwa, która, nieco podrosłszy, zbuduje sobie domek z muszelek, piasku, patyczków, lub innego materiału, właściwego danemu gatunkowi chróściaka. Pająk buduje sobie bardzo misterną sieć. Ciernik—gniazdko, w którym jajka zostaną złożone. Życie zwierząt dostarcza tysięcy przykładów podobnych zjawisk.

W rozdz. następnym, w którym jest mowa o pasorzytyzmie i zjawiskach pokrewnych, są ilustrujące te zjawiska rysunki. Prawie wszystkie z nich mogą służyć zarazem jako przykład na instynkt, a więc składanie jajek przez błonkówki: *Eucyrtus*, *Rhyssus*, *Scolia*. Składanie jajek przez różankę i hodowla mszyc, robiona przez mrówki, gąsienice gza końskiego w żołądku konia, wszystkie te rysunki ilustrują pewną część zjawiska, które w całości jest również instynktem.

Wszystkie te zjawiska posiadają cechy wspólne, niezależne od tego, czy są więcej, czy mniej skomplikowane. Są one nadzwyczajnie prawidłowe i niezienne. Obserwując w ciągu szeregu lat pszczoły, chróściaki, czy pająki, widzimy, że zawsze jednakowo wykonywają one te czynności. Pozwala to wnioskować, że od bardzo dawnych czasów, od tysięcy pokoleń zupełnie jednakowo są budowane i plaster miodu, i domek larwy chróściaka, i sieć pajęcza. Są to więc zjawiska, które się dziedziczą. Nietrudno dowieść, że nie może być inaczej. Albowiem po pierwsze, w przeciwnym przypadku czynności te nie mogłyby być tak niezienne, stając się cechami indywidual-

nemi, powtóre zaś musiałyby one być bądź nauczone, bądź zdobyte doświadczeniem. Ponieważ u bardzo wielu zwierząt każde następne pokolenie nie ma bezpośredniego związku z każdym poprzednim, przeto nauczenie czegoś jest wręcz niemożliwe. Dorosły chróścik lata w powietrzu, do wody jajka składa. Larwa, która się z tych jajek wylęga, nie mogła być nauczona, jak i z czego ma domek budować, a jednak robi to ona z tak zdumiewającą prawidłowością, że według kształtu domku i materiału, wziętego na budowę, gatunek chróścika można oznaczyć. Również i o czynnościach takich, jak opisane, jako o zdobytych doświadczeniem, nie można myśleć. Aby mogło zachodzić zdobycie doświadczenia, zwierzę musiałoby mieć czas na wykonywanie prób, tymczasem prób takich zwierzę nie robi, od razu spełniając różne podobne do przytoczonych, bardzo złożone czynności. Wszystkie więc zjawiska, które spotykamy u zwierząt, a które posiadają następujące cechy, są odziedziczone, niezienne i mimo swej złożoności wykonywane nieświadomie, nazywamy instynktami.

Określenie instynktu.

Z określenia instynktu, jako czynności nieświadomej, wynika, że nasze powszechne sądy o wielu zjawiskach w świecie zwierzęcym, sądy, związane z oceną moralną tych zjawisk, są błędne. Nie mamy żadnych podstaw do mówienia o pracowitości pszczoły i mrówki i chwaleń ich, lub o lenistwie trutnia. Pszczoła-robotnica posiada złożony instynkt zbierania pyłku i soku z kwiatów, robienia plastrów miodu, karmienia gąsienic i t. d., gdy tymczasem truteń tego instynktu nie posiada. Żadne oceny moralne tych zjawisk nie mogą w tym przypadku mieć zastosowania. Stwierdzając niezmiennosc instynktów, musimy wszakże określić bliżej, jak tę niezmiennosc należy rozumieć.

Powstawanie i zmienność instynktu.

Jeśli powiadamy, że instynkty są niezienne i takie same są obecnie, jak były przed tysiącami lat, to jednak na pytanie, jak powstały instynkty, musimy odpowiedzieć w sposób następujący: są to czynności, które powstały stopniowo w określonej postaci u danych gatunków, jako rezultat najlepszego przystosowania się do warunków bytu. Osiągnąwszy największą doskonałość, przestały podlegać zmianom i wówczas zaczęły się jako niezienne dziedziczyć. Rzecz oczywista, że zmiana warunków może w rezultacie spowodować zmianę instynktów, zanik jednych a powstawanie innych. Tak np. instynkty ptaków przelotnych mogły powstać u nas dopiero pod wpływem epoki lodowej.

Niezależnie od zmienności instynktów w czasie, istnieje w pewnych granicach zmienność instynktu indywidualna, zjawisko, które pewni badacze nazywają plastycznością instynktu. Można wykazać, że zwierzę, posiadając jakiś określony instynkt, potrafi go w pewnym stopniu zmodyfikować, zależnie od warunków życia. Wykazano np., że larwa

pewnego chróścika potrafi zbudować swój domek nie tylko z właściwego dla danego gatunku materiału, ale również z materiałów, zupełnie w przyrodzie niespotykanych, jak np. z kawałka drutu, parafiny, z trójkątka, lub krążka, z kartonu. Plastyczność instynktu przejawia się w tem, że larwa potrafi z tego, całkowicie dla siebie obcego materiału budować domek w sposób najlepszy, w jaki dane elementy dają się wyzyskać. Oczywiście, znaczenie instynktów dla zwierząt jest takie same, jak tropizmów.

Zjawiska życia psychicznego. Obok tropizmów i instynktów występują u zwierząt czynności świadome, które stanowią najwyższy stopień życia psychicznego, jeśli do tegoż instynkty mogą być zaliczane, a nawet one to jedynie bywają nazywane życiem psychicznym. Nie wdając się w ich rozważanie, zaznaczamy tylko, że badanie życia psychicznego zwierzęcia jest nadzwyczaj utrudnione. Główną przyczyną tego jest ta okoliczność, że człowiek nie może i nie powinien w stosunku do zwierząt rozumować przez analogję, badając przejawy ich życia psychicznego. Jest to metoda badania, którą dawniej powszechnie stosowano, lecz uzyskane przez nią rezultaty nie mogą być uważane za pewne. Jeśli człowiek o stanach psychicznych innego człowieka wnioskuje na podstawie analogji ze sobą samym, to, jak to wiemy dobrze, nie wiadomo, czy zawsze osiąga ściśle rezultaty, a właściwie może nie osiąga ich nigdy; tem bardziej zawodne muszą być dane, dotyczące psychiki zwierzęcej, uzyskiwane tą samą drogą jej badania. To też badania psychologii zwierząt, oparte na racjonalnej, obiektywnej metodzie, są obecnie dopiero w zaczątku i należą do przyszłości. To jest już pewne, że różne opisy, świadczące o „zmyślności” zwierząt i t. p., należy traktować krytycznie, gdyż często przykłady podobne świadczą tylko o istnieniu u zwierząt różnych, bardzo złożonych instynktów, a ze świadomością nie mają nic wspólnego.

Jest rzeczą niewątpliwą, że zwierzęta posiadają dwa główne czynniki życia psychicznego, t. j. pamięć i zdolność kojarzenia wyobrażeń, wszakże ustalenie, czy i w jakim stopniu występują one u wszystkich zwierząt, jest kwestją przyszłych badań. Obecnie można stwierdzić tak wielką rozbieżność w poglądach uczonych na tę sprawę, że są tacy badacze, którzy życie psychiczne przypisują tylko zwierzętom najwyższym; są inni, którzy dostrzegają przejawy życia psychicznego u pierwotniaków.

XVIII. SYMBIOZA. PASORZYTYZM. SPOŁECZEŃSTWA ZWIERZĘCE.

Badając żywe istoty nie jako oddzielne osobniki w warunkach sztucznych, jak np. jakieś zwierzę wodne, przeniesione do akwarjum, lecz w ich warunkach naturalnych, stwierdzamy, że żyją one we wzajemnej od siebie zależności.

Zależność ta bywa bardzo różnorodna, istnieje wszakże zawsze bez względu na stanowisko systematyczne danej rośliny lub zwierzęcia, to znaczy, bez względu na to, czy dana istota stoi na najniższym czy na najwyższym stopniu organizacji. Opisując krążenie materji w przyrodzie, wykazaliśmy zależność wszystkich zwierząt i roślin niezielonych od roślin zielonych. Jest to zjawisko najogólniejsze; w jego ramach znajdujemy wszelkie formy zależności ściślejszej, a więc pewnych zwierząt od pewnych roślin; jednych roślin od innych, wreszcie zwierząt od zwierząt.

Zbiorowiska. Zależność jednych istot od drugich może obejmować albo zespoły roślin i zwierząt i wówczas wyraża się w postaci t. zw. zbiorowisk, bądź też może dotyczyć pojedynczych osobników zwierzęcych lub roślinnych i wtedy jest t. zw. symbiozą, czyli współżyciem w najogólniejszym znaczeniu.

Przez zbiorowiska rozumiemy zespoły istot, żyjących razem i wzajem od siebie zależnych. Jako przykłady takich zbiorowisk można przytoczyć las, step, łąkę, wydmy piaszczyste, rzekę, staw, jezioro.

Wiadomo powszechnie, że każde z tych zbiorowisk cechuje właściwa mu flora i fauna, że występowanie jednych gatunków wywołuje lub uniemożliwia występowanie innych i t. p.

Różne formy współżycia. Niezależnie od tych zjawisk życia zbiorowiskowego istnieją w przyrodzie wśród istot żywych różne formy współżycia indywidualnego. Współżycie to może się przejawiać bardzo różnorodnie i nie jest rzeczą możliwą wyliczenie wszystkich jego rodzajów. Można wszakże wyróżnić następujące główne typy. Współżycie, polegające na tem, że jeden osobnik zwierzęcy lub roślinny korzysta z drugiego, lecz nie niszczy go wskutek tego, będzie to t. zw. komensalizm. Współżycie dwóch istot ze sobą takie, że obie przynoszą sobie wzajemną korzyść, będzie to symbioza w powszechnem znaczeniu tego słowa. Wreszcie współżycie takie, że jeden osobnik tylko odnosi korzyść, drugi jest wyzyskany, czyli jeden osobnik żyje kosztem drugiego, jest to pasorzytyzm.

Komensalizm daje się najłatwiej zaobserwować wśród kręgowców, więc np. komensalami będą szakale, hieny, sępy w stosunku do lwa, albowiem żywią się one resztkami jego zdobyczy, tak samo komensalami są rybki, pływające koło wieloryba i t. d.

Symbioza. W życiu zwierząt i roślin daleko większe znaczenie posiada forma współżycia, zwana pospolicie symbiozą (jakkolwiek symbioza po grecku znaczy również współżycie). Symbioza, czyli współżycie, polegające na wzajemnem przynoszeniu sobie korzyści przez osobniki współżyjące, jest zjawiskiem nader rozpowszechnionem zarówno między zwierzętami, jak i roślinami. Każdemu dobrze znane są przykłady współżycia kraba z ukwiałem (rys. 94), lub mrówek z mszycami (rys. 95). Są to niewątpliwe przykłady

symbiozy, aczkolwiek i ukwiął w stosunku do kraba i mszyce w stosunku do mrówek są elementem biernym. Typowym przykładem symbiozy będą porosty lub glony zielone, współżyjące z różnemi zwierzętami.

Jeśli współżycie przybiera formę jednostronnych ko-
Pasorzytyzm. rzyści, czyli inaczej, jeśli z dwóch współżyjących ze sobą



Rys. 94. Krab *Cancer pagurus* w symbiozie z ukwiąłami *Adamsia palliata*.

istot jedna tylko odnosi korzyść, to wówczas współżycie takie staje się pasorzytyzmem. Pasorzytyzm jest zjawiskiem tak nadzwyczajnie rozpowszechnionem w świecie roślinnym i zwierzęcym, że zasługuje na nieco szczegółowsze potraktowanie. Pasorzytyzm spotyka się nie tylko wśród poszczególnych gatunków, lecz nieraz wyższe jednostki systematyczne składają się wyłącznie z pasorzytów. Jako przykład można przytoczyć sporowce mię-

dzy pierwotniakami lub przywry między robakami. Poza tem, jeśli jako przykład wziąć zwierzęta, to prawie w każdym typie znajdziemy postacie pasorzytujące, a w niektórych typach jest ich niezmiernie dużo.



Rys. 95. Mrówki, zlizujące słodką wydzielinę mszyce, przez nie hodowanych.

Pasorzytami więc są bardzo liczne pierwotniaki ze wszystkich gromad (korzenionózki, różne ameby, wiciowce, trypanosomy, sporowce—wszystkie, wycoczki—*Opalina*, *Balanidium* i in.) (por. rys. 7).

Liczne robaki są również pasorzytami—przywry i tasiemce bez wyjątków, poza tem bardzo wiele obleńców, jak np.: trychina, glista ludzka i in.

Z pośród stawonogów szczególnie dużo pasorzytów jest wśród pajęczaków (roztocze—swierzbowce, kleszcze), owadów i skorupiaków (patrz rys. 73).

Nawet w najwyższym typie kręgowców spotykamy przykłady pasorzytizmu, jak np. u różanki (p. niżej).

Pasorzytizm jest również rozpowszechniony wśród roślin. Z roślin wyższych powszechnie znane są liany podzwrotnikowe, jemiola i inne; z niższych: bakterje, grzyby.

Pasorzytizm jest zjawiskiem, które może występować w różnych formach. Rozróżniamy jako najważniejsze: pasorzytizm zewnętrzny i wewnętrzny, stały i niestały. Pasorzytizm zewnętrzny ujawniają istoty, żyjące na innych; wewnętrzny—żyjące w innych istotach. W obu tych typach pasorzytizmu spotykamy ponadto bardzo liczne zróżnicowania, np. pasorzyty zewnętrzne kręgowców mogą być na skórze, na piórach, na włosach, a nawet tylko na pewnych okolicach ciała. U pasorzytów wewnętrznych zróżnicowanie występuje w stopniu jeszcze znaczniejszym. Znamy pasorzyty krwi (zarodek malarji), wątroby (motylca), mięśni (trychina), płuc, mózgu (pewne przywry, pewien gatunek tasiemca).

Pasorzytizm jest stały, jeśli dana istota pasorzytuje przez całe swe życie, np. tasiemiec, trychina; czasowy jest wówczas, gdy pasorzytem jest albo postać młodociana, albo przeciwnie, postać dorosła. Ten pierwszy przypadek jest znacznie pospolitszy. Zazwyczaj wówczas jajka są składane tak, że rozwijający się ustrój jest pasorzytem, a postać dorosła żyje wolno. Jako przykład

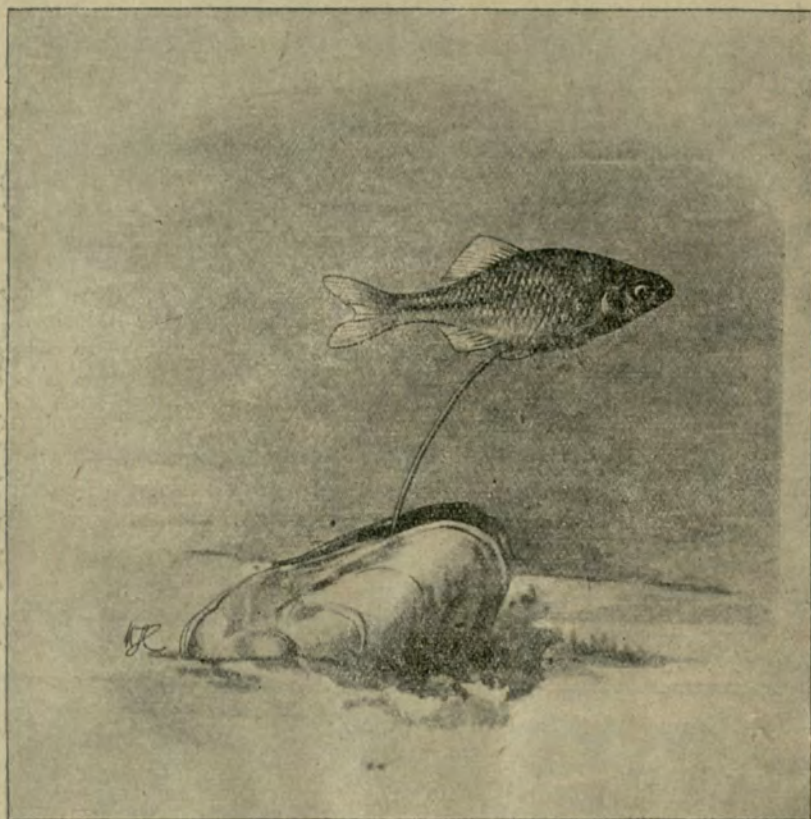


Rys. 96. Blonkówka *Encyrtus* w chwili przebijania pokładelkiem jajek motyla *Hyponomeuta* w celu złożenia do środka swych jajeczek.



Rys. 97. Blonkówka *Scolia*, obezwładniająca larwę chrząszcza zlatawca, w celu złożenia jajek.

można przytoczyć gąsieniczniki, składające jajka w jajka lub ciała innych owadów (rys. 96, 97), lub różankę (rys. 98), składającą jajka do wnętrza szczeżui. U gąsieniczników (rys. 99) występuje ponadto bardzo ciekawe zjawisko, polegające na tem, że owad przed złożeniem jajeczek obezwładnia gąsienicę, w którą jajeczka będą złożone, przebijając jej węzeł nerwowy i zapuszczając w to miejsce jad. Jest to zarazem przykład instynktu.



Rys. 98. Różanka (*Rhodeus*), składająca jajka do wnętrza ciała szczeżui.

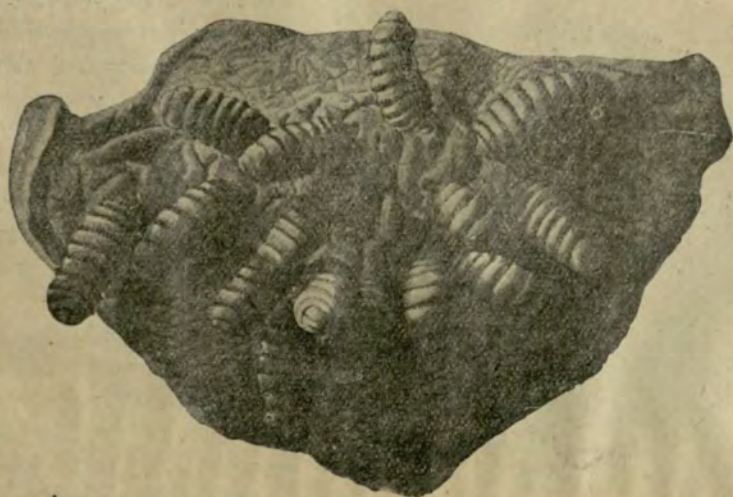
Jako również ciekawy przykład pasorzytyzmu może służyć rozwój owada dwuskrzydłego, t. zw. gza końskiego. Owad ten składa jajeczka na grzbiecie konia. Rozwijające się larwy, usiłując przegryźć skórę, wywołują swędzenie. Koń miejsce swędzące liże, albo chwytając zębami i w ten sposób do jamy gębowej dostają się małe gąsieniczki i jajeczka. Połknięte z pokarmem rozwijają się dalej w żołądku konia, wgrzyzając się w ścianki żołądka (rysunek 100). Dopiero po przeobrażeniu, odczepione od ścianki żołądka poczwarki zostają przez konia wraz z wydzielinami usunięte na zewnątrz i wtedy rozwijają się owady dorosłe.

Zazwyczaj w tych przypadkach, gdy pasożytem jest tylko postać młodociana, znaczna część życia zwierzęcia upływa jako postaci wolno żyjącej, znane są wszakże przykłady, gdy zwierzę tylko na krótki ostatni okres życia, dojrzałości płciowej i rozrodu, przestaje być pasorzytem. Przykładem takim jest robak *Gordius*, należący do obleńców, który rozwój odbywa w chrząszczach pływakowatych, a tylko w okresie rozmnażania wydostaje się do wody. Jakkolwiek pasorzytizm postaci młodocianych zaczyna się zazwyczaj od stadium jajeczka, to jednakże znane są i inne przykłady, kiedy młode

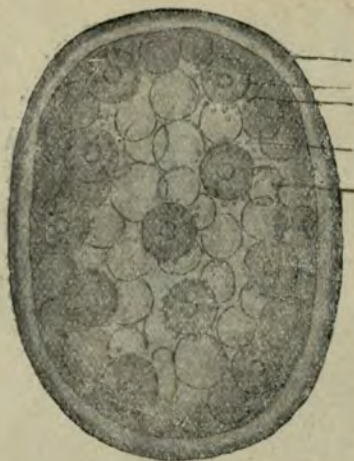


Rys. 99. Gąsienicznik *Rhyssa*, składający jajka do ciała gąsienicy, żyjącej pod korą.

postacie stają się pasorzytami już po wy-



Rys. 100. Gąsienice gza końskiego (*Gastrophilus*), przyczepione do ścian żołądka konia.

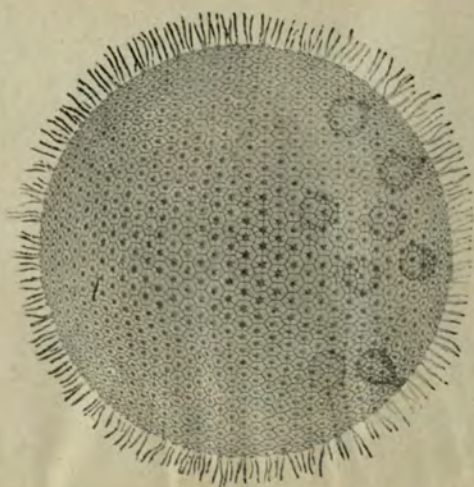


Rys. 101. Promienica kolonjalna (*Collozoum*).

jącego na człowieku lub w człowieku, dochodzi stu, przyczem bakterje nie zostały tu uwzględnione.

Wpływ pasorzytowania na organizację.

Paŝorzytyzm zawsze wywiera znaczny wpływ na organizację istoty pasorzytującej, przyczem wpływ ten jest tem większy, im bardziej zwierzę-pasorzyt jest na stałe związane ze swym gospodarzem. Wpływ pasorzytyzmu na organizację zwierzęcia ujawnia się w dwóch kierunkach. Polega on z jednej strony na uproszczeniu organizacji, wskutek zanikania zbędnych narządów



Rys. 102. Kolonjalny wiciowiec *Volvox aureus*.

lęgnięciu, tak np. młode pijawki przyczepiają się do skóry różnych zwierząt wodnych i przez pewien czas prowadzą życie pasorzytnicze.

Pasorzytyzm, istniejący tylko u dorosłych postaci, jest rzadszy. Jako przykład takiej formy pasorzytyzmu mogą służyć niektóre dwuskrzydłe—pehły, niektóre roztocze. Pasorzytyzm jest tak dalece rozpowszechniony w przyrodzie, że nawet pasorzyty mają swoich pasorzytów, znany zaś jest przykład pewnego gatunku robaka morskiego, w którym małeńki samiec jest przez całe życie pasorzytem, żyjącym w narządach wewnętrznych samicy. Jak obliczono, liczba gatunków zwierzęcych i roślinnych, pasorzytu-

jącego na człowieku lub w człowieku, dochodzi stu, przyczem bakterje nie zostały tu uwzględnione.

na organizację zwierzęcia ujawnia się w dwóch kierunkach. Polega on z jednej strony na uproszczeniu organizacji, wskutek zanikania zbędnych narządów w życiu pasorzyta, z drugiej na przystosowaniu się danego ustroju do nowych warunków życia.

Zanikanie narządów obejmuje przede wszystkim narządy lokomocyjne i zmysłowe, w związku z zanikiem narządów zmysłowych następuje znaczne zredukowanie systemu nerwowego. Przystosowanie pasorzyta do jego życia pociąga zwykle za sobą znaczny rozwój narządów czepnych (przyssawki, pazurki, haki), oraz wzmocnienie produkcji elementów rozrodczych.

Jak już była o tem mowa, pasorzyty produkują największą pośród zwierząt ilość jajeczek.

Uproszczenie organizacji pasorzyta, spowodowane jego życiem, jest bardzo często zupełnie podobne u przedstawicieli, należących do różnych typów. Taka zbieżność postaci, czyli t. zw. konwergencja, jest oczywiście wynikiem działania jednakowych warunków.

Zmiany w organizacji zwierzęcia, powstałe na skutek pasorzytowania, są nieraz tak znaczne, że tylko zbadanie rozwoju danego gatunku może ustalić jego przynależność systematyczną. Jako przykład może być przytoczona worecznica (*Sacculina*) rys. 73, jest to skorupiak, należący do wąsonogich. Można to poznać jednakże tylko, badając larwę (rys. 72). Postać dorosła, jak widać, zatraciła całkowicie znamiona, właściwe tej gromadzie skorupiaków.

Zjawiska znacznej zmiany ustrojów pod wpływem pasorzytnictwa stanowią pewną analogję ze zjawiskami życia osiadłego. I w jednym, i w drugim przypadku zmiany wyrażają się w uproszczeniu organizacji, czemu towarzyszy często zmiana w wyglądzie zewnętrznym. Wskazują na to podane przykłady kaczonic, osiadłych osłonice i in.

Opisane formy współżycia odnoszą się do jednostek; jest to współżycie indywidualne. W przyrodzie

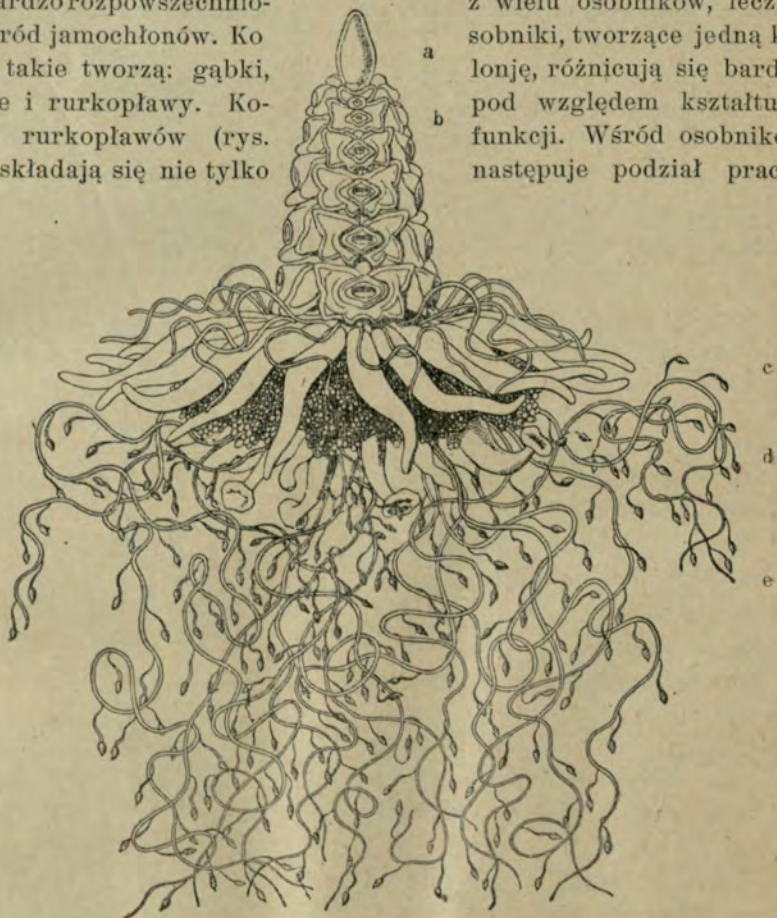
spotykamy ponadto inną postać współżycia jednych istot z drugimi. Ten rodzaj współżycia nazywamy zbiorowiskami, a w pewnych przypadkach społeczeństwami lub nawet państwami zwierzęcymi. Powszechnie znane są t. zw. zbiorowiska lub państwa pszczół, os, mrówek, termitów.



Rys. 103. Wirczyk kolonjalny *Carcchesium polypinum*.

Przykłady ściślejszego współżycia wielu osobników, należących do tego samego gatunku, odnaleźć można już u pierwotniaków w postaci gatunków, żyjących kolonjalnie.

Do takich należą niektóre korzenionózki, jak promienice (rys. 101), wiciowce, jak toczek (*Volvox*) (rys. 102). Między wymoczkami kolonjalnie żyje jeden wirczyk (*Carchesium*) (rys. 103). Życie kolonjalne jest bardzo rozpowszechnione wśród jamochłonów. Kolonie takie tworzą: gąbki, korale i rurkopławy. Kolonie rurkopławów (rys. 104) składają się nie tylko



Rys. 104. Rurkopław kolonjalny (*Siphonophora*).

czyli to samo zjawisko, które powoduje, że zespół pszczół nazywamy państwem.

W skład kolonii rurkopławów wchodzi różne osobniki. Jeden, położony najwyżej (a), przybiera postać pęcherza, wypełnionego powietrzem, które może być wciągane, albo wypychane nazewnątrz, wskutek czego cała kolonia pływa na powierzchni morza, albo też zanurza się w głąb. Osobniki, położone cokolwiek niżej (b), są to t. zw. dzwony pławne, dzięki którym cała kolonia pływa, t. j. posuwa się, wskutek urządzenia podobnego, jak u meduzy.

Jeszcze niżej widzimy inne rodzaje osobników. Jedne palczaste, zakończone cienko (c), stanowią czułki; drugie, rozszerzone na końcu i zaopatrzone w otwór, prowadzący do wnętrza (d), są to osobniki, pobierające pokarm. Ponieważ jama chłono-trawiąca rozgałęzia się w ciele wszystkich osobników, tworzących kolonję, więc, wskutek tego wszystkie zostają odżywione. Poniżej pęk drobnych nitki, zakończonych zgrubieniami, podobnymi do pączków (e), stanowią osobniki, przekształcone w parzydełka, które są dla kolonji narządem zaczepno-obronnym. Ponadto w postaci jakgdyby skupienia ziarenek istnieją osobniki, przekształcone w gonady, produkujące jajeczka i plemniki, rurkopławy bowiem rozmnażają się drogą płciową.

U wyższych bezkręgowców i u kręgowców spotykamy zespoły osobników jednego gatunku o różnym charakterze. W jednych przypadkach związek między osobnikami jest luźny, jak np. u świstaków, albo tylko okresowy, jak np. u wilków, zbierających się w stadach w zimie i polujących razem, w innych zaś związek ten ujawnia się podobnie, jak u opisanego rurkopława, to znaczy jest trwały, doprowadza do ścisłego podziału pracy i zmian w organizacji na skutek tego podziału. Tak jest w t. zw. państwach różnych owadów. Wobec powyższych faktów, z których wynika, że mrowisko czy ul jest tylko zespołem osobników, zróżnicowanych pod względem podziału pracy i obdarzonych złożonymi instynktami, nazwy, nadawane bądź zespołowi, jako całości, np. państwo lub królestwo, bądź poszczególnym osobnikom, np. królowa, żołnierz, robotnica, okazują się niesłuszne i nieuzasadnione. Nie mają one i nie mogą mieć tego znaczenia, jakie im nadajemy w społeczeństwie ludzkim.

XIX. CO TO JEST GATUNEK. PODSTAWY WSPÓŁCZESNEJ SYSTEMATYKI.

Podstawą wszelkiej wiedzy o roślinach i zwierzętach jest ścisłe i dokładne oznaczenie i nazwanie badanego indywiduum. Wówczas tylko możliwe jest porozumiewanie się wzajemnie ludzi o opisywanych przez nich organizmach, jeśli te organizmy posiadają określoną nazwę, powszechnie w nauce znaną i przyjętą. Ponieważ na ziemi żyje wiele milionów form organicznych, przeto od najdawniejszych czasów człowiek nie tylko nazywał otaczające go rośliny i zwierzęta, lecz również, ulegając przyrodzonej umysłowi ludzkiemu potrzebie porządkowania, łączył podobne do siebie istoty w pewne pojęciowe skupienia, którym nadawał nazwy zbiorowe. Powstały więc nazwy, nadawane poszczególnym istotom, np.: orzeł, kruk, lew i t. p. i nazwy zbiorowe dla istot podobnych, np.: ryby, ptaki. Stan taki trwał przez długie wieki, aż do czasów wielkiego rozkwitu nauk przyrodniczych w czasach nowożytnych. Okazało się wówczas, że w nazywaniu roślin i zwierząt panuje zupełny chaos.

Poznawane liczne już naówczas rośliny i zwierzęta krajów egzotycznych były nazywane różnemi imionami i bardzo często się zdarzało, że jedna postać posiadała kilka różnych nazw, albo też przeciwnie, kilka różnych postaci miały tę samą nazwę.

Wówczas to (w. XVIII), wielki przyrodnik szwedzki **Linneusz**. Linneusz dokonał olbrzymiej pracy: opisał on i pona-
zywał ściśle wszelkie znane za jego czasów rośliny i zwierzęta. Obecnie tę część nauk biologicznych, która zajmuje się porządkowa-
aniem roślin i zwierząt, nazywamy systematyką.

Badając jakąkolwiek systematykę, bądź zoologiczną, bądź bota-
niczną, spotykamy szereg nazw, służących do oznaczania pewnych
form organicznych, jako to: gatunek, rodzina, rząd i inne.

Zadaniem naszym będzie zbadać, co te nazwy znaczą i czemu
odpowiadają w przyrodzie. Podstawową jednostką w systematyce
zarówno zoologicznej, jak i botanicznej jest gatunek (species). Ter-
min ten wprowadził już do nauki anglik Ray w w. XVII, lecz ugrun-
tował go dopiero Linneusz. Według jego określenia,

Określenie do jednego gatunku należą osobniki, tak do siebie po-
gatunku. dobne, jak dzieci do swych rodziców. Znaczy to, że
wszystkie osobniki, wykazujące tak wielką sumę podobieństw, iż
żadnych różnic między nimi nie wykrywamy (z wyjątkiem wystę-
pującego u różnych form dymorfizmu płciowego lub sezonowego),
należą do tego samego gatunku. Linneuszowska definicja ga-
tunku została obecnie uzupełniona w taki sposób, że: do jednego
gatunku zaliczamy osobniki o podanych już cechach, t. zn. osobni-
ki o pewnej sumie cech morfologicznych, które ponadto posiadają
jednakowe cechy biologiczne, łącząc się ze sobą, wydają w nastę-
pnych pokoleniach osobniki o takich samych cechach morfologicznych
i biologicznych, różnią się wyraźnie temi cechami od wszystkich in-
nych osobników, nie wykazując form przejściowych, wreszcie posia-
dają określony obszar rozmieszczenia na ziemi. Według tego poj-
mowania zatem cały świat zwierzęcy i roślinny składa się z osob-
ników, które albo odpowiadają powyższym warunkom i wtedy stan-
owią jeden gatunek, albo też, w razie przeciwnym tworzą jakieś
gatunki odmienne.

Inaczej, możnaby myśl powyższą wyrazić w sposób następujący.
W otaczającej nas przyrodzie żyją miliony osobników. Osobniki
o powyżej określonych cechach stanowią gatunki. Wszakże we
wszelkiej systematyce pojęcie gatunku nie jest wystarczającym. Jak
wiadomo, używamy ponadto innych jeszcze pojęć. Pojęcia te zostały
wprowadzone do nauki, jako pojęcia abstrakcyjne, niezbędne dla
uporządkowania świata istot żywych. Są one abstrakcyjne, to zna-
czy, że nie odpowiada im w przyrodzie nic realnego. W przy-

Wyższe jednostki systematyczne.

rodzie niema rodzajów, rodzin, rzędów—są tylko osobniki, tworzące gatunki. Zasada, zastosowana do utworzenia jednostek wyższego rzędu, niż gatunek, jest następująca. Podobne gatunki łączymy w rodzaje (genus), podobne rodzaje—w rodziny (familia), podobne rodziny—w rzędy (ordo), podobne rzędy—w gromady (classis), podobne gromady—w typy (phylum).

Bardzo często się zdarza, że te jednostki nie wystarczają w systematyce i wówczas dla ściślejszego wyrażenia wzajemnych stosunków używamy jeszcze nazw i pojęć takich, jak podrząd, podrodzaj, a także nazw specjalnych, jak np.: sekcja, tryb i in. Ponieważ i w obrębie jednego gatunku znamy formy, wykazujące pewne różnice, przeto i tu wyróżniamy kilka jednostek systematycznych, niższych; z nich najważniejsze są: podgatunek, dla oznaczenia form odmiennych w różnych krainach geograficznych, obszar, zajmowanego przez dany gatunek; oraz aberacja, dla oznaczenia odchyleń pewnych osobników od formy gatunkowej, np. wskutek działania klimatu, pożywienia lub t. p.

Co dotyczy sposobu nazywania zwierząt i roślin, to od czasów Linneusza utrzymuje się w nauce t. zw. nomenklatura binominalna, czyli podwójna lub dwumienna. Każde zwierzę, czy roślina otrzymały albo otrzymują dwie nazwy. Jedna jest to nazwa rodzajowa; druga, która przeważnie stanowi określenie w stosunku do pierwszej, jest nazwą gatunkową.

W nazwie gatunkowej bardzo często jest uwidoczna jakaś cecha tego gatunku. Dlatego też tak często niektóre nazwy gatunkowe się powtarzają, np.: maior, viridis, griseus, vulgaris, cristatus i t. p. Nazwa rodzajowa jest imieniem własnym i takiej samej żaden inny rodzaj nie posiada. Za nazwą gatunkową umieszcza się zawsze w tych przypadkach, gdzie musi być zachowana ścisłość, inicjały uczonego, który pierwszy dany gatunek opisał i nazwał. Litera „L” oznacza, że gatunek jest opisany przez Linneusza, np. *Canis familiaris* L.

Więc np. nazwa naukowa naszego najpospolitszego owada będzie: mucha domowa (*Musca domestica*). Nazwa mucha będzie rodzajową, domowa—gatunkową. Gatunek (mucha domowa) jest zawsze jeden, rodzaj może się składać z jednego, kilku, a nawet kilkudziesięciu gatunków, więc np. rodzaj mysz posiada w naszym kraju gatunki: m. domowa, m. leśna, m. polna, m. badyłarka.

W języku naukowym gatunek musi być nazwany dwoma wyrazami, np.: bocian biały, rzekotka drzewna, pies lis, jaszczurka zwinka, albowiem jeden wyraz oznacza tylko nazwę rodzaju, np. wróbel jest to rodzaj, a gatunki: wróbel domowy, w. leśny. W języku potocznym stale używamy tylko jednej nazwy, najczęściej tylko rodzajowej, np.: bocian, rzekotka, wróbel, ale czasem tylko gatunkowej, np.: lis, zwinka.

Z określenia gatunku wynika, że nie zawiera ono żadnych zastrzeżeń ani co do ilości osobników, jakie go tworzą, ani co do miejsca na kuli ziemskiej, jakie te osobniki zajmują. Istotnie, pod tym względem nauka zna gatunki bardzo różne. Są takie, które mają bardzo nielicznych przedstawicieli, np.:łoś (*Cervus alces*), albo

bocian czarny (*Ciconia nigra*), są inne, które liczą miliony osobników, np.: wróbel domowy (*Passer domesticus*), pszczoła miodonośna (*Apis mellifica*), szczur wędrowny (*Mus decumanus*) i wiele innych. Tak samo rozmieszczenie gatunku może być rozmaite. Są gatunki, które żyją na bardzo znacznych obszarach ziemi, czyli są one o dużym rozmieszczeniu geograficznym, np.: nietoperze, myszy, są inne gatunki, zajmujące stosunkowo obszar niewielki, np. kolibry. Określenie (czyli definicja) gatunku nie jest zupełnie ścisłe i pojęcie gatunku należy do tych pojęć w nauce, które nie zostały dotychczas ustalone ostatecznie i wyrażone w formie nie nasuwającej żadnych niejasności. To też zakres pojęcia gatunku zmienia się wraz ze zmianą naszych poglądów na ustrój zwierzęcy i roślinny. Ponieważ gatunek jest zasadniczą jednostką systematyczną, więc wraz z jego zmianą dokonywają się zmiany w całym systemie. Wszelkie zaś zmiany w systematyce wynikają z tego, że podstawy jej ulegają przekształceniom, zależnym od stanu naszej wiedzy o przyrodzie.

Znaczenie anatomji i embriologii dla systematyki.

Jako najbardziej charakterystyczne przykłady, dla zilustrowania powyższego można przytoczyć osłonice. Osłonice (*Tunicata*) były znane oddawna, lecz badacze, opierając się na ich budowie, zaliczali je do zwierząt niższych. Gdy jednakże badania wykryły, że osłonice w stanie larwalnym posiadają strunę grzbietową, która istnieje u lancetnika i u zarodków wszystkich bez wyjątku kręgowców, wówczas dopiero okazało się, że osłonice wskutek obecności tej cechy są najbardziej podobne, stoją najbliższej kręgowców i z nimi razem winny być połączone w jeden typ: strunowców.

Tak samo tylko zbadanie rozwoju i poznanie form larwalnych pozwoliło na właściwe umieszczenie w systemie takich postaci, jak *Saculina* lub kaczonica. Poznanie budowy wewnętrznej wykazało, że zwierzęta, które niegdyś nazywano zwierzkorzewami, różnią się od siebie bardzo znacznie i stanowią tak odrębne typy, jak jamochłony i szkarłupnie.

Zagadnienie, czym jest gatunek i trudność rozstrzygnięcia tego zagadnienia sprowadza się do kwestji, co należy rozumieć przez pojęcie: podobny, a więc podobny gatunek, rodzaj, rząd i t. d.

W czasach powstawania pierwszych systemów zoologicznych i botanicznych, t. j. w czasach Linneusza, opierano się przede wszystkim na podobieństwach zewnętrznych, czyli za podstawę w rozpoznawaniu służyły cechy zewnętrzne. Wówczas bowiem i Linneuszowi, i jego następcom chodziło tylko o dobre odróżnianie form organicznych, a do tego celu cechy zewnętrzne najlepiej się nadają. I dziś jeszcze bardzo często się zdarza, że t. zw. klucze, albo określacze do zwierząt i roślin układane są na podstawie wyróżniania i przeciwstawiania sobie cech zewnętrznych, jako najłatwiej dostrzegalnych. Jeśli podzielić rośliny np. według ilości płatków w koronie, czy też pręcików i słupków, to najłatwiej według znanej ilości tych elementów

Systemy sztuczne i naturalne.

daną roślinę w odpowiednio ułożonym spisie, czyli kluczu odszukać. Podział taki, jakkolwiek może być bardzo dogodny w użyciu, jest jednakże z natury swej sztuczny i odpowiadałby np. podziałowi książek w bibliotece na podstawie koloru ich okładek. Nie ulega wątpliwości, że np. kolor okładki w książce najłatwiej daje się rozpoznać i według tej cechy, najlepiej widocznej, najłatwiej książkę w zbiorze odszukać, wszakże cecha taka jest w zupełności zewnętrzna i nie świadczy o istocie książki, t. j. o jej treści.

Gdy w nauce ustalili się poglądy, że w gruncie rzeczy wszelki podział nie może być naturalny, albowiem w przyrodzie niema rodzin, rzędów i t. d., tylko gatunki, złożone z licznych osobników, wówczas zaczęło się dążenie w tym kierunku, aby wszelki podział, z natury swej sztuczny, uczynić, o ile to możliwe, naturalnym, to znaczy oprzeć na największej sumie podobieństw. Oprócz bowiem podobieństwa zewnętrznego, postaci, może istnieć podobieństwo budowy wewnętrznej, rozwoju i form rozwojowych; życia, czyli ekologii, najbliższych postaci kopalnych, czyli wymarłych, wreszcie obszaru rozmieszczenia geograficznego. Obecnie więc, jeśli powiadamy, że dwa dane gatunki, czy rodzaje są do siebie podobne, to tem stwierdzamy, że posiadają one w stopniu dostatecznym podobieństwo: postaci zewnętrznej, budowy wewnętrznej, rozwoju i t. d.

Ponieważ nasza znajomość form organicznych powiększa się i nieustannie wzbogaca w nowe dane, przeto współczesna systematyka, jako nauka oparta na danych wielu innych nauk, przede wszystkim morfologicznych, czyli nauk o postaci ustroju, jest nauką syntetyczną i stanowi wyraz stanu wiedzy ludzkiej o istotach żywych w danej epoce.

Historja wskazuje, jak znacznie zmieniły się systemy zoologiczne i botaniczne od czasu powstania pierwszych; te systemy, jakie utrzymują się obecnie w nauce, również nie będą z pewnością ostateczne, podlegając przekształceniom w miarę rozwoju wiedzy. Wziąwszy za przykład zwierzęta, możemy się przekonać o przemianach, jakie zachodziły w nauce w poglądach na podobieństwo zwierząt, zależnie od ich wszechstronnego poznawania.

Pierwszy system zoologiczny zostawił w nauce Arystoteles¹⁾. Podzielił on wszystkie zwierzęta na dwa „wielkie rodzaje” (gene megalá). Pierwszy to zwierzęta doskonałe, czyli posiadające krew, drugi — to niedoskonałe, czyli bezkrwiste. Trzeba pamiętać, że Arystoteles i starożytni uważali, iż krew może być tylko czerwona; jak wiadomo, większość bezkręgowców posiada krew bezbarwną, albo inaczej zabarwioną.

Podział Arystotelesa.

¹⁾ Patrz rozdz. XXII.

Do posiadających krew Arystoteles zaliczył:

- 1) Czworonogi żyworodne (ssaki)
- 2) Ptaki
- 3) Czworonogi jajorodne (gady i płazy)
- 4) Ryby.

Do bezkrwistych:

- 1) Malakia (głownogi)
- 2) Malakostraca (wyższe skorupiaki)
- 3) Entoma (owady, wije, pajęczaki, pierścienice)
- 4) Ostracodermata (brzuchonogi, małże, szkarłupnie, meduzy i gąbki).

Podział Arystotelesa, jakkolwiek, oczywiście, nie może odpowiadać dzisiejszemu stanowi wiedzy, jest bardzo charakterystycznym przykładem wartości różnych cech. Tam, gdzie Arystoteles jako podstawę podziału przyjął nie tylko cechy zewnętrzne, lecz i cechy budowy wewnętrznej i rozwoju, obecność czerwonej krwi, sposób rozmnażania (żyworodne, jajorodne), tam podział jego jest słuszny — i prawie bez zmian utrzymał się w nauce. Jest to przeciwstawienie „posiadających krew” (czyli obecnie t. zw. kręgowców) wszystkim innym zwierzętom i podział tychże. Tam, gdzie Arystoteles oparł się tylko na cechach zewnętrznych, podział jego zupełnie nie odpowiada poglądom współczesnym.

**Podział
Linneusza.**

Nie mniejszy błąd ze stanowiska współczesnej nauki popełnił Linneusz. System jego jest oparty tylko na cechach zewnętrznych. Podzielił on wszystkie zwierzęta na następujące gromady:

- | | |
|----------|------------|
| 1) Ssaki | 4) Ryby |
| 2) Ptaki | 5) Owady |
| 3) Gady | 6) Robaki. |

System Linneusza, sztuczny, stoi pod względem naukowym niżej, niż system Arystotelesa, jakkolwiek jest późniejszy o 2000 lat. Linneusz nie wyraził w swym systemie różnicy między kręgowcami a bezkręgowcami i dlatego podzielił wszystkie zwierzęta na sześć gromad równorzędnych. Ponadto, jakkolwiek podział Arystotelesa zwierząt „niedoskonałych” (bezkregowych) jest błędny, to jednak wyróżnił on wśród tych zwierząt cztery grupy. Linneusz zaś wszystkie bezkręgowce zaliczył albo do owadów, albo do robaków.

Trzeba pamiętać, że za czasów Linneusza do owadów, prócz owadów właściwych, zaliczano: wije, niektóre pajęczaki i niektóre pierścienice.

Klasycznym przykładem, jak bardzo poznawanie cech budowy wewnętrznej wpływało na zmianę w poglądach na wzajemne pod-

bieństwa w świecie zwierzęcym, czyli na systematykę, są systemy zoologiczne uczonego francuskiego, Lamarcka.

Podział Lamarcka. Pierwszy system zoologiczny Lamarcka (w r. 1794) w stosunku do bezkręgowych był następujący:

- | | | |
|-------------|----------------|------------|
| 1) Mięczaki | 3) Robaki | 5) Polipy. |
| 2) Owady | 4) Szkarłupnie | |

W kilkanaście lat później (w r. 1809) uczony ten po raz pierwszy w systemie zwierząt bezkręgowych umieścił „wymoczki” i w miarę dokładniejszego poznania organizacji zwierząt bezkręgowych, podzielił je na 10 gromad:

- | | |
|----------------|-----------------|
| 1) Wymoczki | 6) Pajęczaki |
| 2) Polipy | 7) Skorupiaki |
| 3) Szkarłupnie | 8) Pierścienice |
| 4) Robaki | 9) Wąsonogi |
| 5) Owady | 10) Mięczaki. |

Systematyka współczesna, usiłując podział uczynić jak najbardziej naturalnym, to znaczy opartym na największej sumie podobieństw, wielokrotnie dokonywała rewizji swych poglądów. Obecnie dzielimy świat zwierzęcy, czyli królestwo zwierząt, na dwa podkrólestwa (subregnum): pierwotniaki, czyli jednokomórkowce i wielokomórkowce, czyli tkankowce (por. rozdz. V). Pierwotniaki stanowią wszystkie jeden tylko typ. Tkankowce dzielimy na szereg typów, przyczem przeciwstawiamy wszystkim pozostałym zwierzętom kręgowce, tamte nazywając bezkręgowcami.

Bezkręgowce dzielimy na typy następujące: pierwotniaki, jamochłony, robaki, pierścienice, stawonogi, mięczaki, czułkowce, jelitodyszne, szkarłupnie, szczecioszczękie, osłonice, beczaszki, kręgowce (trzy ostatnie stanowią wspólnie strunowce).

W myśl dzisiejszych naszych poglądów należy jako większą jednostkę uważać nie kręgowce, lecz strunowce (o, czem wyżej); używanie nazwy kręgowiec jest już do pewnego stopnia anachronizmem, utrzymującym się w nauce dla wygody.

Współczesna systematyka różni się zasadniczo od systematyki czasów Linneusza. Wnikając wszechstronnie w organizację zwierzęcia i rośliny, szukając istotnych podobieństw, ma ona zupełnie inne cele, niż w w. XVIII. Ówczesni systematycy, powodowani koniecznością uporządkowania roślin i zwierząt, traktowali systematykę, jako środek do orjentowania się w olbrzymim świecie form organicznych. Sądziłi oni, że wystarcza raz ponazywać zwierzęta i rośliny, aby mieć już na zawsze ład i porządek zapewniony.

**Systematyka
współczesna.**

Systematyk dzisiejszy rozumie, że, nadając niezna-nej roślinie czy zwierzęciu nazwę, czyli, stwarzając nowy gatunek, tem samem wyznacza danej istocie miejsce w systemie, czyli orzeka o całej sumie cech danej istoty żywej.

Ta różnica w poglądach na wartość i znaczenie systematyki polega na zasadniczej różnicy w poglądach na ustrój przyrody.

Linneusz i jego następcy uważali, że rośliny i zwierzęta są niezienne, że ilość gatunków, żyjących na ziemi, jest zawsze stała, nauka współczesna zaś stoi obecnie na odmiennem stanowisku, posiadając bardzo liczne dowody zmienności ustrojów.

Badania zmienności ustrojów doprowadziły w swych konsekwencjach do nadzwyczaj ważnego zapatrywania, że wykrywane między ustrojami podobieństwa są wyrazem ich wzajemnego pokrewieństwa, które jest rezultatem wspólnego pochodzenia. I dlatego współczesna systematyka opiera się na stosunkach pokrewieństwa między formami organicznymi. Nie zmienia się ona w tych przypadkach, gdy te stosunki są już dokładnie zbadane, natomiast podlega przekształceniom wtedy, gdy zmieniają się poglądy nauki na wzajemne stosunki różnych grup wśród roślin lub zwierząt.

XX. ZMIENNOŚĆ GATUNKÓW. EWOLUCJONIZM.

Jedno z największych zagadnień biologji jest to zagadnienie, w jaki sposób powstał świat organiczny, to znaczy, jak powstały na ziemi żyjące na niej miliony gatunków roślinnych i zwierzęcych. Zagadnienie to, interesujące umysł ludzki od najdawniejszych czasów, dopiero w XIX stuleciu zostało w sposób naukowy badane i doprowadziło uczonych do utworzenia teoryj, któreby je wyjaśniały.

Przez długie wieki człowiek wierzył w samoródtwo (por. rozdział II). Teorja samorodnego powstawania organizmów przetrwała, jak wiemy, aż do połowy wieku XIX, aby upaść ostatecznie dopiero na skutek prac Państw'a i jego współczesnych. Wiemy już, że nauka dzisiejsza nie umie odpowiedzieć na pytanie, jak powstało życie na ziemi, wobec braku jakiegokolwiek konkretnych danych w tej kwestji, natomiast sprawa, w jaki sposób powstawały, czyli rozwijały się formy organiczne, które obecnie znajdują się na ziemi, zdaje się być rozstrzygnięta, przynajmniej w najistotniejszych punktach.

Aż do początku wieku XIX badacze przyrody z Linneuszem na czele, opisując rośliny i zwierzęta, czynili to w przeświadczeniu, że formy świata organicznego są stałe i niezienne. Dopiero w wieku XIX powstały w nauce inne poglądy. W naukach biologicznych zapanował ewolucjonizm i powstały liczne teorje, znane w nauce, ja-

ko teorii descendencji, czyli pochodzenia świata organicznego, zwane też teorjami ewolucji lub rozwoju.

U nas, w Polsce, bardzo często teorią ewolucyjną nazywa się teorią Darwina, co nie jest słuszne, gdyż Darwin jest twórcą tylko jednej teorii.

Ewolucjonizm, ewolucja i teoria ewolucji. Ewolucjonizm jest to pogląd na ustrój przyrody, orzekający, że gatunki, występujące w przyrodzie, są zmienne i pod wpływem różnych czynników podlegały i podlegają przemianom. Pogląd ten opiera się na licznych, zgromadzonych przez naukę faktach. Ewolucjonizm zatem przyjmuje, że w przyrodzie istnieje zmienność i rozwój form organicznych, czyli ewolucja. Przyjmując to założenie, należy wyjaśnić sobie, w jaki sposób ta ewolucja w przyrodzie się dokonywa.

Wyjaśnieniem ewolucji, a uzasadnieniem ewolucjonizmu zajmują się teorie ewolucyjne. Mają one za zadanie wyjaśnić zebrane przez naukę, a dowodzące istnienia ewolucji fakty.

Aby móc ocenić wartość ewolucjonizmu i zrozumieć myśli przewodnie teorii ewolucyjnych, trzeba znać dowody, na których się one opierają.

Obecnie nauka zna ogromnie wiele takich dowodów z każdej dziedziny wiedzy o przyrodzie. Rozpatrzmy niektóre z tych faktów, dzieląc je na kilka grup:

- I. Dane biometryczne
- II. „ systematyczne
- III. „ z zakresu anatomji porównawczej i embriologii
- IV. „ z dziedziny fizjologii
- V. „ z paleontologii
- VI. „ zoogeograficzne.

Dane, przemawiające za istnieniem descendencji, czyli ewolucji, można równie dobrze uzyskać, badając świat roślinny, jak i zwierzęcy. To też nie należy sądzić, że przytoczone w tej książce, a wzięte ze świata zwierzęcego przykłady są jedyne. Oparcie poglądów ewolucyjnych na materiale zoologicznym zostało zrobione tylko ze względów praktycznych. Zwierzęta są lepiej znane każdemu i przykłady z tej dziedziny są wskutek tego bardziej zrozumiałe i pouczające.

I. Dane biometryczne zmienności ustrojów.

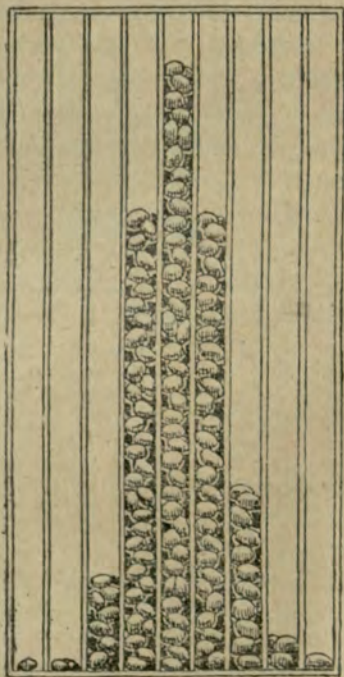
Dane biometryczne. Zmienność form organicznych jest faktem powszechnie znanym. W całej przyrodzie niema dwóch zwierząt, ani dwóch roślin całkowicie identycznych. Jakikolwiek cechy rośliny czy zwierzęcia weźmiemy pod uwagę, zawsze znajdziemy w tych cechach pewne ilościowe różnice; czy to będą liście z drzewa jednego gatunku, czy nasiona, czy różki owadów, czy cokolwiek bądź inne. Dokładniejsze badania, przeprowadzone na olbrzymim materiale roślinnym i zwierzęcym, wykazują tę zmienność bardzo

wyraźnie. Jeśli dla przykładu weźmiemy kilkaset nasion tego samego gatunku rośliny, np. bobu, i zmierzmy ich długość, to okaże się, że długość tych nasion będzie się wahała w następujących granicach:

długość nasion w mm. 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16.

Jeśli teraz w drugim szeregu napiszemy liczbę nasion o danych kolejno długościach, to w powyższym przykładzie, gdzie wzięto nasiona do doświadczenia 448, otrzymamy takie liczby:

1, 2, 23, 108, 167, 106, 33, 7, 1.



Rys. 105. Ilustracja prawa Quetelet'a.

Wynika z tego, że średnią długość 12 mm. posiada największa liczba nasion. Fakt ten powtarza się we wszystkich badanych przypadkach i uzyskał miano prawa Quetelet'a.

Prawo to można zilustrować odpowiednim rysunkiem (rys. 105). Weźmy naczynie, odpowiednio podzielone na tyle wąskich komór, ile jest różnych długości ziarna bobu w danym przykładzie i włożmy do każdej komory ziarna jednakowej długości, w porządku takim, jak w powyższym szeregu.

Połączywszy linią punkty wysokości, do których są zapełnione komory, otrzymamy pewną linię łamaną, t. zw. krzywą Quetelet'a. Krzywa ta będzie w sposób graficzny wyrażała zasadnicze prawo zmienności.

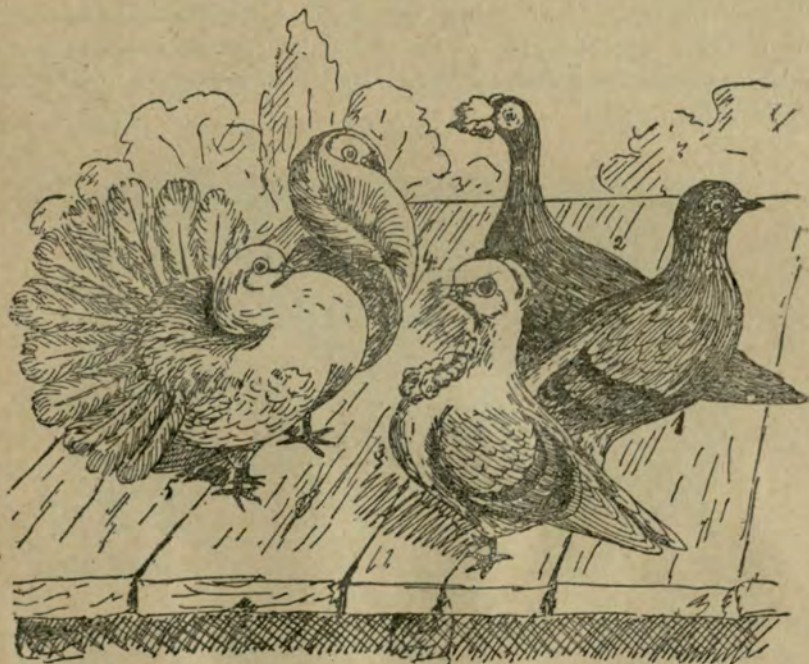
Krzywa Quetelet'a posiada jedną ważną cechę: jest krzywą jednowierzchołkową. Cecha ta istnieje jednakże wtedy tylko, gdy do badań zostały wzięte cechy osobników jednego gatunku, który nie wykazuje większej zmienności ponad zwykłą, właściwą wszystkim gatunkom. Zdarza-

ło się wszakże i zdarza, że jakaś badana cecha nie stosuje się do prawa Quetelet'a, posiadając dwa lub więcej wierzchołków. Zjawisko takie należy rozumieć, że w obrębie danego gatunku istnieją dwie grupy lub więcej osobników, które to grupy, jako całości, różnią się nieco od siebie, tworząc jakgdyby zaczątek nowych jednostek systematycznych, np. podgatunków. Badanie zmienności w obrębie jednego gatunku doprowadza zatem do przypuszczenia, że rezultatem tej zmienności może być powstawanie nowych jednostek systematycznych z jednego wspólnego pnia, a zatem i ich wzajemnego pokrewieństwa, wobec pochodzenia od wspólnych przodków.

W danym przypadku rzecz się sprowadza do pokrewieństwa ras i ich pochodzenia od jednego gatunku, lecz w konsekwencji doprowadza to do przypuszczenia, że istnieje pokrewieństwo między przedstawicielami bardziej od siebie oddalonych w systemie jednostek. Ponieważ opisana metoda badań, t. zw. biometryczna, bardzo często doprowadziła do wykrycia takich nowych jednostek, przeto jest ona bardzo często stosowana.

Zagadnienie
ras, czyli od-
mian.

Innym, bardzo przekonywającym dowodem zmienności ustrojów są t. zw. rasy, czyli odmiany zwierząt i roślin, znane w hodowli.



Rys. 106. Różne rasy gołębi, pochodzące od europejskiego gołębia skalnego.

Jednostki te, powszechnie znane, powstawały w różnych czasach. Jedne z nich istnieją na ziemi zapewne tysiące lat, inne powstały w czasach historycznych i człowiek zna już dokładnie ich dzieje, jeszcze inne wreszcie powstają w naszych czasach.

Każdy zna różne rasy bydła, koni, owiec, ptactwa domowego, psów, kotów, królików, a tak samo różnych zbóż, drzew owocowych, kwiatów i t. d. Niektóre gatunki, np. róż, wytworzyły przeciw tysiące odmian.

Jeśli nawet nie brać pod uwagę takich ras, których przodkowie nie są dokładnie znani, to znaczy należą do jednego lub może więcej gatunków, to jednak wystarczy rozpatrzyć rasy, pochodzące od

jednego gatunku, aby się przekonać dowodnie, jak wielka może być zmienność gatunkowa. Dość popatrzeć na różne rasy gołębi (rysunek 106), które niewątpliwie pochodzą od jednego gatunku gołębia skalnego, żyjącego do dziś w stanie dzikim, wszędzie na skałach Europy południowej. Tak samo, jeśli kto kiedykolwiek miał sposobność widzieć różne rasy królików, ten wie, jak znacznie różnią się one od swego przodka, dzikiego królika, zamieszkującego całą południową i zachodnią Europę, a częściowo również i zachodnią Polskę. Różnice wśród gołębi są tak wielkie, że dotyczą już nie tylko cech zewnętrznych i wyglądu zewnętrznego, lecz również i takich cech budowy wewnętrznej, jak ilość piór w skrzydłach i w ogonie, a nawet ilość kręgów. Jeszcze bardziej zdumiewającego przykładu zmienności gatunkowej, widocznej u różnych ras, dostarczają rasy psa domowego.



Rys. 107. Dziobak paradoksalny, czyli kaczy (*Ornithorhynchus paradoxus s. anatinus*).

Różne rasy psie pochodzą od kilku gatunków dzikich, odmiennych w różnych częściach świata, jednak możność krzyżowania się zupełnego wszystkich ras między sobą i dawania płodnych mieszańców, dowodzi, że gatunki te musiały być bardzo bliskie sobie.

Każdemu znane dogi, charty, różne wyżły, ogary, psy bernardy, jamniki, mopsy, pinczery, tak znacznie się różnią między sobą, że nieraz raczej do innego dzikiego gatunku z rodzaju pies są podobne, np. do lisa lub wilka, niż do innych ras psów. I z pewnością przyrodnik, któryby miał klasyfikować te zwierzęta np. na podstawie ich czaszek, nic nie wiedząc o ich wspólnym pochodzeniu, nie wahałby się zaliczyć ich do różnych gatunków, a nawet różnych rodzajów.

Jeśli zastanowić się nad powyższymi przykładami, a można ich wyliczyć znacznie więcej, to należy przyjść do wniosku, że istnienie ras hodowlanych dowodzi znacznej zmienności gatunków. Ponieważ

wszystkie rasy, pochodzące nie tylko od jednego gatunku, lecz i od różnych gatunków, mogą być krzyżowane ze sobą i są płodne, przeto trzeba przyjąć, że kryteria, odróżniające od siebie gatunki, są bardzo niedokładne i posiadają tylko wartość względną, dla danej epoki (por. teor. Darwina). Znaczy to, że różnice, jakie dostrzegamy między dwoma gatunkami, wyrażają tylko stan współczesny, gdy tymczasem w przeszłości formy takie przedstawiałyby się nam może, jako rasy jednego gatunku, w przyszłości zaś, jako dwa rodzaje.

Jeśli staniemy na stanowisku zmienności gatunków i ich wspólnego pochodzenia, to winniśmy się spodziewać, że istnieją w przyrodzie postaci, które łączą w sobie znamiona różnych jednostek systematycznych, zacierając sztuczne granice, jakie człowiek stworzył w systematyce roślin i zwierząt, dzieląc je na rodzaje, rzędy i t. p. Formy takie w rzeczywistości istnieją, noszą one nazwę postaci przejściowych, a są dla przyrodnika bardzo ważne, gdyż właśnie



Rys. 108. Koleczatka koleczasta (*Echidna hystrix*).

wykazują, że założenia ewolucjonizmu mają realną podstawę. Systematyka dostarcza kilka takich bardzo ważnych dowodów.

II. Dane systematyczne.

Rozpatrując dzisiejsze kręgowce, które dzielimy na: **Dane z zakresu systematyki.** ryby, płazy, gady, ptaki i ssaki, możnaby mniemać, że są to gromady zupełnie bliżej ze sobą nie połączone. Dokładniejsze wszakże zbadanie niektórych przedstawicieli tych gromad dowodzi, że stanowią one postaci przejściowe o znamionach wspólnych dla dwóch tych gromad, między którymi są formami przejściowymi. Znamy takie żyjące formy, stanowiące ogniwo, które łączy ssaki i gady, ryby i płazy. Wśród ssaków jest grupa **Stekowce.** zwierząt t. zw. stekowce (*Monotremata*), które zachowały cechy gadów i ssaków i są właśnie taką grupą przejściową.

Do stekowców należą zaledwie dwa rodzaje zwierząt: dziobak (rys. 107) i koleczatka (rys. 108), przyczem do rodzaju dziobak należy tylko jeden ga-

tunek; dziobak paradoksalny, czyli kaczycy; do rodzaju kolczatka należą dwa gatunki: kolczatka kolczasta i kolczatka szczecińska.

Wszystkie te gatunki żyją tylko w Australji i na niektórych wyspach: Nowa Zelandja, Tasmanja i in.

Cechy tych zwierząt są następujące: są to ssaki, a więc samice ich karmią swe młode mlekiem, co stanowi wyłączną cechę tej gromady. Lecz gruczoły mleczne stekowców posiadają bardzo prostą budowę, a ich wydzielina różni się pod względem chemicznym od mleka innych ssaków. Mleko stekowców nie wydostaje się nazewnątrz przez specjalne narządy, t. zw. sutki, właściwe wszystkim pozostałym ssakom, lecz wprost ścieka po włosach i stąd młode mleko to zlizują, czyli ssą. Młode nie lęgną się tak, jak u wszystkich pozostałych ssaków, lecz wylęgają się z jaj, składanych nazewnątrz przez samice, co jest cechą gadów. Ssaki posiadają ujścia zewnętrzne narządów moczopłciowych i jelita odbytowego oddzielone, u gadów narządy te i jelito odbytowe uchodzą do wspólnej jamy, zwanej stekiem (cloaca), która otwiera się nazewnątrz. Tak właśnie jest u stekowców. W budowie czaszki stekowców również widać cechy przejściowe. Czaszka posiada cechy ssaków, a więc przede-

wszystkiem dwa kłykiecie na kości potylicznej dla połączenia kości tej z atlasem (gdy u gadów jest tylko jeden kłykieć), lecz grubość kości czaszki, charakter łączących je szwów są takie, jak u gadów. Dziobak posiada ponadto dziób rogowy, umieszczony na długich szcze-



Rys. 109. Pas barkowy *Ornithorhynchus*. Cl — obojczyk; Co — coracoideum; Co¹ — procoracoideum; Ep — prosternum; G — staw barkowy; S — łopatką; St — mostek.

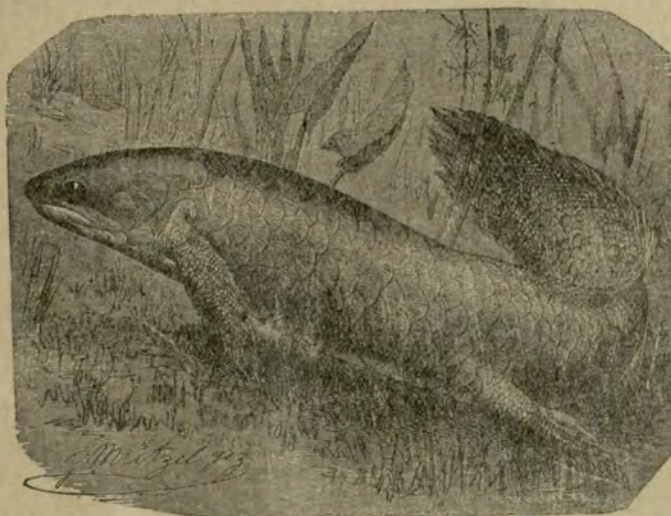
kach i kości międzyszczałkowe, jak u ptaków. W budowie szkieletu kończyn również zauważymy cechę przejściową. Pas barkowy ssaków, z wyjątkiem stekowców, składa się, jak wiadomo, tylko z dwóch kości obojczyka i łopatki (obojczyk nie zawsze występuje), natomiast na łopatkce jest mniejszy lub większy wyrostek, t. zw. kruczy. Stekowce mają samodzielną kość kruczą (coracoideum) (rys. 109). To jest znów cecha gadów.

Tak samo cechą gadów jest u stekowców brak grzebienia na łopatkce, właściwego wszystkim pozostałym ssakom, a którego gady nie posiadają. Pod względem rozmnażania stekowce zachowują się, jak gady. Samice ich znoszą wielkie stosunkowo jaja, otoczone błoną pergaminową, taką, jak otoczone są jaja żółwi lub węzów, oraz zawierające znaczną ilość żółtka, również, jak jaja gadów, a w prze-

ciwieństwie do maleńkich i bardzo ubogich w żółtko jaj ssaków. Jest jedna jeszcze cecha stekowców, która wykazuje ich przejściowy charakter. To ciepłota ich ciała. Wszystkie ssaki posiadają ciepłotę ciała stałą, a właściwie wahającą się w bardzo małych granicach. Gady zaś posiadają ciepłotę ciała zmienną, zależną od otoczenia. Stekowce łączą te obie cechy. Posiadają ciepłotę ciała stałą, lecz wahającą się w dużych granicach od 24° do 28° C, oraz znacznie niższą, niż inne ssaki, u których ciepłota ciała wynosi około 37° C.

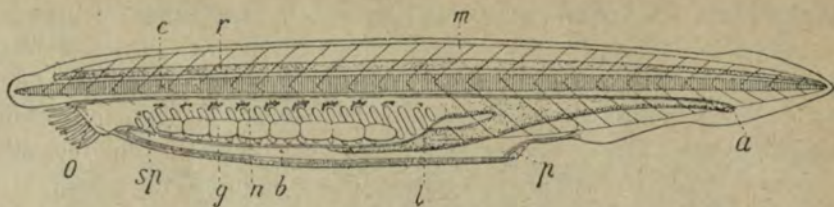
**Ryby
dwudyszne.**

Drugą grupę zwierząt przejściowych w obrębie dwóch gromad kręgowców są ryby, t. zw. dwudyszne (*Dipnoi*). Żyje ich obecnie tylko kilka gatunków, a mianowicie: rogoząb (*Neoceratodus*) (rys. 110) w Australji, prapłytwiec (*Protopterus*) w Afryce i prapłaziec (*Lepidosiren*) w Ameryce Połudn.



Rys. 110. Rogoząb *Neoceratodus forsteri*.

Ryby te stanowią grupę przejściową między płazami a rybami z następujących przyczyn. Posiadają one, jak wiadomo, podwójne narządy oddechowe. Jedne, są to skrzela, aczkolwiek słabiej rozwinięte, niż normalnie u ryb, drugie—to płuca. Płuca ryb tych jest to odpowiednio wykształcony pęcherz pławny, u jednych są one organem nieparzystym, u innych—parzystym. Budowa tych płuc, ich połączenie z gardzielią jest takie, jak u płazów. Narządy krążenia u dwudysznych również przypominają stosunki u płazów. Mają one tak, jak i płazy serce, zbudowane z dwóch przedsionków i jednej komory. Oprócz tego ryby dwudyszne posiadają, tak jak i płazy, otwarte jamy nosowe do jamy paszczy, gdy tymczasem u ryb jamy nosowe są zamknięte.

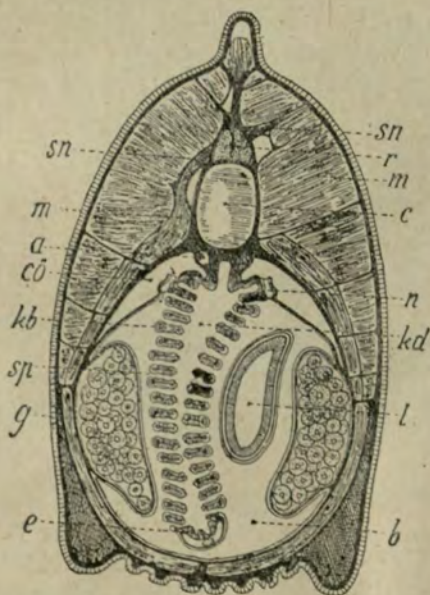


Rys. 111. Schemat budowy lancetnika. c — struna grzbietowa; r — cewka nerwowa; m — mięśnie; o — otwór wpustowy; sp — szczeliny skrzelowe; g — narządy rozrodcze; n — narządy wydzielnicze; b — jama okołoskrzelowa; p — jej otwór; l — wątroba; a — otwór odbytowy.

Tak więc systematyka zwierząt żyjących współcześnie dostarcza ważnych dowodów w obrębie typu kręgowców.

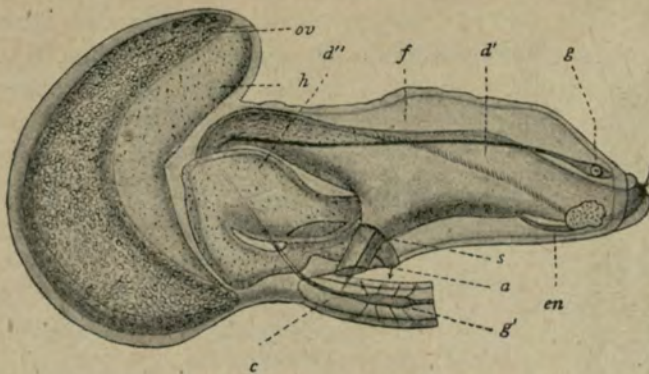
Lecz nauka posiada dane, które zbliżają kręgowce do świata zwierząt bezkręgowych. Między kręgowcami i bezkręgowcami odnaleziono również

Lancetnik.



Rys. 112. Poprzeczny przekrój przez ciało lancetnika w jego części środkowej. r — cewka nerwowa; a — aorta descendens; cō — jama ciała; n — narządy wydzielnicze; kd — jama skrzelowa; sp — szczeliny skrzelowe; g — narządy rozrodcze; l — wątroba; b — jama okołoskrzelowa; e — endostyl, a pod nim przekrój arterji skrzelowej; m — mięśnie; sn — nerwy; c — struna grzbietowa.

postacie, które do pewnego stopnia można traktować jako przejściowe. Postacie te stanowi grupa t. zw. bezczaszkowców (*Acrania*). Należy do nich lancetnik, postać z jednej strony zbliżona do kręgowców, z drugiej — do bezkręgowych osłonik. Ponieważ dokładny opis lancetnika znany jest z każdego podręcznika zoologii, więc poprzestaniemy na wymienieniu i przypomnieniu najważniejszych cech tego zwierzęcia. Lancetniki stanowią również bardzo małą grupę, w której skład wchodzi kilka zaledwie gatunków, rozmieszczonych w różnych morzach. Lancetnik (rysunek 111, 112) posiada budowę ciała taką, że raczej do najniższych możnaby go zaliczyć, ze względu na brak rozwiniętej głowy, narządów zmysłowych i t. d. Cechy bezkręgowych stanowią u niego: ciało, pokryte nabłonkiem jednowarstwowym, narządy wydzielnicze typu takiego,



Rys. 113. Ogonica *Oicopleura cophocerca*. Rycina przedstawia tułów zwierzęcia z ogonem uciętym niedaleko nasady. Otwór gębowy z przodu oznaczony strzałką. Otwór odbytowy oznaczony strzałką i literą a. Poza otworem odbytowym widzimy większą od niego szczelinę skrzelową (prawą), która jest również oznaczona strzałką. g—zwój mózgowy; d'—jama przelkowa (skrzelowa); d''—żołądek; h—jądra; ov—jajnik; e—struna grzbietowa; g'—ogonowa część układu nerwowego; a—otwór odbytowy; s—szczelina skrzelowa.

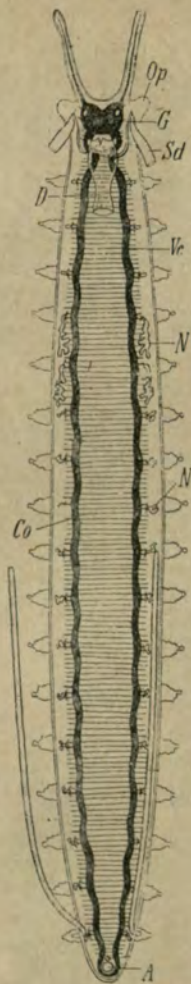
jak u pierścienic. Natomiast cechą, zbliżającą lancetnika do kręgowców, jest posiadanie przez niego struny grzbietowej, oraz systemu nerwowego, w postaci rurki, znajdującego się po stronie grzbietowej.

Struna grzbietowa jest to pręcik, złożony z komórek tkanki łącznej, przebiegający wzdłuż całego ciała po stronie grzbietowej u zarodków wszystkich kręgowców. Dalsze jej losy są takie, że tylko u najniższych ryb, t. zw. kręgowstych, do których należą minogi, istnieje ona przez całe życie, u wszystkich wyższych zaś zostaje obrośnięta przez powstające trzony kręgów, zachowując się tylko szczątkowo w blaszkach międzykręgowych. Lancetnik zachowuje strunę grzbietową przez całe życie.

Organizacja i rozwój lancetnika powodują, że możemy go uważać za formę przejściową między kręgowcami a bezkręgowcami, mianowicie osłonnicami. O zwierzętach tych była już mowa poprzednio. Dorosłe osłonice bardzo często wskutek życia osiadłego podlegają tak znacznym zmianom w organizacji, że trudno je do wyższych zwierząt zaliczać, wszakże wszystkie larwy osłonice posiadają budowę bardzo podobną do larwy lancetnika i co ważniejsze,



Rys. 114. Prachtawiec (*Peritapopsis*).



Rys. 115. Anatomja *Peripatopsis capensis*. Op—brodawki ustne; G—zwój nadprzelykowy; Sd—kawalek przewodu gruczołu sluzowego; D—przewód pokarmowy; Vc—pień nerwowy; Co—poprzeczne spoidła układu nerwowego; N—narządy wydzielnice; A—otwór odbytowy.

III. Dane z zakresu anatomji porównawczej i embriologii.

Dane anatomiczne.

Niemniej ważkich dowodów, przemawiających za ewolucjonizmem, dostarczają inne dziedziny wiedzy, a mianowicie nauki morfologiczne: anatomja porównawcza i embriologia. Anatomja porównawcza jest to nauka, która, badając budowę organizmów, zajmuje się porównywaniem odpowia-

posiadają, również jak i on, strunę grzbietową i rurkę nerwową na stronie grzbietowej. U niektórych osłonicy te zostają, u innych osiadłych zanikają całkowicie (por. rys. 113).

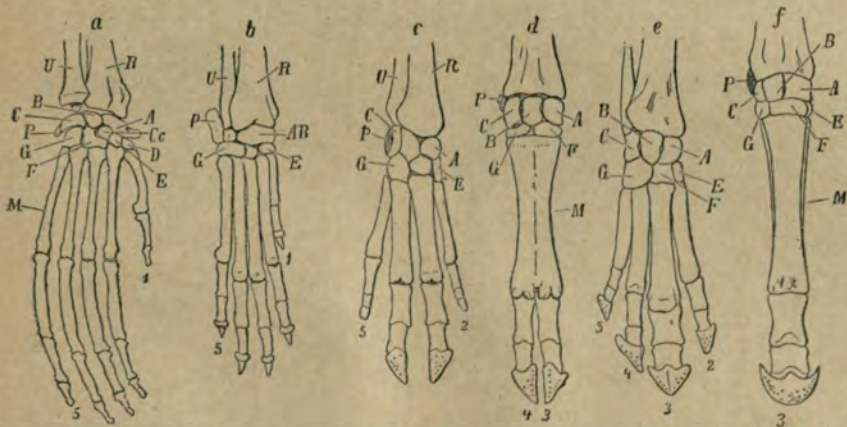
Systematyka dostarcza nam dowodów, że i pomiędzy typami bezkręgowców, przynajmniej niektórymi, postaci przejściowe istnieją. Najbardziej znaną jest postać przejściowa, łącząca znamiona typu pierścienic z jednej strony, a stawonogów z drugiej. Jest to t. zw. pratchawiec (rys. 114, 115).

Pratchawiec jest to stawonóg. Pratchawce występują w kilku zaledwie gatunkach, rozproszonych na kuli ziemskiej, w Afryce i Ameryce Południowej. Zwierzęta te posiadają z jednej strony: bardzo mało zaznaczoną segmentację ciała, które ponadto nie jest podzielone na głowę, tułów i odwłok, słabo rozwinięte narządy zmysłowe, narządy wydzielnice w każdym pierścieniu, uchodzące u podstawy nóżek — to są wszystko cechy właściwe pierścienicom. Z drugiej strony pratchawce mają nóżki zbudowane na podobieństwo stawonogów, oraz narządy oddechowe w postaci tchawek — jako cechy typowe dla stawonogów, jakkolwiek i budowa nóżek i budowa tchawek jest bardzo prosta i przypominają stosunki, panujące u zarodków stawonogów wyższych.

dających sobie narządów u różnych istot. Wyniki tej wiedzy stwierdzają, że w obrębie każdej grupy systematycznej, między gatunkami, które ją stanowią, istnieje pokrewieństwo; czyli, że badania anatomiczne porównawcze potwierdzają dane, jakich dostarcza zmienność gatunkowa i dane systematyki, wyrażające się najlepiej w postaciach przejściowych. Metodą badań anatomii porównawczej jest stwierdzanie w badanych obiektach homologii lub analogii.

Narządy homologiczne i analogiczne.

Narządy homologiczne są to takie, które mają jednakową budowę, położenie w organizmie i rozwijają się w sposób jednakowy lub bardzo podobny. Narządy analogiczne zaś są takie, które spełniają w organizmie podobną funkcję, natomiast mają odmienną budowę, położenie i rozwój. Więc np. narządami homologicznymi są kończyny kręgowców, bez względu na ich wygląd zewnętrzny i funkcję; homologiczne więc są: skrzydło ptaka, przednia kończyna nietoperza, delfina lub psa.



Rys. 116. Końcowe części szkieletów przednich kończyn rozmaitych ssaków. a—orangutanga; b—psa; c—świni; d—byka; e—tapira; f—konia; R—radius; U—ulna; A—os carpi radiale; B—os carpi intermedium; C—os carpi ulnare; D—carpale primum; E—carpale secundum; F—carpale tertium; G—os hamatum (powstała przez zlanie się carpale quartum z carpale quintum); P—os pisiforme; Cc—centrale carpi; M—metacarpus; 1—5—Palce.

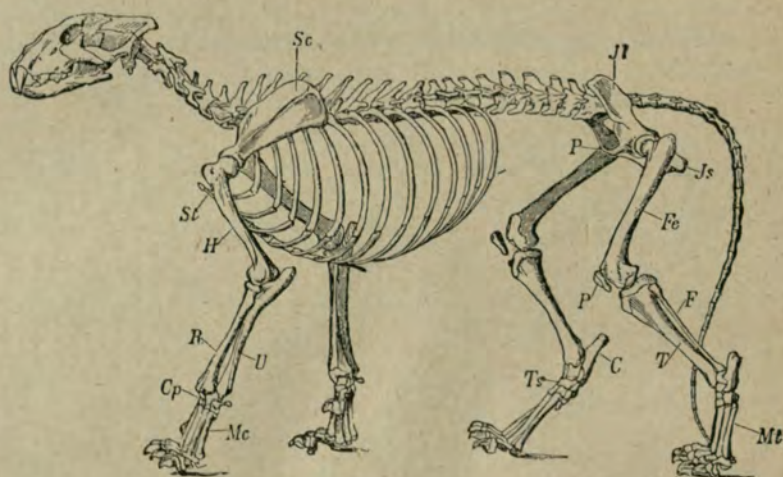
Tak samo homologicznymi są płuca wyższych kręgowców i pęcherz pławny ryb, gdyż jakkolwiek służą do różnych funkcji, to jednak mają jednakowe pochodzenie i rozwój, gdyż powstają u zarodka, jako parzyste wypuklenie przedniego odcinka przewodu pokarmowego. Natomiast analogicznymi narządami będą takie, jak skrzydła ptaków i skrzydła owadów, tak samo kończyny kręgowców i odnóża stawonogów lub skrzela pierścienie i skorupiaków i skrzela kręgowców. Skrzydło ptaka jest to przednia para kończyn, gdy tymczasem skrzydło owada jest faldem skórny, tak samo tylko wyrostkami skórny są skrzela np. skorupiaków.

Wszystkie przypadki, w których anatomja wykrywa homologię, są wyraźnym dowodem pokrewieństwa ustrojów. I tak samo, jak homologiczne cechy organizacji w obrębie jednej rasy dowodzą po-

krewności występujących w niej osobników, to również takie same znaczenie mają cechy, występujące w obrębie wyższych jednostek systematycznych i nie można pomyśleć argumentu, któryby w sposób logiczny odrzucał rzeczywistość takich pokrewności.

Jeśli homologiczne cechy różnych psów dowodzą ich wspólnego pokrewności i pochodzenia, to nie można wątpić, aby homologiczne cechy różnych ssaków miały posiadać inne znaczenie.

Anatomja porównawcza dostarcza dowodów homologji i pokrewności we wszystkich dziedzinach. Jakiegokolwiek narządy weźmiemy pod uwagę, wszędzie zaobserwować możemy fakty, które o tem świadczą. Można więc wziąć pod uwagę zarówno szkielet u róż-



Rys. 117. Szkielet lwa. St—mostek (sternum); Sc—łopatka (scapula); H—kość ramieniowa (humerus); R—k. promieniowa (radius); U—k. łokciowa (ulna); Cp—napięstek (carpus); Mc—dłoń (metacarpus); Il—kość biodrowa (os ilium); P—k. łonowa (os pubis); Is—k. siedzeniowa (os ischii); Fe—k. udowa (femur); T—k. goleniowa (tibia); F—piszczel (fibula); P—rzepka (patella); Ts—kości stępu (tarsus); Mt—k. stopy (metatarsus); C—k. piętowa (os calcanei).

nych kręgowców, jak ich system nerwowy, narządy zmysłów, krążenie, mięśnie i t. p.

Homologja w obrębie szkieletu kręgowców. Dla przykładu rozpatrzmy homologję w obrębie niektórych części szkieletu kręgowców.

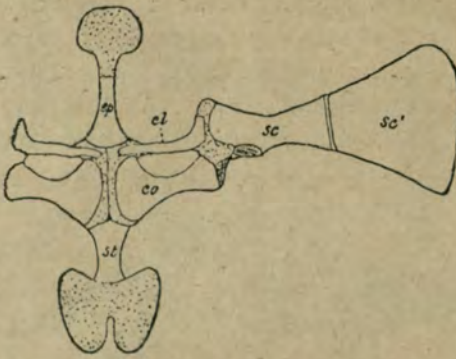
Badając np. szkielet kończyny przedniej (rys. 116), stwierdzamy, że zarówno przednia łapa trzaski, czy żaby, jaszczurki, czy żółwia, ptaka, jak i lwa, wieloryba, nietoperza, konia lub małpy posiadają w zasadzie jednakową budowę, to znaczy wykazują te same składniki szkieletowe. Składniki te są, oczywiście, w niektórych przypadkach [dość znacznie nawet zmodyfikowane, co wszakże tłumaczy się zawsze czynnościami, do jakich koń-

czyna przednia jest używana. Zawsze więc znajdziemy u wszystkich tych zwierząt następujące części składowe kończyny przedniej: część ukrytą wewnątrz ciała, stanowiącą t. zw. pas barkowy, oraz t. zw. kończynę wolną, znajdującą się nazewnątrz ciała (rys. 117 i 118). Pas barkowy składa się z trzech kości, z łopatki (scapula), leżącej po stronie grzbietowej, oraz z dwóch kości: obojczykowej, czyli obojczyka (clavicula) i kruczej, leżących po stronie brzusznej. Kości te łączą się z sobą i w miejscu połączenia powstaje staw barkowy, w który wchodzi kość pierwsza kończyny wolnej (rys. 119). To jest ogólny plan budowy pasa barkowego. Jednakże nie u wszystkich kręgowców istnieją wszystkie wymienione kości. Jak już wiemy, kość krucza, właściwa płazom, gadom i ptakom, zaniknęła u ssaków, z wyjątkiem stekowców (por. rys. 109), zachowując się tylko w postaci wyrostka kruczego. Obojczyk istnieje i u różnych ssaków. Nie u wszystkich jednak. Jego zanik jest w związku z funkcją kończyny przedniej. W tych przypadkach, w których kończyna przednia wykonywa ruch obrotowy, np. u małp, lub chwytny, np. u kota, obojczyk zachował się, zanikł zaś u tych zwierząt, których kończyna przednia wykonywa ruch wahadłowy, jak np. u konia.



Rys. 118. Szkielet sępa *Neophron percnopterus*. Rh—żebra szyjowe; Du—dolne wyrostki ościste kręgów tułowiowych; Cl—clavicula; Co—coracoideum; Sc—scapula; St—sternum; Ste—sternocostalia; Pu—haczykowate wyrostki żeber; Il—os ilium; Is—os ischii; Pb—os pubis; H—humerus; R—radius; U—Ulna; CC'—carpus; Mc—metacarpus; P', P'', P'''—kości palców; Fe—femur; T—tarsotibia; F—fibula; Tm—tarso-metatarsus; I—staw międzynastopkowy; Z—palce nóg.

Rozpoczynająca się od stawu barkowego kończyna wolna składa się także z zasadniczo jednakowych kości u wszystkich kręgowców (por. rys. 117, 118, 120 i 121). W skład jej wchodzi kości następujące: kość ramieniowa (humerus) u wszystkich kręgowców, pojedyncza, dwie kości przedramienia, u jednych kręgowców niezależne od



Rys. 119. Mostek i pas barkowy żaby. cl—clavicula; co—coracoideum; ep—omosternum; sc, sc'—scapula; st—sternum; Części chrzęstne zaznaczone kropkowaniem.

jest kilka kostek, aż do 5, które nazywają się napięstkowe (carpalia). W granicach tego typu budowy napięstka bywają różne zmiany, niektóre z tych kości zrastają się ze sobą, niektóre, jak np. jedno albo oba centrale, zanikają zupełnie.

Za napięstkami leżą kości dłoni (metacarpus), których liczba odpowiada liczbie palców. Bywa ich więc od jednej, jak u konia, do pięciu. Z kośćmi dłoniowymi połączone są kości palców.

W skład szkieletu palców wchodzi trzy kości t. zw. falangi, tylko palec wielki, czyli pierwszy,



Rys. 121. Szkielet nietoperza *Myotis myotis*.

siebie, u drugich zrosnięte z sobą, kość promieniowa i łokciowa (radius, ulna), kości napięstka, dłoni i palców. Kości napięstka (carpus), o postaci nieprawidłowej, połączone są ze sobą z pomocą stawów ciasnych, wskutek czego stanowią jakgdyby jedną całość. Stanowią one trzy szeregi kostek; w pierwszym szeregu znajdują się trzy kostki: ulnare, radiale, intermedium, w drugim — jedna lub dwie środkowe (ossa centralia), wreszcie w trzecim szeregu

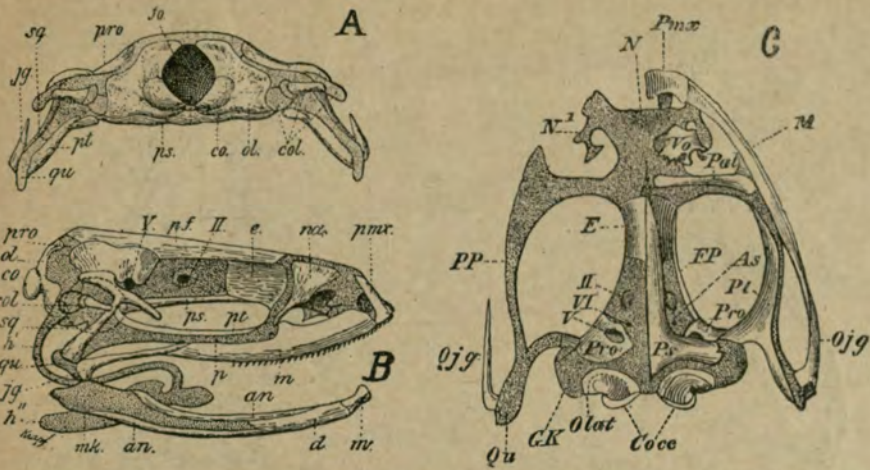


Rys. 120. Szkielet przedniej kończyny bociana. h—humerus; r—radius; u—ulna; C, c'—carpalia pierwszego rzędu (c—rezultat zrosnięcia carpi ulnare z centrale, c'—rezultat zrosnięcia carpi radiale z carpi intermedium); m—rezultat zrosnięcia carpalia drugiego rzędu z metacarpalia; p, p', p''—kości palców (phalanges).

składa się z 2 falang.

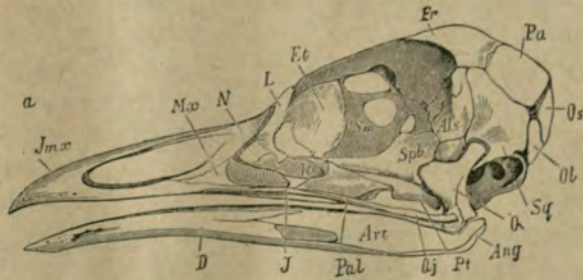
W kończynie tylnej znajdujemy te same stosunki.

Tę samą jedność budowy zasadniczej stwierdzimy, jeśli weźmiemy pod uwa-

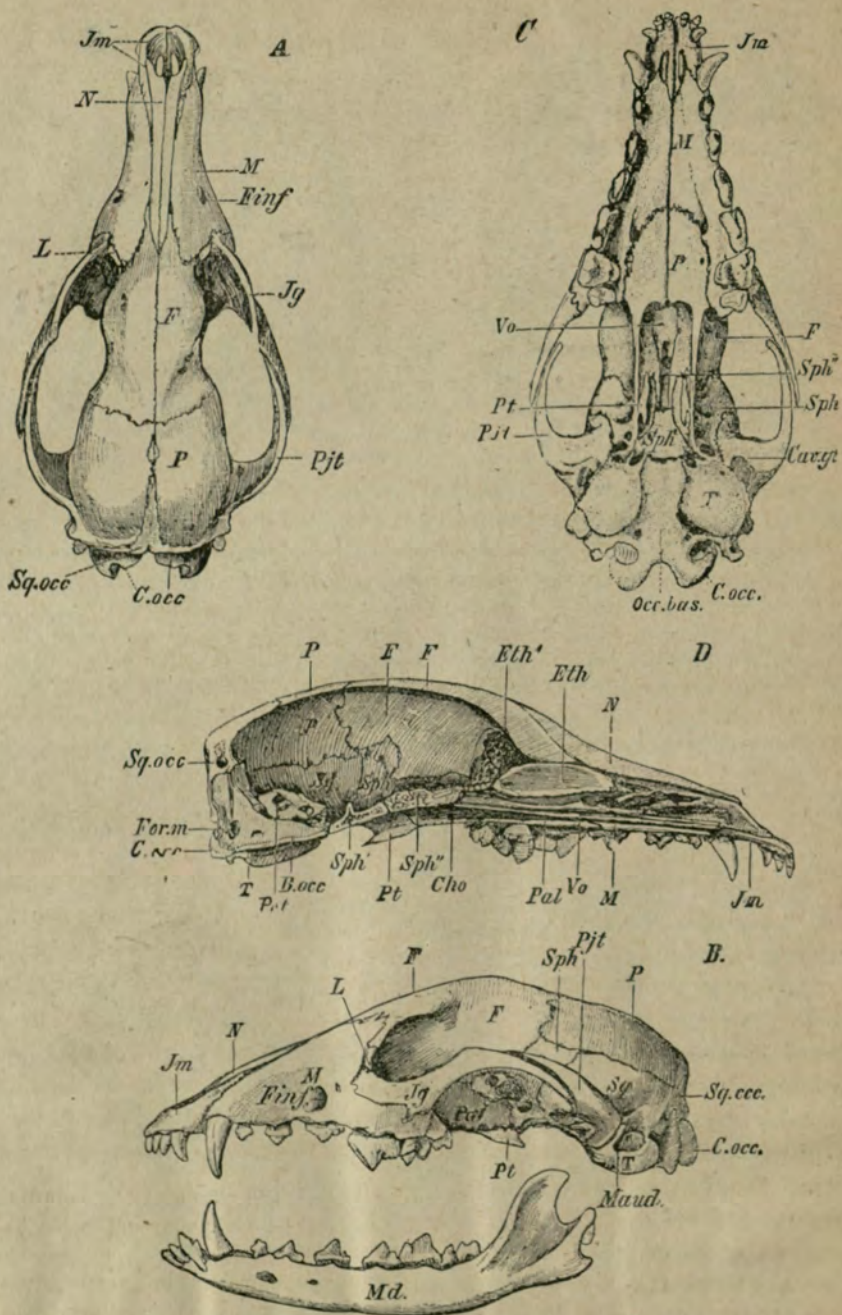


Rys. 122. Czaszka żaby. A — widziana od tyłu; B — widziana z boku; C — od dołu. (Na tym ostatnim rysunku kości pokrywające z lewej strony zostały usunięte. Czaszka chrzęstna: Gg — torebka słuchowa; N, N — t. węchowa; PP(p) — arcus subocularis; As — alisphenoideum; Qu(qu) — quadratum. Kości pierwotne: O lat (ol) — oxoccipitalia z condyli occipitales; (Cocc, co), Pro(pro) — prooticum; E(e) — ethmoidale. Kości pokrywające: Pmx(pmx) — praemaxillare; M(m) — maxillare; Jg(Qjg) — jugale; Vo — vomer; Pal — palatinum; Pt(pt) — pterygoideum; Fp(pf) — parietofrontale; na — nasale; Ps(ps) — parasphenoideum; sq — squamosum. Szczerka dolna: mk — chrząstka Meckela ze swym skostniałym końcem (m); d — dentale; an — angulare. Aparat gnyko-wo-skrzelowy: col — columella; h' — hyoideum; h'' — copula. Otwory dla nerwów: II — opticus; V — trigeminus; VI — abducens; fo — foramen magnum. Chrząstka we wszystkich trzech rysunkach została zaznaczona punkcikami.

gę inne części szkieletu. W równym stopniu, jak szkielet kończyn, dowodzą tej jedności i wzajemnego pokrewieństwa budowa kręgosłupa, mostka, żeber, oraz szkielet głowy. W czaszce np. znajdujemy u wszystkich kręgowców zasadniczo te same kości i jakkolwiek dadzą się wykryć różnice, to jednak badania zawsze je wyjaśniają w spo-



Rys. 123. Czaszka dropia *Otis tarda*. Ol — occipitale laterale; Os — os superius; Sq — squamosum; Spb — basiophenoideum; Als — alisphenoideum; Sm — septum interorbitale; Et — ethmoideum; Pa — parietale; Fr — frontale; Mx — maxillare; Imx — intermaxillare; N — nasale; L — lacrymale; J — jugale; QJ — quadrato jugale; Q — quadratum; Pt — pterygoideum; Pal — palatinum; Vo — vomer; D — dentale; Art — articulare; Ang — angulare.



Rys. 124. Czaszka psa. A — widziana z góry; B — z boku; C — z dołu; D — w przekroju podłużnym. Cav. gl.—fossa glenoidalis; T—tympanicum; Cho—choanae; C. occ.—condyli occipitale; Eth—lamina perpendicularis; Eth'—lamina cribrosa; F—frontale; For. m.—foramen magnum; Jg—jugale; Jm—prae-maxillare; L—lacrymale; M—maxillare; Maud—zewnętrzny przewód ucha; N—nasale; F. inf.—foramen incisivum; Occ. bas—basioccipitale; Sq—squamosum; P—parietale; P—palatinum; Pet—petrosium; Pjt, Pr—zygomatikus; Sph—basisphenoideum; [Sph'—praesphenoideum; Pt—pterygoideum; Sq. occ.—supraoccipitale; Sph—alisphenoideum; Vo—vomer.

sób zupełnie zgodny z poglądami o pokrewieństwie ustrojów (rys. 122, 123, 124). Więc np. u każdego kręgowca znajdujemy kość potyliczną. Zachodzą jednakże takie różnice, że kręgowce niższe posiadają potylicę, złożoną z czterech części: z potylicy górnej (occipitale superius), potylicy podstawowej (occipitale basilare) i dwóch potylic bocznych (occipitalia lateralia), podczas gdy u wyższych kręgowców potylicą jest jednolitą kością.

Tego rodzaju różnice, jak przytoczona, mogłyby nasuwać niejakie wątpliwości o pokrewieństwie form i w tych przypadkach badania anatomiczne nie byłyby wystarczające.

Lecz dowodów pokrewieństwa i takich właśnie form dostarcza inna dziedzina badań morfologicznych, a mianowicie nauka o rozwoju, czyli embriologia.

Dane embriologiczne. Różnorodność postaci organicznych, a zatem i rozmaitość kształtów, odpowiadających sobie części organizmu u form pokrewnych, tłumaczymy różnorodnością funkcji, spełnianych przez dany narząd. Powiadamy więc, że np. przednie kończyny nietoperza, kreta i psa dlatego różnią się w kształcie i wyglądzie między sobą, jakkolwiek zbudowane są zasadniczo z tych samych elementów, ponieważ przystosowane są do odmiennych funkcji. Embriologia dostarcza na to dowodów, że możemy tak twierdzić z całą słusznością. Badając zarodki zwierząt, wykrywamy dowody pokrewieństwa, których nie dostarczają dane anatomiczne. Więc np. dorosłe ssaki mają różną ilość kostek nadgarstka, nieraz dość znacznie zredukowaną. W rozwoju zarodka zawiązują się te kostki w ilości typowej, aby się następnie zrosnąć. Tak samo kości przedramienia zawsze zawiązują się jako kości oddzielne, jakkolwiek u wielu ssaków są tak zrosnięte, że śladów zrostu wykryć nie można. To samo dotyczy wspomnianych przykładów kości kruczej w pasie barkowym i potylicy. Kość krucza u wyższych istnieje już tylko w postaci wyrostka na łopacie, ale u wszystkich zawiązuje się jako kość samodzielna. Takie same stosunki wykazuje potylicą. Ta jednolita kość ssaka powstaje ze zrostu czterech zawiązków kostnych, odpowiadających czterem składnikom potylicy u niższych kręgowców. Okazuje się, że potylicy podstawowej odpowiada trzon kości potylicznej (corpus), p. bocznym—kłykie (condyli occipitales), wreszcie potylicy górnej t. zw. łuska (squama). W badaniach rozwojowych otrzymujemy zawsze podobne rezultaty. Zawsze wykazują one całkowitą homologję danych części organizmu i stwierdzają istnienie pokrewieństwa w obrębie danej grupy.

Embriologia dostarcza jeszcze wielu innych dowodów pokrewieństwa ustrojów. Już w rozdz. XV była mowa o tem, że wczesne stadia rozwojowe tkankowców przebiegają zasadniczo w jednakowy spo-

sób, wszędzie bowiem istnieje stadium blastuli i gastruli. O ile późniejsze stadia w różnych grupach systematycznych znacznie się różnią, to w obrębie jednej grupy są one jednakże tak podobne, że np. młodych zarodków różnych ssaków zupełnie od siebie odróżnić nie można.

W rozwoju zwierząt bardzo ważną grupę dowodów przemawiających na korzyść ewolucjonizmu stanowią zawiązki różnych narządów, które u form dorosłych ulegają całkowitemu zanikowi. Więc np. u różnych ssaków, które, jako dorosłe nie posiadają obojczyka, kość ta zawiązuje się w zarodku, aby później zaniknąć. U wielorybów, które nie posiadają włosów zupełnie, zarodek jest pokryty gęstym uwłosieniem, które zanika.

U zarodków gadów, ptaków i ssaków pojawiają się w okolicy szyjowej szczeliny t. zw. skrzelowe, uchodzące do kieszeni skrzelowych, a dalej do gardzieli, zupełnie jak u ryb, jakkolwiek przecież gady, ptaki i ssaki nigdy skrzelami nie oddychają.

Fakty te mogą być zrozumiałe tylko wówczas, jeśli przyjmiemy, że wszystkie kręgowce są ze sobą spokrewnione i pochodzą od wspólnych przodków, które najwidoczniej żyły w wodzie i oddychały skrzelami.

Inną grupę dowodów pokrewieństwa ustrojów stanowią dane, dostarczone nam przez naukę o istotach już wymarłych, czyli paleontologię.

IV. Dane paleontologiczne pokrewieństwa ustrojów.

Dane paleontologiczne. Badając dzisiaj żyjące na ziemi zwierzęta, bardzo często nie umiemy wykazać pokrewieństw między różnymi jednostkami systematycznymi, gdyż nie posiadamy na to bezpośrednich dowodów.

Historja świata zwierzęcego uczy wszakże, że zwierzęta, jakie obecnie zamieszkują ziemię, stanowią tylko część fauny, która w różnych epokach geologicznych żyła na ziemi. Między formami, które już wymarły, znaleziono jedną, która stanowi postać przejściową między gadami i ptakami, łącząc znamiona tych obu gromad. Postacią tą jest znaleziony w dwóch zaledwie egzemplarzach w południowych Niemczech praptak (*Archeopteryx*) (rys. 125).

Rysunek, wyobrażający praptaka, jest nieco rekonstruowany, czyli w drobnych szczegółach odtworzony, oraz zmniejszony, praptak bowiem było to zwierzę wielkości gołębia.

Archeopteryx posiadał następujące cechy: obfite upierzenie skrzydeł, tułowia i ogona, które świadczą o jego przynależności do ptaków, lecz poza tem miał liczne cechy gadów. Dzisiejsze ptaki mają ogon, złożony z kilku zaledwie kręgów (por. rys. 118), zrośniętych w jedną, małą płytkę kostną, wzniesioną do góry, praptak zaś po-

siadał ogon długi, jak u jaszczurki, złożony z kilkunastu kręgów. Na ogonie tym pióra były osadzone po obu stronach, jak w strzale do łuku.

Ptaki mają kości szczęki górnej, międzyszczękowe i szczęki dolnej przekształcone w dziób, przyczem uzębienia nigdy nie posiadają.

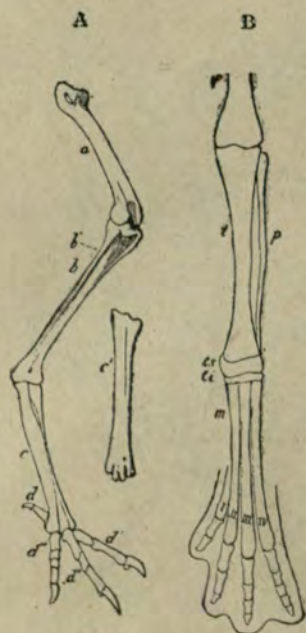
Praptak zaś posiadał na szczękach liczne, ostre zęby, jak u gadów. W skrzydle, czyli przedniej kończynie ptaków kości palców są znacznie zredukowane. Praptak posiadał palce uzbrojone pazurami, które, jak należy wnosić z ich silnej budowy, służyły skutecznie do chwytania zdobyczy. Mostek praptaka, pozbawiony grzebienia, przypominał również budową mostek gadów. Tak samo budowa kręgów, których trzony u ptaków mają kształt siodełkowaty, u praptaka wykazuje cechy gadów kopalnych, to znaczy są one z obu stron wklęsłe. Natomiast budowa kończyny tylnej praptaka jest taka, jak u ptaków z typowym dla niej zrostem kilku kości w jedną k. skokową (rys. 126).



Rys. 125. Praptak (*Archeopteryx litographica*).
cl—clavicula; sc—scapula; h—humerus; r—radius;
u—ulna, c—carpus, I, II, III, IV—palce.

Paleontologia również dostarczyła wielu dowodów stopniowego przekształcania się organizmów. Jako jeden z licznych a bardzo ciekawych przykładów można przytoczyć dzieje rodowe konia. Koń dzisiejszy jest zwierzęciem, posiadającym kończyny, w których skład wchodzi jedna kość dłoniowa i jeden palec. Ponieważ wszystkie

kręgowce posiadają zasadniczo kończynę pięciopalczystą, więc należało przypuścić, że koń również pochodzi od postaci, mającej większą ilość palców, lecz, że w rozwoju konia nastąpił zanik czterech palców i został tylko jeden, mianowicie—palec trzeci. W takim razie znajdujące się pod skórą konia kostki t. zw. rysikowe odpowiadaćby musiały kościom dłoniowym zanikłych palców: drugiego i czwartego.



Rys. 126. A—noga ptaka. a—femur; b—tibiotarsus; b'—szczętek fibula; c—tarso-metatarsus; d, d', d'', d'''—palce; c'—tarso-metatarsus. B—noga zarodka ptasiego; f—femur; t—tibia; p—fibula; ts—tarsalia pierwszego rzędu; ti—tarsalia drugiego rzędu; m—metatarsalia (I, II, III, IV).

U ssaków zanik palców zachodzi zawsze tak, że zanikają kolejno: pierwszy, piąty, drugi, czwarty. Jeśli są dwa, to trzeci, czwarty; jeśli trzy, to drugi, trzeci, czwarty; wreszcie jeśli cztery, to wszystkie, prócz pierwszego.

Istotnie, dane paleontologiczne potwierdziły w zupełności założenia uczonych. Znany obecnie bardzo wielu przodków konia, aż do pięciopalczystych włącznie. I tak, najstarszy ze znanych przodków konia *Eohippus* ze środkowego miocenu miał jeszcze szczątkową kość dłoniową 1-go palca. Późniejszy *Orohippus* (rys. 127) (1) miał kończynę czteropalczystą; *Mesohippus*, z mio-



Rys. 127. Kości dłoni (**metacarpus**) i palców konia dzisiejszego i niektórych jego przodków.

przodkowie naszego konia (5), posiadali kości rysikowe znacznie dłuższe, niż nasz koń (*Equus*) (6).

Nie zawsze uczeni są w tem szczęśliwym położeniu, że rozporządzają bezpośrednimi dowodami stopniowego rozwoju badanych istot. Mało jest zwierząt, których dzieje rodowe byłyby nam równie dobrze znane, jak dzieje konia, przeciwnie, bardzo często przodkowie kopalni danych zwierząt wcale nie są znani.

Nie znaczy to wszakże, aby ich nie było i niema żadnego powodu przypuszczać, aby paleontologia nie mogła dostarczyć dowodów zmienności dla innych gatunków, skoro ich dostarczyła dla konia. Przyczyny tego są zupełnie inne. Jakkolwiek badania paleontologiczne dostarczyły niezmiernie cennych materiałów dla nauki, to jednakże odkrywanie tych materiałów jest zawsze rzeczą szczęśliwego przypadku. Zmiany, jakie przechodziła ziemia, sprawiają, że liczne łądy dawniejsze są dnem oceanu i nie mogą być badane, a i na powierzchni ziemi zachować się mogły tylko takie szczątki organiczne, które oparły się niszczącemu działaniu tych wszystkich czynników, którym skorupa ziemska stale podlega.

V. Fakty z dziedziny fizjologii.

Dane fizjologiczne. Nie tylko nauki morfologiczne dostarczają dowodów zmienności organizmów, ich pokrewieństw i wspólnego pochodzenia, również i inne dziedziny wiedzy przyczyniają się do tego.

Zarówno, jak w budowie anatomicznej widzimy podobieństwo różnych cech u form ze sobą spokrewnionych, tak też w większym lub mniejszym stopniu zaznaczają się podobieństwa natury fizjologicznej. Badania wykazują, że np. pewne grupy barwików są właściwe pewnym grupom systematycznym, tak samo składniki krwi, albo mleka. Szczególnie ważne są dowody pokrewieństwa ustrojów, których dostarczają doświadczenia, dokonywane z t. zw. transfuzją, czyli przelewaniem krwi. Stwierdzono, że transfuzji można dokonywać tylko w obrębie gatunków spokrewnionych, gdy tymczasem u form bardziej odległych dodanie krwi obcej działa ujemnie, a nawet zabójczo na dany organizm. Badając reakcje krwi w organizmie, na skutek zmieszania z krwią obcą, stwierdzono drogą doświadczenia pokrewieństwa między różnymi gatunkami, np. z rodziny psów i innych.

VI. Dane z dziedziny zoogeografii.

Dane zoogeograficzne. Ogromną masę faktów, przemawiających na korzyść ewolucjonizmu, dostarcza geografia roślin i zwierząt, czyli zoogeografia.

Już w rozdziale poprzednim była mowa o niektórych faktach, zrozumiałych tylko wówczas, gdy się przyjmie jako założenie zmienność gatunków. Wiadomo powszechnie, że w obrębie wielu gatunków znamy jednostki mniejsze, podgatunki, mające znaczenie geograficzne, t. j. różniące się od danych gatunków pewnymi drobnymi cechami, wynikającymi z odmiennie działających czynników geograficznych. Badając faunę różnych wysp, znajdujemy, że wyspy kontynentalne mają naogół faunę, podobną do swych kontynentów, acz-

kolwiek nieco zmienioną, wyspy zaś pierwotne, t. j. koralowe lub wulkaniczne mają faunę zupełnie odrębną. Faunę wysp takich cechuje przede wszystkim brak form takich, które nie mogły się na wyspy dostać przez otaczający ją ocean. Niema więc ssaków większych, płazów i t. d. Dowodzi to, że wyspy takie zawsze zostają zaludnione z zewnątrz, czyli, że rozmieszczenie form organicznych zachodzi z pewnych ośrodków. Ponieważ gatunki wyspowe wykazują różnice w porównaniu z formami lądowymi, od których pochodzą, przeto należy przyjąć, że podległy one zmianie na skutek działania odmiennych warunków.

Stosunki, panujące na wyspach, są odzwierciedleniem stosunków, panujących na całej kuli ziemskiej. Zwierzęta, rozchodzące się z pewnych ośrodków, zmieniały się pod wpływem warunków nowych, w jakich się znalazły, to jest przyczyna, dla której jednostki systematyczne tak często dają formy geograficznie różne.

Przytoczone przykłady, zaczerpnięte z różnych dziedzin wiedzy, dowodzą w sposób dostateczny istnienia zmienności form rozpatrywanych, ich wzajemnego pokrewieństwa i niewątpliwego wspólnego pochodzenia. Ponieważ przykładów takich każda z dziedzin wiedzy przyrodniczej dostarcza ogromnie wiele, a właściwie, każda wiedza porównawcza oparta na homologjach jest całkowicie zbiorem tego rodzaju przykładów, wobec tego ewolucję, czyli stopniowy rozwój świata organicznego należy uważać za zjawisko, które ze stanowiska nauki nie podlega już wątpliwości. Ewolucjonizm więc jest poglądem, który całkowicie odpowiada współczesnemu stanowi wiedzy, albowiem wszystkie poznane fakty i wciąż jeszcze poznawane potwierdzają go, a nauka nie zna takich, któreby z ewolucjonizmem stały w sprzeczności.

Teorie ewolucyjne.

Przyjęcie poglądów ewolucyjnych wymaga usiłowania, rozstrzygającego zagadnienia: w jaki sposób gatunki powstawały na ziemi, czyli, jak i pod wpływem jakich czynników dokonywał się na ziemi stopniowy rozwój organizmów. Wyświetleniem tego nadzwyczaj doniosłego zagadnienia zajmują się różne teorie ewolucyjne.

Najwybitniejsze z nich są teorie: Lamareka, Darwina i De Vries'a. Rozpatrzmy je w krótkości w porządku chronologicznym ¹⁾.

Teoria Lamarcka.

Lamarek swe poglądy ewolucyjne wypowiedział w dziele p. t. „Filozofja zoologii” ²⁾, które zostało wydane w r. 1809. Według Lamareka, głównymi czynni-

¹⁾ Niektóre dane biograficzne o tych największych twórcach ewolucjonizmu są przytoczone w rozdz. XXI.

²⁾ „Philosophie zoologique”.

kami, powodującymi zmienność gatunków i powstawanie nowych form, są: zmiana w warunkach zewnętrznych, czyli działanie czynników zewnętrznych, oraz wpływ na organizm t. zw. czucia wewnętrznego. Lamarck przytacza bardzo wiele przykładów bezpośredniego działania czynników zewnętrznych na organizmy, w stopniu tak znacznym, że na skutek tego działania organizmy zmieniają się w nowe gatunki. Dowodzi więc Lamarck na podstawie licznych przykładów, że np. rośliny wodne, które wyrosły nie w wodzie, lecz w gruncie wilgotnym, posiadają tak zmienioną łodygę i liście, że stają się nowym gatunkiem. Píše on mianowicie: „dopóki jaskier wodny (*Ranunculus aquatilis*) pogrążony jest w wodzie, dopóty liście jego są bardzo delikatnie włoskowato wycięte, skoro jednak łodygi dosięgną powierzchni wody, zaokrągłą się i staną się pojedynczo płatkowate. Jeżeli niektórym osobnikom tej rośliny udaje się przekopać w gruncie wilgotnym, lecz nie pogrążonym pod wodą, to pędy ich są krótkie, a liście nie podzielone na nacięcia włoskowate, wskutek czego powstaje *Ranunculus hederaceus*, uważany przez botaników za osobny gatunek (cytowane według Nussbauma). Tak samo rośliny nizinne przeniesione w góry, o ile nie zginą, lecz utrzymują się przy życiu, to tak znacznie się zmieniają, że również stają się nowymi gatunkami.

W świecie zwierzęcym obok bezpośredniego działania czynników zewnętrznych, ważnym bardzo czynnikiem, kształtującym ustrój, jest używanie lub nieużywanie pewnego organu.

Używanie danego organu doprowadza do jego silniejszego rozwoju, nieużywanie zaś—do osłabienia, a nawet całkowitego zaniknięcia. Wraz więc ze zmianą warunków zewnętrznych następują zmiany w budowie zwierzęcia. Dla zwierząt, które posiadają rozwinięty system nerwowy, Lamarck przyjmował jeszcze trzeci czynnik kształtujący i zmieniający ich organizację, t. zw. czucie wewnętrzne. Lamarck rozumiał przez to zjawiska następujące. Twierdził on, że w tych przypadkach warunki zewnętrzne działają pośrednio. Mianowicie, zwierzęta odczuwają stałą zmianę w warunkach, wskutek czego zjawiają się w nich nowe potrzeby.

Nowe potrzeby wywołują nowe czynności, te zaś doprowadzają do nowych przyzwyczajzeń. Na skutek nowych potrzeb i przyzwyczajzeń zwierzę, nie mogąc im zadosyćuczynić, usiłuje przez swe czucie wewnętrzne wykonywać pewne nowe czynności; powoduje to powstanie nowych narządów, względnie znaczną zmianę już istniejących. Jeden z przykładów, podany przez Lamareka, najlepiej rzecz całą wyjaśni. Dotyczy on powstania różnych nóg u ptaków, które niewątpliwie pochodzą od jakiegoś wspólnego prototypu. Lamarck wyjaśnia różne kształty nóg ptasich w sposób następujący. Ptaki,

zmuszone do przebywania w okolicach, obfitujących w wody i do zdobywania sobie pożywienia w takich warunkach, usiłowały się utrzymać na wodzie, czyli pływać. W tym celu rozszerzały palce u nóg, by się najskuteczniej utrzymać na wodzie, wskutek ciągłego rozszerzania się palców skóra u ich nasady rozciągała się, skutkiem czego powstała błona pływna między palcami. Zdaniem Lamareka, w taki sam sposób powstały błony pływne i u innych zwierząt, jak np. u żaby, bobra i t. p.

Tak samo ptaki, żyjące wyłącznie na drzewach, usiłowały obejmować palcami gałęzie drzewne tak skutecznie i mocno, aby się na nich utrzymać w czasie wiatru lub snu. W sposób analogiczny powstały u tych ptaków długie palce, zakończone długimi pazurami, a natomiast o stosunkowo małym rozstępie pomiędzy palcami.

Ptaki, zmuszone do życia na terenach bagnistych, grząskich, chcąc zdobyć sobie pożywienie, musiały się przyzwyczaić do brodzenia, a że usiłowały nie zapadać się w bagno, więc w rezultacie wytworzyły u siebie nogi długie brodzieców, a często również i długie szyje, przydatne do żerowania.

W podobny sposób tłumaczy Lamarek różne właściwości ssaków roślinożernych. Powiada on, że żywienie się trawą, wymagające bardzo wiele czasu na zdobycie potrzebnej ilości pokarmu, doprowadziło te zwierzęta do wytworzenia właściwych dla nich nóg, przydatnych tylko do stapania i utrzymywania zwierzęcia w pozycji stojącej, a natomiast, wskutek nieużywania zupełnie nieprzydatnych do chwytania przedmiotów, czepiania się lub łażenia po drzewach.

U ssaków tych, jako rezultat powyższych usiłowań, powstała gruba warstwa rogowa na końcach palców, których liczba zmniejszyła się do jednego lub dwóch.

Ponadto jedne, roślinożerce, wskutek zwyczaju wykonywania nielicznych i powolnych ruchów, rozrosły się znacznie, zwiększając swoją masę, jak np.: słoń, bawół, nosorożec; inne, przyzwyczajając się do szybkiego biegu w ucieczce przed drapieżnikami, otrzymały ciała lżejsze, np. antylopy; wreszcie jeszcze inne, usiłując karmić się liśćmi drzew, z braku pożywienia na ziemi w suchych okolicach podzwrotnikowych, osiągnęły najlepszą do tego celu postać, jaką posiada żyrafa.

We wszystkich tych przypadkach, zdaniem Lamareka, proces kształtujący dane narządy, przebiegał w sposób już opisany.

Darwin inaczej wyobrażał sobie przebieg ewolucji organizmów. Poglądy swoje na tę sprawę wyłożył on w głównym swem dziele, jednocześnie pierwszym, jakie wydał (w r. 1859), p. t.: „O powstawaniu gatunków drogą do-

Teorja Darwina.

boru naturalnego, czyli o utrzymywaniu się doskonalszych ras w walce o byt¹⁾).

W książce tej wyrażona jest teoria ewolucyjna Darwina, a jej krótkie ujęcie mieści się w tytule książki.

Nowe gatunki powstawały w przyrodzie jako wynik działania doboru naturalnego. Dobór naturalny jest rezultatem walki o byt. Walka o byt więc jest głównym czynnikiem, który sprawia, że w świecie organizmów istnieje stopniowy, lecz nieustanny rozwój, czyli ewolucja.

**Dobór
sztuczny.**

Ideę doboru naturalnego oparł Darwin przedewszyst-
kiem na bardzo sumiennie i wszechstronnie zbadanych
faktach doboru sztucznego.

Przez dobór sztuczny rozumiemy działalność człowieka, stosowa-
ną od najdawniejszych czasów względem hodowanych roślin i zwie-
rząt w celu otrzymania nowych, pod jakimkolwiek bądź względem
korzystnych odmian. Działalność ta mogła być świadoma lub nie-
świadoma, a jednak zawsze doprowadzała do powstawania nowych
odmian. Stosowana współcześnie, w naszych czasach daje w rezul-
tacie liczne nowe odmiany. „Gdy porównamy, mówi Darwin, zaprę-
gowego konia z rasowym, dromadera z wielbłądem, rozmaite rasy
owiec przystosowane do uprawy łąk lub pastwisk górzystych, jedne
z wełną przydatną do takich, drugie — do innych celów, skoro po-
równamy dalej tak liczne rasy psów, przynoszące rozmaity pożytek
człowiekowi, jeżeli zestawimy koguta bojowego, tak zapalczywego
w walce, z innemi mało kłótliwemi rasami, gdy porównamy wreszcie
to mnóstwo ras roślin: zbożowych, owocowych, warzywnych i ozdoby-
nych, pod tak rozmaitemi względami o różnych porach roku, poży-
tecznych dla człowieka lub też dla oka przyjemnych, to będziemy
musieli, jak sądzę, uznać w faktach tych coś więcej nad prostą
zmienność. Nie możemy przypuścić, aby wszystkie te formy po-
wstały nagle, w tak doskonałym i tak pożytecznym dla człowieka
stanie²⁾).

Skoro tak nie było i być nie mogło, to jedynem wyjaśnieniem
będzie, że człowiek posiada zdolność nagromadzania pewnych zmian,
występujących w organizacji rośliny lub zwierzęcia drogą doboru.
„Natura, według Darwina, sama wytwarza stopniowo zmiany, czło-
wiek zaś nadaje im pewien pożyteczny dla siebie kierunek”. Przy-
tem postępowanie człowieka idzie w dwóch kierunkach. Zmiany te
mogą być spotęgowane lub osłabione.

¹ W oryginale: „On the origin of species by means of natural selection
or the preservation of favoured races in the struggle for life.

²⁾ Wszystkie dosłowne powiedzenia Darwina, umieszczone w cudzysłowach,
są cytowane według Nusbauma.

Jest rzeczą znaną, że człowiek bardzo często zupełnie świadomie dąży do otrzymania jakiejś nowej odmiany. Lecz bardzo często bywa, że zmiany te zostały uzyskane bezwiednie, tylko dlatego, że każdy hodowca usiłuje otrzymać i rozmnażać w następstwie najlepsze, najpiękniejsze osobniki. Niejednokrotnie wszakże zdarza się, że odmiana, uzyskana drogą doboru sztucznego, posiada oprócz cech dla hodowcy dodatnich w stopniu spotęgowanym, również i cechy ujemne, które się zwiększyły. Objasnia się to występowaniem t. zw. korelacji.

Korelacja jest to zjawisko, które polega na tem, że w każdym organizmie roślinnym i zwierzęcym istnieje zależność, korelacja, między poszczególnymi znamionami budowy. Więc np. w związku z budową uzębienia jest budowa przewodu pokarmowego; w związku z budową przewodu pokarmowego—budowa kończyn i t. p.

Cechy t. zw. korelatywne mogą być bardzo różnorodne. Stwierdzono np., że u owiec w związku z cienkością wełny jest budowa rogów, jako cecha morfologiczna, oraz pewne cechy biologiczne, jak: wrażliwość na wilgoć i rodzaj pożywienia.

Dobór sztuczny jest czynnikiem, stosowanym przez człowieka od najdawniejszych czasów, i jakkolwiek niewiele mamy pod tym względem wiadomości zupełnie pewnych, to jednak wiadomo, że już Plinusz znał szczegółowe prawidła doboru, znane także i na Wschodzie.

Według Darwina, te same zjawiska zmienności ustrojów, które w hodowli przy stosowaniu doboru sztucznego doprowadzają do powstania nowych odmian, zachodzą wszędzie wśród zwierząt i roślin dziko żyjących. Jak w hodowli powstają osobniki, posiadające pewne zboczenia, odchylenia, od typu rodzicielskiego, tak samo i w przyrodzie również rodzą się osobniki z pewnymi cechami odmiennymi, niż cechy rodziców, a przez stopniowe spotęgowanie się tych cech w następnych pokoleniach mogą powstawać nowe odmiany. Darwin twierdzi, że niema jakościowej różnicy między odmianą i gatunkiem i niema ścisłego kryterjum, któreby pozwoliło na odróżnienie odmiany od gatunku.

Zdaniem Darwina, nowe, powstające w przyrodzie odmiany stanowią punkt wyjścia dla nowych gatunków, które zaczynają się wówczas, gdy ilość cech, różniących odmiany, zwiększy się w stopniu dostatecznym. Według Darwina zatem, niema żadnych zasadniczych różnic między powstawaniem nowych odmian w hodowli i w przyrodzie. A jeśli między odmianami, jakie powstały w hodowli, mogą się wytworzyć tak wielkie różnice, jak np. między odmianami gołębi, królików i t. d., pochodzącymi od jednego dzikiego gatunku, to w przyrodzie odmiany takie przedstawiać się nam będą jako zupełnie odrębne gatunki i za takie będziemy je uważali.

Jeśli zaś uświadomimy sobie, że świat organiczny istnieje miliony lat i tak też długo działają na postaciach organiczne czynniki ewolucji, to zrozumiemy łatwo niezwykłą różnorodność tych form zwierzęcych i roślinnych, jakie na ziemi istnieją.

Dobór naturalny. W hodowli powstanie nowych odmian, a przede wszystkim utrwalenie się pewnych cech, dzieje się wskutek działania doboru sztucznego, który świadomie lub nieświadomie jest w rękach człowieka. W przyrodzie zachodzi inny dobór, dobór naturalny. Według Darwina, dobór naturalny dokonywa się w przyrodzie stale i nieustannie, a czynnik woli ludzkiej zastępuje inny, o wielokroć większym znaczeniu. Czynnikiem tym jest walka o byt.

Wskutek tej walki, wszelkie zmiany, czy zboczenia, choćby najmniejsze, jeśli tylko będą korzystne dla danego gatunku, to będą sprzyjać jego zachowaniu się przy życiu. Przenosząc się na potomstwo, z czasem spotęgują się, stając się większymi przekształceniami. Takie przekształcenia prowadzą do powstawania nowych ras, a więc i nowych gatunków. Walka o byt byłaby zatem najważniejszym czynnikiem ewolucji.

Termin ten, wprowadzony do nauki przez Darwina, jest obecnie w powszechnym użyciu, jakkolwiek bardzo często w znaczeniu odmiennym, niż to, jakie mu nadawał Darwin.

Darwin przez walkę o byt rozumiał całe życie ustroju wobec powszechnej zależności jednych istot od drugich, a również zależności od czynników fizycznych, przyczem walka nie jest rozumiana jako czynna akcja jednych istot przeciwko innym, lecz raczej przede wszystkim jako bierne, lecz skuteczne przystosowanie się do warunków życia. W konsekwencji tak rozumianej walki o byt wynika, że bronią w tej walce nie będą kły, pazury, jad i t. p., lecz te wszelkie czynniki, dzięki którym dana istota wyżyje i rozmnoży się.

Aby to lepiej zrozumieć, należy zdać sobie sprawę z przyczyn, które wywołują walkę o byt. Przyczynami temi są: powszechne dążenia każdego ustroju, aby się wyżywić i rozmnożyć. Jak wiadomo, zdolność do rozradzania się jest tak wielka w całej przyrodzie bez względu na to, jaką drogą to rozradzanie się zachodzi, że każda istota, mogąc się rozmnażać swobodnie i nie ginąc inaczej, jak tylko śmiercią naturalną, w krótkim czasie zajęłaby całą ziemię.

Jeżeli, jako przykład wziąć słonia, zwierzę, które podobno najwolniej się rozmnaża, gdyż w ciągu stoletniego okresu życia samica może wydać tylko sześcioro młodych, to jednak z jednej pary, tylko w czasie 750 lat powstałoby 19 milionów osobników, gdyby tak wiele ich nie ginęło w walce o byt. Już Linneusz obliczył, że gdyby jakaś roślina wydawała zaledwie dwa nasiona rocznie, a niema roślin tak mało nasion wydających, to po upływie lat 20 mieliśmy już milion nasion.

Walka o byt sprawia, że w przyrodzie ustala się pewna równowaga, wskutek której na ziemi może obok siebie istnieć tyle milionów gatunków roślin i zwierząt. Lecz wystarczy, aby dla jednego gatunku zaszły pomyślniejsze warunki egzystencji, a w bardzo krótkim czasie gatunek taki rozradza się w sposób niezwykle. Takie znane przykłady, jak: rozmnażanie się szarańczy wędrowniej, śledzia, chrabąszcza majowego i wielu innych organizmów, które się od czasu do czasu masowo pojawiają, dowodzą, że warunki klimatyczne, ilość pożywienia, mniejsze rozmnożenie się naturalnych wrogów danych istot są również czynnikami w walce o byt, w tych przypadkach czynnikami dodatnimi. Darwin wiele razy wskazuje, że istoty, żyjące na ziemi, są zależne od siebie i od czynników zewnętrznych.

Jako przykład takiej zależności można przytoczyć przypisywane Darwinowi powiedzenie, że istnieje wpływ kotów na urodzaj koniczyzny.

Rzecz napozór niemożliwa, a jednak zupełnie prawdopodobna. Albowiem urodzaj koniczyzny, t. j. ilość wytworzonych nasion zależy od dobrego zapylenia. Badania wykazały, że zapylenie u koniczyzny robią trzmielce. Ilość trzmieli jest znów zależna od ilości myszy, które są głównymi wrogami tych owadów, niszcząc im miód i gniazda, oraz pożerając je w zimie. Ilość myszy w pewnym stopniu przynajmniej, a szczególnie w okolicach wsi i miast niewątpliwie zależy od ilości kotów. A więc: im więcej kotów, tem mniej myszy, im mniej myszy, tem więcej trzmieli, im więcej trzmieli, tem lepszy urodzaj koniczyzny.

Powstawanie gatunków osiągane jest drogą doboru, dobór zaś w przyrodzie stwarza walka o byt. Wynika z tego, że zachowują się tylko te osobniki, które potrafiły uchronić się od zniszczenia i rozmnożyć. Są to te „doskonalsze osobniki”, o których pisze Darwin. Wszakże, określenia: doskonalszy, tak samo, jak i walki o byt nie należy rozumieć dosłownie. Doskonalszy, to nie koniecznie obdarzony silniejszymi mięśniami, większymi pazurami, szybszym lotem i t. p. Przeciwnie, doskonalszy to tylko lepiej przystosowany. Jak to rozumiał Darwin, wyjaśnia najlepiej jeden z przykładów, który on przytacza. Zauważono mianowicie, że na niektórych wyspach oceanicznych, gdzie panują silne wiatry, znaczna większość owadów, należących do rzędów skrzydlatych, zatraciła skrzydła.

Przyczyna tego zjawiska jest następująca. Owady latające, a więc o dobrze rozwiniętych skrzydłach, były narażone na zgubę, gdyż na niewielkich wyspach wiatr unosił je na morze i zatapiał. Owady zaś nie latające, albo latające słabo, łatwiej utrzymywały się przy życiu i rozmnażały.

W każdym następnym pokoleniu przechowywały się najlepiej znów osobniki bezskrzydłe. Po szeregu pokoleń proces taki musiał doprowadzić do powstania najpierw odmian, a potem gatunków bezskrzydłych.

Teorja
De Vriesa.

Tak się przedstawia teoria Darwina w najważniejszych punktach. Inną teorię ewolucyjną utworzył De Vries.

Hugo De Vries, holender, uczonego współczesny, zwrócił uwagę na fakty, znane również i dawniejszym uczonym, tylko, że gdy tamci nie przypisywali tym faktom większego znaczenia, De Vries na takich faktach oparł swoją teorię. Już Darwinowi znane były fakty nagłego występowania w pewnych pokoleniach osobników, o wybitnie różnych cechach w porównaniu z innymi osobnikami danego gatunku. Np. w początkach w. XIX otrzymano nową odmianę pszenicy z jednego osobnika, który hodowca zauważył i oddzielił, gdyż tak bardzo różnił się wielkością i kolorem kłosa. Ten właśnie kłos dał początek nowej odmianie. Tak samo powstała pewna odmiana beznogi owiec.

De Vriesowi udało się zaobserwować ciekawy przypadek, dotyczący pewnej rośliny, a mianowicie wiesiołka (*Oenothera*). Mianowicie, w jednym roku obok zwykłych wiesiołków pojawiło się w Holandji odrazu kilka form odmiennych, nowych; różnice, jakie wystąpiły u tych osobników, były większe, aniżeli różnice wahań indywidualnych. Badanie tych i tym podobnych faktów doprowadziło De Vriesa do wygłoszenia następującej teorii. Nowe gatunki powstają bardzo często nie wskutek nagromadzenia się drobnych cech, jak to przypuszcza Darwin, lecz nagle wskutek nieznanych bliżej przyczyn. Odrazu mogą się pojawić w obrębie danego gatunku postaci zupełnie odmienne o wyraźnych znamionach. Znamiona te przenoszą się na następne pokolenia i w taki sposób powstaje szereg nowych gatunków.

De Vries taką skłonność do nagłych zmian zauważył u wiesiołka, potem różni uczeni obserwowali ten sam objaw u innych gatunków zwierzęcych i roślinnych.

Nie jest zbadane, czy każdy gatunek roślinny i zwierzęcy podlega takim nagłym zmianom, tak samo niewiadomo, czy zmiany mogą zachodzić wiele razy w jednym gatunku, lecz jest możliwe przypuszczenie, że każdy gatunek może się znajdować w takim okresie, w którym skłonny jest do wytwarzania odmiennych postaci, dających początek nowym gatunkom.

Powstawanie gatunków w sposób powyższy zostało nazwane mutacją, albo rozwojem skokowym, teoria zaś De Vriesa nosi inaczej miano teorii mutacyjnej.

Oprócz teorii Lamarcka, Darwina i De Vriesa, istnieją jeszcze inne teorie ewolucyjne. Cechę ich stanowi przedewszystkiem to, że, poszukując przyczyn rozwoju, rozważają pod tym względem nie organizm, jako całość, lecz jego elementarny składnik, czyli komórkę.

Skoro istnieje wiele teorii ewolucyjnych, to można by zapytać, która z nich jest najlepsza. Wszakże na pytanie takie nauka nie daje odpowiedzi. Każda z tych teorii zawiera twierdzenia, które przez naukę są uważane za udowodnione, i każda posiada twierdzenia wątpliwe.

W teorii Lamarecka zdaje się nie ulegać zakwestjonowaniu jego pogląd na działanie i znaczenie czynników zewnętrznych, które wszyscy badacze stwierdzają na bardzo licznych przykładach. Lecz pogląd Lamarecka na działanie t. zw. czucia wewnętrznego podlegał krytyce i nie godzi się z współczesnymi poglądami.

W teorii Darwina idea doboru, jako rezultatu walki o byt, również jest powszechnie uznana, tem bardziej, że wpływ oddziaływania doboru sztucznego jest oczywisty. Natomiast wątpliwa jest kwestja powstawania pierwszych widocznych, a korzystnych dla gatunku zbożeń. Nie można jasno wytłumaczyć tego zjawiska i Darwin sam wiedział, że sprawa ta nie jest przez jego teorię należycie wyjaśniona.

Oparta na dokładnie stwierdzonych faktach teoria De Vriesa również dowodzi, że mutacyjne, skokowe powstawanie gatunków musi być rozważane jako zjawisko, występujące w przyrodzie.

Wszystkie teorie ewolucyjne dowodzą, w jaki sposób mógł się odbywać na ziemi stopniowy rozwój organizmów, czyli, jak się mogła dokonać ewolucja.

Wynika z tego, że, o ile przebieg ewolucji, czynniki, które ją wywołują i t. d. mogą stanowić przedmiot różnorodnych zapatrywań, to istnienie ewolucji zdaje się być faktem, a ewolucjonizm jest poglądem powszechnie uznanym i przyjętym.

Tak też jest obecnie w istocie rzeczy. Różni badacze rozmaicie zapatrują się na przebieg ewolucji. Lecz sama idea zmienności form organicznych i ich rozwoju jest już ostatecznie ugruntowana w nauce i niema dzisiaj badaczy, którzyby przyjmowali, że w przyrodzie istnieje stałość gatunków.

Trzeba wszakże pamiętać, że o ile ewolucja jest uznanym faktem, to jej przebieg na ziemi, to znaczy dokonywanie się w świecie zwierzęcym i roślinnym jest dotąd zupełnie niewyjaśnione. Pod tym względem we współczesnej nauce poglądy nie są ustalone. Znaczy to, że zupełnie niewiadomo, jak się rozwijał świat roślinny i zwierzęcy w tem znaczeniu, że nieznanne jest jeszcze pochodzenie nie tylko gatunków, lecz całych rzędów, gromad i typów.

Przyrodniczy dawniejsi, stojąc na stanowisku ewolucyjnym, usiłowali odtworzyć sobie rozwój świata organicznego; inni służyli, wykreślić genealogję wymarłych i żyjących organizmów. W usiłowaniach tych widzieli oni konsekwencję zapatrywań ewolucyjnych. Wszakże wszelkie badania z zakresu różnych dziedzin wiedzy przy-

rodniczej, dostarczające niezliczonych dowodów zmienności ustrojów, ich rozwoju stopniowego i nawet wzajemnych pokrewieństw, nie dały jeszcze dostatecznego materiału, aby można było w sposób ścisły odtworzyć sobie rozwój rodowy roślin i zwierząt.

I jeśli obecnie, stojąc na stanowisku ewolucyjnym, szeregujemy np. zwierzęta: pierwotniaki, jamochłony, robaki, ... kręgowce, to nie znaczy to wcale, aby na tej podstawie można było wyprowadzać: jamochłony od pierwotniaków, robaki od jamochłonów i t. d. Tak samo, przypisując olbrzymie znaczenie t. zw. postaciom przejściowym (pratchawiec, dziobak i in.), ze względu na ich wartość dla nauki o zmienności ustrojów, nie mamy żadnych podstaw do mniemania, że postacie te są przodkami jakichkolwiek form, współcześnie żyjących. Ani ssaki nie pochodzą od dziobaka, ani ptaki od Archeopteryxa. Przypadki takie, gdzie badacze znają bezpośrednich przodków, są bardzo rzadkie (np. przodków konia), naogół zaś nie dotąd nie wiemy o pochodzeniu rzędów, gromad lub typów.

Mamy zato bardzo wiele dowodów, przemawiających za tem, że ewolucja dokonywała się na ziemi w sposób zupełnie odmienny, niż sądzono do niedawna, gdy przypuszczano, że ewolucjonizm wymaga założenia, że dzisiejszy świat zwierząt i roślin pochodzi od najprostszych przodków. Takie fakty, jak brak istotnych biologicznych kryteriów, któreby pozwalały na uzasadniony podział istot na wyższe i niższe, jak występowanie odrazu przedstawicieli wszystkich niemal typów w najstarszych epokach geologicznych, przemawiają za tem, że wprawdzie ewolucja istnieje, lecz zupełnie nie wiadomo, jaki był jej przebieg na ziemi. Można to wyjaśnić obrazowo w sposób następujący. Dawniej przyjmowano, że świat zwierzęcy i roślinny można wyobrazić jako wielkie drzewo. Wspólnym dla wszystkich gałęzi pniem tego drzewa byłyby te praistoty, z których powstały wszystkie typy, rzędy, gatunki, zwierzęce lub roślinne.

Obecnie przeważa pogląd, że jeśli współczesne formy organiczne przyrównywać do licznych gałęzi rozrośniętego drzewa, to niewiadomo, gdzie są pnie, z których te gałęzie wyrosły, ile ich jest i w jakim są wzajemnym stosunku.

Już Darwin, rozważając pochodzenie świata zwierzęcego, zastanawiał się również nad pochodzeniem człowieka. Ważna to kwestja, którą od czasów Darwina zajmują się bardzo liczni badacze, nie jest jednakże przez naukę poznana w stopniu dostatecznym, wobec braku danych paleontologicznych, odnoszących się do przodków człowieka. Wszystkie bowiem dane, jakie nauka posiada, odnoszą się do istot, które już były ludźmi, t. j. stanowiły rodzaj *Homo*. Wobec tego pochodzenie czło-

**Pochodzenie
człowieka.**

wieka jest równie niejasne, jak i wielu organizmów roślinnych i zwierzęcych.

Należy stwierdzić, że rozpowszechnione mniemanie, jakoby, według Darwina, człowiek pochodził od małpy, jest zupełnie błędne. Tego Darwin nigdzie nie napisał, a jego pogląd na tę sprawę najłatwiej poznać w dziele p. t.: „Pochodzenie człowieka” (The descent of man), istniejącym w polskim przekładzie Nusbauma.

XXI. DZIEDZICZNOŚĆ. REGUŁY MENDELA¹⁾.

Wszystkie teorie ewolucyjne są oparte na założeniu, że cechy, nabyte przez organizm, przenoszą się na następne pokolenia, czyli, że się dziedziczą. Dawniejsi zwłaszcza biologowie, Lamarck i Darwin, w zupełności przyjmowali dziedziczenie się wszelkich cech, tak dalece, iż sądzili, że przenieść się mogą na potomstwo nawet cechy, uzyskane przez ustrój przypadkowo, np. okaleczenie. Bliższe i dokładniejsze zbadanie tego bardzo ważnego zagadnienia wykazało, że rzeczy nie przebiegają tak prosto. Istnieje bardzo wiele dowodów, że dużo różnorodnych cech nie dziedziczy się zupełnie.

Nie dziedziczą się np. wszelkie okaleczenia u ludzi, które, jako związane z obrzędami religijnymi, trwają niewątpliwie w niezmienionej postaci przez dziesiątki pokoleń, jak np. spotykane u różnych ras wybijanie pewnych zębów, dziurawienie uszu lub przegród nosowych. Droga doświadczalną wykazano również, że tego rodzaju cechy nie przenoszą się na potomstwo, stosując okaleczenia do zwierząt przez wiele pokoleń. Nie dziedziczą się również takie cechy, jak mowa u ludzi.

Powstaje wobec tego bardzo ważny problemat, dotyczący dziedziczenia cech nabytych. Problemat ten ma ogromnie doniosłe znaczenie nie tylko dla biologa, lecz również dla hodowcy, psychologa, lekarza, wreszcie nawet dla prawnika.

Przez dziedziczenie cech nabytych należy rozumieć zjawisko następujące. Jeśli na jakiś ustrój A działa czynnik b, to ustrój może na działanie czynnika b zareagować w jakiś sposób. Jeśli ta sama reakcja, która może się ujawnić w rozmaitych formach, zawsze występować będzie we wszystkich następnych pokoleniach ustroju A, jakkolwiek na te pokolenia czynnik b już więcej nie oddziaływa, to wówczas ta reakcja będzie odziedziczoną cechą nabytą.

Zakwestjonowanie zjawisk dziedziczenia się cech nabytych w takiej postaci, jak to rozumieli Lamarck i Darwin, spowodowało tysiące badań. Jest rzeczą oczywistą, że mamy do czynienia z faktami, które jakgdyby przeczą sobie. Z jednej bowiem strony doświadczenia, jak przytoczone, wykazują, że różne cechy nabyte nie przenoszą się na potomstwo; z drugiej, gdyby nie było dziedziczenia się cech, toby nie mogło być ewolucji, gdyż nie byłoby zmienności

¹⁾ Rozdział dodatkowy.

form organicznych. Badania, które wykonali uczeni dla wyjaśnienia tej kwestji, a były one robione na najróżnorodniejszym materiale zwierzęcym i roślinnym, można podzielić na dwie grupy. Jedna grupa to badania, które dziedziczenia się cech nie wykazały, jak np. przytoczone powyżej, druga ujawnia takie dziedziczenie się. Wykazano więc, że okaleczenia, robione na kukurydzy, przenosiły się jako reakcje różnego rodzaju, widoczne w budowie łodygi i liści. Dalej przekonano się, że dziedziczą się takie cechy, jak np. okres wegetacyjny u roślin. Stwierdzono mianowicie, że pszenica letnia, która sprowadzona z Niemiec środkowych dojrzewała w Norwegji, z początku w ciągu 103 dni, skróciła okres wegetacyjny do dni 75 i cechę tę, jako nabytą odziedziczyła, będąc następnie przeniesioną z powrotem do Niemiec. Tak samo okazało się, że dziedziczą się znamiona nabyte pod wpływem działania zmienionej temperatury na poczwaraki różnych motyli. Tak samo okazał się dziedzicznym wpływ zmienionych czynników zewnętrznych na różne płazy, np. na salamandry.

Ze zwierzętami temi zrobiono między innymi następujące doświadczenie. Salamandry, jak wiadomo, legą larwy w ilości kilkunastu do kilkudziesięciu. Larwy te przebywają w wodzie, są wówczas skrzelodyszne, a dopiero po kilku miesiącach przeobrażają się, wychodzą na ląd, tracą skrzelę i stają się podobne do dorosłych. Hodując salamandry bez wody, uzyskano takie wyniki, że salamandry legły bardzo małą ilość młodych (dwa), już zupełnie przeobrażonych. Gdy powstałe tą drogą osobniki zaczęto hodować w warunkach normalnych, to jednak zaczęły one łąc znacznie mniejszą ilość larw, niż pierwotnie i znacznie bliższych przeobrażenia.

Te sprzeczne rezultaty doprowadziły uczonych do rozlicznych poglądów na kwestję dziedziczenia się cech nabytych.

Zagadnienie to nie jest jeszcze ostatecznie wyjaśnione, lecz liczne badania doprowadziły do pewnych wniosków, które są przyjmowane przez bardzo wielu uczonych. Wnioski te są następujące. Wszelkie, działające na organizm czynniki, okaleczenia i t. p. nie dziedziczą się, o ile oddziaływały tylko na pewne okolice ciała, względnie narządy; dziedziczą się zaś te tylko zmiany, które oddziaływały na cały ustrój tak znacznie, że wywarły wpływ na komórki rozrodcze i wywołały w nich zmiany.

Pogląd ten tłumaczy, dlaczego cechy nabyte dziedziczą się w jednych przypadkach, nie dziedziczą zaś w innych. Należy przypuszczać, że gdy czynnik jakiś, działający na ustrój, działał w czasie tworzenia się elementów rozrodczych i działał tak silnie, że wpłynął na elementy rozrodcze i wywołał w nich zmiany, to wówczas taka cecha nabyta staje się dziedziczną.

O ile zagadnienie, czy i o ile dziedziczą się znamiona nabyte nie jest ostatecznie rozstrzygnięte, o tyle daleko dokładniej poznane są zjawiska, dotyczące przenoszenia się

Bastardacja.

cech osobników obu płci na następne pokolenia. Ważne te zjawiska dotyczą t. zw. bastardacji, czyli krzyżowania się osobników, należących do różnych jednostek systematycznych. Naogół, krzyżowanie się ze sobą przedstawicieli różnych gatunków, a tem bardziej wyższych jednostek systematycznych, np. przedstawicieli rodzajów lub roślin, jest bardzo rzadkie. To też zjawiska bastardacji najlepiej poznano, badając osobniki, powstałe ze skrzyżowania dwóch różnych odmian, czyli ras jednego gatunku.

Obserwując krzyżowanie się różnych gatunków zwierząt i roślin w przyrodzie, a także, badając te zjawiska w hodowli, poznano jednak różne bastardy, czyli mieszańce. Znajdują się one w różnych gromadach, np. wśród ryb, płazów, wszakże najliczniej występują wśród ptaków. Np. kura domowa daje się krzyżować z pantarką, głuszcem, jarząbkiem, cietrzewiem; bażant z cietrzewiem, głuszcem; kuropatwa z jarząbkiem; tak samo znane są mieszańce różnych gołębi, krukowatych, drapieżnych. Między ssakami najbardziej znane są muły i osłomuly, jako mieszańce konia i osła, poza tem istniały mieszańce lwa i tygrysa, psa z wilkiem, szakalem, lisem i t. p.

Rodzaje mieszańców. Mieszańce różnych ras ze względu na stosunek ich cech w stosunku do cech rodziców mogą być następujące. Mieszańce pośredkowe, czyli takie, których cechy stanowią środek między cechami rodziców, np. po skrzyżowaniu kury rasy czarnej i koguta białej, otrzymano mieszańce o ubarwieniu mozaikowem, czarno-białem.

Mieszańce wzajem przemienne, gdy mieszańce dziedziczą stale pewne cechy po każdym z osobników, które mu dały początek, np. mieszańce osła i kłaczy — muły mają: głowę, ogon i nogi takie, jak u konia, lecz budowę narządów głosowych, jak u osła i dlatego też ryczą, jak osły. Mieszańce zaś ogiera i osłicy — osłomuly mają: głowę, ogon, nogi, jak u osła, lecz krtań zbudowaną, jak u konia i rża, jak konie.

Trzecim, najważniejszym rodzajem bastardacji jest t. zw. bastardacja rozszczepna, polegająca na tem, że u mieszańców cechy rodziców rozdziela się, rozszczepiają w następnych pokoleniach.

Cechy te rozszczepiają się według pewnych praw, których poznanie nauka zawdzięcza wielkiemu uczonemu Mendlowi, dlatego też prawa rządzące tego rodzaju bastardacją noszą nazwę reguł lub praw Mendla.

Grzegorz Mendel, mnich-augustjanin, później prałat w Bernie na Morawach, działał w drugiej połowie w. XIX.

Reguły Mendla. Reguły Mendla dotyczą krzyżowania się przedstawicieli różnych odmian jednego gatunku i zachowania się mieszańców w pierwszym i następnych pokoleniach.

Pierwsza reguła polega na tem, że wszystkie osobniki pierwszego pokolenia są zupełnie jednakowe i nie różnią się od siebie żadną cechą. Osobniki te mogą być trzech rodzajów: 1) mieć cechy pośredkowe w stosunku do rodziców, więc np. pewne rośliny o kwiecie bia-

łym, skrzyżowane z roślinami o kwiecie czerwonym, dają pokolenie o kwiatach różowych; 2) mieć cechy tylko jednego z rodziców, np. ze skrzyżowania myszy szarej i białej, powstaje pokolenie myszy tylko szarych. W tym przypadku ta z dwóch cech (białość, szarość), która się ujawniła w pierwszym pokoleniu (szarość), nosi nazwę cechy dominującej, ta, która się nie ujawniła (białość)—cechy recesywnej; 3) mieć cechę zupełnie nową, której nie posiadały osobniki brane do krzyżowania; nowa ta cecha jest to t. zw. cecha atawistyczna, czyli cecha przodków. Ze skrzyżowania myszy białej i japońskiej myszy tańczącej, powstają w pierwszym pokoleniu mieszańce szare.

Druga reguła Mendla orzeka, że w drugim pokoleniu, powstałym ze skrzyżowania osobników pierwszego pokolenia, następuje rozszczepienie się cech; wszystkie osobniki mają znamiona tylko jednego albo drugiego z rodziców, przyczem liczba jednych i drugich osobników jest zgóry wiadoma. A mianowicie, w przypadku, kiedy osobniki pokolenia pierwszego miały cechy pośredkowe, to w pokoleniu drugim 25% osobników będzie miało cechy jednego z rodziców, 50%—cechy pośredkowe, 25%—cechy drugiego z rodziców, przyczem, jeśli osobniki z cechami jednego lub drugiego z rodziców będą krzyżowane ze sobą, to przez nieograniczoną liczbę pokoleń dawać będą osobniki tylko z tą jedną cechą, a 50% osobników z cechą pośredkową, krzyżowane ze sobą dadzą znów w następnym pokoleniu osobniki o cechach rozszczepionych i znów w poprzednim stosunku 25%:50%:25%. Osobniki tego pokolenia, krzyżowane ze sobą, jak wyżej, zachowają się zupełnie identycznie.

W przypadku, kiedy osobniki pokolenia pierwszego mają wszystkie cechę jednego z rodziców, czyli dominującą, rozszczepienie cech w pokoleniu drugim nastąpi w sposób taki sam, jak i w przypadku poprzednim, to jest będzie zachowany stosunek 1:2:1, lecz zewnętrznie będzie się to przedstawiało w sposób następujący. 25% osobników mieć będzie cechę tylko dominującą, 25%—cechę tylko recesywną, wreszcie 50% osobników będzie miało cechę dominującą ujawnioną, a cechę recesywną ukrytą. Zachowanie się osobników tego pokolenia, krzyżowanych ze sobą, będzie takie same w następnych pokoleniach, jak w pokoleniu pierwszym i takie same, jak w pierwszym przypadku.

W przypadku, gdy osobniki pierwszego pokolenia wykazują obok cech rodziców cechę atawistyczną, rozszczepianie się cech również zachodzi według stałych stosunków liczbowych, lecz bardziej skomplikowanych.

Badania Mendla i wielu jego następców wyjaśniają nie tylko prawa rządzące rozszczepianiem się cech, lecz i przyczyny, które te zjawiska wywołują. Przyczyny te polegają na następujących faktach. Cechy, które, przenosząc się na następne pokolenia, stanowią o ich wyglądzie i t. d., występują w komórkach rozrodczych, czyli t. zw.

gametach. Z każdych dwóch cech przeciwstawnych w gametach istnieje zawsze tylko jedna cecha. Więc np. cechy przeciwstawne będą: czerwoność i białość kwiatu, czarność i białość zwierzęcia, gładkość i chropowatość nasienia i t. p. Cechy te mogą się łączyć przy zespoleniu gamet zawsze tylko w następujących kombinacjach. Oznaczywszy cechę dominującą przez D, recesywną przez R, będziemy mieli: DD; DR; RD; RR, czyli jedną czwartą osobników o cechach tylko dominujących; jedną czwartą o cechach tylko recesywnych i wreszcie połowę o cechach mieszanych, pośrednich, z jawną cechą dominującą, a recesywną utajoną.

To nam wyjaśnia, dlaczego w pierwszym i każdym następnym pokoleniu będzie znany już stosunek procentowy osobników z cechą dominującą, pośrednią i recesywną.

Oprócz tego, badania zjawisk dziedziczenia się różnych cech w przypadkach krzyżowania różnych ras doprowadziły uczonych do innego jeszcze ważnego wniosku. Na podstawie wielu danych widać należy, że przez cechy, które jako jednostki (t. zw. geny) tkwią w gametach zwierząt i roślin, rozumieć należy nie cechy widoczne, lecz pewne jednostki elementarne, których różnorodne połączenia składają się dopiero na poszczególne cechy, którą odróżniają od siebie rasy, gatunki i t. d.

Znajomość reguł Mendla pozwala zgóry przewidzieć i obliczyć, jak się będą przedstawiały mieszańce każdego pokolenia, oraz tłumaczy wiele zjawisk z zakresu dziedziczności, a zwłaszcza występowania nowych cech, których nie było w poprzednich pokoleniach. Jeśli przyjmiemy, że cechy ustroju, dostrzegane przez nas, są właściwie zespołem występujących jednocześnie cech jednostkowych, czyli genów, to cechy takie mogą być bardzo różnorodne, zależnie od kombinacji genów i różnić się zupełnie od cech rodziców.

Wielu uczonych mniema, że dokładne poznanie zjawisk, podlegających regułom Mendla, spowoduje rozstrzygnięcie tych wszystkich zagadnień, jakie obecnie istnieją w nauce o dziedziczności.

XXII. HISTORJA BIOLOGJI. UCZENI POLSCY.

Każda nauka ma swoją historję, swoją przeszłość; ma ją również i biologja. Dzieje biologji ześrodkowały się więcej w czasach ostatnich, niż innych nauk, gdyż przedewszystkiem rozwój tej nauki zależy od zdobyczy na polu techniki badań, niemniej jednak i dawne wieki przyczyniły się do rozkwitu tej dziedziny wiedzy.

Gdybyśmy w starożytności poszukiwali wielkiego przyrodnika, to okaże się, że pierwszym, wielkim uczonym jest ojciec całej niemal współczesnej wiedzy naszej, Arystoteles. Wprawdzie i starożytni filo-

zofowie wypowiadali ogólniejsze myśli o życiu, lecz Arystoteles pierwszy z wiadomości o przyrodzie uczynił wiedzę.

Arystoteles (384—322 przed Chr.) był niezwykle krytycznym i bystrym obserwatorem i myślicielem, a posiadał przytem olbrzymią wiedzę. Zostawił też po sobie liczne pisma. Z pism treści biologicznej zachowały się tylko zoologiczne, gdyż botaniczne zaginęły. W pismach tych ujawnia Arystoteles taki ogrom wiedzy, że niepodobna przypuszczać, aby wszystkie przez niego podawane fakty znane mu były z własnego doświadczenia. Niewątpliwie korzystał on z cudzych spostrzeżeń, mając wielką po temu łatwość ze względu na swe stanowisko na dworze Aleksandra Macedońskiego, oraz z powodu licznych i wielkich podróży, jakie odbywał w towarzystwie tego zdobywcy.

Znaczenie Arystoteles dla nauki jest tak wielkie, że nie tylko stanowi on najwybitniejszą postać starożytności, lecz całe prawie wieki średnie przeżyły jego ideami, a w sprawach przyrodniczych był on autorytetem aż do czasów oswobodzenia. Oprócz bardzo wielu ścisłych obserwacji i faktów, zawdzięczamy Arystotelesowi odkrycie zasady homologji i analogji, oraz prawa korrelacji, ponadto był on twórcą pierwszego systemu zoologicznego, którego znaczenie było omówione w rozdz. XIX. U tego uczonego również spotykamy po raz pierwszy wyrażoną myśl, którą podjął następnie i rozwinął dopiero wiek XIX. Arystoteles bowiem napisał: „Przyroda przechodzi przez zaledwie dostrzegalne stopnie od jednego rodzaju i gatunku do drugiego, a od człowieka do najmniejszych istot. Wszystkie jej produkty zdają się być połączone nieprzerwanym łańcuchem”.

W czasach starożytnych nie znajdujemy już więcej umysłów, któreby wypowiadały jakies głębsze myśli przyrodnicze.

Zasługują jeszcze na wzmiankę dwaj poeci: Lucretius Carus (I w. przed Chr.) i Owidjusz.

Widzieli oni w przyrodzie walkę o byt, dobór i dopatrywali się w niej stopniowego rozwoju.

Wieki średnie nie przyczyniły się wiele do rozwoju wiedzy biologicznej. Należy jednak zauważyć, że zazwyczaj nasz stosunek do tego okresu w życiu społeczeństw europejskich jest niesłuszny i poniekąd krzywdzący. Zwykło się mówić, że wieki średnie to wieki ciemnoty umysłowej, kiedy każda myśl przyrodnicza w zarodku jeszcze była tępiona. Tak nie było. I jeśli nie możemy mówić o rozkwicie przyrodoznawstwa w tych wiekach, jeśli nie spotykamy wielkich imion od czasów Arystoteles a aż do Odrodzenia, to przyczyn tego należy szukać przedewszystkiem w umysłowości ówczesnego człowieka, którego zagadnienia przyrodnicze nie pociągały specjalnie, a jeśli się z niemi stykał, to w książkach dopiero, a mianowicie w dziełach Arystoteles a. Pamiętać zaś trzeba i o tem, że Arystoteles przez

długie czasy nie był znany zupełnie w Europie i wrócił dopiero drogą okólną przez Arabów i to z początku tylko w przekładach łacińskich. Podówczas, kto się zajmował przyrodą, ten poprzestawać zwykł na komentowaniu Arystotelesa, i stąd nawet błędne jego poglądy stawały się dogmatami, ale wiadomo przecież, jak bardzo człowiek średniowiecza wierzył autorytetom, nie usiłując samodzielnie sprawdzać starych twierdzeń.

Jednakże nawet i w tych czasach istniało pewne zamiłowanie do badań przyrodniczych. Widzimy je z jednej strony wśród uczonych arabskich XII wieku, jak Avicenna, Averrhoes, z drugiej zaś i w Europie mamy tego ślady. Wiemy, że tu i owdzie po klasztorach, zwłaszcza benedyktynów, franciszkanów i dominikanów, zajmowano się przyrodą, a istniały przecież i dzieła przyrodnicze.

Zasługuje na szczegółowszą wzmiankę „Physiologus”. Dzieło to rozechodziło się po Europie w postaci jeszcze rękopiśmiennej, a jak było poczytne dowodzi fakt, że istniały jego opracowania w bardzo wielu językach, nawet takich, jak: hebrajski, ormiański, syryjski i t. p. Kto napisał „Physiologus’a”, nie wiemy, prawdopodobnie był to owoc pracy zbiorowej. Znajdowały się tam różne wiadomości o przedmiotach natury, a przedewszystkiem o zwierzętach i roślinach. Obok faktów prawdziwych pełno w nim przeróżnych bajek, któremi się tak chętnie karmiły ówczesne umysły, jak np. o ptaku phenixie, który żyje tysiąc lat, a potem spala się we własnym gnieździe; o lwie, który po urodzeniu jest kilka dni martwy, aż przychodzi lew ojciec i dmuchnięciem na noworodka powołuje go do życia i t. p.

Oprócz dzieła powyższego, już z XIII wieku datuje się inne, gdzie przedstawiono wszystkie znane zwierzęta w sposób encyklopedyczny, to znaczy, układając opisy o nich w porządku alfabetycznym. W podobny sposób, a więc nie usiłując stwarzać żadnej klasyfikacji, postępowano i znacznie później jeszcze. W wieku XVI zoolog Konrad Gessner w wielkim dziele, o 3500 stronicach p. t. „Historia animalium”, też podaje wiadomości z ówczesnej zoologii w formie encyklopedji, jednakże każdy wielki tom poświęca jednej tylko grupie zwierząt. Warto wspomnieć, że Gessnera „Historję” zdobyły liczne wizerunki zwierząt, a nawet ich budowy anatomicznej, wykonane przez takich ludzi, jak między in. Albrecht Dürer.

Żywy rozwój wiedzy biologicznej, zwłaszcza zaś lekarsko-biologicznej, rozpoczyna dopiero Odrodzenie.

Przodują w tem Włochy. Powstają więc liczne akademje i stowarzyszenia naukowe, jak „Academia lynceorum”, czyli ostrowidzów (rysiów), ryś bowiem ma posiadać wzrok specjalnie przenikliwy. We Włoszech w wieku XVI żyli i działali: Vesalius, Ambrosius Paré, Hieronymus ab Aquapendente. W Szwajcarji — fizjolog Paracelsus.

Że nawet jeszcze owe czasy niezbyt sprzyjały badaniom przyrodniczym, tego dowodzi fakt, iż Vesalius musiał z uczniami po nocach wykradać trupy zлочyńców, rzucone psom na pastwę, albo wisielców z szubienic odcinać, a sekeje przy świetle kaganka robić gdzieś w piwnicy. Ówczesny tłum nie byłby mu przebaczył takiej profanacji zwłok ludzkich.

Jednocześnie zwiększała się wiedza przyrodnicza o coraz to nowych przywożonych z dalekich krajów zwierzętach i roślinach, i w miarę tego wzrastała potrzeba naukowej klasyfikacji.

John Ray (w XVII w.) pierwszy wprowadził do nauki pojęcie gatunku (species), dając mu ścisłą definicję, bo wprawdzie i przedtem już używano tej nazwy (stosował ją i Arystoteles), ale oznaczano nią różne pojęcia.

W tym samym wieku XVII żył wielki biolog Wiliam Harvey, który pierwszy wyjaśnił krążenie krwi i wypowiedział myśl doniosłą, że wszystko, co żyje, rozwija się z jaja. Wówczas też przyrodnik włoski Marcello Malpighi rozpoczyna badanie mikroskopowej budowy organizmów, a Hamm odkrywa plemniki w spermie.

Wiek XVIII jest epoką stopniowego rozkwitu wiedzy przyrodniczej. Jużby trudno było wyliczyć wszystkich uczonych, którzy w tym wieku dzięki badaniom swoim olbrzymio posunęli naukę. W wieku XVIII powstały liczne teorie biologiczne, które nawet do dnia dzisiejszego nie straciły znaczenia. Z pośród wielu ludzi wielkich owego stulecia wymienić należy Linneusza.

Karol Linneusz (1707—1778 r.), Szwed, był pierwszym wielkim reformatorem systematyki roślin i zwierząt. Jego zasługi zostały już omówione w rozdz. XIX.

W kwestjach przyrodniczych ogólnych Linneusz nie stanął na wysokości nawet swoich czasów, był on zwolennikiem stałości, niezmienności gatunków, a że posiadał duży wpływ na współczesnych, więc tu znaczenie jego raczej, jako ujemne należałoby określić, tem bardziej, że Linneusz i jego naśladowcy zajmowali się przedewszystkiem opisywaniem nowych gatunków i w tem widzieli jedyne prawie zadanie przyrodnika.

Ale w wieku XVIII rozkwitają i inne kierunki badania. Badania morfologiczne prowadzą liczni uczeni, którzy przedewszystkiem zajmują się rozwojem organizmu.

Istniały też w w. XVIII i badania fizjologiczne; wreszcie w tym wielkim wieku oświecenia powstała filozofja przyrody, a raczej filozofowanie o przyrodzie, kierunek dla rozwoju nauki szkodliwy, gdyż nie oparty na spostrzeżeniach i obserwacjach, doprowadzał do błędnych spekulacyj. Nową epokę w naukach przyrodniczych zaczyna w. XIX, dając przedewszystkiem nowe poglądy na powstanie świata i istot żywych.

Wiek dziewiętnasty jest wiekiem tak potężnego rozwoju nauk biologicznych, że stajemy już wobec olbrzymiego szeregu uczonych, którzy w tym okresie żyli i działali.

Można więc tylko ogólnie wiek ten scharakteryzować, jako epokę powstania licznych nowych kierunków wiedzy i wielu jej działów.

Systematyka, morfologia, embriologia, fizjologia, nauki doświadczalne, paleontologia—oto nauki, które albo powstają w tym wieku, jako samodzielne działy nauk biologicznych, albo też rozkwit ich największy przypada na to stulecie.

Z kierunków teoretycznych w tym wieku najwięcej rozwinęły się: filozofja morfologii w pierwszych dziesiątkach lat zeszłego stulecia, a potem teorie ewolucyjne. W kierunkach badań konkretnych epokę stanowią lata 1830—1840, które są datą ugruntowania budowy komórkowej organizmów. W wieku tym żyli Lamarck i Darwin.

Jan Chrzciciel de Lamarck (ur. 1744, um. 1829) był to Francuz. Zaczął życie, jako wojskowy; wielkie zamiłowanie do przyrody objawiało się już u niego zamłodu, stało się zaś głównym celem życia, gdy brak zdrowia zmusił go do porzucenia służby wojskowej. Uczony ten najpierw zajmował się botaniką, z tych czasów pochodzą jego wielkie dzieła o florze francuskiej, do dziś posiadające znaczną wartość. Od r. 1794 zaczyna Lamarck studjować zwierzęta, wykładając w Muzeum historii naturalnej w Paryżu zoologję bezkręgowców, gdyż jemu to właśnie powierzono zajęcie się tym chaosem postaci zwierzęcych, które dla Linneusza były tylko owadami i robakami. Jak się z tego zadania Lamarck wywiązał, wiemy już, znając jego systematykę. Oprócz licznych dzieł z zakresu botaniki, zoologji, a nawet geologji i fizyki zostawił Lamarck pracę z zakresu paleontologji o mięczakach kopalnych okolic Paryża.

Badania tak wyczerpały wzrok tego wielkiego uczonego, że na starość oślepl zupełnie. A że był niezamożnym i żył tylko ze swej skromnej pensji profesorskiej, więc ostatnie 10 lat przeżył w ślepotcie i w nędzy tak wielkiej, iż nie było go za co pogrzebać i zwłoki złożono we wspólnym dole. Dziś Francja nie wie nawet, gdzie leżą prochy tego wielkiego jej syna, a największego przyrodnika.

Karol Darwin, Anglik (ur. 1809, um. 1882), był to niezaprzeczenie jeden z największych przyrodników, jakich dotychczas znają dzieje. Wyjątkowe to stanowisko w nauce zawdzięcza nie tylko wielkim zdolnościom, ale i niesłychanej pracowitości obok innych zalet, niezbędnych dla przyrodnika, jak ścisłość, spostrzegawczość, które Darwin posiadał w stopniu bardzo wysokim.

Zaczawszy badania przyrodnicze bardzo młodo, gdyż jeszcze w szkole średniej, Darwin staje się na całe życie zdecydowanym badaczem przyrody po odbyciu podróży na okręcie „Beagle” wkoło

Ameryki Południowej (1831—1836). Pogróż ta dostarczyła mu wielu pomysłów do wszystkich jego późniejszych teorii. Po powrocie Darwin osiadł w miejscowości Down pod Londynem, gdzie przebywał aż do końca życia, i tu w ciszy i spokoju oddawał się pracy naukowej.

Wyniki badań Darwina są bardzo wielkie. Zostały one ujęte zarówno w wielkie dzieła, jak i w pomniejszych notatki. Najważniejsze są: „O powstawaniu gatunków drogą doboru naturalnego, czyli o utrzymywaniu się doskonalszych ras w walce o byt” (r. 1859), „Zmienność zwierząt i roślin w stanie kultury” (r. 1868), „Pochodzenie człowieka” (r. 1871)¹).

Wiek XIX cechuje jeszcze i to, że wiedza biologiczna staje się udziałem całego cywilizowanego świata i niema już dziś kulturalnego narodu, któryby się nie przyczynił do jej rozwoju. I my możemy się poszczycić imionami ludzi, którzy w dziejach biologii poczesne miejsce sobie zdobyli, roznosząc sławę polskiego imienia daleko poza granicę ojczyzny. Najznamienitsi z nich to:

Jędrzej Śniadecki (1768—1838 r.), profesor akademii wileńskiej, autor książki: „Teoria jestestw organicznych”.

Leon Cienkowski (1823—1887 r.), botanik wszechświatowej sławy, jeden z pierwszych na świecie badaczy istot jednokomórkowych, przez obcych uznany, jako jeden z twórców naukowej bakterjologii.

August Wrześniowski (1836—1892 r.), zoolog, badacz wymoczków i skorupiaków.

Marceli Nencki (1847—1901 r.), biolog-chemik, jeden z wielkich twórców współczesnej chemii biologicznej.

Henryk Hoyer (1834—1908 r.), wielki badacz w zakresie drobnowidzowej budowy ciała, czyli t. zw. histologii, odkrywca wielu nowych faktów w tej dziedzinie.

Władysław Taczanowski (1819—1890, r.), sławny na cały świat ornitolog, t. j. badacz ptaków, który opisał wiele nowych gatunków, nadsyłanych mu z całej niemal kuli ziemskiej.

Marjan Raciborski (1863—1917 r.), botanik wielkiej sławy i wielkopomnych zasług, zwłaszcza dla nauki ojczystej.

Józef Nusbaum-Hilarowicz (1859—1917 r.), sławny zoolog, anatom i embriolog, nie tylko badacz, lecz i największy w swej epoce popularyzator wiedzy biologicznej.

Napoleon Cybulski (1854—1919 r.), znakomity fizjolog, zasłużony badacz fizjologii człowieka.

¹) Wszystkie wymienione dzieła Darwina istnieją w przekładach polskich, których dokonali: J. Dickstein, L. Masłowski i J. Nusbaum.

SPIS ROZDZIAŁÓW.

I. Ogólne cechy istot żywych	1
II. O powstaniu życia na ziemi	7
III. Najprostsze organizmy; roślina i zwierzę	12
IV. Komórka. Cechy fizyczne i chemiczne. Budowa komórki. Karyokineza	16
V. Co to jest tkanka. Zespoły komórek. Tkanki roślinne i zwierzęce. Narządy	31
VI. Ogólna morfologia organizmów. Rodzaje symetrii	35
VII. Ruch zwierząt i roślin. Życie osiadłe	41
VIII. Przemiana materji. Oddychanie	47
IX. Przemiana materji stałych. Wydzielanie	56
X. Przemiana energii	64
XI. Krążenie materji i energii w przyrodzie.	70
XII. Rozmnażanie. Rozród bezpłciowy	74
XIII. Rozród płciowy. Budowa jajka i plemnika	80
XIV. Zapłodnienie. Partenogeneza	90
XV. Rozwój jajka. Rozwój zarodka prosty i złożony. Długość życia	97
XVI. Pobudliwość. System nerwowy i narządy zmysłowe	106
XVII. Tropizmy. Instynkt	115
XVIII. Symbioza. Pasożytyzm. Społeczeństwa zwierzęce	120
XIX. Co to jest gatunek. Podstawy współczesnej systematyki	129
XX. Zmienność gatunków. Ewolucjonizm	136
XXI. Dziedziczność. Reguły Mendla	168
XXII. Historia biologji. Uczeń polscy	172

NAUKI PRZYRODNICZE

	Zł. gr.
Centnerszwer M. i Świętosławski W. Podręcznik do ćwiczeń z chemji fizycznej, termochemji i elektrochemji. Z 60 rysunkami.	2 50
Czartkowski A. Ćwiczenia z anatomji roślin. Z atlasem.	1 70
Domaniewski J. Podręcznik zoologii dla szkół wyższych, z 900 rycinami.	20.—
Friedberg W. dr. Zasady geologii. Z 334 rycinami i mapką geologiczną Polski.	8 40
Holleman A. S. dr. Podręcznik chemji organicznej. Wyd 3-cie. Przeł. K. Sławiński i T. Pytasz.	8 40
Jackson I. H. Doświadczenia botaniczne. Z rys.	—65
Kobendza R. i Kołodziejczyk J. Przewodnik florystyczny po okolicach Warszawy. Z rys. i planami.	1 60
Męczkowska T. Metodyka przyrodoznawstwa. Wyd. III.	3 40
Miłobędzki T. dr. Szkoła analizy jakościowej. Wydanie 3-cie.	6 70
Nałkowski W. Geografja fizyczna. Wyd. III, poprawione przez L. Sawickiego.	5.—
Ost H. Technologia chemiczna. Cz. I. Przemysł nieorganiczny, paliwo, gaz, koksownictwo. Z 201 rys. Tłum. J. Harabaszewski i J. Zawadzki.	10.—
— Cz. II. Technologia organiczna. Z 113 rys.	10.—
Siemiradzki J. Podręcznik paleontologii do użytku szkół akademickich. Z 36 tablicami.	—.—
Sokołowski Al. Propedeutyka lekarska. Wstęp do nauk lekarskich ze szczególnem uwzględnieniem historii medycyny polskiej.	3.—
Strasburger E. Krótki przewodnik do zajęć praktycznych z botaniki mikroskopowej. Wyd. 2-gie.	12.—
Sujkowski A. Geografja ziem dawnej Polski. Z ryc. i mapami. Wyd. II.	12.—
Sumiński St. M. i Tenenbaum Sz. Przewodnik zoologiczny po okolicach Warszawy.	—90
Trzebiński J. Jak zbierać i zasuszać rośliny.	—50
Walther J. Wstęp do geologii.	1 35
Ziegler H. E. dr. prof. O obecnym stanie teorii descendencji w zoologii.	—25
Zielowski B. Podręcznik do określenia mineralów.	—25

WYDAWNICTWA M. ARCTA W WARSZAWIE

Biblioteka Muzeum i Inst. Zoologii PAN

K. 2078



1000000000407

