

ZARYS BIOLOGJI OGÓLNEJ

NAPISALI

J. SOSNOWSKI i W. JEZIEŃSKI



WYDAWNICTWO M. ARCTA W WARSZAWIE



przełom

ZARYS BIOLOGJI OGÓLNEJ

napisali

J. Sosnowski i W. Jezierski.



WARSZAWA
NAKŁADEM i DRUKIEM M. ARCTA

1907



573

32.
R. 172
7/2. 464

OD AUTORÓW.

Wśród młodzieży naszej ustawicznie wzrasta zainteresowanie się naukami przyrodniczymi, w szczególności zaś temi z pomiędzy nich, które zajmują się badaniem zagadki życia. Systematyczne kursy zoologii i botaniki, wciśnięte w ramy niewielu godzin wykładowych, nie są w stanie zaspokoić tego usprawiedliwionego dążenia do wiedzy, to też w wielu bardzo szkołach wprowadzoną została w klasach najwyższych t. zw. biologia ogólna, dążąca do tego, ażeby uogólnić, pogłębić, wytworzyć w umyśle ucznia syntezę wszystkich poprzednio zdobytych wiadomości. W tym celu wykładane bywają ogólne zasady budowy organizmów, zależność jej od czynników świata zewnętrznego, teoria rozwoju i wreszcie rozmnażanie się organizmów. Zresztą trudno stawiać dokładne programy tych lekcji — owszem byłoby to nawet rzeczą szkodliwą, gdyż chodzi tutaj nie o materiał do egzaminu, ale o rozwój ogólny umysłowy, o wyrobienie szerszego przyrodniczego światopoglądu, co najlepiej może uczynić nauczyciel powodując się swemi indywidualnymi skłonnościami. Jednocześnie z najlepszym wykładem przyda się

zawsze i książka—choćby dla tego, że wiele kwestji będzie w niej podane pod innym kątem widzenia, niż to czynił wykładający. Wobec tych wszystkich względów postanowiliśmy wydać oddzielnie, szereg wykładów o zasadniczych kwestjach biologicznych w książeczce, którą obecnie do rąk czytelników oddajemy. Nie jest to rzecz popularna w tym znaczeniu, żeby ją mógł czytać człowiek pozbawiony wszelkich wiadomości przyrodniczych; do zrozumienia biegu myśli potrzeba mieć nieco wiadomości z nauk przyrodniczych — mniej więcej tyle, ile powinni posiadać uczniowie klas wyższych.

Co się tyczy podziału pracy, to jeden z nas (Sosnowski) opracował budowę i czynności osobnika, drugi zaś (Jezierski) podał historję gatunków t. j. teorję rozwoju.

I.

Skład chemiczny organizmów.

Od najdawniejszych czasów umysł ludzki czyni wysiłki ustawiczne w celu zrozumienia zawiłych zjawisk, które się odgrywają w istotach żywych. Ale natura pod tym względem z większą, niż gdzieindziej, zazdrością ukrywa swe tajemnice przed okiem badacza. Mimo całego zastępu uczonych, pracujących nad zagadnieniami biologji, postęp w tym kierunku jest bardzo powolny — tak powolny, iż chwilami wszystkie zdobycze naszej wiedzy wydają się ułuda, że czasem odzywają się zdania tchnące nawet takim pesymizmem: „wszystkie zjawiska, odbywające się w organizmie i dające się wytłumaczyć mechanistycznie, nie są wcale zjawiskami życiowymi, również jak nie ma z niemi nic wspólnego ruch liści i gałęzi drzewnych, wiatrem spowodowany”. Taki rozpaczliwy krzyk niemocy tłumaczyć się daje przez właściwą każdemu człowiekowi chęć zbyt szybkiego dojścia do upragnionego celu, ale nie maluje chyba rzeczywistego stanu rzeczy—tego, do czego prowadzi nas chłodny pogląd krytyczny, nie zamułony żadnym afektem. Biologja kroczy ciągle naprzód, zdobywając nowe dla ducha ludzkiego dziedziny; ale żeby ten postęp zobaczyć, trzeba od czasu do czasu zrobić

niejako bilans jej czynów—podsumować nie drobne szczegóły i szczególiki, ale stwierdzone i logicznie dające się połączyć fakty. Taki właśnie kontur obrazu zjawisk życiowych, jaki nam obecnie daje nauka, postaram się wedle możliwości odtworzyć w niniejszej książeczce.

Przedewszystkim trzeba się zaznajomić z materiałem, z którego składają się żywe istoty, czyli z ich składem chemicznym.

Jeżeli weźmiemy do ręki jakąś roślinę lub zwierzę, to przedewszystkim otrzymamy wrażenie mniejszej lub większej wilgotności — stąd łatwo wyprowadzamy wniosek, że owa żywa istota zawiera w swym składzie pewną, dość nawet znaczną ilość wody. Wniosek ten łatwo sprawdzić choćby przez włożenie świeżego trupa jakiego zwierzątka do długiej rurki szklanej i ogrzanie tego końca, gdzie leży zwierzę czy roślina; na drugim — chłodnym końcu rurki zobaczymy zaraz zbierające się krople wody, która tylko z tej martwej istoty pochodzi może. Pozostaje jeszcze dowieść, co nie jest rzeczą trudną, że owa woda nie powstała dopiero dzięki ogrzewaniu, wtedy kwestja będzie zupełnie rozwiązana. Taka jednak jakościowa odpowiedź nam nie wystarcza trzeba jeszcze wiedzieć, ile jest tej wody, a właściwie mówiąc, jaki procent. I to zadanie łatwo jest rozwiązać; wiemy obecnie, że żywe istoty zawierają nieraz bardzo wielkie ilości wody; tak np. jedna z meduz, zwana *Rhizostoma Cuvieri* zawiera 95,4% wody, niektóre inne — koło 98%, ostryga 80,5%, stonoga 68%, wreszcie człowiek 59%.

Tak znaczna ilość wody w żywych istotach ma wielkie znaczenie fizjologiczne: roztwory wodne są najpodatniejszym gruntem dla wielu reakcji chemicznych, które przecież stanowią istotę szeregu zjawisk, obejmowanych przez jeden wyraz — życie.

Idźmy teraz dalej w owej analizie, czyli w poznawaniu składu chemicznego zwierząt i roślin. Jeżeli trupa wysuszymy, a następnie ogrzejemy do stu kilkudziesięciu stopni, to zacznie on powoli stawać się czarnym; proces ten nazywamy zwęglaniem, gdyż czarna barwa powstaje dzięki wydzielaniu się węgla. Stąd znowu nietrudno wywnioskować, że nasz trup, a więc i istota żywa, zawiera znaczną jego ilość. Wogóle nie można znaleźć najdrobniejszej nawet cząstki rośliny lub zwierzęcia, któraby była zupełnie pozbawiona tego pierwiastku. Dalsze badania analityczne wykazują jeszcze, że w skład istot żywych, prócz węgla, wchodzi wodór, tlen, azot, siarka, fosfor, chlor, jod, sód, potas, magnez, wapń i żelazo; rzadziej spotykamy krzem, fluor, brom, glin, mangan, miedź i arsen.

Poznanie jednak samych tylko pierwiastków, wchodzących w skład organizmów, nie jest bynajmniej wystarczające — trzeba koniecznie wiedzieć, jakie związki chemiczne, jakie ciała grają tu główną rolę. Jedno z nich, to jest woda, wspomniane było uprzednio; prócz niej znajdujemy zawsze cały szereg różnych soli nieorganicznych, t. j. nie zawierających węgla, jak np., chlorek sodu, czyli sól kuchenna, różne fosforany, siarczany i t. d. Ale ilość tych składników nieorganicznych jest stosunkowo niewielka,

a znaczenie fizjologiczne do pewnego stopnia podrzędne. Najważniejszymi są związki organiczne, czyli zawierające węgiel; z pomiędzy nich zaś pierwsze miejsce zajmują ciała białkowe, inaczej zwane proteinowemi. Z nich zbudowany jest organizm, tak jak dom z cegły i wapna, podczas gdy wszystkie inne ciała są albo materiałem, z którego ma powstać białko, albo okruskami, na które rozpada się już białko zużyte, albo też mają tylko znaczenie niejako lokalne, grając np. rolę materiału opałowego. Wobec takiego znaczenia ciał białkowych dla spraw życiowych, musimy bliżej się z nimi zapoznać.

W celu uzmysłwienia sobie charakteru ogólnego i cech przynajmniej zewnętrznych tych ciał, wspomnę, że tak zwane białko jaja kurzego jest dla chemika roztworem białka: wprawdzie wchodzi tam kilka jego rodzajów, a prócz tego inne jeszcze związki, to jednak białko jaja wszystkie prawie swoje własności zawdzięcza obecności w nim białka — w znaczeniu chemicznym. Przedewszystkiem tedy wiele ciał proteinowych rozpuszcza się w wodzie dystylowanej, inne zaś dopiero w wodzie, zawierającej pewną ilość soli nieorganicznych. Jeżeli roztwór takiego białka rozcieńczymy wodą przekroploną, to łatwo znajdziemy chwilę, kiedy koncentracja soli stanie się zbyt słaba i białko przestanie się rozpuszczać. Jeżeli np. do białka jaja kurzego dolejemy znaczną ilość wody, to zauważymy tworzący się osad kłaczkowaty — będzie to właśnie jedno z białek, w jajku kurzym zawartych. Są wreszcie i takie ciała proteinowe, które wogóle w cieczach obojętnych się

nie rozpuszczają. W alkoholu i eterze prawie wszystkie rodzaje białka są nierozpuszczalne, toteż, dolewając spirytusu do roztworu białka, wywołujemy tam powstanie osadu. Z pomiędzy fizycznych własności proteinów, najważniejszą może jest ich charakter koloidalny, co znaczy, że ciała te nie mogą przenikać przez błony zwierzęce, pergamin i t. d.

Jeżeli w wodzie dystylowanej umieścimy pęcherz, wypełniony roztworem białka, z dodaniem soli kuchennej, to wkrótce nazewnątrz pęcherza będziemy mogli wykryć obecność soli (dodając np. lapisu, czyli azotanu srebra, otrzymamy osad serowaty, czerniejący na świetle), ale białka tam nie znajdziemy wcale. Ten stan koloidalny nie jest jednak specyficzną własnością białka; znamy wiele substancji nieorganicznych, zachowujących się podobnie, a nawet udało się otrzymać roztwory koloidalne niektórych metali.

Charakterystyczną cechą wielu bardzo ciał proteinowych stanowi ścinanie się, to jest przechodzenie pod wpływem wyższej nieco temperatury w stan nierozpuszczalny; toteż roztwór białka, ogrzany do kilkudziesięciu stopni, wydziela osad, albo też wprost jakby zastyga; wszyscy chyba znają to zjawisko, gdyż w jajku gotowanym „na twardo” białko jest właśnie w ten sposób ścięte.

Nim przejdę do scharakteryzowania własności chemicznych białka, muszę wybiec nieco naprzód — mianowicie wspomnieć o klasyfikacji ciał proteinowych. Jest to grupa ciał bardzo obszerna — jądro jej stanowią białka rodzime. Za przykład ich służyć mogą białka, zawarte w „białku” jaja kurzego, w surowicy

krwi i t. d. Otóż, obecnie mówiąc o własnościach chemicznych białka, będziemy mieli na myśli takie „białko właściwe”.

Przedewszystkim zapoznajmy się z kilku reakcjami, które pozwolą nam odnaleźć białko w różnych ciałach. Jeżeli do cieczy, zawierającej białko, dodamy ługu potasowego lub sodowego, a potem kropelkę roztworu siarczynu miedzi, to otrzymamy piękne fioletowe zabarwienie — jest to odczyn zwany biuretowym.

Inna reakcja białka (ksantoproteinowa) polega na dodaniu doń mocnego kwasu azotowego; po lekkim ogrzaniu, a czasem i bez tego, występuje mocne żółte zabarwienie. Wreszcie wspomnę, że białko barwi się na czerwono przy gotowaniu z odczynnikiem Millona, to jest z roztworem azotanu i azotynu rtęci, który przyrządzić można bardzo łatwo, rozpuszczając poprostu rtęć w niewielkiej ilości kwasu azotowego.

Prócz tego istnieje szereg innych reakcji białka, których tu przytaczać nie będę; wszystkie one dadzą się zauważyć na jakiegokolwiek części organizmu, gdyż wszędzie niemal z białkiem spotkać się można.

Takie jednak cechy i własności nie wystarczają dla chemika, musi on wiedzieć, z których pierwiastków białko się składa, w jakim one znajdują się stosunku, dalej, jak wielka jest cząsteczka, t. j. z ilu składa się atomów, i wreszcie, jak te atomy są związane, gdyż od tego w znacznej mierze zależy całe zachowanie się ciała badanego. Otóż białko właściwe zawiera przeciętnie:

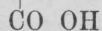
węgla	. .	53%
wodoru	. .	7%
azotu	. .	16%
siarki	. .	2%
tleny	. .	22%

Z kolei powstaje pytanie, jak wielka jest cząsteczka białka? ile atomów wchodzi w jej skład? Tu już dokładnej odpowiedzi dać nie można — wiemy tylko, że bardzo wiele. Dla przykładu przetoż, że jedno z białek, zawartych w surowicy krwi, ma przypuszczalnie wzór $C_{450} H_{720} N_{116} S_6 O_{140}$, czyli że cząsteczka jego składa się razem z 1432 atomów.

Zrozumieć łatwo, że zbadać uszeregowanie, sposób połączenia tak wielkiej liczby atomów jest rzeczą trudną, toteż dalecy jesteśmy od znajomości budowy czyli „konstytucji” białka. A jednak w kierunku poznania jej czynimy ustawiczne wysiłki, gdyż cały postęp biologii od tego nieomal zależy.

Metoda, używana do rozwiązywania zadań tego rodzaju, w zasadzie polega na tym, że ciało badane staramy się rozłożyć na składniki prostsze, których budowa będzie znana, albo też łatwo określić się daje, stąd wnioskujemy dalej o konstytucji całości, z której te części oddzielone zostały. Tak też postępujemy i z białkiem; rozkładamy je najczęściej przez gotowanie z kwasami, lub też przez działanie pewnych substancji, wydzielanych przez kanał pokarmowy zwierząt i zwanych „enzymami”, lub też „fermentami trawiącymi”. W tych warunkach białko rodzime rozpada się przedewszystkiem na albumozy i peptony — ciała jeszcze natury proteinowej, ale

już nie ścinające się, mające daleko mniejszą cząsteczkę i mogące już przechodzić przez błony zwierzęce. Budowa ich również nie jest znana dokładnie — nie zatrzymujemy przeto reakcji rozkładu białka na tym stadium, ale prowadzimy ją dalej aż do otrzymania ciał zupełnie do białka niepodobnych, których budowę już zbadać można. I to zadanie nie jest łatwe: dopiero w ostatnich latach udało się scharakteryzować i poznać większość ostatecznych produktów rozpadu białka i, zdaje się, że obecnie pod tym względem nie można spodziewać się żadnych odkryć, zmieniających do gruntu nasze poglądy. Większość ciał, które powstają w tych warunkach z białka, stanowią tak zwane w chemii „ α -aminokwasy“, t. j. ciała posiadające równocześnie grupę kwasową i amidową, przy jednym stojące węglu, czyli będące równocześnie kwasami i zasadami. Najprostszym z nich jest tak zwany glikokol, którego budowę oddaje wzór $\text{CH}_2 \text{NH}_2$: znajduje się on również między



produktami rozkładu białka. Takie kwasy łączą się łatwo jedne z innymi w ten sposób, że grupa amidowa jednej cząsteczki razem z karboksylem (grupą CO OH) innej, wydzielają wodę — i dwie cząsteczki w ten sposób łączą się w jedną. Ciała, otrzymane w ten sposób, mają niekiedy już jakby cechy białka: ulegają np. działaniu fermentów trawiących. Zda się, że białko właśnie w podobny sposób jest zbudowane. Przypuszczenie to tłumaczy nam większość własności chemicznych białka — ale nie wszy-

stkie jednak, — toteż prawdopodobnie prócz połączeń takiego typu w cząsteczce białka istnieją jeszcze inne.

Cząsteczka białka może łączyć się jeszcze z innymi grupami atomów, które noszą nazwę grup prostetycznych; w ten sposób powstają ciała jeszcze bardziej złożone, zwane „proteidami“. Wykazują one wszystkie reakcje właściwe białku i zaliczane są również do ciał białkowatych w najszerszym znaczeniu, czyli proteinowych. Z pomiędzy takich grup prostetycznych najważniejsza w tej chwili dla nas jest grupa nukleinowa. Będąc pozbawiona białka, tworzy ona kwas nukleinowy, zawierający koło 35% węgla, przeszło 4% wodoru, koło 16% azotu i wreszcie 9% do 10% fosforu. Liczby te są tylko przybliżone, gdyż niema gwarancji, że analizowano ciało chemicznie czyste.

Budowa kwasu nukleinowego nie jest znana, jakkolwiek udało się już zbadać główne produkty jego rozpadu; wymieniam ich tu nie będę, zaznaczę tylko, że są one zupełnie odmienne od tych, które z białka powstają. Kwas ten, łącząc się z białkiem, daje nukleiny i nukleoproteidy; te ostatnie zawierają w swym składzie znacznie większą ilość białka niż pierwsze. Z pomiędzy wszystkich ciał, które zna chemja, najbardziej złożone są właśnie, zdaje się, nukleoproteidy. Toteż ich własności są bardzo mało znane; rozkładają się one łatwo, nie możemy przeto oczyścić ich od różnych domieszek — co jest pierwszym warunkiem badania.

Prócz nukleoproteidów istnieją jeszcze tak zwane nukleoalbuminy, — są to ciała, w których białko

nie jest złączona z kwasem nukleinowym, ale z inną grupą, również zawierającą fosfor i zwaną pseudo- lub paranukleina.

Prócz ciał proteinowych w skład organizmów wchodzić mogą inne jeszcze związki organiczne, najważniejsze są wodany węgla i tłuszcze. Związki te mają budowę o wiele prostszą, niż ciała białkowe, toteż są poznane o wiele lepiej. Z pomiędzy wodorów węgla cukry takie, jak glukoza czyli cukier gronowy, lub choćby cukier trzcinowy, używany stale w życiu codziennym, nie mają dla chemika już prawie wcale tajemnic, ale też w istotach żywych spotykają się one w ilościach niewielkich, budowa zaś tych wodorów węgla, które w organizmach główną grają rolę, dotychczas nie jest jeszcze w szczegółach wyświetlona. Tutaj należą mączka, rozpowszechniona w państwie roślinnym, i glikogien, pospolicie spotykany u zwierząt. Oba te ciała spokrewnione są z prostymi cukrami, gdyż będąc gotowane z kwasami, jak również pod wpływem niektórych enzymów rozpadają się na szereg cząsteczek glukozy, ale nie wiemy, jak i w jakiej ilości łączą się te ostatnie z sobą przy wytwarzaniu mączki lub glikogenu.

Lepiej jeszcze znane są tłuszcze; są to związki gliceryny zbadanej bardzo dokładnie, z tak zwanymi kwasami tłuszczowymi, z pomiędzy których najczęściej się spotykają palmitynowy, stearynowy i oleinowy.

Prócz tego w organizmach znaleźć można zawsze mniejszą lub większą ilość różnych innych związków organicznych, jak lecytyny, cholesteryny,

barwników, różnych kwasów organicznych, mocznika i t. d. Jak już wyżej wspomniałem, są to ciała, które wchodzi dopiero w wir zjawisk życiowych, albo też zeń już wyrzucone zostały. Prawdziwym zaś podłożem spraw i czynności fizjologicznych są ciała proteinowe — z nich właściwie składa się to, co nazywamy żywą materją, lub zarodnią. Taka odpowiedź nie wystarcza nam jednak, wiemy już o istnieniu różnych grup ciał białkowatych, — powstaje przeto pytanie, czy wszystkie one jednakowe mają znaczenie fizjologiczne? Kwestja ta daleka jest jeszcze do rozstrzygnięcia; przedewszystkiem dotychczasowe nasze metody chemiczne nie pozwalają nam na badanie żywej istoty bez uprzedniego jej zabicia — czyli obecnie możemy właściwie mówić o składzie chemicznym trupa — nie mamy zaś żadnych danych, by odpowiedzieć na pytanie, jak wielkim zmianom chemicznym ulega istota żywa w chwili śmierci. Ale jeżeli poprzestaniemy na zagadnieniu o składzie chemicznym zarodni martwej — to i tutaj odpowiedź wyczerpującej dać nie możemy. Napewno tylko twierdzić się daje, że albumozy i peptony nie są składnikiem zasadniczym zarodni, zdaje się, że toż samo o białku rodzimym trzeba powiedzieć; główną zaś rolę w sprawach życiowych grają owe nad wyraz złożone ciała, jakimi są nukleoproteidy i nukleoalbuminy — z nich się składa treść, istota organizmu.

Bardzo ważne są też ciała, noszące nazwę „enzymów“ czyli fermentów rozpuszczalnych, — ale o nich pomówimy kiedy indziej.

II.

Własności fizyczne zarodki.

W rozdziale poprzednim poznaliśmy skład chemiczny zarodki żywej, obecnie zadać sobie musimy pytanie, jakie są jej własności fizyczne, przedewszystkiem, czy jest ona ciałem stałym, czy ciekłym. Na pierwszy rzut oka kwestja ta wydaje się wprost pozbawioną treści,—wszak w życiu codziennym nie mamy zwykle żadnych wątpliwości przy rozróżnianiu stanów skupienia ciał; wiemy, że żelazo, sól, lód są to ciała stałe, alkohol zaś, wodę, eter bez wahania zaliczamy do cieczy. Widzimy nawet często przechodzenie ciała z jednego stanu w inny — ale i tu granica jest jasna, przynajmniej o ile przypomnimy sobie najczęściej przez nas obserwowane zjawiska, to jest zamianę lodu w wodę i wody w parę. Wystarczy jednak zacząć topić воск lub szkło, przygotowywać galaretę z żelatyny, żeby zrozumieć, jak bardzo niewyraźne może być przejście od ciała stałego do cieczy. Z żelatyny, kleju i podobnych substancji można przygotować z łatwością galaretę takiej konsystencji, że nie będziemy w stanie zdecydować się, czy ją zaliczyć do ciał stałych lub ciekłych. Nie wchodząc w szczegóły, wspomnę tylko, że dotychczas nie udało się nikomu dać jasnego i wolnego od zarzutów określenia ciała ciekłego. A ponieważ proteiny, jak wogóle koloidy, tworzą właśnie takie galarety, więc zrozumieć można, że zaliczenie zarodki do ciał stałych lub ciekłych nie jest rzeczą łatwą.

Pominąwszy te niejasności natury fizycznej, mamy jeszcze cały szereg trudności biologicznych. Je-

żeli badamy jakieś zwierzę czy roślinę, to w niej prócz żywej substancji, właściwie mówiąc, żywej zarodki znajdziemy jeszcze ciała, które dostały się tu w charakterze pokarmu i dotąd zużyte nie zostały; dalej będą jeszcze różne wydaliny, zapasy, wreszcie różne utwory specjalne, grające rolę rusztowania, podtrzymującego cały organizm i t. d. Nie mamy żadnych powodów do przypuszczania, żeby te wszystkie ciała różnorodne chemicznie i biologicznie miały mieć jednakowe własności fizyczne.

Innemi słowy, nim przystąpimy do rozstrzygania interesującej nas kwestji, musimy zgodzić się, na jaką część organizmu zwracać będziemy uwagę. Niestety jednak na tę kwestję zasadniczą nie możemy dać odpowiedzi wolnej od wszelkich wątpliwości *).

Doszliśmy przeto do wniosków bardzo smutnych: nie wiemy, ani jaką część organizmu badać co do jej stanu skupienia, ani też jakie kryterjum zastosować w celu rozróżniania ciał stałych i ciekłych. A jednak kwestja ta jest zbyt ważna, żeby ją pominąć milczeniem; trzeba się choć prowizorycznie zgodzić na jakieś określenie, żeby znaleźć dla badań punkt wyjścia.

Toteż za ciecz będziemy uważali ciało a) pozbawione sztywności czyli sprężystości postaci, b) bardzo małe ściśliwe, c) ulegające prawom włoskowatości. Trudność zaś, polegającą na niemożliwości

*) Dokładniejsze objaśnienie tej kwestji znajduje się w rozdziale następnym.



określenia, jaki składnik organizmu uważać za żywą zaródź, zmienimy za pomocą następującego rozumowania: poddajemy badaniu część organizmu, wykazującą wszystkie zjawiska życiowe i możliwe, zdaniem naszym, pozbawioną różnych składników drugorzędnych; jeżeli nie znajdziemy w niej ciał stałych, to i żywa zaródź bez wątpienia musi być ciekłą; jeżeli zaś w tych warunkach znajdziemy prócz ciekłych i ciała niewątpliwie stałe, to trzeba przede wszystkim dowieść, że one właśnie nie mogą być zarodnią żywą. O ile takie twierdzenie nie jest możliwe, to nie wolno wysnuwać żadnych wniosków, dotyczących stanu skupienia materji żywej.

Po tych uwagach wstępnych możemy przejść do badania właściwego.

Jeżeli organizm, czy też część jego, poddane obserwacji, są całkowicie ciekłe, to zgodnie z brakiem sztywności u cieczy powinniśmy zauważyć w niej przesuwanie się różnych cząsteczek w kierunkach najrozmaitszych. Obserwacji podobnych można dokonywać łatwo dlatego, że w każdej części żywego organizmu znaleźć można różne ziarenka, kropelki tłuszczu i t. d., których ruchy można dostrzegać przez mikroskop.

Jeżeli na przykład umieścimy pod mikroskopem kawałek ramienicy (Chara), to zauważymy przede wszystkim, że składa się on jakby z szeregu pudełeczek, — do ścianek ich przylega masa przezroczysta i bezbarwna; środkowa zaś część takiego pudełeczka jest wypełniona cieczą odmienną. Wszystkie bez wyjątku doświadczenia i obserwacje zmuszają

nas do wniosku, że właściwie żywa część promienicy — jej zaródź — zawarta jest w owej masie przysciennej, toteż na nią musimy zwrócić główną uwagę. Zwykle jeden rzut oka w mikroskop wystarcza do stwierdzenia, że ta część składowa ramienicy znajduje się w ustawicznym ruchu, okrążając po linii spiralnej całe pudełeczko, czyli tak zwaną komórkę.

Różne ziarenka i kropelki, zawarte wewnątrz zarodzi, posuwają się również we wszystkich możliwych kierunkach; nigdy zauważyć nie można żadnej przeszkody, żadnego wstrzymania ich ruchu, co byłoby nieuniknione w razie istnienia jakiegoś rusztowania stałego. Jeżeli komórkę ramienicy ściśniemy lekko tak, żeby pozostawić światło bardzo wąskie, przez które zaródź przeciskać się musi, to zauważymy, że rozdziela się ona na rzadsze i gęstsze części składowe, — pierwsze przepływają przez cieśninę, a drugie są zatrzymywane. Te i podobne obserwacje wykazują dowodnie, jak części składowe żywej materji mogą przesuwać się łatwo jedno względem innych, rozdzielać i łączyć znowu. Zjawiska takie zauważane były już dawno w wielu komórkach roślinnych i zwierzęcych; za najodpowiedniejsze przedmioty do tych badań uważać trzeba wyżej opisane ramienice (Chara), nurzańca (Vallisneria), włoski u trzykrotki (Tradescantia) i dyni (Cucurbita pepo) następnie pełzaki, czyli ameby, korzenio-nóżki, wymoczki i t. d. Już uczeni dawniejsi, widząc podobne zjawiska krążenia zarodzi, wypowiedzieli zdanie, że musi być ona ciekła we wszystkich swych częściach, gdyż w ciałach stałych, posiadających sztywność, nie jest mo-

tu Puzoski

żliwe takie przesuwanie się cząsteczek. Dopiero względy i rozważania czysto teoretyczne, mające na celu wyjaśnienie „organizacji” żywej zarodki, oraz obserwacje nad zabitymi istotami czynione, zniewoliły niektórych badaczy do przypuszczenia, że żywa materja musi posiadać szkielet stały. Dokładne jednak obserwacje ruchów zarodki zmuszają nieuprzedzonego badacza do zaniechania tego poglądu. Przykład to jeden z wielu, jak w biologji należy być ostrożnym we wszelkich dedukcjach; z natury rzeczy dają one wtedy tylko dobre wyniki, jeżeli wychodzą z założeń zupełnie ścisłych i nie ulegających wątpliwości — a takich pewników w nauce o życiu nie mamy bodaj wcale.

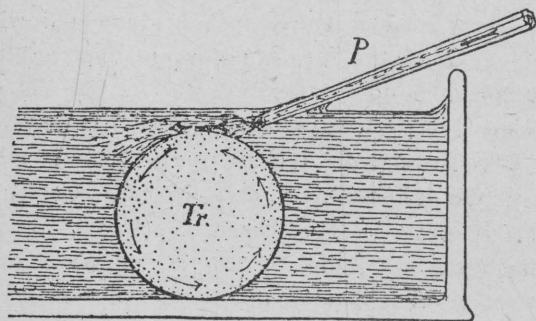
Widzimy więc, że żywa materja posiada jedną z trzech cech cieczy, wymienionych na początku: nie wykazuje mianowicie sztywności. Z kolei trzeba zapytać się, czy jest ona nie ściśliwa. Za pomocą bezpośrednich pomiarów objętości kwestji tej obecnie rozstrzygnąć niepodobna, należy uciec się przeto do metody nieco odmiennej, polegającej na tym, że ruchliwość cząsteczek cieczy jest niezależna w szerokich granicach od ciśnienia, wywieranego na ciecz. Jeżeli więc będziemy obserwowali krążenie żywej zarodki i zmierzmy szybkość tego ruchu, to przy wywieraniu nawet znacznego ucisku szybkość ruchu zmienić się nie powinna; doświadczenia, czynione w tym kierunku, wykazały zgodność zupełną z wymaganiem teorii. Dopiero ciśnienia bardzo wielkie, przekraczające 7 atmosfer, wywierają wpływ na szybkość krążenia, ale dowieść można, że materja

żywa w tych warunkach bywa uszkodzona i zaczyna obumierać.

Pozostaje nam przeto jeszcze rozstrzygnąć kwestję, czy zaródk podlega prawom włoskowatości; jednym z najbardziej charakterystycznych objawów tej kategorii jest dążenie cieczy do możliwego zmniejszenia swej powierzchni. W sposób podobny zachowuje się żywa zaródk; wystarczy roznieść amebę, lub wymoczką, żeby obserwować, jak zawartość jej zbiera się w krople kuliste. A z geometrii wiadomo, że kula właśnie posiada powierzchnię najmniejszą w stosunku do masy.

Dalsze i bliższe badania własności fizycznych zarodki żywej, wykazują jednak pewne różnice między nią a cieczą jednorodną. Jeżeli jednak przypuścimy, że zaródk żywa jest mieszaniną cieczy, nie rozpuszczających się jedna w drugiej, a więc odgraniczonych powierzchniami włoskowatemi, to wszystkie trudności znikną odrazu — odwrotnie, otrzymamy obraz warunków fizycznych, uderzająco podobnych do tych, które rzeczywiście w zarodki żywej obserwować można. Chcąc zrozumieć panujące w tym razie stosunki, przypomnijmy sobie z fizyki, że na powierzchni cieczy tworzy się zawsze cienka warstwa, posiadająca własności błony elastycznej. Jeżeli wytworzymy takie warunki, żeby owa błona znajdowała się nie tylko na powierzchni kropli, ale tworzyła i wewnątrz jej rusztowanie, to własności takiej kropli będą zupełnie odmienne od cieczy zwykłej. Urzeczywistnić te doświadczenia można, tworząc piankę, czyli bardzo gęstą emulsję z dwóch wzajemnie nie miesza-

jących się cieczy. Wszędzie, gdzie stykać się one będą, wytworzy się taka błonka włoskowata — powstanie wtedy elastyczne niejako rusztowanie wewnątrz kropli. Porównywanie własności fizycznych cieczy żywej zarodki i pianki wykazuje bardzo wiele podobieństwa między temi dwoma ostatnimi rodzajami ciał. Jeżeli wziąć kroplę cieczy jakiegokolwiek i z pomocą nader cienkiej rurki puszczać na



Rys. 1. W całej masie kropli (Tr), umieszczonej w innej cieczy, daje się wywołać ruch wirowy za pomocą prądu wody z cienkiej pipety P.

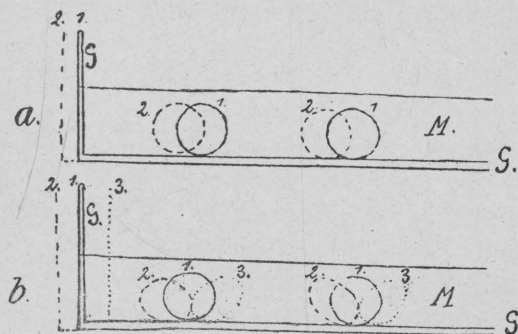
nią w kierunku stycznym prąd tejże cieczy, to w całej masie tej kropli powstaje ruch obrotowy (rys. 1). Jeżeli podobnego rodzaju doświadczenie wykonamy z żywą zarodnią, np. nad amebą, to mimo wszelkich wysiłków nie uda się nam wywołać wirów wewnętrznych. Zupełnie tak samo zachowuje się pianka: dzięki właśnie obecności elastycznego rusztowania wewnętrznego, opiera się ona wszelkim siłom zewnętrznym, które usiłują wywołać przesuwanie się

wzajemne części kropli. Ciekawą jest bardzo rzeczą, że w zarodku martwej można wywołać wiry — a więc podczas śmierci, piankowate jej złożenie ulegać musi dezorganizacji. Wprawdzie ową odporność materji żywej na wpływy zewnętrzne możnaby tłumaczyć jeszcze i za pomocą innych przypuszczeń, ale byłyby one mniej prawdopodobne i przytym nie tłumaczyłyby, lub nawet stały w sprzeczności z innemi własnościami.

O ile z trudnością pianka zostaje w ruch wprowadzona przez takie mechaniczne, w znaczeniu ściślejszym, wpływy świata zewnętrznego, o tyle łatwo porusza się ona pod działaniem czynników, zmieniających siły cząsteczkowe, wewnątrz niej działające — głównie napięcie powierzchniowe. Jeżeli np. sól kuchenną, drobno sproszkowaną, rozetrzeć z oliwą i puścić trochę tej mieszaniny na wodę, to sól rozpuszcza się, powstaje pianka, która pełza po wodzie, wypuszczając nibynóżki, zupełnie jak ameba, właśnie przez ustawicznie wytwarzające się zmiany napięcia powierzchniowego, wywołane przez zmiany koncentracji soli.

Wiele bardzo innych jeszcze własności komórki tłumaczyć się daje, jeżeli zgodzimy się na piankowatą budowę zarodki. Nie wchodząc w zbytne szczegóły, zwrócę tylko uwagę jeszcze na dwie cechy, wspólne żywej materji i piance, a odróżniające je od cieczy jednorodnej. Jeżeli na szkiełku zegarkowym w cieczy obojętnej umieścimy nieco żywej zarodki (np. kilka blastomerów, t. j. komórek, na które podzieliło się jajko żaby) i rozkołyszymy szkieł-

ko, to owe kulki żywe poruszają się tylko tyle, ile szkło, ale nie będą brały udziału w kołysaniu się cieczy; tak samo zachowywać się będą masy piankowe, a krople cieczy, oraz zaródki martwa w takich warunkach zaczną wykonywać ruchy wahadłowe. Rzut oka na rys. 2 najlepiej to zjawisko wyjaśni. Dalej pianka i zaródki zachowują się wobec ucisku, jak



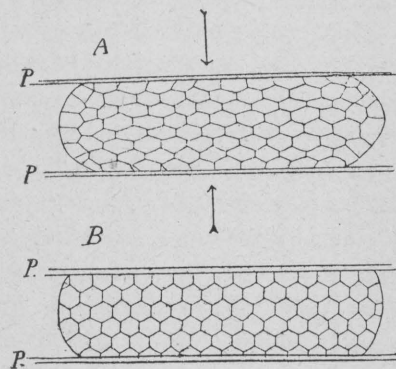
Rys. 2. Zachowanie się żywych (a) i martwych (b) blastomerów podczas kołysania cieczy.

masy plastyczne, a zarazem elastyczne. Jeżeli miałowicie ciśnienie trwa krótko, to pianka i zaródki wracają zaraz po jego usunięciu do kształtu pierwotnego—czyli zachowują się jak ciało sprężyste. Jeżeli zaś czynnik odkształcający trwał bardzo długo, to po jego usunięciu upływa dość dużo czasu, nim masa piankowa przybierze znów postać dawniejszą. Wytlumaczyć to można w sposób następujący: oczka pianki przyjmują taki kształt, jaki najbardziej odpowiada danemu całokształtowi warunków fizycznych, z których w danym razie najważniejszym dla nas

jest ciśnienie. Jeżeli ono się zmieni, to układ oczek do tego również przystosować się musi, co nie odbywa się momentalnie, ale wymaga pewnego czasu. Przykład najlepiej to wyjaśni na rys. 3. A jest to pianka, ściśnięta przez dwie blaszki szklane P w kierunku strzałek.

Oczka pianki wyciągnęły się prostopadle do ciśnienia; ten stan jest dla pianki fizycznie nienormalny i jeżeli ciśnienie zewnętrzne usunąć, to pianka powróci do pierwotnej grubości. Jeżeli jednak ucisk potrwa dłużej, wtedy nastąpi przegrupowanie się oczek pianki do stanu normalnego wyobrażonego na rys. 3 B; teraz nawet po usunięciu nacisku pianka nie wróci do tej grubości, jaką miała na początku doświadczenia.

Obserwacje podobne można uczynić i na żywej zarodki; udało się na przykład obserwować pospolitą słonecznicę (*Actinosphaerium Eichhornii*), która połączona długą okrzemką i przez to przyjęła kształt wrzecionowaty zamiast kulistego. Po długim prze-



Rys. 3. A — pianka, ściśnięta między dwiema blaszkami (P); oczka pianki wydłużone prostopadle do kierunku ciśnienia B. Po pewnym czasie oczka przyjmują pozycję normalną; grubość pianki uległa zmianie stałej.

Obserwacje podobne można uczynić i na żywej zarodki; udało się na przykład obserwować pospolitą słonecznicę (*Actinosphaerium Eichhornii*), która połączona długą okrzemką i przez to przyjęła kształt wrzecionowaty zamiast kulistego. Po długim prze-

ciągu czasu zmuszono ją do wyrzucenia swej zdobyczy: ku zdziwieniu obserwatora słońce nie powróciła odrazu do zwykłego kształtu kulistego, jak to bywa wtedy, kiedy odkształcenie trwa krótko.

Słowem wszystkie własności fizyczne żywej zarodki dadzą się wytłumaczyć przez przypuszczenie, że posiada ona złożenie piankowate. Nie wyłącza to jednak możliwości powstawania cząstek stałych. Wiemy, że roztwory koloidów, z których właśnie składa się żywa zaródka, bardzo łatwo ze stanu ciekłego przechodzą w stan stały, galaretowaty; wystarcza do tego nieraz względnie niewielka zmiana koncentracji soli w cieczy, zawierającej koloid rozpuszczony. Własności takich galaret i pianek wyjaśnią nam prawdopodobnie wiele zagadek życiowych; ale dotychczas na polu tym stawiamy pierwsze zaledwie kroki.

III.

O organizacji żywej materji.

Najdokładniejsza nawet znajomość własności chemicznych i fizycznych żywej istoty nie daje nam jeszcze jasnego i zupełnego na nią poglądu — podobnie jak np. najsubtelniejsza analiza składu chemicznego i cech fizycznych zegarka nie daje nam wyobrażenia o jego własnościach i działaniu. Do tego konieczne jest poznanie budowy, organizacji całego mechanizmu zegarowego, współdziałania jego różnych części i t. d. Coś podobnego widzimy

i w istotach żywych — poza fizyką i chemją znajdujemy tu jeszcze budowę czyli organizację. W niej być może tkwi klucz tej zagadki, którą nazywamy życiem. Szczególniejsze trudności następcza nam organizacja żywej materji wtedy właśnie, kiedy zastanawiamy się nad początkiem życia na ziemi; powstanie substancji najbardziej nawet pod względem chemicznym złożonej, obdarzonej najdziwniejszymi własnościami fizycznymi — to wszystko jest dla nas w zasadzie zrozumiałe, a w każdym razie umysł nasz nie cofa się przed tą zagadką w poczuciu swej bezsilności i niemocy. Ale wprost niepodobna wyobrazić sobie powstania samoistnego takiej organizacji maszynowej — nic więc dziwnego, że umysły mniej hartowne, mniej zdolne do chwilowego zaspokojenia się bezlitosnym «nie wiem» padają łatwo w objęcia mistycyzmu i powstanie żywej materji przypisują jakimś czynnikom nadprzyrodzonym. Kwestja jednak zamierzchłej przeszłości i powstania istot żywych zajmować nas będzie dopiero później — dziś wzrok swój zwrócić musimy do teraźniejszości i badać żywe organizmy takie, jakie dziś obserwować możemy.

Tu przedewszystkim rzuca się nam w oczy jedna cecha żywej materji, którą możemy nazwać jej indywidualizacją. Każde zwierzę, każda roślina stanowi świat niejako odrębny, — nie może ona łączyć się z innymi sąsiednimi istotami i nie może być podzielona na dowolną ilość części zdolnych do życia. Jeżeli nawet podział taki w pewnych przypadkach i warunkach jest możliwy, to pierwszą tro-

ską każdej części będzie powrót do stanu całości, to jest odtworzenie wszystkich brakujących kawałków. O ile się to nie uda, lub nie nastąpi jakaś odpowiednia kompensacja, to niechybnym następstwem takiego stanu rzeczy będzie śmierć owego osobnika.

Przyczynę takiego właśnie stanu rzeczy nie zbyt trudno zrozumieć; polega ona właśnie na maszynowej organizacji istot żywych. Na tej samej zasadzie nie można łączyć ze sobą ani rozdzielać na części, na przykład, zegarka; wewnątrz żywego organizmu lub takiej złożonej maszyny, jak zegarek, występuje bardzo wyraźny podział pracy między różnymi częściami składającymi całość. Przytym działalność tych wszystkich części jest bardzo ściśle szarmonizowana i zmierza zawsze do wypełnienia celu, jakim jest w naszym przykładzie utrzymanie prawidłowego ruchu zegarka, a w istotach żywych — podtrzymanie tego szeregu zjawisk, które nazywamy życiem.

Otóż, jeżeli zabraknie tej części, gdzie ważna bardzo sprawa i czynność życiowa się odbywała, wtedy ustać musi i życie samo, jako coś składające się z całego szeregu zjawisk poszczególnych. Taka część organizmu, przeznaczona do spełniania pewnej funkcji życiowej, zwykle różni się od innych nawet pod względem zewnętrznym i nosi nazwę organu. Przykładów można przytoczyć bez liku; oko jest to organ, przeznaczony głównie do wyczuwania światła, ucho — dźwięku, jelito służy do trawienia i t. d. Podział pracy i organizacja istot żywych są tak

ściśle ze sobą powiązane, że trudno powiedzieć, co jest przyczyną, a co skutkiem; są to po prostu dwie strony jednej i tej samej rzeczy. Im więcej w danym organizmie rozwinięty jest podział pracy, tym bardziej złożona jest jego organizacja, tym organizm jest doskonalszy. Ale, jak to wspomniałem już na początku, niema żadnej istoty żywej, któraby zupełnie pozbawiona była organizacji.

Jeżeli zaczniemy poszukiwania, w celu odnalezienia istot najprostszych z najmniejszym podziałem pracy i najmniej złożoną budową, to zatrzymamy się początkowo na tak zwanych w zoologii amebach czyli pełzakach. Opisu ich bliższego tu przytaczać nie będę; wspomnę tylko, że organizmy te są bardzo małe i do ich badania trzeba użyć mikroskopu. Z tego pomocą zauważyć łatwo, że



b

Rys 4. Komórka (leukocyt) — widać budowę zarodku, jądra i centrozomę.

z dwóch niejako organów. Zewnętrzne jej warstwy noszą nazwę protoplazmy, wewnątrz której znajduje się jądro (rys. 4). Takie najprostsze, najpierwotniejsze indywiduum, w jakim wogóle żywa materja występuje obecnie, nazywamy komórką.

Powstaje teraz pytanie, czy nie można znaleźć istoty żywej, posiadającej typ budowy jeszcze prostszy.

Z chwilą, kiedy w umysłach biologów zapanał niepodzielnie pogląd, że życie na ziemi poczęło się od organizmów najprostszych, z których stopniowo rozwijały się formy doskonalsze, wtedy zaczęto usilnie poszukiwać takich istot najpierwotniejszych, gdyż mniemano, że stadjum komórki jest już zbyt złożone, ażeby w tej formie powstała już na ziemi pierwsza istota. Wkrótce też posypały się wieści o wykryciu ustrojów bezjądrowych, a więc prostszych od komórki, które nazwano monerami. Lecz bezlitosna krytyka naukowa rozwiała wkrótce te piękne złudzenia: we wszystkich monerach, które poddano badaniu dokładnemu, wykryto obecność jądra — a więc są to komórki.



Rys. 5. Bakterja bezjądrowa.

A jednak kwestja istnienia istot bezjądrowych dotychczas nie jest rozstrzygnięta; znane powszechnie przynajmniej z nazwy bakterje (rys. 5) zajmują obecnie pod tym względem umysły badaczy. Jedni przeczą istnieniu w nich jądra zupełnie wyodrębnionego, inni chcą koniecznie podciągnąć te bakterje pod ogólny schemat komórki; są nawet i tacy, którzy twierdzą, że brak tu nie jądra, ale protoplazmy.

Kwestja to bardzo trudna do rozstrzygnięcia dla tego, że bakterje są to istoty nadzwyczaj małe, wobec których najsilniejsze powiększenia mikroskopowe są jeszcze zbyt słabe. Oczywiście więc jest rzeczą, że wszystkie wypowiedziane w tej mierze poglądy z bardzo wielką ostrożnością przyjmować należy.

Pominąwszy przeto niedostatecznie zbadane bakterje i istoty pokrewne, musimy przyjąć za zasadę, że komórka jest formą najprostszą, w której występuje obecnie materia żywa. Wszystkie zaś monery i t. p. są hipotezą, niczym dotychczas nie dowiedzioną. Czy jednak niegdyś, w zaraniu życia na ziemi istniały jakieś istoty prostsze — o tym dotychczas nic pewnego powiedzieć nie można.

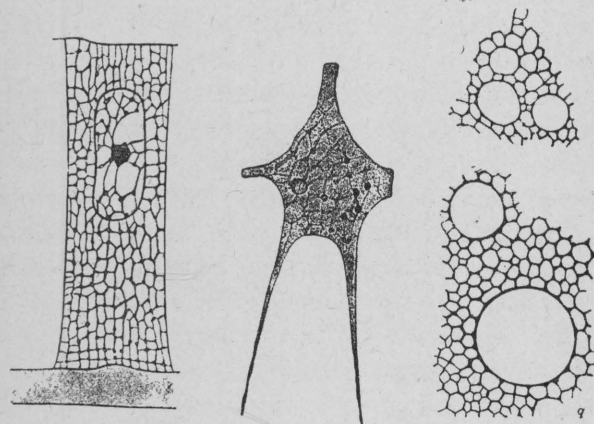
Wobec takiego znaczenia komórki, dziwić się nie trzeba, że wysiłki bardzo wielu badaczy zostały skierowane do jej poznania, i my też musimy nad nią nieco bliżej się zastanowić. Wiemy już, że składa się ona z jądra i protoplazmy — ale zapytać się musimy, czy są to jedyne organy komórki, oraz czy w nich już nie można dopatrzeć się jakiegś budowy subtelniejszej. Co do pierwszej połowy pytania powyższego, wspomnieć trzeba, że wielu badaczy uznaje istnienie trzeciej jeszcze składowej części komórki, zwanej centrozomą lub ciałkiem środkowym. Ma to być ziarenko nader drobne, ale grające znaczną rolę szczególnie w sprawie rozmnażania się komórki (rys. 4). Inni znów uczeni zaprzeczają istnieniu centrozomy, przynajmniej jako stałej składowej części komórki. Jest to znowuż jedna z wielu kwestji, co do których nauka nie wypowiedziała jeszcze ostatniego wyrazu. Podobnie sprawa stoi z jądrem i protoplazmą; bez wątpienia posiadają one pewną budowę, ale co do jej szczegółów, to zdania uczonych bardzo się różnią. Pochodzi to z wielu przyczyn; przedewszystkim mamy tu do czynienia z rzeczami nadzwyczaj drobnymi,

a więc wystawieni jesteśmy ciągle na niebezpieczeństwo złudzeń wzrokowych; dalej mikroskop pozwala nam równocześnie obserwować tylko niezmiernie cienką warstwę, o stosunkach przeto przestrzennych z trudem zaledwie sądzić możemy; wreszcie własności naszych przyrządów optycznych zniewalają nas do badania komórki już zabitej, a nawet poddanej całemu szeregowi oddziaływań natury chemicznej. Stoimy przeto zawsze wobec złowrogiego pytania, o ile to, co widzimy przez mikroskop, daje nam wierny obraz tego, co było za życia. Wiedząc o różnych trudnościach, ze wszystkich stron się piętrzących, musimy do badania organizacji jądra i protoplazmy przystąpić z całym zasobem krytycyzmu i ostrożności.

Trudno jest oddać wrażenie; jakie się otrzymuje, gdy oglądamy przy silnym powiększeniu protoplazmę komórki; widzimy jakby jakąś drobną ziarnistość, jakby splot cienkich niteczek (rys. 4), to znów jakby siatkę. To też wielu badaczy w taki sposób formułuje swój pogląd na budowę protoplazmy: w zasadniczej, ciekłej masie ma być zawarty szkielet nitkowaty lub według innych siatkowaty, który od poprzedniego różni się tym, że nitki mają być ze sobą połączone. Inni wreszcie uczeni twierdzą, że nie jest to siatka, lecz pianka. Kwestji tej przez obserwację bezpośrednią rozstrzygnąć nie można, gdyż mikroskop pokazuje nam przekrój tylko przez przedmiot badany; nie trudno zaś zrozumieć, że przekrojem pianki będzie siatka. Za teorią piankowatej budowy protoplazmy przemawia cały szereg

argumentów pośrednich, oraz podobieństwo wyglądu pianki sztucznej i protoplazmy, obserwowanej przez mikroskop (rys. 6), a najbardziej opisane w artykule poprzednim własności fizyczne protoplazmy, które ze swej strony doprowadzają nas do uznania budowy piankowatej.

Mniej więcej to samo da się powiedzieć o jądrze,



Rys. 6. Piankowata budowa zarodki; na lewo komórka trzykrotka (*Tradescantia*), na prawo pianki sztuczne. W środku część istoty jednokomórkowej.

z tą tylko różnicą, że jest ono jeszcze więcej skomplikowane. Składa się ono z substancji t. zw. achromatynowej, tworzącej siatkę, czy też ściany pianki, dalej z soku jądrowego, wypełniającego oczka tej pianki, i wreszcie z chromatyny, ułożonej w postaci najróżnorodniejszych kropelek, nacieków i t. p. na achromatynie. Pamiętać trzeba,

że wszystkie te nazwy nie są pojęciami chemicznymi, lecz tylko morfologicznymi. Zupełnie możliwą jest rzecz, że chromatyna, achromatyna, wreszcie sok jądrowy są mieszaniną wielu substancji chemicznych. Rozwiązanie tego problemu, określenie własności chemicznych wszystkich tych części składowych komórki, jakie z pomocą mikroskopu rozróżnić możemy, dotychczas nikomu się nie udało; były wprawdzie próby w tym kierunku, ale wyniki są jeszcze bardzo niepewne. Również niewiele powiedzieć można o znaczeniu fizjologicznym różnych składowych części komórki. Nie wiemy nawet, czy owo rusztowanie nitkowate, siatkowate lub piankowate jest ważniejszą, głównie żywą — jeżeli tak powiedzieć można, — częścią komórki, czy też najistotniejsze zjawiska życiowe rozgrywają się w substancji zawartej w oczkach siatki albo pianki. Zjawiska, obserwowane podczas rozmnażania komórki, skłaniają nas do przypuszczenia, że chromatyna gra ważną rolę przy przenoszeniu cech dziedzicznych, ale to jest znowu przypuszczenie tylko.

Skoro teraz, po zapoznaniu się z pojęciem komórki, poddamy badaniu mikroskopowemu wszystkie organizmy, to zobaczymy, że każdy z nich składa się z jednej lub wielu komórek, że jest niejako ich kolonią. Pomiedzy temi cząstkami, z których składa się żywa istota, zachodzi znowuż dalszy podział pracy. Jedne komórki biorą na siebie wydzielanie soków trawiących, inne zachowują prawie wyłącznie zdolność kurczenia się, jeszcze inne przeznaczone są do przyjmowania i przenoszenia różnych bodźców

zewewnętrznych i t. d. Nie potrzebuję chyba dodawać, że takie wyspecjalizowanie się komórki w jednym tylko kierunku wywołuje zmiany jej postaci i budowy wewnętrznej. Komórki przeznaczone do spełniania jednakowych czynności fizjologicznych, a dzięki temu posiadające jednakową budowę, łączą się razem, tworząc tak zwane tkanki, których główniejsze gatunki są: nabłonkowa, tworząca pokrycie ciała, gruczołowa — służąca do wyrabiania różnych substancji (wydzielin i wydaliny), łączna — dająca materiał na szkielet i przytym, jak sama nazwa wskazuje, łącząca różne części organizmu, wreszcie mięśniowa i nerwowa. Z kombinacji różnych tkanek powstają organy — z których składa się ciało zwierzęcia i rośliny.

IV.

Organizmy żywe i martwe.

Doświadczenie codzienne uczy nas, że wszystkie organizmy istnieć mogą w dwóch postaciach: jako żywe i martwe. Wiemy również o tym, że organizm martwy nigdy już do życia powrócić nie jest w stanie, a odwrotnie — wszelka istota żywa musi kiedyś wpaść w objęcia śmierci. Nad różnicą między istotą żywą i martwą, nad koniecznością śmierci i jej znaczeniem zastanowić się obecnie musimy.

Pojęcia nasze o większości zjawisk biologicznych wytwarzają się na podstawie obserwacji, czynionych nad ludźmi i wyższymi zwierzętami. Dzięki temu

wiele bardzo zjawisk charakteryzujemy nie na zasadzie cech najbardziej istotnych — lecz zwracających głównie naszą uwagę i rzucających się w oczy. W taki też sposób, oczywiście prowadzący czasem do fałszywych wniosków, wytworzyliśmy sobie pojęcie o śmierci; za cechy charakterystyczne trupa uważamy zwykle brak ruchów dowolnych, odruchów, wreszcie przerwanie takich widocznych czynności życiowych jak oddychanie, tętno serca i t. d. Przekonani jesteśmy przytym, że różnica między trupem a istotą żywą jest bardzo znaczna, oraz że śmierć może nastąpić momentalnie, bez wszelkich stanów przejściowych. Cały ten obraz śmierci, noszony w głębi duszy naszej, jest słuszny, o ile zwracamy uwagę tylko na zwierzęta wyższe, ciepłokrwiste, to jest ssące i ptaki. Z chwilą jednak, kiedy przenieśliśmy wzrok nasz na zwierzęta niższe, zaczynają się uwydatniać bardzo znaczne braki w tym pozornie jasnym i dokładnym pojęciu, jakie mamy o śmierci. Spróbujmy momentalnie zabić — to jest zniszczyć wszystkie przejawy życiowe — choćby u żaby — zobaczymy wówczas, że zadanie to nie jest rzeczą łatwą. Możemy po kolei usuwać różne części organizmu, np. serce, mózg i t. p., których brak powinien wywołać zdaniem naszym śmierć natychmiastową, a przekonamy się, że żaba pomimo to nie zamiera, ale owszem żyje dalej, możemy ją nawet poćwiartować na drobne części, a każda z nich będzie jeszcze wykazywała przejawy życiowe. Chcąc wywołać śmierć natychmiastową u zwierzęcia niższego, trzeba podzielać równocześnie na wszystkie,

najdrobniejsze nawet części organizmu, jakimś czynnikiem niszczącym życie, jakąś trucizną, wysoką temperaturą, lub czymś podobnym. Przyczyna tych zjawisk tkwi właśnie w jednej z najbardziej charakterystycznych cech istot żywych — w organizacji, o której mówiliśmy w poprzednim wykładzie. Dowiedzieliśmy się wtedy już, że organizm jest niejako społeczeństwem najprostszyc osobników, zwanych komórkami, każda z nich prowadzi życie na własną niejako rękę, jakkolwiek w pewnej zależności od wszystkich innych, ogólnie mówiąc, od całego otoczenia.

Śmierć przeto organizmu jest śmiercią wszystkich składających go komórek. W ten sposób zagadnienie interesujące nas początkowo — zagadnienie śmierci organizmu, zostało nieco zmienione i pogłębione. Musimy obecnie zbadać zjawiska i przyczyny śmierci całego tego roju komórkowego. Przedewszystkiem, dlaczego u zwierzęcia ssącego i ptaka może nastąpić taka śmierć nagła, spowodowana przytym przez zniszczenie kilku, a w każdym razie nieznacznej tylko części komórek, wchodzących w jego skład? Odpowiedź na to pytanie jest prosta: im organizm jest wyższy, tym większa jest zależność wzajemna różnych jego składników, to też drobne nawet zniszczenie harmonji, panującej w takim ustroju, może w czasie jak najkrótszym pociągnąć skutki jak najgorsze. Przykład konkretny najlepiej tę sprawę wyjaśni: do życia całego organizmu, jak i każdej jego części, każdej komórki — niezbędny jest ustawiczny dopływ tlenu. Na brak tego gazu szczególnie czu-

łe są komórki zwierząt ciepłokrwistych, gdyż zużywają go bardzo wiele. Dostawą tego pierwiastku wszystkim częściom organizmu zajmuje się krew, która porusza się i obiega organizm dzięki ruchom serca. Jeżeli ono stanie, wtedy krew przestaje krążyć, przerywa się dopływ tlenu do komórek, składających organizm, a skutkiem tego następuje zniknięcie w nich wszelkich przejawów życiowych. U zwierząt niższych istnieje większa niezależność komórek, to też każdą z nich oddzielnie niejako zabijać trzeba.

A jednak żaba z wyciętym mózgiem, sercem, wreszcie żaba, poćwiartowana na kawałki — nie jest już tak do życia uzdolniona, jak była przedtem. Działalność tej skomplikowanej maszyny, jaką jest istota żywa, w takich warunkach ustawicznie słabnie, staje się mniej dokładna, a wreszcie musi nastąpić kres ostateczny — śmierć. Zrozumieć przyczynę tego nie trudno, jeżeli uprzytomnimy sobie to, na co nieraz zwracaliśmy uwagę, a mianowicie, że organizm każdy składa się z szeregu części, prowadzących poniekąd żywot samodzielny, ale mimo to ściśle zależnych jedna od drugiej.

Jeżeli którejś z nich zabraknie, wtedy harmonia całości zostaje zakłóconą, warunki istnienia każdej komórki stają się coraz mniej dla niej odpowiedniami — wreszcie w zupełnej stają sprzeczności z możliwością istnienia zjawisk życiowych. Różnica przeto między opisaną przedtem gwałtowną śmiercią istoty ciepłokrwistej, a powolnym zamieraniem jakiegoś organizmu niższego, jest ilościowa;

chodzi tylko o stopień wzajemnej zależności różnych składników organizmu.

Jeżeli obecnie zwrócimy uwagę na najprostszego osobnika zwierzęcego i roślinnego — na komórkę, to i tam znajdziemy stosunki podobne. Weźmy np. pelzaka, wymoczka lub wogóle jakąś istotę jednokomórkową i pozbawmy ją jądra. Przedtem była to istota zdolna do podtrzymywania życia przez czas dłuższy, teraz być taką przestała. Komórka pozbawiona jądra, musi niechybnie, w czasie względnie krótkim, ulec śmierci, gdyż w jej mechanizmie zabrakło kółka bardzo ważnego. Ale i tu śmierć nie następuje natychmiast; ażeby zaś przerwać gwałtownie bieg wszystkich zjawisk życiowych, trzeba by znowu zabić, zniszczyć jednocześnie wszystkie części komórki. Wróćmy jednak do naszego doświadczenia, do wymoczka, czy też ameby, sztucznie pozbawionej jądra; ruchy jej powoli będą stawały się coraz wolniejsze, pobudliwość się zmniejsza, aż wreszcie zniknie zupełnie — i wtedy powiemy, że organizm zmarł. A jednak bliższe, dokładniejsze badanie chemiczne wykazuje nam, że nawet po zniknięciu pobudliwości żywej zarodzi, odbywa się w niej cały szereg procesów blisko z żywymi spokrewnionych i noszących nazwę procesów autolitycznych. Polegają one na rozkładzie różnych związków, tworzących komórkę; przytym strona chemiczna takiej autolizy bardzo jest zbliżona do tego, co się odbywało za życia organizmu. Dlatego też obecnie zjawiska autolizy skrzętnie są badane, i spodziewamy się w ten sposób otrzymać ważne i cie-

kawe wyniki, rzucające światło na najbardziej tajemnicze sprawy życiowe. Ostatecznie więc dochodzimy do wniosku, że między życiem a śmiercią niema wyraźnej i jasnej granicy, że śmierć rozwija się z życia, a to, co my w życiu codziennym śmiercią nazywać zwykliśmy, jest to właściwie tylko chwila zniknięcia pobudliwości układu nerwowego.

Nie jest to jednak jeszcze ostateczne rozstrzygnięcie kwestji; wszak możemy otrzymać organizm zupełnie martwy — i to nawet stosunkowo szybko przez działanie choćby wysokiej temperatury. Rozumowania poprzednie wskazały nam tylko, że istnieją stadja przejściowe między typową śmiercią i typowym życiem, ale nie dowodziły bynajmniej, że między organizmem żywym i całkowicie martwym niema różnicy. Porównanie matematyczne najlepiej nam rzecz objaśni: wiemy, że, zwiększając liczbę boków wielokąta aż do nieskończoności, otrzymamy koło, czyli, między kołem a np. kwadratem istnieje cały szereg form przejściowych, ale nie można twierdzić, żeby między kwadratem i kołem nie było różnicy.

Jeżeli więc zadajemy sobie pytanie, jakie są cechy charakterystyczne organizmu żywego w porównaniu z martwym, to różnic szukać nie można na granicach, łączących oba te stany, ale trzeba wybierać objawy najbardziej krańcowe; wyrażając się konkretnie, trzeba porównywać organizm w pełni sił i rozwoju z organizmem ostatecznie zabitym — np. ugotowanym. Wtedy dopiero wyraźnie wystąpi między nimi różnica: pierwszy będzie areną ustawicz-

nych i bardzo gwałtownych przemian chemicznych i fizycznych — w drugim panuje cisza i spokój.

Pierwszy z nich, co minuta, co chwila jest inny — drugi lata całe bez żadnej prawie zmiany trwać może. Śmierć więc — jest to wstrzymanie wszystkich zjawisk przemiany materji i energii; zwykle rozwija się ona powoli, a w celu natychmiastowego jej wywołania trzeba użyć środków bardzo gwałtownych.

Bywają jednak chwile przerwania, zawieszenia, wstrzymania niejako chwilowego zjawisk życiowych, które śmiercią nie są. Będzie to śmierć pozorna, czyli życie utajone. Nasiona roślin wyższych, spory niższych, wreszcie całe zwierzęta, jak wy-moczki, a nawet tak wysoko uorganizowane, jak niesporczaki (Tardigrada), mogą chwilowo zawiesić wszystkie swe funkcje życiowe; dzieje się to zwykle wobec niesprzyjających życiu okoliczności, najczęściej z braku wody, i ma ważne znaczenie biologiczne, gdyż chroni zwierzęta od śmierci prawdziwej, którejby w tych warunkach ulec musiały.

Najdokładniejsze badania nasion roślinnych, będących w stanie życia utajonego, nie wykazały jednego z najważniejszych objawów wymiany materji, t. j. wydzielania dwutlenku węgla.

Różnica jednak między organizmem martwym, a będącym w stanie życia utajonego, bardzo jest wielka: pierwszy z nich do życia już nigdy nie powróci, gdy w drugim zjawiska wymiany materji i energii przy łada sposobności sprzyjającej rozpocząć się mogą.

Na czym ta różnica polega — nie wiemy, ale możemy ją sobie do pewnego stopnia uzmysłwić, używając znowu porównania organizmu z jakimś mechanizmem np. z zegarkiem. Otóż istota w stanie śmierci pozornej da się porównać z zegarem nienawliwionym, gdzie tarcie różnych części jest tak wielkie, że cały mechanizm musiał stanąć; wystarczy jednak kropla oliwy, ażeby zegar zaczął znowu funkcjonować. Organizm martwy — to zegar popsuty, w którym koła zębate są połamane, osie pościerane.

Widzieliśmy na początku wykładu, że w organizmie, pozbawionym jakiej bądź części składowej, harmonja ogólna jest niejako zakłócona i niebezpieczeństwo śmierci jest blizkie. Twierdzenie to ograniczyć jednak trzeba, gdyż we wszystkich organizmach istnieje w mniejszym lub większym stopniu zdolność odtwarzania części utraconych, czyli zdolność regeneracyjna, będąca zdaje się w ścisłym związku z układem nerwowym. Toteż nieuchronne staczenie się organizmu w otchłań śmierci zaczyna się dopiero wtedy, kiedy wysiłki regeneracyjne zawiodły, kiedy organ utracony nie dał się ani przygotować się na nowo, ani zastąpić niczym.

Dotychczas ciągle mówiliśmy o śmierci niejako sztucznej, wywołanej niesprzyjającymi warunkami zewnętrznymi; powstaje teraz pytanie, czy istnieje wszędzie śmierć naturalna, fizjologiczna, której przyczyna leży nie zewnątrz, ale wewnątrz organizmu. Odpowiedź brzmi twierdząco: niema obecnie na ziemi istot, zdolnych do życia wiecznego. Przyczyna jednak takiego stanu rzeczy jest dla nas zupełnie niezrozumiała. Nie pomogą tu nic wszelkie

spekulacje, wszelkie porównywania organizmu z maszyną, której różne części ulegają zepsuciu i przez to mogą wywołać zatrzymanie całego mechanizmu. Temu wszak zapobiegaćby powinna owa zdolność regeneracyjna; wprawdzie zwykle słabnie ona w miarę zbliżającej się starości, ale to przecież za objaśnienie uważane być nie może, gdyż jest to tylko jeden z objawów zasadniczej zagadki starzenia się i śmierci.

Pozostaje więc jedynie stwierdzić znany fakt, że we wszystkich organizmach z czasem następuje szereg zmian, zakłócających harmonję ustroju, zmniejszających jego sprawność i ostatecznie prowadzących do śmierci. Nawet istoty jednokomórkowe, wymoczki, które przez długi czas uważano, za nieśmiertelne, w rzeczywistości ulegają starzeniu się i śmierci, od której tylko ochronić je może pewien bardzo ciekawy proces, o którym później będzie jeszcze mowa.

Na zakończenie wspomnę o ciekawym poglądzie na znaczenie biologiczne śmierci. Wszyscy jesteśmy skłonni uważać ją za pewnego rodzaju nieszczęście, za klęskę, w której różne wierzenia upatrują nawet karę za jakieś winy — tymczasem jest ona właściwie dobrodziejstwem, koniecznością dla dobra gatunku i wogóle życia na ziemi. Każda istota żywa w ustawicznej walce o byt ulega uszkodzeniom, okaleczeniom, staje się nieomal potworna. Świat, wypełniony takimi kalekami, byłby wielkim szpitalem, w którym zabrakłoby miejsca dla osobników młodych, zdrowych i silnych — dla dobra tych ostat-

nich starzy muszą ustąpić z pola. Takie przedstawienie rzeczy jest bezwątpienia ciekawe, ale żadnych trudności nie usuwa — wszystkie okaleczenia mogłyby zniknąć, utracone części odrastać, całość zaś pozostawać wiecznie młodą. W tej teorii implicate zawarta jest już konieczność starzenia się, czyli niejako zbliżania się do śmierci. A zresztą ten sposób historyczno-gienetyczny objaśniania zjawisk biologicznych wogóle nie jest w stanie ich tłumaczyć, t. j. sprowadzać do pojęć prostszych i wykrywać związki przyczynowe, do czego dążymy w naszych wykładach ustawicznie.

V.

Mechanizm i witalizm.

W artykule ostatnim poznaliśmy różnicę, istniejącą między organizmem żywym i martwym — z kolei trzeba zastanowić się nad cechami charakterystycznymi istot żywych wogóle w porównaniu z ciałami martwymi. Stawiając odrazu kwestję na ostrzu noża, musimy odpowiedzieć na pytanie: czy zjawiska, odbywające się w istotach żywych, zależne są od tych samych czynników, które i w przyrodzie martwej grają znaczną rolę, czy też przypuścić trzeba istnienie w organizmach czegoś jeszcze, co zwolennicy takiego poglądu siłą życiową (*vis vitalis*) nazywają. Ostatecznie kwestji tej rozstrzygnąć jeszcze niepodobna; cały świat naukowy współczesny dzieli się na dwa przeciwne obozy — witalistów i mecha-

nistów; walka zacięta trwa między nimi, wśród której nieraz padają takie wyrazy, jak ignorancja, wstecznictwo i t. d.

Spór to zbyt ważny, ażeby w ramach tej książeczki kusić się można było choćby o uczynienie jednego drobnego kroku w kierunku jego rozstrzygnięcia. Można jedynie przedstawić stan obecny kwestji, oraz osobiste w tej mierze stanowisko.

Wiek XIX-ty, wiek rozwoju nauk przyrodniczych, zastał witalizm rozwinięty w całej pełni. Tajemnicza własność pobudliwości, a głównie niemożność sztucznego wytworzenia tych związków chemicznych, które wchodzą w skład istot żywych, skłoniła uczonych ówczesnych do rzucenia się w objęcia nadnaturalnej siły życiowej, która miała tłumaczyć wszystkie zjawiska, odbywające się w istotach żywych.

Siłę tę każdy wyobrażał sobie inaczej, w niektórych przypadkach cechy jej wprost zapożyczane były z panujących wierzeń religijnych. Taki stan rzeczy nie mógł jednak trwać zbyt długo; wspaniałe postępy fizyki i chemji wyłom za wyłomem czyniły w twierdzy witalistycznej. Rok 1828 przynosi syntezę mocznika—ciała, które tak ważny bierze udział w wymianie materji u zwierząt; potym idzie aż do naszych czasów nieprzerwanie szereg tego rodzaju zdobyczy, które w ostatnich latach uwieńczone zostały syntezą t. zw. peptydów, to jest związków, bardzo już zbliżonych do najprostszych ciał białkowych, do t. zw. peptonów. Wreszcie koło połowy ubiegłego stulecia wypowiedziane zostały gienjalne

poglądy Roberta Mayera i Helmholtza na jedność sił przyrody; sformułowaną została zasada zachowania energii — której konsekwencją jest przechodzenie jednych postaci energii w inne. Zdawało się, że dla siły życiowej miejsca na świecie zabrakło...

Równocześnie rozwijający się kierunek materjaliistyczny w filozofii skazał ją na całkowitą banicję. I głucho o niej było przez czas długi. Badacze zagłębiali się w swe retorty, mierzyli, ważyli, kombinowali różne ciała, wysilali swe mózgi w celu obmyślenia najsubtelniejszych, najdelikatniejszych metod analizy i syntezy i spodziewali się już wkrótce uchylić rąbek zasłony, okrywającej tajemnicę życia.

Ale mijały dnie, miesiące i lata — materjałów, drobnych faktów i spostrzeżeń zbierało się bardzo wiele — lecz treść zjawisk życiowych, jak dawniej, była niepojęta. Niejednego z badaczy zaczęło ogarniać zniechęcenie — aż w tym z ust jednego z najusilniejszych pionierów badania fizycznego w biologii padło straszne — «Ignorabimus!» (wiedzieć nie będziemy). Cios ten był wymierzony głównie przeciw materjalizmowi filozoficznemu, ale otworzył pośrednio wrota dla ponownego wtargnięcia do biologii witalizmu, dla przyzwitości neowitalizmem nazwanego. I rzeczywiście, skutki nie dały długo na siebie czekać. Jedno z pierwszych i najgłośniejszych haseł do powrotu pod sztandary witalizmu wydał znakomity fizjolog Bunge. Im lepiej, dokładniej badamy zjawiska życiowe, tym bardziej — zdaniem jego — dochodzimy do wniosku, że te fakty, które już spodziewaliśmy się wytłumaczyć na zasa-

dzie praw fizyki i chemii, są natury daleko bardziej złożonej; wszystko zaś, co da się objaśnić w sposób fizyczno-chemiczny — nie należy, właściwie mówiąc, do przejawów życiowych.

Nie trudno zauważyć, że ostatnia połowa zdania zawiera bardzo poważny błąd logiczny, który w jaśniejszej postaci występuje u jednego z późniejszych witalistów, twierdzącego, że możliwość objaśnienia mechanistycznego danego zjawiska jest właśnie dowodem, że nie ma ono nic wspólnego z życiem. Ciało, sztucznie wytworzone i posiadające wszystkie własności rośliny na przykład — mimo to organizmem podług niego nie będzie. W ten sposób rozumując, możnaby postawić tezę, że tlen wytworzony w pracowni i tlen z powietrza nie są identyczne. Wprawdzie różnic między nimi nie znaleziono, ale... upierać się zawsze można.

Otóż w ostatnim dwudziestoleciu, od czasu mniej więcej ogłoszenia słynnych poglądów Bungego, ze wszystkich stron rozlegają się witalistyczne wyznania wiary. Każdy z witalistów wyobraża sobie inaczej ową siłę życiową — w niektórych przypadkach trudno nawet zrozumieć, o co danemu autorowi chodzi. Istnieje jednak pewien rys charakterystyczny wspólny wszystkim tym teorjom i da się on streścić mniej więcej w sposób następujący: ponieważ całego szeregu zjawisk życiowych nie możemy dotychczas wytłumaczyć, a więc w nich musi istnieć jakiś czynnik, którego w przyrodzie martwej niema. Rozumując konsekwentnie w ten sposób, musielibyśmy stworzyć tyle różnych sił, ile mamy zjawisk dotychczas

niewytłumaczonych. Poza tą cechą wspólną wszystkim prawie doktrynom witalistycznym, każda z nich kładzie nacisk na inną stronę zjawisk życiowych. Przedewszystkiem idzie t. zw. witalizm psychiczny; jego zwolennicy twierdzą, że na zasadzie praw fizyki nie możemy wytłumaczyć zjawisk psychicznych; jest to rzecz zupełnie słuszna, uznana powszechnie—ale, chcąc przejść stąd do witalizmu, trzeba wykonać dziwny skok logiczny. Wszak zadaniem biologii jest wytłumaczenie zjawisk materialnych i energetycznych, odbywających się w istotach żywych a nie rozstrzyganie kwestji teoretyczno-poznawczych o stosunku przedmiotu do podmiotu. Przywoływanie zaś stanów psychicznych do wytłumaczenia zjawisk materialnych na nic się przydać nie może, dla umysłu naszego zarówno jest niezrozumiałe oddziaływanie świata materji na zjawiska psychiczne, jak i wpływ stanów psychicznych na zjawiska materialne.

Ten więc rodzaj witalizmu właściwie przez biologa nie może być brany w rachubę. Pozostaje tylko kwestja, czy zjawiska materialne i energetyczne, w istotach żywych obserwowane, nie zależą od jakiegoś czynnika obcego przyrodzie martwej.

Przypuszczenie takie wtedy dopiero byłoby uprawnione, gdybyśmy dowiedli, że przebieg jakiegokolwiek zjawiska, obserwowanego w istocie żywej, jest całkowicie i oczywiście sprzeczny z prawami fizyki i chemji.

Innemi słowy, uznać istnienie siły życiowej moglibyśmy wtedy dopiero, gdyby dokładna znajomość

zjawisk życiowych do tego nas zmusiła. A i wtedy trzeba by postępować bardzo oględnie; wszak nikt chyba nie przypuszcza, żeby sformułowane przez nas prawa przyrody były czymś niezmiennym; historia wiedzy uczy nas, że podlegały one, podlegają i podlegać będą najróżnorodniejszym modyfikacjom. Poznawanie każdej nowej dziedziny zjawisk zmusza nas do rozszerzenia i pogłębienia zasad, prawd naukowych. Bez wątpienia, że zbadanie zjawisk życiowych nie jedną zmianę wprowadzi do naszych poglądów na świat, ale w każdym razie jest wątpliwe, żeby pewne choćby prawa odmiennymi były dla przyrody martwej i żywej. W rozstrząsaniu tak ważnej sprawy, jak mechanizm i witalizm, powinniśmy się kierować starą zasadą: entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem (istności nie trzeba mnożyć bez potrzeby), i wprowadzić do nauki siłę życiową możnaby tylko w razie konieczności. Czyż taka konieczna potrzeba istnieje? Wszystkie związki chemiczne, które przez organizmy są wytwarzane, dadzą się przygotować w pracowni, jak to obecnie już śmiało twierdzić można. Zdawało się przez czas jakiś, że ciała optycznie czynne powstają tylko w istotach żywych—wiemy obecnie, że tak nie jest. Zasada zachowania energii, oraz wiele innych praw fizycznych zupełnie dokładnie stosują się do zjawisk życiowych. Słowem — wiele mamy w biologji zjawisk niewytłumaczonych, ale nie mamy takich, które byłyby napewno sprzeczne z prawami, rządzącymi przyrodą martwą.

Może jednak wszystko odbywać się podług praw fizyki i chemji, a jednak kierownictwo ogólne należeć może do czegoś, co wychodzi poza zakres tych nauk. Przypuszczenia takie również były wypowiedane; widzimy, że w istotach żywych wszystko jest skierowane do utrzymania i przedłużenia życia osobnika i gatunku. Niektórzy badacze przypuszczają więc istnienie w istotach żywych działania prawa «celowej przyczynowości,» inni idą dalej jeszcze i uznają istnienie dominantów, t. j. sił inteligentnych, które kierują wszystkimi zjawiskami, odbywającemi się w organizmie.

Z obozu mechanistów wyszła dotąd jedna tylko próba wytłumaczenia tej celowości — a jest nią gienjalny pomysł Darwina, wykazujący, że przy życiu zachować się mogły i wydać potomstwo tylko takie celowo zbudowane istoty; wszystkie inne, jeżeli nawet powstają, to zaraz zginąć muszą, nie przekazując swych cech pokoleniom następnym. Przyznać trzeba, że idea ta daleko jest prostsza, niż wszystkie dowodzenia witalistów — i choćby dlatego ma nad nimi przewagę.

Przytym dużo dałoby się mówić o słuszności takiego sposobu stawiania kwestji, o samym pojęciu celu — ale to zaprowadziłoby nas daleko w dziedzinę rozumowań czysto teoretycznych i bardzo subtelnych.

Zresztą w nauce można przyjąć nawet najoryginalniejszą hipotezę, byleby ona była użyteczna, to jest żeby dawała możność zadawania naturze nowych pytań, żeby stwarzała podstawy nowych badań do-

świadczalnych. Hipoteza siły życiowej takiego znaczenia mieć nie może; wprawdzie niektórzy badacze w celu udowodnienia pewnych szczegółów swego poglądu witalistycznego wykonywali szereg pięknych doświadczeń — ale mogły one równie dobrze być zrobione przez zacieklego mechanistę, gdyż nic w zasadzie nowego nie przedstawiają. Siła życiowa daleko łatwiej stać się może spokojnym przytulkiem, „gdzie rozum spoczywa na węzłowie z ciemnych jakości”, aniżeli płodną w skutki hipotezą. To też nawet witaliści zgadzają się na to, że praca owocna w biologji odbywać się musi obecnie pod znakiem fizyki i chemji, aby w ten sposób wykryć kiedyś jądro życiowe, nie dające się już w ten sposób wytłumaczyć.

Przyznać jednak trzeba, że wielka pochopność do schematyzowania i zbyt prostego fizyczno-chemicznego tłumaczenia zjawisk życiowych nieraz już się okazała bardzo szkodliwą, i, jako reakcja przeciw tym wybrykom mechanizmu, witalizm może mieć swoje znaczenie. A zresztą powtarzam to, co mówiłem na początku: kwestji, o której mowa, obecnie rozstrzygnąć nie można, ostatecznie przyszłość okaże, po czyjej stronie była słuszność.

VI.

Wymiana materji.

Obserwacja najpowszechniejsza wskazuje nam, że każdy organizm ustawicznie wchłania z otoczenia

pewne substancje, inne zaś z siebie wydala na zewnątrz. Są to dwa końcowe i najbardziej w oczy rzucające się zjawiska z całego szeregu przemian, które zwykliśmy nazywać procesami wymiany materji, w nich, jak z wykładów poprzednich wiadomo, szukać należy klucza do zagadki życia, gdyż wszystkie zjawiska, w istotach żywych spostrzegane, są ostatecznie uwarunkowane przez wymianę materji.

Jeżeli porównamy związki chemiczne, przyjmowane przez organizm, z jego wydaliniami, to zauważymy z łatwością, że w obu tych przypadkach, mamy do czynienia z ciałami nader różnej natury; a więc to, co organizm wchłania, nie przechodzi przezeń drogą niejako tranzytową, ale ulega całemu szeregowi zmian nader głębokich, których zbadanie stanowi jedno z najdonioślejszych zadań biologji. Sprawa to nadzwyczaj trudna i daleka od ostatecznego rozstrzygnięcia,—bądź co bądź mamy jednak już nieco wiadomości w tym kierunku i poznanie ich stanowić będzie treść dzisiejszego wykładu.

Przedewszystkim poznać trzeba naturę chemiczną ciał, które organizm z otoczenia wchłania, oraz tych, które na zewnątrz wydala. Pierwsze będą nosiły nazwę pokarmów w najszerszym tego słowa znaczeniu, podczas gdy drugie nazywamy wydaliniami.

Na pierwszym miejscu postawić należy tlen, pobierany ustawicznie przez wszystkie organizmy z atmosfery; do załatwiania tej czynności, zwykle oddychaniem zwanej, większość organizmów posiada organy specjalne, funkcjonujące w sposób bardzo złożony. Specjalna ciecz, zwana krwią, roznosi tlen po

wszystkich zakątkach organizmu; a narząd, służący do wprowadzania krwi w ruch, nosi nazwę serca. Prócz tlenu, wszystkie istoty żywe pobierać muszą wodę i nieznaczne ilości soli nieorganicznych. Co się tyczy pokarmów w znaczeniu ściślejszym, to pod tym względem wielka istnieje różnica między zwierzętami i roślinami; pierwsze obejść się nie mogą bez dostarczania im tych związków chemicznych, które, jak wiemy z wykładu pierwszego, stanowią zasadnicze składniki żywej zarodzi, t. j. bez białka, tłuszczu i wodoru węgla.

Rośliny nie są tak wymagające: im wystarcza dwutlenek węgla z powietrza, z którego czerpią potrzebny im węgiel, oraz dostarczane przez korzenie związki nieorganiczne, które są dla rośliny źródłem wszystkich innych potrzebnych jej pierwiastków. Z tego materiału roślina zielona następnie wytwarza sama sobie wszystkie potrzebne dla niej związki, nawet tak złożone jak białko. Zdolności syntetyczne zwierząt nie sięgają tak daleko to też muszą one pobierać, jako pokarm, już gotowe związki, mogące zastąpić zużyte składniki żywej zarodzi i dlatego w ostatniej instancji wszystkie zwierzęta karmią się roślinami, które jedynie posiadają możność wytwarzania białka, wodoru węgla i tłuszczów z ciał znacznie prostszych. Wydaliny istot żywych należą pod względem chemicznym do ciał najróżnorodniejszych; przytym nieomal każda grupa zwierząt posiada właściwe sobie produkty rozkładu swej zarodzi; jako przykład można przytoczyć choćby ten jeden fakt, że prawie wszystek azot, wydalany przez zwierzęta ssące, opusz-

cza organizm w postaci związku zwanego mocznikiem, tymczasem u niższych kręgowców mocznik ustępuje na drugi plan, a u istot bezkręgowych dotychczas nie udało się go wcale znaleźć. Nie brak wprawdzie zapewnień o jego istnieniu i u tych zwierząt, ale, zdaje się, wszystkie one polegają na obserwacjach błędnych, sprowadzonych na tory fałszywe przez zbyt wielką chęć znalezienia tego, w czego istnienie bez wszelkich wątpliwości wierzone. Z pomiędzy innych ciał, w wydalinach zawartych, najbardziej może rozpowszechniony jest kwas moczowy, oraz tak zwana guanina; zresztą wyliczanie wszystkich związków, tu należących, zaprowadziłoby nas zbyt daleko, a przytym nie wszystkie one dostatecznie już są poznane. Rozmaitość taką, a nawet zależność od grupy, do której badane zwierzę należy, tłumaczyć sobie można głównie tym, że pierwotne produkty rozpada żywej zarodki nie są bezpośrednio na zewnątrz wydalanę, lecz uprzednio ulegają szeregowi zmian, mających często na celu jedynie zneutralizowanie ich własności szkodliwych dla organizmu.

Istnieją jednak wydaliny wspólne wszystkim istotom żywym, a mianowicie woda i głównie dwutlenek węgla, pod którego postacią opuszcza żywą istotę kilkadziesiąt procent węgla, zawartego w pokarmach.

A teraz z kolei zastanówmy się nad pytaniem, gdzie odbywają się główne, zasadnicze zjawiska wymiany materji, czy wewnątrz samych komórek, tworzących organizm,—w zarodki żywej, — czy też w soku, w cieczy, którą on jest przesiąknięty, w tak zwanej krwi, limfie i t. d.? Przy obecnym stanie wie-

czy naszej kwestję tę nietrudno rozstrzygnąć nawet teoretycznie: ponieważ istotnemi żywemi częściami organizmu są komórki, więc w komórkach takie zasadnicze zjawisko życiowe, jak wymiana materji, odbywać się musi. Rozumowanie jednak teoretyczne szczególnie w biologji nie może być uważane za rozwiązanie kwestji, doświadczenie dopiero jest instancją, wyrokującą ostatecznie; w danym razie nie przedstawia ono wielkich trudności. Żabę, na przykład, można pozbawić krwi całkowicie, a mimo to wszystkie ważniejsze zjawiska wymiany materji w niej dadzą się obserwować.

Ponieważ zjawiska wymiany materji ściśle są zespolone z wchłanianiem tlenu i wydalaniem kwasu węglowego, należą przeto do kategorii procesów, zwanych utlenianiem, których najbardziej znanym przykładem będzie spalanie choćby węgla w piecu. To też Lavoisier, wykrywając istotę spalania się ciał, zauważył odrazu wyraźną jego analogję z procesami wymiany materji i od tego też czasu bardzo pospolitą zwrotem mowy stało się „spalanie pokarmów w organizmie”. Bliższe i dokładniejsze zbadanie tej kwestji dowiodło jednak, że analogję ową z pewnością ostrożnością przyjmować należy; okazało się mianowicie, że zjawiska wymiany materji łącznie z wydalaniem dwutlenku węgla nie ustają zaraz po usunięciu dostępu tlenu; żaba, umieszczona w przestrzeni, zupełnie pozbawionej tego gazu, przez dość długi czas żyje jeszcze i wydziela dwutlenek węgla. Następnie okazało się, że natężenie procesów wymiany materji nie zależy od ilości doprowadzonego do or-

ganizmu tlenu — słowem, z całego szeregu faktów wynika wniosek, że wchłanianie tlenu i wydalenie dwutlenku węgla są to dwa zjawiska zupełnie odrębnej natury; pierwszy z nich jest wynikiem procesów, odbywających się wewnątrz cząsteczki żywej zarodzi i prowadzących do jej rozszczepienia i przegrupowania składających ją atomów. Tlen, pobierany z zewnątrz, służy, zdaje się, do odtworzenia pierwotnej cząsteczki żywej, a po części może do dalszego utleniania produktów owego pierwotnego rozszczepienia i rozkładu. Zresztą obecnie bardzo dalecy jesteśmy jeszcze od zrozumienia szczegółowego mechanizmu owych zjawisk rozpadu żywej zarodzi,—mamy wprawdzie pod tym względem dość dużo nawet pięknie pomysłanych hipotez, ale żadna z nich właściwie pożyteczną nie okazała się, gdyż nie dały się one zastosować do dalszego badania doświadczalnego interesującej nas w tej chwili sprawy.

W ostatnich jednak latach wyłonił się w nauce kierunek, po którym spodziewać się można najpiękniejszych wyników dla zagadnienia wymiany materji. Sprawa przedstawia się w sposób następujący: zjawiska chemiczne, odbywające się w żywej istocie, o ile sądzić możemy, nie różnią się w zasadzie od tych, jakie my w pracowni wykonywamy—tylko, że odbywają się one daleko łatwiej i prędzej.

W celu wywołania pewnych przemian chemicznych w pracowni trzeba używać silnych bardzo czynników, choćby takich, jak wysoka temperatura, w organizmie te same przemiany odbywają się łatwo przy temperaturze niskiej. Jako przykład przytoczyć moż-

na zamianę węglanu amonowego na mocznik; chcąc tę reakcję wywołać w pracowni, musimy suchy węglan amonowy ogrzewać do wysokiej temperatury — tymczasem w wątrobie zwierzęcia ssącego zamiana ta odbywa się w roztworze wodnym i przy temperaturze trzydziestu kilku stopni. Powstaje teraz pytanie, czy takiego ułatwienia, takiego przyspieszenia reakcji nie możemy obserwować w pewnych przypadkach i w przyrodzie martwej? Odpowiedź na to pytanie brzmi twierdząco; nawet w chemji nieorganicznej znamy wiele substancji, które przez samą swoją obecność przyspieszają znakomicie przebieg nawet takich reakcji, które bez nich odbywają się do tego stopnia wolno, że nie można ich zupełnie zauważyć. Ciała takie noszą nazwę katalizatorów. Jako przykład, dość powszechnie znany, przytoczę działanie gąbki platynowej na mieszaninę tlenu i wodoru: bez jej obecności gazy te łączą się tak powoli, że wykryć tej reakcji nie możemy, z chwilą jednak zetknięcia się gazów z gąbką platynową, łączą się one bardzo gwałtownie.

Organizmy wytwarzają wiele takich katalizatorów, które zwykle nazywamy enzymami, i z ich pomocą skutecznie wiele bardzo reakcji chemicznych. Wprawdzie znane dotychczas działania enzymów odnoszą się do zjawisk życiowych niejako wtórnych, ale znamy już i takie przypadki, kiedy proces niezbędny dla życia odbywa się tylko przez enzymy, takim na przykład zjawiskiem jest fermentacja alkoholowa drożdży, to jest wytwarzanie alkoholu i dwutlenku węgla z cukru. Do niedawna uważaliśmy to

zjawisko za proces specjalnie życiowy i nie mieliśmy nadziei odtworzyć go poza obrębem organizmu — obecnie zaś wiemy, że odbywa się on i w epruwecie pod wpływem enzymu z drożdży wydzielonego. Badania ściśle w tym kierunku datują się od niedawna, to też wiele jeszcze kwestji czeka na rozstrzygnięcie—ale jest to kierunek, od którego wiele oczekiwać można, w każdym razie daje on podstawy do nowych badań; podaje projekty do nowych doświadczeń, a więc korzyści, z niego odniesione, będą bardzo wielkie, choćby się nie spełniły nadzieje, że chemja fizjologiczna będzie kiedyś częścią katalitycznej.

Z kolei słów kilka poświęcić wypada ogólnemu budżetowi organizmu zwierzęcego, pod tym względem jednak zbadane są tylko zwierzęta ssące, więc o nich tu jedynie będzie mowa. Samo przez się jest zrozumiałe, że same tylko tłuszcze i wodany węgiel nie mogą zaspokoić wszystkich potrzeb organizmu, gdyż nie posiadają azotu, którego znaczne ilości organizm ciągle wydawać musi, jako produkt ustawicznego rozpadu żywej zarodki, żywego białka. Tworzy się przeto pod tym względem deficyt i, o ile stan taki potrwa dłużej, organizm umrzeć musi. Odwrotnie same białko najzupełniej wystarcza do podtrzymania życia—jest przeto najważniejszym i najistotniejszym pokarmem zwierzęcym.

Każdy organizm posiada pewne, sobie właściwe minimum wymiany materji: o ile nie otrzyma dostatecznej ilości pokarmu, to zmuszony jest żyć ustawicznie kosztem własnego ciała, nie może odtwarzać

części zużytych, co zaprowadzić go musi wreszcie w objęcia śmierci, zupełnie tak, jak całkowity brak pokarmu.

Jeżeli żywa istota otrzymuje dostateczne ilości pożywienia, to może ona znajdować się w tak zwanej równowadze t. j. tyle wydawać z siebie substancji, ile otrzymuje,—wreszcie może istnieć nawet pewna nadwyżka dochodów nad rozchodem. Ściślej mówiąc, trzeba podobne rozumowania zastosować do każdego pierwiastku; zdarza się bowiem często, że organizm znajduje się w równowadze azotowej, a węgiel otrzymuje więcej, niż wydała. Badanie warunków równowagi wymiany materji jest zadaniem fizjologii odżywiania, tutaj więc wchodzić w to nie możemy. Chciałbym jednak na zakończenie zwrócić uwagę na to, że organizm dojrzwały wszelkimi siłami stara się utrzymać równowagę azotową; jeżeli zwiększymy ilość wprowadzonego azotu, to odrazu zwiększy się ilość wydalanego. Jeżeli jednak zwiększenie dochodu azotowego było dość znaczne, to pierwszego zaraz dnia istota żywa nie może dostosować się do zmienionych warunków i ilość wydalanego azotu będzie wprawdzie większa niż poprzednio, ale równowaga azotowa osiągnięta będzie dopiero po kilku dniach. Podobnie, jeżeli zmniejszymy ilość azotu w pokarmach, to organizm początkowo więcej wydać będzie tego pierwiastku niż go otrzymuje—i dopiero po upływie pewnego czasu dojdzie do równowagi. W pierwszym przypadku trochę azotu pozostaje w organizmie w postaci prawdopodobnie białka, w drugim zaś traci on nieco swego własnego.

Zmiany w ilości dostarczanych tłuszczów i wodorów węgla nie mają tak wielkiego wpływu na wymianę materji; organizm nie tak bardzo stara się o równowagę węglową, a nawet dość chętnie czyni zapasy tego pierwiastku zwykle w postaci tłuszczu, to też wszystkie zwierzęta tuczyć można, dostarczając im wielkich ilości nie białka, ale tłuszczów i wodorów węgla.

VII.

Zdobywanie i przyswajanie pokarmu.

W wykładzie poprzednim zapoznaliśmy się z ogólnymi zasadami całego szeregu zjawisk, które zwykliśmy nazywać procesami wymiany materji; sprawa ta jednak jest zbyt ważna, abyśmy na tych ogólnikach poprzestać mogli, — obecnie przeto zwrócimy się do bliższego rozpatrzenia poszczególnych momentów interesującego nas w tej chwili cyklu zjawisk, — przede wszystkim zaś wypada nam poznać szereg przystosowań, mających na celu umożliwienie dostarczenia pokarmu w ściślejszym znaczeniu tego wyrazu.

A przystosowania te są nader obfite i różnorodne; z jednej strony wywierają one wpływ na całą prawie budowę zwierzęcia, a z drugiej warunkują większą część jego instynktów i wkraczają w dziedzinę tych zawiłych zjawisk nerwowych, z którymi równolegle powstają różne stany świadomości. Wyśiłki czynne w celu zdobycia pokarmu wypełniają jedną znaczniejszą część życia każdego osobnika

zwierzęcego, druga część skierowana jest do wydania na świat potomstwa, do zachowania w ten sposób gatunku — słowem, głód i miłość rządzą światem.

Nim jednak zastanawiać się zaczniemy nad sposobami, jakich różne zwierzęta używają w celu zdobycia sobie pokarmu, wypada nam dowiedzieć się nieco, co za pokarm służyć może. Już w wykładzie poprzednim poznaliśmy granice niejako chemiczne, poza które przekroczyć nie wolno; wiemy, że pożywienie zwierząt zawierać musi białko, a korzystnymi prócz tego są tłuszcze i wodany węgla, a w granicach tych dowolność jest bardzo wielka, i każde zwierzę może ułożyć sobie jadłospis, do swych potrzeb zastosowany. Zrozumieć łatwo, że żadne ze zwierząt nie karmi się preparatami chemicznymi tylko przyjmuje, jako pokarm, to, co gotowe w przyrodzie się znajduje. Ponieważ zaś białko, tłuszcze i wodany węgla znajdują się jedynie w istotach żywych lub też w produktach, przez nie wytwarzanych, pokarmem przeto zwierząt mogą być, ogólnie mówiąc, inne organizmy. Rośliny, jak to wspomniałem w wykładzie poprzednim, zachowują się odrębnie; ich pokarm stanowią związki chemiczne bardzo proste: sole nieorganiczne i bezwodnik węglowy, a proces zdobywania tych substancji jest też stosunkowo prostszy, tymbardziej, że większość roślin nie może przenosić się z miejsca na miejsce i czynnie wyszukiwać sobie pokarmu.

Wobec większej różnorodności zjawisk odżywiania, jakie u zwierząt widzimy, w wykładzie tym głównie na nie zwrócimy uwagę.

Przedewszystkim pod względem jakości spożywane pokarmu między zwierzętami można wyróżnić kilka grup: najważniejszymi z nich są zwierzęta mięsożerne, roślinożerne, oraz wszystkożerne. Wśród każdej grupy widzimy mniej lub więcej rozwiniętą specjalizację. Są zwierzęta np. mięsożerne, które nie gardzą żadnym prawie kąskiem, byleby stanowił cząstkę jakiegoś zwierzęcia, inne znowu są tak wybredne, że jadłospis swój do jednej tylko ograniczają potrawy—choćby mrówkojad, który poluje jedynie na termity i z pomocą długiego i lepkiego języka z łatwością wybiera z gniazd tysiące tych owadów. Istota to upośledzona pod pewnym względem, gdyż nie zna rozkoszy różnorodnych i odpowiednio dobranych wrażeń smakowych — to też ród mrówkojadów nie posiada chyba smakoszów. Przyglądając się bliżej pokarmowi różnych grup zwierzęcych, można zauważyć wiele bardzo ciekawych zjawisk biologicznych,—choćby ten fakt godny jest zastanowienia, że z pomiędzy motyli dziennych, niema ani jednego gatunku, którego gąsienice karmiłyby się liśćmi roślin niższych, aż do nagonasiennych włącznie.

Prawdopodobnie wytłumaczyć to sobie można w ten sposób, że grupa motyli dziennych powstała bardzo późno—wtedy, kiedy flora ziemi już głównie z pokrytonasiennych się składała; nie przeto dziwne go, że przystosowały się one do tego pokarmu, który w największej znajdował się obfitości. Inne, niższe grupy motyli istniały na powierzchni ziemi jeszcze wtedy, kiedy główną rolę grały rośliny niższe, przyzwyczały się też do nich i nawet obecnie po

zmianie stosunków w państwie roślinnym nie chcą porzucić dawnych nawyków i wielkie czynią szkody w lasach iglastych. Takich i tym podobnych ciekawych zjawisk przytoczyć możnaby wiele—wyliczanie ich zajęłoby nam zbyt wiele miejsca i czasu, przestaniemy więc na tym i zwrócimy się do innej ważnej kwestji,—do tego mianowicie, w jaki sposób zwierzęta chwytają swą zdobycz. Stosunkowo rzadko się zdarza, gdyż chyba jedynie u pasorzytów, że pokarmy w stanie rozpuszczonym wprost z otoczenia przesiąkają do wnętrza zwierzęcia, zwykle ono zmuszone bywa pokarm w postaci stałej włożyć do specjalnego wgłębienia lub kanału, który nosi nazwę jamy, albo przewodu pokarmowego. Tu pokarm ulega szeregowi przemian, które nazywamy trawieniem, i wreszcie dostaje się do właściwego wnętrza organizmu pomiędzy jego komórki. W przypadkach najprostszych zwierzę przez otwór gębowy wchłania wszystko, co się tylko da, nie zwracając uwagi na skład chemiczny i wartość pokarmową cząstek wchłoniętych; następnie dopiero ciała, mogące ulec strawieniu, zostają przez zwierzę zużytkowane, a reszta bywa z jamy pokarmowej usuwana, bądź przez otwór gębowy, bądź przez inny specjalny, zwany odbytem. Taką metodę odżywiania znajdujemy u niektórych wymoczków, strzykw, jeży morskich, małży i t. p.

W niektórych razach u istot w wodzie żyjących mamy złożony bardzo przyrząd ze szluz i sit, za pomocą których zwierzę wybiera z wody różne stałe części; za przykład typowy mogą służyć fiszbiny wieloryba, które pozwalają wypływać z paszczy wodzie,

a zatrzymują wszystkie drobne zwierzątka. Częściej jednak spotykamy zwierzęta czyniące wybór pomiędzy ciałami, które zdobyć mogą, i połykające te tylko, które użyć się dają jako pokarm.

Jeżeli, na przykład, na macki ukwiała położymy kawałek mięsa, to one chwytają zaraz ów kasek i wprowadzają do jamy ciała. Jeżeli zamiast mięsa umieścimy kawałek papieru, to ukwiał w pierwszej chwili go chwyci, ale wnet, poznaawszy swą omyłkę, z rozczarowaniem puszcza zdobycz. Posiada on przeto zdolność rozróżniania choć w głównych zarysach własności chemicznych różnych ciał — czyli ma pierwotny zmysł smaku. U zwierząt, pędzących żywot osiadły, nie może wogóle być jeszcze mowy o jakichkolwiek innych przystosowaniach do zdobycia sobie pokarmu. Dopiero u istot swobodnie się poruszających znajdujemy sposoby chwytania i wyszukiwania pokarmu, co do pierwszej z tych kwestji, to zwierzę posiadać musi często broń zaczepną w postaci zębów, pazurów, jadowitych kolców, komórek parzydełkowych i t. p. Istoty karmiące się bezbronnymi roślinami nie mają potrzeby być tak uzbrojone — wystarczą im przyrządy, przeznaczone do ścinania i rozgniatań swjej zdobyczy. Ważniejszą jednak daleko sprawą jest odszukanie pokarmu; w przypadkach najprostszych wystarcza, ażeby taki pierwotny bodziec smakowy, jaki widzieliśmy u ukwiała, działał nie tylko przy zetknięciu bezpośrednim, ale i z pewnej odległości; urzeczywistnienie tego warunku nie jest rzecz trudną, dostatecznym będzie, ażeby pewne substancje, w pokarmie zawarte, rozpuszczały się w wo-

dzie i bądź w drodze dyfuzji, bądź z prądami cieczy doszły do zwierzęcia poszukującego żeru, a mogą one wywołać szereg ruchów, skierowanych w stronę działającej podniety, uwieńczonych zdobyciem pokarmu. Zjawisko takie o ile powtarza się z dokładnością maszynową, bez uwzględnienia doświadczenia osobistego, zwiemy chemotaktyzmem. U zwierząt wyżej uorganizowanych taka podnieta pierwotna może mieć skutki bardziej skomplikowane, może wywołać nawet pewien szereg stanów świadomości, ale w zasadzie zjawisko pozostanie tym samym. U zwierząt, żyjących na lądzie, czynnikiem pomagającym w poszukiwaniu pokarmu, bywają różne substancje lotne — a więc tak zwane podniety węchowe; pod tym względem niektóre zwierzęta dochodzą do wielkiej doskonałości i wrażliwości, choćby np. nasz zwykły pies, dla którego, zdaje się, główną cechą różnych przedmiotów, są otrzymywane od nich czucia węchowe.

W wielu przypadkach do odszukania pokarmu pomagają zmysły, nie tak już bezpośrednio z nim związane, mianowicie wzrok i słuch; ale rola ich ogranicza się chyba głównie do zwierząt wyższych. Wreszcie nieraz spotykamy się ze zjawiskami, które drogą jeszcze bardziej pośrednią prowadzą do zdobycia pożywienia: pewne gąsienice np. wiosną obdarzone są specjalną formą pobudliwości, t. zw. geotaktyzmem ujemnym lub fototaktyzmem dodatnim, to znaczy, poruszają się w kierunku przeciwnym sile ciężkości, względnie w kierunku padających promieni świetlnych. Przez te właściwości swojej organizacji dosta-

ją się one na końce gałązek, gdzie właśnie znajdują świeży i obfity pokarm w postaci młodych pączków.

Tutaj również należy zabarwienie naśladowcze wielu zwierząt, które to sprawia, że mogą się one zbliżyć do swej zdobyczy, nie będąc przez nią zauważone, a wreszcie szereg instynktów i podstępów, używanych przez zwierzęta, w celu tym łatwiejszego chwywania istot, służących za pokarm.

Jako przykład przytoczę tutaj jedynie, że niektóre ryby, żyjące na dnie wód, wykonywają ruchy robaczkowe swemi wąsami; inne ryby, chcąc schwycić owego domniemanego robaka, zbliżają się za bardzo i padają ofiarą swej nieostrożności, schwytane przez podstępного drapieżcę.

Z chwilą gdy pokarm dostaje się do przewodu pokarmowego, zaczyna on ulegać całemu szeregowi przeobrażeń chemicznych, mających na celu głównie rozpuszczenie wszystkich jego części składowych, a nawet przemianę koloidów na łatwo ulegające osmozie krystaloidy. Zmiany owe odbywają się pod wpływem enzymów, wydzielanych przez ścianki przewodu pokarmowego. Z pomiędzy nich znane są bliżej pepsyna, trypsina i erepsyna; każda z nich działa na białka nieco inaczej, ale wszystkie rozkładają je na ciała prostsze, aż do wymienionych w wykładzie pierwszym aminokwasów. Dotychczas jednak zupełnie rozstrzygniętym nie jest, jak daleko idzie rozpad białka w przewodzie pokarmowym.

Prócz tych enzymów proteolitycznych, czyli rozkładających białko, istnieją jeszcze w przewodzie pokarmowym inne enzymy, mianowicie rozpuszczające

mączkę i przerabiające ją na cukier, oraz rozkładające tłuszcze na ich składniki, t. j. na glicerynę i kwasy tłuszczowe.

Rozpuszczone części pokarmu ulegają wessaniu, t. j. przechodzą przez ścianki przewodu pokarmowego i razem z krwią czy limfą rozchodzą się po całym organizmie. Przedewszystkiem nastęcza się tedy pytanie, jakie siły umożliwiają przechodzenie pokarmu przez ściankę przewodu pokarmowego; o kwestję tę toczą się dotychczas spory zacięte; jedni uczeni widzą tu działanie sił czysto fizycznych, zwykłej filtracji i osmozy, inni przypuszczają działanie czynne żywej zarodki komórek, tworzących ściankę przewodu pokarmowego. Również ostatecznie nie jest rozstrzygnięte, w jakiej postaci substancje pokarmowe odbywają ową wędrówkę przez ścianę jelita. Nie wiemy, czy tłuszcz wchłaniany bywa jako tłuszcz, czy jako gliceryna i kwas tłuszczowy, które dopiero następnie w samej ściance przewodu pokarmowego napowrót wytwarzają tłuszcz. Toż samo mniej więcej da się powiedzieć o białku; w postaci jakich składników bywa ono wsysane i w jaki sposób następnie znowu w organizmie się odtwarza—są to wszystko kwestje, które przyszłość dopiero rozstrzygnie.

Wogóle nawet powiedzieć można, że pokarm znika niejako z oczu badacza z chwilą wejścia do ścianek przewodu pokarmowego; dalsze jego koleje są okryte mrokiem tajemnicy i dopiero staje się on znowu dostępnym badaniu z chwilą, gdy w postaci moczu opuści istotę żywą.

VIII.

Zdobywanie tlenu.

Zdobywanie potrzebnego do życia tlenu, podobnie jak pokarmu w ścisłym znaczeniu, jest przedmiotem szczególnej pieczołowitości ze strony wszystkich organizmów; toteż u wszystkich zwierząt widzimy szeregi całe najróżnorodniejszych przystosowań, służących właśnie do zaspokojenia tej potrzeby organizmu.

Przedewszystkim jednak musimy poznać źródło, skąd żywe istoty mogą czerpać tlen — a więc atmosferę i wodę. Co się tyczy pierwszej, to, jak wiadomo, skład jej zawsze jest mniej więcej jednakowy, zawiera ona mniej więcej 20% na objętość tlenu, 80% azotu, a prócz tego bardzo drobną ilość dwutlenku węgla i innych domieszek. Wszystkie też organizmy, powietrzem oddychające, znajdują się pod tym względem w warunkach prawie jednakowych; wyjątek stanowią mieszkańcy gór wysokich, gdzie ciśnienie powietrza jest bardzo małe, a więc ilość pochłanianego tlenu również musi być mniejsza. A jednak organizm przystosowuje się do takich warunków — toteż i na wysokościach bardzo znacznych możliwe jest życie nawet ludów cywilizowanych. Warunki istnienia w takich miejscowościach górskich są jednak dla nauki jeszcze niezupełnie zrozumiałe; prócz zmniejszonego ciśnienia grają tutaj pewną rolę jeszcze inne czynniki — być może natury kosmicznej — dlatego też

zjawiska, spostrzegane w istotach żywych, przeniesionych na znaczne wysokości, samym tylko zmniejszonym ciśnieniem wytłumaczyć się nie dadzą.

O ile wszystkie istoty oddychające powietrzem znajdują tlen mniej więcej zawsze w ilości jednakowej i w warunkach prawie jednakowych, o tyle życie mieszkańców wód przedstawia pod tym względem nader wielką różnorodność. Przedewszystkim nie trzeba chyba długo rozprawiać o tym, że istoty mieszkające w wodzie, czerpią tlen w niej rozpuszczony; chcąc więc zrozumieć warunki ich życia, trzeba rozważyć prawa rozpuszczalności tlenu w wodzie. Wiadomo, że z mieszaniny gazów składniki jej rozpuszczają się w cieczach proporcjonalnie do ciśnienia parcjalnego i do współczynnika rozpuszczalności; stosując ten wzór do rozpuszczalności składników atmosfery w wodzie, otrzymamy, że powietrze rozpuszczone, o ile tak powiedzieć można, zawiera 34% tlenu i 66% azotu — a więc stosunkowa ilość tlenu jest nawet korzystniejsza dla istot żyjących w wodzie, niż dla tych, które oddychają powietrzem atmosferycznym.

W rzeczywistości jednak stosunki przedstawiają się zupełnie inaczej; przedewszystkim gazy rozpuszczone w wodzie zwykle nie pochodzą z otaczającej atmosfery; dyfuzja gazów w wodzie jest tak powolna, że właściwie mowy być nie może o przedostawaniu się tlenu do głębszych warstw wody, gdyż na przykład cząsteczka tlenu na przejście z powierzchni jeziora Bodeńskiego do jego dna potrzebowałaby paru setek lat, pochodzenie swoje przeto tlen zawarty w wodzie zawdzięcza jedynie roślinom, które pod

wpływem promieni światła wydzielają pierwiastek ten w znacznej ilości.

Wobec takiego stanu rzeczy nie można się dziwić, że w wodach naturalnych nie znajdujemy nigdy takiej ilości gazów, jakiej na zasadzie rozważań teoretycznych moglibyśmy oczekiwać, — a nawet wogóle pod tym względem teoria jest zupełnie bezsilna i, chcąc zdać sobie sprawę z ilości tlenu, znajdującego się w pewnych warunkach w wodzie, trzeba koniecznie uciec się do pomocy analizy; w ten sposób okazało się, że w różnych zbiornikach wody, a nawet w tym samym zbiorniku w różnych momentach, panują odmienne stosunki. Udało się spostrzegać w pewnym stawie, że woda jego w dzień zawiera około 22 cm³ tlenu w litrze wody, podczas kiedy wyklócona silnie z powietrzem nabierała tego gazu 7 cm³. W nocy zato ilość tlenu, zawartego w tym samym stawie, spadała do 2 cm³. Z tych kilku przykładów widzimy, że istoty wodne pod względem oddychania znajdują się w warunkach bardzo różnorodnych; toteż między niemi daje się znaleźć wiele bardzo przykładów nader ciekawego przystosowania się do ciężkich nieraz pod tym względem warunków. Pijawki mogą żyć 4 dni w wodzie przegotowanej, a więc pozbawionej prawie całkowicie tlenu, wirki wytrzymują w tych warunkach 1—2 dni, podczas gdy skorupiaki wodne giną już po kilku godzinach.

Włosień (*Gordius aquaticus*) jeszcze lepiej przystosowywać się potrafi: w braku tlenu przestaje się poruszać, wpada w stan niejako śmierci pozornej —

i budzi się wtedy dopiero, kiedy napowrót zacznie tlen otrzymywać.

Odmienneą zupełnie klasę istot tworzą tak zwane anaeroby, t. j. organizmy, które mogą obejść się zupełnie bez tlenu. Znaczy to, że przemiana materji u nich jest niejako uproszczona i polega jedynie na przegrupowaniach wewnątrz—cząsteczkowych, podczas kiedy u innych istot, prócz tego, wchodzi w grę zjawiska utleniania.

Są istoty, dla których dostęp tlenu nie tylko nie jest konieczny, ale owszem—nawet szkodliwie wpływa na ich zjawiska życiowe. Zresztą zdaje się, że wszystkie istoty czas jakiś bez tlenu wyżyć mogą, ratując się właśnie temi zjawiskami rozkładu wewnątrzcząsteczkowego, czyli uciekając się do „oddychania śróddrobinowego”. Anaeroby zaś są to organizmy, dla których takie stosunki nienormalne stały się zwykłymi i wywołały szereg przystosowań odpowiednich; ten rodzaj istot spotykamy głównie między niższymi roślinami, ale i stosunkowo wysoko organizowane zwierzęta mogą pędzić żywot anaerobów. Znana glista końska (*Ascaris megalocephala*) nie potrzebuje do swego istnienia tlenu: oddychanie jest u niej zastąpione przez rozkład glikogieny, substancji należącej do wodorów węgla, i wytwarzania z niej kwasu węglowego i kwasu walerjanowego. W tym kierunku wiele jeszcze zrobić trzeba, mnóstwo ciekawych faktów i przystosowań biologicznych czeka na rozwiązanie, a wyjaśnienie stosunku anaerobów i aerobów rzuci pewno jasne światło na zawile zjawiska przemiany materji.

Pozostawiając jednak na uboczu te ciemne kwestje, nawiążmy zerwane na początku wykładu nici i zastanówmy się nad tym, jak zdobywają sobie tlen różne istoty żywe.

U organizmów najprostszych, posiadających zwykłe wymiary niewielkie i powierzchnię ciała delikatną, dość łatwo przepuszczalną, nie znajdujemy żadnych specjalnych organów oddechowych; ta ilość tlenu, która przez powierzchnię dostaje się do wnętrza organizmu, najzupełniej wystarcza na jego potrzeby. W miarę jednak zwiększania się objętości ciała zwierzęcia, powstaje konieczna potrzeba zwiększenia również i powierzchni zetknięcia się organizmu ze środowiskiem otaczającym. Takie przystosowanie w postaci bardzo typowej znajdujemy u gąbek: całe ich ciało przeniknięte jest układem kanałów, w których krąży ustawicznie woda, wprawiana w ruch przez komórki migawkowe, tworzące ściankę kanałów. Toż samo widzimy i u innej, daleko wyżej uorganizowanej grupy istot, mianowicie u owadów: w całym ich ciełe rozgałęzia się układ rur, zwanych dychawkami lub tchawkami, które komunikują się szeregiem otworów z otaczającą atmosferą i zawierają stale powietrze. Niektóre owady przeniosły się z lądu do wody, musiały więc odpowiednio zmienić swoje narządy oddechowe, niektóre radzą sobie przytym w sposób bardzo prosty, gdyż wypływają od czasu do czasu na powierzchnię wody i zabierają zapas powietrza bądź pod skrzydła, jak to czyni pływak (*Dytiscus*), bądź między włoski, któreimi usiane jest całe ich ciało — co się dzieje u kałużnicy (*Hydrophilus*); inne wreszcie

posiadają na odwłoku długą rurkę, na której końcu znajduje się otwór prowadzący do tchawek (np. płoszczyca—*Nepa*).

Są nawet przypadki bardzo oryginalnych sposobów zaopatrywania się w tlen; larwa, na przykład, chrząszcza *Donacia* posiada na końcu odwłoka dwie prowadzące do tchawek chitynowe rurki, które wbija w podwodną łądygę grzybieni i z dróg powietrznych rośliny czerpie dla siebie tlen.

W podobny sposób zdobywa sobie ów pierwiastek i poczwarka tego chrząszcza. Owady takie, właściwie mówiąc, nie pędzą życia wodnego, gdyż nie używają do swych potrzeb tlenu zawartego w wodzie. Znale są jednak między larwami owadów przystosowania do życia wodnego w ścisłym znaczeniu wyrazu; w tych razach spotykamy boczne wyrostki chitynowe z nadzwyczaj silnie rozgałęzionymi tchawkami, które jednak nie otwierają się na zewnątrz, lecz tylko otrzymują tlen z wody otaczającej, w drodze dyfuzji.

W ogromnej większości przypadków płyn otaczający organizm nie dostarcza tlenu bezpośrednio do wszystkich zakątków organizmu; na ciełe zwierzęcia powstają w pewnych tylko miejscach specjalne organy oddechowe, będące nadzwyczaj silnie pofałdowanymi wyrostkami lub wgłębieniami skóry, noszące nazwę skrzeli, lub płuc, zależnie od tego, czy są przystosowane do odbywania czynności swej w wodzie, czy też w powietrzu. W tych przypadkach tlen musi być niejako rozwieziony po całym organizmie, czym trudni się ciecz specjalna, zwana krwią, która ustawicznie krąży po całym ciełe, będąc w ruch

wprowadzana przez specjalny przyrząd o charakterze pompy ssąco-tłoczącej, zwany sercem. Od niego rozchodzi się szereg rur zwanych naczyniami, w których właśnie krew krąży. U owadów posiadających tchawki, układ krwionośny rozwinięty jest nader słabo, dlatego właśnie, że tlen dochodzi bezpośrednio niemal do wszystkich tkanek.

Ponieważ taka ilość tlenu, jaka we krwi na zasadzie praw fizycznych może się rozpuścić, byłaby zbyt mała i nie wystarczająca na potrzeby ustroju, przeto we krwi większości zwierząt znajdują się ciała, tworzące z tlenem związki bardzo łatwo ulegające rozkładowi i zwracające gaz poprzednio pobrany.

Do takich związków należy hemoglobina, spotykana głównie u zwierząt kręgowych, oraz hemocjanina, dość rozpowszechniona między zwierzętami niższymi. Pierwsza zawdzięcza swą zdolność łączenia się z tlenem obecności żelaza w swej cząsteczce, a druga w tym samym celu zawiera miedź. Prawdopodobnie istnieje jednak jeszcze większa ilość takich ciał oddechowych.

Jeszcze na jedną stronę zjawiska oddychania musimy zwrócić uwagę, mianowicie — płyn otaczający organy oddechowe, ustawicznie zmieniać się musi, gdyż po oddaniu swego zapasu tlenu istotie żywej staje się on już dla niej zupełnie bezużytecznym.

Do osiągnięcia tego celu znajdujemy mnóstwo różnych przystosowań; przede wszystkim często bardzo organy oddechowe umieszczone są w bezpośrednim sąsiedztwie organów miejscowości, których ruch wywołuje ustawiczne prądy w płynie otaczają-

cym; przykłady typowe widzimy u większości skorupiaków. W innych znowu razach powstaje szereg urządzeń, spełniających mniej więcej rolę wentylatorów. U zwierząt ssących np. powietrze bywa czerpane rytmicznie do płuc, a następnie stamtąd usuwane, — zjawisko to w życiu codziennym nazywamy oddychaniem.

W analizę szczegółową tego zjawiska wdawać się tutaj nie można, a jest ono z wielu względów bardzo skomplikowane i ciekawe.

Na zakończenie wspomnę jeszcze, że u wielu istot widzimy chemotaktyzm dodatni do tlenu; bezwątpienia zjawisko to również posiada wielkie znaczenie biologiczne, chroniące wiele istot od braku tlenu.

IX.

Wydalenie.

Ostatnim procesem w szeregu zjawisk przemiany materji jest wydalenie, czyli usuwanie z organizmu substancji zużytych, utlenionych, wogóle niezdatnych, a nawet szkodliwych dla ustroju. Produkty rozpadu materji—wydaliny—pod względem fizycznym należą do dwóch kategorii ciał: do gazowych, albo też stałych, które zwykle znajdujemy jako roztwory wodne. Do pierwszej grupy należy właściwie tylko dwutlenek węgla; w postaci tego związku opuszcza organizm większa część węgla, wprowadzonego doń w pokarmach. Gaz ten bywa usuwany zwykle przez organy oddechowe, przez które zatym przepływa podwójny

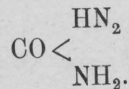
strumień gazów: tlen wędruje ze środowiska otaczającego do wnętrza organizmu, dwutlenek węgla wprost przeciwnego trzyma się kierunku. Wobec tych stosunków nie będziemy się dłużej zatrzymywali nad procesem wydalania dwutlenku węgla, gdyż trzeba by tutaj nieomal dosłownie powtórzyć to wszystko, co mówiliśmy o wchłanianiu tlenu. Wszak zwykle nawet nazwą oddychania obejmujemy te obydwa procesy—słowem całą wymianę gazów w organizmie.

Wydalinę, będącą roztworem różnych stałych produktów rozpadu materji zwierzęcej, nazywamy zwykle moczem; tą drogą opuszcza żywą istotę reszta węgla, oraz prawie całkowita ilość innych wprowadzonych do ustroju pierwiastków. Nieznaczny tylko procent ogólnej sumy produktów rozpadu materji wydany zostaje drogą inną — przez pot, przez przewód pokarmowy i t. d.

Badanie moczu i wchodzących w jego skład ciał stanowi jeden z ważniejszych działów nauki o przemianie materji, jak to wspominaliśmy poprzednio: z całego łańcucha zjawisk chemicznych, odbywających się w organizmie, znamy tylko pierwsze i ostatnie ogniwo—pokarm i wydalinę; musimy więc poznać się z niemi możliwie dokładnie, ażeby na tych podstawach uczynić próbę choćby w zarysach najogólniejszych odtworzenia zmian, odbywających się w ustroju.

Dlatego obecnie zwrócimy się do zbadania własności moczu, jakkolwiek to, dla czytelników niedostatecznie z chemją obeznanych, nasuwać może pewne trudności.

U człowieka najważniejszym pod każdym względem składnikiem moczu jest ciało, zwane mocznikiem i w symbolistyce chemicznej wyobrażane z pomocą wzoru.



Przy sposobności wspomnę, że mocznik był pierwszym produktem działalności organizmów, który udało się sztucznie otrzymać w pracowni w r. 1828; — od tej chwili zaczęła się nowa era w badaniach chemiczno-biologicznych. W postaci tego ciała opuszcza organizm ludzki około 90% przyjętego w pokarmach azotu. Z pomiędzy innych składników moczu na uwagę zasługuje amonjak w postaci soli amonowych, dalej kwas moczowy i hippurowy. Stosunek ilości wydalonego kwasu moczowego do mocznika waha się mniej więcej w granicach 1:40—1:70; kwasu hippurowego mocz ludzki zawiera mniej więcej też same ilości co moczowego. W moczu zwierząt roślinożernych kwas hippurowy występuje w ilościach bardzo znacznych. Prócz tego w moczu znajduje się dość dużo soli nieorganicznych z nieznaczną domieszką różnych innych związków. Tu powstaje pytanie bardzo ważne, czy wszystkie wymienione wyżej składniki moczu są pierwotnymi produktami wymiany materji, t. j., czy powstają one bezpośrednio podczas rozpadu pokarmów wewnątrz żywej zarodki—czy też ulegają one jeszcze następnie różnym przemianom i potem dopiero przechodzą do moczu. Na pytanie to ostatecznej odpowiedzi dać nie można; w każdym

razie nie ulega wątpliwości, że takie następce modyfikacje pierwotnych produktów rozpadu odbywają się rzeczywiście — wiemy np., że mocznik wytwarza się w wątrobie z soli amonowych, chodzić może więc jedynie o to, czy wszystek mocznik w ten sposób powstaje, a kwestję tę trzeba uważać za ostatecznie nierozstrzygniętą.

Wreszcie na zasadzie szeregu innych spostrzeżeń twierdzić możemy, że wiele ciał, bądź wprowadzonych umyślnie do organizmu, bądź też w nim powstających, łączą się jedne z innymi, dając nowe kombinacje; celem tego bywa najczęściej zniszczenie substancji szkodliwych dla organizmu; możliwą jest rzeczą, że wymienione wyżej powstawanie mocznika z soli amonowych zawdzięcza właśnie swe pochodzenie ich własnościom szkodliwym.

Organ wydalania u zwierząt wyższych nosi nazwę nerek; krew, przepływając przez nie, oddaje znaczną część swej wody, oraz produktów rozpadu materji, zebranych z całego organizmu — i z tego wytwarza się mocz, który następnie bywa wydalanym na zewnątrz. Sam mechanizm usuwania w nerkach ze krwi składników niepotrzebnych dotychczas nie jest wyjaśniony; jak we wszystkich niemal tego rodzaju przypadkach, tak i tutaj mamy do czynienia z dwiema teorjami — jedna, fizyczna, widzieć pragnie działanie jedynie czynników fizycznych — filtracji i osmozy; druga przypuszcza czynną interwencję komórek składających nerkę.

W ten sposób przedstawia się ostatnia faza przemiany materji u zwierząt ssących. Uzyskawszy w ten

sposób fundamenty, na których budować możemy poglądy szersze, uczynimy przegląd spraw wydalania u innych zwierząt, — zaczynając od najniższych.

Nie wesoło jednak przedstawiać się będzie bilans naszych wiadomości: o wymoczkach np. wiemy pod tym względem bardzo niewiele. Z pomocą mikroskopu widać w ich ciele pewne charakterystyczne ciała — zwane ciałkami ekskrecyjnymi, — ale losy ich nie są bliżej znane. Również nie wiele wiemy o ich składzie chemicznym; zdaniem jednych badaczy, składają się one głównie z substancji nieorganicznych, z fosforanu wapnia, — inni zaś chcą w nich widzieć kwas moczowy.

Gorzej jeszcze sprawa stoi z jamochłonnymi — wprost nic zupełnie o nich nie wiemy. U szkarłupni spotykamy się z jednym bardzo ciekawym sposobem wydalania z organizmu ciał niepotrzebnych — polega on na tym, że pewne komórki wędrowne, odpowiadające białym ciałkom krwi człowieka, wchłaniają bezpośrednio różne ciała obce, znajdujące się w organizmie, i następnie wraz z całym takim ładunkiem bywają wyrzucane z organizmu szkarłupni. U strzykw takie wywędrowanie owych komórek odbywa się poprzez ścianki t. zw. płuc wodnych. O chemicznych własnościach tych wydalin nie wiemy prawie nic.

U robaków znajduje zastosowanie ta sama zasada: wynoszenie niepotrzebnych części przez specjalne komórki wędrowne, ale prócz tego istnieje układ wydalniczy (nefrydye), odgrywający wybitną rolę w sprawach wydalania. Opisu jego budowy podawać tutaj

nie będę, gdyż znaleźć go łatwo w każdym podręczniku zoologii. Ciekawą jest bardzo rzeczą, że udało się w niektórych razach wykryć pewien podział pracy między neftydjami i komórkami wędrownymi; jeżeli mianowicie do jamy ciała zastrzyknąć nieco jakiegoś ciała obcego—najlepiej — barwnika, to można zauważyć, że pewne ciała zostają usuwane przez komórki wędrowne, inne zaś przez nefrydje; znaczenie tego rodzaju zjawisk jest dla nas zupełnie niezrozumiałe. Fakt nadzwyczaj ważny pod względem biologicznym udało się zauważyć u niektórych robaków: złogi produktów wymiany materji nie wydostają się na zewnątrz, ale umieszczane są w skórze i dzięki swej barwie żółtej nadają zabarwienie całemu zwierzęciu. Pod względem chemicznym udało się w wielu przypadkach stwierdzić w wydalinach obecność guaniny, ciała znanego jako produkt rozkładu nukleiny i spokrewnionego blisko z kwasem moczowym.

U mięczaków blaszkoskrzelnych spotykamy również owe komórki wędrowne, wynoszące z organizmu różne produkty rozkładu; ale prócz nich istnieją organy specjalne, tak zwane organy Bojanusa, które fizjologicznie odpowiadają nerkom. Jako produkt wydaliny udało się znaleźć kwas moczowy i guaninę — być może jednak, że istnieją jeszcze i inne ciała, należące do tej samej grupy. Toż samo da się powiedzieć i o ślimakach. Mięczaki głowonogie są może najlepiej pod tym względem ze wszystkich zwierząt zbadane, zresztą praca była tutaj łatwiejsza choćby z tego względu, że stosunkowo łatwo zebrać

można większe ilości moczu. W skład jego wchodzi kwas moczowy i tak zwana hipoksantyna, należąca do tej samej grupy ciał, co kwas moczowy i guanina; prócz tego wykryto tam jakiś jeszcze bliżej dotąd nie zbadany związek. Ten ostatni fakt wykazuje nam, z jak wielką ilością nowych, nader ciekawych zjawisk spotkać się będzie można przy dalszych w tym kierunku badaniach; zresztą zaraz tutaj nasuwa się inny przykład tego rodzaju: u skorupiaków główny składnik moczu stanowić będzie t. zw. kwas karcynurowy, o którym również dokładniejszych nie posiadamy wiadomości.

U owadów znowuż spotykamy stosunki podobne; charakterystyczny składnik ich moczu stanowi kwas moczowy; organy wydzielnicze stanowią tak zwane naczynia Malpighi'ego, wpadające do tylnej części przewodu pokarmowego; a nieraz pewne działy jelita funkcjonują jako nerki. Nader ciekawe są losy produktów wymiany materji, wytwarzających się wtedy, kiedy nie odbywa się ich wydalanie na zewnątrz, jak np. w stadium poczwarki, oraz niekiedy u larwy.

W takich przypadkach kwas moczowy bądź zbiera się w tak zwanym cieple tłuszczowym, a stamtąd w następstwie dopiero bywa usuwany, jak to dzieje się u błonkoskrzydłych, bądź też bywa zużywany na potrzeby organizmu w taki sposób, jak to widzieliśmy u robaków. Okazało się mianowicie, że barwa skrzydeł cytrynka (*Rhodocera rhamni*) i kapustnika (*Pieris brassicae*) zawdzięcza swe pochodzenie kwasowi moczowemu i jego pochodnym.

Na zakończenie tego przeglądu spraw wydalania u bezkręgowych wspomnę, że charakterystycznym składnikiem moczu pajaków jest znowu guanina, nie zaś kwas moczowy.

Przechodząc do kręgowców, zbliżamy się już do opisanego na początku moczu ssaków; u ryb i płazów znajdujemy mocznik, a u gadów i ptaków główną rolę gra kwas moczowy. Stosunki anatomiczne panują tu już mniej więcej takie, jak u ssaków.

Jak widać ze wszystkiego, co wyżej powiedziano, zbyt mało jeszcze wiemy o całej różnorodności produktów wymiany materji, żebyśmy mogli dojść do jakichś większych uogólnień. W każdym razie zaznaczyć można, że w olbrzymiej większości przypadków azot opuszcza organizm w postaci ciał z grupy purynowej (kwas moczowy, guanina i t. d.); mocznika poza zwierzętami kręgowymi nigdzie znaleźć się nie udało—to chyba pozwala nam przypuszczać że nie jest on pierwotnym produktem rozpadu żywej materji.

X.

Energietyka organizmów.

Przy wszystkich bez wyjątku zjawiskach, zachodzących w otaczającej nas przyrodzie, odbywają się zawsze zmiany pewnej wartości liczebnej, charakterystycznej dla danego układu i noszącej nazwę energii. Są nawet obecnie badacze skłonni uważać energję za substancję, t. j. nadawać jej byt realny — a nawet

niektórzy uważają energję za jedyną substancję i przeczą realnemu istnieniu materji. Nie jest to miejsce odpowiednie do zastanawiania się nad temi ważnemi i zasadniczymi kwestjami, chodzi nam w danej chwili jedynie o stwierdzenie faktu, że i przy zjawiskach przemiany materji, w których widzieliśmy zasadniczą cechę istot żywych, również muszą zachodzić przemiany energii. Nim jednak zwrócimy się do badania zmian energii, których siedliskiem są istoty żywe, musimy bliżej zapoznać się z zasadami ogólnemi, które można było wyprowadzić, obserwując zjawiska, zachodzące we wszechświecie. Przedewszystkiem, co to jest energia? Jest to zdolność wykonywania pracy, a więc ta cecha liczebna uważanych układów, która pochodzi z pracy na nich wykonanej i która na pracę da się zamienić—to będzie ich energia. Praca, wykonana na danym układzie, może zmienić różne jego własności — a przez to samo zmiana energii tego układu może się ujawnić w formach bardzo różnych: można, na przykład, rozsunąć dwa ciała wzajemnie się przyciągające,—wtedy zmiana energii w nich będzie w ścisłym związku ze zmianą ich położenia w przestrzeni, a więc nazwiemy tę postać energii energją położenia. Pocierając dwa ciała jedno o drugie, wykonywamy na nich pewną pracę, która zmieni ich stan cieplny — czyli ujawni się w postaci energii cieplnej i t. d. Wogóle obecnie wymienić można następujące rodzaje energii: energję cieplną, elektryczną i magnetyczną, promienistą, chemiczną, i wreszcie różne rodzaje energii mechanicznej,

jako to: energję ruchu, położenia, powierzchniową i objętościową.

Jeżeli będziemy uważali pewien układ, to absolutnej ilości zawartej w nim energii, ma się rozumieć, zmierzyć nie będziemy nigdy mogli — zmiany jednak tej ilości dostępne są najzupełniej dla naszej kontroli. Zastanawianie się nad temi zmianami doprowadziło jeszcze w połowie zeszłego stulecia do ogłoszenia zasady zachowania energii, polegającej na tym, że jeżeli dany układ wykona pewną pracę zewnętrzną na innym układzie, to zasób energii pierwszego zmniejszy się o tyle, o ile zwiększy zasób energii drugiego, z tym zastrzeżeniem, że oba te układy są zupełnie odosobnione od wszystkich innych. Inaczej jeszcze można to sformułować: ogólna ilość energii w tych układach odosobnionych nie uległa zmianie, przeszła tylko część jej z jednego do drugiego, przyczem mogła zmienić się postać energii, t. j. mechaniczna mogła zmienić się na cieplną, elektryczną, promienistą i t. d., ale ilość pozostała niezmienną, o ile, ma się rozumieć, mierzymy zawsze miarą jednakową.

Na tym jednak nie kończą się kwestje interesujące nas w danym przypadku; nasuwa się zaraz pytanie, wśród jakich warunków może energia przepływać z jednego układu do drugiego, czy panuje tu dowolność zupełna, czy też istnieją pewne prawa, ograniczające i regulujące bieg zjawisk. Zapuszczanie się w te kwestje zaprowadziłoby nas zbyt daleko, toteż muszę odesłać czytelnika do odpowiednich

rozdziałów fizyki, a w formie przypomnienia jedynie powiem, że zjawiska w przyrodzie przebiegają zawsze w ten sposób, że rośnie ustawicznie pewna cecha układów, nosząca nazwę entropji.

Po tych uwagach wstępnych możemy powrócić do interesującej nas tutaj specjalnie kwestji, t. j. do przemiany energii w istotach żywych. Jak pod niektórymi innemi względami, tak i tutaj istnieje pewna różnica między roślinami zielonemi, t. j., posiadającemi chlorofil, a innemi ustrojami, głównie zwierzętami. Do tych ostatnich przedewszystkiem się zwrócimy. Wraz z pokarmem przyjmują one do wnętrza swego organizmu pewien dość znaczny zasób energii; wszystkie przemiany, którym pokarm ulega w organizmie zwierzęcym, są tej natury, że wyzwala się przytym pewna znaczna ilość energii, która może się ujawnić w najrozmaitszej postaci. Pierwsze zadanie, wobec którego stanęli tutaj badacze, polegało na tym, czy otrzymamy taką samą ilość energii, podając pokarm szeregowi przemian raz wewnątrz organizmu, drugi raz zaś poza jego obrębem. Mówiąc dokładniej, zadanie było prostsze; z zasadniczych praw chemji i fizyki wynika, że ciało przeprowadzone ze stanu, który oznaczamy symbolem A, do stanu oznaczonego przez B, zmieni swój zasób energii zupełnie, bez względu na to, jaką drogą przejście to będzie się odbywało. Wobec tego, w celu rozstrzygnięcia owego zagadnienia biologicznego, nie było rzeczą konieczną poddawać pokarm w epruwetce badacza tym samym zmianom, którym ulega on w organizmie, chodziło tylko o otrzymanie tego samego

stadium ostatecznego, t. j. tego, w którym pokarm opuszcza istotę żywą. Ogólny charakter przemian chemicznych, którym ulega ciało przez organizm przyjęte, jest nam już znany: polega on na utlenieniu; otóż spalając, czyli utleniając pokarm aż do tego samego stadium, co w organizmie, można było obliczyć ilość wytworzonej energii cieplnej. Okazało się przytym, że 1 gram białka wydziela przeciętnie 4·1 wielkich kalorii, będąc spalony na te same produkty, które tworzą się w organizmie; gram wodoru wydziela również 4·1 wielkich kalorii, a jeden gram tłuszczu wydziela 9·3 wielkich kalorii. Jeżeli teraz zwierzę po spożyciu ściśle określonej ilości pokarmu umieścimy w kalorymtrze i zmierzmy ilość ciepła przez nie wydzielonego, to okaże się, że jest ona zupełnie taka sama, jaką teoretycznie można obliczyć na tylko co wyłuszczonych zasadach. Jeżeli zwierzę zmusimy do wykonania pewnej pracy zewnętrznej, to okaże się, że ilość ciepła, wydzielonego w kalorymtrze, zmniejszy się o tyle, ile dane zwierzę wykonało pracy.

Z doświadczeń tego rodzaju można wyciągnąć wniosek bardzo ważny, polegający mianowicie na tym, że prawo zachowania energii w całej rozciągłości stosuje się do organizmów, następnie, że wszystka energia, wyzwolona przez spalanie pokarmu, może opuścić organizm w postaci ciepła, czyli że nie jest przechowywana we wnętrzu organizmu w jakiegobądź postaci. W czasach ostatnich zasady te zostały rozszerzone nawet na rozwijający się zarodek; badając wymianę jego materji, oraz równocześnie mierząc

ilość wydzielanego ciepła, można było wykazać, że i w tym przypadku ilość ciepła rzeczywiście wydzielonego równa się ilości obliczonej teoretycznie na zasadzie wymiany materji — a więc nawet i w tym przypadku energia nie zostaje przechowana wewnątrz organizmu.

Obecnie przeto w pokarmach widzieć możemy źródła energii koniecznej dla potrzeb organizmu; ale nie trzeba zapędzać się w tym kierunku zbyt daleko — już w wykładach poprzednich mówiliśmy o tym, że samemi tylko wodanami węgla i tłuszczem niepodobna utrzymać przy życiu żadnej istoty (ściśle mówiąc, zbadane są tylko istoty wyższe, z wielką jednak dozą prawdopodobieństwa możemy to twierdzenie rozszerzyć na całokształt organizmów); gdyby pokarm miał znaczenie tylko źródła energii, to trudno zrozumieć by było, dlaczego niezbędna jest obecność białka. Z punktu widzenia zjawisk przemiany materji, tak wielkie znaczenie białka jest bardzo zrozumiałe, o czym zresztą mówiliśmy już poprzednio. Poza tym, t. j. poza pewnym niezbędnym dla organizmu minimum białka, reszta potrzeb ustroju może być pokryta przez jakąkolwiek z trzech kategorii ciał, mogących wchodzić w skład pokarmu, t. j., bądź przez tłuszcze, bądź przez wodany węgla, bądź przez białko. Okazuje się, że dla organizmu jednakową wartość posiadać będą takie ilości tych ciał, które wytwarzają przy utlenianiu jednakowe ilości ciepła, czyli, jak przyjęto mówić, — ilości izodynamiczne. Organizm człowieka, znajdującego się w spoczynku, musi w przeciągu 24 godzin wytworzyć

przeciętnie około 30 kalorii, licząc na kilogram żywej wagi; przyjmując zaś wagę mężczyzny za równą 70 kg., dojdziemy do przekonania, że, nie pracując, musi on przyjąć tyle pokarmu, ażeby, utleniwszy go, wytworzyć 2100 kalorii; ma się rozumieć, że człowiek pracujący musi otrzymać pokarmu więcej, ażeby pokryć wzmożone wydatki organizmu.

Dalej zagłębiać się w te kwestje nie będziemy, — wspomnę tylko, że wiele bardzo jeszcze w tym kierunku pozostaje do zrobienia; przedewszystkiem prawie tylko co opisane zdobyliśmy, badając jedynie zwierzęta wyższe, o niższych nie mamy żadnego zupełnie pojęcia — a stosunki tam mogą panować bardzo ciekawe i odmienne. Dopiero poznawszy zjawiska, zachodzące u różnych zwierząt, będziemy mogli zdobyć się na jakieś szersze uogólnienia.

A teraz zwróćmy się do bilansu energetycznego roślin zielonych. Stosunki panują tutaj całkiem odmienne: zwierzęta otrzymują potrzebny zasób energii w postaci pokarmów, rośliny zaś czerpią go bezpośrednio ze słońca. Dzięki obecności chlorofilu, zachowują one energję świetlną, z jej pomocą wytwarzają wodany węgla, rozszczepiając dwutlenek węgla i wydalając tlen. Proces ten da się porównać z naciąganiem sprężyny, — a praca do tego potrzebna, pochodzi właśnie z energii świetlnej. Wodany węgla — to sprężyna naciągnięta: łącząc się z tlenem, dają one znów dwutlenek węgla i wodę, wyzwalaając tę ilość energii, którą z promieni światła uprzednio zaczerpnęły. Nie trzeba jednak wyobrażać sobie, że w roślinach zielonych odbywa się tylko ten rodzaj

przemian energii: prócz procesu asymilacji, połączonego z wchłanianiem i przechowywaniem energii, odbywają się w roślinach zwykle procesy utleniania, połączone z wydzielaniem energii — tylko, że zasób jej przez tę samą roślinę był przygotowany, podczas gdy zwierzę musi swój zasób energii otrzymać razem z pokarmem. Ponieważ zaś ostatecznie pokarm zwierząt zawdzięcza swe pochodzenie roślinom zielonym, więc i energja zwierząt w ostatniej instancji pochodzi z energii światła słonecznego.

Co się tyczy rodzajów energii, które przez organizmy są wytwarzane, to na pierwszym miejscu, jak zresztą we wszystkich zjawiskach przyrody, postawić należy produkcję ciepła, następnie idzie wytwarzanie energii mechanicznej, a wreszcie i wszystkich innych rodzajów, jako to elektrycznej, np. u ryb elektrycznych, świetlnej u istot świecących i t. d. Te ostatnie jednak rodzaje energii odgrywają rolę bardzo małą — toteż zastanawiać się będziemy tylko nad wytwarzaniem energii cieplnej i mechanicznej.

Co się tyczy pierwszej, to przedewszystkiem zwrócić należy uwagę na dwie dość wyraźnie rozgraniczone grupy zwierząt: na t. zw. ciepłokrwiste, a właściwie jednakowo ciepłe (homeotermiczne), t. j. posiadające stałą temperaturę ciała, i zimnokrwiste, czyli niejednakowo ciepłe (poikilotermiczne), t. j., posiadające temperaturę ciała, mniej więcej równą temperaturze otoczenia.

Do pierwszej kategorii należą ptaki i ssące — do drugiej wszystkie inne.

Temperatura ciała zwierząt ssących wynosi mniej

więcej około 37°, temperatura ptaków przenosi zwykle 40°; jedne i drugie są zwykle przeto cieplejsze od otoczenia i muszą ciągle produkować znaczne ilości ciepła, ażeby utrzymać swe ciało na danym poziomie temperatury wbrew ustawicznemu ochładzaniu, t. j. oddawaniu ciepła otoczeniu. Wobec zmian i wahań temperatury środowiska, w którym zwierzę ciepłokrwiste żyje, musi ono posiadać szereg przystosowań, regulujących odpowiednio produkcję ciepła. Rzeczywiście obniżenie temperatury otoczenia, połączone oczywiście z większym ochładzaniem organizmu, działa nań jako bodziec wzmagający wytwarzanie ciepła, a więc przyspieszający przemianę materji i energii. U zwierząt zimnokrwistych widzimy zjawiska wprost przeciwne; u nich, równie jak w większości reakcji chemicznych, zachodzących w przyrodzie martwej, obniżenie temperatury otoczenia pociąga za sobą obniżenie temperatury zwierzęcia i zwolnienie odbywających się w nim procesów utleniania *).

Zwierzę jednakowo ciepłe nie może poza pewne minimum obniżyć swej produkcji ciepła,—to też wobec wysokiej temperatury otoczenia, a przez to samo małych strat ciepła, grozi mu nieraz zbytne ogrzanie; z tym niebezpieczeństwem organizm gwałtownie walczyć musi. W tym celu często ucieka się on do zamiany wyprodukowanego ciepła na ciepło utajone parowania wody: u wielu zwierząt na powierzchni ciała zaczyna się wytwarzać ciecz swoista, nosząca

*) Niedawno ukazały się badania dowodzące, że i u zwierząt zimnokrwistych panują stosunki takie same, jak u ciepłokrwistych—kwestja wymaga dalszych badań.

nazwę potu, która, parując, pochłania bardzo wielkie ilości ciepła. Kiedy indziej, choćby u psa, woda paruje silnie z płuc i z powierzchni języka. W niektórych jednak przypadkach wprost nie zdajemy sobie sprawy, w jaki sposób zwierzę walczy za zbytciem ciepła; do takich zagadek należy naprzykład kot, który się nie poci, ani też nie dyszy gwałtownie, jak pies.

Nadzwyczaj ważną jest rzeczą poznać stosunek między ilością produkowanego przez organizm ciepła a pracą mechaniczną, wykonaną w tym samym czasie. Ażeby znaczenie tego zrozumieć, musimy jeszcze zwrócić się do poruszonych na początku praw przemiany różnych postaci energii.

Wiadomo z fizyki, że energii cieplnej z pomocą żadnej maszyny całkowicie na jakąbądź inną, np. na mechaniczną, zamienić nie można. Jeżeli przeprowadzamy energję cieplną z temperatury wyższej do niższej, to wtedy część jej można zamienić na inną formę i ta część będzie proporcjonalna do ułamka $\frac{T_1 - T_2}{T_1}$, gdzie T_1 i T_2 są temperatury absolutne

ciał, pomiędzy którymi istniał prąd energii cieplnej.

W zwykłych maszynach parowych my właśnie energję chemiczną przerabiamy na cieplną, a tę dopiero na pracę mechaniczną, to też możemy tylko część ciepła w ten sposób zamienić — część zależną od temperatury kotła i chłodnicy.

Zachodzi przeto kwestja, czy mięsień pracuje w ten sam sposób; w celu jej rozstrzygnięcia właśnie poznać trzeba stosunek między ilością wykonanej

pracy mechanicznej i ciepła jednocześnie wytworzonego.

Z wielu badań ostatnich wynika, że około 0·4 ogólnej ilości wyzwalonej energii może być przez organizm zamienione na pracę mechaniczną. Łatwo obliczyć, że maszyna parowa, ściślej mówiąc, cieplna, posiadałaby taką wydajność przy różnicy temperatur między kotłem i chłodnicą, wynoszącej paręset stopni. Trudno przypuścić, żeby w mięśniach istniały podobne różnice temperatury — pozostaje przeto przypuścić, że w mięśniach energia chemiczna bezpośrednio zamienia się na pracę mechaniczną — słowem, że jest tu rozwiązane zagadnienie, o którym marzy technika.

XI.

Krążenie materji i energii w przyrodzie.

Postarajmy się objąć obecnie jednym rzutem oka całokształt przyrody — żywej i martwej — i zastanówmy się nad wędrówkami materji i energii, które widzimy we wszechświecie. W wielu miejscach wykładów poprzednich poruszaliśmy kwestję tego rodzaju, ale dziś wypada nam zapoznać się z ich całokształtem. Wiemy już, że w skład istot żywych wchodzi też same pierwiastki, które spotykamy w przyrodzie martwej — a więc, zastanówmy się nad tym, jakimi drogami dostają się one w wir przemian chemicznych, odbywających się w istotach żywych — a następnie, w jakiej postaci stamtąd się wydostają.

Wreszcie rozstrzygnąć należy kwestję, jakie przy tym wszystkim odbywają się zjawiska energetyczne.

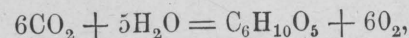
Na pierwszym miejscu rozpatrzeć wypada losy węgla, który nadaje wprost cechę charakterystyczną wszystkim nieomal związkom, wchodzącym w skład organizmu. A losy jego są nadzwyczaj ciekawe: do świata istot żywych dostaje się on, jako dwutlenek węgla, ciało już zupełnie utlenione, nie ulegające przeto dalszemu spalaniu. W postaci tego związku węgiel nie ma przeto żadnego bezpośredniego znaczenia dla spraw życiowych, musi on uprzednio ulec procesowi odtlenienia, musi rozłączyć się z tlenem. Ponieważ węgiel, spalając się, wytwarza znaczne ilości energii w postaci ciepła, — mianowicie gram węgla, utleniając się na dwutlenek, wydziela 8000 kalorii, — więc proces odwrotny, proces, odłączenia węgla od tlenu, musi być związany z użyciem takiej samej ilości energii, musi być endotermiczny czyli połączony ze zniknięciem ciepła. Odtlenianie dwutlenku węgla odbywać się może w istotach żywych i wtedy węgiel zredukowany może napowrót przez organizm być utleniany i służyć znowu za źródło energii niezbędnej do wypełnienia potrzeb organizmu. Przemiana taka może nam się wyda czczą: do odtlenienia węgla trzeba zużyć taką samą ilość energii, jaka następnie przy utlenianiu może się wyzwolić — poci więc cały trud? Wszak nic na tym zyskać nie możemy! W istocie byłoby tak, gdyby energia, zużywana na odtlenianie węgla, czerpana była ze spalania innych jego atomów. Tak jednak nie jest; energję potrzebną do tego procesu czerpią istoty

żywe ze źródła większości zjawisk na ziemi — ze słońca.

Chcąc to lepiej zrozumieć, zastanówmy się nad momentem wejścia węgla do cyklu zjawisk życiowych. Przede wszystkim, gdzie są wrota, które ten pierwiastek szacowny wpuszczany bywa do misterjów życia? Najczęściej są to zielone części roślin, ściślej mówiąc, części, zawierające chlorofil. Barwnik ten właśnie pochłania promienie słoneczne, a następnie energia tych promieni zostaje zużyta na odtlenienie węgla, — na naciągnięcie sprężyny, jeżeli używać tego porównania. Badania ściślejsze wykryły dalej, że zjawiska tej t. zw. asymilacji węgla najlepiej się odbywają w tej części widma słonecznego, która zawiera maximum energii, t. j. w prawej, mniej łamliwej połowie. Wyrażając się dokładniej, maximum asymilacji nie leży w tym samym miejscu, co maximum energii; pierwsze leży między linjami B—C, gdyż tam mamy smugę absorbcyjną chlorofilu, podczas gdy drugie leży nieco w prawo od D. Prócz tego głównego maximum asymilacji węgla istnieje jeszcze drugie, znacznie mniejsze, mianowicie w promieniach niebieskich, między F i H, t. j., tam, gdzie leży druga smuga absorbcyjna chlorofilu. Maximum to jednak o wiele jest mniejsze, gdyż energia tych promieni również jest mniejsza od energii fal światła czerwonego i żółtego. Istnieją jednak organizmy niższe, które nie posiadają chlorofilu i wogóle żadnego barwnika, wchłaniającego energję światła, mimo to jednak mogą odtleniać i asymilować węgiel. Energję potrzebną do tej czynności czerpią one ze źródeł innych — z procesów chemicznych. Naj-

bardziej pod tym względem są znane bakterje nitryfikujące, t. j., utleniające amonjak i wytwarzające kwas azotowy. Proces ten dostarcza energii potrzebnej do asymilacji węgla.

Obecnie zastanówmy się nad kwestją, w jakiej postaci przechowywany bywa ów węgiel. Nietrudno zrozumieć, że nie w postaci pierwiastku — lecz w postaci związków mało utlenionych, a więc mogących łatwo ulegać spalaniu i wyzwać przytym dużo energii. Takim ciałem w olbrzymiej większości przypadków będzie mączka ($C_6H_{10}O_5$) n, a w niektórych razach jeden z prostszych cukrów, mianowicie glukoza $C_6H_{12}O_6$. Bezwątpienia, nie są to pierwsze produkty z całego szeregu zjawisk chemicznych, odbywających się podczas asymilacji węgla, ale nam chodzi tutaj o to tylko, w jakiej postaci przechowywany bywa węgiel, przyswojony przez roślinę z powietrza. Jeżeli chcemy ostatecznie proces asymilacji węgla wyrazić za pomocą wzoru chemicznego, to otrzymamy:



a więc przy wytworzeniu mączki kosztem wody, oraz węgla, zawartego w sześciu cząsteczkach dwutlenku węgla, otrzymujemy jeszcze sześć cząsteczek wolnego tlenu.

Wodany węgla takie, jak cukier gronowy lub mączka, mogą już być bezpośrednio spalane przez tę samą roślinę, lub przez zwierzę roślinożerne — a energia wyzwolona przy spalaniu, może pójść na zaspokojenie życiowych potrzeb organizmu.

Na tym jednak nie kończą się losy przyswojonego węgla: część produktów asymilacji łączy się ze związkami azotowymi i tworzy ciała proteinowe—te związki najważniejsze dla istot żywych.

Tutaj dotknęliśmy sprawy krążenia innego bardzo ważnego pierwiastku—azotu. Wędrowkę swą w istotach żywych zaczyna on głównie w postaci azotanów, t. j., soli kwasu azotowego, które z gleby są wchłaniane przez rośliny. W nich azotany ulegają gwałtownej redukcji, aż na grupę aminową NH_2 i, łącząc się ze związkami organicznymi, tworzą ciała proteinowe, które w zasadzie składają się właśnie z aminokwasów.

Te związki białkowate mogą następnie dostać się do organizmów zwierzęcych i tam ulec spaleni; proces jednak utleniania związków azotowych w organizmach zwierzęcych nie dochodzi aż do wydzielania azotu wolnego, lub kwasu azotowego. Wszak już z poprzednich wykładów wiemy, że ciała, wchodzące w skład wydaliny, zawierają grupę aminową. W tej formie azot wraca do gleby, skąd wyszedł początkowo. Ale związki o charakterze aminowym niechętnie są wchłaniane przez korzenie roślin wyższych — to też azot w tej postaci byłby niejako usunięty z życia, gdyby z pomocą nie przyszły tutaj bakterje już wspomniane poprzednio, które utleniają także wodoro-
we związki azotu na kwas azotowy, a jego sole znowu mogą być zużyte przez wyższe rośliny. Owe bakterje nitryfikujące są to organizmy bardzo ciekawe; przedewszystkim znamy dwa ich rodzaje, utleniające amonjak na kwas azotowy—są to *Nitrosomonas*,

zamieszkujące świat stary i *Nitrosococcus*, mieszkająca w Ameryce. Inna bakterja—*Nitrobacter*—utlenia następnie kwas azotawy na azotowy.

Przy wielu jednak zjawiskach—choćby przy pożarach lasów—wydziela się ze związków organicznych azot w postaci pierwiastku. Jakież są jego losy w tym przypadku? Czy jest on zupełnie dla organizmów stracony? Mówiąc ogólniej, czy azot atmosferyczny nie bierze żadnego udziału w sprawach życiowych? Zdawało się przez długi czas, że tak jest istotnie, że azot, w atmosferze zawarty, jest dla istot żywych zupełnie stracony, gdyż nietrudno było dowieść, że roślina wyższa nie przyswaja azotu wolnego. Wprawdzie wiadomo, że podczas burzy naprzykład w powietrzu powstają związki azotu, ale są to ilości tak małe, że nie mogą grać wielkiej roli w ogólnej gospodarce przyrody. To też niedawno jeszcze jeden z wybitniejszych fizjologów współczesnych piętnował palenie trupów, jako zwyczaj bardzo szkodliwy, gdyż przytym prawie wszystek azot uchodzi w postaci pierwiastku—a więc zmniejsza się zasób kapitału azotowego, dostępnego dla organizmów. Na szczęście wiemy obecnie, że z tej przynajmniej strony nie grozi nam niebezpieczeństwo. W ziemi znajduje się wiele bardzo bakterji, które mogą przyswajać azot atmosferyczny, używać go do syntezy różnych związków organicznych; taki azot przyswojony następnie może już zostać spożytkowany przez inne istoty, może ulec nitryfikacji, być wchłonięty przez wyższe rośliny i t. d. Cała grupa roślin motylkowych wchodzi bardzo chętnie we współzycie z takimi bakterjami, zwanymi

Bacterium radicola, mogącami przyswajać azot atmosferyczny; roślina daje im pomieszczenie w korzeniach i może dostarczać im różnych ciał, ale za to pobiera haracz od swych lokatorów w postaci związków azotowych. Dzięki temu współżyciu rośliny motylkowe nieraz żyją na gruntach tak mało zawierających związków azotowych, że żadna inna roślina tam utrzymać się nie może. Używane też bywają one często w celu zwiększenia ilości azotu w glebie; w tym celu sieje się np. łubin, pozwala mu się zebrać dużo azotu, zaorywa się go, a następnie mogą tu rosnąć już inne rośliny kosztem zebranego przez łubin azotu.

Zjawiska energetyczne, towarzyszące krążeniu azotu, mało są znane; w każdym razie nie są one tak ważne, jak przemiany energii, opisane przy asymilacji węgla.

Losy tlenu w zasadzie zostały już opowiedziane przy opisie asymilacji węgla; zresztą są one dość proste: tlen wchodzi do organizmów, jako pierwiastek, i wychodzi z nich w postaci dwutlenku węgla. Dwutlenek węgla bywa wchłaniany przez rośliny zielone; węgiel pozostaje w postaci związków organicznych, a tlen podług poprzednio napisanego równania wydobywa się nazewnątrż, aby znowu zacząć swój cykl krążenia.

O innych pierwiastkach, które wchodzi w skład istot żywych, niewiele ciekawego powiedzieć można. Opuszczają one organizm zwykle mniej więcej w tej samej postaci, w której napowrót mogą zacząć wędrówkę swą poprzez świat żywy. Tylko o siarce chciałbym jeszcze powiedzieć słów kilka; opuszcza

ona organizmy w postaci siarczanów i w tej formie zaczyna napowrót swoje krążenie. Podczas procesów gnicia, a więc przy działalności pewnych mikroorganizmów wydziela się ona jednak, jako siarkowodór—gaz zabójczy dla większości istot żywych; istnieją bakterje, które siarkowodór mogą utleniać, wytwarzając znowu siarczany, a więc przywracając organizmom innym władzę nad tą częścią siarki, która miała już wyrzec się tego poddaństwa.

XII.

Pobudliwość.

Wypadnie nam tu dotknąć jednej z największych tajemnic życiowych, zastanowimy się mianowicie nad zjawiskami, odgrywającymi się w żywej istocie nie w oderwaniu od świata otaczającego, ale właśnie w ścisłej z nim łączności.

Mamy rozważać kwestję, czy bieg spraw życiowych ustroju zmienia się pod wpływem zmian, zachodzących w otoczeniu, czy też istota żywa murem chińskim jest otoczona, nie troszczy się o nic, co jest poza nią i z siebie tylko czerpie impulsy do podtrzymania życia. Przechylenie się na stronę jednej z tych alternatyw jest rzeczą nader łatwą: wiemy, że dotknięcie choćby ręką jakiegobądź zwierzęcia, wywołuje zwykle szereg ruchów jego ciała, toż samo daje się osiągnąć skierowaniem nań wyładowania elektrycznego i t. p. W razach podobnych zwykli-

my mówić, że zwierzę czuje, unika wrażeń przykrych i poszukuje miłych. Ten sposób mówienia wydaje się niewinnym zupełnie, a jednak są to tylko złudne pozory; zdanie to jest może najszkodliwszym dla rozwoju biologii frazesem: zawiera ono cały szereg przypuszczeń nie tylko na niczym nieopartych, ale nawet prowadzących w dalszych konsekwencjach do wniosków całkowicie niedorzecznych. Mówiąc o zwierzęciu „czuje”, każdy z nas posługuje się daleko sięgającą analogią, opartą na samoobserwacji: wiemy, że przy ukłuciu, na przykład, doznajemy pewnego wrażenia, że to ukłucie wywołuje pewien stan naszej świadomości. O ile wnioskujemy, że inni ludzie czują w sposób podobny, to twierdzenie takie jest nadzwyczaj prawdopodobne, gdyż na jego poparcie przytoczyć możemy szereg podobieństw w organizacji i czynnościach innych ludzi, oraz naszych własnych. Ale i w tym nawet przypadku pozostaje coś, o czym z góry nie możemy wnioskować: czucia nasze i naszych bliźnich mogą mieć zupełnie inny nastrój i żaden z nas tej różnicy dokładnie nie może sobie wyobrazić.

Jeżeli uczucie smaku, dajmy na to, gorzkiego, jest dla kogoś z nas bardzo przykre, to zrozumieć on nie może, jakim sposobem gorycz dla kogoś innego może być przyjemna. A więc możemy się nadzwyczaj łatwo mylić we wnioskach, dotyczących czucia innych ludzi, coś więc dopiero mamy mówić o innych istotach żywych? w miarę, jak przechodzimy do ustrojów coraz mniej do człowieka podobnych, prawdopodobieństwo naszych analogii słabnie coraz bar-

dziej, wreszcie i samo pojęcie czucia, pojęcie świadomości musi ulec zakwestjonowaniu.

To był pierwszy błąd naszego zwykłego frazesu o zachowaniu się zwierząt wobec wpływów zewnętrznych—polegał on na nieuzasadnionym antropomorfizowaniu zwierząt, czyli upodabnianiu ich do człowieka.

Drugi błąd polega na zbyt pochopnym rozstrzyganiu jednej z najzawilszych kwestji naszego poznania, a właściwie na niezdawaniu sobie z niej sprawy. Wyobrażenie lub uczucie — zjawisko psychiczne — uważamy za przyczynę ruchu, a więc zjawiska fizycznego. Nie sposób wdawać się tutaj w rozbiór owych trudnych pytań teoretyczno-poznawczych, jak pojęcie przyczyny, stosunek podmiotu i przedmiotu i t. d.; wystarczy zaznaczyć, że mimo największych wysiłków nie możemy w sposób wolny od sprzeczności wyobrazić sobie zależności zjawisk psychicznych od mechanistycznych i odwrotnie. Musimy więc ratować się teorią paralelizmu psycho-fizycznego — polegającą na twierdzeniu, że czucia powstają równorzędnie ze zjawiskami mechanistycznymi, że są to dwa szeregi równoległe, ale nigdzie nie przechodzące jeden w drugi. O ile więc nie chcemy rozstrzelać uwagi, to musimy uczynić nieco ciśniejszym nasze zadanie pierwotne; polegało ono na rozstrzygnięciu kwestji, jak się to dzieje, że zwierzę wobec pewnych zmian w otoczeniu wykonywa pewne ruchy; biolog nie będzie się tu zastanawiał—czy i jak zwierzę czuje, ale będzie badał cały szereg zmian fizycznych

i chemicznych, które odbyły się w zwierzęciu pod wpływem owego czynnika zewnętrznego.

Obejmijmy teraz wzrokiem dalsze jeszcze horyzonty: zdarzyć się może łatwo, że zwierzę pod wpływem zmian w otoczeniu nie wykona żadnego ruchu, ale wytworzy znaczną ilość jakiejś wydzieliny, albo powstanie w nim różnica napięć elektrycznych i t. d. Bezwątpienia wszystkie te zjawiska należą pod pewnym względem do tej samej kategorii — i można je wszystkie określić mniej więcej w sposób następujący: wszelka zmiana, zachodząca w otoczeniu, wywołuje pewną reakcję ze strony żywej istoty. Zdolność tę nazywamy pobudliwością, a czynniki zewnętrzne, wywołujące odczyny organizmu, noszą nazwę podniet. Z pomiędzy wszystkich zjawisk zachodzących w środowisku, gdzie żyje organizm, jedynie tylko, o ile dotychczas wiemy, zjawiska magnetyczne nie działają jako podniety.

Zjawiska pobudliwości, to jest reagowania na wszystkie zmiany w otoczeniu, uważane są za cechę specjalnie życiową, ponieważ w istocie podobnie różnostronnego, a przytym rzucającego się w oczy zastosowania się do otoczenia nie spotykamy w przyrodzie martwej; a jednak różnica ta jest tylko pozorna: w chemii, na przykład, znamy znaczny szereg tak zwanych stanów równowagi między wzajemnie na siebie działającymi ciałami, które nader łatwo przesuwają się w tę lub ową stronę, zależnie od zmian otoczenia. Najprostszym, a zarazem najbardziej znany przypadkiem będzie równowaga między bezwodnikiem azotowo-azotowym ($N_2 O_4$) i dwutlenkiem

azotu (NO_2); pierwszy z nich jest zupełnie bezbarwny, a drugi posiada kolor brunatno-czerwony. Zaw sze mamy do czynienia z mieszaniną tych gazów, a procentowa zawartość jednego i drugiego znajduje się w ścisłej zależności od temperatury i zmienia się przy wahaniach tej ostatniej. Ponieważ od wartości stosunku między $N_2 O_4$ i NO_2 zależy barwa mieszaniny, więc, zmieniając temperaturę, możemy zmieniać barwę i otrzymać widoczną reakcję na bodźce cieplne. Porównanie to można prowadzić jeszcze dalej: jeżeli temperaturę bezwodnika azotowo-azotowego podnieść bardzo wysoko, wtedy zjawiska zmieniają się całkowicie: tlenki azotu zaczynają już się rozkładać — ciało badane przez nas znika; toż samo widzimy i w zjawiskach życiowych, gdyż przez zbytne podniesienie, lub też obniżenie temperatury niszczy my kompleks interesujących nas zjawisk życiowych — wywołujemy śmierć organizmu. W podobny sposób działać może zbyt silny prąd elektryczny, ciśnienie zbyt wielkie i t. d.

Nie zawsze jednak używamy pojęcia pobudliwości w znaczeniu tak szerokim. Przyglądając się działaniu bodźców na istoty żywe, możemy zauważyć dwie dość różne kategorie zjawisk. Weźmy dla przykładu mięsień i podnośmy jego temperaturę bardzo powoli, wtedy również powoli zmieniać się będzie i cały przebieg jego spraw życiowych, co znajdzie swój wyraz choćby w tym, że w każdej temperaturze będzie on wydzieliał inną ilość bezwodnika węglowego. W ten sposób mięsień można zabić, nie zauważwszy w nim poprzednio żadnych zmian gwałtownych.

Zupełnie w ten sam sposób można będzie urządzić doświadczenie z prądem elektrycznym; jeżeli siłę prądu zmieniać bardzo łagodnie, to można również mięsień zabić bez żadnych w oczy rzucających się zjawisk. Jeżeli jednak ową zmianę natężenia siły prądu, lub zmianę temperatury wywołać gwałtownie, w bardzo krótkim przeciągu czasu, to w mięśniu wystąpią zmiany nadzwyczaj silne, skurczy się on i przytym może wykonać znaczną pracę mechaniczną, ogrzeje się, wreszcie wydzieli od razu wielkie ilości bezwodnika węglowego. Te właśnie gwałtowne zmiany, odbywające się w żywej istocie pod wpływem szybko zachodzących zmian w otoczeniu noszą nazwę pobudliwości w znaczeniu ścislejším. Wogóle można powiedzieć, że granice pojęć naszych pod tym względem nie są jeszcze ustalone, nawet co do stwierdzenia doświadczalnego wielu zjawisk, panują wątpliwości bardzo poważne; tym bardziej, ma się rozumieć, panuje zamieszanie i w terminologii, powiększone przez to, że pobudliwość w znaczeniu ścislejším utożsamiana bywa ze zdolnością wykonywania ruchów. Ponieważ zaś większość roślin nie posiada zdolności wykonywania ruchów, więc też mawiał Linneusz: zwierzęta żyją, rosną i czują, a rośliny tylko żyją i rosną; przytym znowu popełniał on błąd, wprowadzając pojęcie psychologiczne—czucia—zamiast fizjologicznego—pobudliwości. Obecnie wiemy już bardzo dobrze o istnieniu roślin, które ruchami odpowiadają na różne bodźce; z pomiędzy jawnokwiatowych najbardziej z tego znany jest czułek (*Mimosa pudica*) i rośliny tak zwane owadożerne, między ni-

szemi zaś przykładów podobnych można znaleźć bardzo wiele.

Rozważmy obecnie bliżej prawa pobudliwości; niestety, luk mamy tu jeszcze bardzo wiele, i to, co dziś za ogólną zasadę uważamy, to jutro specjalnym tylko przypadkiem okazać się może, tym bardziej, że najlepiej znamy działanie bodźców elektrycznych, a więc takich, które normalnie w przyrodzie się nie spotykają. Prąd elektryczny może wywoływać w istocie żywej skutki dwojakie, stosownie do opisanych wyżej dwóch niejako rodzajów pobudliwości. W celu uzasadnienia tego twierdzenia rozpatrzmy, na przykład wymoczek, w kropli cieczy znajdujące się, przez którą przepływa prąd stały. Zauważyć wtedy można, że rzęski ich uderzają w pewien charakterystyczny sposób, dzięki któremu zwierzęta płyną ku biegunowi ujemnemu, czyli ku tak zwanej katodzie—co zowiemy galwanotaktyzmem ujemnym.

Szybkość ruchu wymoczków, ustawienie rzęsek—słowem cały charakter zjawiska zależy od siły prądu. W chwili zaś zamykania lub otwierania prądu, t. j., zgodnie z określeniem poprzednim, w chwili szybko zachodzącej zmiany warunków zewnętrznych, wymoczek wykonywają gwałtowny ruch, który nie zależy od siły prądu, ale od stosunku przyrostu prądu do czasu, w którym on się odbył. Ścisłe mówiąc, zjawiska są zdaje się więcej jeszcze złożone: — jeżeli np. okres zmienności prądu trwać będzie zbyt krótko, i później wróci wszystko do stanu pierwotnego, to nie otrzymamy w tym doświadczeniu żadnego rezultatu.

Podobne zjawiska widzimy w mięśniu i nerwie; podczas przechodzenia prądu stałego zmienia się zdolność odpowiadania na podniety: w okolicy bieguna ujemnego staje się ona większą, w okolicy dodatniego zmniejsza się znacznie. Zmiany zaś prądu wywołują skurcz mięśnia, o ile szybkość ich i wielkość jest dostateczna, a czas trwania zmienności jest wystarczający. Inne rodzaje podniet, czyli bodźców, bardzo mało są zbadane pod tym względem, głównie dlatego, że trudno jest w sposób odpowiedni urządzić doświadczenia.

Zachodzi obecnie pytanie, czy pomiędzy pracą, wykonaną przez bodziec wewnętrzny, a zmianą materjalną i energetyczną, zachodzącą w żywej istocie, istnieje pewna zależność. Sprawa ta oddawna zajmowała umysły badaczy—i okazało się z całego szeregu doświadczeń, że zjawiska tutaj zachodzące, są nadzwyczaj ciekawe i charakterystyczne. Zmiany zbyt małe, t. j., bodźce za słabe nie wywołują żadnej reakcji w organizmie. Zwiększając stopniowo siłę bodźca, przekraczamy t. zw. próg pobudliwości, czyli otrzymujemy podrażnienie; dalsze wzmaganie natężenia bodźca zwiększa i reakcję żywej istoty, co trwa aż do pewnej maksymalnej granicy. Następne wzmacnianie bodźca pozostaje zupełnie bez skutku.

Jeżeli na przykład mięsień z przyczepionym ciężarkiem z pomocą wyładowań elektrycznych będziemy zmuszali do skurczu i podniesienia ciężarka, to, zwiększając energię wyładowań, możemy zmusić mięsień do podnoszenia coraz większego ciężarka do wysokości coraz większej. Ale to zwiększanie pracy wy-

konanej ma pewną granicę, której nie przekroczymy, używając nawet bodźców nadzwyczaj silnych. Zwrócić jednak trzeba uwagę, że wartość pracy, wykonanej przez żywą istotę pod wpływem bodźca, może być miliony razy większa od jego energii, ta ostatnia służy przeto jedynie jako czynnik, wyzwalający energię zawartą w organizmie, skutek przeto bodźca przede wszystkim zależy od własności żywego ustroju.

Ciekawą jest rzeczą, że reakcja organizmu nie zaczyna się w tej chwili, kiedy zaczyna działać podnieta, istnieje pewien okres przygotowawczy, zwany okresem podrażnienia utajonego. W różnych przypadkach, u różnych istot czas tego okresu bywa bardzo różny; dla przykładu wspomnę, że w mięśniach żaby pomiędzy podrażnieniem a początkiem skurczu upływa około 0.003 sek.

Jeżeli podczas okresu podrażnienia utajonego podziała drugi bodziec, to zwiększa on skutek poprzedniego; dlatego też można otrzymać skurcz mięśnia, powtarzając jedna za drugą podniety tak słabe, że żadna z nich oddzielnie nie może wywołać żadnego skutku. Zjawisko to nazywamy sumowaniem się podniet.

Jeżeli w jednym miejscu żywej zarodzi wywołamy stan podrażnienia, to on może przenosić się z miejsca na miejsce z pewną, niezbyt wielką szybkością; kierunek, w którym rozchodzić się mogą podrażnienia, łatwość i prędkość ich zależą przeważnie od bardzo wielu warunków, głównie w samej żywej zarodzi istniejących. Najbardziej do tego celu odpowiednie są nerwy, w nich też jest największa szyb-

kość rozchodzenia się podniet. W nerwach np. człowieka wynosi ona 35 mniej więcej metrów na sekundę.

Jeżeli na żywą istotę będą działały szybko bodźce jedno za drugim, to po pewnym czasie nastąpi zmęczenie i organizm przestanie reagować na podniety; przyczyna tego polega głównie na zebraniu się znaczniejszych ilości produktów wymiany materji, które obecnością swą — być może według praw równowagi chemicznej — wstrzymują normalny przebieg spraw życiowych. Z chwilą, kiedy nastąpi przerwa w działaniu bodźców, organizm usuwa z siebie owe szkodliwe ciała i odzyskuje swą pierwotną pobudliwość — czyli wypoczywa. Okazuje się przytym, że wypoczynek odbywa się daleko łatwiej wtedy, kiedy jest częsty; zbyt długie drażnienie wywołać może trwałe zaburzenia w procesach życiowych, które nieraz z trudnością tylko dadzą się usunąć.

Na zakończenie wspomnę jeszcze, że istnieją ciała takie, jak chloroform, eter i t. p., które w niewielkich dawkach niszczą pobudliwość żywego organizmu, nie zabijając go; po ustaniu wpływu takiego czynnika pobudliwość wraca. Są to tak zwane środki znieczulające — termin znowu trochę nieodpowiedni, gdyż raczej psychologiczny niż fizjologiczny.

XIII.

Rozmnażanie się istot żywych.

Wszystko to, o czym mówiliśmy w rozdziałach poprzednich z rozmysłem unikało dotknięcia jednej z najważniejszych cech każdej istoty żywej — zmienności jej w czasie. Jeżeli mianowicie w pewnej chwili zbadamy jakiś organizm możliwie dokładnie i badania takie będziemy powtarzali co pewien czas, to za każdym razem zauważymy w istocie żywej szereg zmian w porównaniu ze stanem jej poprzednim.

Jest to zresztą fakt, przedstawiony wprawdzie w sposób bardzo ogólny, który najbardziej rzuca się w oczy, o ile dotyczy życia ludzkiego: każdy człowiek jest dzieckiem, rozwija się, dochodzi najwyższego pod każdym względem rozwoju, poczym chylić się zaczyna ku starości, gdzie na końcu czeka go śmierć niechybna.

Ale dzieciństwo nie jest jeszcze pierwszym szczeblem w rozwoju człowieka; przedtym nim zaczął on być swój jako istota samodzielnie żyjąca, stanowiąc on część niejako organizmu swej matki.

Śledząc dalej jeszcze wstecz historję jego rozwoju, widzimy, że ów mały człowiek, ów płód ludzki, w ostatnich chwilach swego pasorzytowania na ciele matki. już zupełnie powierzchownie od człowieka się nie różnił; ale cofnijmy się myślą jeszcze

niecو wstecz, a zobaczymy jakąś istotkę coraz to mniej do człowieka podobną, aż wreszcie czterdzieści tygodni przed tą chwilą, kiedy dziecko „przyszło na świat,” t. j. rozłączyło się z organizmem matki, znajdujemy zamiast człowieka, jedną tylko komórkę — zwaną jajkiem zapłodnionym. Ale i to jajko zapłodnione ma swoją historję — powstało ono z dwóch półkomórek; jedna z nich pochodzi z tego organizmu, gdzie później rozwinął się płód ludzki, z organizmu matki, druga zaś przybyła z innej istoty — z ojca.

Z chwilą kiedy te dwie półkomórki połączyły się ze sobą, co zwiemy zapłodnieniem — powstała nowa istota, nowy osobnik ludzki, który po wielu latach, w epoce dojrzałości, znowuż będzie produkował takie półkomórki; te zaś zlewając się z brakującą im połową, znowu dadzą początek nowym pokoleniom ludzi.

Toż samo co o człowieku, da się powiedzieć o wszystkich innych zwierzętach i roślinach; każde z nich przechodziło stadjum jajka zapłodnionego, każde ma ojca i matkę, t. j. organizmy, które dając z siebie po pół-komórce, złożyły się na owo jajko zapłodnione. Ponieważ jednak u większości zwierząt rozwój nie odbywa się wewnątrz organizmu macierzystego, ale zewnątrz, niema więc tego „przyjścia na świat,” tej granicy między całym życiem późniejszym, a tym, co nazywamy rozwojem zarodkowym. Całe życie zwierzęcia od chwili zapłodnienia aż do śmierci jest szeregiem ciągłych powolnych zmian.

Ale i w tych przypadkach, gdzie linja demarkacyjna pozornie istnieje (urodzenie ssaka, wyjście z jajka ptaka i t. d.) w rzeczywistości rozwój jest ciągłym, i trwa przez całe życie; ażeby fakt ten sobie należyce uświadomić, wystarczy sobie uprzytomnić jak wielka jest różnica, nie tylko co do wielkości, pomiędzy noworodkiem a człowiekiem dorosłym, oraz jak powoli zachodzą te wszystkie zmiany.

W rzadkich przypadkach, i to jedynie u zwierząt niższych i u roślin, nowa istota zawdzięcza swe pochodzenie jednemu tylko osobnikowi rodzicielskiemu, co nazywamy rozmnażaniem bezpłciowym; jako przykład wymienić można choćby powstanie nowego drzewa z gałęzi zasadzonej w ziemię.

Przyjrzyjmy się teraz bliżej tym zjawiskom spotykanym na każdym kroku, a jednak najbardziej może niedostępnym dla zrozumienia naszego. Każda istota żywa w zarysach ogólnych podobna jest do matki i ojca, ale w szczegółach bardzo się od nich różni. Pod niektórymi względami może być ona podobniejszą do ojca, pod innymi do matki, ale nie jest ich średnią arytmetyczną, ma nawet czasem cechy takie, których napróżno by szukać u ojca lub matki. Potomstwo zaś tej nowej istoty będzie względem niej stało znowuż w tym stosunku, co ono względem rodziców. Tworzy się ono jakoby pod wpływem dwóch sił: jednej konserwatywnej, dziedziczności, starającej się przelać na potomstwo typ rodzicielski, i drugiej, zmienności, pragnącej stworzyć coś nowego, nieznanego.

Tu zaraz nastrocza się pytanie wagi pierwszo-

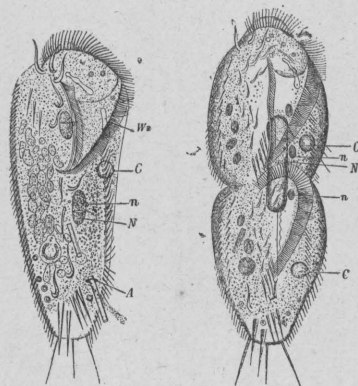
rzędnej: zwróćmy uwagę na szereg następujących po sobie pokoleń; osobniki, składające je, będą się bez wątpienia różniły jedne od drugich, ale czy będą one wszystkie grupowały się koło jakiegoś typu przeciętnego, jak kule do tarczy grupują się względem jej środka, czy też norma tu będzie się zmieniała od pokolenia do pokolenia? W pierwszym przypadku nie będzie istniał postęp, nie będzie istniał rozwój rodowy; mając przed sobą dwa osobniki, nie będziemy absolutnie w stanie powiedzieć, czy to są dwaj bracia, czy też prapradziad i praprawnuk. Przypuszczenie drugie jest właściwie przyjęciem ewolucji, rozwoju rodowego zwierząt i roślin; w myśl tego poglądu i jednej pary rodzicielskiej po upływie wielu, wielu pokoleń możemy otrzymać potomstwo prawie zupełnie do swoich przodków niepodobne. Które z tych przypuszczeń jest słuszne? Obecnie znacznie prawdopodobniejszym jest drugie, przed wiekami przeto przodkowie obecnie istniejących zwierząt całkowicie inaczej od nich wyglądali — innemi słowy fauna i flora ubiegłych epok geologicznych całkowicie od naszej była odmienna. Stanęliśmy przeto w obliczu dwóch zagadnień wagi pierwszorzędnej, jakimi są historia poszczególnego osobnika, oraz historia całokształtu zwierząt i roślin; pierwszą zowiemy ontogienją, drugą zaś filogienją.

Drugą z tych zagadek pozostawiamy do wykładu następnego, a zajmimy się tylko pierwszą. Przedewszystkiem zwrócimy się do istot najniższych, jednokomórkowych. Stosunki tu panujące dadzą nam klucz do zrozumienia tego, co obserwować będziemy u zwie-

rząt wyższych. Weźmy jakiego bądź jednokomórkowca, np. wymoczka (rys. 7) i obserwujmy go przez czas pewien, a zobaczymy, że jądro (N) jego naraz rozpadnie się na dwie części, następnie toż samo uczyni i ciało—słowem z jednej komórki macierzystej otrzymamy dwie zupełnie jednakowe, siostrzane. Łatwo zrozumieć, że do tych stosunków zastosować nie można pojęcia o rodzicach i dzieciach — wyjaśnienie tego faktu zobaczymy dopiero

później. Zaczniemy teraz dalej śledzić nasze istoty jednokomórkowe; po pewnym czasie każda

z nich rozpadnie się znowuż na dwie części, potem zobaczymy jeszcze jeden podział i t. d. Czy rozmnażanie takie ma swój kres, czy też, praktycznie mówiąc, trwać będzie bez końca? Wiemy obecnie, że alternatywa pierwsza jest słuszną, że przyjmowanie u pierwotniaków swego rodzaju nieśmiertelności polegało jedynie na niedokładności obserwacji. Po wytworzeniu się kilkudziesięciu lub więcej pokoleń w sposób opisany powyżej, występują u pierwotniaka



Rys. 7.

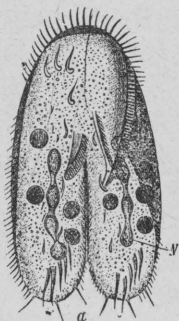
Rys. 7a.

7. Wymoczek *Stylonychia mytilus* zn. powiększony. Wz—rzęski, C—wakuole, N—jądro, n—jąderko, A—otwór oddechowy.

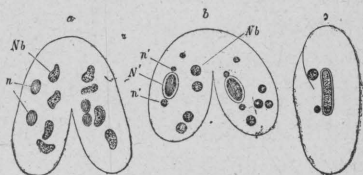
7a. Ten sam wymoczek w chwili podziału: C—wakuole, N—jądro, n—jąderka uboczne.

objawy starości, degeneracji; zapobiec im nieco można przez usilne karmienie, ale nie na długo. O ile niema nastąpić śmierć wszystkich istotek, muszą one koniecznie ulec pewnemu procesowi, który nosi nazwę konjugacji (rys. 8).

Dwa wymoczki podpływają do siebie, przykładają się bokiem jeden do drugiego, dzieląc je przegroda znikająca w przestrzeni mniej lub więcej znacznej. Jednocześnie jądro wielkie u obu ulega rozpadowi i zanikowi, a jądro



Rys. 8.



Rys. 8a.

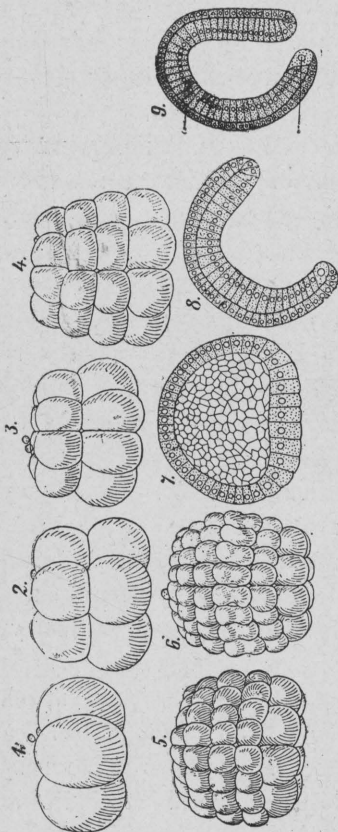
8. Wymoczek (*Stylonychia mytilus*) w stanie konjugacji: jądro N w czasie podziału, jądra uboczne rozpadły się na 4 kule.

8a. Konjugacyjne stany (od a—c) *Stylonychii* w słabszym powiększeniu (w kwasie octowym utrwalone): n i n'—części jądra ubocznego (mikronukleus), Nb—resztki jądra głównego (makronukleus), N'—tworzące się po konjugacji jądro główne, c—stylonychia z jądrem głównym i dwoma ubocznymi.

uboczne ulega kilkakrotnemu przepołowieniu i z powstających w ten sposób części, sześć ulega zanikowi, z dwóch pozostałych jedna pozostaje na miejscu a druga przechodzi do współkopulującego wymoczka, i zlewa się z jego jądrem ubocznym. Potym z tego jądra ubocznego, które wytworzyło się z dwóch połówek pochodzących od dwóch osobników, oddzie-

la się jądro główne, następnie para [taka się rozdziela i każdy osobnik daje początek znowuż znacznej ilości pokoleń. Przyjrzyjmy się teraz zwierzętom wyższemu, wielokomórkowemu. Wyżej już wspominałem, że każde z nich przechodzi stadium

jajka zapłodnionego, które można porównać z wymoczkiem bezpośrednio po kopulacji. Komórka jajowa, podobnie jak wymoczek, wytwarza przez podział (rys. 9, nr. 1—6) całe szeregi pokoleń, tylko komórki potomne nie rozchodzą się, tworząc wielkie ilości osobników, ale pozostają razem tworząc kolonję, społeczeństwo komórek. Początkowo otrzymujemy kulę we-



Rys. 9. Pierwsze stadia rozwoju lancetnika (*Amphioxus*).

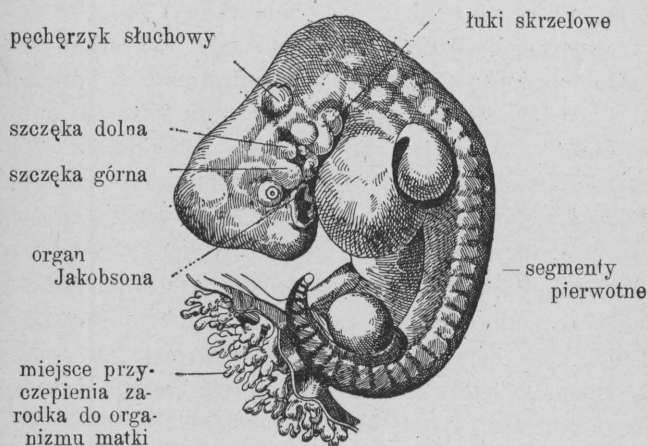
wnątrz pustą, i posiadającą ściankę z jednej tylko warstwy komórek — kula ta zowie się blastulą (3, 4). Po pewnym czasie kula zaczyna się wypuklać

w jednym miejscu (5), i wreszcie otrzymujemy worek o ściankach podwójnych z otworem w jednym miejscu prowadzącym do wnętrza. Taka postać nosi nazwę gastruli (6), powierzchnia warstwa komórek zowie się listkiem zarodkowym zewnętrznym, czyli ektodermą, a wewnętrzna — listkiem wewnętrznym, czyli entodermą.

W stadium gastruli zauważyć już można podział pracy między komórkami: warstwa wewnętrzna zajmuje się czynnościami trawienia, wchłaniania i t. d., a zewnętrzna przystosowuje się do przyjmowania wrażeń z otoczenia. W dalszym przebiegu zdarzeń między ekto i entodermą występuje jeszcze jedna warstwa komórek, tworzą się różne fałdy, zgięcia, a z nich powstają organy zwierzęcia. Jednocześnie komórki specjalizują się coraz bardziej, co odbija się nawet na ich wyglądzie zewnętrznym — i wreszcie otrzymujemy wykończone zwierzę.

Rozwój ten jednak nie idzie drogą teoretycznie najprostszą; organy zwierzęcia nie tworzą się w tej formie a nawet w tym miejscu, gdzie istnieją u postaci dorosłej. Często bardzo występują takie organy, które w następstwie znikają bez śladu. Człowiek np. (rys. 10) w pewnym okresie swego rozwoju posiada ogon, ślady skrzydeł na szyi, podobne do spotykanych u ryb. Bliższe rozpatrzenie tych zjawisk doprowadziło do sformułowania nadzwyczaj ważnego i płodnego w skutki prawa: rozwój osobnikowy zwierzęcia (ontogienja) jest w ogólnych zarysach powtórzeniem, streszczeniem niejako jego rozwoju rodowego (filogienji).

To znaczy, że każda żywa istota w rozwoju swoim przechodzi szereg stadiów przypominających mniej więcej przodków tego samego gatunku. Ogon zarodka ludzkiego jest przypomnieniem tych przodków człowieka, którzy nie byli jeszcze takiej pięknej ozdoby pozbawieni. Łuki skrzelowe znowuż odtwarzają tych dawniejszych jeszcze przodków człowieka, którzy podług obecnej klasyfikacji byli spokrewnieni



Rys. 10. Zarodek ludzki 27-o dniowy.

z rybami. Przykładów podobnych można przytoczyć bardzo wiele w rozwoju każdego zwierzęcia.

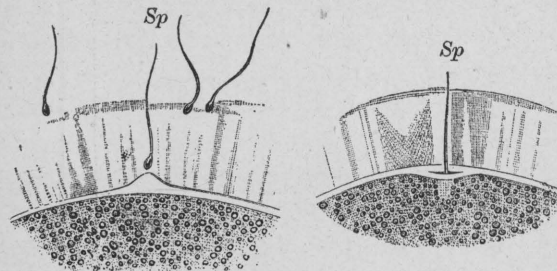
Nie trzeba jednak sobie wyobrażać, że ontogienja jest wiernym streszczeniem filogienji; historia rodowa zwierząt byłaby wtedy nadzwyczaj łatwą. Niestety jednak, w rozwoju zarodka prócz zjawisk palingienetycznych t. j. przypominających przodków

odległych, istnieją jeszcze zjawiska cenogienetyczne wywołane przez przystosowanie do warunków życia zarodka, przez konieczność możliwego skrócenia rozwoju i t. d.

Wyżej porównaliśmy jajko zapłodnione do wymoczka bezpośrednio po kopulacji; te miljarde komórek, które stanowią ciało dorosłego osobnika można przeto upodobnić do tych pokoleń, które powstały z owego wymoczka w drodze podziału i razem mieszając tworzą organizm wielokomórkowy. Ale tu zaraz występuje różnica—u wymoczków wszystkie osobniki zachowują zdolność kopulowania z innemi, a w organizmie wielokomórkowym nie każda komórka może dać jajko zapłodnione. Znakomita ich większość zdolność tę utracą, zajmując się jedynie doczesnemi sprawami osobnika. Życie tych komórek ma swój kres; nie mogąc odmłodzić się w ożywce kopulacji, giną one po pewnym czasie, a śmierć ich — to śmierć całego osobnika wielokomórkowego. Prócz tych komórek, zwanych cielesnemi lub somatycznymi, w ciele zwierzęcia istnieją jeszcze komórki rozrodcze, jedyne, które zachowały zdolność kopulacji i wytwarzania nowych pokoleń. Jeszcze jedną różnicę zanotować musimy: u wymoczków oba kopulujące osobniki niczym się między sobą nie różnią; u organizmów wielokomórkowych mamy zawsze komórki rozrodcze dwojakie: jedne większe, nie ruchome, zasobne zwykle w pokarm, noszą nazwę jak drugie zaś drobne, ruchliwe, nazywają się ciałkami nasiennymi, plemnikami lub spermatozoidami (rys. 11). Szukają one zwykle jajka, zle-

wają się z nim, i w połączeniu jednego jajka z jednym ciałkiem nasiennym powstaje jajko zapłodnione, początek nowego pokolenia komórek, nowego osobnika.

Jajka i spermatozoidy powstają bądź w zupełnie różnych osobnikach, wtedy zwierzę produkujące ciałka nasienne zowiemy samcem, a organ wytwarzający spermatozoidy nosi nazwę gruczołu nasiennego. Samica zaś wytwarza jajka w jajniku. Są wreszcie przypadki, kiedy oba gatunki komórek rozrodczych

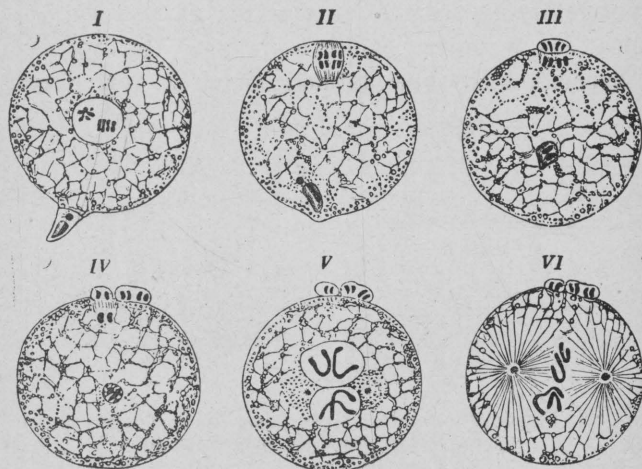


Rys. 11. Plemnik (Sp) zapładniający jajko, którego część przedstawiona jest w znacznym powiększeniu.

powstają w tym samym osobniku, który wtedy nazywa się hermafrodytą.

Gruczoły rozrodcze zwierzęcia nie funkcjonują przez całe życie zwierzęcia, a tylko w epoce najwyższego rozwoju wszystkich jego władz, w epoce dojrzałości płciowej; i wtedy czynności płciowe zwykle nie trwają ciągle, ale występują perjodycznie i potem znowu przycichają (np. co wiosna lub co parę miesięcy mamy okres godowy, okres rui, tarła i t. d.).

Pozostaje jeszcze wyjaśnić, dlaczego, mówiąc o zlewaniu się plemnika z jajkiem, używaliśmy wyrazu półkomórka. Kwestja ta stanowi jedno z najpiękniejszych odkryć i uogólnień w naukach biologicznych; dokładne, niestety, jej wytłumaczenie wymagałoby całego rozdziału, który w dodatku charakterem swoim nie pasował by do całokształtu tego



Rys. 12. Zjawiska karjokinezy podczas dojrzewania i zapłodnienia jajka u glisty końskiej. I—w środku jądro jajka, u dołu wchodzący do jajka plemnik. II, III i IV—u góry podział jądra jajka prowadzący do utworzenia t. zw. ciałek biegunowych (widocznych na powierzchni jajka). V—we wnętrzu widać dwie chromozomy górne, dwa jądra, jajko i dwie dolne, pochodzące od spermatozoidu. VI—jedno stadium karjokinezy czyli podziału jądra.

„Zarysu.” Poprzestać musimy przeto na kilku uwagach. Podczas podziału komórki jądro jej nie rozpada się wprost na dwie części, ale ulega bardzo ciekawemu procesowi zwanemu karjokinezą lub mitozą (rys. 12). Z substancji charakterystycznej

dla jądra i noszącej nazwę chromatyny, tworzą się ciała swoiste—chromozomy,—których ilość jest stałą dla danego gatunku. Podczas dojrzewania jajek i plemników, t. j. podczas procesów przygotowujących je do procesów zapłodnienia ilość chromosom w obu elementach płciowych zmniejsza się do połowy, dojrzały przeto plemnik czy jajko jest niejako półkomórką, a dopiero jajko zapłodnione zawiera w sobie normalną ilość chromatyny.

Badania lat ostatnich wykazały, że do rozwoju jajka nie jest niezbędnym plemnik; często wystarczają pewne, określone zmiany chemiczne cieczy, w której rozwija się jajko. Strona teoretyczna tego nadzwyczaj doniosłego faktu, mogącego zmienić nasze poglądy na wiele zjawisk biologicznych, nie jest jeszcze dotychczas wyjaśnioną, to też dłużej sprawy tej rozważać nie będziemy.

XIV.

O ewolucji organizmów.

Wśród otaczającej nas przyrody żywej widzimy tylko poszczególne istoty; jakże to się dzieje, że zwykliśmy je łączyć w większe lub mniejsze skupienia: gatunki, rodzaje, rodziny i t. p. grupy systematyczne? azali są to wielkości stałe, niezienne? zasadnicze niejako pomysły przyrody, wcielone w postaci materialne,—czy też inaczej może mamy na nie patrzeć: że są to pewne abstrakcje, które umysł nasz wmawia niejako w przyrodę, by uczynić ją sobie dostępniejszą, wyraźniejszą, zrozumialszą,—zaznaczenia

pewnych stopniowań pokrewieństwa, które łączy istotnie ustroje, — stopniowań, które nie są bynajmniej niezmiennie, lecz, przeciwnie, raczej mogą ulegać i naprawdę ulegają zmianom? Praktycznie rzecz biorąc, chodzić nam będzie o rozstrzygnięcie pytania, czy gatunki są niezmiennie, stałe, czy też zmienne, niestałe. Oczywiście, wszelki wyrok, który zapadnie w sprawie gatunku, będzie zarazem obowiązujący wszelkie inne kategorie systematyczne.

Już Arystoteles na zasadzie pewnych podobieństw i pewnych różnic podzielił państwo zwierząt i roślin na grupy, wprowadzając tym sposobem do biologii klasyfikację; układ Arystotelesa przetrwał w zoologii aż do końca wieku XVII-go. Wtedy właśnie John Ray wprowadził do klasyfikacji biologicznej pojęcie gatunku, jako jednostki systematycznej, później Linneusz wpadł na niezwykle szczęśliwy pomysł t. zw. nomenklatury podwójnej: każdy mianowicie ustrój został oznaczony dwiema nazwami: rodzajową, świadczącą o podobieństwie danego ustroju z innymi przedstawicielami tegoż rodzaju, oraz gatunkową, zaznaczającą jego odmiennosć od innych gatunków tegoż rodzaju. Tak np. w mianach: „łabędź głuchy, ł. krzykliwy, ł. czarny” łabędź—nazwa rodzajowa—mówi o podobieństwie wszystkich tych ptaków; nazwy zaś głuchy, krzykliwy, czarny mówią o różnicach między nimi istniejących.

Wprawdzie w dziejach biologii Linneusz pozostawił po sobie wspaniałą puściznę,—zebrał mianowicie obfity materiał naukowy i podał łatwy, prosty sposób treściwego, a dosadnego oznaczania ustrojów, ale ta

właśnie łatwość stała się z drugiej strony hamulcem w rozwoju biologii, doprowadziła ją do pewnego застоju i ciasnoty pojęć. Ustroje, zdaniem następców Linneusza, zastygły niejako na wieki w owych postaciach, w które wcielił je niegdyś moment twórczy; w ten sposób przyrodzie przypisano rolę lichego stukatora, odlewającego po raz już któryś gatunki podług starych, wiecznie tych samych wzorów. Linneusz i jego zwolennicy wyznawali zasadę niezmienności gatunków.

Więc czymże jest wreszcie ów gatunek? określano go dwójako: fizjologicznie, oraz morfologicznie. Tylko osobniki zrodzone z rodziców, należących do jednego gatunku, mogą wydawać na świat potomstwo, rozmnażające się nadal, osobniki zaś, zrodzone ze skrzyżowania dwóch odmiennych gatunków, są wogóle rzadkością, w każdym zaś razie nie mogą wcale mieć potomstwa. Takie określenie ogłosiła fizjologia. Czy słusznie? Istnieje znaczny szereg faktów, obalających rację tego określenia. Z królików, przewiezionych z Europy na Porto Santo i z królików europejskich, a więc z osobników tegoż samego gatunku, nie można mieć potomstwa; z drugiej zaś strony potomstwo, powstałe ze skrzyżowania zająca z królikiem, rozradza się nadal doskonale. Takich przykładów możnaby przytoczyć wiele. A więc określenie fizjologiczne jest nieściśle. Zwróćmy się przeto do morfologii. Gatunek, tak brzmi określenie morfologiczne, jest to skupienie ustrojów, które są do siebie podobne aż do drobnych szczegółów. Tymczasem z garstki nasion jednego osobnika rośliny al-

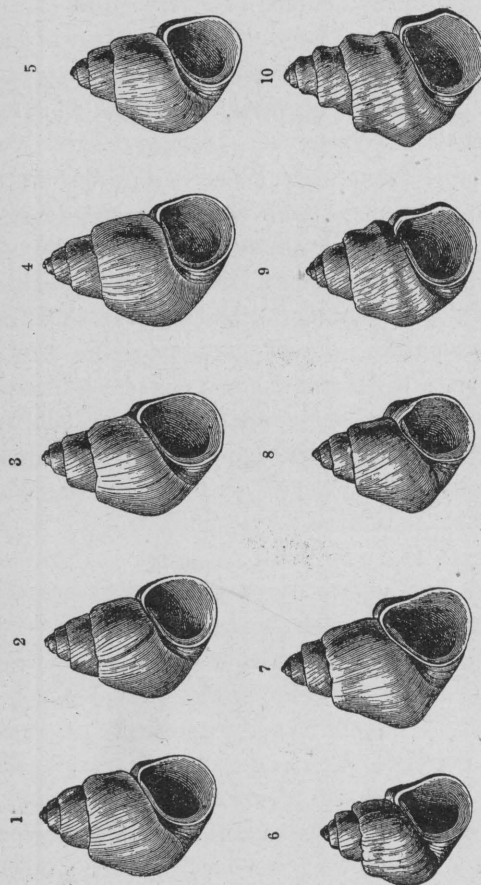
pejskiej, wysianych na różnych wysokościach, wystają często osobniki tak odmiennych postaci, że botanik, nie wiedzący o ich pochodzeniu z tych samych nasion, zaliczyłby je z pewnością do kilku gatunków. Przeglądam w tej chwili nadesłany mi do określenia zbiór termitów. Oto osobnik pewnego, jak mi się zdaje, gatunku. Przypatruję mu się pilnie: widzę, że posiada on znaczną ilość cech charakterystycznych dla pewnego gatunku, kilka zaś cech zbliża go do innego gatunku.

Wobec często zdarzających się podobnych niepewności powstała potrzeba tworzenia nowych podziałów: podrodzajów, odmian, pododmian i t. p. Lecz tu znowu na każdym kroku mnożą się trudności; nigdy nie można wiedzieć z całą pewnością, czy mamy do czynienia z gatunkiem, czy z odmianą. W tym różnicowaniu ma rozstrzygać takt systematyka, jak mawiał Linneusz. Jak wszakże owemu taktowi ufać można, niech pokażą liczby. Otóż jedni wyróżniają znaczną liczbę gatunków małża słodkowodnego, t. zw. szczeżui (Anodonta), inni — 2 tylko, resztę uważając za odmiany. Bentham zna w Anglii 5 gatunków jeżyyny, Bebington—45. Gdzie tu jest ów takt systematyka?

Widzimy przeto, że określenie morfologiczne jest chwiejne i nieściśle: żąda ono zupełnego podobieństwa ustrojów. Czy wogóle jest możebne zupełne podobieństwo?

Spojrzymy na załączone wizerunki dwóch gatunków ślimaczka wodnego: skorupki różnią się znacznie od siebie z wyglądu zewnętrznego. Ale można odszukać szereg form pośrednich (rys. 13); teraz różnice

występują stopniowo: kolejne ogniwa, spajając niejako formy krańcowe, tworzą wraz z nimi nieprze-



Rys. 13. Szereg form pośrednich od gatunku 1) *Paludina Brusinae* do gatunku 10) *Paludina Forbesi*.

rwany łańcuch. Czy to stopniowanie jest przypadkowe? czy podobieństwo kotów domowych, tygry-

sów, lampartów, panter, lwów jest także przypadkowe... czym je sobie wytłumaczyć? czy nie nasuwa się tu w najnaturalniejszy, najlogiczniejszy sposób domysł, że tamte ślimaki są sobie blizkimi krewnikami, więc są ludzaco do siebie podobne: te drapieżniki są sobie dalszemi krewnikami, wykazują podobieństwo rodzinne. Wyznawcy niezmienności i niezależności skupień systematycznych sami się zdradzili: wszak to oni właśnie nazwali skupienie kotów, lwów, lampartów, tygrysów i t. p. rodziną! jest to istotnie licznie reprezentowana rodzina gatunków spokrewnionych, mających wspólne pochodzenie—stąd wynika podobieństwo postaci, zwyczajów, sposobów łoowieckich i t. p. Gdybym ulepił z gliny model skorupki ślimaczka 1 (rys. 13) i chciał go następnie przerobić na skorupkę 10—pewnie najłatwiej bym tego dokonał, przelepiając go przez formy 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9—stopniowo przez kolejne postaci naturalne. Czy czyniąc tak, nie wpadłbym napomysł, że formy tego szeregu są to raczej poszczególne, kolejne stadia przetwarzania się gatunku 1 w gatunek 10, że gatunek 10 rozwinął się drogą stopniowych, kolejnych przemian z gatunku 1? Olśnieni tym przypuszczeniem rozglądamy się naokół, postrzegamy w przyrodzie żywej już nie tyle różnice, lecz raczej podobieństwa; podobieństw tych odtąd nie uważamy za przypadkowe, lecz za wynikające ze wzajemnego pokrewieństwa i stopniowego rozwoju wszechistot; dochodzimy do hipotezy powszechnego rozwoju, czyli ewolucji organizmów... Z tajemnego świata istot jednokomórkowych wyrasta drzewo o dwóch

pninach—drzewo roślin i drzewo zwierząt, pnie rozrastają się w rosochate konary, konary w gałęzie, gałązki; im dalej, im wyżej, tym bardziej różnicują się organizmy; jedne wolniej, inne prędzej; z tej gałęzi wystrzela pęd kwiatonośny—to organizmy, które doszły do doby kwitnienia, tam znowu—do innej gałęzi—coraz trudniej, coraz ospalej docierają soki odżywcze to gatunki wymierające: żubry, tapiry, cisy; tam wreszcie u stóp drzewa leżą na ziemi powalone gałęzie: to gatunki zaginione: widłaki drzewiaste, mamuty, nosorożce włochate...

Jakkolwiek powabna byłaby myśl o wzajemnym pokrewieństwie i powszechnym, stopniowym rozwoju wszechistot, wszakże pozostałaby tylko śmiałą hipotezą, uroczą jednodniówką, ważącą w promiennym przezroczu swe użytkowane skrzydła, niepewną jutra,—gdyby nie była poparta licznym szeregiem faktów, gdyby nie była sprawdzana ciągle na każdym kroku.

Anatomja porównawcza dawno już wykazywała podobieństwo zwierząt ziemnowodnych (żab, trytonów, salamandr) do ryb; — na zasadzie podobieństwa organizacji można przypuszczać, że są to grupy pokrewne. Poznano więcej form ziemnowodnych, zbadano sposób rozwijania się zarodków: okazało się, że niektóre w stanie dojrzałym mają skrzela wewnętrzne, jak ryby, oprócz zewnętrznych, inne zaś podczas życia zarodkowego posiadają skrzela zewnętrzne, wewnętrzne, i inne cechy organizacji rybiej w układzie szkieletu, krwionośnym, nawet

w charakterystycznych dla ryb organach zmysłów (t. zw. linje boczne).

Astronomowie na zasadzie obliczeń matematycznych przewidywali nazewnątrz planety Urana istnienie, nowej nieznaney planety; Mädler, profesor dorpcki, przepowiada tryumf astronomji, przepowiada odkrycie owej planety, Leverrier oznacza jej miejsce i masę, Galle na owo miejsce nastawia lunetę i odkrywa istotnie Neptuna.

Wracam do ziemnowodnych i ryb. Anatomja porównawcza wykazuje ich pokrewieństwo na zasadzie podobieństwa organizacji, embrjologia przypuszczenie to popiera na zasadzie występowania cech rybich w zarodkowym życiu ziemnowodnych. Czy nie należałoby przypuszczać istnienia form przejściowych między rybami a ziemnowodnemi? W rzekach Ameryki południowej, Afryki zachodniej i w Australji odkryto t. zw. ryby dwudyszne,—formy przejściowe pomiędzy rybami a ziemnowodnemi; rybnie tu są: forma ciała, obecność łusek, skrzela, budowa szkieletu, kanału pokarmowego, — ale mają te ustroje i cechy ziemnowodnych: budowa nozdrzy, układ krwionośny, obecność i budowa płuc — wszystko to przypomina ziemnowodne. Na zasadzie hipotezy ewolucji nauka przewidywała istnienie form przejściowych, praktyka je wykryła, potwierdzając w sposób wspańiały słuszność samej hipotezy.

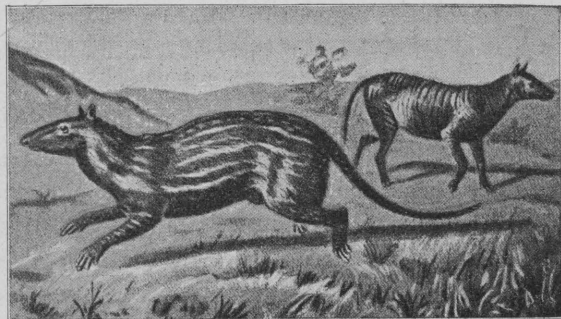
Anatomja porównawcza wykazywała istnienie wspólnych cech organizacji u ptaków i gadów: budowa stawu między głową a kręgosłupem, stawu między szczęką dolną a głową, układ kostny, budowa móz-

gu i t. d. upodobniają te 2 grupy do siebie istotnie. Stąd powstało przypuszczenie o ich pokrewieństwie wzajemnym. Embrjologia potwierdza to przypuszczenie swemi spostrzeżeniami: stadja rozwojowe zarodków ptasich przypominają niesłychanie cechy gadów. Przypuszczenie o ścisłym związku ptaków z gadami zyskuje tym sposobem coraz więcej prawdopodobieństwa. Formy jednak przejściowej pomiędzy temi grupami w naturze nie spotykamy. Lecz oto wykrywa ją paleontologia. W roku 1861 i 1877 w Solenhofeńskich łomach wapienia litograficznego znaleziono szczątki gadoptaka, którego nazwano *Archaeopteryx lithographica*. Na rys. 14

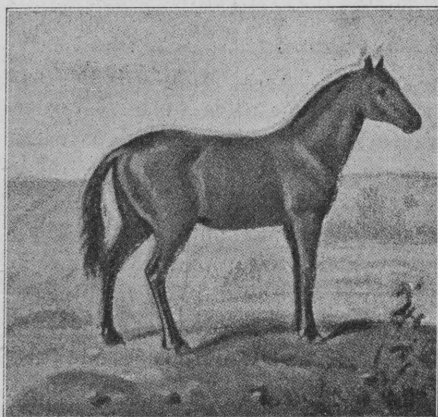


Rys. 14. Szczątki gadoptaka *Archaeopteryx lithographica* na łupku litograficznym (okaz berliński).

widzimy ilustrację płyty z jego szczątkami w takim stanie, w jakim je znaleziono (własność uniwersytetu berlińskiego). Był on prawdziwym upierzonym gadem; obecność krążka kostnego w oczodole, zębów tkwiących w zębodołach, długiego ogona, złożonego z wielu kręgów, — są to niewątpliwie cechy gadzie. Dalej jeszcze odkryto w łonie ziemi ptaki zębate, niezaprzeczonych przodków ptaków współczesnych;



Rys. 15. Wielokopytni przodkowie konia w zaraniu okresu trzeciorzędowego Phenacodus — lewy i Hyracotherium — prawy).



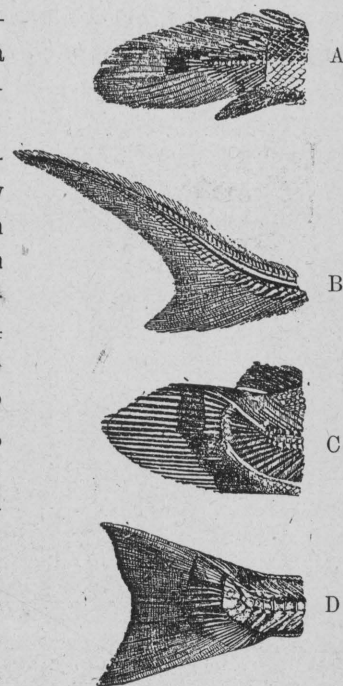
Rys 16. Przodek konia z późniejszego trzeciorzędu (widać szczątki palców bocznych)—Hipparion.

z drugiej zaś strony—formy jeszcze bliższe gadów, niż Archaeopteryx, obdarzone wszakże zdolnością lotu,

przewagą kończyn tylnych nad przednimi, układem miednicy, przypominającym ptaki.—Widać stąd, że był czas, kiedy i... gady rwały się do lotu, — pewna ich grupa stawała się coraz bardziej podobną do ptaków.

Anatomja porównawcza zestawia kończyny zwierząt kopytnych: słoń ma kopyta na wszystkich 5 palcach, tapir lub hipopotam na przednich—4 (1-go palca brak), nosorożec po 3 (1-go i 5-go brak), wielbłąd 2 (1-go, 5-go, 2-go brak), koń 1 (1, 5, 2, 4-go brak). Stąd wniosek, że przodkowie dzisiejszego 1-palcowego konia traciły kolejno palce we wspomnianym porządku (1, 5, 2, 4). Na załączonych rysunkach (rys. 15 i 16) widzimy wielokopytnych przodków konia.

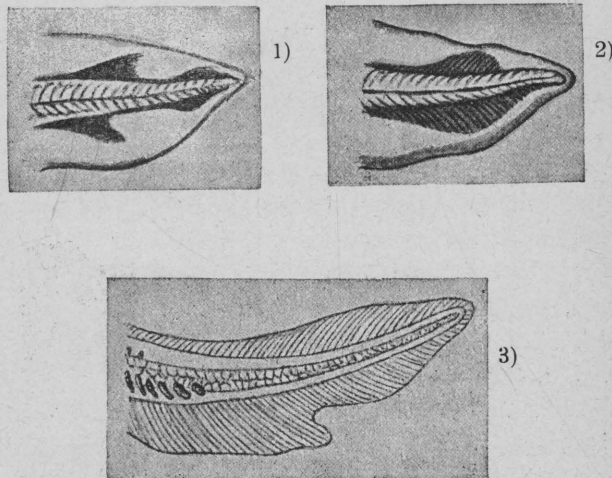
Na rys. 17 widzimy 4 formy ogona ryb współczesnych: w ogonie A kręgosłup przechodzi przez



Rys. 17. Płetwy ogonowe ryb współczesnych:

- A) ryby — wielopłetwa (Polypterus)—symetria zupełna.
- B) jesiotra (Acipenser)—asymetryczna: promienie dolne o wiele silniejsze od górnych.
- C) miętławki (Amia calva) i D) łososia (Salmo Salar)—symetria pozorna, połączona z krawcową asymetrią wewnętrzną.

środkową linię ogona, dzieląc go na 2 połowy symetryczne: górną i dolną. W drugiej formie ogona kręgosłup podgina się ku górze, wchodzi jedynie w górny płat ogona, rozwijający się nadmiernie, przez co doprowadza ogon do utraty symetrii.



Rys. 18. Trzy stadja rozwoju zarodkowego łuskostą (Lepidosteus osseus): 1) stadium płetwy zupełnie symetrycznej, 2) początek asymetrii, 3) silnie zaznaczona przewaga promieni pętlowych dolnych. Podług Keibla.

W ogonie 3-go i 4-go typu kręgosłup podgięty jest również ku górze, ale wskutek zupełnego niemal zaniku górnej części ogona, ogólny, powierzchniowy pokrój ogona wraca do powierzchniowej symetrii.

Trzy te typy ogonów rybich spotykamy u ryb współczesnych. Ponieważ wiadomo, że pewne ryby z ogonem o rzekomej symetrii przechodzą w rozwój osobnikowym, zarodkowym przez stadja, odpowiadające kolejno 2 typom poprzednim, wyprowadzono stąd wniosek, iż ryby z ogonem o symetrii rzekomej miały przodków o ogonie niesymetrycznym, praprzodkami ich wreszcie były ryby o ogonach z symetrią powierzchnią i wewnętrzną. Istotnie, badania paleontologiczne wykazały, że najdawniej były ryby z zupełną symetrią ogona, później obok nich ukazały się ryby z ogonem niesymetrycznym, wreszcie nastał czas, kiedy zaczęły istnieć obok poprzednich i ryby z powierzchnią symetrią ogona.

Wygłosiliśmy hipotezę powszechnego pokrewieństwa i stopniowego rozwoju wszech istot żywych — jeżeli uwzględnimy przytoczone powyżej dowody, świadczące na jej korzyść: nieokreśloność pojęcia gatunku, podobieństwa, istniejące między rodzajami, rodzinami i t. d., istnienie form przejściowych, żyjących współcześnie w naturze, lub takich, o których dawnym istnieniu świadczy paleontologia, — dziwną wreszcie współbieżność faktów anatomiczno-porównawczych, faz embrjonalnych, wreszcie zdobytych paleontologicznych, — tedy będziemy mieli prawo i rację podnieść hipotezę ewolucji do stanowiska teorii naukowej. Wypowiedzmy ją: dziś istniejące gatunki zwierząt i roślin nie odrazu były takie, jakie są obecnie; one nie stały się, lecz się stawały; był czas, kiedy one były prostsze;

w ciągu wielkiego zastępu wieków, dopiero ulegały powolnemu, stopniowemu rozwojowi, — my jesteśmy świadkami jednej z chwil długotrwałego rozwoju, — rozwój organizmów bynajmniej się jeszcze nie zakończył.

Zajrzyjmy teraz do niesłychanie interesujących kart paleontologii—księgi dziejów rozwoju życia.

Twarda powłoka ziemi utworzona jest ze skał. Woda rozpuszcza lub rozkrusza skały, poczym je osadza; w ten sposób powstają skały osadowe; jako osadzone z wody skały osadowe mają układ warstwowy. Zawierają one zazwyczaj szczątki roślin i zwierząt, które żyły niegdyś na ziemi. Badając zawartość skał osadowych, możemy dowiedzieć się, jaki był przebieg życia na ziemi.

W dziejach ludzkości odróżniamy 3 ery: starożytną, średniowieczną i nowożytną, rozumiejąc jednak, że podział ten jest nawskroś sztuczny, boć czas jestto ciągłość nieprzerwana.

I dzieje życia na ziemi dzielimy na 3 ery: paleozoiczną, mezozoiczną i cenozoiczną; najdawniejszą z nich—paleozoiczną—wyprzedzała jeszcze era archaiczna.

Tym sposobem mówimy o 4-ch erach rozwoju życia; ery dzielimy na okresy. Pewnemu przeciagowi czasu odpowiada w skorupie ziemskiej pewna warstwa, resp. szereg warstw osadowych. Erom czasu odpowiadają grupy warstw, okresom czasu — systemy warstw.

Ery—Grupy	Okresy—Systemy
Cenozoiczna	Czwartorzędowy Trzeciorzędowy
Mezozoiczna	Kredowy Jurski Tryjasowy
Paleozoiczna	Permski Węglowy Dewoński Sylurski Kambryjski.
Archaiczna	

Nie wykryto dotychczas nigdzie na całej ziemi miejsca, gdzieby występowały wyraźnie rozwinięte i bogate w skamieniałości w kolejnym porządku warstwy wszystkich okresów, zawsze bowiem brak kilku ogniw lub nawet całych systemów i grup, co stąd pochodzi, że pewne obszary twardej powłoki ziemi przez dłuższy przeciag czasu, jako lądy stałe, były wolne od zalewów morskich lub jeziornych i w tym stanie przetrwały aż do następnej lub nawet do najnowszej doby geologicznej, — bądź to dla tego, że

warstwy te istniały niegdyś, lecz zostały wtórnie przez wodę zniszczone. Ponieważ jednak przez skamieniałości możemy zawsze porównywać ze sobą osady z różnych krain i określać — zawsze oczywiście względnie — ich wiek, przeto w podanej powyżej tablicy, będącej idealną niejako ilustracją następstwa osadów i wykrytych w nich skamieniałości, każdy utwór znajdzie zawsze właściwe sobie miejsce.

Pierwsze ślady życia zwierzęcego występują w okresie kambryjskim były to zwierzęta bezkręgowce. W sylurze spotykamy już kręgowce; wszelako te szczątki dają nam słabe zaledwie wyobrażenie o budowie anatomicznej tych zwierząt, ponieważ posiadały one mało narządów, które mogły się zachować, tak np. nie miały one jeszcze trwałego szkieletu kostnego. Dopiero z okresu dewońskiego i węglowego mamy szczątki lepiej, niekiedy nawet doskonałe, zachowane; szczątki te wykazują, iż kręgowce ówczesne miały postać rybowatą; miękkie, prawdopodobnie chrząstkowy szkielet wynagradzały pancerze skórne. Owych ustrojów niepodobna zaliczyć do żadnej z grup ryb żyjących obecnie; wkrótce już jednak różnicują się z ich grona 3 gałęzie, które rozwijają się rozbieżnie: od podobnych gałęzi mogły powstać przodkowie dzisiejszych ryb kostołuśskich, poprzecznoustych, oraz dwudysznych. Z tych 3 grup żyje już obecnie nieznaczna tylko liczba przedstawicieli; okres ich rozkwitu przypada na okres jurski. Wtedy odszczepiły się prawdopodobnie od przodków ryb kostołuśskich ustroje, które dały początek rybom kości-

stym—te doszły do rozkwitu w okresie czwartorzędowym.

Od przodków ryb dwudysznych powstały w okresie węglowym ustroje, które stopniowo przystosowywały się do życia lądowego: zaczęły używać kończyn nie tylko do poruszania się w wodzie, ale także do podpierania ciała, oraz do poruszania się na lądzie. Zależnie od tej zmiany kończyny ich uległy odpowiedniemu przekształceniu. To skrzekogady; — powstały z nich wkrótce przodkowie ziemnowodnych, oraz przodkowie dzisiejszych gadów. Te mianowicie zrezygnowały, że tak powiemy, zupełnie z oddychania skrzelowego, nie składały od owego czasu jajek do wody, lecz opatrywały je znacznym zasobem żółtka odżywczego lub też żywiły powstające z jajek zarodki wewnątrz organizmu macierzystego, i wydzieliły gruczołów skórnych; od podobnych ustrojów mogły powstać ssaki, których pierwsze ślady spotykamy w systemie tryjasowym. Tymczasem inne gady doszły do rozkwitu—do wielkiej liczby osobników i form: w okresie tryjasowym i jurskim zajmowały w naturze stanowisko naczelne, wybitne: jako ustroje pełzające, biegające, skaczące, czepiające się, pływające, a nawet już i jako latające. Od takich ustrojów odszczepiła się w okresie jurskim najmłodsza latorośl kręgowców — ptaki, które do dzisiejszego bogactwa form doszły dopiero w okresie czwartorzędowym. Wreszcie w osadach z najmłodszej doby okresu III-rzędowego, a zwłaszcza w osadach czwartorzędnych spotykamy niewątpliwie ślady człowieka.

Boczną gałęzią, wyrastającą z pnia przodków człowieka, jest zapewne słynny małpolud—*Pithecantropus erectus*, odkryty przez holenderskiego lekarza wojskowego Eugenjusza Dubois w r. 1891 na wyspie Jawie.

W tym szkicu paleontologicznego rozwoju kręgowców należy odróżniać teorię od faktów; teorią jest np. zdanie, głoszące, że od grupy ziemnowodnych, lub gadów, jak chcą inni, odszczepiła się grupa ssaków; teorią jest pochodzenie ryb kośćistych od kostołuskich; nam chodzi tu raczej o fakty: faktem jest, że istniały naprzód bezkręgowce, niż kręgowce,— w obrębie zaś kręgowców faktem jest, że niższe ryby istniały pierwiej niż ziemnowodne, gady, ssaki, i ptaki, że najpóźniej ukazał się na ziemi człowiek.

Jeżeli jesteśmy naturalistami, tedy z faktów tych wyniknie dla nas wniosek najważniejszy — że ewolucja nie jest już hipotezą, nawet nie teorią naukową, lecz nieomal prawem zasadniczym przyrody. O słuszności zasady ewolucji obecnie nie wątpi nikt z przyrodników na całym świecie, jak nikt nie wątpi, że ziemia obraca się naokoło słońca; a był czas, kiedy z jednej strony ośmieszano publicznie twierdzenia Kopernika, a kiedy z drugiej — jego książki były wyrazem protestu wobec ducha przygniatającej powagi... Tak też niedaleka jest chwila, kiedy i „prawo” ewolucji będzie uznane i wyznawane przez całą inteligentną ludzkość, jako jeden z najpiękniejszych dorobków ducha ludzkiego.

Jeżeli z jednej strony w oczach naturalisty zasada powszechnej ewolucji organizmów jest nieomal

niewzruszonym prawem, tedy z drugiej strony kwestji wyświeślenia czynników ewolucji — przyczyn zmienności gatunków — nie można bynajmniej uważać za wyczerpaną.

Jan Lamarck w dziele swym — *Philosophie zoologique* — wydanym w r. 1809 wystąpił jako prawdziwy i gienjalny twórca ewolucjonizmu. Klasyfikacja, zdaniem Lamarcka, jest naszym własnym pomysłem: w przyrodzie niema gatunków, rodzajów, rodzin, lecz istnieją tylko osobniki. Spostrzeżenia, dokonane nad osobnikami, zebranymi z różnych miejsc na kuli ziemskiej, wykazują, że postaci osobników ulegają ciągłym zmianom; niepodobna znaleźć dwóch istot, należących do tego samego gatunku, które by były zupełnie jednakowe; gatunki zatym są zmienne; w życiu bieżącym nie dostrzegamy tej zmienności, ponieważ okres czasu, dostępny naszej obserwacji, jest zbyt krótki, a zmiany podczas tego okresu dokonane, są zbyt drobne.

Jeżeli podzielimy świat istot roślinnych i zwierzęcych na grupy naturalne, na zasadzie wzajemnego podobieństwa organizmów, spostrzeżemy niezawodnie stopniowe komplikowanie się ich organizacji — od istot najprostszych aż do najwyższych. Tym sposobem wszystkie istoty żywe tworzą jakby łańcuch organizmów coraz doskonalszych — od pierwotniaków aż do człowieka. Wszystkie istoty żywe są ze sobą spokrewnione, ustroje z zawilszą organizacją pochodzą od prostszych, najprostsze zaś powstały drogą samorodczą z materji martwej, wskutek działania sił przyrody martwej. Pod wpływem zmieniających się

warunków środowiska ulegają zmianom potrzeby i przyzwyczajenia istot żywych; zmiana potrzeb i przyzwyczajzeń wywołuje wzmożenie lub zmniejszenie używania pewnych narządów, następnie zaś spotęgowany rozwój, lub też stopniowy ich zanik. Jeżeli zmiany organów, wywołane wpływem środowiska, są wspólne obojgu rodzicom, tedy mogą być przekazywane następnym pokoleniom dziedzicznie, a następnie ulegać dalszym zmianom. Za najważniejszy czynnik zmienności gatunków uważa Lamarck używanie lub nieużywanie pewnych organów w zależności od warunków otoczenia. Żyrafa nadmierne wydłużenie szyi zawdzięcza długotrwałemu wyciąganiu jej po liście, stanowiące pokarm tego zwierzęcia. Podobnież dzięcioł lub kolibr długi język uzyskał przez ustawiczne wsuwania go do długich a wązkich kryjówek. Nieużywanie narządu wzroku w ciemności sprowadza stopniowy zanik oczów u zwierząt, zamieszkujących mroczne podziemia. Spotęgowanie lub osłabienie czynności pewnych organów dokonywa na razie drobnych wprawdzie, nieznacznych zmian w ich budowie, ale dziedziczność, drugi czynnik ewolucji podług L-a, nawarstwowując niejako te zmiany, z czasem coraz bardziej je potęguje.

Współczesny z Lamarckiem, Etienne Geoffroy St. Hilaire w kilkanaście lat po wydaniu dzieła „Philosophie Zoologique” wygłosił teorię wykazującą, iż czynnikiem kształtującym i przekształcającym gatunki jest bezpośredni wpływ środowiska (monde ambiant) na ustroje podczas ich życia zarodkowego, głównie zaś wpływ warunków atmosferyczno-klima-

tycznych. Geoffroy St. Hilaire odrzuca wpływ używania organów.

Jeżeli zmiany, które wywołał w organach wpływ środowiska, są dla gatunku szkodliwe, tedy doprowadzają go do wymierania, — gatunek wymierający zastępują inne formy, przekształcone odpowiedniej do nowych warunków. Myśl ta pasuje Geoffroy St. Hilaire na zwiastuna właściwego darwinizmu, czyli teorii doboru.

W lutym r. 1830 starli się w paryskiej akademii nauk dwaj wielcy zapaśnicy: Geoffroy St. Hilaire, obrońca zmienności gatunków, oraz Cuvier, rzecznik stałości gatunków. Tryumf był udziałem Cuviera, który ustępował niewątpliwie St. Hilairowi w rozległości poglądu, ale zwyciężył przeciwnika niezrównaną istotnie erudycją. Zwycięstwo to jednak było pozorne i chwilowe. Cuvier, przecząc istnieniu związku rodowego dziś żyjących istot z organizmami okresów minionych, wygłosił tak zwaną teorię kataklizmów. Według tej teorii, w dziejach ziemi występowały perjodycznie wielkie przewroty geologiczne, doprowadzające za każdym obrazem wszystkich organizmy do zupełnej zagłady, — poczym następował powtarzający się perjodycznie akt stwarzania.

Już na rozgraniczu wieku XVIII-go i XIX-go, znany nam dobrze z innych względów, Hugo Kollataj doradzał geologom w tłumaczeniu zmian, zachodzących na powierzchni ziemi, zwracać się zawsze do tych samych praw fizycznych, przekonywał, iż „skutki trwające są wcale podobne do przeszłych; któż wie, czyli co się nam zdaje być na pierwsze

spojrzenie zamieszanem i nieporządkiem, nie jest raczej skutkiem bardzo porządnym i nieodmiennym praw natury.” We dwadzieścia kilka lat po Kołłątaju zgodne z jego poglądami idee geologa angielskiego Lyella zadały ostateczny cios Cuvierowskiej teorii kataklizmów. Lyell mianowicie wykazał do wodnie ciągłość stopniowego rozwoju skorupy ziemskiej, ewolucją geologiczną bijąc tory ewolucji biologicznej.

W r. 1809, kiedy Lamarck zbudował w dziele „Philosophie zoologique” wspinały system teorii ewolucyjnej, urodził się w Anglii najpotężniejszy gienjusz wieku XIX-go, Karol Darwin. Jako dwudziestoparoletni młodzieniec, wziął udział w podróży naokoło świata, która trwała pięć lat. Już podczas tej podróży dziedzictwo atawistyczne, przekazane Karolowi Darwinowi przez jego dziada—Erazma, znakomitego ewolucjonistę — ocknęło się w umyśle Darwina w postaci pierwszego pomysłu teorii doboru naturalnego. Wszakże dopiero po dwudziestoparoletniej pracy i obserwacji, prowadzonych nad hodowlą zwierząt udomowionych i kulturą roślin uprawnych, Darwin wyniki swych badań ogłosił w zasadniczym swym dziele: „O powstawaniu gatunków drogą doboru naturalnego.”

Ażeby wyświecić kwestję powstawania gatunków w naturze, Darwin zwrócił się przedewszystkiem do poznawania ustrojów w stanie kultury,—zakres ten, o ile jest od natury szczuplejszy, o tyle łatwiejszy do zbadania i ogarnienia.— Darwin zwrócił się więc do zwierząt udomowionych, oraz do roślin uprawnych.

Wiele z nich pochodzi niewątpliwie od jednego gatunku dzikiego; tak np. wszystkie gołębie domowe powstały od jednego gatunku dzikiego—od gołębia skalnego (*Columba livia*). W jakiżto sposób z owego jednego gatunku zróżnicowały się tak liczne i tak rozmaite co do postaci rasy gołębi — pawików, młynków, wolaków i tyle innych? w jakiż dalej sposób powstały powolne, wielkie konie meklembskie i rącze, zgrabne araby? Zróżnicowanie to sprawił niewątpliwie człowiek hodowca. Jeżeli np. zamierzam dojść do otrzymania gołębia pawika z gołębi pospolitych, tedy tak postępuję: z całego stada dobieram osobniki, które chociaż nieco przypominają pawika; z ich potomstwa dobieram znowu osobniki, stosunkowo najpodobniejsze do pawika i t. d. Mogę twierdzić, iż, postępując tak umiejętnie, już w ciągu niewielu pokoleń zwiększę liczbę gołębi, coraz bardziej przypominających pawiki; upragnione cechy występować będą coraz wyraźniej, aż wreszcie otrzymam pawika.

Zastanówmy się teraz, jakie w tej hodowli działają czynniki? otóż 3 główne: 1) zmienność, 2) dziedziczność, 3) dobór. Potomstwo jednej pary może wytwarzać nowe cechy charakterystyczne, odmienne od typu rodzicielskiego, pewne zboczenia od tego typu. To—zmienność. Dalej, występuje tu dążność przekazywania owych nowych cech znamienych — owych zboczeń dalszym pokoleniom; to—dziedziczność. Wreszcie hodowca dobiera te tylko osobniki, które posiadają pożądane przez niego cechy, metodę dobierania uprawia w ciągu

szeregu pokoleń, zapobiega krzyżowaniu się osobników, wykazujących dążność do przeciwnych sobie cech, co by mogło doprowadzić do zatarcia cech pożądaných.

To—dobór.

A teraz, z zasobem wiadomości, powziętych z hodowli i uprawy, przejdźmy na rozległy i zawiły teren natury. I tu w przyrodzie, oczywiście, tkwią w ustrojach też same pierwsze dwie właściwości naturalne: zmienność i dziedziczność. Cóż je kombinuje? poszukamy i tu doboru. Otóż właśnie uchwycenie w naturze doboru, uznanie go za najważniejszy czynnik ewolucji, stanowi istotny rdzeń darwinizmu. W doborze sztucznym chodzi o spotęgowanie w ustrojach cech, pożytecznych dla hodowcy—w doborze zaś, odbywającym się nieustannie w naturze, chodzi o spotęgowanie w ustrojach znamion, pożytecznych dla samych ustrojów. W tym tkwi zasadnicza różnica. W doborze sztucznym organizmy do rozplodu dobiera człowiek—hodowca, w naturze—momentem dobierającym jest walka o byt.

Zjawisko walki o byt i uwarunkowany przez nią dobór naturalny wynika z nadmiernego rozmnażania się istot. Niektóre organizmy, np. ryby, produkują w ciągu swego życia wiele tysięcy jaj, resp. zarodków,—jaja pasorzytów liczyć można na wiele milionów. Oczywiście, iż na ziemi wkrótce zabrakło by miejsca do życia pospołu tylu osobników, gdyby to wszystko bezpiecznie żyć miało. Weźmy najoczywistszy dowód. Gdyby roślina jednoroczna wydała tylko dwa nasiona, a niema tak mało płodnej rośliny,

—gdyby z tych nasion wyrosły w następnym roku dwie rośliny i t. d., tedy w 20 lat powstałby tą drogą milion roślin. Słoń uchodzi za zwierzę rozmnażające się najpowolniej—od 30-go roku życia do 90-go wydaje on zazwyczaj sześcioro potomstwa—przy takich jednak warunkach w ciągu 750 lat z jednej pary powstałoby 19 milionów osobników.

Łatwy stąd wniosek, iż znaczna ilość jaj, zarodków, osobników młodych lub dojrzałych musi ginąć—tą tylko drogą utrzymuje się w naturze pewna równowaga, która przecież jest faktem.

Wiele osobników ginie niewątpliwie przypadkowo, ale, mówiąc wogóle, najwięcej mają widoków przetrwania osobniki najlepiej wyposażone. Wszelka dodatnia właściwość budowy, bodaj najdrobniejsza, ma swoje znaczenie, każda przewaga zwiększa widoki przetrwania. I tu warunkiem występowania u ustrojów zmian, zboczeń jest zmienność,—zboczenia utrwała i potęguje dziedziczność; walka o byt i wynikający z niej dobór naturalny, zachowując osobniki ze zboczeniami dodatnimi, usuwając zaś osobniki ze zboczeniami ujemnymi, wytwarza nowe formy, przekształca dotychczasowe w postaci coraz doskonalsze.

Nazwa—walka o byt—jest obrazowa, metaforyczna: rzadko kiedy bowiem bywa ona walką świadomą, czynną,—najczęściej zaś, przeciwnie raczej, jest nieświadoma i bierna. Organizmy lepiej wyposażone, silniejsze, odporniejsze, bardziej ręczne, lub sprytnie uchodzą zagłady, zwracając nieświadomie głód swoich wrogów na istoty słabsze, powolniejsze.

Widzimy przeto, że Darwin przypisuje powstawanie nowych form ustrojowych doborowi, dokonywanemu w hodowli przez człowieka, w naturze zaś — przez współzawodnictwo, przez walkę o byt — słowem czynnikom zewnętrznym. Oczywiście, iż działanie tych czynników, może być skuteczne jedynie wobec zmienności organizmów, która jest ich właściwością wewnętrzną.

O ile szczegółowo i konsekwentnie opracowane są przez Darwina owe czynniki zewnętrzne, o tyle wewnętrzne rozważali przeważnie inni przyrodnicy — myśliciele.

Literatura przedmiotu:

R. Hertwig, Lehrbuch der Zoologie (rozdziały: „Geschichte der Descendenztheorie“ oraz „Darwin'sche Theorie“); istnieje przekł. ros.

H. Höffding, Karol Darwin (przekład d-ra M. F.).

A. Wrześniowski, K. R. Darwin (Wszechświat 1882).

A. Wallace. Der Darwinismus (istnieje przekład ros.).

K. Darwin. O powstawaniu gatunków, tłum. S. Dicksteina i J. Nusbauma.

J. Nusbaum. Z zagadnień biologii i filozofii przyrody.

J. Nusbaum. „Szlakami wiedzy.” W ostatnich dwóch książkach autor opracował nowsze teorie

ewolucyjne (w I rozdziale przedostatniej książki neogielizm, weismanizm, neolamarkizm, w VIII-ym ostatniej devriesizm).

Poradnik dla samouków część piąta.

W. Nałkowski. Ziemia i człowiek (rozdział o H. Kołłątaju).



SPOSTOWANIA:

Str. 92 wiersz 3 od góry zamiast 0.4 — powinno być: od 0.2 do 0.4.

Str. 92 wiersz 8 od góry zamiast: paraset — ma być: przeszło sto.

SPIS RZECZY.

	<i>Str.</i>
I. Skład chemiczny organizmów	5
II. Własności fizyczne zarodki	16
III. O organizacji żywej materji	26
IV. Organizmy żywe i martwe	35
V. Mechanizm i witalizm	44
VI. Wymiana materji.	51
VII. Zdobywanie i przyswajanie pokarmu	60
VIII. Zdobywanie tlenu	68
IX. Wydalanie	75
X. Energietyka organizmów	82
XI. Krążenie materji i energii w przyrodzie	92
XII. Pobudliwość	99
XIII. Rozmnażanie się istot żywych	109
XIV. O ewolucji organizmów	121





10797