BIBLJOTEKA WIEDZY

PROF. DR. R. GOLDSCHMIDT

WSTĘP DO NAUKI O ŻYCIU

TRZASKA, EVERT I MICHALSKI

WSTĘP DO NAUKI O ŻYCIU

BIBLJOTEKA WIEDZY TOM 25

PROF. DR. R. GOLDSCHMIDT

WSTĘP DO NAUKI O ŻYCIU

ZE 161 ILUSTRACJAMI

PRZEŁOŻYŁ
DR. W. ADOLPH

[1936]

TRZASKA, EVERT i MICHALSKI S. A.
WARSZAWA, KRAKOWSKIE PRZEDMIEŚCIE 13
GMACH HOTELU EUROPEJSKIEGO

TYTUŁ ORYGINAŁU:
EINFÜHRUNG IN DIE WISSENSCHAFT VOM LEBEN ODER „ASCARIS"

BIBLIOTEKA
Górniczego Domu Kultury
Kopalni „Kość iuszki-Nowa" w Jaworznie
Numer 2072 Dział

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE

Świętokrzyska Z.P.
Biblioteka
Przyzakładowa
Parowóz
w Jaworznie
57
Gol...
Wst...
4797
104
S x
Miejska Biblioteka Publiczna
Czytelnia
Miejska
w Jaworznie
577
7201/cz

DRUKARNIA NARODOWA W KRAKOWIE

9/28/98

ROZDZIAŁ PIERWSZY

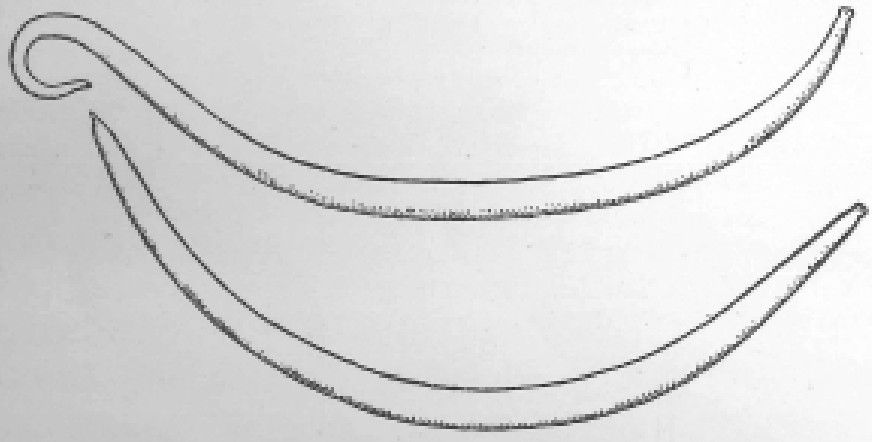
KSZTAŁT, BARWA, PRZYSTOSOWANIE

Ascaris — co za dźwięczna nazwa! Uczeni, którzy się uparli nadać wszystkim — niezliczonym przecież — roślinom i zwierzętom łacińskie i greckie nazwy, niemniej się przy tem nabiedzili, niż niektórzy ojcowie, wertujący całe księgozbiory, by znaleźć imię, godne ich dziecka. A przy tem jednych i drugich spotyka często podobny los: mizerny słabeusz nosi przez całe życie imię Achillesa, a niezdarny dryblas poetyczne imię Damjana; uczeni natomiast nadali dumne imię Afrodyty szczeciniastemu robakowi; Clio, wdzięczna Muza, pływa w kształcie śliskiego ślimaka po oceanach, a Stentor, wielki krzykacz, jest mikroskopijnym mieszkańcem kropli wody. Po tych przygotowaniach możemy wyznać: Ascaris jest glistą z jelit, jest pogardzanem stworzeniem, wzbudzającem we wszystkich obrzydzenie. Fe, któż może dotknąć robaka, nadomiar złego przebywającego w jelitach zwierząt i człowieka! I jeszcze pisać całą książkę o takiem, godnem pogardy, stworzeniu! Jednak przyrodnik jest innego zdania, ma on naturę dziecka, które bierze przecież do rąk wszelkie stworzenia i stara się je obejrzeć, zanim mu starsi nie wmówią, że robak jest obrzydliwy. A jakże wiele pytań o tym robaku może zadać dziecko tobie, szanowny czytelniku, pytań, na które nie potrafisz odpowiedzieć. Dlaczego więc nie zdecydować się raz wreszcie i nie rozpytywać go, dopóki nie opowie całej swej historji i przy okazji wielu innych? Przypuszczam, że wtedy szybko puścimy w niepamięć obrzydzenie, i robak ten okaże się naszym oczom stworem tak samo godnym uwagi — choć zapewne nie tak pięknym, jak paw lub ptak rajski.

1.

Pasorzyt! Tego rodzaju stworzenie nie wzbudza szacunku! Gdy inne pędzą żywot wśród ciągłej walki i niebezpieczeństw, pracując w pocie czoła na chleb powszedni, pasorzyt żyje w nieróbstwie wśród nadmiaru żywności, jak w krainie płynącej mlekiem i miodem, i korzysta bez żadnego zachodu z pokarmu, który jego mimowolny gospodarz przetrawił na własny użytek. Gdy gospodarzowi powodzi się dobrze — powodzi się dobrze i jemu; lecz biada, gdy stan ten się zmieni! Za życie w dostatku sprzedał przecież swą wolność; gdy gospodarz umiera, umiera też wraz z nim wierny pasorzyt! Gdy choroba zaatakuje jelita gospodarza, może to oznaczać koniec także dla pasorzyta. Gdy gospodarz spożyje coś, czego robak nie znosi (jeśli czyni to świadomie, mówimy, że przyjmuje środki przeciw robakom), pasorzyt, nie mogąc skryć się w swem więzieniu, ucieka nazewnątrz, znajdując tam pewną śmierć. A jakże ciasne jest jego więzienie! Nie należy mniemać, że robaki te wogóle nie potrafią się poruszać; wystarczy w tym celu umieścić kilka sztuk w naczyniu, a zobaczymy, że wykonywają silne, wężowe ruchy. Bezwątpienia potrafią też przedsiębrać dalsze wędrówki; niekiedy budzi się w nich pociąg do włóczęgi, który wypędza je z bezpiecznego miejsca stałego zamieszkania, jelita cienkiego, na poszukiwanie przygód; lecz żaden nie wraca żywy z tych wycieczek. Bezpośrednio w sąsiedztwie mieszkania askaryd leży jelito grube, i biada temu, kto weń zabrnie! Za karę musi opuścić swą ojczyznę i umrzeć w brudach kloaki. Lecz wolna droga nęci również i w przeciwną stronę — prowadzi ona do żołądka, i tu jednak wędrowca czeka nielepszy los. Przedewszystkiem nie może znieść tamtejszego klimatu; w jelicie cienkiem środowisko było łagodne, jak mówi nauka — alkaliczne, w żołądku zaś jest w wysokim stopniu kwaśne. Żołądek prócz tego jest wrogo usposobiony dla przybysza i poprostu wyrzuca go za drzwi, ku przera-

żeniu matki, której dziecko wymiotuje robakami. Lecz najbardziej lekkomyślnie postępuje pan lub pani Ascaris, gdy przyjdzie im do głowy zwiedzać nieznane miejscowości. Na szczęście jest to rzadki wypadek, który kończy się samobójstwem robaka i zamordowaniem gospodarza wraz ze wszystkiemi przebywającemi w nim braćmi i siostrami zbrodniarza. Takie nieodpowiedzialne indy-



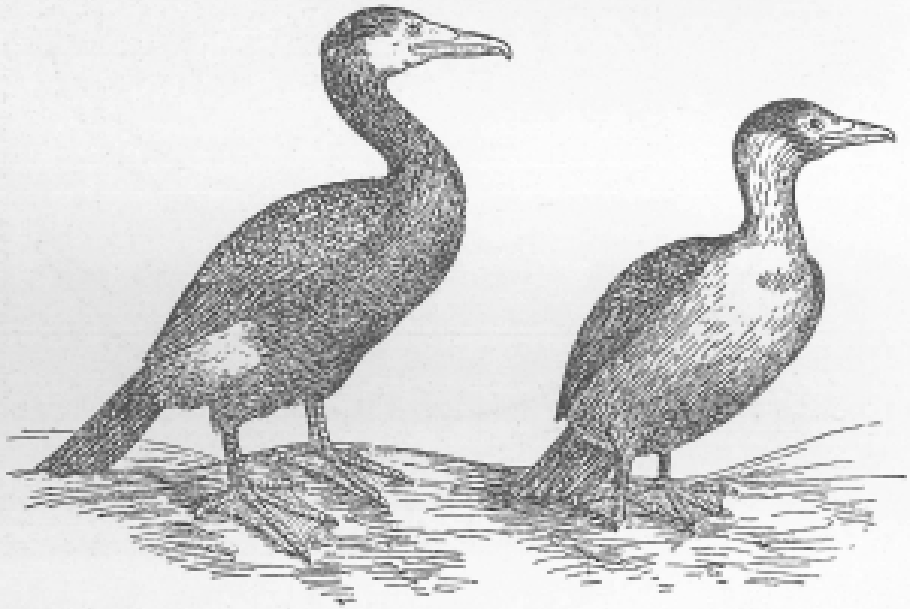
Rys. 1. Ascaris.

widuum przebija ścianę jelita i wędruje na chybi-trafi przed siebie. Czasem zdarza się, że napotka na płuca, skąd nie jest znów zbyt daleko przez tchawicę do nosa; nieszczęsnemu choremu kapią wówczas z nosa robaki.

A więc jasne, że pasorzyt zapłacił za życie w krainie obfitości dość drogą cenę, mianowicie utracił wszelką swobodę; może żyć tylko w ściśle określonem miejscu, każde inne oznacza śmierć. Może jeść tylko to, co strawił gospodarz; gdy głoduje jeden, głoduje i drugi, każda choroba jest i jego chorobą, śmierć gospodarza — jego śmiercią. Postawił wszystko na jedną kartę, schronił się przed niezliczonemi niebezpieczeństwami walki o byt do pewnej kryjówki i przez to stał się bezbronny na wypadek jakiejkolwiek zmiany w sprzyjającem środowisku. Przez przyzwyczajenie się do całkiem swoistego otoczenia, związał się z niem nierozerwalnie.

2.

Czyż jednak niewolnicza zależność pasorzyta od gospodarza jest istotnie czemś szczególnem i swoistem? Czy nie jest to raczej fakt codzienny i powszechny, choć nieco bardziej jaskrawy? Rozejrzyjmy się w przyrodzie i spróbujmy przedstawić sobie, co się dzieje ze stworze-

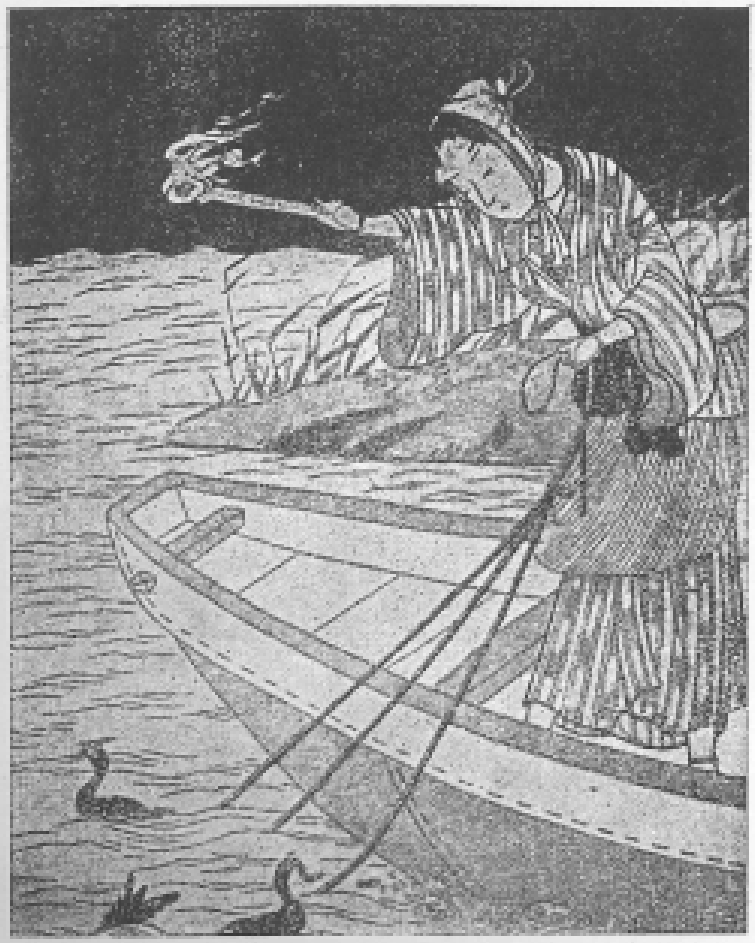


Rys. 2. Kormorany.

niem, doskonałem na swój sposób, gdy porzuca swe naturalne otoczenie. Jeśli glista, do której nieapetycznych nawyków już się nieco przyzwyczailiśmy, zostanie przeniesiona z zacisznego ciepła swego mieszkania do zewnętrznego świata, sztywnieje z zimna i musi marznąć nawet podczas zwrotnikowych upałów. Lecz czy to samo nie dzieje się ostatecznie ze zwierzętami i roślinami ciepłych krain, które przenosimy do chłodniejszego klimatu? Jakaż przepaść dzieli człekokształtne małpy puszcz zwrotnikowych, z wrzaskiem wspinające się w karkołomnych ewolucjach na szczyty niebotycznych drzew, i nieszczęsne istoty, które zaspokajają naszą ciekawość w ogrodach zoologicznych, by prędzej lub później paść ofiarą sprzymierzeńca chłodu — gruźlicy! Cóż za różnica pomiędzy

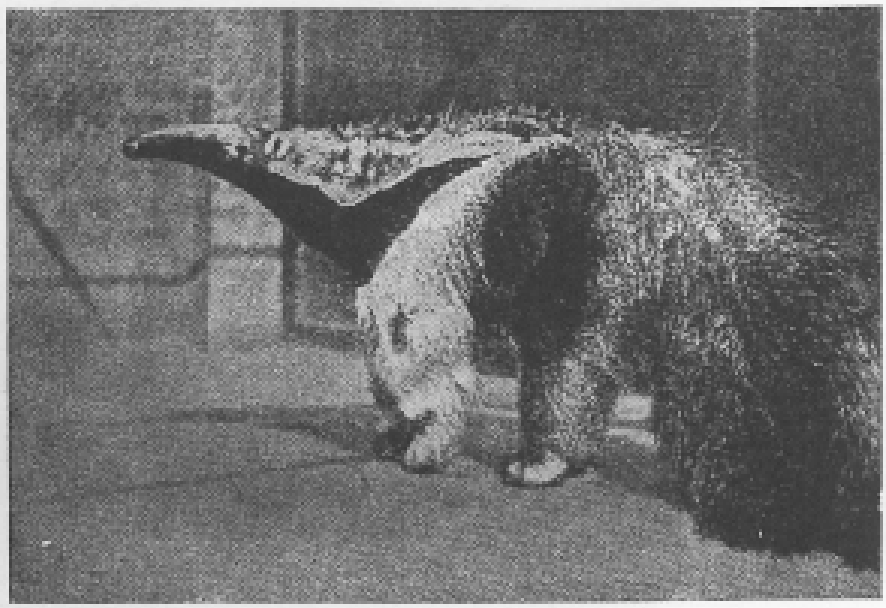
dumną palmą z wybrzeża wysp Kokosowych a mizerną, zdrętwiałą z zimna wychowanką naszych ogrodów!

Czy widzieliście kiedy w zoologicznym ogrodzie ochrypłe skrzeczące ptaki o wysmukłem ciele i długiej szyi, zwane kormoranami? (Rys. 2) Na skalistych urwiskach kalifornijskiego wybrzeża siedzą one tysiącami, napełniając wrzaskiem powietrze. Co pewien czas jeden z nich zrywa się, szybując ciężkim lotem; lecz łatwo zauważyć, że widocznie powietrze nie jest jego żywiołem. Opłaci się natomiast sowicie widzieć tego niezdarę, gdy uwiązany na długim sznurze i kierowany wprawną ręką japońskiego rybaka, nocą przy migocącem świetle pochodni, łapie pstrągi w rzece Nagara (Rys. 3). Jak błyskawica nurkuje pod wodę, by wynurzyć się ze zdobyczą w dziobie, połknąć ją i — zanurzyć się po następną. W kilka minut długa szyja ptaka napełnia się setką ryb, których nie pozwala całkowicie przełknąć mocno zawiązany sznur, wobec czego dobrodusznie wypluwa je wszystkie do koszyka rybaka. Lecz wyobraźmy sobie, że ten niezrów-



Rys. 3. Rybołówstwo z kormoranami.

nany nurek zostanie przeniesiony w warunki, gdzie niema ani ryb, ani wody. Czyż potrafi on na modłę jaskółek łapać owady w szybkim locie? Nigdy w życiu! Będzie bez ratunku zgubiony, tak jak askaryda poza ciałem żywiciela. Gdyż i on posiada swe szczególne uzdolnienia, jest



Rys. 4. Mrówkojad.

przystosowany do określonego trybu życia i przez to całkowicie zależny od swego otoczenia.

I czyż w ożywionej przyrodzie nie dzieje się to wszędzie, gdzie tylko rzucimy okiem? Czy widzieliście kiedy dziwaczne stworzenie z ogromnym, puszystym ogonem, długą, smukłą głową i maleńkiemi oczkami — mrówkojada? (Rys. 4). Z rurkowatego pyska wysuwa on na ziemię potwornie długi język i wciąga go zpowrotem wraz z kilku przylepionemi owadami, któremi normalnie się odżywia. Jeśli usunąć wszystkie owady z jego otoczenia, zostanie tem samem skazany na śmierć i zdechnie nawet wtedy, gdy dokoła biegać będą tysiące zwinnych myszek, któremi uraczy się dowoli jego sąsiad w klatce — lis. Rozglądając się po świecie, stwierdzimy, że w mniejszym lub większym

stopniu wszystkie istoty są w swoim zakresie takimi samymi specjalistami w życiu, jak nasza askaryda. Przypominam sobie w tej chwili robotnika z olbrzymich rzeźni w Chicago, którego widziałem przy pracy, jak od rana do wieczora, nie ruszając się prawie z miejsca, zautomatyzowanemi ruchami zakłuwał jedną po drugiej świnie, zawieszone na przesuwającej się przed nim ruchomej taśmie. Czy człowiek ten potrafi po kilku latach tego zajęcia pędzić życie Robinsona na bezludnej wyspie?

3.

Przeróżne rzeczy nasuwają się w związku z historją glisty! Przypomina mi się naprzykład pewien obrazek z czasów szkolnych. Podczas jednej z majówek, stanowiących szczytowy punkt roku szkolnego, łowiliśmy traszki (jak je wtedy niewłaściwie nazywaliśmy — salamandry) w stawie około owianego legendami zamku Odenwald. Jednemu z malców przyszła do głowy okropna myśl: założył się, że potrafi żywcem połknąć traszkę. Zakład stanął i został wygrany. Cóż się stało z traszką? Bezwątpienia podzieliła los kawałka mięsa z poprzedniego śniadania, lub ostrygi, której przeznaczeniem jest zostać żywcem połkniętą: została poprostu strawiona. Czy domyśliliście się, dlaczego to zdarzenie przyszło mi do głowy? Dlaczego traszka i ostryga zostaną strawione, a glista żyje sobie spokojnie w tem samem jelicie, nie podlegając rozkładowi, jak wszystko dokoła? Przedewszystkiem należy wiedzieć, co właściwie znaczy słowo „trawić". Łatwo jest dojść do tego, jeśli nie będziemy stawiali zbyt niedyskretnych pytań. Jeśli wrzucić do wody kawałek cukru, szybko się w niej rozpuści; gdy wrzucić natomiast kawałek mięsa — pozostanie ono w wodzie bez zmiany. Pójdziemy teraz do apteki, gdzie kupimy słoiczek żółtawego proszku z napisem „Trypsyna", następnie wsypiemy nieco tego proszku do szklanki z wodą i mięsem i postawimy ją w cieplarce, gdzie jest tak ciepło, jak w jelitach.

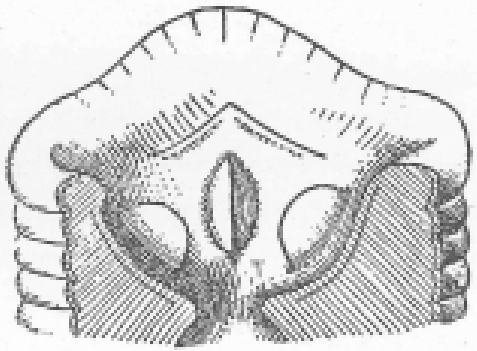
Ku naszemu zdziwieniu mięso zaczyna się rozpuszczać! Cóż to się dzieje? Zagadkowy proszek, wsypany do wody, jest jedną z substancyj, które nauka, chętnie operująca łacińskiemi i greckiemi nazwami, zwie — enzymami; istotną dla nich jest ta właściwość, że sama obecność ich wystarcza, by radykalnie zmienić właściwości innych ciał. W danym wypadku proszek trypsynowy tak zmienił substancję mięsa, lub, wyrażając się ściślej, tak ją rozłożył i związał następnie w inne połączenia, że stały się tak samo rozpuszczalne jak cukier, innemi słowy — mięso zostało strawione. Widzicie więc, czem jest trawienie: nierozpuszczalne substancje, które istoty żywe pobierają jako pokarm, zostają rozszczepione i przemienione na rozpuszczalne, dzięki nieprzezwyciężonemu działaniu enzymów, gdyż tylko w stanie rozpuszczonym substancje te mogą dostać się z jelit do wnętrza ciała i służyć mu jako odżywka. Dziwna właściwość enzymów może wprawić nas w zdumienie; lecz wystarczy chwila zastanowienia, by stwierdzić, że znacie ją dobrze skądinąd. Wieśniaczka dodaje do mleka podpuszczkę, by otrzymać ser, oczywiście dlatego, że zawiera enzym, który zamienia mleko na ser. Oszczędna gospodyni, której lekarz zalecił pić kefir, kupuje tylko pierwszą butelkę, a dolewając świeżego mleka do reszty, pozostałej po użyciu, zamienia je na kefir. Oczywiście, że wraz z tą resztą dodaje ona potrzebny enzym. Piwowar nigdyby nie otrzymał piwa ze słodu, gdyby wtedy, kiedy rozmiękczony jęczmień scukruje się, nie dodał do niego potrzebnego enzymu w postaci drożdży. Enzym drożdży przefermentowuje cukier na szkodliwy dla zdrowia alkohol i dwutlenek węgla.

Lecz wróćmy teraz do naszej askarydy! „Salamandra“ została strawiona, ponieważ była ona dla enzymów przewodu pokarmowego niczem innem, jak tylko kawałkiem mięsa. A ponieważ glista wnętrzna żyje w tym samym przewodzie pokarmowym, musi posiadać jakiś sposób obrony przed strawieniem. Może jest ona wogóle niedo-

stępna dla działania enzymów? — Nic podobnego; jeśli tylko zdycha w jelicie — zostaje natychmiast strawiona. A więc dopóki żyje, musi coś robić, by się uchronić od tego losu. Gdy lekarz zostaje wezwany do chorego, który uległ zatruciu, jak najszybciej daje mu odpowiedni przeciw-jad, paraliżujący niszczące działanie trucizny. Niezbyt odmienny charakter wykazuje metoda obrony glisty przed strawieniem; gdy odpowiedni enzym zaczyna działać, przeciwstawia mu ona działanie przeciw-enzymu, paraliżujące niebezpieczeństwo.

4.

Bezwarunkowo to, co czyni askaryda, jest zdumiewające, i z pewnością owo wstrętne stworzenie będziemy teraz traktować nieco pobłażliwiej, gdyż wyczyny wysokiej klasy zawsze wzbudzają szacunek. Uparliśmy się, by tego obrzydliwca zrobić wkońcu ulubieńcem czytelnika, lecz przychylność nie może zaślepiać, a jakkolwiek zachowanie jego jest istotnie godne podziwu, nie jest bynajmniej odosobnione. Podobne zjawiska spotykamy często; wielu ludzi pamięta jeszcze czasy, gdy do ulubionych metod leczniczych należało puszczanie krwi, i w żadnej aptece nie mogło brakować naczynia z pijawkami. W wielu okolicach Niemiec hodowla ich osiągnęła skalę przemysłową i miljony tych pożytecznych robaków wywożono zagranicę. Dzisiaj, być może, ostało się jeszcze jakie przedsiębiorstwo tego rodzaju w bardzo skromnej skali. Cóż się jednak dzieje, gdy taką żywą pompkę przystawimy do ciała pacjenta? Naprzód pijawka rozcina skórę zapomocą



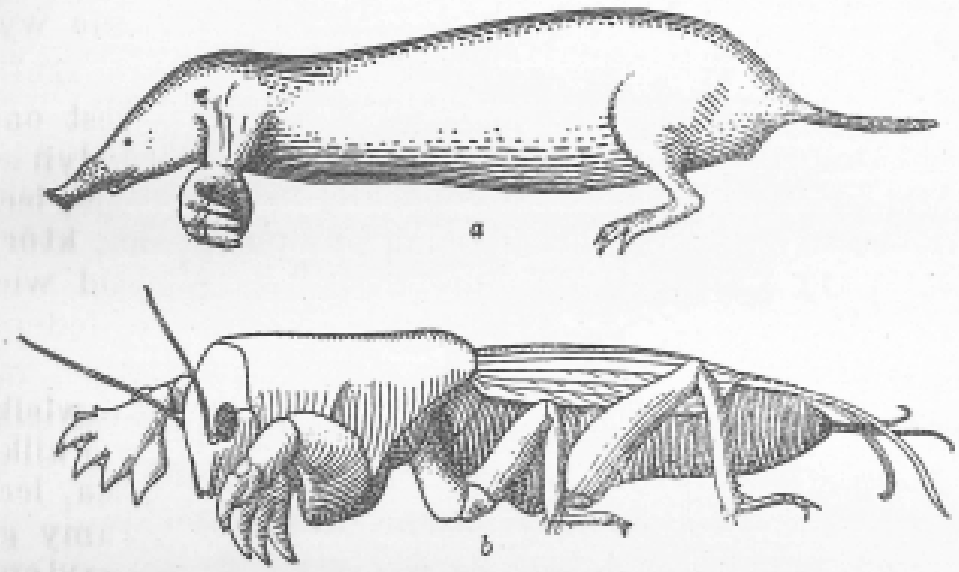
Rys. 5. Przednia część ciała pijawki lekarskiej, rozcięta dla uwidocznienia trzech ząbkowanych tarczek.

trzech ostrych płytek, posiadających wygląd zębatych tarcz, a następnie ssie wypływającą z ranki krew; wkońcu napełnia się jak worek i odpada. Lecz każdy wie, że owa mała ranka po pewnym czasie przestaje krwawić; zawdzięczać to należy znów jednemu z tajemniczych enzymów, który w pewnej chwili tak zmienia krew, że w osoczu jej występują włókna pewnej substancji, wytwarzającej się właśnie dzięki enzymowi. Powiadamy, że krew krzepnie i zatyka rankę; lecz zgłodniała pijawka może ssać godzinami, a krew nie skrzepnie. Jeśli rozciąć pijawkę nawet po upływie kilku tygodni (żarłok ten trawi całemi miesiącami jeden posiłek), krew w jego wnętrzu nie będzie skrzepnięta. Dlaczego tak się dzieje? Czytelnik zapewne domyślił się sam; tak jak askaryda przeciwstawia enzymowi trawiennemu zapobiegawczy przeciw-enzym, tak samo pijawka, wydzielając odpowiednią substancję, zawiesza działanie enzymu, powodującego krzepnięcie krwi.

5.

Jeżeli dziecko zapyta, dlaczego zawsze w tej samej kolejności zmieniają się pory roku od wiosny do jesieni i znów do nowej wiosny, opowiemy mu wszystko, co się da, o nieustannym obiegu ziemi dokoła słońca. Chciałbym jednak zobaczyć choć raz dziecko, które nie zapyta po tem wszystkiem, dlaczego to ziemia porusza się dokoła słońca, lub też nie zada podobnych pytań „dlaczego“ i „jak“? Każde dziecko ma duszę przyrodnika — i z pewnością prawdziwy badacz ma duszę dziecka, która na każdą odpowiedź ma pod ręką nowe pytanie: „jak“ i „dlaczego“. I my mamy już na ustach nowe pytanie, zanim zdołaliśmy wypowiedzieć ostatnią odpowiedź: w całej sprawie jest przecież coś zastanawiającego! Ów jelitowy robak prowadzi życie całkiem szczególne, do którego wszystkie inne, znane nam, robaki zupełnie nie są uzdolnione. Pewnego dnia w odległej przeszłości musiało się jednak zacząć życie tego rodzaju. Trudno jest nam zadowolić się wy-

jaśnieniem, które wynaleźli spróchniali dawno w grobach uczeni ubiegłych wieków, że pasorzyt mianowicie stworzony został jednocześnie wraz z jego żywicielem. Lecz bez kwestji askaryda jest przystosowana do swego bytowania w zadziwiającym stopniu. Gdyby nie posiadała zdolności wydzielania przeciw-enzymu, nie mogłaby ani godziny



Rys. 6. a) Kret po usunięciu sierści, b) turkuć podjadek.

przetrwać w jelicie; widzieliśmy jednak, że i kormoran jest przystosowany do swego środowiska. Wydaje się więc, jakby istniało prawo, na mocy którego każde zwierzę jest przystosowane do otoczenia. Skąd ono się wzięło? I jak doszło do tego?

Z pewnością jest to sprawa nader ważna, i nie warto śpieszyć z odpowiedzią. Któż nie widział kreta, gdy zakopuje się z zadziwiającą szybkością w ziemię? Nie można wyobrazić sobie kształtu, któryby lepiej nadawał się do przebijania ziemi, stawiając jednocześnie minimalny opór, jak ten gładki, zaostrzony zprzodu walec z miękkiego futerka, z którego prawie nie wystają łapki — i to jakie! Przednie łapki odzianego w futerko kopacza są to silne szufle, które przyniosłyby zaszczyt wynalazczości każdego

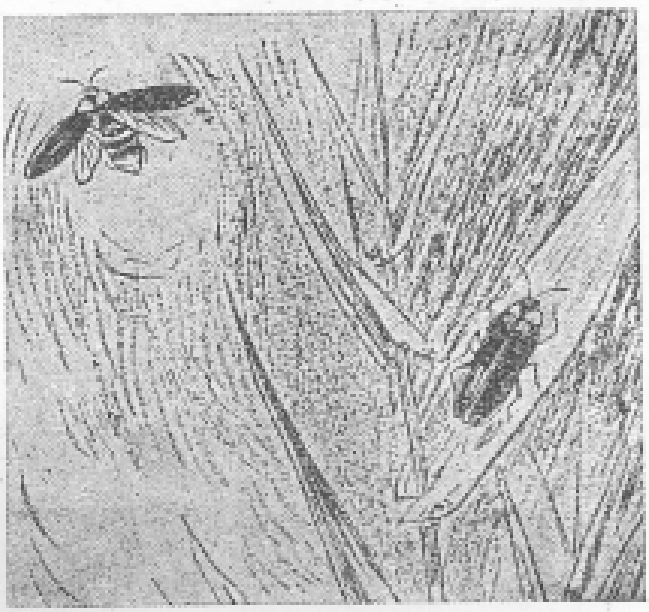
mechanika, jako doskonałe narzędzia pracy. Spojrzyj, tam oto żyje w ziemi inne stworzenie, nie większe od palca, wyglądające na pierwszy rzut oka, jak zmniejszone wydanie kreta: ten sam walcowaty kształt, te same szufle (Rys. 6). Lecz bliższa obserwacja stwierdza, że jest ono raczej podobne do nicapetycznego wroga gospodyń — karalucha lub prusaka, albo też do często opiewanego, lecz mało znanego świerszcza. Jest to turkuć podjadek, który chociaż tak różni się od kreta, jak chrabąszcz od wiewiórki, lecz zbliżony jest do niego pod jednym względem: jego budowa doskonale odpowiada trybowi życia.

A teraz przejdźmy się po pobliskiej łące — oto wielki zielony pasikonik zrywa się z ziemi, by opuścić się o kilka kroków dalej. Ostrożnie zbliżamy się do tego miejsca, lecz nie widać ani śladu zwierzęcia. Wkońcu odkrywamy go niespodzianie prawie pod nosem i wyjaśnia się przytem, dlaczego tak długo mógł uchodzić naszym oczom: jest zielony jak trawa. Ileż zmartwienia przyczynili mi jego współbracia, zamieszkujący usiane kaktusami pustynie Arizony. Skakali oni dokoła na wszystkie strony — i natychmiast niknęli z oczu; na kamieniu bezpośrednio przede mną siedziało ich kilka, lecz dzięki brudnej barwie ciała z kilku ciemnemi pasmami były prawie niewidoczne. Poszukiwania na ziemi, w wodzie, w powietrzu, pod ziemią, w głębiach oceanu, w kształcie zewnętrznym, w najdrobniejszej budowie wewnętrznej i w najbardziej złożonych procesach chemicznych, zachodzących w istotach żywych, naprowadzą nas na to samo zjawisko: doskonałego przystosowania do warunków życia.

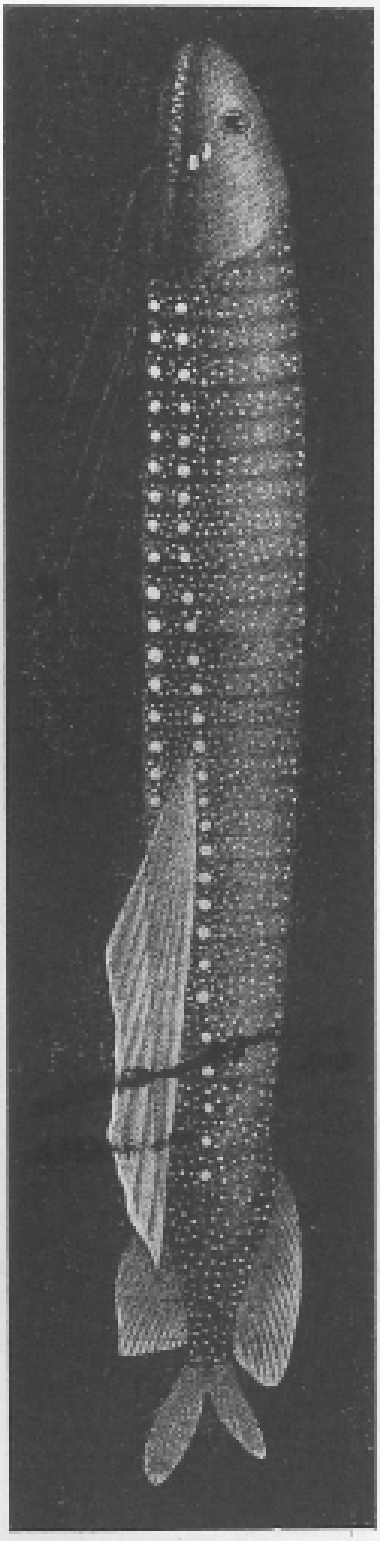
6.

Głębiny oceanów! Zbyt pociągające to słowa, by odrazu przejść nad niemi do porządku, gdyż nic tak nie działa na umysł, żądny tajemniczości, jak myśl o wiecznej nocy, panującej w głębiach, ukrytych przed okiem ludzkiem. Lecz wiemy teraz, że fantastyczna oryginalność zamie-

szkujących tam zwierząt przewyższa wszelkie wyobrażenie; jak należało oczekiwać, na pierwszy plan wysuwają się pod tym względem różnorakie przystosowania zwierząt do życia w wiecznej ciemności. Chociaż nie, tam niema wiecznej ciemności — o to troszczy się całe mnóstwo drobnych istot, które przewidująco noszą ze sobą własne lampki; są to świecące istoty głębin morskich. Nic chyba niema równie zastanawiającego (i pomimo wysiłków uczonych jeszcze niezupełnie zrozumiałego), jak właściwość licznych przecież zwierząt produkowania światła w specjalnych narządach, nieraz o bardzo złożonej budowie. Wszyscy zapewne widzieli choć raz w życiu w ciepłą, letnią noc świętojańskiego robaczka, unoszącego się w powietrzu, niby wędrująca iskierka (Rys. 7). Jeśli złapać go zapomocą kapelusza, można się odrazu przekonać, że tylko określona okolica odwłoka wysyła pewną ilość światła, wystarczającą jednak do przeczytania napisu na podszewce kapelusza. Być może, mieliście choć raz okazję w jedną z czarodziejskich nocy majowych, które zdarzają się tylko tutaj, znaleźć się około zamku w Heidelbergu; powietrze dosłownie przetkane jest błyszczącemi punktami, wszystkie zarośla lśnią od światełek, a na schodach, obrośniętych mchem, tu i ówdzie zapalają się i gasną drobne iskry. Albo też może zdarzyło się wam kiedy siedzieć wśród wesołego tłumu w pięknej herbaciarni poza bramami Tokjo, gdy w ciepłą czerwcową noc barwnie odziane dzieci i ko-



Rys. 7. Świetlik japoński.

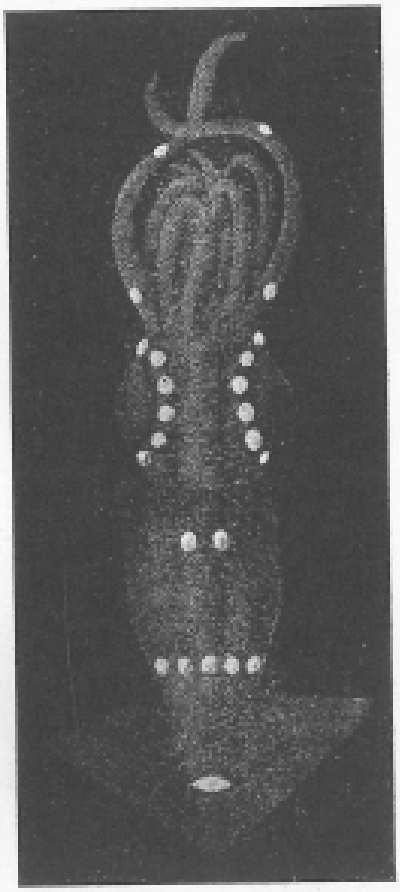


Rys. 8. Ryba głębinowa, usiana organami świetlnemi.

biety obchodzą święto świetlików; każdy z uczestników niesie maleńką klatkę bambusową ze świecącym owadem, a dorośli, jak dzieci, usiłują łapać wachlarzami świetliki, tysiącami unoszące się w ogrodach. Może płynąłeś kiedy, czytelniku, w cichą noc łodzią po morzu, gdy woda, przepełniona miljardami świecących istot, spływała z wioseł jak płynne złoto, a krople lśniły jak iskry. Lub też w parną noc tropikalną stałeś na burcie jednego z dumnych statków, przecinających ocean Indyjski, i przypatrywałeś się tysiącom świecących meduz, wielkich jak dłonie, przepływających obok i zaniepokojonych w swej cichej wędrówce.

Lecz jakże skromnem musiałoby się to wszystko wydać, jakby obrazy te zblakły, gdyby oko mogło przeniknąć potworne otchłanie oceanów. Tylko słabe wyobrażenie możemy sobie wytworzyć o tem na zasadzie wyłowionych stamtąd stworzeń. Są tam ryby, posiadające wzdłuż całego ciała linje kolorowo świecących lampek; wyglądać one muszą w ciemności jak barwnie oświetlony statek. Inne posiadają zawiłe desenie i wzory z kolorowych lampek, u jeszcze innych świecą tylko określone partje ciała, lub też niosą one przed sobą jasne pochodnie na długich trzonkach.

Przypuszczam, że świat ten wywoływałby wrażenie podobne do widoku z wysokiej góry na jezioro Czterech Kantonów w ciemną noc, podczas jakiego święta, gdy przeróżne statki snują się tu i tam, lecz w ciemności widać jedynie szeregi i girlandy świateł i kolorowych lampjonów, ciągnących się wzdłuż burt, pokładów, masztów, lub też puszczane z nich jasne ognie bengalskie (Rys. 8, 9).



Rys. 9. Mątwa głębinowa z organami świetlnemi.

Muszę się teraz przyznać, że byłem jednym z niewielu białych śmiertelników, któremu udało się zapuścić wzrok w ten świat dziwów. Na zachodniem wybrzeżu Japonji, zdaleka od utartych szlaków „obieżyświatów", leżą dwa małe rybackie miasteczka — Uodzu i Namerizawa, zamieszkałe przez miłych i poczciwych ludzi. Niedawno uwaga krajowych uczonych skierowana została na szczególne zjawisko: oddawiendawna rybacy ci wiedzieli, że corocznie w ciągu określonych tygodni występują na tym wąskim skrawku wybrzeża niezliczone miljony małych mątew, by wkrótce zniknąć bez śladu na cały rok. Mątwy te poławiano w ogromnych ilościach i, w braku innego zastosowania, używano do nawożenia pól ryżowych; obecnie postępuje się praktyczniej: gotuje się je, suszy na słońcu i całemi statkami wysyła do Chin, gdzie uchodzą za gastronomiczny unikat. Rzeczywiście są całkiem smaczne. Kiedy uczeni fachowcy dokładnie zapoznali się z temi zwierzętami, stwierdzili ze zdumieniem, że mają przed sobą jednego z najbardziej ciekawych mieszkańców głębin,

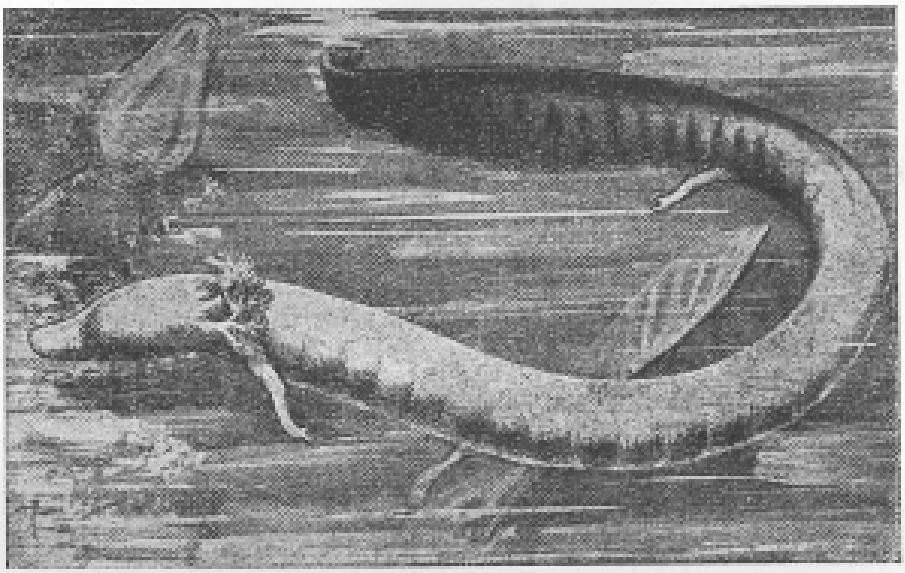
znanego dotąd jedynie z kilku okazów, wyłowionych z trudem z najgłębszych otchłani oceanów; są to mątwy, posiadające na długich ramionach chwytnych organy świetlne, podobne do posiadanych przez wspomniane wyżej ryby. Okazało się wkrótce, że stworzenia te rok rocznie wypływają z ciemnych głębin w olbrzymich masach, by w sąsiedztwie brzegów złożyć jaja. Nigdy nie zapomnę wieczoru, gdy w towarzystwie odkrywcy tego cudu przyrody wypłynąłem z rybakami w kierunku uprzednio założonych sieci. W wodzie dokoła pełno było dziwacznie tańczących iskier, niebieskawych lampek, wykonywających parami skomplikowane ewolucje. Wystarczyło tylko sięgnąć do wody, by złapać jedno z tych zwierząt, wielkości dłoni, wywijające w powietrzu obydwoma głównemi ramionami, z umieszczonemi na nich organami świetlnemi. Wydzielane światło nie było podobne do łagodnej iskierki świetlika, lecz raczej do maleńkiej pochodni z magnezji lub lampy łukowej. Gdy następnie sieci zostały wyciągnięte, wraz z masą setek tysięcy ciał wlał się do rybackiej łodzi potok świetlistych gwiazd, gasnąc powoli w miarę śmierci mątew. Mogłem sobie wtedy wyobrazić, jak to wszystko wygląda tam, w głębi morza.

Wygląda! Czyż wogóle jakakolwiek żywa istota spostrzega cokolwiek z tego przepychu? Wraz z tem pytaniem zbliżamy się do jednego z najciekawszych przystosowań do osobliwych warunków życia w krainie „nocy i mroku". Wiele zwierząt, których bliscy krewniacy z powierzchni posiadają doskonałe oczy, jest ślepych, gdyż tam, w dole, zwyczajne oko nie na wiele im się przyda; tak samo ślepy jest kret, zamieszkujący pod ziemią, lub też odmieniec z Adelsberskiej groty (Rys. 10). Bardzo wiele jednak innych zwierząt, i to z najrozmaitszych gatunków, posiada w przeciwieństwie do tamtych oczy rozwinięte szczególnie silnie, jeśli tak się można wyrazić — „super-oczy", ogromnej wielkości, wydłużone jak lunety (Rys. 11). Są to oczywiście instrumenty specjalnie nadające się do chwy-

tania najsłabszego światła w nieskończonej ciemności otoczenia.

7.

Jak widzisz, czytelniku, wyprządliśmy długą nić i musimy uważać teraz, by się równo nawinęła na motek. Wszystkie te rzeczy uderzyły nas już wówczas, gdy po-



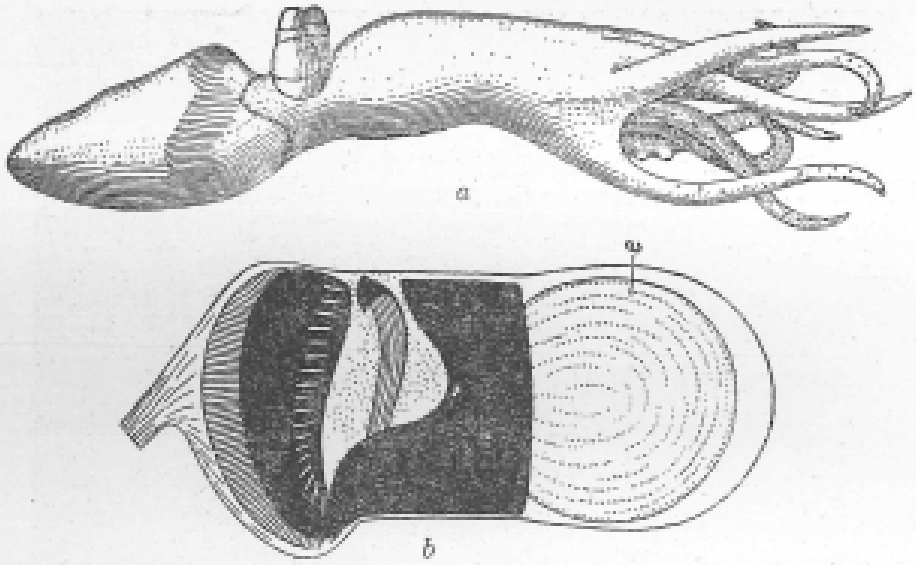
Rys. 10. Slepy odmieniec z grot podziemnych.

dziwialiśmy, jak to pięknie przystosowana jest askaryda do przebywania wśród niszczących soków trawiennych, posiadając zdolność wytwarzania przeciw-enzymów; wystarczyło tylko rozejrzeć się po świecie i poszukać w cennej księdze wspomnień, by stwierdzić, że wszędzie natykamy się na to samo zjawisko doskonałego przystosowania żywych istot do otoczenia i sposobu życia. I znów dotarliśmy do nienasyconego słówka: „dlaczego“ — lecz proszę jeszcze o chwilkę cierpliwości!

Z pewnością niewielu tylko inteligentnych ludzi nie słyszało nazwiska Darwina, chociaż niezbyt wielu zapewne czytało jego dzieła. Był czas, i to nie tak znów bardzo odległy, kiedy nazwisko jego było hasłem wojennem; lecz czas ten minął do przeszłości i obecnie ci, którym znajo-

Wstęp do nauki o życiu 2
Kopalni Dział
Numer

mość przedmiotu pozwala na wygłoszenie osądu, nie mają dwóch zdań o zasadach jego teorji. Jesteśmy wszyscy przekonani, że świat żywych istot niezawsze wyglądał tak, jak obecnie, lecz że rozwijał się z prymitywnych form w ciągu nieskończenie długich okresów czasu aż do obecnego stanu. I nikt nie będzie wątpił, że i pasorzytnicza glista „pocho-



Rys. 11. a) Mątwa głębinowa z oczami typu lunety, b) jej pojedyńcze oko, e) potężnie rozwinięta soczewka.

dzi“ od form, pędzących, jak jej współcześni bracia, wolne życie w świetle dziennem. Podobnie nikt nie wątpi, że przodkowie osobliwych ryb głębinowych podobni byli do zwykłych ryb z powierzchni morza. Oryginalny żywot w jelitach innych stworzeń lub w mrocznych otchłaniach mórz musiał niegdyś być nowością, i właściwości, które stanowią o wysokim stopniu przystosowania tych istot do nowego otoczenia, musiały zatem kiedyś powstać.

I znów przypomina mi się zdarzenie z czasów szkolnych. Należałem już bardzo wcześnie do tych utrapionych malców, dla których istniało wiele rzeczy daleko bardziej ciekawych niż historja bawarskiej wojny sukcesyjnej, zwanej też „wojną kartoflaną“. Ulubionem zajęciem w wol-

nych chwilach była lektura książek o teorji ewolucji i podobnych kwestjach, które zaspokajały głód poznania chłopca; rozentuzjazmowany nowemi wiadomościami, chciałem je oczywiście zakomunikować kolegom. Gdy razu pewnego, stojąc w grupie kolegów, walczyłem zaciekle o uznanie teorji Darwina, usłyszałem nagle szydercze słowa prymusa, zaciekłego jej wroga: — „słuchajcie, on znów nawraca!“ Teraz, po tylu latach, muszę przyznać, że miał on w pewnym sensie rację. Istotnie starałem się zmusić innych do wiary w to, czego sam nie potrafiłbym dowieść. Gdyby wtedy zadano mi pytanie o początku przystosowań, odpowiedziałbym oczywiście w duchu przeczytanych książek: to przecież jest bardzo proste! Pomiędzy licznemi członkami rodziny ryb, które osiedliły się w głębinach mórz ze względu naprzykład na tereny polowań, nie wszystkie były jednakowe, jak nie są nigdy jednakowi dwaj bracia. Mogły zdarzyć się między niemi takie, których oczy różniły się nieco od innych tem, że były wrażliwsze na światło. Wobec tego oczywiście były one lepiej wyposażone do walki o chleb powszedni; prawdopodobnie łatwiej też im było odszukać samice w okresie rozmnażania, krótko mówiąc, ich widoki na przeżycie i pozostawienie potomstwa były większe. Potomstwo odziedziczyło owe wrodzone cechy rodziców i wśród niego znów wystąpiły osobniki o oczach jeszcze bardziej udoskonalonych pod tym względem. Powyższy dobór najlepiej wyposażonych osobników odbywał się wciąż w następnych pokoleniach, aż działanie walki o byt doprowadziło wreszcie do powstania ryb z oczami jak lunety. W ten sposób odpowiedziałbym wówczas. Od tego czasu i inni, i ja sam, wiele nauczyliśmy się i obecnie wiemy, że prawidłowiej byłoby odpowiedzieć w sposób następujący: jest prawie niemożliwe, by jakaś istota mogła przetrwać w nowych, szczególnych warunkach, nie posiadając już uprzednio koniecznych ku temu właściwości. Kto wybierze się do północnego bieguna bez futra — zamarznie. Kto chce ryć

Biblioteka Uniwersytecka w Toruniu

w ziemi jak kret, nie zajdzie daleko, nie posiadając odrazu szufli, nieodzownych do kopania. Gdyby pierwsza askaryda, która zawędrowała do jelit, nie posiadała już przedtem zdolności wytwarzania przeciw-enzymów, poprostu zostałaby strawiona i sprawa zakończyłaby się na pierwszej próbie. A więc z owemi pięknemi przystosowaniami rzecz się miała raczej odwrotnie: z początku były przystosowania i dzięki nim właśnie dana istota mogła udać się na posterunek, na którym te cechy pozwoliły jej, i tylko jej, utrzymać się na stałe; a więc nie przystosowanie do danych warunków, lecz wędrówka na miejsce, odpowiadające posiadanym właściwościom. Dzisiaj wiem jednak jeszcze więcej: że zbyt dużo nad tem dyskutować oznacza nieprodukcyjną stratę czasu. Czyny są wszak lepsze od słów! Należy raczej wziąć jakieś stworzenie, umieścić je w nowych warunkach i zobaczyć, co się stanie; należy wziąć takie stworzenie, które różni się czemś od swych braci, i stwierdzić, czy potomstwo jego dziedziczy tę właśnie cechę; należy spróbować, czy można je zmusić do wytworzenia nowych cech. Krótko mówiąc, należy użyć wszystkich sposobów, by postawić przyrodzie pytania i zmusić ją do odpowiedzi; nie trzeba snuć domysłów, lecz eksperymentować! Czyż należy dodawać, że setki wyostrzonych umysłów i wprawnych rąk jest tem właśnie zajętych, by na to pytanie, podobnie jak na tysiące innych, dać nam prawidłową odpowiedź? Cierpliwości! Usłyszymy jeszcze o tem.

Lecz zatrzymajmy się na chwilę. W trakcie stawiania pytań po pytaniach, które nas prowadziły coraz dalej, całkiem zapomnieliśmy, że właściwie nie mamy żadnego prawa kusić się o rozwiązanie wielkich problematów świata; chcemy tańczyć, nie umiejąc chodzić. Trzeba opuścić wyżyny, na które zawędrowaliśmy, i zejść w niziny uporczywej pracy. Gdyż właściwie wiemy dotąd niewiele więcej ponadto, że przed nami leży askaryda i przez jej poznanie chcemy dojść do wiedzy o życiu.

ROZDZIAŁ DRUGI

ŻYCIE I CELOWOŚĆ BUDOWY ORGANIZMÓW

Moja poczciwa, stara ciotka, która nie mogła zrozumieć, dlaczego zamiast poważnie pracować na chleb powszedni oddaję się tak niepopłatnemu zajęciu, jakiem ongi było przyrodoznawstwo, zapytała mnie pewnego razu: „czyż wciąż jeszcze nie rozpatroszyłeś wszystkich kotów i psów i nie zobaczyłeś, jak wyglądają wewnątrz?“ Obraziłem się wtedy bardzo i sądziłem, że nie ma ona żadnego zrozumienia dla mej wiedzy. Lecz kto wie, być może głęboki sens leży w owem naiwnem pytaniu: przecież ostatecznie wszystkie zwierzęta są podobne do kotów i psów; oddychają, jedzą, trawią, poruszają się, czują i rozmnażają się i muszą być wobec tego „wewnątrz“ w mniejszym lub większym stopniu jednakowe, a jeśli jedno z nich prawidłowo „rozciąć“, można je tem samem poznać wszystkie. I tak jest istotnie, jeśli słów powyższych nie brać literalnie, lecz mieć na myśli jedynie główne procesy życiowe. Jeśliby było inaczej, moglibyśmy spokojnie odłożyć pióro; byłoby nonsensem wówczas zgłębiać naukę o życiu na przykładzie jakiegokolwiek stworzenia, glisty czy człowieka. A więc należy teraz nareszcie uważniej przyjrzeć się naszej askarydzie, nawet rozciąć ją, by dowiedzieć się, w jak bardzo skomplikowany sposób połączone są ze sobą najprostsze części, które są nieodzowne do życia każdego zwierzęcia

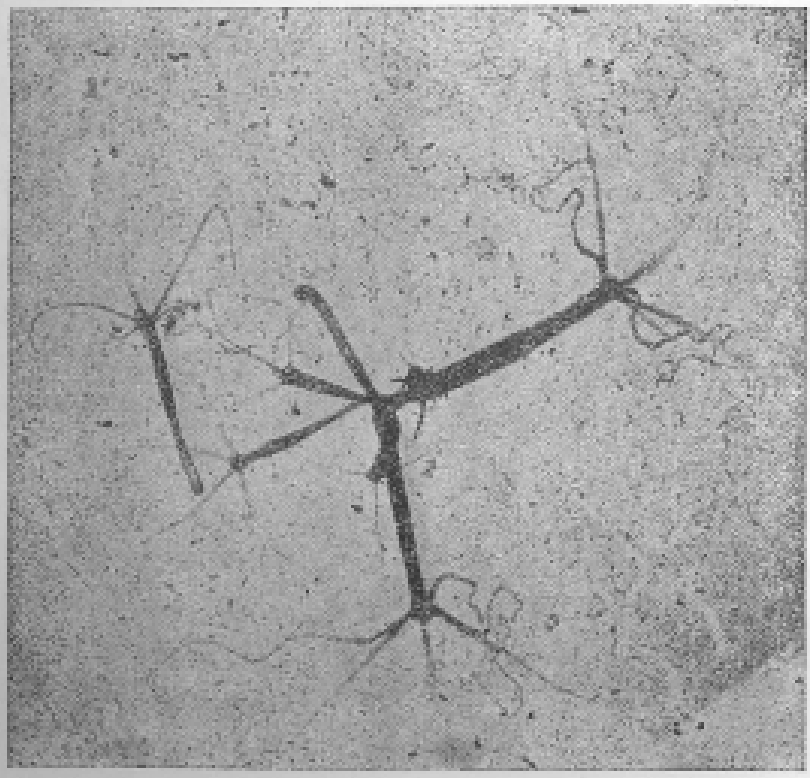
1.

A więc znów stoimy wobec pytania: co oznacza wyrażenie „nieodzowne do życia?“ Przecież i maszyna pożera węgiel i smary, porusza się i wykonywa rozmaite czynności? Można też wyobrazić sobie maszynę, która się rozmnaża, jak np. rakieta, „rodząca“ wciąż nowe i nowe kule ogniste.

A jednak nie żyje ona i nie umiera również, może tylko zostać zniszczona. Czyż istotnie muszę odpowiadać na to pytanie? Trzeba przyznać, że z uczonymi w życiu codziennem zdarza się to samo, co z innymi ludźmi; często stwierdzamy, że na jedno pytanie mogą być dwie całkiem różne odpowiedzi i poważni, rozsądni ludzie posiadają wręcz przeciwne zapatrywania. W rozmowie potrafią obydwaj przytoczyć mocne argumenty, i nasza decyzja zależy wkońcu nietyle od ich słuszności i siły, ile od wewnętrznej dyspozycji w stosunku do świata i rzeczy, wrodzonej i będącej również skutkiem wychowania. Zupełnie to samo, według mnie, dzieje się z zagadnieniem istoty życia; dla jednych istota żywa nie różni się zasadniczo od czegoś martwego, od maszyny. Należy tylko oczywiście mieć na myśli maszynę dostatecznie skomplikowaną, w której zawarta jest cała fabryka innych maszyn i w której wszystkie procesy niepojęcie zazębiają się jeden za drugi. Nic nie stoi na przeszkodzie możliwości takiego ujęcia, gdyż słowo „niemożliwe“ w dzisiejszych czasach z dniem każdym traci na znaczeniu. Istotnie, nieustanna praca nauki dowodzi nam codziennie prawie, że każdą czynność żywych istot, którą poprzednio uważano za niepojętą, można naśladować w retorcie chemika lub w maszynie fizyka. Czy jedynie dlatego, że dziś jeszcze nie wiemy wszystkiego, mamy odrzucić przypuszczenie, iż ostatecznie całe życie może być zrozumiane jako niezliczona ilość takich maszynowych procesów, jako jakaś niesłychanie złożona maszynerja?

Teraz dochodzi do głosu druga strona i mówi: zgoda, istoty żywe są do pewnego stopnia maszynami i wiele z życiowych procesów można sobie wyobrazić w ten sposób, lecz żywa materja potrafi jednak wykonywać rzeczy, których nigdy nie wykona maszyna. Czyż można wyobrazić sobie maszynę, którą rozbijamy na 100 kawałków, i każdy z nich zamieni się znów na taką samą maszynę, odpowiednio mniejszą? Potnij tylko delikatną stułbię słodkowodną na 100 kawałków, a nazajutrz będziesz miał 100

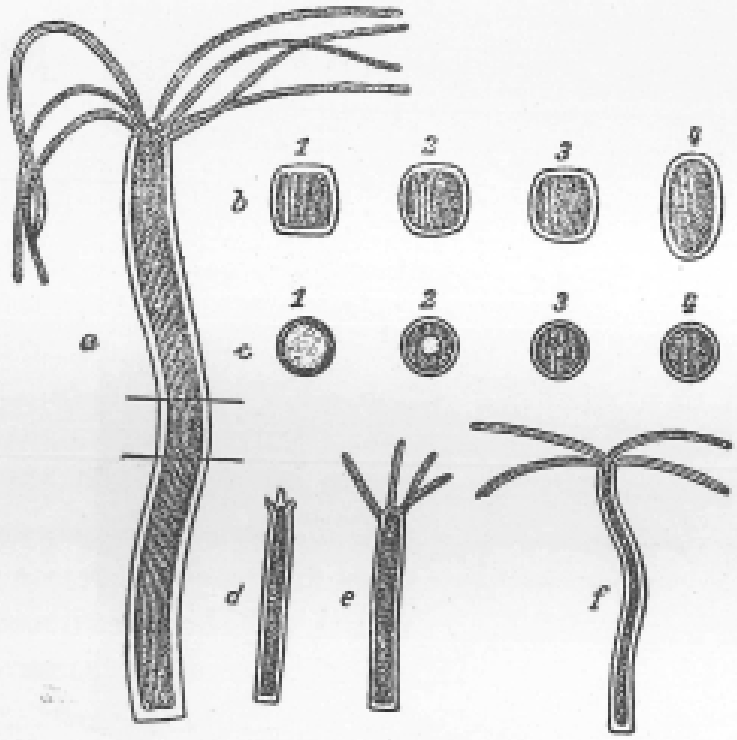
małych stułbij (Rys. 12, 13). Czyż można wyobrazić sobie maszynę, która w pewnych przypadkach sama dorabia sobie odłamane części, w innych zaś odtwarza zamiast brakującego koła np. tłok. A przecież kiedy nieprzyjaciel



Rys. 12. Grupa słodkowodnych stułbij.

odgryzie salamandrze łapkę, z rannego miejsca wyrośnie taka sama łapka; gdy pewien krab straci oko, osadzone na trzonku, odrośnie mu na to miejsce czułek. Czyż można wyobrazić sobie maszynę, której części mogą raptem zamienić ze sobą swe funkcje, by np. komin zaczął się obracać, a koło rozpędowe wyrzucać parę? Istoty żywe potrafią jednak to zrobić. Na dnie morza żyją przyrośnięte do podłoża polipy, podobne do kwiatu chryzantemy, osadzonego na długim trzonku. Jeśli wyciąć z trzonka polipa mały kawałek, w ciągu kilku dni przekształci się on w nowego polipa; „kwiat“ nowego polipa wytworzy się jednak zawsze na tym końcu wycinka, który przed od-

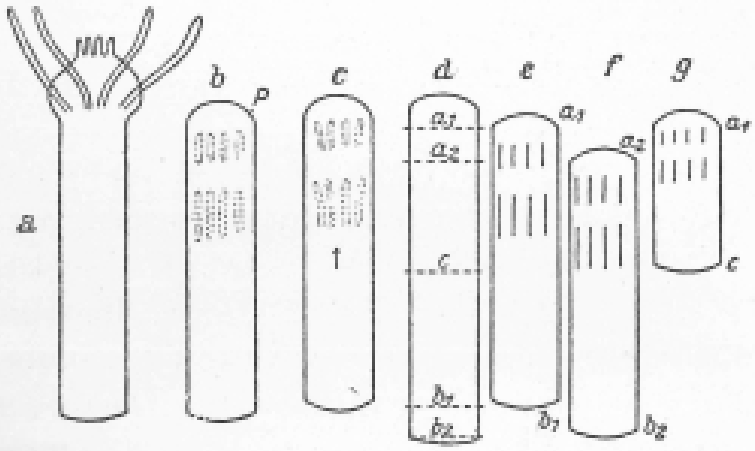
cięciem skierowany był ku główce polipa. Gdybyśmy jednak wycięli ten kawałek trzonka — przypuśćmy, że miał 1 cm długości — o pół cm dalej ku górze, wtedy to miejsce trzonka, które poprzednio przekształciło się w główkę, dałoby część środkową, a to, które poprzednio dało środek, stałoby się dolnym końcem. A więc zdolności przekształcenia się na główkę nie posiada tylko jakaś określona partja trzonka, lecz każda partja potrafi wytworzyć wszystko, i to, co wytwarza istotnie po operacji, zależy wyłącznie od miejsca, w którem przypadkowo się znajdzie (Rys. 14). Pozostając przy użytem porównaniu, powiemy, że ta sama część maszyny w pewnem położeniu wypuszcza parę, w innem zaś obraca się, lub czyni co innego. Z tych i innych faktów druga strona w naszym sporze wyciąga wniosek, że życia niepodobna wyjaśnić zasadą maszynową, że musi istnieć tu coś szczególnego, czego pozbawiona jest martwa maszyna, a co musi być zawarte w każdej cząstce organizmu i uzdolnia ją do wykonywania zadań, które tylko ona potrafi, a więc jakaś



Rys. 13. Stułbia, której wycięto kawałek ciała, zaznaczony kreskami; b, d, e, f) — wytwarzanie się normalnego osobnika z owego odcinka, c) te same kawałki, co i b, widziane z góry.

siła życiowa, dusza, istność zasadnicza — czy jak się to inaczej nazywa.

Na cóż więc mamy się zdecydować, gdy jedni z pomiędzy poważnych ludzi zapewniają, że życie jest tylko łańcuchem procesów tego samego rodzaju, jakie znamy w fizyce i chemji, tylko daleko bardziej skomplikowanych, a inni twierdzą z równą pewnością, że jest to niemożliwe? Wydaje mi się, że nasza odpowiedź zależeć będzie od tego, w jaki sposób przyzwyczailiśmy się myśleć, jakie posiadamy właściwości, którym ze znanych faktów przypisujemy decydujące znaczenie i jakie nadzieje i cele przyświecają nam w naszej działalności. A ponieważ nie mogę przedstawić wam mego własnego poglądu, nie wyjaśniając długo i szeroko, jak do niego doszedłem, przeto najlepszem wyjściem będzie to, które obieramy, słuchając dwóch agitatorów, z których każdy uważa za jedynie zbawienny krańcowo odmienny program polityczny: po pewnym czasie ruszamy w dalszą drogę i wracamy do zwykłych zajęć; czas już to uczynić i nam.



Rys. 14. a) Uproszczone wyobrażenie polipa morskiego o dwóch wieńcach ramion, b) po obcięciu główki na trzonku tworzą się (c) obydwa wieńce na nowo. W d widoczne są różne sposoby wycinania poszczególnych kawałków z trzonka, mianowicie a_1, b_1, lub $a_2 b_2$ lub też $a_1 c$. W każdym przypadku nowe ramiona w prawidłowem ułożeniu i kolejności powstają w coraz to innem miejscu trzonka (e, f, g).

2.

Pierwsze nasze zadanie polegać będzie na przypatrzeniu się askarydom, umieszczonym w naczyniu z ciepłą wodą na stole. Stwierdzeniem pierwszem będzie na pewno to, że mamy przed sobą długie, obłe, białe robaki; wielkość, kształt, barwa są to cechy przedmiotu, które uderzają nas przedewszystkiem. Uczony, usiłujący usystematyzować świat zwierzęcy ziemi w organiczną całość, jest w tem samem położeniu. Wyróżnia on małą i dużą ćmę pawie oko, niedźwiedzia brunatnego i czarnego, ślimaka-podróżnika gładkiego i grzbiecistego. Wobec tego czytelnik zapewne natychmiast zada pytanie, dlaczego kształt, barwa i wielkość są w przyrodzie tak rozmaite; czy posiadają poważne znaczenie (np. czy nie pozostają w związku z trybem życia zwierzęcia), czy też są tylko wynikiem bezładnej gry przypadku.

Glisty, które mamy przed sobą, pochodzą z jelit konia i posiadają długość 30 centymetrów. Jeślibyśmy poszukali ich u świni, znaleźlibyśmy inny, choć bardzo podobny, gatunek, o połowę mniejszy; glista psia jest jeszcze o połowę mniejsza. Glista świńska należy do tego samego gatunku, co i ludzka; niekiedy występuje jednak i u człowieka jej kuzyn, pewien niebezpieczny pasorzyt również z grupy robaków, który, mimo że przebywa w tem samem jelicie i w tych samych warunkach, nie bywa nigdy większy, niż szerokość wielkiego palca. Powszednia to wszak prawda, że nieznośny i okarmiany smakołykami ratlerek zawsze pozostanie liliputem, natomiast wiecznie głodny pies podwórzowy jest psim wielkoludem. Czyż kucyk może osiągnąć rozmiary konia ciężarowego? Wynika stąd jasno, że wielkość jest czemś predystynowanem, leżącem w naturze zwierzęcia, czemś, co przynosi ono ze sobą na świat. Jego rodzice posiadali tę samą wielkość i dzieci jego będą również tej samej wielkości — wielkość jest zatem dziedziczną cechą.

Co to jest cecha dziedziczna — o tem dowiemy się o wiele później. Narazie zatrzymamy się tylko na wiel-

kości zwierzęcia. Właściwą drogę wskaże nam pewna anegdota. Przed budą jarmarczną słychać donośny głos jej właściciela: „Tutaj, moi państwo, ujrzycie największego na świecie węża. Mierzy on od głowy do ogona dziesięć metrów, od ogona do głowy dwanaście metrów; gdy dorośnie — rośnie w dalszym ciągu, lecz nigdy nie osiąga naturalnej wielkości!“ Stek tych nonsensów pobudza do śmiechu, gdyż rozumie się samo przez się, że zwierzę dorosłe już więcej nie rośnie i w tym okresie osiąga swą naturalną wielkość. A teraz oprzemy się na tych znanych terminach; co właściwie oznaczają słowa: dorosły i wielkość naturalna? Dlaczego drzewa nie rosną do nieba? Gdy dom „jakby wyrasta z ziemi“, pracowici murarze układają warstwy kamieni na kamieniach i ostatecznie tylko od ich pracy i od woli architekta zależy czas budowy i rozmiary domu. Wieża Babel dawno przestała być niemożliwością; wysokość domu jest tylko kwestją sztuki architektonicznej, czasu, pieniędzy i siły roboczej. Podobnie gdy rośnie organizm, musi on kłaść cegłę na cegle — drobne komórki — które są takim samym składnikiem ciała, jak cegły — domu. Lecz niema tu murarza, który je znosi; organizm rośnie, dopóki rozmnażają się jego komórki, będące jednocześnie cegłami i murarzami. Każda cegła musi sama wytworzyć następną; komórka dzieli się na dwie potomne z chwilą, gdy dorośnie. A więc drzewo nie rośnie do nieba, a mysz nie osiąga wielkości słonia, ponieważ ich komórki po dokonaniu miljonów pośpiesznych podziałów męczą się i starzeją i wkońcu zapadają w stan spoczynku. Murarz zakończył już z tą chwilą pracę, co najwyżej gdzie niegdzie wykonywa niezbędne poprawki: zwierzę dorosło. A więc rozmaita wielkość organizmów uwarunkowana jest odziedziczoną po rodzicach zdolnością komórek do podziałów w określonej skali, oczywiście, o ile jaki wpływ zewnętrzny nie naruszy ich normalnej działalności.

Ograniczenie to nie jest nieoczekiwane, gdyż każdy wie, że duże zwierzęta i rośliny karłowacieją naskutek złego

obchodzenia się z niemi, i odwrotnie dobre warunki pozwalają małym osiągnąć większe rozmiary. Wielu z was widziało zapewne malutkie, karłowate drzewka japońskie. W Japonji spotyka się 300-letnie sosny, niewiększe od krzaku róży w doniczce. W tym wypadku wzrost został zahamowany zmniejszeniem racji żywnościowej. Lecz nie jest to jakiś specjalny gatunek sosny, tylko poprostu normalna, ale skarłowaciała. Jeśli wysiać jej nasiona, wyrośnie z nich drzewo tak duże, jakiem byłaby i macierzysta roślina, gdyby w sztuczny sposób nie przeszkodzono jej rozwijać się. A więc takie karłowate drzewko jest zasadniczo czemś innem, niż mały ratlerek, który wielkość swą odziedziczył po przodkach i pozostanie karzełkiem w najlepszych nawet warunkach. Te tak proste sprawy pouczają nas o bardzo ważnej rzeczy: że dwa zjawiska całkiem jednakowe na pierwszy rzut oka — w danym wypadku karłowatość — mogą być czemś zasadniczo różnem, mianowicie albo cechą dziedziczną, lub też wymuszoną przez zewnętrzne czynniki, które nie dopuszczają do ujawnienia tej cechy. Nigdy nie możemy zgóry przewidzieć, z którym właściwie wypadkiem mamy do czynienia, a jedynym sposobem rozstrzygnięcia wątpliwości jest zbadać zachowanie się rodziców i potomstwa: „po owocach ich poznacie je".

Dlaczego jednak przypisujemy dużą wagę do tak powszedniego stwierdzenia? Odpowiedź nie jest trudna, gdy przypomnimy sobie, cośmy niedawno słyszeli o pochodzeniu wyższych organizmów od pierwotnych i o przystosowaniach do zewnętrznych warunków. Z pomiędzy możliwych tłumaczeń, tyczących się powstawania nowych cech u roślin i zwierząt, jedno jest szczególnie pociągające. Świat zewnętrzny bezwątpienia działa modyfikująco na organizmy, reagujące na zmianę warunków zewnętrznych, na podobieństwo czułych instrumentów — np., by nie odbiegać od przytoczonego przykładu, liczne z nich karłowacieją przy braku pożywienia. Możnaby mniemać, że

potomstwo dziedziczy cośniecoś z tych zmian i że, gdy nadal przebywa w złych warunkach, dzieci ich jeszcze bardziej zmieniają się w tym kierunku, aż dopóki zmiany odziedziczone i nabyte w każdem pokoleniu w sumie nie złożą się na nową cechę. Przykładowo oznaczałoby to, że przez setki lat niedożywiania można wyhodować z normalnych psów karłowatą rasę. Jeśli zapytać hodowcę, w jaki sposób otrzymuje nowe rasy, często odpowie, że postępuje w powyższy sposób. Niewątpliwie sam w to wierzy głęboko — lecz nie ma racji. Istotnie, nikt dotąd tego nie dokazał, chociaż wielu uczonych usiłowało tego dowieść; okazywało się jednak zawsze, że z ustąpieniem szczególnych warunków znikały też wywołane przez nie zmiany w organizmach. Zagadnienie, o którem mówimy, nazywa się zagadnieniem dziedziczenia cech nabytych; widzieliśmy już, na którą stronę przechyliła się szala słuszności. W jaki jednak sposób pojawia się na świecie coś nowego, jak np. rasa karłowata? Czytelniku, jeszcze nieco cierpliwości, nie doszliśmy bowiem tak daleko. Chociaż właściwie mówimy teraz również i o wielkości askarydy, która mogłaby nauczyć nas wielu interesujących rzeczy w tym zakresie, gdyby nie czekały nas jeszcze i inne, niemniej ciekawe kwestje.

3.

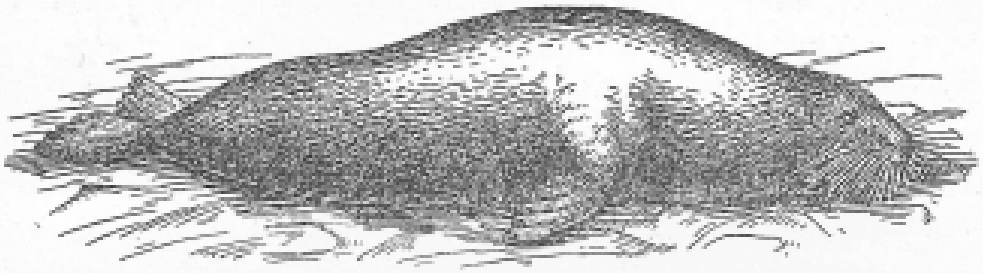
Podczas oglądania askarydy zwróciliśmy uwagę na jej kształt i mieliśmy nadzieję wyczytać z niego coś więcej, niż tylko określenia: obły, długi, robakowaty. W tym celu rozejrzyjmy się wokoło, mając na uwadze kształty ożywionego świata. Na ulicy spostrzegamy oto parę baraszkujących ze sobą psów: wysmukły chart w lekkich skokach i ociężały pies pociągowy cieszą się krótką swobodą. Oto prowadzą wysokiego konia wyścigowego — ledwie dotykającego kopytami ziemi — a tam ciężko kroczy potężny koń ciężarowy. U sprzedawcy ryb za rogiem widać wystające z naczynia ostre, wydłużone pyszczki muren, a na

dnie leżą flądry płaskie jak płyty. Nad strugą poważnie i dumnie tkwi na wysokich nogach bocian, klekocąc długim dziobem, a koło niego kołysze się na krótkich łapach kaczka, grzebiąc w mule krótkim, szerokim dziobem. Czyż dobrze znane kształty tych zwierząt nie są żywym łańcuchem problematów?

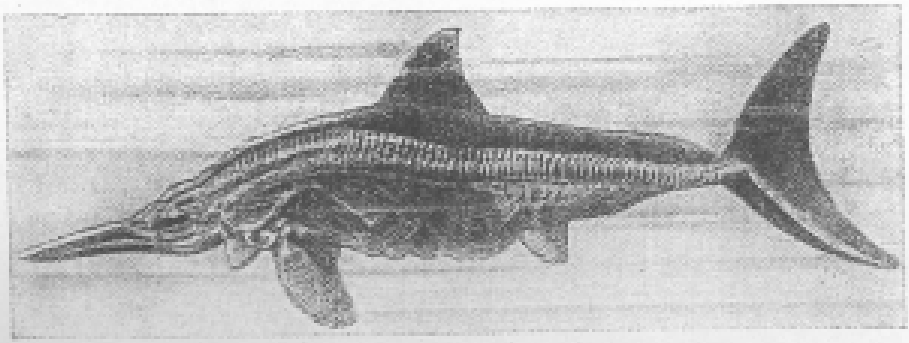
Wydaje się nam oczywiste, że smukła, zwinna postać charta, wyścigowego konia lub gazeli pozostaje w związku z ich ruchliwością; że bocian ma długie nogi, by mógł brodzić po błotach w poszukiwaniu żab, że kaczka również może być niemniej zadowolona ze swych krótkich łap, gdyż jej elementem życiowym jest woda, a nie łąka; że rozbójnicza murena lub bardziej popularny szczupak są dla tego wysmukłe, by dostatecznie szybko mknąć w wodzie podczas łowów, a płaska flądra nadaje się doskonale do nieruchomego leżenia na brzuchu w piasku morskim. Lecz czy rzeczywiście jest to tak bardzo oczywiste? Wyobraźmy sobie, ile trudu potrzeba było, by przekształcić niezgrabną postać galery na elegancki kształt torpedowca, w którym każda linja i krzywizna obliczona jest tak, by stawiła najmniejszy opór podczas ruchu statku. A jest to przecież zadanie, które tak świetnie rozwiązał swym kształtem szczupak lub rekin.

Jeśli zwrócić się do popularnych zwierząt o podobnym kształcie, wymienimy z pewnością wieloryba (Rys. 15). Pamiętamy zapewne jeszcze z czasów szkolnych, że ten potężny kolos, wędrujący poprzez otchłanie oceanów, nie jest rybą, lecz ssakiem. Ludzie kompetentni twierdzą, że ze względu na całą swą budowę jest on bliskim krewnym zwierząt kopytnych, więc bydła, koni, świni. A więc jego rybowaty kształt, tak nadzwyczajnie dostosowany do elementu wody, musiał rozwinąć się w zamierzchłej przeszłości z form podobnych do dzisiejszych kuzynów. Jeśli już mowa o wielorybie, wspomnijmy o psach i lwach morskich (których namiętne szczekanie w porze karmienia ściąga tłumy widzów w ogrodach zoologicznych), tak niezdar-

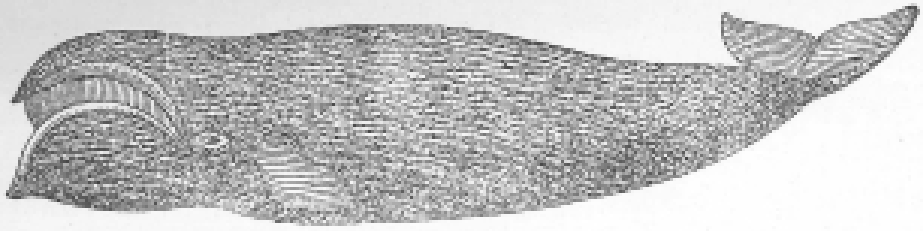
nych na lądzie a tak zwinnych w wodzie (Rys. 15). Nauka, po dokładnem zbadaniu wewnętrznej budowy, zaręcza, że są one kuzynami zwierząt drapieżnych. Lecz cóż za różnica pomiędzy lwem lądowym i morskim! Być może, sły-



a



b



c

Rys. 15. Kształt zwierząt wodnych z różnych gromad. a) lew morski, b) przedpotopowy jaszczur wodny, c) wieloryb.

szeliście coś o przedpotopowych potworach morskich — ichtjozaurach (Rys. 15). I one również posiadały rybowaty kształt szczupaka czy wieloryba, choć były jaszczurami. Zatrzymajmy się nieco na tem zjawisku i zastanówmy się, co to właściwie oznacza, że zwierzęta z tak różnych grup

posiadają podobną postać, doskonale czyniącą zadość mechanicznym wymogom otoczenia. Chwila zastanowienia wystarcza, by stwierdzić, że, kołując jak zbłąkany nocą wędrowiec, wróciliśmy znów do punktu wyjścia: doszliśmy oto ponownie do pojęcia przystosowania. Widzimy je teraz jednak w świetle znacznie jaskrawszem, niż przy poprzednio omawianych przykładach, niejako „przy warsztacie"— i narzuca się przypuszczenie, że to chyba ciśnienie wody lub inna przyczyna mechaniczna spowodowała powstanie podobnego kształtu u rozmaitych zwierząt. Lub też, przystępując do zagadnienia z innej strony, że istoty żywe posiadają zdolność reagowania na szczególne warunki środowiska w rozumny, celowy sposób? Powiedzmy to samo w żartobliwej formie: drapieżnik zaczął przyzwyczajać się do życia w wodzie i codziennie martwił się, że każdy wystający członek jego ciała stawia opór wodzie i przeszkadza mu pływać. Wkońcu powiedział sobie, że będzie najrozsądniej wciągnąć do wnętrza wszystkie niepotrzebne występy, i stał się obły, jak walec. Jest to żart, lecz czyż ukryta w nim myśl nie jest prawdziwa?

Istotnie, musimy stwierdzić, że istoty żywe posiadają zdolność wysoce celowego zachowania się w sytuacjach, gdy zewnętrzne lub wewnętrzne warunki tego wymagają. Możemy zdać sobie łatwo z tego sprawę, zastanawiając się np. nad kwestją, dlaczego murzyni nie mają łydek (tym razem nie żartujemy). Powszechnie wiadomo, że kształt kończyny zależy od jej kości, mięśni i ścięgien. Że nasze podudzie u góry wykazuje zgrubienie, łydkę, ku dołowi zaś zwęża się, chociaż sama kość jest na całej tej przestrzeni mniej więcej jednakowej grubości, zależy od szczególnego kształtu mięśnia łydkowego, który podnosi piętę podczas chodzenia i skakania. Budowa jego jest tego rodzaju, że główna masa mięśnia leży właśnie w „łydce", reszta zaś, sięgająca do pięty, jest ścięgnista i tworzy t. zw. ścięgno Achillesa (Rys. 16). Aby się o tem przekonać, nie trzeba udawać się do prosektorjum. Wiemy wszyscy, że

mięsień intensywnie pracujący staje się silniejszy, powiększa swą objętość. Biegacze i alpiniści posiadają bardzo wydatne łydki, gdy natomiast noga poniżej łydki jest normalna. To samo zaobserwować można w jaskrawszej formie u tragarzy na Dalekim Wschodzie, którzy całemi godzinami niestrudzenie ciągną biegiem swe małe wózki przez góry i doliny. U tych dzielnych i niewymagających ludzi (pogarda, z którą wymawia się słowo „kulis", wyrządza im krzywdę) łydki są nieraz tak potężne, że przy wątłej budowie ogólnej czynią karykaturalne wrażenie. Nie widziałem innych kulisów niż Chińczyków, Japończyków i Hindusów i nie wiem, czy murzyni również oddają się temu niewybrednemu fachowi, lecz z pewnością nigdy łydki ich nie osiągną tamtych rozmiarów, gdyż budowa mięśnia łydkowego staje temu na przeszkodzie. Zamiast krótkiego mięśnia i długiego ścięgna, posiadają mięsień jednostajnie wydłużony o krótkiem ścięgnie. Na pytanie — dlaczego? odpowie bliższe zapoznanie się z budową nogi. Nogę możemy sobie z łatwością wyobrazić jako dźwignię, np. jako belkę wagi dziesiętnej, z punktem podparcia w stawie skokowym; pięta wówczas reprezentowałaby ramię krótsze, a ramię długie — stopa. Gdy pięta zostaje uniesiona do góry działaniem mięśnia łydkowego, stopa opuszcza się ku dołowi. Biały posiada piętę krótką, czarny — długą.

Rys. 16. Mięsień łydkowy, ścięgno Achillesa i kość piętowa: a) murzyna, b) białego.

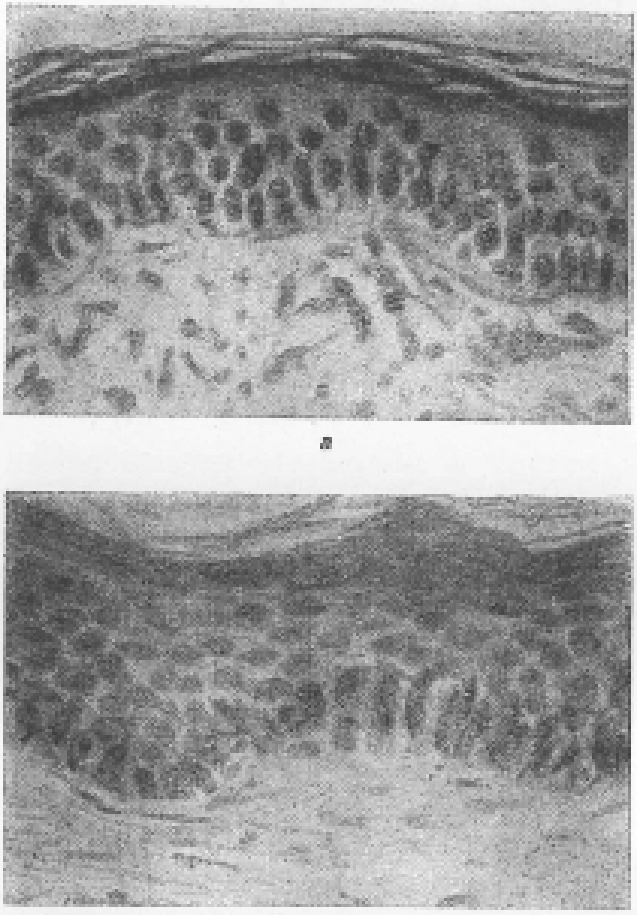
Jeśli kto zechce uświadomić sobie, co to znaczy, niech weźmie pomiędzy palce ołówek na jakie 2 cm od końca i podniesie do góry krótszy koniec tak, by dłuższy opuścił się o 5 cm; następnie proszę zrobić to samo, trzymając ołówek na 4 cm od końca. Łatwo zauważyć, że w pierwszym przypadku (stopa białego) należy wykonać ruch znacznie mniejszy, niż w drugim (stopa czarnego). Gdyby to samo doświadczenie wykonać z żelazną sztabą, przekonalibyśmy się, że w pierwszym przypadku trzeba byłoby użyć daleko więcej siły; aby osiągnąć tę samą sprawność, biały potrzebuje więc krótszego i silniejszego mięśnia, czarny — dłuższego lecz słabszego. Dopiero teraz dotarliśmy do kwestji, która spowodowała całą tę historję o łydce; kot posiada taką samą budowę łydki jak murzyn, więc długą piętę i długi mięsień o krótkiem ścięgnie. Jeśli operacyjnie usunąć połowę kości piętowej i wszystko się pięknie zagoi, tak, że pacjent będzie posiadał teraz piętę krótką jak biały — mięsień odpowiada na zmianę w ten sposób, że przekształca się na krótki, o długiem ścięgnie, jak u białego. Czyż nie jest to wysoce celowe?

Ponieważ wciąż jest mowa o kościach, możemy rozpatrzeć jeden z wielu wypadków, gdy wewnętrzne lub zewnętrzne zmiany, szczególniej w mechanicznych warunkach, wywołują celową reakcję organizmów. Wiemy wszyscy, że nowy most kolejowy musi być poddany próbie obciążenia. Co ona oznacza, możemy do pewnego stopnia zrozumieć, nawet nie będąc inżynierami, na widok owych żelaznych szyn, żeber i belkowań, które na zasadzie najdokładniejszych obliczeń tak są ze sobą sprzągnięte, że olbrzymie ciśnienie z góry rozkłada się prawidłowo na całość; cała zaś ta ażurowa konstrukcja może unieść daleko więcej, niż niezgrabne, staromodne budowle z potężnych bloków ciosowego kamienia. Podobnie i ludzka kość udowa, dźwigająca duży ciężar górnej połowy ciała, jest takim obciążonym mostem. Jeżeli kość tę rozciąć, znajdziemy w środku zupełnie podobną konstrukcję beleczek kostnych,

i morzach do skromnego robaka, leżącego na stole — i mimo wszystko wciąż jeszcze nie możemy pozbyć się uczucia wstrętu; przyczynia się do tego niemało i blada, biaława barwa, która wywołuje nieprzyjemne skojarzenia: blady jak śmierć, biały jak śmiertelna chusta, bielejące na trawie szkielety. Uczucie to jest w pewnym stopniu usprawiedliwione, gdyż jasna barwa pasorzyta uwarunkowana jest tem, że do jego ciemnicy nie przenika żaden ożywczy promień słońca, gdyż w państwie ożywionych istot barwa związana jest przeważnie ze światłem. Jeśli wyhodować roślinę w ciemnym pokoju, będzie ona jasna, anemiczna. I biedny kwiat ludzki, wyrastający w ciemnej suterynie, jest bezbarwny i przezroczysty, jak roślina hodowana w ciemności, jak żyjący w wiecznym mroku robak jelitowy, jak odmieniec z ciemnych, podziemnych grot Karstu, jak rak z mrocznych głębin starożytnych studzien. Lecz wynieśmy taką roślinę na słońce — a szybko zazieleni się; wyślijmy blade dzieci ludzkie z dusznych podwórek wielkomiejskich na wieś, dajmy im światło i powietrze, a bezkrwiste policzki zabarwią rumieńce; potrzymajmy zwierzęta jaskiniowe na świetle dziennem, a zaczną się powoli zabarwiać. Co się przy tem dzieje, co to są barwy żywych istot i jakie mają znaczenie?

Mamy przed sobą dwa kawałki skóry, jeden pochodzi od anemicznego dziecka wielkomiejskich ulic, drugi — od spalonego przez słońce alpinisty; siądźmy teraz do mikroskopu i zobaczmy, czem się one różnią. Stwierdzimy z początku, że skóra, jak i całe ciało, składa się z niezliczonych cegiełek, komórek, ułożonych ściśle obok siebie jak brukowe kamienie. Pojedyńcza komórka wygląda jak jasny, przezroczysty słupek szklany, przynajmniej jeśli mamy skórę białą. W skórze opalonej natomiast jest ona wypełniona drobnemi ziarnkami czarno-brunatnej substancji; wygląda to, jakgdyby komórki wypełnione były ziarnkami sadzy (Rys. 18). Rozumiemy odrazu, że owa ciemna substancja warunkuje barwę skóry, i jasna też staje się jej

rola; nie napróżno porównaliśmy ją do ziarenek sadzy. Od zbyt silnie nagrzewającego się pieca lub lampy zasłaniamy się zakopconym ekranem, gdyż doświadczenie uczy, że cząstki sadzy pochłaniają promienie cieplne i tem unieszkodliwiają je. I nikt nie wątpi, że drobne cząstki barwnika spełniają tę samą rolę w komórkach skóry, opalona zaś w słońcu skóra człowieka lub wystawionego na działanie światła zwierzęcia z podziemnych grot, gra taką samą rolę, jak zakopcony ekran, zatrzymując niszczący wpływ upału i chroniąc delikatne części ciała, położone pod skórą. Żywym przykładem tego są bronzowi mieszkańcy krain tropikalnych, którzy w palących, prawie zenitowych promieniach słońca chodzą nago. Jeślibyśmy zechcieli ich naśladować z naszą białą, ubogą w barwnik skórą, przypłacilibyśmy to ciężkiem poparzeniem.

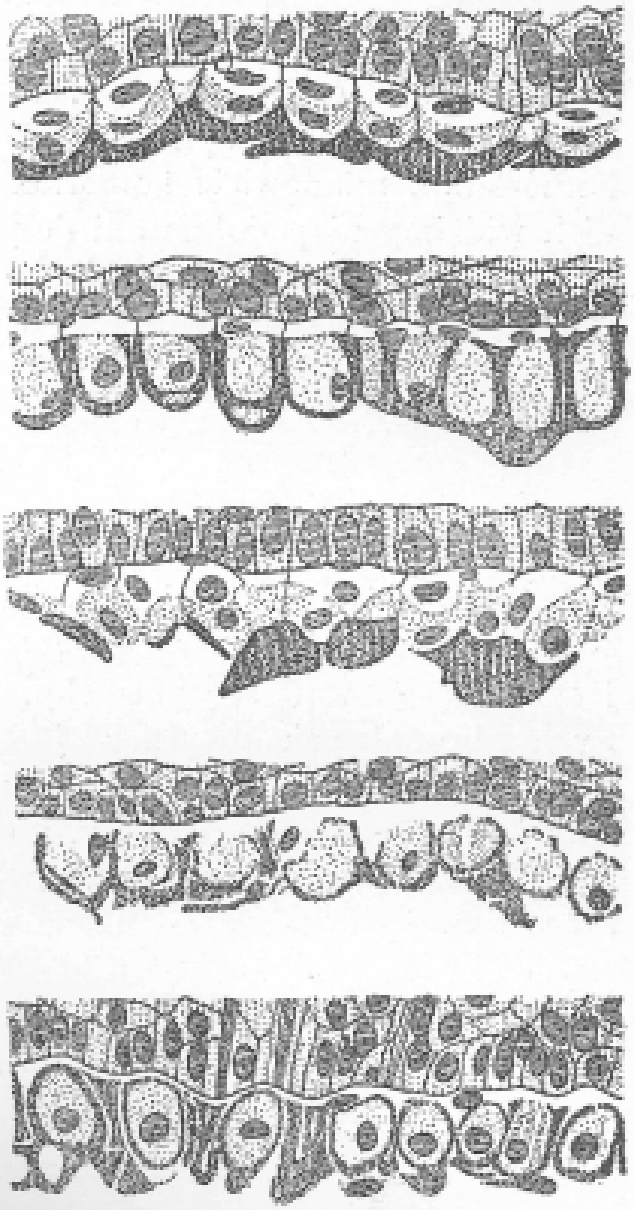


Rys. 18. Fotografje poprzecznych skrawków przez skórę białego (a) i murzyna (b).

Jest to dość zajmująca, lecz tylko jedna z wielu kwestyj z zakresu barw zwierzęcych. Chcielibyśmy wiedzieć naprzykład, dlaczego rzekotka jest zielona, w jaki sposób kameleon w ogrodzie zoologicznym potrafi w ciągu minuty zmienić barwę, dlaczego błyszczą barwami tęczy skrzydła

wspaniałego egzotycznego motyla, dlaczego myszy w piwnicy zawsze są szare a w sklepie zoologicznym są myszy kolorowe, i postawić wiele, wiele innych „dlaczego". Lecz cierpliwości. Chociaż nie możemy odpowiedzieć na wszystkie pytania, lecz będziecie mogli usłyszeć potrosze o najważniejszych rzeczach, w rezultacie zaś na pewno dosyć, by obudzić chęć do dalszych studjów.

A więc z początku chcemy dowiedzieć się, dlaczego żabka drzewna, rzekotka, jest zielona. Lecz czyż istotnie jest ona zielona? Przenieśmy ją z zielonego liścia na liść brunatny — stanie się ona wkrótce również brunatna! Sądzę, że najlepiej będzie obejrzeć kawałek jej skóry przez mikroskop (Rys. 19). Nie dziwimy się już, że i ona składa się z drobnych komórek kształtu pudełeczek; lecz pomiędzy niemi



Rys. 19. Pięć przekrojów przez skórę z grzbietu rzekotki, ilustrujących pięć odcieni barwnych, które zwierzę kolejno przyjęło.

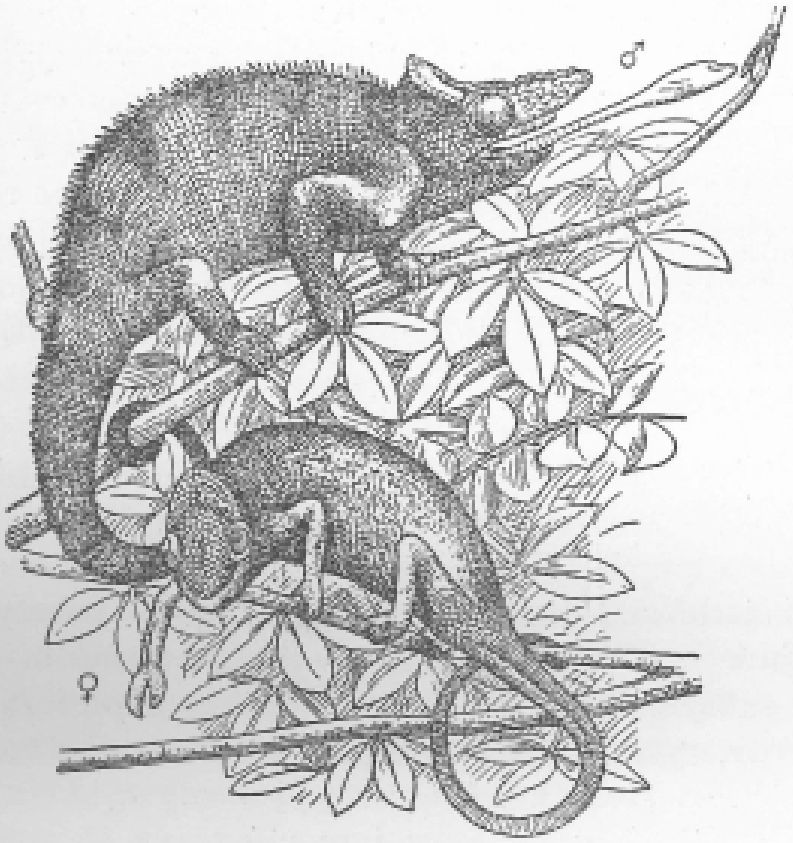
Z góry na dół: jasno-zielony, ciemno-zielony, cytrynowo-żółty, szaro-zielony, szaro i czarno-plamisty. Należy zwrócić uwagę na ułożenie ciemnych mas barwnika, leżącego pod naskórkiem, układających się w coraz inny sposób wokół warstwy dużych żółtych komórek i warunkujących rozmaite odcienie skóry przez rozmaite rozmieszczenie żółtego i bronzowego składnika.

dostrzegamy szczególne twory, wyglądające jak długonogie pająki. Leżą one w skórze regularnie jedne na wierzchu, inne nieco głębiej; te drugie są napełnione znanemi nam już ziarnkami czarnego barwnika, inne podobnemi ziarneczkami barwy żółtawej. Doświadczeni mikroskopowcy zapewniają, że pająkowate twory są również komórkami, mianowicie komórkami barwikowemi. Prócz nich widzimy niepodobne ani do pająków, ani do gwiazd, lecz raczej do szczelnie naładowanych barwnikiem baryłek; jeśli się jednak uważniej im przyjrzeć, rozpoznamy w nich takie same pająki jak inne, z tą różnicą, że ziarnka barwnika zebrały się tłumnie w samym tułowiu pająka, opuszczając jego odnóża. Przy większym nakładzie uwagi zobaczymy, że w jednej i tej samej komórce ziarenka to zbijają się razem w jedną bryłkę, to rozchodzą się do gwiaździstych wypustek komórki, tworząc cieniutką warstewkę; można ją porównać do parasola, zamykanego i otwieranego w miarę potrzeby. Gdy parasol zewnętrznych brunatnych ziarenek jest otwarty, przykrywa wszystko, co leży pod nim, i skóra wydaje się brunatna. Gdy jest natomiast zamknięty, a otwierają się leżące głębiej zielono-żółte parasole, przeświecają one przez skórę, która wydaje się wówczas zielona. A gdy obydwa parasole współdziałają, tak, że raz jeden, raz drugi otwiera się i zamyka w mniejszym lub większym stopniu, gra ich wraz z cudownemi właściwościami światła powoduje powstanie wszystkich możliwych odcieni.

6.

Przypomnijmy sobie, że żaba jest zielona na zielonym liściu, brunatna na brunatnym, nigdy jednak odwrotnie. Gdzież jest maszynista, który ową maszynerję wprawia w ruch i przytem nigdy się nie myli? Aby trafić na właściwą drogę, pójdziemy do terarjum lub akwarjum w ogrodzie zoologicznym, a jeszcze lepiej do jednego i drugiego, z karygodnym zamiarem przekroczenia przepisu o nie-

drażnieniu zwierząt. Oto w szklanej klatce siedzi na gałęzi śmieszny kameleon, obejmując ją ogonem i dziwacznemi palcami, i przewraca oczami na wszystkie strony w poszukiwaniu smacznych much (Rys. 20). Zastukajmy w ścianę



Rys. 20. Kameleon.

klatki, by go wyprowadzić z równowagi; wkrótce zaczyna on reagować na złośliwość: niebieskie i czerwone fale przepływają przez jego ciało; niema wątpliwości, zmienia barwę, jak... jak prawdziwy kameleon. Udamy się teraz do akwarjum z wodą morską; widzimy tam za szybą przyczajoną za kamieniem potworną ośmiornicę o długich ramionach i złych oczach. Zachowujemy się znów karygodnie i drażnimy ją. Powtarza się to samo widowisko: barwne fale przechodzą przez niezgrabne ciało i ze wściekłości barwa jej przechodzi całą skalę tęczy. Teraz możemy

wrócić spokojnie do mieszkania i stwierdzić pod mikroskopem na odpowiednich preparatach, że w skórze tych stworzeń znajdują się takie same komórki barwikowe, jak u rzekotki. Widzieliśmy jednak na własne oczy, że praca komórek, warunkująca zmianę barwy, wywołana została przez podniecenie psychiczne. Każdy wie, że podniecenie związane jest z nerwami: a więc nerwy wywierają wpływ na ruch ziarenek barwnika w komórkach barwikowych, a rezultat tego przejawia się jako zmiana barwy. Nerwy więc są poszukiwanym maszynistą.

Kiedy rzekotkę posadziliśmy na brunatny liść, specjalnie się tem nie zmartwiła i przyjęła nie dowolną barwę, lecz barwę podłoża. Maszynista musiał więc otrzymać w tej sprawie określony i wyraźny rozkaz, lecz od kogo? Dla rozmaitości rozstrzygniemy tę sprawę w zastosowaniu do małej rybki sardeli, która odpowie nam nietylko w imieniu własnem, lecz i wielu innych zwierząt. Oto pływa ona przed nami w szklanem naczyniu z wodą na stole i jest koloru jasno-bronzowego. Jeśli położyć pod akwarjum arkusz żółtego papieru, w krótkim czasie rybka zabarwi się na żółto; jeśli żółty papier zamienić na czarny, rybka staje się czarna, posiada więc te same zdolności, co rzekotka. A teraz wyjmiemy rybkę z wody, szczelnie zalepimy jej oczy i powtórzymy to samo doświadczenie; szczególna rzecz — zawodzi ono całkowicie! Wiemy wobec tego, że to oczy wydają maszyniście od nerwów rozkazy, jaką barwę ma ujawnić. Taki jest mechanizm samorzutnego przystosowania barwy do otoczenia, oczywiście, traktując rzecz zgrubsza i pomijając z braku czasu wiele szczegółów.

Powiedzieliśmy przed chwilą „samorzutnego przystosowania", gdyż istnieje jeszcze inny sposób przystosowania barwnego do otoczenia, które ma charakter stały, jest wrodzone. Przypomnijmy sobie zielone pasikoniki na łąkach i ich krewniaków z Arizony barwy kamieni polnych. Podobnemi przykładami można zapełnić całe tomy; znajdą

się tam mieszkańcy pustyń, których barwa jest identyczna z barwą piasku; biali jak śnieg mieszkańcy krainy wiecznego śniegu; żuki i motyle, o barwie odpowiadającej korze drzew, porostom, uschłym liściom, na których siedzą, nie mówiąc już o takich, które naśladują otoczenie nietylko barwą, ale i kształtem: motyle i koniki polne, które kształtem, barwą i deseniem nie różnią się od liści; prostoskrzydłe, pluskwiaki, gąsienice, które najbystrzejsze oko tylko z trudnością wyróżni wśród zeschłych gałązek (Rys. 21a). By zdać sobie sprawę z doskonałości tych cudów przystosowania przez podobieństwo, należy zobaczyć je w warunkach naturalnych. Nie zapomnę nigdy wrażenia, jakie zrobiło na mnie pierwsze zetknięcie się z temi zjawiskami w niecodziennem otoczeniu, gdy jako młody student po raz pierwszy miałem okazję do zapoznania się z cudami morskiego świata. Miałem przed sobą jedną z prześlicznych małych kolonij koralowca ze Śródziemnego morza; na różowo-czerwonem jej ciele rozsiane były polipy, jak żółtawe gwiazdki. Raptem pewien kawałek korala zaczął się poruszać i spostrzegłem, że był to mały ślimak z owalną muszlą, którego poprzednio nie zauważyłem, gdyż zarówno domek, jak i zwierzę posiadały dokładnie taką samą barwę jak koral, a muszelka była ponadto upstrzona żółtemi plamkami, do złudzenia przypominającemi gwiazdki polipów.

W jaki sposób dochodzą do skutku zjawiska tego rodzaju? Jeśli kto zechce dowiedzieć się, jak usiłowano je tłumaczyć dawniej, niech przeczyta historyjkę z mej szkolnej przeszłości, którą opowiedziałem uprzednio; jak to lepiej przystosowane osobniki były bardziej zabezpieczone przed wrogami i dzięki temu mogły przeżyć i dziedziczyć pożyteczne cechy i dalej się coraz bardziej doskonalić. Jedno pytanie jednak dowodzi, na jak kruchych podstawach opiera się podobne tłumaczenie: w jaki to sposób mogło przystosowanie spełniać ochronną rolę, zanim podobieństwo stało się tak doskonałe, że odróżnienie

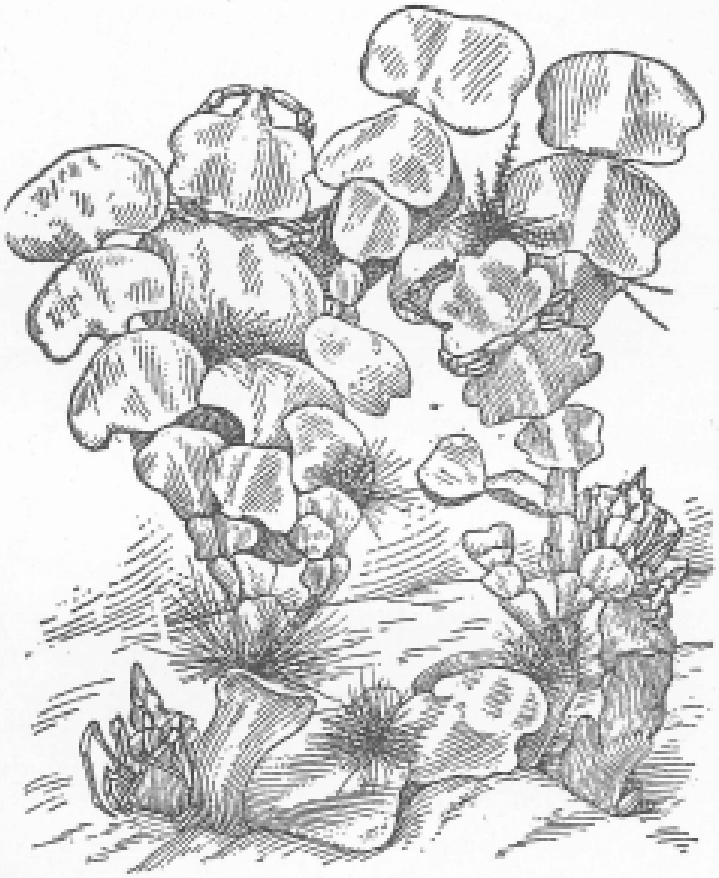
od podłoża było niemożliwe? Musimy zdobyć się na uczciwe oświadczenie, że całkiem zadowalającego rozwiązania tej sprawy jeszcze nie posiadamy.

Rys. 21a. Patyczak, niewyróżniający się wyglądem z pomiędzy zeschłych gałązek.

7.

Nie możemy jednak postąpić krańcowo i poprostu zaprzeczyć, jakoby usunięcie mniej przystosowanych osobników nie grało żadnej roli przy powstaniu przystosowań,

zarówno barwnych, jak i wielu innych. (Jest to kwestja, dlaczego myszy są szare.) Istnieje niemieckie powiedzenie ludowe: „rzuca się w oczy, jak niebieski pies". Nie wiem, czy istotnie żył kiedy niebieski pies, z pewnością natomiast niekiedy zdarzają się myszy czarne, brunatne, siwe, żółte, srebrzyste, plamiste, białe. Z pewnością również każdy amator hodowca potrafi utrzymać i rozmnożyć tę lub inną rasę, i zapewne zrobiłby to samo z owym niebieskim psem. I to jest również pewne, że w warunkach naturalnych rasy te nie mogą się utrzymać, lecz zawsze zostają usunięte z powierzchni życia. Zbyt rzucają się one w oczy, i wskutek tego zostają szybko wytępione przez wrogów, jeśli nie przez własnych braci, którzy zazdroszczą im pięknego stroju; nie potrzeba chyba jeszcze wspominać o kolorowych mundurach żołnierzy w czasie pokoju i „ochronnej barwy", podobnej do otoczenia — na wojnie; w przyrodzie zaś wojna panuje nieprzerwanie, jeden pożera drugiego. Tam jednak, gdzie szczególne warunki zapewniają trwały



Rys. 21b. Cztery egzemplarze kraba *Huenea*, siedzące na imitowanych przez się wodorostach.

pokój, zjawiają się mundury, przewyższające nawet operetkowe swą barwnością. W fantastycznej skali występuje to zjawisko w licznym zespole zwierząt, mających swe siedlisko tuż pod powierzchnią ciepłych mórz, pomiędzy rafami koralowemi. Nie napróżno rafy te z minjaturowemi górami, dolinami, skałami, pomiędzy które z trudnością przedostać się może rozbójniczy rekin — zwą morskiemi ogrodami. Pomiędzy wielu cudami świata tropikalnego nie znam żadnego, któryby bardziej zachwycał oko przyrodnika. Wydrążona z pnia drzewnego łódka, popychana wiosłami bronzowego krajowca, ślizga się bez szmeru po gładkiej jak lustro powierzchni morza, a przez wiadro ze szklanem dnem, które usuwa skutki załamania promieni, podziwiamy w zadumie cuda głębin. Pomiędzy spiętrzonemi koralami, wśród których spotykamy najbardziej nieprawdopodobne kształty i barwy, siedzą, wiszą, pływają wszystkie możliwe gatunki zwierząt, współzawodnicząc w jaskrawości barw; rekord biją jednak niezliczone ryby i rybki, trzymające się pojedyńczo lub całemi stadkami. Oto zjawia się stadko, niebieszcząc się turkusowo, ówdzie przepływa majestatycznie większa sztuka, której ciało opasane jest czterobarwną szarfą; inna demonstruje grzbiet pokryty czerwonemi i srebrzystemi pasmami — a przy zwrocie ciała widnieje pierś, paskowana jak u zebry. Każde stworzenie, które zjawia się przed naszemi oczyma, jest nową niespodzianką, nowym modelem bajecznie kolorowej mody. Istotnie, znajdujemy się w prawdziwym „pałacu życia".

Jakże długo możnaby opowiadać o barwach zwierząt! Lecz oczekuje nas tyle jeszcze innych kwestyj, że musimy być oszczędni. Jeszcze tylko kilka słów o połyskliwych barwach licznych motyli i kolibrów, tych motyli wśród ptaków, ptaków rajskich, pawia... Napróżno będziemy szukali w ich skrzydłach ziarenek barwnika, któryby powodował lśniący przepych zabarwienia. Może mieliście kiedy w ręku kawałek miki, złożonej z nieskończenie cienkich

blaszek? Albo może widzieliście w muzeach wyroby szklane, pochodzące z zamierzchłej przeszłości i w nieuszkodzonym stanie wykopane z gruzu tysiącleci? I jedne, i drugie posiadają ten sam połysk iryzujący kolorami tęczy, co i wspomniane skrzydła i pióra, chociaż nie zawierają żadnego barwnika. Grę kolorów powoduje szczególne załamanie światła w nieskończenie cienkich blaszkach, ułożonych warstwami. Połyskujące pióra i łuseczki na skrzydłach motyli również są zbudowane w ten sposób, że wywołują podobne zjawiska świetlne.

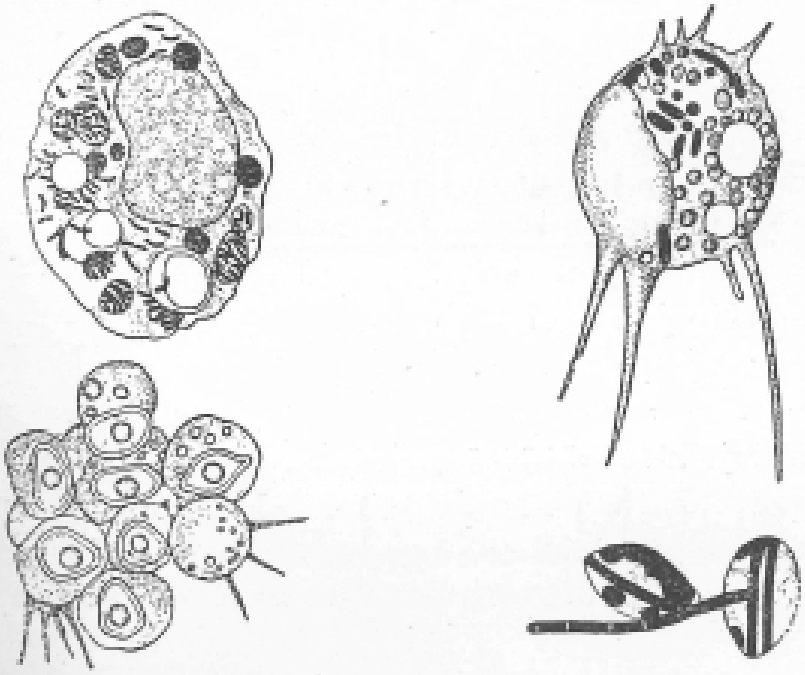
W prosektorjum anatomicznem można bardzo łatwo odróżnić studentów pilnych i opieszałych; jeśli wkrótce po rozpoczęciu kursu podejść do tych drugich, przekonamy się, że zdążyli już oni rozpreparować całe zwierzę na najdrobniejsze kawałki, ściślej mówiąc, nie rozpreparować, tylko posiekać, twierdząc, że zobaczyli już wszystko. Pilni natomiast studenci nie skończyli jeszcze nawet zewnętrznych oględzin zwierzęcia. Czyż my wobec tego nie jesteśmy pilnymi studentami?

ROZDZIAŁ TRZECI

SKÓRA A ODDYCHANIE

Zabierzmy się teraz poważnie do rzeczy, przystępując do rozcięcia glisty po zabiciu jej chloroformem. Z początku nóż napotyka na opór, lecz wkrótce pogrąża się w miękkiej tkance; w tej chwili przerywamy na chwilę pracę i mówimy sobie: „Teraz oto przecięliśmy skórę — a więc i robak ją posiada. Ostatecznie jest to zrozumiałe, przecież wszystkie zwierzęta mają skórę, gdyż muszą być w jakikolwiek sposób odgraniczone od zewnątrz, inaczej poprostu rozsypałyby się, podobnie jak kiełbasa musi mieć jakąkolwiek skórkę. Lecz nie jest tak w zupełności, przecież odarty ze skóry zając nie rozpada się, bywają również kiełbasy bez skórki". Pozostańmy na chwilę przy kiełbasie i jej skórce, posiadającej określone znaczenie. Każdy, kto podróżował po południowych krajach, wie, że sprzedają tam tłuszcz do jedzenia, zaszyty w skórki od kiełbas, w celu uchronienia go od szybkiego zepsucia. Cóż oznacza, że kiełbasa lub tłuszcz psują się? Nic innego, jak to, że wdarły się tam bakterje, te nieskończenie małe żyjątka, których mirjady całe czatują na pożywienie i napadają na wszystko, co nie jest chronione. Jeśli należą one do nieprzyjemnej, lecz w gospodarce natury nieodzownej grupy gnilnych bakteryj, celem ich działalności jest rozkładanie na proste chemiczne związki substancyj, które, jak np. mięso, pochodzą ze świata ożywionego. A ponieważ podczas tej operacji mięso traci posiadany uprzednio kształt a wydzielające się substancje posiadają przykrą woń, powiadamy, że mięso gnije. Skórka od kiełbasy ma nie dopuszczać żarłocznych bakteryj do mięsa i wyśmienicie wypełnia swe zadanie. Zupełnie to samo zadanie, obok wielu innych, spełnia też skóra zwierząt, o czem przekonywa nas chwila zastanowienia.

Dziecko zraniło się w kolano, t. j. skóra została starta podczas upadku i odsłoniła się tkanka, leżąca głębiej; matka szybko wyciera ranę środkiem dezynfekcyjnym, czyli bakterjobójczym. Dopóki skóra była nienaruszona, dziecko mogło się bezkarnie bawić na ziemi, gdyż przez skórę nie mogły się przedostać bakterje, występujące



Rys. 22. Białe ciałka krwi różnych zwierząt podczas pożerania bakteryj.

wszędzie dokoła, gdy jednak zabraknie tej ochrony, rozprzestrzeniają się one swobodnie, o ile odrazu nie zostaną zabite, a dostęp innych nie zostanie zamknięty przez wytworzenie strupa. W przeciwnym razie mnożą się one w niewiarogodnem tempie, i ciało musi prowadzić poważną walkę z armją najeźdźców. W tym celu przeciwstawia im własne wojsko. Ze wszystkich szczelin maszeruje ono w postaci maleńkich komórek, które pełzają, przelewając się w delikatne wypustki, wyrastające z ich ciała na podobieństwo korzeni. Bronią ich jest żarłoczność; rzucają się one na bakterje i pochłaniają je, unieszkodliwiając w ten sposób (Rys. 22). Wkrótce zbierają się takiemi

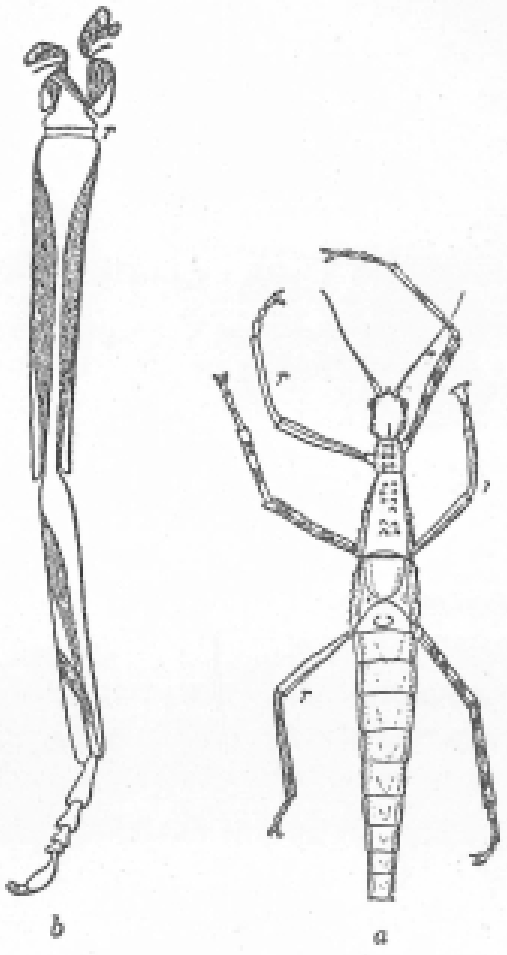
masami, że zabarwiają na żółto wodnistą ciecz, występującą przy ranie, stroskana zaś matka powiada — rana ropieje. Wkońcu jednak zwycięża armja ciała i atak bakteryj zostaje na szczęście odparty, gdyż w przeciwnym razie wróg mógł dostać się do wnętrza ciała, rozprzestrzenić się wraz z prądem krwi i wywołać jej zatrucie. Ropa jednak została pomyślnie wchłonięta i nowa skóra zaciągnęła ranę.

1.

Znowu więc stoimy wobec nowej zdolności skóry; odnawia się ona po zniszczeniu. Szczególna rzecz, jak mało zwraca się uwagi na to, co jest najdostępniejsze. Gdyśmy przypadkiem wspomnieli, że u salamandry noga odrasta po usunięciu jej, zrobiło to na nas wrażenie wielce interesującego zjawiska, lecz, biorąc rzecz ogólnie, nie różni się ono zasadniczo od narastania nowej skóry na miejsce zniszczonej. Zadziwiający jest fakt, że właśnie tworzy się to, co potrzeba, w potrzebnem miejscu i w harmonji z otoczeniem. Dało to wiele do myślenia przyrodnikom, którzy przy bliższych badaniach odkryli wiele ciekawych szczegółów.

Kiedy byłem małym chłopcem, mój starszy brat opowiadał, że w każdej kropli wody unosi się nieskończone mnóstwo maleńkich istot; wyglądają one jak ludzie, posiadają jednak liczne nóżki, które sobie ustawicznie odrywają wzajemnie — odrastają im jednak one nieustannie. Zrobiło to na mnie niezapomniane wrażenie i przyszło do głowy właśnie teraz, gdy chcę wam opowiedzieć coś z dziedziny „wyrywania nóg“, co będzie brzmieć niemniej nieprawdopodobnie, niż owe dziecinne fantazje. Salamandrze, o której wspominaliśmy, mogło się przytrafić i w naturalnych warunkach, że została złapana za nogę przez wroga i że udało się jej umknąć po utracie tego członka; istnieje jednak długi szereg zwierząt, przedewszystkiem z państwa owadów, które nastawiły się niejako na to, by okupywać życie ceną odnóży; tam, gdzie odnóże przechodzi w ciało,

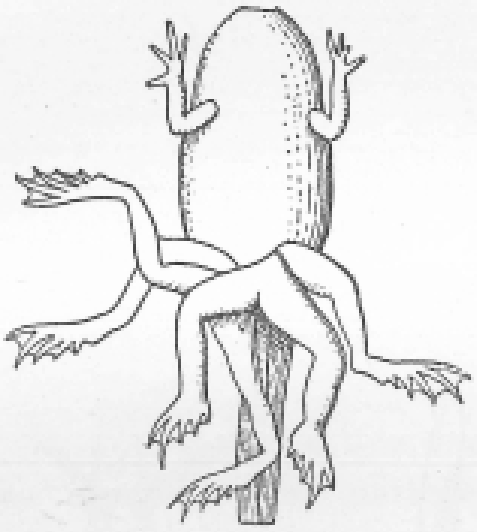
znajduje się u nich niewielka zona, zbudowana w ten sposób, że członek może łatwo się odłamać, nie przyczyniając większej szkody ciału (Rys. 23). U niektórych gatunków sprawy są posunięte jeszcze dalej, tak, że zwierzęta same mogą odrzucać swe nogi, gdy uznają to za stosowne; okaleczają się dobrowolnie, by ujść od niebezpieczeństwa, tak jak w dawnych czasach młodzi ludzie kaleczyli się, by nie iść do wojska. Musieli oni jednak przez całe życie obywać się bez wskazującego palca lub bez siekaczy, natomiast wspomniane owady po pewnym czasie cieszą się nowemi odnóżami.



Rys. 23. a) Samica pewnego owada prostoskrzydłego z trzema świeżo zregenerowanemi odnóżami (r). b) Pojedyńcze odnóże z partją, w której się odłamuje (rr); mięśnie nożne — kreskowane.

Jest to tylko jeden wypadek odtworzenia utraconej części ciała — można przytoczyć ponadto długi szereg innych. Słyszeliśmy już o raku, któremu wyrasta czułek na miejsce odciętego trzonka ocznego. Chociaż jest to szczególne, że na miejsce usuniętego członka wyrasta zgoła inny, lecz w każdym razie wogóle było coś odciętego. Nieraz jednak wystarcza zranić zwierzę w określonem miejscu, by zmusić je do takiego reagowania, jakie się odbywa w razie odcięcia jakiejś części ciała. Jeśli naprzykład młodej żabce wykonać określone cięcie w okolicy mied-

nicy, z ranki wyrośnie normalna łapka i z łatwością można wyhodować żabę z trzema lub wieloma łapkami (Rys. 24). Najbardziej jednak nieoczekiwane rezultaty otrzymujemy podczas podobnych doświadczeń z robakami-wypławkami, które z łatwością można spotkać pod kamieniami w strumieniu, w postaci drobnych, wydłużonych tarcz. Jeśli rozciąć podłużnie głowę robakowi, połówki nie zrastają się ze sobą, lecz każda powierzchnia cięcia uzupełnia brakującą część niezależnie od drugiej i otrzymujemy w rezultacie zwierzę z dwoma głowami. Jeśli wyciąć mu z boku ciała trójkątny skrawek i z tej rany wyrasta nowa głowa (Rys. 25); wydaje się nam czczą fantazją Hydra z greckich mitów, której odrastały głowy, ścięte przez Herkulesa — a przecież wypławek wykazuje jeszcze bardziej fantastyczne właściwości.

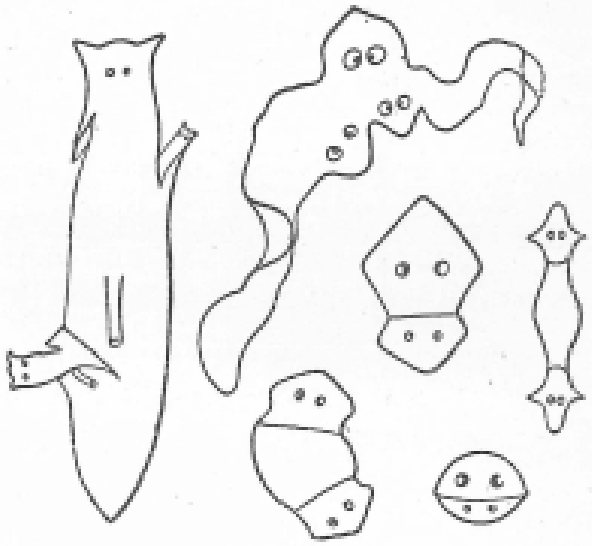


Rys. 24. Młoda ropucha o czterech nadliczbowych odnóżach, powstałych wskutek nacięć w rejonie miednicy.

Jak wszędzie, tak i tutaj przyroda jest niewyczerpana w swej inwencji i grube tomy zapełniono faktami oraz doświadczeniami z tej dziedziny. Oczywiście badano przytem najrozmaitsze kwestje: czy i w jaki sposób odtworzenie istniejących części zależy od ich położenia i budowy, jaką rolę grają warunki zewnętrzne, jaką światło i siła ciężkości, w jaki sposób daje się owa zdolność skierować określonemi warunkami na inne tory. Uczeni zmuszają naturę do odpowiedzi na te i wiele innych pytań, my jednak musimy poprzestać na tem, cośmy usłyszeli. Dziwiliśmy się właściwie tylko, że zdarty kawałek skóry odrastał ku pożytkowi ciała, które zabezpieczał sobą od wrogów.

2.

W galerjach obrazów można niekiedy napotkać stare sztychy, ilustrujące podanie o Marsjasie, którego Apollo za karę obdarł ze skóry; Marsjas przytem, sądząc z wyglądu, nie czuje się tak źle, jakby tego można się spodziewać; nie zgadza się to jednak z codziennem doświadczeniem. Jakże często czytamy o lekkomyślnych ludziach, którzy używają nafty jako rozpałki do pieców i płacą za swą głupotę ciężkiemi oparzeniami. Jeśli większa część skóry zostanie spalona, nieszczęsna ofiara jest zgubiona. Dlaczego tak się dzieje, mimo że rany zostają starannie zabezpieczone przed bakterjami, jest rzeczą nader interesującą, choć niezupełnie wyjaśnioną. Jedną z najbardziej godnych uwagi właściwości organizmu jest zdolność produkowania w pewnych okolicznościach silnych jadów, zwanych toksynami; o nich posłyszymy jeszcze ciekawe rzeczy. Te szkodliwe substancje wytwarzają się ubocznie wtedy, gdy normalny bieg spraw w organizmie zostanie zakłócony przez zewnętrzne wpływy, np. po operacji, lub jak w przytoczonym wypadku, po oparzeniu skóry. Ciało popełnia niejako samobójstwo; przy oparzeniu zapobiec temu może sztuczne wytworzenie w swoim czasie nowej skóry. Inny człowiek pozwala sobie wyciąć kawałek skóry, którą umieszcza się na rannem miejscu, poczem obca skóra



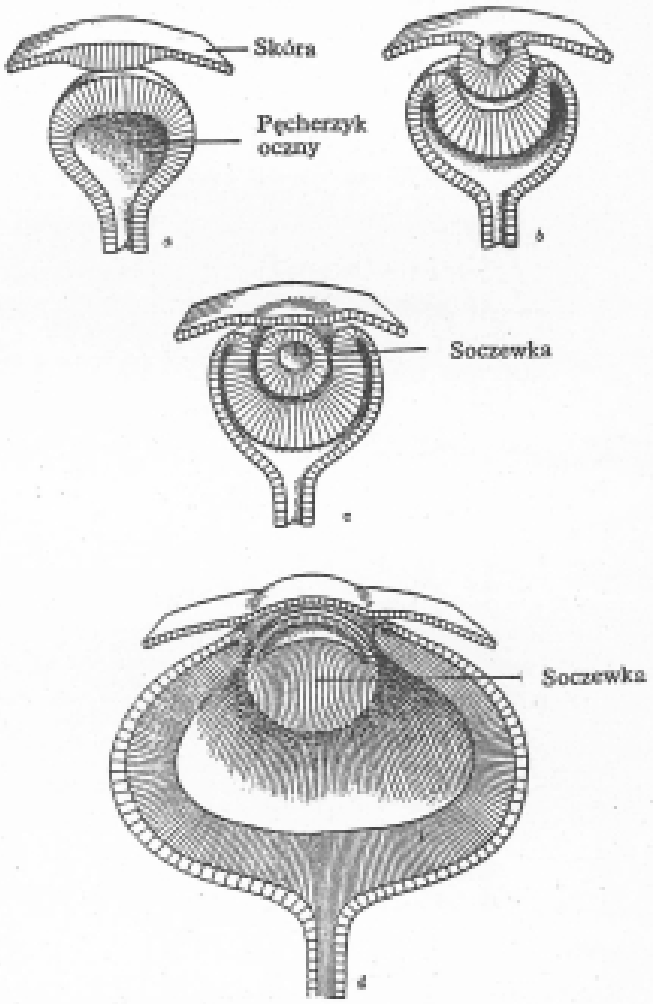
Rys. 25. Wypławki, wytwarzające nadliczbowe głowy wskutek rozmaitych nacięć. Każde dwa oczka oznaczają głowę.

przyrasta, rana się goi, jakby to był „kawałek własnego ciała".

Spotkaliśmy się tutaj z nową zdolnością skóry, pozwalającej jej wrastać w obce ciało. Ogrodnik nie uważa tego bynajmniej za coś bardzo szczególnego, gdyż podobne zjawiska obserwuje prawie codzień podczas szczepienia drzewek i kwiatów, gdy zakłada oczko; tutaj wyrasta na obcym pniu cała partja ciała: i skóra, i włosy, jeśli się tak można wyrazić. Lecz bardzo wiele zjawisk nie zwraca naszej uwagi, gdy występuje u roślin, jeśli natomiast zaobserwujemy je u zwierząt, natychmiast dochodzą do naszej świadomości. Teraz jednak zatrzymamy się przy skórze i zapoznamy się z innemi interesującemi jej zdolnościami.

Wszyscy wiedzą, że w oku znajduje się soczewka, która rzuca obraz na dno oka w taki sam sposób, jak soczewka w aparacie fotograficznym rzuca obraz na matówkę. Daleko mniej natomiast znany jest sposób jej powstania w oku zwierzęcia. Wyobraźmy sobie kurczę w jaju, w okresie, gdy w tarczowatym utworze, leżącym na żółtku, niktby nie rozpoznał przyszłego zwierzątka. W tym czasie rozwijający się zarodek posiada już mózg, wyglądający jak zwykły pęcherzyk, z którego wyrastają z każdej strony kieliszkowate twory, opierające się podstawą na pęcherzyku mózgowym i skierowane czarką w stronę skóry, która już się wykształciła (Rys. 26). Kiedy otwór czarki — jest to późniejsza źrenica — dosięga skóry, ta rozpoczyna guzikowato wypuklać się dokładnie w tem samem miejscu do kieliszka i następnie odsznurowywać się jak woreczek do tytoniu, ściągany sznurkiem. Wkońcu odsznurowany guzik skórnego pochodzenia znajduje się pod skórą, która znów zarasta nad nim; ten to guzik, wyglądający jak płaski pęcherzyk, jest właśnie młodą soczewką. Cierpliwi i wprawni badacze wycięli drobniutką partję skóry, z której miała się wytworzyć soczewka młodej, kilkomilimetrowej żabce, znajdującej się w pierwszych stadjach rozwojowych, a następnie zoperowali kawałek

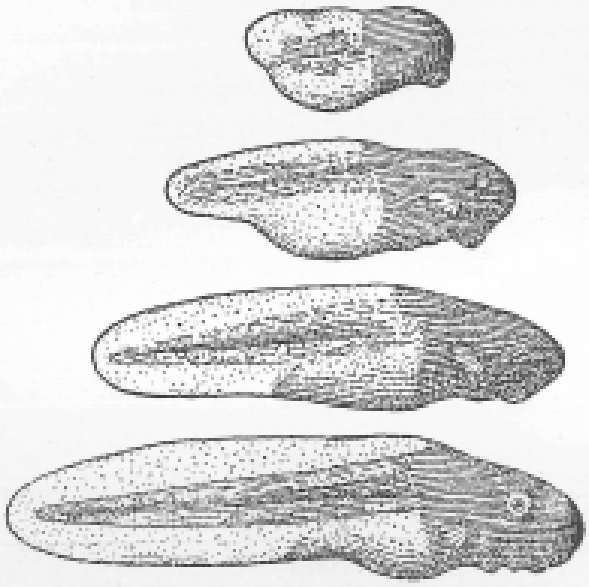
skóry tej samej wielkości na brzuchu innej żabki i przeszczepili go na głowę pierwszej na miejsce tego, który miał wytworzyć soczewkę. I spojrzyjcie tylko, skóra z brzucha, która przez całe życie jest zawsze tylko skórą, dopasowała się do nowego otoczenia tak dalece, że zaczyna wytwarzać prawidłową soczewkę. A więc przeszczepiony kawałek ciała nietylko potrafi wrosnąć w otoczenie, lecz i wypełniać zadania, do których to otoczenie go zmusza.



Rys. 26. Cztery etapy rozwoju soczewki ocznej ze skóry (przekrój).

Musimy też oświadczyć ogrodnikom, dumnym ze swych szczepień, że i zwierzęta można szczepić w ten sam sposób, jak i rośliny. Rezultat jest prawie ten sam, a przemawia do naszej wyobraźni daleko silniej, niż obraz szlachetnej róży, zaszczepionej na dziczce — nikt nie będzie tego uważał za specjalnie interesujące i szczególne. Coby było, gdyby przed naszemi oczami stanął żywy sfinks, zprzodu mający postać człowieka, ztyłu zaś lwa, lub też chimera „zprzodu — lew, ztyłu — smok, pośrodku — koza“, jak ją określa podanie? Uczony nie potrafi dokonać tak wiele, lecz potrafi pokazać nam żabę „złożoną“ z dwóch odrębnych

gatunków, naprzykład część przednia będzie żabą brunatną, część tylna — żabą zieloną (Rys. 27). Po tem wszystkiem i sfinks nie wydaje się tak już całkiem nieprawdopodobny.



Rys. 27. Kolejne stadja rozwoju kijanki, złożonej z połówek dwóch różnych gatunków, zaznaczonych punktowaniem i kreskowaniem.

Oczywiście, im bardziej dalekie jest pokrewieństwo zwierząt, tem trudniej udaje się operacyjny zabieg, lecz musi to mieć swoje przyczyny, które moglibyśmy opanować, znając je dokładnie. W jednym szczególnym przypadku wydaje się nawet, że udało się tego dopiąć; okazało się, że wszystkie możliwe tkanki, np. kawałek wątroby królika, można zaszczepić na świeżo pobudzony do rozwoju zarodek kury, w którym rosną pomyślnie aż do określonego momentu, mianowicie do 19 dnia rozwoju. W dniu tym wzrost raptownie ustaje i przeszczepiony kawałek zamiera. Przyczyniają się do tego te same drobne komórki, które obserwowaliśmy w walce z bakterjami. Powstają one właśnie w 19 dniu rozwoju kurczęcia i niezwłocznie rzucają się na obce ciało, by je zniszczyć. Lecz uczony potrafi sobie dać z niemi rady; wie on, że można je zabić promieniami Roentgena. Gdy powiedzie mu się to wykonać, obcy szczep rośnie dalej nietylko po 19 dniu, lecz nawet na dorosłem kurczęciu. I czyż bardziej cudownym wyda się fakt, że człowiekowi można wstawić świeży staw zwierzęcy zamiast chorego własnego, lub też, że wzięte z żywego ciała tkanki możemy dalej hodować w naczyniu na stole?

Któż jest tak ociężały, że nie potrafi dokonać w swej wyobraźni skoku od tych faktów do sfinksa lub do Ganeszy, indyjskiego boga o głowie słonia?

3.

A teraz wróćmy jeszcze do skóry, która tak długo nie zdradzała nam wszystkich swych zdolności; średniowiecze posiadało ich zrozumienie, stosując przy torturach zdzieranie jej i palenie. Można jednak wyłączyć jej działanie w jeszcze inny sposób — zobaczymy, jakie to wywrze skutki na pozostałe ciało. Przypuszczalnie ten i ów czytał o pysznym orszaku florentyńskiego księcia, w którym znajdowało się dziecko całkowicie pozłocone; wieczorem dziecko to umarło. Nie wiemy dokładnie, jaka była przyczyna śmierci, prawdopodobnie to samo zatrucie, co i przy oparzeniu skóry. Znamy jednak długi szereg zwierząt, które w podobnych okolicznościach umierają z całkiem nieoczekiwanego powodu — z uduszenia. W pewnem doświadczeniu powleczono całe ciało żaby lakierem nieprzepuszczalnym dla powietrza i żaba udusiła się, choć miała nieuszkodzone i funkcjonujące płuca. I tutaj stajemy przed najbardziej podstawowem zadaniem skóry, które zanika u wyższych zwierząt, zadaniem polegającem na dostarczeniu ciału powietrza, potrzebnego do oddychania, co jest zresztą zrozumiałe, ponieważ skóra styka się bezpośrednio z powietrzem. Możemy jednak zapytać wreszcie, słysząc i używając prawie codziennie słów: oddychać, powietrze niezbędne do oddychania, uduszenie, czy istotnie znane nam jest dokładnie ich znaczenie? Bądźmy prawdomówni i przyznajmy, że nie. Trzeba więc je sobie dobrze wyjaśnić.

Tam oto w kuźni płonie wesoło ogień, koło niego stoi kowal, pokryty sadzą, i dmie miechem, by utrzymać duży płomień. Cóż się dzieje, gdy spala się węgiel, i poco potrzebny jest dopływ powietrza, zapewniony działaniem miecha? Węgiel kamienny, jeśli jest zupełnie czysty, składa

się z pierwiastka chemicznego, węgla, i spala się całkowicie, nie dając żadnych pozostałości. Spalamy go pod kominem, by zużytkować i odprowadzić gazy, wytwarzające się przy tem. Ciało stałe — węgiel — przeobraził się w gaz. Jeśli przetniemy dopływ powietrza lub będzie on niedostateczny (poto potrzebny jest miech) — węgiel się nie spali. By się to stało, potrzebny jest jakiś czynnik, zawarty w powietrzu; jak wiadomo, jest to gaz zwany tlenem. By dowiedzieć się, co zaszło przy spaleniu węgla, wystarczy tylko zbadać gazy, wychodzące przez komin, zapomocą pewnych chemicznych metod; stwierdzimy, że składa się on z węgla i tlenu; a więc węgiel połączył się z tlenem z powietrza i przekształcił się przy tem na gaz zwany dwutlenkiem węgla, spalanie zaś okazało się procesem, polegającym na połączeniu się węgla i tlenu. Jeśli zahamować dopływ tlenu, spalanie ustaje, płomień „dusi się".

Czy orjentujecie się, dokąd zmierzamy? Jeszcze tylko trochę cierpliwości. Płomień z węgla kamiennego wytwarza jednocześnie ciepło, które powstaje podczas wspomnianego chemicznego procesu łączenia się węgla z tlenem. Gdy płomień ów pali się na ruszcie kotła parowego, woda ogrzewa się, zamienia się w parę, para porusza tłoki maszyny, która wykonywa pracę, np. drukuje tę książkę. Energja wyzwolona przy spalaniu może być zamieniona na pracę. Lecz i ciało zwierząt wykonywa nieustanną pracę, na którą musi czerpać skądkolwiek energję, i istotnie pochodzi ona ze spalania, więc z tego samego źródła, co i w maszynie, tylko ze spalania bez ognia. Widzieliśmy jednak, że rzeczą istotną w spalaniu nie jest płomień, lecz łączenie się węgla z tlenem. Węgiel jest zawarty w dużych ilościach w substancji ciała i dla spalenia go potrzebny jest tylko stały dopływ tlenu z powietrza; tak samo w kuźni kowal rozdmuchuje płomień miechem i przez komin musi przepływać prąd powietrza. Ten właśnie dopływ tlenu do organizmu nazywamy oddychaniem.

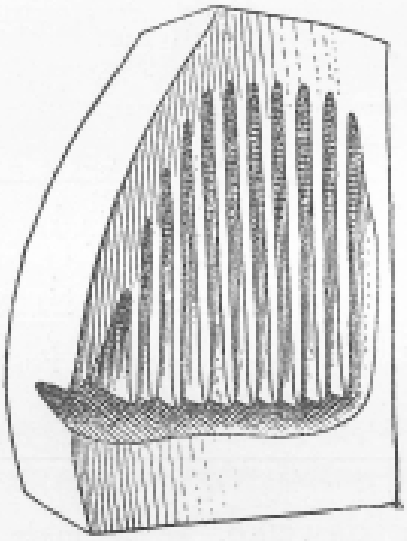
Jakże przebiega ono w szczegółach? Organizmy nie

znajdują się w tak pomyślnych warunkach jak nurek lub strażak, którzy czerpią potrzebny tlen wprost z butli. Zwierzę otoczone jest powietrzem, w którem tlen stanowi tylko piątą część, lub w wodzie, zawierającej tylko nieznaczne ilości powietrza. Należy więc specjalnie troszczyć się o to, by tlen, pierwiastek konieczny dla życia, wydostać z otoczenia i wprowadzić do organizmu na potrzeby spalania. Tę rolę spełnia początkowo u niższych zwierząt skóra; oddychanie skórne przebiega w ten sposób, że tlen przenika w głąb ciała przez skórę a wzamian opuszcza je dwutlenek węgla, produkt spalania w żywym piecu. W tym najprostszym przypadku oddycha cała powierzchnia ciała, a tlen może stąd łatwo przeniknąć tam, gdzie jest potrzebny.

4.

Bardzo duże znaczenie posiada zjawisko, że w ciele zwierząt, tak samo jak w czynnościach ludzi, istnieje wyraźna tendencja do podziału pracy. Tak jak obecnie istnieją doktorzy, specjaliści od poszczególnych części ciała, i robotnicy, wypełniający przez całe życie jeden jedyny chwyt z zupełną doskonałością, w miarę ewolucji świata zwierzęcego widomie wyspecjalizowały się i czynności ciała. Nie będziemy się dziwili, że i skóra, mając wiele innych rzeczy do czynienia, zrezygnowała z funkcji oddychania i przekazała ją specjalnym organom oddechowym, które posiadły prócz tego jeszcze inne znaczenie. Im większą pracę ma wykonać maszyna, tem więcej należy spalić węgla i zużyć tlenu; a więc i ciało o żywszych funkcjach potrzebuje większych jego ilości. Jeśli ten życiodajny pierwiastek przenika do ciała przez skórę wzamian za odpowiednią ilość wydalonego dwutlenku węgla, niewątpliwie zależy jego ilość od wielkości powierzchni skóry, stykającej się z powietrzem lub wodą; w jaki jednak sposób zwiększyć tę powierzchnię zetknięcia, nie zwiększając jednocześnie rozmiarów ciała? Z pewnością nieraz widzieliście wśród dzie-

cinnych zabawek rozkładane na podobieństwo harmonji książki z obrazkami, które złożone nie są większe od zwykłej książki, gdy jednak rozłożyć je, zajmują połowę podłogi i wtedy dopiero można ocenić rozmiary zadrukowanej powierzchni. Organy oddechowe rozwiązują sprawę największej powierzchni w ograniczonej przestrzeni w identyczny sposób. U pająków „płuca“ istotnie wyglądają jak złożona książka i powietrze przenika pomiędzy wszystkie jej kartki (Rys. 28). U innych zwierząt worek, w który zostaje wciągnięte powietrze, rozdzielony jest na miljony drobnych przedziałków, komunikujących się ze sobą, dając w sumie powierzchnię o tyle większą, o ile wszystkie pokoje w domu posiadają większą powierzchnię ścian, niż dom jako całość od zewnątrz (Rys. 29). Wtedy mówimy o płucach. Jeszcze u innych zaznacza się kierunek przeciwny, szczególniej u zwierząt wodnych, które muszą przeciwstawić prądowi wody możliwie dużą powierzchnię, chłonącą tlen; na powierzchni organów oddechowych, skrzel, wyrastają w ogromnej ilości cienkie niteczki, powiększając w ten sposób powierzchnię chłonną (Rys. 30).

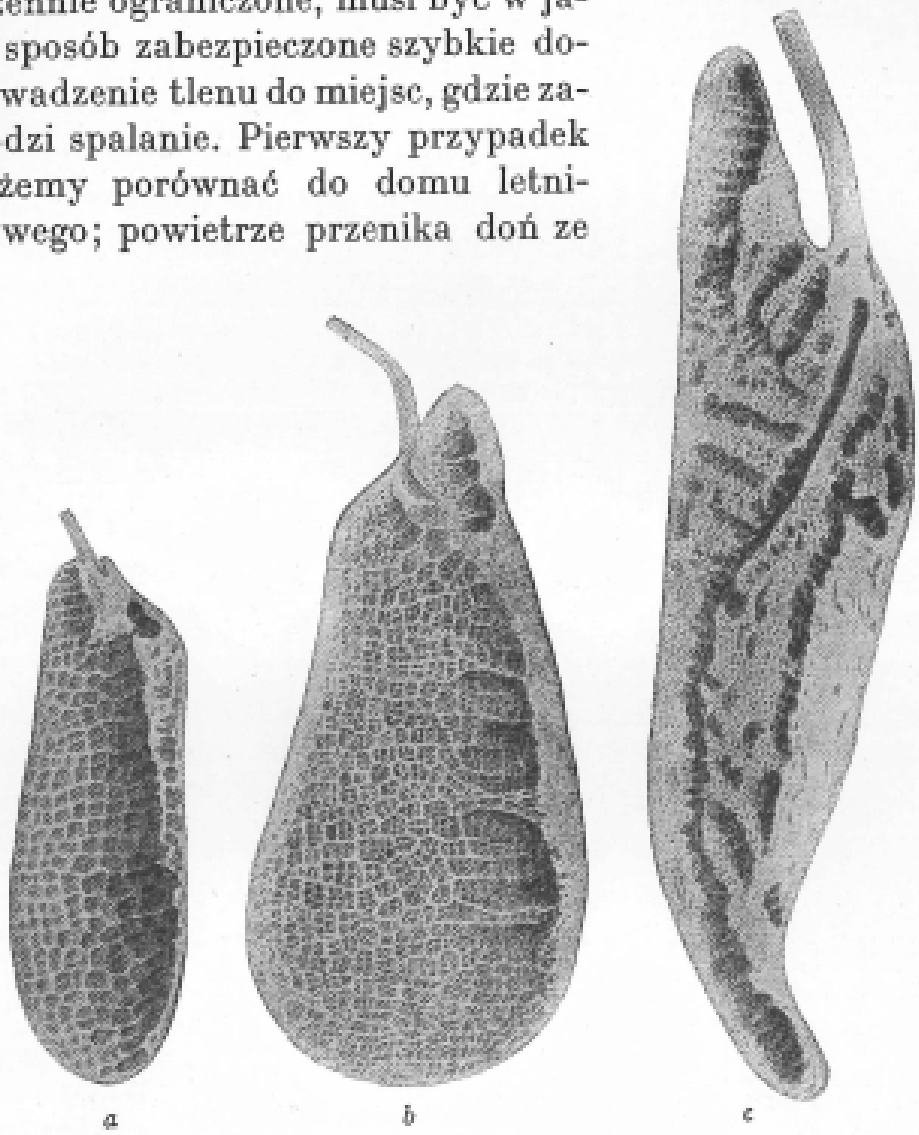


Rys. 28. Przekrój przez „płuco“ pająka: widoczne są poszczególne blaszki, pomiędzy które przenika powietrze.

5.

W ten sposób oddechowa sprawność skóry zostaje zwiększona przez wykształcenie w określonych miejscach wodnych organów oddechowych — skrzel, lub też przez zagłębienie się do wnętrza ciała powietrznych worków oddechowych — płuc. Tutaj jednak nasuwa się nowa trudność. Dopóki oddycha cała powierzchnia skóry, tlen,

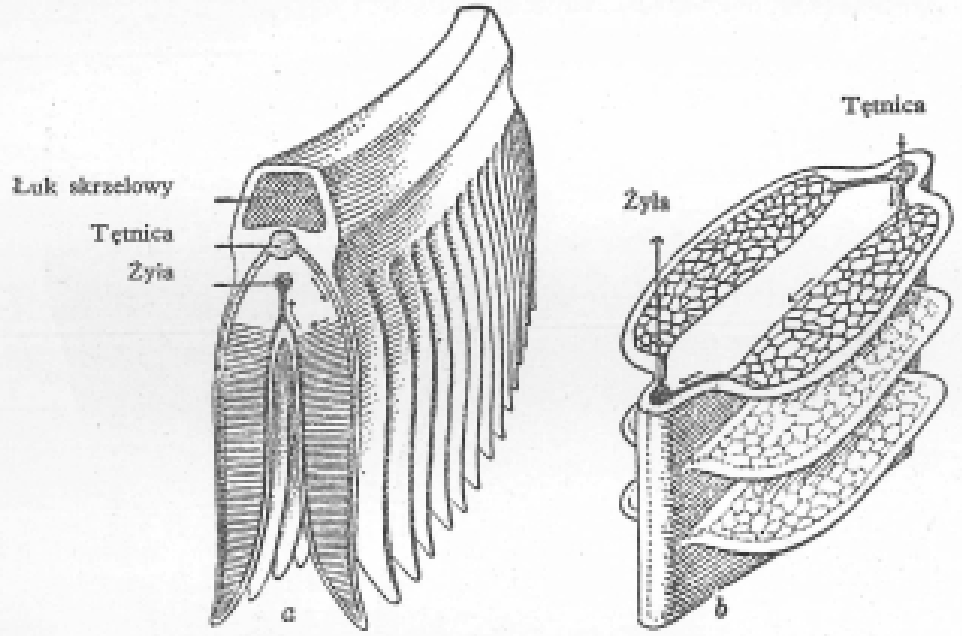
nieodzowny do produkcji energji, może przenikać wszędzie tam, gdzie jest potrzebny do spalania; gdy jednak powstają specjalne organy oddechowe, które są przestrzennie ograniczone, musi być w jakiś sposób zabezpieczone szybkie doprowadzenie tlenu do miejsc, gdzie zachodzi spalanie. Pierwszy przypadek możemy porównać do domu letniskowego; powietrze przenika doń ze



Rys. 29. Płuca gadów, ilustrujące rozwój wewnętrznej powierzchni na drodze wykształcania coraz mniejszych kamer. a) płuco *Hatteria*, b) płuco *Agama*, c) płuco *Varanus*.

wszystkich stron, w drugim przypadku mamy do czynienia z kopalnią, do której powietrze może dochodzić tylko przez wąski szyb i przewietrzanie należy uskuteczniać na drodze sztucznej. Sposób, w jaki dochodzi ono do skutku,

może być bardzo rozmaity. Przez całą kopalnię (ciało) możemy przeprowadzić rury wentylacyjne, uchodzące do szybu i rozprowadzające świeże powietrze do wszystkich zakątków, a usuwające zepsute. Ten system przewietrzania istotnie spotykamy w pewnej grupie zwierząt — u owadów. Z otworów, położonych na powierzchni ciała, prowadzą do wnętrza ciała cienkie rurki, rozgałęziając się coraz

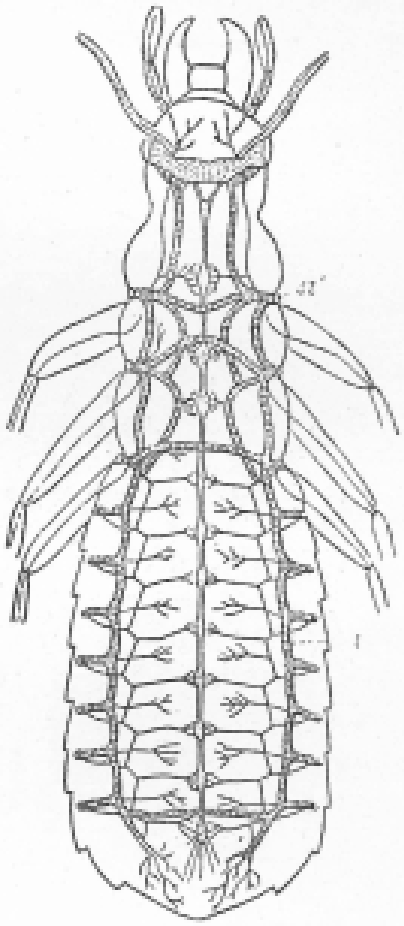


Rys. 30. a) Kawałek skrzela rybiego z blaszkami skrzelowemi, b) mały kawałeczek blaszki skrzelowej w dużem powiększeniu ilustruje nam dokładniej położenie naczyń krwionośnych, zaopatrujących go w krew.

bardziej i oplatając wszystkie części ciała cieniutką siatką (Rys. 31). Przez nie powietrze dochodzi wszędzie, gdzie potrzebny jest tlen, i również przez nie uchodzi dwutlenek węgla, wymieniony na tlen. By utrzymać stały prąd powietrza, pracują nieprzerwanie pompy w kopalni. Czy nigdy nie obserwowaliście osy, siedzącej na kawałku cukru, i nie zauważyliście, jak odwłok jej nieustannie pęcznieje i ściąga się? To właśnie pracują owe pompy.

O wiele bardziej skomplikowany jest system wenty-

lacji przy oddychaniu płucnem i nie można się tu powołać na żaden przykład dzieł rąk ludzkich. Płuca są workami, które naprzemian napełniają się powietrzem świeżem, bogatem w tlen (wdech), i usuwają zużyte, zawierające dwutlenek węgla (wydech). Musimy poszukać pompy, która to warunkuje, i znajdujemy ją u człowieka i ssaków w postaci klatki piersiowej i przepony brzusznej, wykonywających ruchy oddechowe. Z płuc tlen przenika w głąb ciała w sposób taki sam, jak przy pierwotnem oddychaniu skórnem, przedostając się z powietrza oddechowego przez cienką ścianę płuc do wnętrza ciała, gdy jednocześnie tą samą drogą wydobywa się dwutlenek węgla. Co się jednak dalej dzieje z tlenem, w jaki sposób dostaje się do poszczególnych komórek z pomiędzy miljonów, potrzebujących go dla spalania? Odpowiednio do znaczenia, jakie posiada dowóz jego dla przebiegu procesów życiowych, zatroszczono się o doskonałą instalację, która doprowadza tlen do najdalszych zakątków ciała, oddając go i jednocześnie zabierając i usuwając dwutlenek węgla. Tą instalacją jest system naczyń krwionośnych. W cienkich ścianach płuc — podobnie jest i w skrzelach (Rys. 30) — założona jest gęsta sieć cieniutkich naczyń krwionośnych (Rys. 32), i krew, znajdująca się wewnątrz nich, wchłania tlen, przenikający przez ścianę płuc. Z prądem krwi dostaje się on do głównej stacji pomp — do serca i stąd rozchodzi się tętnicami wraz z substancjami od-

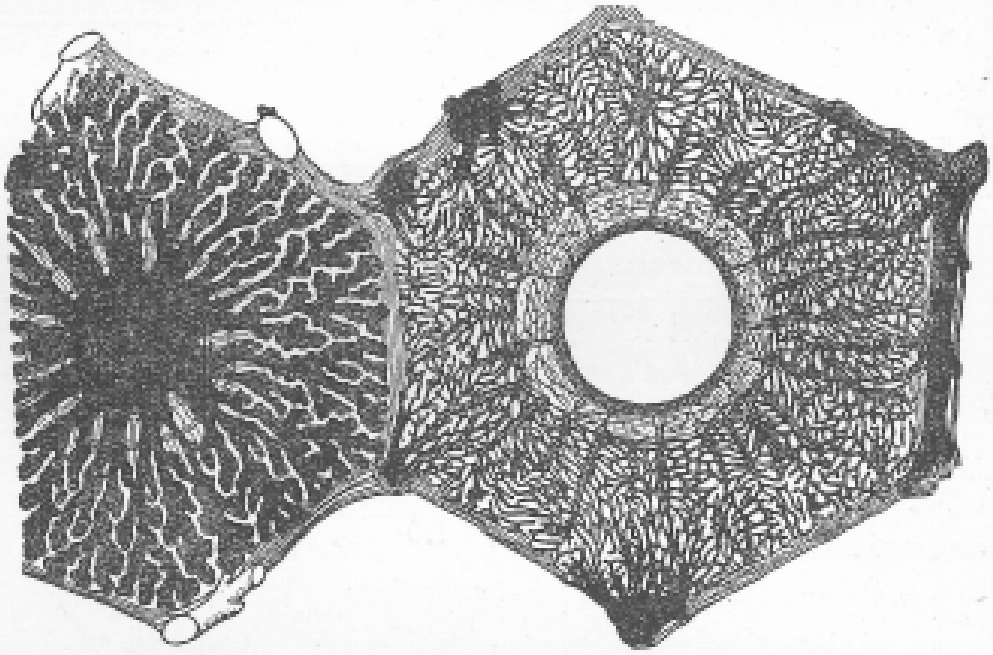


Rys. 31. Układ rurek powietrznych (tchawek) owada. l) pień podłużny, st) otwory oddechowe.

żywczemi po całem ciele do wszystkich jego zakątków. Krew, przesycona zamiast tlenu dwutlenkiem węgla, spływa żyłami zpowrotem do serca; wypompowana następnie do płuc, oddaje nazewnątrz zapas tego gazu.

6.

A teraz wypada nam znów zająć się glistą, o której tak brzydko zapomnieliśmy; czy i ona oddycha? Jest



Rys. 32. Przekrój dwóch pęcherzyków płucnych ptaka. Z lewej strony wielokrotnie rozgałęziona przestrzeń powietrzna napełniona została ciemną masą, z prawej zaś zaczerniona jest tylko sieć naczyń krwionośnych, otaczająca ową przestrzeń.

przecież pozbawiona powietrza i tlenu tam, we wnętrzu jelit. Jeśli wyjąć ją stamtąd i umieścić w naczyniu z wodą przesyconą dwutlenkiem węgla — żyje sobie najspokojniej w dalszym ciągu, gdy tymczasem ryba musiałaby zdechnąć w tych warunkach już po kilku minutach. Ponieważ zaś glista nietylko żyje, ale i porusza się, musi zachodzić w niej spalanie, dostarczające energji ku temu. Skąd jednak czerpie konieczny tlen? A może wynalazła jakiś inny sposób

wytwarzania energji? Odpowiedź na to pytanie nie jest odrazu zrozumiała, tak, że musimy zrobić mały wypad w dziedzinę chemji.

Chemja poucza, że każde ciało, o ile nie jest pierwiastkiem chemicznym w rodzaju złota, srebra, żelaza, siarki, chloru, składa się z określonych ilości tych pierwiastków lub elementów i że mianowicie w połączenia wstępują określone ilości najmniejszych cząstek materji, zwane atomami. Do takich pierwiastków zaliczamy też węgiel, wodór i tlen. Chemik potrafi rozłożyć dany związek na pierwiastki, z których się składa, lub na inne połączenia tychże pierwiastków. Woda naprzykład zawsze składa się z dwóch atomów wodoru i jednego atomu tlenu. Jeśli przepuścić przez nią prąd elektryczny, rozkłada się na dwa gazy — czysty tlen i czysty wodór. Cukier składa się z 6 atomów węgla, 12 atomów wodoru i 6 tlenu; mogą one tak się przestawić, że powstaną dwa nowe związki, jeden z 2 atomami węgla, 6 wodoru i 1 tlenu, noszący nazwę alkoholu, i drugi z 1 atomem węgla i 2 atomami tlenu — dwutlenek węgla; z jednej porcji cukru powstają po 2 porcje tych połączeń. Czyż nie jest to jasne? A teraz uwaga: mamy do rozporządzenia 6 czerwonych klocków drewnianych, które nazwiemy klockami węglowemi, 12 niebieskich klocków wodorowych i 6 żółtych — tlenowych. Możemy z nich wszystkich ułożyć wzór, imitujący słodki cukier; możemy jednak z tego samego materjału ułożyć i inne wzory. Naprzykład piękny wzorek, noszący nazwę alkoholu; wymaga on 2 klocków węglowych, 6 wodorowych i 1 tlenowego. Gdy go ułożymy, okaże się, że pozostało nam jeszcze dość materjału na powtórzenie wzoru po raz drugi. W ten sposób zużyliśmy 4 czerwone, wszystkie 12 niebieskich i 2 żółte klocki, a pozostały jeszcze 2 czerwone klocki węglowe i 4 żółte tlenowe; istnieje prosty wzór, zwany dwutlenkiem węgla, składający się z 1 węglowego i 2 tlenowych klocków, który z naszej reszty budulca możemy zbudować dwukrotnie. W ten sposób z jednego wzoru cukru mogliśmy

ułożyć 2 wzory alkoholu i 2 dwutlenku węgla, zużytkowując tylko materjał budowlany cukru.

Cóż jednak zmusza cukier do rozkładu na alkohol i dwutlenek węgla? Przecież nic innego, jak zwykła fermentacja, pod której działaniem ze słodkiego, bogatego w cukier, soku gronowego wytwarza się kwaśny, wolny od cukru moszcz, zawierający alkohol i dwutlenek węgla. Czem jest fermentacja, wiemy dokładnie: rozkładem, zwykle przy pomocy enzymów, w tym przypadku — drożdży.

Cóż to wszystko ma wspólnego z naszem pytaniem? Wyjaśnimy to niezwłocznie. Energję, potrzebną dla przebiegu procesów życiowych, zwykle dostarcza spalanie pożywienia, i istotnie jest to doskonały sposób otrzymywania maksymalnej ilości żywej siły z danej ilości pokarmu. Askaryda jednak żyje w całkiem szczególnych warunkach, żywność znajduje w nieograniczonych ilościach, robak pławi się w niej poprostu i nie potrzebuje być z tego powodu zbyt oszczędnym. Wyjdzie ona na swojem nawet w tym przypadku, jeżeli będzie przerabiała pokarm w inny sposób, bardziej nieekonomiczny niż spalanie, i wyzyska tylko niewielką część energji możliwej do wydobycia. Zresztą askaryda nie potrzebuje zbyt dużo energji, ponieważ nie zdobywa w czynny sposób pokarmu, ani nie broni się przed wrogami, ani nawet nie wytwarza własnej ciepłoty ciała. I rzeczywiście daje sobie radę bez spalania i opędza swe potrzeby minimalną ilością energji, wyzwalającej się podczas fermentacji. Wszystkie komórki glisty wypełnia pewna substancja, wytworzona z pobranego pokarmu, którą można porównać do roślinnej skrobi, np. kartoflanej, i stąd zwanej skrobią zwierzęcą[1]. Tak jak w naszym poprzednim przykładzie cukier przefermentował na alkohol i dwutlenek węgla przy pomocy enzymu zawartego w grzybkach drożdżowych, tak i w ciele glisty skrobia

[1] Czyli glikogenem.

zwierzęca fermentuje na cuchnący kwas tłuszczowy, dwutlenek węgla i wodór. Proces ten zastępuje u glisty spalanie, niemożliwe wskutek braku tlenu; podobne zjawiska zachodzą u wszystkich tych zwierząt, które potrafią żyć w środowisku beztlenowem.

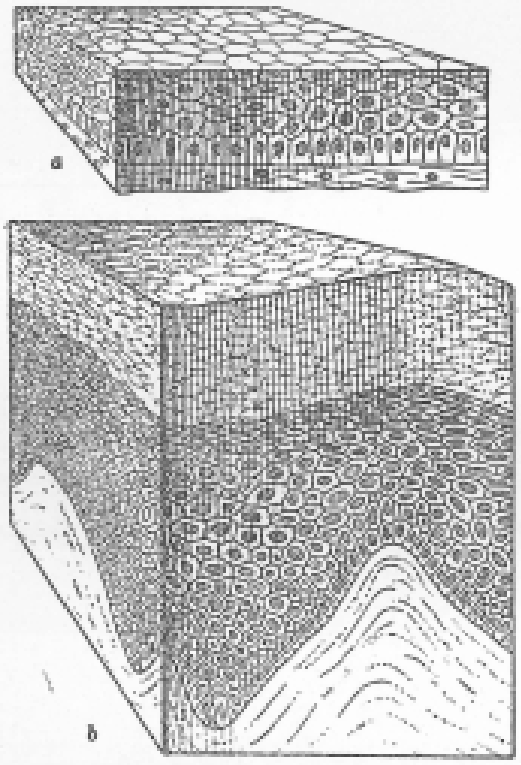
7.

A teraz wróćmy raz jeszcze do skóry, aby ujść przed zarzutem, że, przyglądając się drzewom, zapomnieliśmy o lesie; słyszeliśmy już o niej najrozmaitsze rzeczy, prócz tego, co stanowi przecież jej najpierwsze zadanie: ochrony ciała przed zewnętrznemi uszkodzeniami. A zadanie to jest z pewnością główne z pomiędzy innych, zresztą tak bardzo różnorodnych.

Ktokolwiek próbował przeciąć skórę hipopotama, słonia, nosorożca, krokodyla — nie potrzebuje więcej żadnych na to dowodów; mimo to nie zawadzi dowiedzieć się, jak różnorodnemi sposobami rozwiązuje przyroda powyższe zadanie.

Pierwotnie skóra jest tak samo miękka, jak większość wewnętrznych części ciała, a gdy ponadto komórki jej wydzielają śluz, powlekający jej powierzchnię, mamy do czynienia z miękką, śliską skórą żaby, robaka, ślimaka, wzbudzającą wstręt w wielu ludziach. Jeśli skóra taka ma się stać bardziej odporna i mocna, stosuje się metodę, używaną do wzmacniania progów kolejowych lub desek do szalowania domów, polegającą na przepajaniu ich odpowiednim uodporniającym płynem. Komórki skóry czynią to, odkładając w swem wnętrzu drobne ziarenka stałej substancji, zbliżonej do rogu. Wypełnia ona wkońcu całą komórkę, która zamienia się i przekształca na rogową łuseczkę; jeśli zjawisko to zachodzi z miljardami komórek, wkońcu całe ciało pokrywa zrogowaciała skóra, pod którą leży warstwa skóry miękkiej, żywej, produkującej wciąż nowe łuseczki rogowe na miejsce złuszczonych z powierzchni. Dzieje się tak i ze skórą ludzką (Rys. 33). Człowiek

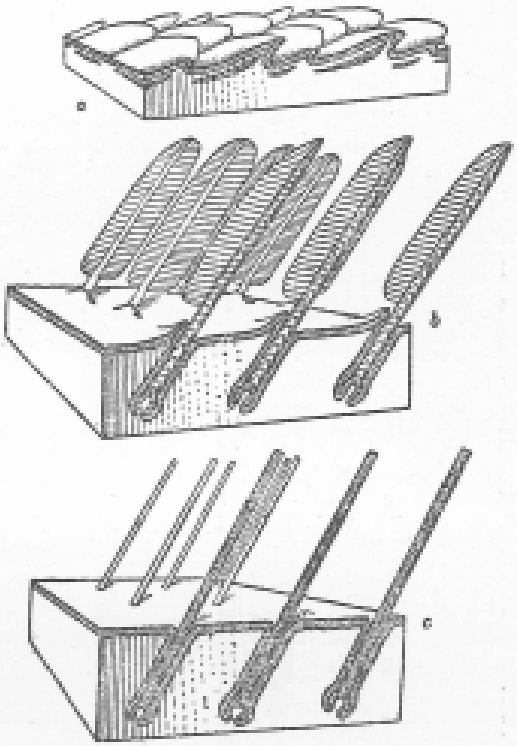
może się zadowolić taką cieniutką koszulką pancerną, ponieważ potrafi sobie sprawić piękną, mocną zbroję, gdy wystawia swą skórę na szwank. Skóra zwierząt sama jest płatnerzem i w razie potrzeby przekształca się na potężny pancerz. Jaszczurki i łuskowce posiadają pancerz z łusek rogowych, odpornych na ukłucia i razy, krokodyle i pancerniki imponujące płyty pancerne. Lecz najbardziej oryginalne pancerze służą ku obronie od codziennego, choć niezwyciężonego wroga — chłodu. Nieskończone mnóstwo drobnych, zrogowaciałych komórek skupia się razem i wyrasta z powierzchni skóry jako cienki, długi wyrostek, włos, a ogromne ilości włosów tworzą ciepłe futro. Lub też rogowy wyrostek rozgałęzia się kilkakrotnie na obie strony, i w rezultacie nad skórą wznosi się szczególny twór, zwany przez nas piórem; pióra również rosną jedno przy drugiem i tworzą ciepłą powłokę dla ciała (Rys. 34).



Rys. 33. a) Kawałek naskórka żaby, na którym widzimy poszczególne warstwy komórek, b) ta sama część skóry ludzkiej. Ponad komórkami żywemi leży warstwa zrogowaciałych.

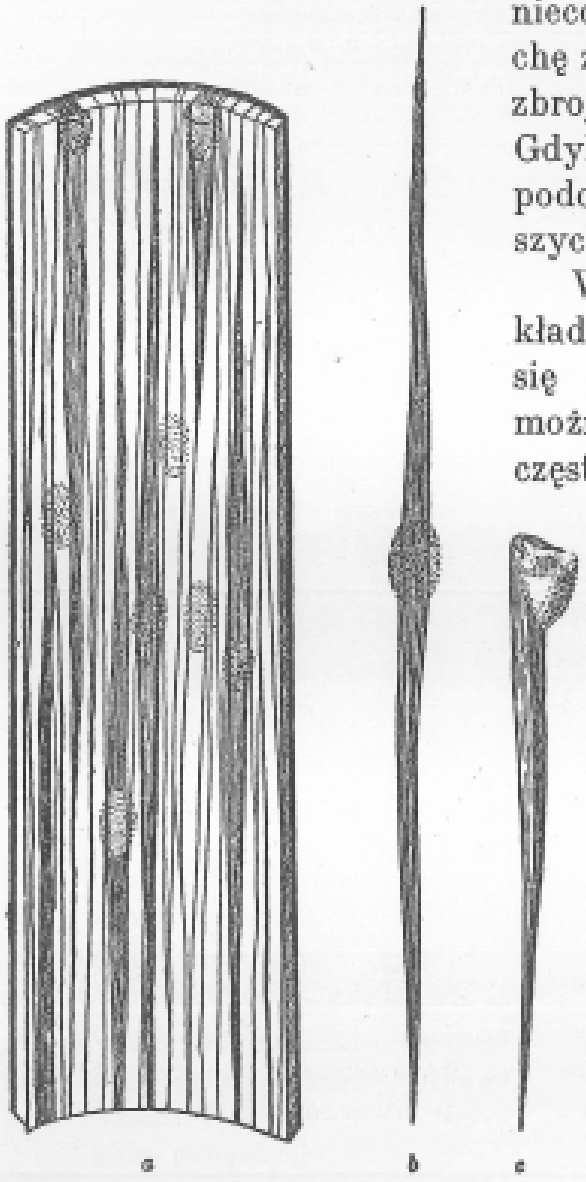
Ściana domu, czyli jego skóra, może go wtedy tylko zabezpieczać od działania zewnętrznego świata, gdy jest dostatecznie gruba i mocna. Lecz i cienka ściana może chronić od siekącego deszczu, gdy jest oszalowana; jest to, mówiąc obrazowo, drugi sposób ochrony, jaką się posługuje miękka skóra, z tą tylko różnicą, że oszalowania nie

nakładają z zewnątrz robotnicy, lecz znajdują się oni w samej ścianie w postaci żywych komórek skóry, wydzielających oszalowanie z własnego ciała. Taka właśnie wydzielona i stwardniała powłoka zewnętrzna stawiała opór nożowi, gdyśmy usiłowali rozciąć askarydę. Całe grupy zwierząt charakteryzują się nawet tem, że skóra ich wytwarza wokół całego ciała całkowity pancerz z t. zw. chityny — mamy tu na myśli owady, raki, pająki. Może kto z czytelników próbował rozbić szczypce homara i przekonał się przytem, jak mocny jest chitynowy pancerz tego raka; lecz jest on wprost upośledzony w porównaniu z pewnemi małżami. Muszla ostrygi i ślimaka jest bowiem również wydzieliną miękkiej skóry zwierzęcia; wydzielona masa, bogata w węglan wapnia, szybko zastyga w skorupę, twardą jak kamień. W tym przypadku wydziela ją nie cała powierzchnia skóry, lecz określona jej partja, ukształtowana w ten sposób, że małż może całe pozostałe ciało wciągnąć do muszli. Wzrost odbywa się na brzegach muszli; jakże jednak może rosnąć rak, zamknięty w pancerzu? Jest to istotnie interesująca sprawa; przedewszystkiem skóra jego oddziela się nieco od pancerza, fałduje się i tworzy nowy, miękki pancerz pod starym, a następnie fałdy zaczynają się rozprostowywać, ciało



Rys. 34. a) Kawałek skóry ryby z łuskami pod naskórkiem. b) skóra ptaka z piórami, wytworzonemi przez komórki skóry, c) skóra ssaka z włosami, również wytworzonemi przez nie.

rozdyma się i przerywa w jakiemś miejscu stary pancerz. Zwierzę z zadowoleniem wydobywa się ze starego odzienia, nieco rośnie i z początku trochę za duża i za szeroka jego zbroja szybko twardnieje. Gdyby tak dało się zrobić coś podobnego z ubraniami naszych dzieci!



Rys. 35. Część ściany ciała askarydy z warstwą wrzecionowatych komórek mięśniowych, ułożonych ściśle obok siebie, b) pojedyńcza komórka mięśniowa, w c) przecięta na poziomie jądra.

W przytoczonych przykładach sama skóra troszczy się o własną obronę. Nie można jednak przemilczeć, że często przychodzi jej na pomoc sąsiednia potencja, a mianowicie tkanka leżąca pod miękką powłoką komórek skóry, składająca się ze ściśle przeplecionych między sobą włókien, tworzących grubszą lub cieńszą warstwę, mocną jak — podeszwa. Powiedzenie to nie jest tylko obrazowe, gdyż istotnie z warstwy tej, zwanej skórą właściwą, po wygarbowaniu, otrzymujemy podeszwy i rzemienie. W tej to warstwie mogą odkładać się ponadto złogi twardej substancji, najczęściej związków wapnia, tak, że pod miękką skórą tworzy się twardy pancerz, który spotykamy w postaci łusek u ryb lub płyt u ryb pancernych. Naj-

szersze zastosowanie znalazł on u przedpotopowych potworów, których szczątki przechowała nam ziemia. Olbrzymie pancerniki amerykańskie były wędrującemi wieżami fortecznemi, którym mogły dać rady tylko mocne jak stal zęby pewnego gatunku tygrysa, podobnie jak nowoczesne opancerzenia mogą przebić tylko specjalne pociski. Wydaje się, że wraz z najbardziej pomysłową obroną wykuwa się i oręż na nią; tak było i w owych starych, dobrych czasach ubiegłych epok geologicznych.

ROZDZIAŁ CZWARTY

LIMFA, MIĘŚNIE, RUCH

Nareszcie jednak zaspokoimy naszą niecierpliwość i rozetniemy askarydę. Zapomocą ostrego noża sekcyjnego rozcinamy robaka wzdłuż linji środkowej. Ponieważ już uprzednio przecięliśmy skórę, pozostała tylko cienka, miękka błonka, poza którą nóż nie napotyka już żadnego oporu, a z otwartej jamy ciała robaka wypryskuje wodnista, czerwonawa ciecz. Należy zachować pewną ostrożność w stosunku do niej, gdyż jest trująca, choć dotąd nie wiemy dokładnie, jaką mianowicie truciznę zawiera; szczególne jest to, że trucizna działa nie na wszystkie osoby; istnieją ludzie, którzy mogą całemi latami pracować nad temi robakami, nie doświadczając żadnych ujemnych skutków, nawet gdy ciecz owa pryśnie im w oczy. Inni natomiast są na nią niesłychanie wrażliwi. Przypominam sobie jednego z mych kolegów, który był do tego stopnia wrażliwy na działanie trucizny, że gdy wchodził do sali, gdzie sekcjonowano askarydy i gdzie unosił się nieuchwytny dla innych zapach tej cieczy, w oczach jego natychmiast zachodziły pewne chorobliwe zmiany, na szczęście wyglądające bardziej groźnie, niż były w istocie. Ja sam przeszedłem przez wszystkie stopnie zatrucia. Z początku, gdy zaczynałem pracować nad pewnemi zagadnieniami, dla których askarydy stanowią najodpowiedniejszy materjał, nic niepokojącego nie odczuwałem. Po pewnym czasie zaczęły reagować moje błony śluzowe w formie chronicznego kataru, tak przytem uporczywego, że profesor, pod którego kierunkiem pracowałem, przezwał mnie imieniem bohatera znanej książki, któremu nic się w życiu nie udawało, gdyż w rozstrzygającej chwili musiał kichać. W ciągu roku zjawiska owe tak się zaostrzyły, że codziennie rano miałem atak astmy; dopiero wówczas

zdałem sobie sprawę z przyczyn choroby, która ustąpiła, gdy zaprzestałem pracy nad askarydami. Nawet obecnie jestem do tego stopnia wrażliwy, że gdy tylko znajdę się w pracowni, w której pracuje się nad askarydą — natychmiast zaczynam kichać.

1.

Z pewnością każdy czytelnik zna tego rodzaju fakty; są ludzie, którzy nie mogą jeść raków lub poziomek, gdyż dostają wysypki lub innych objawów zatrucia, gdy tymczasem inni nie doznają najmniejszych zaburzeń. Nasuwa się przypuszczenie, że mamy tu do czynienia ze zjawiskami mniej więcej tego samego rodzaju, co z wrażliwością lub niewrażliwością (w tym przypadku mówimy o odporności) na trucizny, wytwarzane przez bakterje, naszych zaciętych wrogów; wiemy przecież o kimś, że jest bardziej niż inni skłonny do zaziębienia, spowodowanego atakiem bakteryj na wrażliwe błony śluzowe; ów zaś jest bardziej wrażliwy na bakterje gruźlicy, niż ktoś inny. Następnie wszyscy dziś wiedzą, że zarówno ludzi, jak zwierzęta można na drodze sztucznej uodpornić przeciwko działaniu wielu trucizn bakteryjnych i jadów. Znów więc stajemy wobec zdolności organizmu celowego reagowania na wymagania zewnętrznego świata i obrony przed uszkodzeniami.

W walce organizmu z obcemi jadami głównym terenem boju jest krew; hordy bakteryj przeniknęły w głąb ciała i jady ich grożą mu zagładą. Słyszeliśmy już, jak białe ciałka krwi odpierają ten atak, pożerając napastników; są one bezsilne wobec trucizn, krążących we krwi. Na nie reaguje krew (narazie obojętne, jaki mianowicie jej element), wytwarzając rodzaj przeciw-jadu. Wyobraźmy sobie, że trucizna ta jest ciałem chemicznem o złożonej budowie, tak przytem „gładkiem", że nie można go „zaczepić", a tylko w jednem miejscu posiada występ, za który można uchwycić; substancje, wytworzone przez krew, należy przedstawić sobie wtedy w ten sposób, że

posiadają niejako szczypce, dokładnie pasujące do uchwytu w truciźnie, zapomocą których natychmiast chwytają go i przytrzymują. Jest to oczywiście przenośnia, nie tak jednak daleka od rzeczywistości, jakby się mogło wydawać; szczypce i uchwyty należy zamienić na siły powinowactwa chemicznego — a będziemy bliscy prawdy. Jasne jest, że organizm staje się niewrażliwy na atakujące go trucizny, gdy rozporządza koniecznemi substancjami ochronnemi. Rozumiemy też, dlaczego jesteśmy odporni na pewne choroby, któreśmy raz przebyli; wytworzone wtedy substancje ochronne, przeciw-ciała, znajdują się we krwi i odpierają ataki jadów.

Obecnie nauczono się pomagać krwi w walce z chorobą, zastrzykując do niej substancje ochronne, wytworzone sztucznie; jak cudowne rezultaty można osiągnąć na tej drodze, powinni wiedzieć wszyscy. Weźmy naprzykład jadowite żmije, których ukąszenie powoduje śmierć mnóstwa ludzi w ciepłych krajach. Jeśli jad ich zostanie zastrzyknięty w odpowiedniej, nie śmiertelnej dawce koniowi lub krowie, krew tych zwierząt wytwarza odpowiednie przeciw-ciała. Gdy teraz człowiek zostanie ukąszony przez żmiję, lekarz zastrzykuje mu krew danego zwierzęcia, oczyszczoną i starannie przygotowaną w postaci serum lub szczepionki, a zawarte w niej substancje ochronne podejmują walkę w ciele pacjenta. Zabieg ten jest skuteczny zarówno w wypadkach jadów bakteryjnych, jak pochodzących z ukąszenia żmij; w pierwszym przypadku zastrzykuje się zwierzęciu dostarczającemu serum odpowiednią dawkę bakteryj. O krok dalej prowadzi szczepienie ochronne, a więc wprowadzenie do organizmu przeciwciał zawczasu, nie czekając, aż w organizmie pojawią się bakteryjne jady. Podczas wielu chorób wytworzyć można nawet bezpośrednio u człowieka przeciw-ciała, zastrzykując masy martwych bakteryj. Jak wielkie znaczenie posiada ten zapobiegawczy środek dla dobra ludzkości, trudno nawet wyrazić słowami i można tylko współczuć ludziom,

którzy z ciemnoty i fanatyzmu zwalczają te błogosławione zabiegi. Zastanawiająca to sprawa, jak ludzkość przekłada wszystko niezrozumiałe, tajemnicze, nadnaturalne, a często nawet nierozsądne, ponad proste i rozumne. Gdy pewnego razu wędrowałem przez odcięte od świata okolice Alp japońskich, spostrzegłem, że na granicy wiosek rozciągnięty był przez drogę sznur, na którym powiewało na wietrze kilka poświęconych papierków; mój przewodnik wyjaśnił, że wioski zabezpieczają się w ten sposób przed zaraźliwemi chorobami; podróżni, przechodzący pod sznurem, zostają oczyszczeni od chorób. W samych wioskach widywałem często przyklejone na drzwiach afisze, z odbiciem w tuszu dziecinnej dłoni. Dowiedziałem się, że w tych domach znajdują się chore dzieci, które mają wyzdrowieć z chwilą, gdy afisz ten ujrzy tysiączny podróżny. Musiałem sobie jednocześnie z trudem uświadomić, że jeszcze niedawno przecież byłem w stolicy prowincji, gdzie zwiedzałem cudowny instytut do zwalczania epidemij, urządzony według europejskich wzorów i wyposażony we wszystkie nowoczesne środki walki z chorobami. Zacząłem rozważać właśnie, jak wielka przepaść istnieje w tym kraju między nauką a ludowym zabobonem, gdy przypomniałem sobie, że w domu na wakacjach przez całe lata sąsiadowałem z pewną wiejską „doktorką", która rozpoznawała wszystkie choroby na zasadzie oględzin moczu, leczyła ziołami i wzbogaciła się na swem oszustwie. I dałem wtedy spokój rozważaniom o zabobonach, panujących w obcych krajach.

Lecz wróćmy do jadu askarydy, który powiedział nam o innem ciekawem zjawisku, o niezwykle wzmożonej wrażliwości nań pewnych osób; i ono jednak nie jest czemś odosobnionem, tworząc w pewnem znaczeniu przeciwieństwo uodpornienia. To drugie polega na tem, że po zaszczepieniu jadu wytwarzają się przeciw-ciała, skierowane wyłącznie ku unieszkodliwieniu tego właśnie jadu. W pewnych razach zachodzi coś wręcz przeciwnego: jeśli w do-

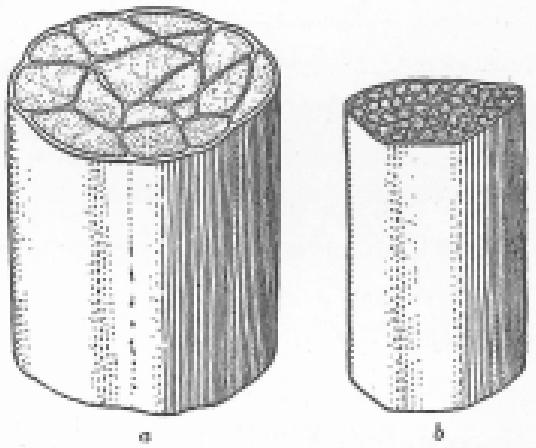
świadczeniu zastrzyknąć zwierzęciu pewną dawkę jadu i po pewnym czasie drugą, wystarcza nieskończenie mała ilość tego jadu, normalnie całkiem nieszkodliwa, by sprowadzić momentalną śmierć zwierzęcia wśród szczególnych objawów; stało się ono nadwrażliwe. Zdumiewające jest ponadto, że zastrzyknięta substancja niekoniecznie sama musi być jadem. Tak jak podczas uodpornienia krew wytwarza substancje ochronne, przy zastrzyku jakichkolwiek obcych ciał białkowych wytwarza specjalne związki, skierowane przeciw nim. Samo zjawisko, a przynajmniej jego zastosowanie przy rozpoznawaniu zbrodniarzy, jest powszechnie znane. Jeśli zastrzyknąć królikowi krew węgorza, wytwarza w swej krwi określone substancje, skierowane przeciw krwi węgorza i tylko węgorza. Jeśli następnie zmieszać taką krew z czystą krwią węgorza, w klarownej uprzednio cieczy wystąpi kłaczkowaty osad, opadający na dno naczynia i powstający wyłącznie po dodaniu krwi węgorza. Gdy więc np. na nożu znajdują się ślady krwi i chcemy stwierdzić, czy jest to krew ludzka, należy zmieszać roztwór tych resztek z krwią zwierzęcia doświadczalnego, któremu uprzednio zrobiono zastrzyk krwi ludzkiej; jeśli przytem powstanie osad — ślady pochodziły z krwi ludzkiej.

Wracając do sprawy nadwrażliwości, z którą zapoznaliśmy się przy okazji askarydy na własnej skórze, należy zaznaczyć, że może ona zostać osiągnięta nietylko przy pomocy jadu, lecz i obcego białka, działającego jak trucizna. Jeśli śwince morskiej zastrzyknąć kurze białko, po pewnym czasie wystarczy tylko ślad jego, by po zastrzyknięciu spowodować śmierć świnki.

Lecz dość tego! Pokusiliśmy się mówić o tem, do czegośmy właściwie jeszcze nie mieli prawa, gdyż w chwili, gdy z rozciętego ciała glisty wytrysnęła złośliwa ciecz, rozpreparowaliśmy dopiero miękką, cienką błonę, o której nawet nie wiemy jeszcze, na co jest potrzebna. Za chwilę przekonamy się, że opłaci się nie przechodzić nad nią do porządku.

2.

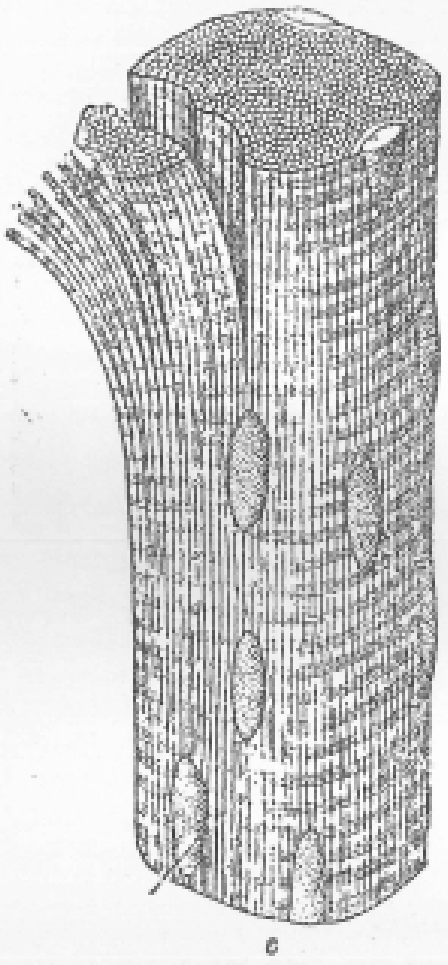
Chcąc dokładniej obejrzeć wspomnianą błonkę, rozchylamy na obie strony przeciętą powłokę ciała, umocowujemy oba płaty zapomocą szpilek i spostrzegamy wtenczas delikatną, jedwabistą tkankę, ułożoną podłużnemi pasmami (Rys. 35a) — są to mięśnie robaka. Wydaje się to dziwne, gdyż przywykliśmy do całkiem innego wyglądu mięśni. Bydlęce lędźwie są typowemi mięśniami, zwiemy je mięsem, gdy się je używa do jedzenia; lecz askaryda nie jest krową, i jej mięśnie mogą wyglądać na pierwszy rzut oka całkiem inaczej. A jednak, po dokładnem zbadaniu, różnice zacierają się coraz bardziej, ograniczając się do szczegółów, i zasadniczo jeden z nich powie nam to samo, co i drugi. Aby przekonać się o tem, należy je ze sobą porównać.



Rys. 35a. a) Mięsień, składający się z poszczególnych wiązek włókien, b) jedna z wiązek w dużem powiększeniu; widoczne są pojedyńcze włókna mięsne.

Duży kawał „mięsa“ bydlęcego wydaje się nam jedną całością — jednak przypominamy sobie, że po ugotowaniu widać wyraźnie, iż składa się z licznych włókien podłużnych, które na talerzu przecinamy poprzecznie. Jeśli zbadać taki mięsień, posługując się dokładnemi anatomicznemi metodami, przekonamy się, że dzieli się na długi szereg jednakowych wiązek, zawierających wielką ilość włókien. Jeśli wiązki te rozpreparować dalej, stwierdzimy, że one również dzielą się na mniejsze, te na jeszcze mniejsze, aż wkońcu dojdziemy do włókien, które się dalej rozdzielić na mniejsze elementy nie dają. Mamy wtedy przed sobą nieskończenie delikatne, cieniutkie — cieńsze

niż włos — niteczki lub włókienka, wyglądające jednakowo. Są to zasadnicze elementy budowy mięśnia, składające się miljonami na zwykły mięsień bydlęcy lub każdy inny. Nazywamy je włóknami mięsnemi i nie zdziwi nas wiadomość, że są to również komórki a raczej słupy zlanych z sobą komórek (Rys. 36); czynność ich, miljonkrotnie powielona, daje w sumie pracę mięśnia. A teraz zbadajmy w ten sam sposób warstwę mięśni askarydy; nie uda się nam przy tem wypreparować pojedyńczego mięśnia, jakie spotykamy np. u bydła. Jeśli jednak rozszarpać igiełkami tę warstwę, wkrótce natrafimy na nieskończenie subtelne włókienka, o których mięśniowej naturze pouczy nas z łatwością mikroskop (Rys. 35 b, c). Chociaż w drobnych szczegółach budowa ich jest odmienna od budowy mięśni bydlęcych, lecz zasada jest jednakowa. Główna różnica polega na następującem: u bydła pojedyńcze włókna zebrane są w pewne całości, mięśnie, i muskulatura ciała składa się z takich poszczególnych mięśni, wprawiających w ruch tułów i kończyny (lędźwie były tylko jednym z nich), askaryda natomiast posiada muskulaturę, składającą się z równomiernej, cienkiej warstwy włókien mięsnych, niepołączonych w grupy (mięśnie), lecz ułożonych wolno pod skórą;



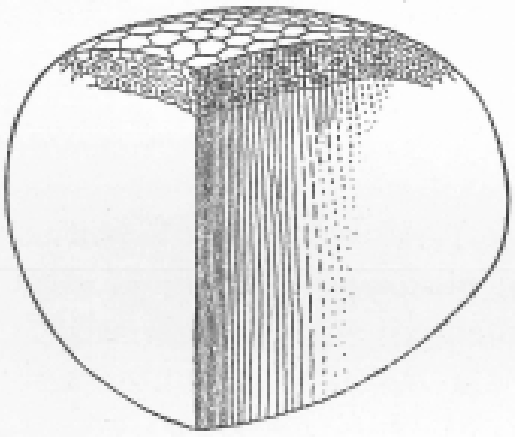
Rys. 36. Włókno mięsne w dużem powiększeniu z jądrami komórkowemi i poszczególnemi, poprzecznie prążkowanemi, włókienkami kurczliwemi.

ukształtowanie takie nazywamy skórnym worem mięśniowym, charakterystycznym dla większości robaków. U różnych zwierząt występują wszystkie możliwe do pomyślenia formy połączeń włókien mięsnych w wiązki, błony, pierścienie, sieci i t. d. Rozumiemy teraz, dlaczego włókna mięsne glisty uczą nas tego samego, co każdy inny mięsień; chociaż działanie mięśnia może być spotęgowane skupieniem wielkiej ilości włókien, jednak w ostatniej instancji chodzi o to, co się dzieje w każdem pojedyńczem włóknie. Należy się więc teraz bliżej z tem zapoznać.

3.

Dotąd spotykaliśmy się tylko z komórkami skóry i poprzestaliśmy na stwierdzeniu, że całe ciało składa się z nich, tak jak dom z cegieł. Teraz mamy do czynienia z innym rodzajem komórek; posłuchajmy jednak, czem jest właściwie komórka, wykazująca wszystkie te właściwości, które w sumie stwarzają zjawiska życiowe. Spróbujmy wyobrazić sobie młody zarodek, z którego stopniowo rozwinie się zwierzę, więc naprzykład drobną, białą tarczę, pływającą na żółtku rozwijającego się jaja kurzego i przekształcającą się później w kurczątko. Pod mikroskopem możemy się przekonać, że zarodek ten składa się z licznych, lecz jednakowych komórek (Rys. 37). Każda z nich — to drobna bryłka szczególnej, pół-płynnej, przezroczystej mieszaniny licznych substancyj, z którą jedynie związane są wszystkie zjawiska życia, zwana z grecka protoplazmą. We wnętrzu każdej takiej bryłki protoplazmy znajduje się pęcherzyk, zbudowany z odmiennych substancyj, zwany jądrem. O niem posłyszymy jeszcze później ciekawe rzeczy. Zasadniczemi elementami komórki jest więc protoplazma, stanowiąca jej ciało, oraz jądro. Zarodek kurczęcia, o którym wspominaliśmy, możemy porównać do prymitywnej chaty, zbudowanej z jednakowych kamieni brukowych. Dorosły organizm również zbudowany jest prawie wyłącznie z komórek, powstałych z niezliczo-

nych podziałów komórek zarodka, lecz rozczarowalibyśmy się, oczekując, że wszystkie one i teraz są jednakowe. Rozwój zarodka polega m. in. na tem, że komórki, rozmnażając się nieustannie, zmieniają się stopniowo w zależności od roli, którą pewne z nich, i tylko te właśnie, mają pełnić. Komórka skóry wygląda inaczej niż gruczołowa, nerwowa lub mięśniowa. Zmiany tyczą się przeważnie ciała komórki, przyjmującego charakterystyczną formę; wyrasta ono np. na długie włókna, zmienia się jednocześnie wewnętrznie, gdzie protoplazma tworzy struktury, służące funkcjom nerwowym czy też mięśniowym. W stanie dorosłym organizm można porównać do pałacu, do którego budowy użyto wszystkich możliwych kamiennych materjałów budowlanych; kolumn i słupów, artystycznie obrobionych kamieni i żwiru do wyrobu betonu, wielkich płyt i zwykłych brukowców.



Rys. 37. Ćwiartka żółtka rozwijającego się jaja kurzego w dużem powiększeniu; na powierzchni widać skupienie komórek, z których powstanie kurczę.

A teraz zapytajmy, co się dzieje, gdy pierwotna komórka przekształca się na mięśniową, w jaki sposób przysposabia się do swych zadań? Uprzednio jednak należy wiedzieć, na czem te zadania polegają. Wszyscy młodzi chłopcy macają sobie mięśnie ramion, by stwierdzić ich siłę, naprężając przy tem mięśnie ze wszystkich sił, zginając ramię w łokciu. Jest to najprostsze doświadczenie z zakresu zadań mięśnia. Odpowiedni mięsień — w anatomji nosi nazwę dwugłowego mięśnia ramieniowego lub bicepsa — ciągnie się w postaci wrzecionowatej od ramienia ku przedramieniu. Gdy ramię jest wyprostowane, nie

zaznacza się on zewnętrznie prawie zupełnie, gdy natomiast jest zgięte, pojawia się grube nabrzmienie, chluba atletów. Zadaniem więc mięśnia jest wykonywanie ruchu, w danym przypadku podnoszenie przedramienia, co uskutecznia, kurcząc się ze stanu wydłużonego na krótką i grubą masę.

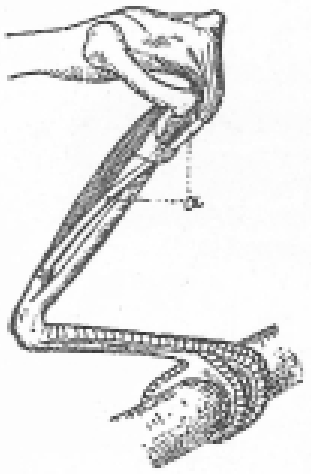
Wiemy już, że na zewnętrzny efekt działania mięśnia składają się miljony działań pojedyńczych komórek, z których jest zbudowany; zadaniem pojedyńczej komórki mięśniowej jest przeto kurczenie się, warunkujące ruch jakiegoś członka. A więc zmiana zwykłej komórki na mięśniową wymaga wykształcenia tej zdolności; potrzebne są w tym celu dwie rzeczy. Silne skracanie się w jednym określonym kierunku wymaga istnienia wydłużonego tworu — przypomnijmy napięty sznur gumowy lub wyciągniętą sprężynę — komórka przekształca się na wydłużone włókno mięsne. Drugą rzeczą jest zdolność do nagłego skurczu i następnego rozprężenia się do poprzedniej długości. Sama protoplazma oczywiście nie nadaje się do tego i wytwarza wewnątrz siebie utwory, które zadanie to potrafią wypełnić; są to mianowicie nieskończenie cienkie włókienka, przebiegające wzdłuż całej wiązki i w zależności od rodzaju mięśnia albo wypełniające tylko część komórki, lub też nagromadzające się w takiej ilości, że prawie zupełnie usuwają protoplazmę (Rys. 36 c). Gdy mięsień kurczy się, oznacza to, że w każdej komórce mięsnej kurczą się owe drobniutkie włókienka kurczliwe — wszystkie jednocześnie. Gdy mięsień zostaje zwolniony — włókienka wróciły do poprzedniego stanu.

4.

Jak zawsze, tak i teraz odpowiedź wywołuje długi szereg dalszych pytań. Jaki czynnik powoduje kurczenie się włókienek? Skąd czerpią one energję? W jaki sposób działają na element poruszany? Jakie procesy zachodzą wewnątrz kurczącego się włókienka? Należy rzetelnie

stwierdzić, że na ostatnie pytanie nie mamy jeszcze zadowalającej odpowiedzi. Rozumiemy, że sznur gumowy kurczy się, jeśli uprzednio go rozciągnąć, lecz byłoby niepojęte, gdyby najpierw się skurczył a dopiero następnie zechciał sam się rozciągnąć. Znamy wprawdzie rozpowszechnione w przyrodzie siły, które umożliwiają przekształcenie wydłużonych tworów w kształt kulisty, i można tworzyć najbardziej skomplikowane teorje, objaśniające skurcz mięśni na zasadzie tych tak zwanych sił napięcia powierzchniowego, lecz dotąd teorje te nie pokrywają się z rzeczywistością i lepiej jest przyznać się do niewiedzy. Ostatecznie trzeba naszym dzieciom i wnukom również pozostawić cośniecoś do zbadania. Zwróćmy się więc raczej do kwestji, w jaki sposób dochodzi do skutku działanie mięśnia. Mięsień całkowicie wolny oczywiście żadnej pracy wykonać nie może; musi być w tym celu połączony przynajmniej z elementem poruszanym. Sposób, w jaki zostaje to przeprowadzone, całkowicie zależy od rodzaju wymaganego ruchu. Najpospolitszy jest ten, który został zastosowany w naszych kończynach; składają się one z szeregu ramion i dźwigni — kości — zestawionych ruchomo w stawach. Oczywista, że mięsień powodujący ich ruchy musi być zrośnięty z odpowiednią kością; dochodzi to do skutku w ten sposób, że włókienka mięsne, przylegające do kości, przekształcają się na mocną masę, zwaną ścięgnem. Takie ścięgno bywa zwykle bardzo krótkie, lecz może być i bardzo długie, przenosząc wówczas działanie mięśnia na odległe kości (Rys. 38). Każdy mięsień wskutek tego powoduje określone ruchy a prawidłowa gra licznych mięśni warunkuje cudownie harmonijny — „zwykły“ — ruch ramienia, nogi lub skrzydła. Ta sama zasada znajduje zastosowanie nietylko u bliższych nam zwierząt, lecz leży w podstawie ruchów odnóży żuka lub skrzydła muchy, z tą tylko różnicą, że nie istnieją tu kości, a mięśnie przyczepiają się od wewnątrz do twardego pancerza (Rys. 39).

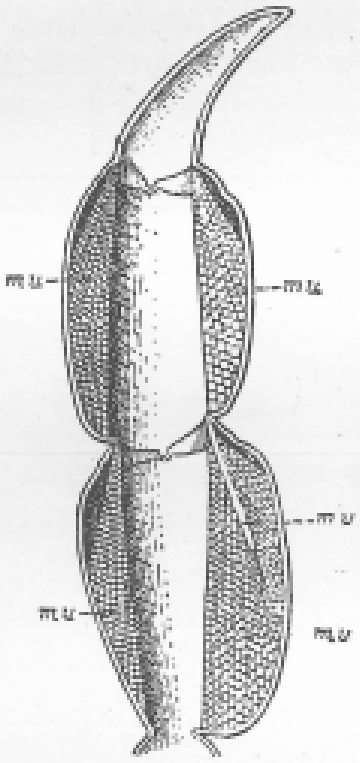
Nie jest natomiast zupełnie konieczne, by obydwa końce mięśnia były przyczepione do poruszanego elementu; jeśli naprzykład zbadamy pod tym względem muskulaturę askarydy, przekonamy się, że poszczególne komórki mięsne przymocowane są do skóry na całej swej długości zapomocą nieskończenie subtelnych ścięgnistych błonek. Gdy skurczą się mięśnie jednej strony ciała, skóra w tem miejscu fałduje się i marszczy, gdy zwalniają się one, a kurczą mięśnie strony przeciwnej — skóra skraca się tam, w rezultacie zaś ciało robaka wykonywa wijące się, żmijowate ruchy. Nietrudno wyobrazić sobie nieskończone ilości sposobów ułożenia komórek mięśniowych, przeznaczonych do wykonywania najrozmaitszych ruchów; oto np. pierścień mięśniowy, przy skurczu zaciskający otwór, jak sznurek zaciąga szyjkę torebki; mięśnie ułożone promienisto wokół otworu i rozszerzające go swym skurczem; sieci lub warstwy mięśniowe, otaczające przewód i zaciskające lub też przesuwające jego światło; (gdy działają w ten sposób partjami w równych odstępach, działają jak pompa). Nie można chyba wymyślić żadnego ruchu, którego nie potrafiłaby wykonać odpowiednia struktura mięśniowa.



Rys. 38. Odnóże ptaka z długiem ścięgnem *a*, które przy zgięciu odnóża ściąga palce; jest to przykład długiego ścięgna, transformującego w przemyślny sposób skurcz mięśnia na ruch kilku innych elementów.

Cześć temu, kto na cześć zasługuje! W państwie komórek — prócz może nerwowych — nie istnieją obywatele, budzący więcej podziwu, niż komórki mięśniowe. Podziwiamy siłę lwa i byka, szybkość wyścigowego konia i charta, wytrwałość mewy i wędrownych ptaków; zdumiewa nas siła atlety, zręczność rzemieślnika i artysty, wytrwałość maszerujących żołnierzy. Wszystko to jednak są czynności komórki mięsnej. Wiemy też, od czego przede-

wszystkiem zależy siła mięśni. Wielkie muskuły atlety w zestawieniu z wątłemi mięśniami cherlaka, byczy kark, lędźwie pociągowego konia świadczą o tem, że głównie masa pracujących mięśni warunkuje ich siłę. Miarą osiągniętego rezultatu jest stosunek tej siły do pokonanego oporu. Z tego punktu widzenia symbolem siły jest nietylko byk, lecz i pchła, i pasikonik o potężnych mięśniach nożnych, ostryga, która tak ściska obie połówki muszli mięśniami zwieraczami, że można je otworzyć tylko specjalnem narzędziem, nie mówiąc o jej kuzynach, olbrzymich małżach ciepłych mórz, żyjących zacisznie pomiędzy blokami koralowych raf i zamykających swe muszle z taką siłą, że odcinają bez trudu stopę nieostrożnego kąpielowicza, który na nią nastąpi. Kto jednak chce naocznie przekonać się o sile mięśnia, niech każe fizjologom pokazać sobie mały aparacik do bezpośrednich pomiarów tej siły; mięsień łydkowy świeżo zabitej żaby przytwierdza się do stojaka w ten sposób, że, kurcząc się za sztucznem podrażnieniem, podnosi ciężarek.



Rys. 39. Przekrój przez odnóże raka, na którym widzimy ułożenie wiązek mięśniowych w poszczególnych członach. *mu* mięśnie.

Nieco inaczej przedstawia się sprawa, o ile chodzi o sprawność mięśnia, więc zdolność do szybkich skurczów; pod tym względem komórki mięśniowe zachowują się bardzo rozmaicie; niektóre kurczą się powoli, inne z szybkością błyskawiczną. Niewątpliwie zależy to od budowy samej komórki, z której cośniecoś widać pod mikroskopem. We wszystkich komórkach mięśniowych występują cieniutkie włókienka kurczliwe, albo o jednorodnym wy-

glądzie, albo też składające się z odcinków o różnym stopniu przezroczystości, tak, że włókienko wygląda, jakby się składało z poszczególnych krążków, jest, jak mówimy, poprzecznie prążkowane (Rys. 36 c). Wszystkie mięśnie ruchowe naszego ciała są w ten sposób mikroskopijnie prążkowane, w odróżnieniu od t. zw. gładkich mięśni jelit. Askaryda i wiele robaków wogóle nie posiada mięśni prążkowanych, u innych istnieją obydwa ich rodzaje, przyczem okazało się, że prążkowane istnieją wszędzie tam, gdzie chodzi o wykonywanie szybkich ruchów, gładkie zaś pracują powoli, lecz wytrwale. W ten sposób szybkość skurczu idzie w parze z budową włókna mięsnego. Jak wielka jest ta szybkość, powinien zdawać sobie sprawę każdy, komu w ciepłą letnią noc dokuczał brzęk komara, usiłującego siąść na nosie; właściwie komar przy tej okazji demonstruje tylko delinkwentowi szybkość skurczów swych mięśni skrzydłowych, gdyż następujące po sobie uderzenia skrzydeł w ilości kilkuset na sekundę, powodujące ów wysoki, uprzykrzony ton, są tylko skutkiem kurczenia się mięśni skrzydłowych, owych najsprawniejszych komórek mięsnych.

5.

Nie tak dawno jeszcze w każdem nieomal mieście zjawiał się jakiś dziwak, podający się za „wynalazcę“ *perpetuum mobile*; miał on wynaleźć maszynę, która raz puszczona w ruch wykonywała pracę bez dalszego dopływu energji. Dziś możemy tylko śmiać się z takich manjaków, gdyż każdy uczniak wie, że maszyna tego rodzaju jest niemożliwa, jak niemożliwa jest fajka, którąby można palić, nie nabijając tytoniem. Wiemy, że praca — a maszyny wykonywają pracę — nie może powstać z niczego, że może być wytworzona przez przejście energji w inną jej formę. Ciepło w kotle parowym przechodzi w ruch koła rozpędowego, doprowadzona do motoru elektryczność w ruch jego wału. Praca maszyny wymaga istnienia źródła

siły i zależy od jego obfitości. Kto jeździł choć raz oceanicznym statkiem, wie, że codziennym tematem rozmów pasażerów jest powolne tempo jazdy, wywołane jakoby oszczędzaniem węgla przez kapitana. A więc im więcej węgla, więcej opału, tem szybsze obroty maszyn, większa szybkość. Zużyty węgiel jest źródłem energji dla maszyny parowej.

Gdzie znajduje się jednak źródło energji dla maszyny mięśniowej? Musimy teraz zdobyć się na szybką odpowiedź, gdyż czytelnik jest już bardzo mądry; wie on, że tlen z powietrza pobranego podczas oddechu służy do spalania pokarmów; jeśli więc w mięśniu znajdują się materjały palne, będą one owem poszukiwanem źródłem energji. Widzę teraz powątpiewające miny i niedowierzające wzruszenie ramion czytelników. Oczywiście, trudno jest narazie przedstawić sobie spalanie bez ciepła i płomienia oraz maszynę, pędzoną w ten sposób i zachowującą się nie tak, jak wszystkie inne znane maszyny. Lecz przypomnijmy sobie, co słyszeliśmy poprzednio. Istotą spalania nie jest ciepło i płomień, są to tylko zjawiska towarzyszące. Istotą jest raczej rozkład danego związku na prostsze, przy pomocy przyłączenia tlenu. Gdy spala się węgiel, oznacza to, że łączy się on z tlenem na dwutlenek węgla; podczas reakcji wyzwala się energja, zawarta w tych ciałach, przyczem objawić się ona może w rozmaitych formach; najważniejsze dla nas to ciepło i ruch. Gdy w maszynie parowej wyzwala się energja przez spalenie węgla, zużywamy ją w postaci ciepła dla wytworzenia pary, która porusza tłoki — a więc energja węgla przetwarza się z początku w energję cieplną, a następnie w energję ruchu. Jest to jednak metoda niedoskonała, której dotąd nie potrafiliśmy ulepszyć. Można obliczyć, ile energji zawiera określona ilość węgla, i porównać z wydajnością maszyny, obliczoną w koniach parowych. Okazuje się, że tylko nieoczekiwanie mała część energji zostaje zużytkowana — reszta jest bezpowrotnie stracona w postaci ciepła.

Wróćmy teraz do zapomnianej maszyny mięśniowej

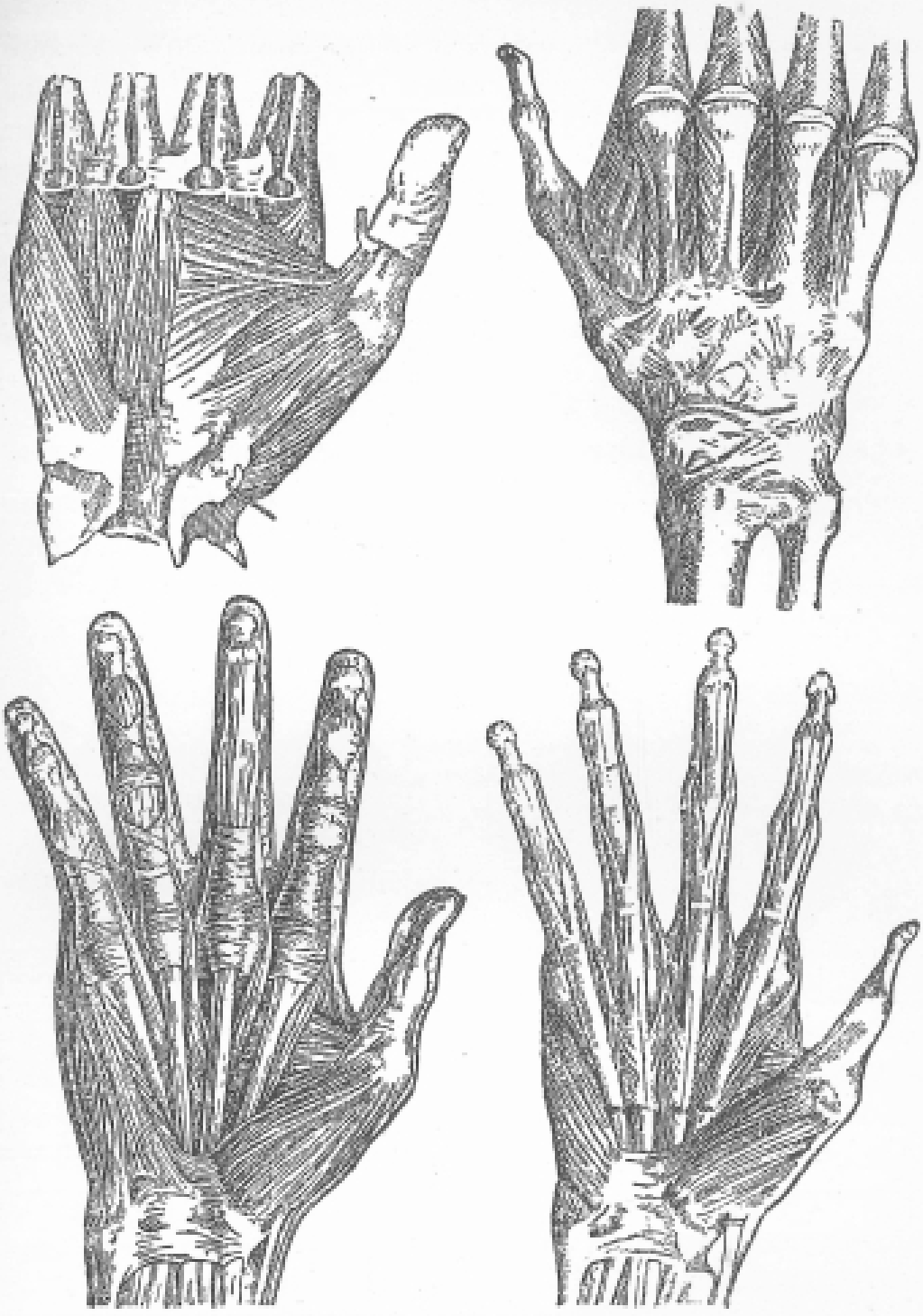
i zapytajmy najpierw o węgiel, który zużywa; nietrudno zobaczyć go na własne oczy. Rozgotowujemy mięsień w nieco zakwaszonej wodzie i dodajemy następnie do tej papki trochę alkoholu; na dnie osiada biały proszek, ów węgiel mięśni. Nazywamy go zwierzęcą skrobią i zapewne odrazu przypomnimy sobie, że poznaliśmy ją jako substancję, która wytwarza się z pożywienia pod działaniem enzymów i następnie zostaje złożona w składach opałowych ciała, w tkance mięśni; istnieją pozatem i inne magazyny w organizmie, np. w wątrobie — gdzie leżą zapasy, dopóki nie zapotrzebuje ich maszyna mięśniowa. Gdy węgiel ten spali się, czyli rozłoży pod wpływem tlenu powietrza, wyzwala się energja, objawiająca się jako praca mięśni. W maszynie parowej energja węgla przeistacza się z początku w energję cieplną, energja zaś paliwa mięśniowego nie przechodzi przez formę cieplną, lecz na innej drodze — w energję ruchu. Przytem maszyna mięśniowa pracuje daleko wydajniej od parowej, gdyż z określonej ilości paliwa wytwarza kilkakrotnie więcej energji użytkowej.

Spróbujmy zdać sobie sprawę, jakie dalsze perspektywy otwiera nam to stwierdzenie; przed nami w naczyniu leży askaryda, wykonywająca żmijowate ruchy, wywołane skurczem komórek mięsnych. Źródłem energji tych komórek są zapasy paliwa, zawarte wewnątrz nich, jest niem skrobia zwierzęca. Pochodzi ona z pokarmu, pobranego przez robaka i przetworzonego w jego ciele w paliwo dla mięśni. Pożywienie robaka pochodzi z jelit człowieka, w którym robak zamieszkuje; nieraz zapewne zjadał on kawałek bydlęcego mięsa. Bydlę zbudowało swe ciało z siana i słomy. Skądże zaś czerpie roślina budulec dla swego ciała? Z soli pobranych z gleby, z wody i gazów z powietrza. Energję, której potrzeba roślinie, by z tych substancyj zbudować swe ciało, otrzymuje ona z promieni słonecznych. A więc ruchy naszego robaka w ostatniej instancji możliwe są dzięki słonecznemu światłu, od którego sam on jest odcięty przez całe życie w ciasnem więzieniu.

6.

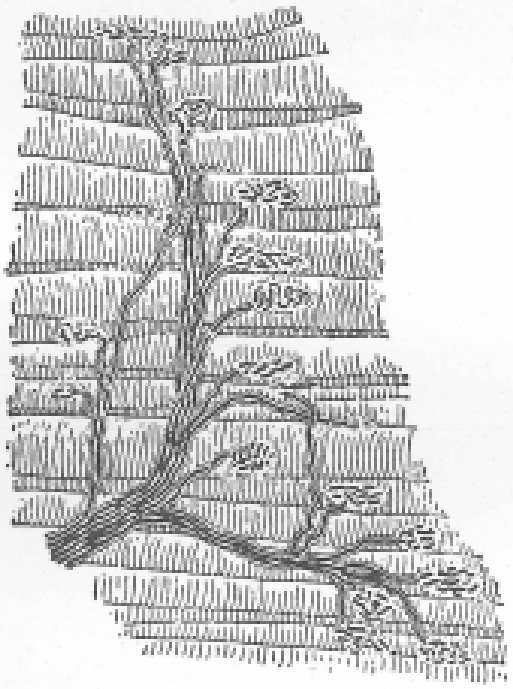
Oto jaskółka przelatuje za oknem, pies biegnie po ulicy, mucha sunie po otwartej książce — ruchy tych zwierząt nie są już dla nas tajemnicą. Nie trzeba zbyt wielkiego wysiłku fantazji, by wyobrazić sobie — gdyż nie mamy obecnie czasu, by to krok po kroku śledzić — jak to miljony komórek mięsnych muszą współpracować, by ruchy te się odbywały. Każda z komórek może się tylko kurczyć i rozprostowywać, poszczególne mięśnie, złożone z licznych komórek, mogą poruszać tę lub inną kończynę lub część ciała; lecz jeden mięsień ciągnie do góry, drugi na dół, trzeci powoduje jednocześnie ruch obrotowy, gdy tymczasem inny zahamowuje go — a z całego mnóstwa poszczególnych akcyj powstaje w rezultacie „zwykły" ruch kończyny (Rys. 40). Znamy wiele maszyn, na których normalne funkcjonowanie składa się całokształt działań poszczególnych kół, trybów i dźwigni. Gdy maszyna jest w ruchu, możliwy jest tylko jeden, określony rodzaj jej działalności, który wypełnia z regularnością — właśnie maszyny. Porównajmy z nią działania mięśniowej maszyny, np. ludzkiej dłoni. Koła i dźwignie, czyli pojedyńcze mięśnie łączą się dla wykonania pewnego ruchu, np. chwytu, w następnym momencie — już dla gry na fortepianie. Każde koło może więc działać samodzielnie i współpracować ze wszystkiemi innemi zosobna, dana maszyna może być w jednej chwili przebudowana ze swych części składowych na całkiem inną.

Gdzież jest inżynier, któryby potrafił wykonać takie zadanie? Przypomina mi się opowiadanie, które da na to odpowiedź, nie ściągając przytem zarzutu zbytniej „uczoności". Pewien przyjaciel przysłał nam na nasze młode gospodarstwo wspaniałego węgorza; gdy pełen przyjemnego oczekiwania na przysmak wróciłem z zajęcia, zastałem żeńską połowę domu w zupełnej rozpaczy: przygotowanie węgorza przypominało przebieg bitwy. Gdy martwa już ryba została pokrajana na kawałki, zaczęły się one



Rys. 40. Mięśnie i ścięgna dłoni ludzkiej, odsłonięte w czterech warstwach.

ruszać tak gwałtownie, że jeden wyskoczył nawet z garnka. Tajemniczy inżynier zdołał wprawić w ruch nawet mięśnie pokrajanych kawałków ryby, chociaż została ona zabita w zwykły sposób — uderzeniem w głowę; nie wywarło to jednak na owym inżynierze większego wrażenia.



Rys. 41. Kawałek wiązki włókien mięsnych jaszczurki. Z lewej strony wchodzi nerw, posiadający w każdem włóknie swoiste zakończenie w kształcie płytki.

Jeśli chcecie wiedzieć, w jaki sposób można się dobrać i do niego, udamy się do dalekiego Tokjo, do jego ulicznych garkuchni, gdzie spożywa się wyborne węgorze z pięknych, lakowych podstawek. Króluje tam w kuchni specjalny fachowiec, który z nieprawdopodobną zręcznością oprawia rybę, przebijając jej głowę drewnianym kołkiem, na który zostaje odrazu nadziana. Szybkie podłużne cięcie noża, ostrego jak brzytwa, przepoławia rybę a drugie usuwa całkowicie kręgosłup wraz z ośćmi, zanim węgorz zdąży drgnąć choć raz jeden. Teraz nie podskakuje na patelni i nie rusza się zupełnie, gdyż wraz z rdzeniem pacierzowym został usunięty i tajemniczy inżynier.

Przypuszczam, że nie trzeba dodawać, że z rdzenia pacierzowego lub odpowiedniej części systemu nerwowego odchodzą włókna nerwowe, dążące do wszystkich mięśni ciała i przekazujące im rozkazy owego inżyniera (Rys. 41). Nie wyda się nam też dziwne ani to, że możemy z łatwością wypreparować z nogi żaby pojedyńczy mięsień z odpowiednim nerwem i zmusić go do funkcjonowania,

drażniąc nerw zapomocą elektrycznego prądu, który zastępuje naturalnego rozkazodawcę — ani też, że każda komórka mięśniowa askarydy, muchy, ślimaka, posiada swoje własne włókno nerwowe, komunikujące im rozkaz skurczu. Działalność zaś nerwów kontroluje i koordynuje część ośrodkowa systemu nerwowego, mózg i rdzeń pacierzowy — jak o tem wkrótce usłyszymy.

Przy pianinie siedzi oto wielki artysta i przenosi nas w krainę wiecznego piękna dziełami Bacha lub Beethovena. W jego mózgu usilnie pracuje główny mechanik, posyłając rozkazy po niezliczonych drutach nerwowych do całej armji podwładnych, znajdujących się w rdzeniu pacierzowym; podwładni wsadzają lub wyjmują z niezliczonych przełączników te lub owe druty, zapomocą których rozkaz przekazany zostaje tej lub owej grupie komórek mięśniowych w ramieniu lub dłoni artysty. Ten mięsień ma się skurczyć szybko, tamten zaś powoli i ostrożnie, ten ma się rozprostować, ów zaś czekać w stanie skurczu — ten ma pracować tylko z przerwami, tamten ma z błyskawiczną szybkością powtarzać swe skurcze. Palce biegają po klawiszach i potrafią prócz tego nadać grze cieniowanie przez delikatne modulowanie ruchów, dzięki czemu gra staje się żywa i artystyczna. Dusze żądne artystycznych wrażeń zawdzięczają zatem dreszcz przed powiewem wieczności skurczom i drganiom nieskończenie drobnych komórek mięśniowych.

ROZDZIAŁ PIĄTY

NERWY I NARZĄDY ZMYSŁÓW

Zwiedzając jakąkolwiek wystawę, przechodzimy kolejno z jednej sali do drugiej, by zapoznać się z jej skarbami, a gdy nadejdzie pora, wracamy do domu, by następnego dnia znów rozpocząć dalsze zwiedzanie od tego miejsca, w którem je zakończyliśmy dnia poprzedniego. Nasza przechadzka przez świat cudów życia nie może jednak być tak prosta. Wprawdzie również rozmieściliśmy godne obejrzenia osobliwości w poszczególnych salach i zwiedziliśmy już kolejno salę kształtu i barwy, skóry, mięśni — lecz wszystko to było sztuczne, zrobione tylko dla wprowadzenia pewnego porządku. W rzeczywistości bowiem poszczególne dziedziny przeplatają się wzajemnie; dlatego to, chcąc zrozumieć jedną dziedzinę, musieliśmy często dokonywać krótkich wypadów w inną. Zdarzało się nam dość często zaglądać do sali z napisem „nerwy“ — teraz należy pozwolić sobie na nieco dłuższy w niej pobyt.

1.

Domyślamy się już, że askaryda również posiada nerwy, gdyż mięśnie jej bez podniety nerwowej tak samo nie mogłyby się kurczyć, jak mięśnie każdego innego zwierzęcia. Nie sprawi nam niespodzianki wiadomość, że jej system nerwowy jest bardzo prymitywny, szczególniej, gdy uprzytomnimy sobie, jaką rolę spełnia w organizmie.

W ubiegłych latach często się czytało, że sztab generalny jest mózgiem armji — jest to całkiem niezłe porównanie; jego bliższe rozpatrzenie wyjaśni nam istotne znaczenie systemu nerwowego. Na przedpolu armji rozwijają działalność wywiadowcy, aby otrzymać wiadomości o wrogu. Oczy armji, lotnicy, rozpoznają nieprzyjacielskie pozycje, czułki armji, patrole, obmacują nieprzyjacielski front,

uszy — posterunki podsłuchowe — nasłuchują przygotowań do natarcia; po drutach telefonicznych wiadomości biegną do najbliższej centrali, gdzie siedzi oficer, który na określone meldunki wprawia w ruch zapomocą innego drutu — oddziały wojska, owe mięśnie armji. Może on również otrzymane meldunki przekazać dowództwu oddziałów, które wtedy rozpoczynają akcję. Inne wiadomości zostają przesłane tylko wyższym dowództwom i docierają wkońcu do ośrodka nerwowego armji, do sztabu głównego, gdzie zostają opracowane i zamienione w rozkazy, wysyłane na wszystkie strony po telegraficznych drutach i wywołujące skoordynowane współdziałanie poszczególnych oddziałów wojska.

Zupełnie tak samo działa w zasadzie każdy system nerwowy. Nazewnątrz, na powierzchni ciała leżą organy zmysłów, odbierające bodźce świata zewnętrznego, jak światło, dźwięki, temperaturę, ciśnienie, właściwości chemiczne, siłę ciążenia. Otrzymane wrażenie posyłają za pośrednictwem sieci telegraficznej — włókien nerwowych, do ośrodków, jak mózg, rdzeń pacierzowy lub równorzędne części niższych zwierząt. Tutaj bodziec albo odrazu zostaje przekształcony na rozkaz, dążący do komórki mięsnej lub ich grupy po innem włóknie nerwowem, przewodzącem, jak mówimy, podniety ruchowe w odróżnieniu od pierwszego, przewodzącego podniety czuciowe; lub też bodziec dąży w ośrodku do innych miejsc, w których postanawia się, co zrobić, zanim zostanie wydany rozkaz mięśniom.

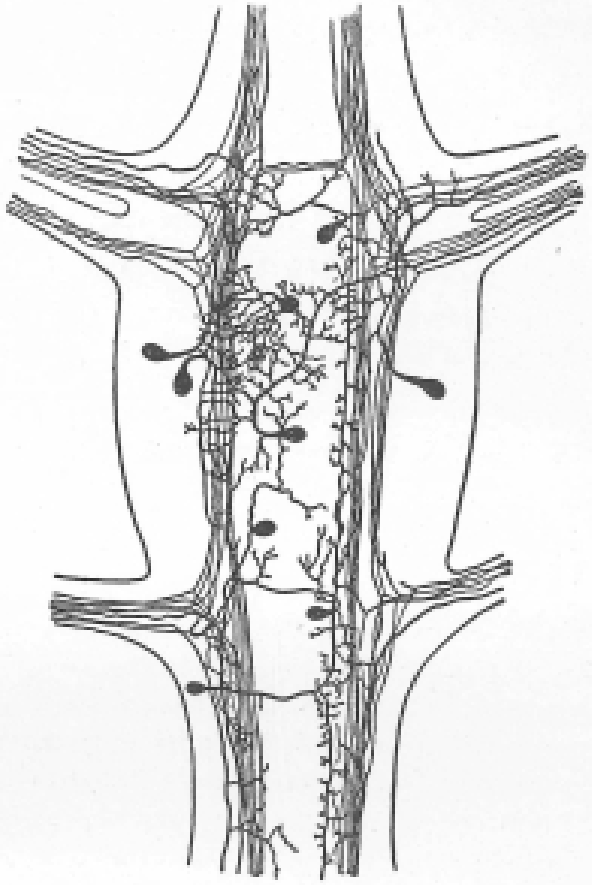
Możemy więc przypuszczać, że system nerwowy co najmniej tego rodzaju musi istnieć u najprostszych i najpierwotniejszych istot, a jednocześnie łatwo sobie wyobrazić, jak bardzo musi się komplikować budowa tego organu w miarę wzrastającej doskonałości funkcyj zwierzęcia. Jeśli pozostać przy poprzedniem porównaniu, poszczególne stopnie rozwoju tego organu reprezentuje rozwój organizacji wojskowej od hordy dzikich wojowników do nowoczesnej armji. Askaryda pod tym względem nie

budzi wielkich nadziei, gdyż docierają do niej tylko nieliczne bodźce, na które odpowiedzieć może również nielicznemi reakcjami. Wężowe jej ruchy są najprostsze, jakie można pomyśleć, poza niemi zdolna zaś jest tylko do oplatania się wokół przedstawiciela odmiennej płci podczas zapłodnienia. Również bodźce zmysłowe, szczególnie dla niej ważne, posiadają bardzo nieskomplikowany charakter; musi ona posiadać rodzaj zmysłu smaku, dla orjentowania się w charakterze środowiska, i zmysł dotyku, by wypełnić akt płciowy. Prawdopodobnie jest to już wszystko, choć nie można twierdzić tego z całą stanowczością. W związku z tem należy oczekiwać tylko bardzo prostych połączeń pomiędzy wrażeniem i reakcją mięśniową, i odpowiednio prymitywnego systemu nerwowego.

2.

W tem miejscu powstaje uboczna kwestja; wciąż mówimy o włóknach i ośrodkach nerwowych, nie łamiąc sobie bynajmniej głowy nad znaczeniem tych słów. Po tem wszystkiem, czegośmy się dowiedzieli o budowie organizmu, oczekujemy, że i te elementy posiadają swą budowę. Wszak widzieliśmy, że skóra składa się z niezliczonych komórek, mięśnie również okazały się ich zgrupowaniem, pewnie więc i system nerwowy nie przedstawia wyjątku. Tak też jest istotnie, aczkolwiek komórki wyglądają tu całkiem odmiennie; jeśli uprzytomnimy sobie, jak różnorodne i swoiste są ich zadania, ta odrębność kształtu stanie się zrozumiała i nawet konieczna. Muszą one tworzyć centra nerwowe, więc najważniejszy element stacji telegraficznej, dokąd dążą wszystkie druty, przynoszące wiadomości ze świata, i skąd wybiegają wszystkie druty, roznoszące rozkazy centrali. Komórki nerwowe muszą więc utworzyć wszystkie aparaty telegraficzne wraz z połączeniami, zarówno wewnątrz centrali, jak i zewnątrz niej. W związku z tem właściwe komórki, będące drobną bryłką protoplazmy z jądrem, wypuszczają krótkie lub

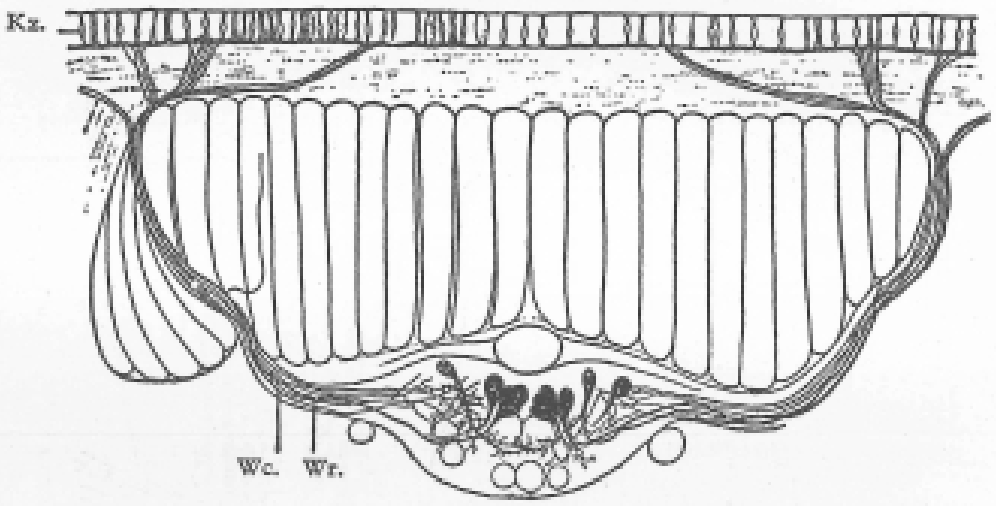
długie wypustki, zwane włóknami nerwowemi lub potocznie wprost nerwami. Można je przyrównać do drutów telegraficznych, natomiast samo ciało komórki przedstawia aparat telegraficzny. Z łatwością też wyobrazimy sobie, jak włókna nerwowe rozgałęziają się i dzielą, by zapewnić najliczniejsze połączenia ze wszystkiemi innemi komórkami, oraz, zależnie od wypełnianych zadań, jak wypuszczają mniej lub więcej rozgałęzione wypustki (Rys. 42).



Rys. 42. Odcinek brzusznego pnia nerwowego dżdżownicy. Komórki nerwowe oraz ich wielokrotnie rozgałęzione wypustki i wybiegające z nich włókna nerwowe zaznaczone są czarno. Na rysunku widoczne są tylko nieliczne komórki, inne pominięto.

A teraz zastosujmy zdobyte wiadomości do naszkicowanej poprzednio budowy systemu nerwowego. Jego części, przyjmujące zewnętrzne bodźce, tak zwane organy zmysłów, jako to organy przyjmujące bodźce świetlne czyli oczy, dźwiękowe — uszy, oraz organy dotyku i smaku — muszą zawierać komórki, wrażliwe na te swoiste bodźce; zwiemy je komórkami zmysłowemi, w szczególności — wzrokowemi, słuchowemi, dotykowemi, smakowemi. Każda z nich posiada włókno nerwowe biegnące do ośrodka, powiedzmy do mózgu, i doprowadzające do niego otrzymane

podrażnienie; włókno tego rodzaju nazywa się czuciowem i należy do komórki zmysłowej. Dotarłszy do ośrodka, może się ono łączyć z jedną lub wielu komórkami, zapomocą których podrażnienie zostaje przekazane dalej w różnych kierunkach. Możemy się zgóry spodziewać, że te

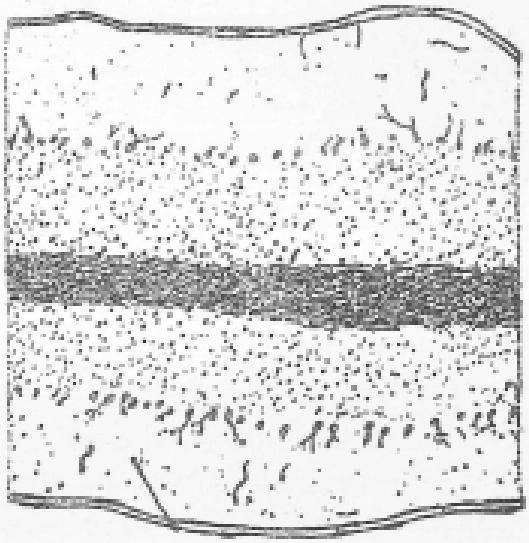


Rys. 43. Przekrój poprzeczny przez brzuszną okolicę dżdżownicy. Brzuszny pień nerwowy został przecięty wraz z leżącemi w nim komórkami nerwowemi (czarnemi), z których wychodzą włókna nerwowe do mięśni. Do pnia brzusznego zdążają włókna, biegnące od komórek zmysłowych, położonych w skórze. Kz. komórki zmysłowe skóry. Wc. włókna nerwowe. Wr. włókna nerwowe ruchowe.

stacje pośrednie wysyłają swe wypustki na wszystkie strony; są to włókna pośredniczące, wiążące się z innemi podobnemi włóknami lub też dążące do rozkazodawczych komórek. Od rozkazodawczych odchodzą wypustki, włókna, biegnące ku mięśniom; po nich biegną rozkazy, wyzwalające działanie komórek mięsnych lub wydzielniczych; włókna te nazywamy ruchowemi lub motorycznemi (Rys. 43). W ten sposób wyróżniamy komórki zmysłowe, włókna czuciowe, komórki węzłowe lub zwojowe z włóknami pośredniczącemi, komórki rozkazodawcze i włókna ruchowe.

Brzmi to bardzo prosto, wydaje się, że inaczej i być nie może. Lecz ileż to wytężonej i ofiarnej pracy tysięcy

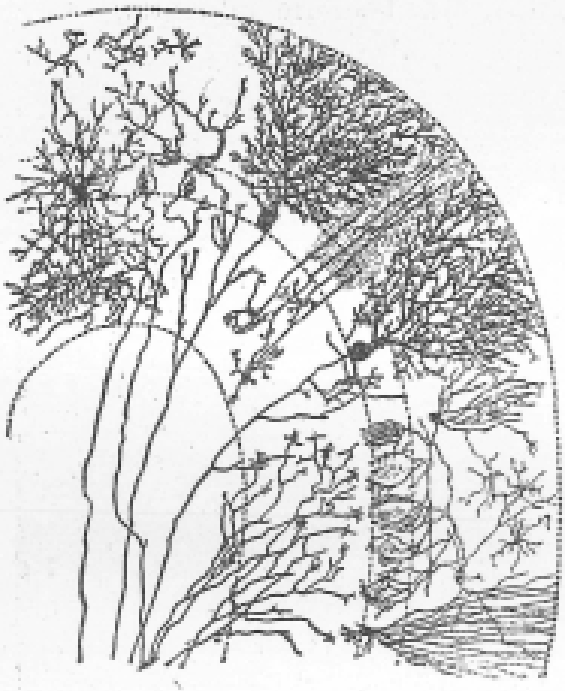
nieznanych uczonych potrzeba było, by dojść do tak zwykłych stwierdzeń. W nauce wszędzie, gdzie tylko postępuje się naprzód, czatuje zwątpienie i tysiąc razy trzeba je przezwyciężyć, zanim ostatecznie zniknie. Zróbmy małą wycieczkę do pracowni badawczej, by przekonać się, jakim mozołem okupić trzeba wszelki postęp. Załóżmy, że odkrycie komórkowej budowy organizmów zostało już dokonane, chociaż dzieli nas od tej chwili niespełna 90 lat i kilka dziesięcioleci upłynęło, zanim wszystkie wątpliwości zostały rozwiane wytrwałą pracą poszczególnych jednostek. Oto leży przed nami pod mikroskopem skrawek mózgu człowieka lub mrówki, raka lub robaka, przygotowany w odpowiedni sposób; dziesiątków lat wymagało opanowanie tej techniki. Tu i ówdzie rozpoznajemy na nim komórki z jądrami i wypustkami (Rys. 44). Lecz każda próba prześledzenia ich przebiegu wśród fantastycznego splotu innych i wniesienia do beznadziejnej plątaniny jakiegoś porządku spełza na niczem. Trzeba było z początku zrobić odkrycie, że preparaty takie barwią się określonemi barwikami w ten sposób, iż barwik zbiera się tu i ówdzie w komórkach i ich wypustkach, tak że, zabarwione na odmienny kolor, występują wyraźnie z pośród tła (Rys. 45). Ta metoda, połączona z uciążliwą i mozolną pracą, doprowadziła wkońcu do zorjentowania się w budowie systemu nerwowego.



Rys. 44. Przekrój przez część móżdżku na zwykłym skrawku.

Lecz tutaj zarysowała się wątpliwość, której usunięcie posiada zasadnicze znaczenie nietylko dla samego pozna-

nia, lecz dla wszystkich tych gałęzi nauki o nerwach, które posiadają podstawowe znaczenie dla lekarza chorób nerwowych. Wyobraźmy sobie wieloryba lub jakie inne równie wielkie zwierzę; w swem ciele posiada ono między innemi włókna nerwowe, wychodzące z komórek położonych w mózgu i biegnące daleko ku tyłowi; w ten sposób mikroskopijna komórka ma wytworzyć wypustkę kilkumetrowej długości. Wydało się to wątpliwe tem bardziej, że włóknom nerwowym kręgowców zawsze towarzyszą inne komórki, stanowiąc rodzaj ochronnej powłoki delikatnego włókna. Nasuwało się przypuszczenie, że właśnie owe komórki ochronne wytwarzają samo włókno. Fantastyczny ogrom pracy potrzebny był dla rozstrzygnięcia tych dwóch ewentualności. Z początku należało prześledzić rozwój włókien od chwili powstania, lecz trudne technicznie obserwacje wiodły do sprzecznych wyników; trzeba było zmusić naturę do odpowiedzi przez pomysłowe doświadczenia; dokonano tego mniej więcej w następujący sposób.



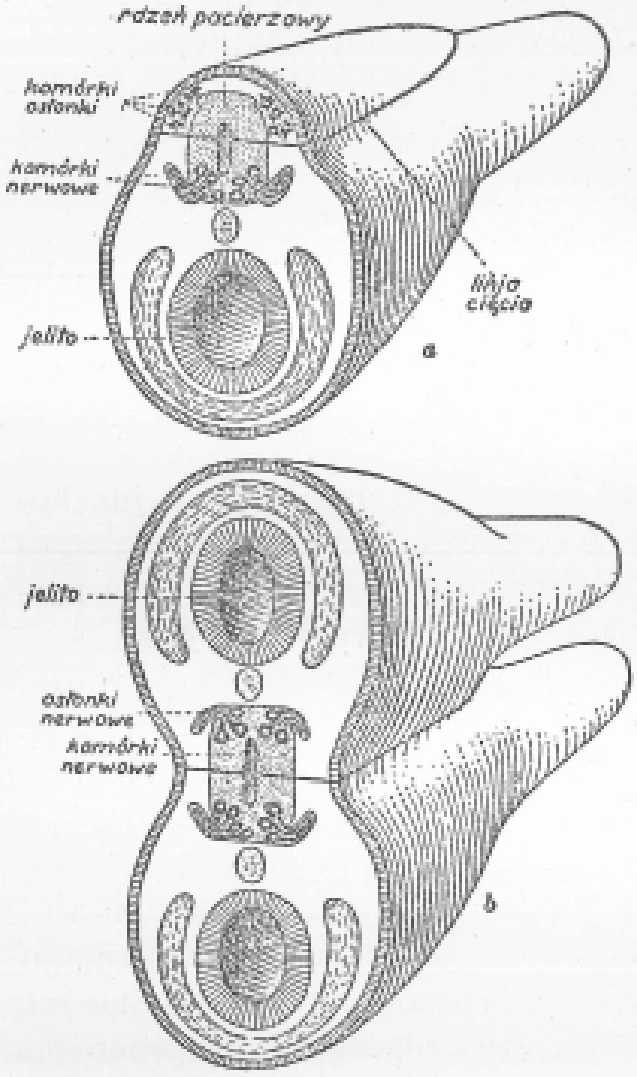
Rys. 45. Prawie ta sama partja móżdżku, co na rys. 44, traktowana przy pomocy specjalnych metod srebrem, dzięki czemu widoczne są komórki nerwowe o skomplikowanej budowie i włókna nerwowe.

Wiedziano już, że komórki, z których biorą początek ruchowe włókna nerwowe kręgowców, leżą w brzusznej części rdzenia pacierzowego; wiedziano również, że komórki, tworzące powłokę dla wyrastających włókien, po-

wstają na grzbietowej części rdzenia i stąd wędrują ku młodym włóknom nerwowym. Wprawny eksperymentator oddzielał jednem cięciem grzbietową partję rdzenia młodym, kilkumilimetrowym żabkom, znajdującym się w stadjach rozwojowych, podczas których zachodziły powyższe procesy (Rys. 46). Ponieważ zwierzęta nie mogły się rozwijać, dopóki rana nie zagoiła się, a pozatem należało zapobiec, by odcięta część nie została znów uzupełniona, jak to bywa z łapkami salamandry, operowano w ten sam sposób drugą żabkę i obydwie składano razem tak, że zrastały się grzbietami. Na tej drodze otrzymano podwójny twór o jednym rdzeniu, składającym się ze zrośniętych brzusznych połówek. Gdy w tworze tym powstawały komórki nerwowe, nie istniały już komórki osłonki, wprawiające w błąd uczonych; w ten sposób z całą pewnością stwierdzono, że istotnie włókna nerwowe wyrastały wyłącznie z komórek nerwowych.

Ten sam rezultat otrzymano na całkiem innej drodze, również przez nieskończenie pracowite doświadczenia. Okazało się, że przecięty nerw ruchowy zanika na odcinku odśrodkowym, jeśli odcinek łączący miejsce przecięcia z ośrodkiem nerwowym nazwiemy dośrodkowym; po pewnym czasie jednak zniszczony odcinek odrasta znowu. Powstała kwestja, czy nowotwór powstaje z dośrodkowego kawałka nerwu, czy też niezależnie od niego. Chociaż sprawa wydaje się prosta, stwierdzenie, że regeneracja nerwu zachodzi tylko od nieuszkodzonego odcinka, więc w kierunku od komórki nerwowej, wymagało bardzo pomysłowych doświadczeń i mozolnego trudu. Pozwoliły one również najdokładniej stwierdzić, do jakich komórek nerwowych należą określone włókna w skomplikowanym układzie nerwowym wyższych zwierząt; gdyż w małej partji mózgu lub rdzenia znajdują się u nich tysiące komórek, a niezliczone włókna połączone w wiązki wychodzą z ośrodków do ciała lub też od organów zmysłów przebiegają dośrodkowo. Ponieważ zaś ginie zawsze ta część przecię-

tego włókna, która została oddzielona od swojej komórki, po przecięciu nerwu wystarcza stwierdzić, w jakim kierunku obumierają jego włókna; jeśli zachodzi to odśrodkowo, mieliśmy do czynienia z włóknem ruchowem, jeśli dośrodkowo — z czuciowem; komórki jego leżały w organach zmysłowych. W ten sposób wytrwałe stosowanie powyższej metody nauczyło nas wiele o naturze poszczególnych włókien — lecz nie wyczerpuje to sprawy; należało dowieść, że istotnie podrażnienie nerwu przebiega w tym a nie innym kierunku. Z początku trzeba było nauczyć się odróżniać nerw funkcjonujący, podrażniony, od znajdującego się w stanie spokoju. Okazało się to możliwe przez obserwację subtelnych zmian natury elektrycznej, występujących we włóknie czynnem i wykrywanych przez specjalne instrumenty. Analiza tych zjawisk w podrażnionem włóknie powiedziała nam wiele rzeczy, tyczących się przewodnictwa podniety przez nerwy. Wszystko



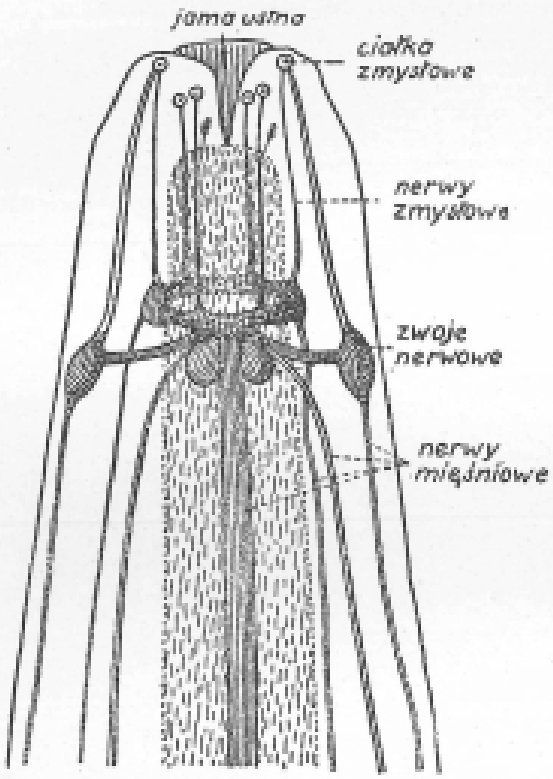
Rys. 46. Ilustracja zabiegu Harrisona, wykazującego, że włókna nerwowe wyrastają z komórek nerwowych. a) część kijanki z zaznaczoną linją cięcia, b) tylna część zrośniętych osobników.

to są jednak tylko zarysy małej części prac, podjętych w celu wyświetlenia funkcyj i budowy układu nerwowego; wiele rzeczy zostało przytem zupełnie pominiętych. Celem było jedynie dać czytelnikom pojęcie o rozmiarach pracy i trudu, potrzebnych do naukowego stwierdzenia nader prostych faktów, a jednocześnie zaznaczyć, że poza najważniejszemi zjawiskami, z któremi zapoznaliśmy się, leżą całe dziedziny wiedzy, o których większość ludzi nigdy nie słyszała, ani nawet nie posłyszy.

3.

A teraz spróbujmy dowiedzieć się, jakie zastosowanie mają te ogólne zasady w przypadku askarydy i jej układu nerwowego, zastrzegając sobie jednocześnie prawo odrywania się od bezpośredniego przedmiotu rozważań i wędrówek po całym pozostałym świecie ożywionym. Ponieważ szanowny czytelnik zapewne już zauważył, że poczciwa glista służy tylko za pretekst do gawędzenia o wszystkich ciekawych rzeczach, nie weźmie nam za złe, gdy przyznamy, że na rozciętym robaku narazie nie można zupełnie dostrzec układu nerwowego; w tym celu najlepiej będzie zwrócić się do sztuki mikroskopowania. Przy jej pomocy możemy stwierdzić, co następuje: na powierzchni ciała możemy oczekiwać organów zmysłowych, odbierających bodźce ze świata zewnętrznego i przekazujących je do ośrodków nerwowych. By je odnaleźć, wystarczą w zupełności niewielkie powiększenia; stosując je, spostrzeżemy drobne wyniosłości skóry, znajdujące się na przednim końcu ciała, na trzech wałkowatych nabrzmieniach, wargach, otaczających otwór ustny, gdy pewna ich liczba położona jest również w sąsiedztwie tylnego końca ciała (Rys. 47). Ich położenie wyjaśnia funkcje; są to organy smaku i dotyku, a więc narządy drażnione działaniem substancyj chemicznych lub ciśnieniem. Zwykły ten fakt, rozpatrzony bliżej, poucza o bardzo ważnej rzeczy, mianowicie o tem, że każdy rodzaj zakończeń nerwo-

wych w skórze nastawiony jest na działanie określonych tylko bodźców; organ smaku drażnią tylko bodźce chemiczne, organ dotyku — ciśnienie. Nie znaczy to, że bodźce innego rodzaju nie wywierają na dany narząd żadnego wpływu; w rzeczywistości wszystkie bodźce wywierają pewne działanie, lecz te swoiste, na które dany organ zmysłów jest specjalnie nastawiony, wywierają je w tak silnym stopniu, że reakcja występuje już za najlżejszem podrażnieniem. Jeśli rozpatrzeć owe narządy pod mikroskopem na specjalnie przygotowanych preparatach, stwierdzimy ich dość prostą budowę. Włókno nerwowe, wybiegające z komórki zmysłowej, leżącej w skórze lub bezpośrednio pod nią, posiada zaostrzone lub nieco nabrzmiałe zakończenie na powierzchni ciała. Jeśli mieć na oku tylko tę zasadę — okaże się, że wszystkie organy zmysłowe w świecie zwierzęcym posiadają jednakową budowę. Brzmi to z początku nieprawdopodobnie, gdyż pozornie zupełnie nie pasuje do potocznych pojęć o budowie oka lub ucha, tych organów najbardziej znanych zmysłów; lecz tylko pozornie! I one bowiem nie stanowią wyjątku, jak to z łatwością wyjaśnimy sobie, posługując się małem porównaniem.



Rys. 47. Przednia część ciała askarydy z głównemi częściami układu nerwowego.

Szczególna rzecz: porównania zawsze wywołują wspomnienia szczęśliwych chwil. I teraz widzę we wspomnieniu siebie wśród wesołych towarzyszy na zalanym morzem

słońca i piękna pagórku na półwyspie Sorrento, wpobliżu sławnego klasztoru. Za zakrętem drogi słychać dźwięki swoistej muzyki fletów i wkrótce zjawia się przed nami grupa malowniczych obdartusów, grających na świetnych pasterskich fujarkach, wykonanych z kasztanowych pędów (u nas chłopcy używają w tym celu pędów wierzbowych, mniej się ku temu nadających). Za kilka soldów kupiliśmy je i resztę dnia spędziliśmy, wędrując po cytrynowych i pomarańczowych gajach, grając na fletach i wyobrażając sobie, że czynimy to nie gorzej od Pana lub Apolla. A oto drugi obrazek. Przed potężną bramą świątyni Buddy, strzeżoną przez dziko spoglądających strażników, rzeźbionych w drzewie, stoi mnich żebraczy w białej szacie nędzarzy, obładowany szczególnym bagażem. Wygrywa on niezwykłe melodje na fujarce, składającej się z tuzina bambusowych rurek. Trzeci obrazek. Na podwórzu kataryniarz kręci korbą instrumentu, z którego wydobywa się płaczliwy motyw włoskiej opery. A teraz obrazek ostatni. W kolorowym półmroku gotyckiej katedry dźwięczą organy; pod lekkiem dotknięciem ręki artysty z tub ich płynie nadziemskie piękno fugi Bacha. A teraz zastanówmy się, co mają wspólnego wszystkie te rodzaje muzyki; wspólne jest to, że z odpowiednich rurek wydobywa się wdmuchiwane w nie powietrze, wydając ton, bez względu na to, czy mamy do czynienia z organami o złożonej budowie, czy też z najprostszą fujarką pastuszka. Połączenie wielkiej ich liczby w jeden instrument i zaopatrzenie w rozmaite aparaty pomocnicze, jak np. miechy i walce, lub też w nowoczesną elektryczną maszynerję organów, zostało dokonane przez rozwinięcie prostej zasady fujarki lub gwizdka.

Zupełnie tak samo ma się rzecz z organami zmysłów. Komórka zmysłowa z jej wrażliwem zakończeniem odpowiada pastuszej fujarce; z połączenia większych ilości tych komórek powstaje narząd zmysłowy; jego dalsze udoskonalenie i wkońcu najwyższa sprawność zostaje osiągnięta

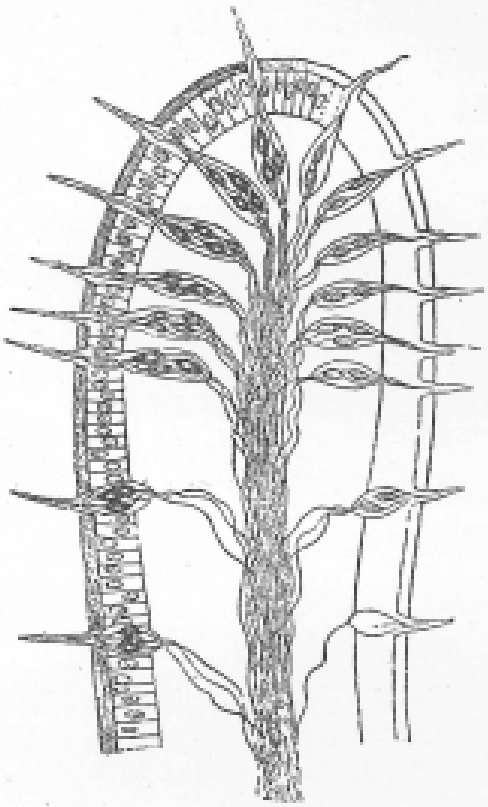
przez wykształcenie aparatów pomocniczych, przekazujących bodziec zakończeniom odbiorczym w sposób najbardziej racjonalny. A więc w najdoskonalszem oku i uchu zasadniczą jednostką — ową fujarką — jest komórka zmysłowa z zakończeniem odbiorczem. Wszystko pozostałe, jest — jak w organach — tylko maszynerją. Jej budowa jednak oraz sposób współdziałania z komórkami zmysłowemi, odbierającemi bodźce, jest zanadto pociągająca, by nie zapoznać się z nią nieco bliżej.

4.

Jakże często opowiadamy o naszych pięciu zmysłach; istotnie, większość ludzi jest głęboko przekonana, że tylko pięć znanych zmysłów — węch, smak, dotyk, słuch i wzrok komunikują nam wiadomości o zewnętrznym świecie. Jednak nie możemy się z nimi spierać, gdyż rzeczywiście nie wiemy z całą pewnością, ile właściwie istnieje zmysłów. Zapewne w świecie zwierzęcym istnieją zmysły, o których nie mamy żadnego pojęcia. Przypuśćmy np., że istnieje gdziekolwiek organ zmysłu, wrażliwego na położenie ziemi w przestrzeni międzyplanetarnej; w jaki sposób potrafilibyśmy go odkryć? A więc zadowolijmy się skromnie znanemi pięciu zmysłami, nie traktując tej liczby zbyt rygorystycznie. Mamy wśród nich węch i smak, polegające na zdolności komórek specjalnie czułego reagowania na podniety chemiczne; dotyk — na podniety wywierane przez ciśnienie, słuch — na bodźce fal dźwiękowych i wreszcie wzrok, będący rezultatem działalności komórek zmysłowych, wrażliwych na promienie świetlne. Istnieją też organy zmysłów, pouczające nas o położeniu ciała w przestrzeni, t. zw. organy zmysłu równowagi; wnioskujemy również o istnieniu zmysłu bólu i zmysłu mięśniowego, komunikującego nam wiadomości o ruchu mięśni. Nic też dziwnego, że wzrok i słuch ujmujemy mianem wyższych zmysłów, bowiem posiadają one złożone aparaty, doskonale wyzyskujące zdolności od-

biorcze komórek zmysłowych, pozostałe zaś — mianem niższych.

Niższe zmysły posługują się dość prostemi organami, zbudowanemi w sposób podobny do poznanych przez nas u askarydy, mianowicie komórkami zmysłowemi o jednem lub kilku zakończeniach, położonych w skórze. Dla wielu czytelników, którzy słyszeli, że organami dotyku owadów są ich czułki, a np. organem węchu — nasz nos — wyda się powyższa wiadomość nieco dziwaczna. Lecz winę ponosi tu jedynie nieścisły sposób wyrażania się; wspomniane części ciała nie są organami zmysłów, służą jedynie jako ich umiejscowienie. Czułki owadów są to wyrostki, na których mieszczą się drobniutkie organy dotyku (Rys. 48). Nos kręgowców jest początkowo tylko zagłębieniem w skórze, następnie kanalikiem powietrznym, w którym położone są w określonych miejscach komórki węchowe.



Rys. 48. Zakończenie czułka znajdującego się w aparacie gębowym owada, z wrażliwemi włoskami i odpowiadającemi im komórkami (czarne) oraz włóknami nerwowemi.

Takie oto proste niższe organy zmysłów funkcjonują wcale sprawnie. Bardzo wiele zwierząt posługuje się wyłącznie niemi podczas zdobywania pokarmu lub poszukiwania odmiennej płci i otrzymuje przez nie wiadomości o otaczającym świecie. Każde dziecko zapewne wykonało swego czasu proste doświadczenie z zakresu funkcjonowania zmysłu dotyku; oto gdy dotknie zlekka czułków ślimaka, wciąga on je do wnętrza, a nieraz i cały ślimak

znika przytem w muszli. W tym przypadku zostały podrażnione komórki dotykowe w czułkach ślimaka przez ciśnienie, wywarte dotknięciem palców, i wrażliwe komórki natychmiast telegrafują do mózgu: baczność! niebezpieczeństwo! — ten zaś ze swej strony wydaje rozkaz mięśniom — wciągaczom ciała. Zapomocą doświadczenia tego rodzaju u najrozmaitszych gatunków zwierząt dały się wykryć komórki dotykowe, położone w najrozmaitszych partjach ciała i funkcjonujące mniej lub więcej sprawnie, w zależności od ich liczby i zgrupowania; nieliczne tylko komórki dotykowe na naszych plecach mogą dostarczyć dość ubogich wrażeń, gdy natomiast ogromna ich ilość na opuszkach palców pozwala ślepcom nawet na czytanie zapomocą palców. Bardzo wiele istot żywych poprzestaje tylko na świadectwie tych komórek o otaczającym świecie, i dotyk osiąga tu nieprawdopodobny wprost stopień doskonałości, pozwalając na określanie kształtu i istoty otaczających przedmiotów, nawet bez bezpośredniego zetknięcia z badanym przedmiotem. U zwierząt wodnych można to sobie jeszcze jako tako wyobrazić; że np. cząsteczki wody, odbite od bogato rozczłonkowanego ciała kraba, wywołują na specjalnie wrażliwej skórze sepji niejako odbity obraz dotykowy kształtu kraba. O wiele trudniej wyobrazić sobie ów dotyk „na odległość“ w środowisku powietrznem; a jednak i to zjawisko istnieje w rzeczywistości, jak wiemy z odwiecznego doświadczenia: oślepiony nietoperz, wpuszczony do pokoju z rozciągniętemi we wszystkich kierunkach sznurami, lata dłuższy czas, nie zaczepiając za nie skrzydłem, gdyż odbite od sznurów fale powietrza działają na setki tysięcy komórek dotykowych, umieszczonych w skrzydłach, i zdradzają obecność przeszkody.

Dziecko i człowiek pierwotny bada nieznane przedmioty, obmacując je, a następnie wąchając i smakując. I w świecie zwierzęcym można często zauważyć, że zmysły dotyku i powonienia bardzo ściśle nieraz współdziałają i uzu-

pełniają się wzajemnie przy badaniu otoczenia, a są umiejscowione często w tych samych okolicach ciała, naprzykład na czułkach u owadów. Wyczyny komórek węchowych w swym zakresie są dobrze znane; pies policyjny idzie śladem całemi godzinami, po krótkiem tylko obwąchaniu chusteczki lub innego przedmiotu. Samica motyla, wydzielająca ze swego organu wonnego zapach, niekiedy uchwytny i dla naszych mało subtelnych stosunkowo komórek węchowych — zwabia nim samców z kilometrowych odległości. Gnijącą padlinę w krótkim czasie opadają owady, znęcone ze wszech stron jej wonią, a spożywanie chleba z miodem staje się wątpliwą przyjemnością w lata, obfitujące w osy. U wielu grup zwierząt zmysł ten jest tak wysoko rozwinięty, że dla orjentacji w świecie oddaje im te same usługi, co nam — wzrok. Najwyższy stopień doskonałości, zdaje się, osiągać jednak u mrówek, których życie oddawna już czarowało laików i uczonych. Opukują one czułkami, na których znajdują się organy węchu, rozliczne przedmioty i rozpoznają ich właściwości zapomocą węchu, tworząc sobie węchowe obrazy tych przedmiotów; wyrażając się obrazowo, możnaby powiedzieć, że dany przedmiot pachnie dla nich okrągło lub czworokątnie, krótko lub długo. Podobnie rozpoznają kierunek zawikłanej nieraz drogi przy pomocy pozostawionych na niej śladów zapachu, który potrafią wyczuć i ponadto prawdopodobnie określić, czy ślad ten prowadzi w tę lub inną stronę, do którego to wniosku zdają się prowadzić wyniki nowszych, nader pomysłowych, doświadczeń. Lecz dość o tem. Gdyśmy zaczęli opowiadać o mrówkach, grozi nam niebezpieczeństwo przedłużania opowiadania w nieskończoność.

Zauważyliśmy już mimochodem, że smak i węch nie różnią się zbytnio od siebie. W drugim przypadku chemiczny bodziec działa z pewnej odległości, w pierwszym przyjmowany jest bezpośrednio przez komórki zmysłowe, położone wewnątrz organów przyjmujących pokarm, więc

wewnątrz ust, w gardzieli, na języku. W pewnych językach i dialektach, np. w górno-bawarskim, słowo „smakować“ używa się nawet w obu znaczeniach. Zrozumiałe, że zmysł smaku jest u wszystkich zwierząt dobrze rozwinięty; jakże bowiem wybredne co do pokarmu są liczne z pomiędzy nich! Każdy hodowca motyli dobrze wie, że gąsienice licznych gatunków raczej zdechną z głodu, niż zdecydują się przyjąć inne pożywienie, niż ich „zwykła“ roślina. Na tem zakończymy opowieść o niższych zmysłach, o tych skromnych tonach pastuszej fujarki, na których jednak można wygrać całkiem niezłe utwory.

5.

Na posągach bóstw lamaickich, pogrążonych w majestatycznym spokoju, widzimy często trzecie oko na czole, na znak ich wysokiej mądrości; również i Zachód używa oka, jako symbolu wszechobecności i wszechwiedzy Boga. Oko stało się dla nas równoznacznikiem organu zmysłów, pozwalającego na najdoskonalszy wgląd w świat otaczający, i istotnie tak się rzecz ma w stosunku do dużej części zwierzęcego świata. W oku zbierają się promienie światła słonecznego, odbite od otaczających przedmiotów i dające o nich bezpośrednie dane. Niewszędzie jednak owe dane są równie doskonałe, jakkolwiek można stwierdzić, że w zasadzie światłoczułe komórki zmysłowe są wszędzie jednakowego rodzaju, mianowicie są to komórki nerwowe z włóknami nerwowemi, wprawiane w stan podrażnienia bodźcem świetlnym. Lecz właśnie w organach wzrokowych dołącza się do nich niebywale skomplikowany aparat wrażliwych komórek, który w określony sposób dzieli, osłabia i wzmacnia bodźce, i w ten sposób umożliwia skomplikowane funkcjonowanie całości. Istnieją pozatem również organy zmysłu świetlnego najprymitywniejszego rodzaju, jak naprzykład u dżdżownicy, które bardzo odbiegają od wszystkiego, co przywykliśmy nazywać okiem. Posiada ona w skórze komórki zmysłowe,

które drażnią promienie świetlne w ten sam sposób, jak ciśnienie drażni komórki dotykowe. Jeśli użyć porównania, będą to płyty fotograficzne, wystawione bezpośrednio na światło z pominięciem kamery, umożliwiającej powstanie obrazu. W większości wypadków jednak komórki światłoczułe łączą się grupami, tworząc całe powierzchnie wrażliwe, zwane wtedy siatkówką. Ponieważ całość wrażenia świetlnego, przekazywana stąd do ośrodków nerwowych, składa się z sumy podrażnień poszczególnych komórek zmysłowych siatkówki, wrażenie świetlne, które ma być czemś więcej, niż tylko wrażeniem światła lub ciemności, a mianowicie ma być obrazem przedmiotu oświetlonego — może powstać tylko wówczas, gdy różne komórki zostaną trafione odpowiednio różnemi promieniami, podobnie jak się to dzieje na fotograficznej płycie. I to właśnie zjawisko umożliwiają rozmaite typy oczu, jakie wytworzyły się w świecie zwierzęcym; można je porównać z aparatami fotograficznemi różnego typu, w których obraz na płycie (siatkówce) wytworzony zostaje przy pomocy kamery (oka). Rezultaty zależą i tu, i tam od sprawności obu części.

Jak stoi sprawa ze światłoczułą płytą, z siatkówką? Każdy fotograf wie, że można otrzymać przy pomocy tej samej kamery bardzo rozmaite rezultaty, w zależności od użycia płyt specjalnie wrażliwych, leniwych lub uczulonych na określone barwy. W ten sam sposób mogą różnić się od siebie siatkówki różnych form zwierzęcych; jedne są wrażliwe już na bardzo nikłe ilości światła, gdy natomiast inne nie reagują na nie wcale. Być może, niektórzy czytelnicy słyszeli cośniecoś o szczególnym stanie nocnej ślepoty, dziedzicznej w pewnych rodzinach. Ludzie dotknięci nią stają się o zmierzchu całkiem ślepi, gdyż słabe światło nie drażni ich siatkówki. Dla porównania przypomnijmy sobie specjalne płyty fotograficzne, któremi można manipulować spokojnie przy słabem świetle, gdy natomiast bardzo czułe gatunki atakuje już nawet czerwone światło ciemni.

6.

Siatkówki nietylko rozmaicie reagują na światło wogóle, lecz i na poszczególne barwy. Niektórzy z czytelników zapewne posiadają w kręgu znajomych kogoś częściowo ślepego na barwy, przeważnie na czerwoną i zieloną. Istnieją jednakże osoby całkowicie niewrażliwe na barwy, dostrzegają one na ich miejsce tylko odcienie światła, więc różne stopnie szarości. Zrozumiałe, że wielu badaczy zainteresowało się kwestją, w jaki sposób reagują na barwy oczy zwierząt; nie może to być jednak rozstrzygnięte z taką łatwością, jak to bywa podczas przyjmowania kandydatów do służby kolejowej; zwierzęta nie dają bowiem bezpośrednich odpowiedzi, które należy wydobywać z nich dopiero na drodze okrężnej. Dróg tych jest wiele i to bardzo zawikłanych. Najprostsza jest następująca: podając zwierzętom pokarmy w związku z wrażeniami barwnemi, można je wytresować na określone barwy i następnie stwierdzić, czy odróżniają je od szarej o tym samym stopniu jasności; jest to oczywiście zadanie niewykonalne dla oka ślepego na barwy. Jeśli wytresować rybę, karmiąc ją czerwonemi robakami, i następnie przylepić po zewnętrznej stronie akwarjum czerwone nitki — ryba rzuca się na nie. Jeśli te nitki nakleić na szare tło, posiadające ten sam stopień jasności, co i czerwień nitek — oko ślepe na barwy nie potrafi ich wyróżnić. Zachowanie się ryby w stosunku do nich zdradzi nam, czy jest ona ślepa na barwę czerwoną, czy też ją postrzega. Doświadczenia tego rodzaju wykazały, że płazy, więc żaby i salamandry, gady, więc jaszczurki, żółwie, węże, nakoniec ptaki i ssaki postrzegają naogół barwy w ten sam sposób, jak i ludzie. Co do ryb natomiast dowodzono, że są one ślepe na barwy, okazało się jednak, że stosuje się to nie do wszystkich gatunków.

Szczególnie interesujące jest jednak zachowanie się pod tym względem owadów, z pomiędzy których szczegółowo badane były pszczoły. Kto tylko ma otwarte oczy

na zjawiska przyrodnicze, wie dobrze, dlaczego; widział bowiem nieraz, jak pszczoła lub trzmiel przelatują z kwiatu na kwiat, wysysając z kielichów miód, i przypomniał sobie, że uczył się jeszcze w szkole, jak to owady przenoszą pyłek kwiatów z pręcików na znamię słupka, dokonując w ten sposób zapylenia, oraz że miód, ukryty w kielichu, przeznaczony jest na znęcenie skrzydlatych gości. Przy tej okazji może mu przyjść do głowy myśl, powzięta zresztą przez wielu uczonych, że jaskrawe, pstre barwy kwiatów służą jako drogowskazy dla owadów. By sprawdzić powyższe przypuszczenie, należy przez kilka lat obserwować najpospolitsze kwiaty; stwierdzimy wówczas, że prawie wszystkie białe, pstre i jaskrawe kwiaty odwiedzają pszczoły i trzmiele, zapylając je przytem, gdy natomiast niepozorne i skromnie zabarwione zapylane zostają przy pomocy wiatru i innych przenosicieli pyłku. Prawdopodobnie zadowolilibyśmy się tem stwierdzeniem, będąc pewni, że barwne znaki w kwiecie, znaczące drogę do miodników, są drogowskazami dla owadów, i uznając za oczywiste, że pszczoły muszą te drogowskazy widzieć. W nauce jednak nic nie jest oczywiste i prędzej czy później zjawi się zawsze ktoś, kto poda w wątpliwość rzeczy najbardziej, zdawałoby się, pewne.

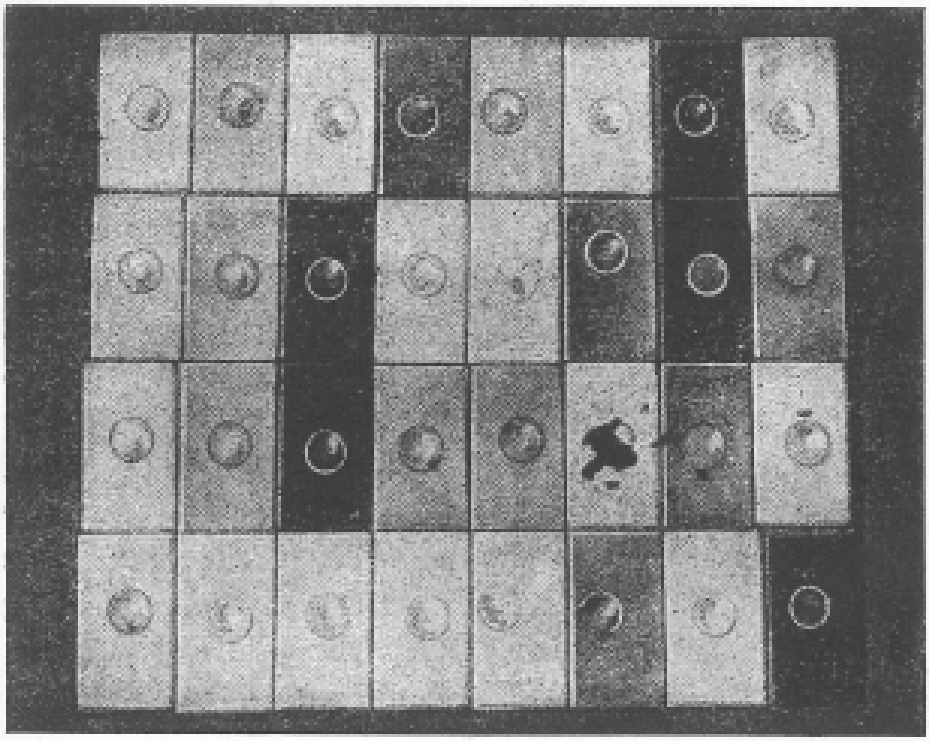
Tak i w tym wypadku przychodzą owi niedowiarkowie i powiadają: pszczoły posiadają wyborny węch, zapomocą którego odnajdują miód, i to powinno im wystarczać w zupełności do odnalezienia drogi do jego źródła. Przekonajmy się o tem, dając pszczołom bezwonne, papierowe kwiaty lub ich lustrzane odbicie. Pszczoły nie przylatują do nich, chociaż dążą do kwiatów pozbawionych sztucznie jaskrawych płatków; wydaje się więc, że wzrok nie gra tu żadnej roli. Na to odpowiada druga strona: w doświadczeniu powyższem przeoczony został bardzo ważny czynnik, jakim jest niezwykle rozwinięta u pszczół pamięć miejsca, dzięki której pszczoła wraca do tego samego kwiatu, nawet wówczas, gdy podczas jej nieobecności

poobrywać mu płatki. Należy więc w ten sposób zaaranżować doświadczenie, by owa pamięć miejsca nie grała żadnej roli. I rzeczywiście w tych warunkach pszczoły przylatują nawet do papierowych kwiatów, a nie zwracają żadnej uwagi na pozbawione płatków; a więc widzą one kwiaty, a nie kierują się zapachem miodu.

Teraz przychodzi następny niedowiarek i mówi: jeśli w samej rzeczy tylko jaskrawe barwy kwiatów znęcają owady, muszą wydawać się im takie same, jak i nam. Czy nie jest jednak prawdopodobniejsze, że dla ich oka są one zupełnie inne? Należy przedewszystkiem stwierdzić, jak wogóle reaguje oko pszczoły na barwy w porównaniu z okiem ludzkiem. Faktem jest, że dla normalnego oka ludzkiego, z pomiędzy wszystkich barw tęczy, najjaśniejszą wydaje się żółta; natomiast dla oka ślepego na barwy, dla którego wszystkie one są tylko odcieniami szarego, najjaśniejszą jest zielona do — jasno-zielonej. Ponieważ wiadomo, że pszczoły znajdujące się w zamkniętej przestrzeni dążą zawsze do najjaśniejszego punktu — zamknięto je w doświadczeniu niejako w sztucznej tęczy (fizycy potrafią ściągnąć ją z nieba zapomocą prostego aparatu o każdym czasie) i przekonano się, że dążą one ku barwie żółto-zielonej, a więc postrzegają jako najjaśniejszą tę samą partję tęczy, co i oko ślepe na barwy. A więc należy przyjąć, że pszczoły istotnie są ślepe na barwy, i jeśli inne doświadczenia wykazały, że rozróżniają one poszczególne kolory, należy to interpretować w ten sposób, że wyróżniają tylko odcienie jasności. Zupełnie tak samo dla ślepego na barwy człowieka kolory są tylko odcieniami szarego.

Na to odpowiada strona przeciwna, że oczywiście przytoczone doświadczenia wykazują, iż dla pszczół barwa żółto-zielona jest najjaśniejsza, lecz nie wynika z tego, że muszą się one względem barw zachowywać tak samo jak człowiek ślepy na nie. Czyż mimo to nie mogą one posiadać zdolności barwnego widzenia? Należy przepro-

wadzić dalsze doświadczenia. Wiemy już, że zwierzęta można wytresować na rozmaite barwy, jeśli je karmić na odpowiednio dobranem barwnem podłożu; wtedy oczekują one swej porcji przy znanej barwie. Pszczoły naprzykład można wytresować na kolor niebieski, jeżeli na papierze tej barwy postawić szalkę z ocukrzoną wodą



Rys. 49. Doświadczenie z tresurą pszczół; na każdym z szarych papierków o rozmaitych odcieniach stoi szalka. Wszystkie pszczoły znajdują się w trzecim rzędzie, na 6 papierku, który jest niebieski. Na fotografji nie zaznaczają się poszczególne odcienie i barwy.

i pozwolić im przez kilka dni sycić się syropem. Następnie, gdy rezultat został osiągnięty, na dużym stole przytwierdzamy pineskami dość duże kwadraty z papieru we wszystkich odcieniach szarego, od białego aż do czarnego, pomiędzy któremi umieszczamy kwadrat niebieski; wśród szarych kwadratów znajduje się jeden o takim samym stopniu jasności, co i niebieski, który z tego powodu dla oka ślepego na barwy jest z nim identyczny. Stawiamy

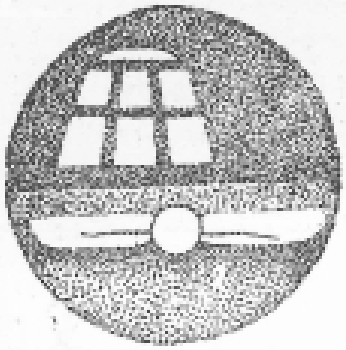
teraz na wszystkie szare kwadraty szalki z syropem — pusta jest tylko szalka, umieszczona na niebieskim kwadracie — mimo to wszystkie uprzednio tresowane pszczoły zbierają się właśnie przy niej! (Rys. 49). A więc muszą one postrzegać barwy jako takie, w przeciwnym razie splątałyby niebieski z szarym — jeśli nie wszystkie, to przynajmniej choć kilka. Doświadczenia tego rodzaju zostały następnie powtórzone w zastosowaniu do wszystkich poszczególnych kolorów, oraz do ich kombinacyj, by zorjentować się dokładnie, jakie barwy pszczoły potrafią wyróżnić. Okazało się przytem, że istotnie postrzegają one wszystkie barwy z wyjątkiem jaskrawo-czerwonej i pewnego odcienia zielonej: te plączą z szarą i czarną. Pszczoły więc zachowują się jak człowiek ślepy na barwy czerwoną i zieloną. Interesujące jest ponadto, że botanicy dawno wiedzieli, iż jaskrawo czerwone kwiaty, rozpowszechnione głównie w ciepłych krajach, nie są zapylane przez owady, lecz przez ptaki i, jeśli wśród jakiejkolwiek rodziny roślin znajdzie się kilka wyjątkowych gatunków, które kwitną czerwono— są one zawsze zapylane przez ptaki. Koniec końców możemy być przekonani, że zdrowy rozsądek miał rację — pszczoły postrzegają barwy kwiatów jako barwy; proste to stwierdzenie wymagało błąkania się po zawikłanych — jak widzieliśmy — ścieżkach, choć mogę zaręczyć, że w naszej wędrówce wielokrotnie prowadziłem czytelników do celu naprzełaj.

7.

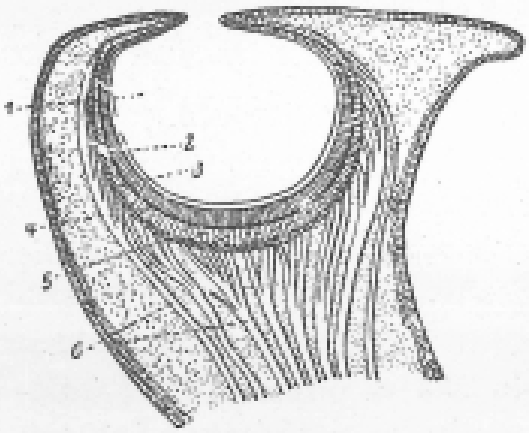
W ten sposób dowiedzieliśmy się cośniecoś o własnościach płyty w naszym aparacie fotograficznym i z pełnem zainteresowaniem zwracamy się teraz do samej kamery. Wystawa aparatów fotograficznych wszystkich systemów, jakie kiedykolwiek zbudowała ludzka wynalazczość od czasów, gdy człowiek przekonał się, że jego konterfekt daleko lepiej oddaje obraz świetlny niż najpiękniejszy miedzioryt — wystawa taka przedstawiałaby obraz wielce

urozmaicony; pomimo to jednak byłaby monotonna w zestawieniu z rozmaitością budowy oka w świecie zwierzęcym, ponieważ wszystkie aparaty są właściwie modyfikacjami jednej zasady, polegającej na tem, iż obraz powstaje na tylnej ścianie ciemnej kamery. Liczne, niezmiernie liczne oczy w świecie zwierzęcym — możemy je nazwać z czystem sumieniem oczami typu kamery, zbudowane są na tej samej zasadzie. Lecz istnieją też całkiem odmienne urządzenia, funkcjonujące na innych zasadach i równie dobrze spełniające swe zadania. Narazie zatrzymajmy się przy oczach typu kamery; jak wszyscy wiedzą, zadaniem ich jest rzucać obraz na dno, tam, gdzie założona jest światłoczuła płyta. Oznacza to, że promienie świetlne, odbite od przedmiotu, naprzykład od domu, zostają załamane, połączone i skupione w ten sposób, że powstaje zmniejszony obraz domu, który możemy oglądać na matówce kamery. Dla umożliwienia tego potrzebne są trzy rzeczy. Po pierwsze zprzodu aparatu konieczne jest urządzenie, które w powyżej wzmiankowany sposób wprowadza promienie świetlne do kamery; po drugie musi ona posiadać odpowiednią głębokość, by wytworzony obraz mógł być uchwycony dokładnie w tem samem miejscu, gdzie powstaje; po trzecie wnętrze kamery musi być ciemne, by postronne światło nie zmąciło obrazu. I istotnie oczy typu kamery są to w zasadzie ciemne, często kuliste pęcherzyki, posiadające zprzodu urządzenie, dzięki któremu powstaje obraz — ztyłu zaś w odpowiedniej odległości płytę, przyjmującą obraz, więc siatkówkę. Tak jak w aparacie fotograficznym można zobaczyć obraz na matówce — tak samo można go dostrzec na dnie oka (Rys. 50). Widzę, jakby to się działo wczoraj, mego świetnego nauczyciela przyrody ze szkolnych czasów, jak podczas lekcji ostrożnie wkłada do miski preparacyjnej oko wołu, skierowuje je w stronę okna, następnie zaś wycina w niem w odpowiedniem miejscu mały otworek, przez który możemy wszyscy oglądać obraz okna na dnie oka.

A teraz musimy się dowiedzieć, jaka mianowicie część oka wytwarza obraz; w aparacie fotograficznym jest to oczywiście soczewka — lecz niezawsze! Pamiętam, że jako dzieci posługiwaliśmy się kamerą własnej konstrukcji, która dawała całkiem niezłe obrazy bez żadnej soczewki; jej miejsce zajmowała maleńka dziurka — była to kamera specjalnego typu. I niektóre zwierzęta posiadają oczy zbudowane według tego typu, więc puhar oczny, opatrzony zprzodu otworem, przez który wpada doń światło (Rys. 51). Lecz jest to aparat równie niedoskonały, jak ów aparat fotograficzny z chłopięcych lat. Kto chce mieć dobry aparat, kupuje nietylko aparat z soczewką, lecz z soczewką przedniego gatunku, odpowiadającą różnorodnym wymaganiom; musi ona być jasna, nie zniekształcać obrazu i zachowywać się w określony sposób wobec rozmaitych rodzajów światła. Wykonana jest zaś, jak wiadomo, z przezroczystego, szlifowanego szkła, którego skład i krzywizny są dokładnie obliczone. Należy do osobliwości natury, że i w oczach zwierząt znajduje się soczewka tego rodzaju; u niższych zwierząt jest to poprostu przezroczysta wydzielina skóry, u wyższych zaś soczewka składa się z niezliczonych komórek, zupełnie przezroczystych (Rys. 52).

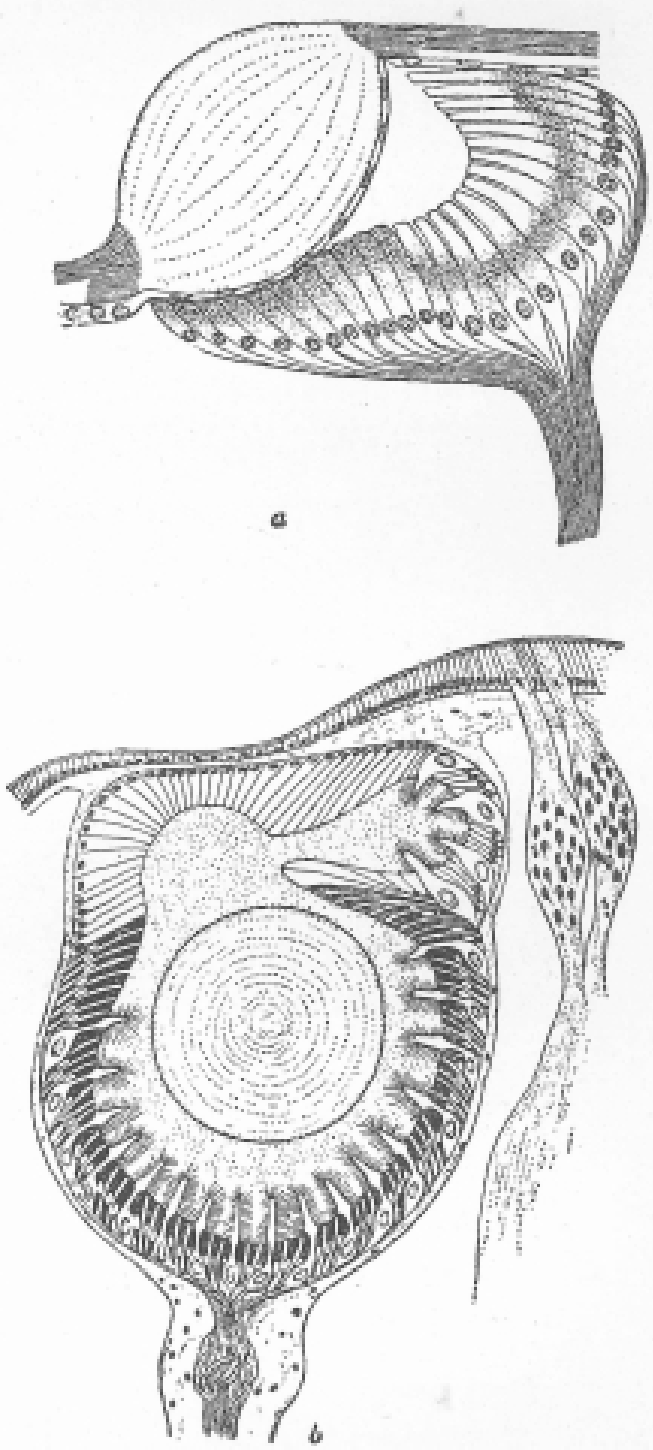


Rys. 50. Obraz okna na dnie oka.



Rys. 51. Przekrój przez oko głowonoga *Nautilus*. 1. Komora oka. 2, 3, 4. Siatkówka. 6. Nerw oczny.

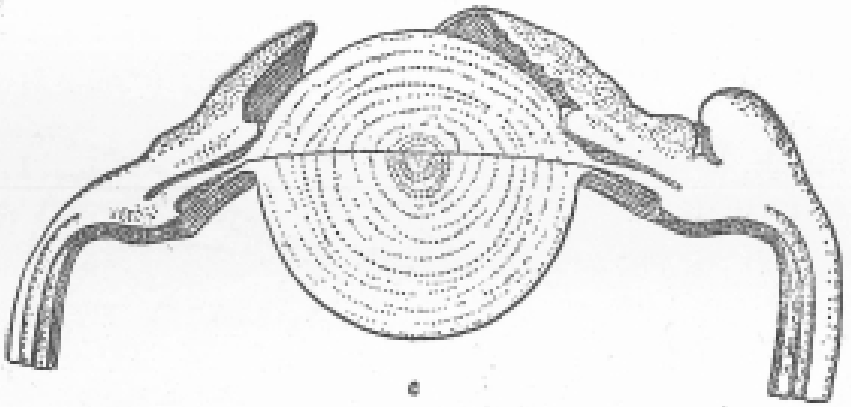
Również i te soczewki różnią się swą jakością: istnieją lepsze i gorsze. Nie nasuwa też wątpliwości wiadomość, że soczewka oka funkcjonuje na tych samych zasadach, co i soczewka szklana. Kto nie wierzy, niech się tylko rozejrzy po swoich znajomych, a zapewne znajdzie żywy dowód, w postaci chorego na kataraktę. Katarakta nie oznacza zaś nic innego, jak zmętnienie chorej soczewki, która wkońcu staje się nieprzezroczysta; chore oko, chociaż może obraz przyjąć, lecz przestaje funkcjonować, gdyż soczewka nie rzuca już obrazów na siatkówkę. Chory udaje się wówczas do lekarza, który usuwa zepsutą soczewkę, i za-



Rys. 52. Różne rodzaje soczewki ocznej: a) przekrój prostego oka owada z soczewką chitynową, b) przekrój oka ślimaka z kulistą soczewką w jamie ocznej.

mienia ją specjalnemi okularami, posiadającemi szklaną soczewkę, umieszczoną przed chorem okiem— i wszystko jest zpowrotem w porządku.

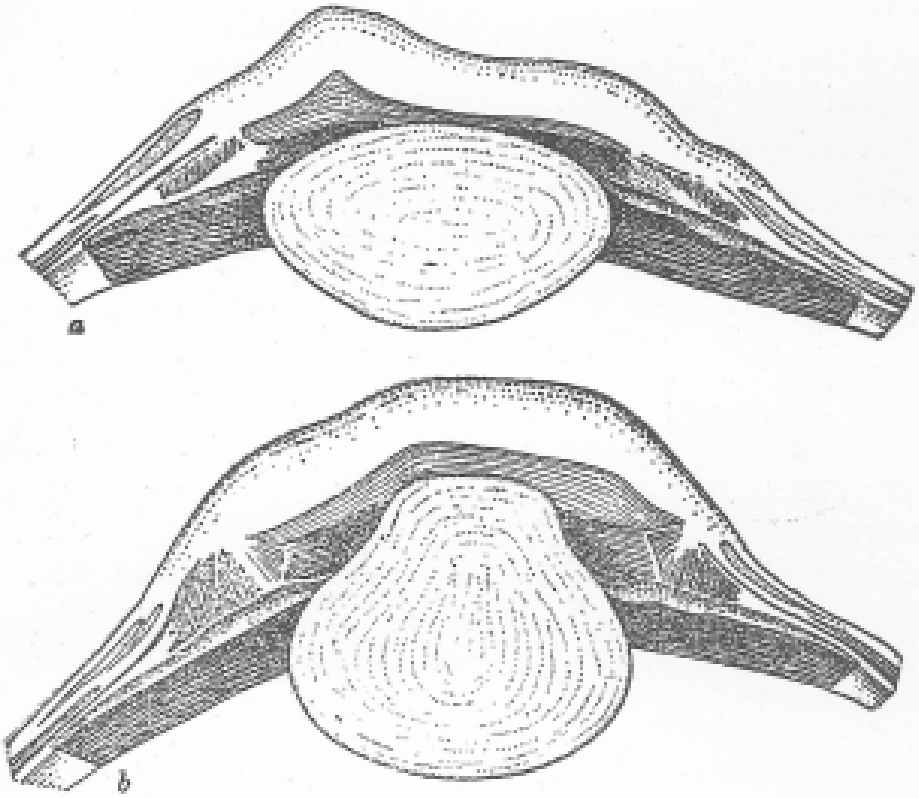
Ktokolwiek choć raz fotografował, wie dobrze, że przedewszystkiem trzeba nastawić aparat w ten sposób, by obraz na matówce był ostry; osiąga się to przez dobranie odpowiedniej odległości pomiędzy soczewką i matówką, przesuwając soczewkę na ruchomych saneczkach, lub też przy innej konstrukcji aparatu — samą matówkę. Robimy to dlatego, że położenie, z którego soczewka rysuje



Rys. 52. c) Przekrój przedniej ściany oka głowonoga z soczewką składającą się z dwóch półkulistych części.

ostry obraz, zależy od odległości fotografowanego przedmiotu od niej. Oko typu kamery, w którem takie nastawienie nie byłoby możliwe, nie mogłoby dawać ostrych obrazów przedmiotów, znajdujących się na rozmaitych odległościach, tak samo jak aparat z nieruchomą soczewką lub matówką. Takich niedoskonałych oczu jest bardzo wiele, lecz wszystkie bardziej doskonałe organy wzroku posiadają urządzenie, pozwalające im pracować ostro przy rozmaitych odległościach. Urządzenia te są w szczegółach bardzo różnorodne. W oczach ryb jest ono podobne do kamery, której soczewka zmontowana jest na ruchomej ramie; soczewkę przesuwają specjalne mięśnie w kierunku dna oka, lub też w stronę przeciwną. W innych oczach,

również i w naszych, osiągnięte jest to samo na drodze bardziej złożonej, której niepodobna naśladować soczewką szklaną. Powszechnie wiadomo, że soczewki o niejednakowych krzywiznach rzucają ostre obrazy na ten sam punkt, o ile przedmioty ustawić w odpowiednio różnych odległościach. A więc jeśli użyta została soczewka oszli-

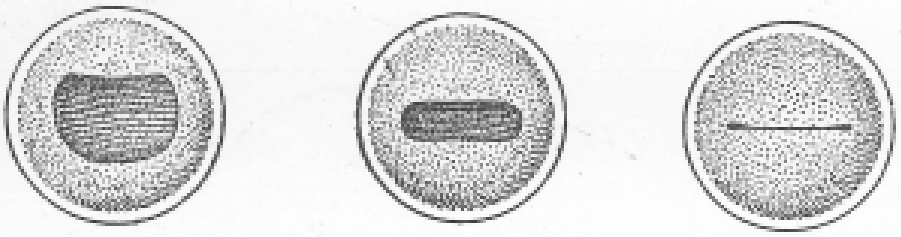


Rys. 53. Część przednia oka kormorana: a) w stanie spokoju, b) soczewka zmieniła kształt przy nastawieniu oka na przedmiot widziany przez ptaka.

fowana napłask, obraz przedmiotu zarysowany na matówce jest ostry z większej odległości, przy użyciu zaś wypukłej soczewki — ostrość osiąga się z odległości mniejszej. W celu więc osiągnięcia ostrości każdorazowego obrazu można obrać niepraktyczny często sposób dobierania do aparatu fotograficznego do każdej odległości specjalnej soczewki. Oczywiście byłoby to zbyt ambarasujące, niemniej zasada taka urzeczywistniona jest w naszem

oku. Jest to możliwe, ponieważ soczewka oka nie jest sztywna, jak szkło, lecz podatna i plastyczna. Z tego powodu nie trzeba jej zamieniać przez inną; może ona bowiem zmieniać swą krzywiznę — wypuklać się lub spłaszczać pod wpływem działania specjalnych mięśni. Dzieje się to za każdym razem, gdy spoglądamy na bliski lub daleki przedmiot (Rys. 53). Gdyśmy się o tem dowiedzieli, rozumiemy już, że każdy brak w budowie kamery ocznej i w nastawianiu soczewki można skorygować, dobierając odpowiednie okulary — soczewki pomocnicze.

Rutynowany fotograf powinien jednak zwrócić uwagę i w innym kierunku; przed soczewką jego kamery znajduje się zasłona. Przed wykonaniem zdjęcia musi się zdecydo-

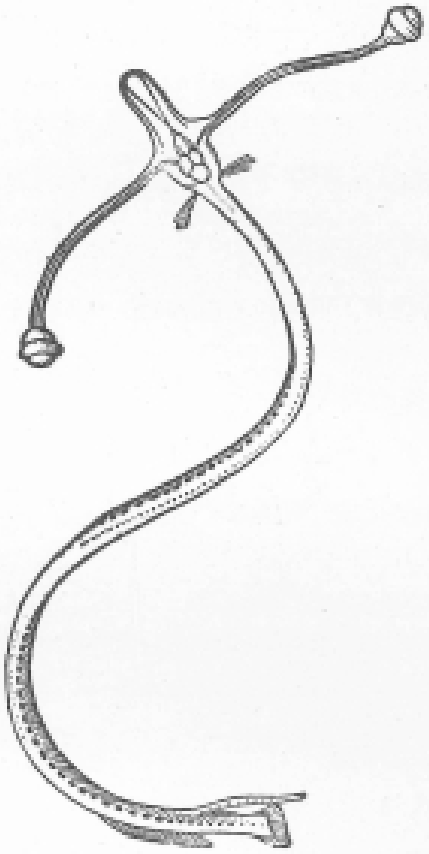


Ryc. 54. Źrenica sepji w trzech stadjach zwężenia.

wać, czy należy zasłonę otworzyć całkowicie i wpuścić tem samem obfitą wiązkę promieni do soczewki, czy też przesłonić ją i tę wiązkę odpowiednio zmniejszyć. Wie on między innemi, że, aby otrzymać dobre zdjęcie przy jednym i tym samym czasie ekspozycji, zasłonę należy przymknąć w dzień słoneczny, otworzyć zaś — w chmurny. I to urządzenie zrealizowane jest w oku zwierząt, w sposób bardzo różnorodny, zależnie od stopnia rozwoju zwierzęcia. W oku o typie prawdziwej kamery urządzenie to jest takie same, jak w fotograficznym aparacie; przed soczewką znajduje się nieprzezroczysta tarcza — tęczówka, opatrzona pośrodku otworem — źrenicą. Delikatne mięśnie w tej tarczy, odpowiadające mechanizmowi regulującemu zasłonę w kamerze, zwężają i rozszerzają otwór; źrenica zmniejsza się lub zwiększa (Rys. 54). Spojrzyjcie na oczy

kota w dzień i w nocy, gdy źrenica jest szeroko rozwarta, lub też stańcie przed lustrem w niezbyt jasnym pokoju i zbliżcie do oczu silną lampę — a przekonacie się naocznie o pracy zasłony w oczach.

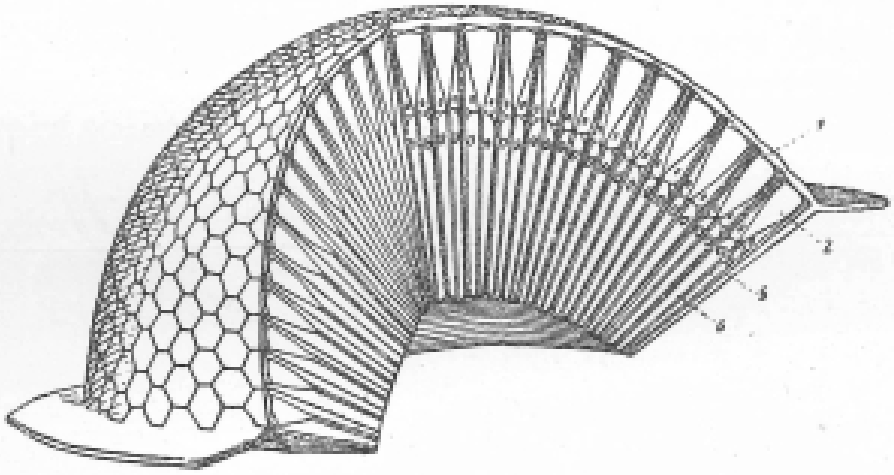
Możemy przytoczyć jeszcze kilka pouczających porównań oka z fotograficznym aparatem. Możemy naprzykład wspomnieć, że można go zmontować na statywie, by łatwiej i wygodniej poruszać go na wszystkie strony, i dodać ponadto, że to samo znaczenie ma osadzenie oczu wielu zwierząt — jak raków i ryb głębinowych — na trzonkach (Rys. 55). Możemy przypomnieć, że po pracy fotograf zakrywa soczewkę ochronną skórzaną zasłoną; podobnie liczne zwierzęta posiadają zamykające się powieki, spełniające to samo zadanie; w oczach zaś szczególnie doskonałych, naprzykład w oczach kręgowców, soczewkę stale zabezpiecza od uszkodzeń przezroczysta rogówka. Niektóre kamery wzmocnione są stalowemi prętami i sztabkami — u ryb zaś i ptaków oczy wzmocnione są chrząstką i pierścieniami kostnemi. Lecz nie należy powiększać tej litanji; istnieją ludzie, którzy bardzo lubią pisać książki i któryś z nich z pewnością napisze cały tom tylko o cudach oka. W każdym razie będzie miał jeszcze dużo nowego do powiedzenia czytelnikom.



Rys. 55. Ryba głębinowa z oczami, osadzonemi na długich wyrostkach.

Jeszcze tylko kilka słów o pewnym rodzaju oka, o którym zapewne wszyscy słyszeli — o złożonem oku owadów

(Rys. 56). Byłem dzieckiem, gdy podarowano mi pewnego razu jeden z tych „popularnych“ mikroskopów, który, pomimo swej prymitywności, może dostarczyć posiadaczowi wielu wzruszeń. Do przyrządu dołączony był preparat oka muchy, którego prawdopodobnie nigdy nie braknie przy tego rodzaju instrumentach. Pod mikroskopem okazało się, że składa się ono z niezliczonych, drobnych sześciokątów, ułożonych ściśle obok siebie. W rzeczywistości nie było to całe oko, tylko twarda, zewnętrzna



Rys. 56. Nadcięte oko złożone owada. Każdemu sześciokątowi na powierzchni odpowiada pojedyńcze oko w kształcie słupka. 1. Rogówka skórna. 2. Soczewka. 5, 6. Komórki siatkówki.

powłoka, otaczająca je na podobieństwo naszej rogówki, znajdującej się na przedniej stronie jabłka ocznego. Lecz każdy z tysięcy poszczególnych sześciokątów lub fasetek reprezentuje oddzielną rogówkę; oznacza to, że poza każdą z nich leży oddzielne oko ze wszystkiemi częściami składowemi, soczewką, tęczówką, siatkówką. To, co nazywamy okiem u muchy, motyla lub homara, jest w rzeczywistości skupieniem tysięcy poszczególnych oczu, zbudowanych inaczej niż oczy typu kamery. Nie istnieje tu komora ciemna, na której dno rzutowany jest obraz, lecz komórki zmysłowe siatkówki leżą bezpośrednio za soczewką. Jej szczególny kształt i właściwości sprawiają, że nie może

odtworzyć całego obrazu, lecz jedynie tę jego część, która znajduje się nawprost długiej osi poszczególnego oczka. Zasada ta stosuje się do wszystkich niezliczonych oczek. Jeśli przyjrzeć się ciemnym oczom pszczoły lub muchy, zauważymy przedewszystkiem, że są one mocno wypukłe i z tego powodu każde pojedyńcze oczko patrzy w nieco inną stronę, niż sąsiednie. Gdy więc całe oko skierowane jest na pewien przedmiot, każde oczko odtwarza tylko jego drobną część i ze wszystkich tych fragmentów powstaje następnie obraz całości. Można tu użyć jako porównania panoramy, składającej się z wielu poszczególnych obrazów, przedstawiających różne części całości. Nie można jednak powiedzieć, by ten szczególny typ oka funkcjonował kiepsko; znaną jest rzeczą świetna pamięć miejsca u pszczół, a nietrudno stwierdzić, że orjentują się one w tem przy pomocy oczu. Pszczoły można wytresować tak, jak to już widzieliśmy, nietylko na barwy, lecz również i na określone kształty lub wzory, podobnie jak i na pewne położenia i oznaczenia ula. Lecz sądzę, że uwierzycie mi na słowo, jeśli was zapewnię, że dowiedziono tego przy pomocy licznych doświadczeń. Stanowczo za długo już opowiadamy o królu zmysłów — wzroku.

R O Z D Z I A Ł S Z Ó S T Y

ZMYSŁ SŁUCHU I RÓWNOWAGI, UKŁAD NERWOWY OŚRODKOWY

Ludowe przysłowia często ujmują istotę rzeczy szczególnie dosadnie. Tak naprzykład fakt, że w świecie zewnętrznym orjentujemy się głównie zapomocą wyższych organów zmysłów, znajduje swe odbicie w określeniu największego nieszczęścia, jakie może spotkać człowieka: „odjęło mu słuch i wzrok". Jeśli zechcemy to samo zastosować do pszczoły, powiemy: „odjęło jej wzrok i węch", a dla askarydy zdanie to będzie brzmiało: „odjęło jej smak i dotyk". O smaku, dotyku, węchu i wzroku usłyszeliśmy już różne rzeczy i zainteresowanie nasze zwraca się niecierpliwie w kierunku organu zmysłu słuchu.

1.

Z pewnością wszyscy wiedzą, lub są przekonani, że wiedzą, co rozumiemy przez słowo „słuch"; uczyliśmy się bowiem, że bodziec drażniący organ dotyku — to ciśnienie, organ zaś wzroku — promień świetlny; odpowiednio do tego komórki słuchowe nastawione są na podrażnienia przez szmery i dźwięki. Cóż to jest właściwie dźwięk? Można sobie o tem wyrobić pojęcie, nie uciekając się do fizyki, która mówi o tem bardzo mądre rzeczy. Jeśli poruszyć strunę skrzypiec, powstaje dźwięk; obserwując zaś strunę, zauważymy, że drga ona przytem; gdy potrąciliśmy niską strunę, drgania są powolne, gdy wysoką — są one tak szybkie, że niepodobna ich uchwycić wzrokiem. A teraz spojrzyjmy na koło rozpędowe maszyny i posłuchajmy jego szumu; podczas szybkich obrotów ton jest wysoki, podczas wolnych obniża się. Jeśli zwrócimy uwagę na muchę, unoszącą się z brzękiem nad naszą głową, spostrzeżemy, że skrzydła jej są w szybkim ruchu; za chwilę zjawia się

druga mucha, której brzęk jest dużo wyższy — ruch jej skrzydeł jest tak szybki, że widać tylko wir powietrzny. Z tego wszystkiego łatwo wywnioskować, że szybkie drgania wywołują powstanie dźwięku, którego tonacja jest tem wyższa, im szybciej drga dany przedmiot, więc struna lub skrzydło owada.

Cóż jednak dochodzi do naszego ucha od struny i co wywołuje wrażenie dźwięku? Ktokolwiek stał kiedy przy armacie podczas strzelania lub nawet tylko wpobliżu orkiestry dętej, z pewnością odczuł wyraźne ciśnienie w uszach. Ponieważ mogło to być tylko powietrze, musi ono mieć coś wspólnego z dźwiękiem, trafiającym do ucha. Gdy podczas burzy zwrócić uwagę na czas, który upływa pomiędzy błyskawicą a grzmotem, można stwierdzić naprzykład, że, jeśli piorun uderzył w kilometrowej odległości, odgłos gromu daje się słyszeć po trzech sekundach. A więc dźwięk gromu, który powstaje przecież jednocześnie z błyskawicą, potrzebuje określonego czasu, by dotrzeć do naszego ucha. Po tem wszystkiem nietrudno się domyślić, że dźwięki polegają na drganiach cząstek powietrza, rozchodzących się z pewną określoną szybkością na wszystkie strony, jak fale na jeziorze, i że ilość drgań, dokonanych przez taką cząstkę w okresie sekundy, warunkuje wysokość dźwięku. Najniższy ton basetli wywołany jest przez 16 tych drgań na sekundę, najwyższy ton piszczałki — przez 4500. Te drgania cząstek powietrza, fale dźwiękowe, drażnią komórki zmysłowe w organie słuchu; gdy telegrafują one do mózgu, że zostały uderzone 440 razy na sekundę, stwierdzamy, że usłyszeliśmy ton A.

Zanim jednak spróbujemy to sobie bliżej wyjaśnić, dowiedzmy się, jakie wogóle zwierzęta posiadają owe komórki zmysłowe; stwierdzenie tego wcale nie było łatwe — przecież nie można zapytać zwierzęcia: „czy słyszałeś?“; byliśmy zmuszeni szukać tylko pośredniej odpowiedzi. Początkowo szukano organów przypominających nasze uszy, sama ich jednak obecność nie dowodzi wcale, że

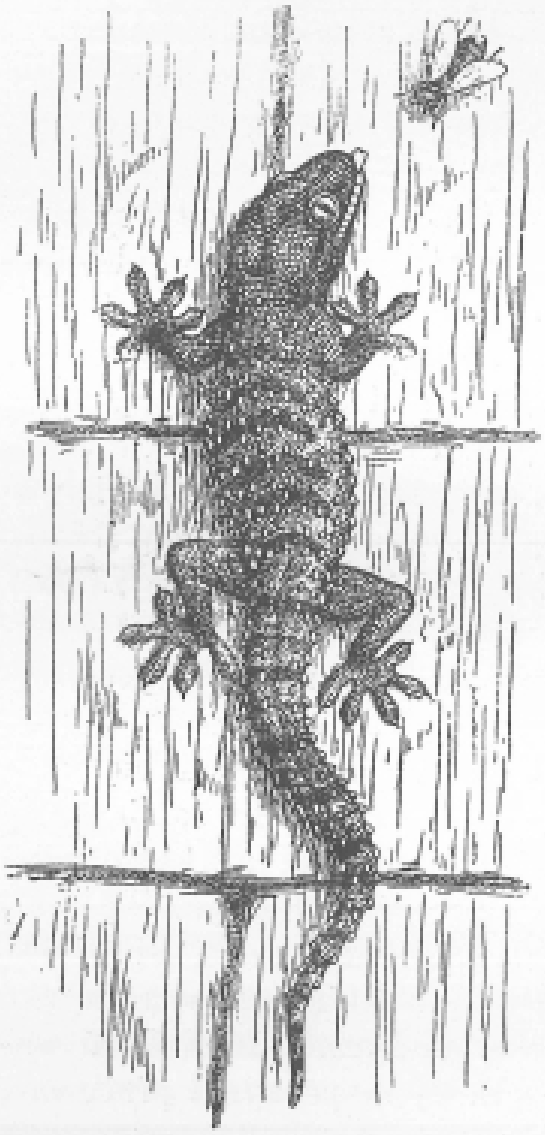
zwierzę istotnie słyszy, ponieważ ucho spełnia — jak o tem dalej się dowiemy — i inne funkcje. Należało więc zwierzę poddawać działaniu fal dźwiękowych i obserwować jednocześnie, czy nie zdradza ono jakiej reakcji w postaci prób ucieczki lub innych ruchów. Jednak i w tym przypadku należy być ostrożnym i uważać, czy reakcji nie wywołał towarzyszący dźwiękowi wstrząs komórek dotykowych w skórze, lub też czy nie wchodzi w grę wzrok zwierzęcia. Wynik doświadczenia musiał następnie zostać sprawdzony w ten sposób, że badano reakcję zwierzęcia na ten sam dźwięk, po operacyjnem usunięciu domniemanych organów słuchu.

Rezultaty, które otrzymuje na tej drodze ostrożny badacz, niezawsze zgadzają się z zakorzenionemi poglądami; któż naprzykład wątpi, że komary słyszą muzykę swych braci i sióstr, unoszących się rojami nad bagniskami, lub że piosnka wieczorna świerszczów i cykad ma wśród nich słuchaczów i amatorów? Wszyscy znają legendę o Arjonie, mistrzu tonów, którego cudowny śpiew poruszał wszystkich mieszkańców wody, ziemi i powietrza — niestety, jest to tylko legenda, gdyż dzisiaj możemy twierdzić stanowczo, że co najmniej większość drobnych zwierzątek pełzających i poruszających się dokoła (przyrodnik nazywa je zwierzętami bezkręgowemi) jest całkowicie głucha. Prawdopodobnie jedynie pasikoniki, których charakterystyczna muzyka rozlega się w letnie noce, oraz szczególnie głośne piewiki ciepłych krain posiadają słuch, lecz i to nie na pewno. Nawet ryby, więc najniższe kręgowce, są po większej części głuche. Właśnie z ich powodu uczeni przez długi czas łamali sobie głowy, gdyż głuchota ryb nie zgadzała się z wieloma świadectwami z codziennego życia; wciąż słyszano stąd i zowąd, że w tym i owym zakładzie hodowli ryb zwołuje się je dźwiękiem dzwonu. Sam na własne oczy obserwowałem w Japonji w pewnej hodowli węgorzy, jak jeden z rybaków stukał wielkim nożem kuchennym, służącym do siekania po-

czwarek jedwabników, używanych jako karm dla ryb, w drewnianą stolnicę — i jak w jednej chwili zjawiały się na miejscu karmienia nieprawdopodobne tłumy węgorzy. Jednakże doświadczenia, obstawiane wszelkiemi środkami ostrożności, zawsze wykazywały, że ryby albo spostrzegają człowieka, lub też odczuwają wstrząśnienia wody zapomocą dotyku, a na wszelkie dzwonki nie zwracają żadnej uwagi, jeśli wyłączyć oba wspomniane czynniki.

Pozostałe kręgowce słyszą i można się było tego zgóry spodziewać, ponieważ często wydają głosy, których możność recepcji przez odmienną płeć jest ważna z ogólnych względów życiowych. Przypomnijmy sobie tylko namiętne wezwania, które kierują w ciepłe letnie wieczory żaby i kumki do swych ukochanych. Uczony jednak nie uwierzy w to, zanim nie przekona się zapomocą skomplikowanych aparatów, że zwierzęta wspomniane mogą słyszeć wydawane przez się dźwięki. Przypomina mi się zdarzenie, w którem jedno z tych zwierząt zostało zwycięzcą w turnieju śpiewaczym; zdarzenie owo nie jest specjalnie „uczone“, lecz wiedzę, jak i wszystko na świecie, daleko łatwiej jest przyjąć, gdy tu i owdzie znajdzie się jakiś wesoły epizod. Jeden z mych przyjaciół, zamieszkały w romantycznem mieście Muz nad Neckarem, był zamiłowanym amatorem zwierząt. Obok jego pokoju, zapełnionego klatkami ze żmijami i jaszczurkami, mieszkał pewien jegomość z gatunku tych, którzy z nikim nie potrafią żyć w spokoju; zabierał się on systematycznie do ćwiczeń wokalnych, gdy tylko przyjaciel mój rozpoczynał pracować, i pokojowemi metodami nie można mu było tego wyperswadować. Doprowadzony do ostateczności nieszczęśnik postanowił wobec tego unieszkodliwić nieznośnego sąsiada naukowemi metodami i zakupił u handlarza zwierząt olbrzymią amerykańską żabę z gatunku żab-wołów. Działo się to w czasie wojny anglo-boerskiej i powszechnych sympatyj proboerskich; olbrzymia żaba, która dzięki swym wyczynom miała wkrótce zostać ulubieńcem domowników,

została nazwana Pawłem Ohmem. Nadeszły letnie noce i w sercu żaby obudziła się miłość; Paweł Ohm położył się w klatce na brzuchu i napełniał całe noce upartym wrzaskiem, jaki potrafią wydawać tylko żaby-woły. Zamiłowany w śpiewie sąsiad wkrótce wyprowadził się, zwyciężony i wściekły.



Rys. 57. Gekkon.

A teraz wróćmy do rzeczy. Również i o zwierzętach z państwa gadów możemy z pewnością twierdzić, że mogą słyszeć, chociaż rzadko tylko same wydają dźwięki; i pomiędzy niemi jednak istnieją śpiewacy. Prawie wszystkich podróżnych w pierwszą noc, spędzoną pod duszną moskitjerą w podzwrotnikowym hotelu, niepokoją swoiste pogłosy, rozlegające się nad samą głową, pomiędzy któremi w pewnych miejscowościach wyróżnić można donośny dźwięk to-keh, to-keh. Podróżny taki zostaje mile zdziwiony, gdy powiedzie mu się dojrzeć delinkwenta; jest nim gekkon, gatunek jaszczurek, które we dnie całemi dziesiątkami chowają się za szafami i lustrami, aby w nocy wyruszyć na polowanie na muchy (Rys. 57). Ponieważ jesteśmy już na Dalekim Wschodzie, chwilę czasu poświęćmy indyjskim kuglarzom, popisującym się na tarasie hotelu. Oto jeden z nich stawia na podłodze koszyczek i zaczyna

grać na flecie, kołysząc się rytmicznie. Z koszyczka wypełza okularnik, sztywno podnosi do góry przednią część ciała i kołysze nią w prawo i w lewo — tańczy. Bezwątpienia musi on słyszeć dźwięki fletu. Nie trzeba chyba przypominać, że samiczka słowika słyszy pieśń zakochanego samca, a kurczęta — gdakanie kokoszy. Podobnie jak człowiek, posiadają słuch i jego najbliżsi kuzyni — ssaki; szczury tak samo wrażliwe są na zdradzieckie melodje szczurołapa, jak owca na bek jagnięcia.

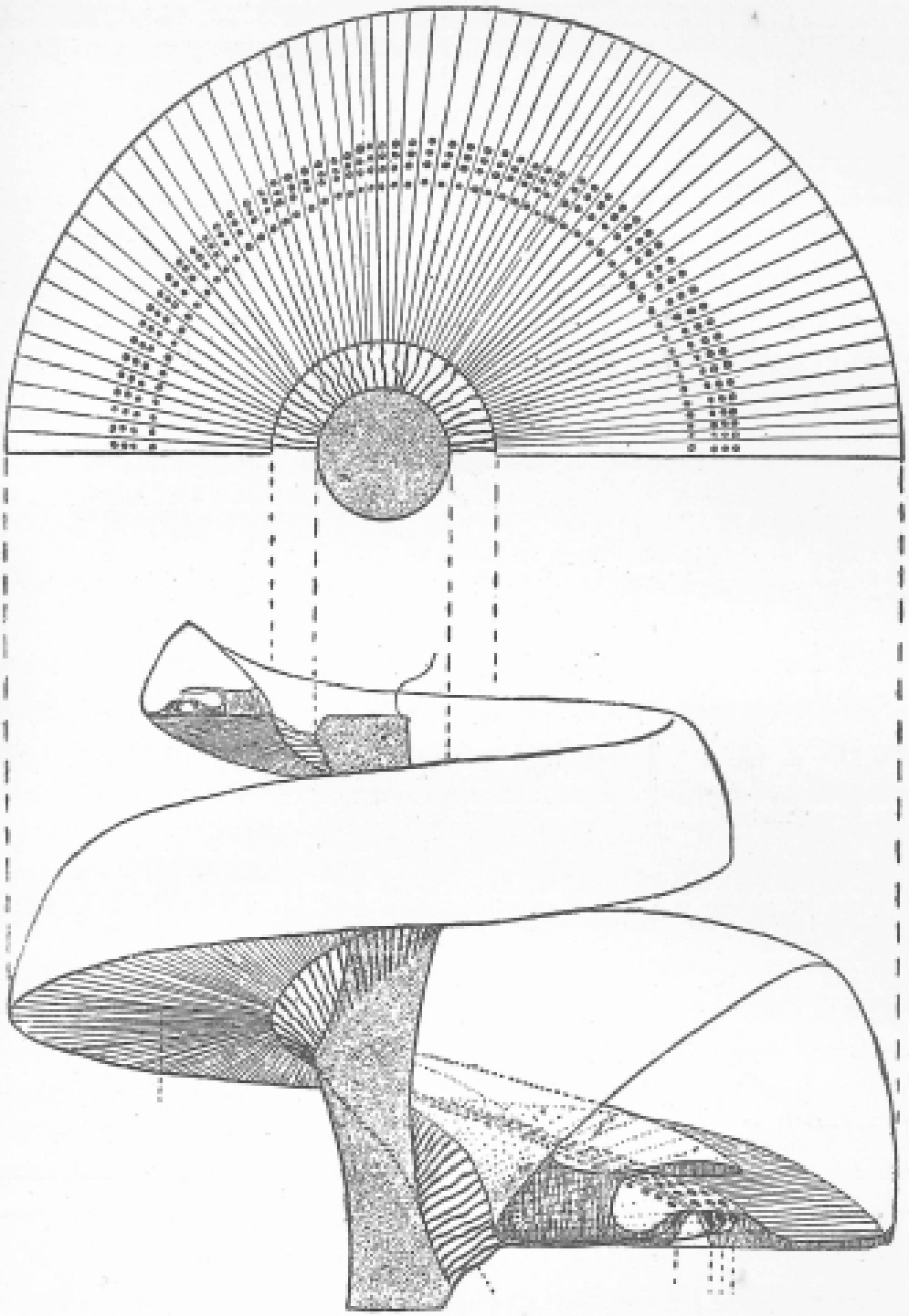
2.

A teraz zwróćmy się do samego organu słuchu! Gdyśmy mieli do czynienia z organem wzroku, używaliśmy jako porównania aparatu fotograficznego, by wyjaśnić sobie dokładnie rolę poszczególnych części oka. Również i dla organu słuchu możemy użyć w tym charakterze pewnego aparatu, mianowicie patefonu, który dostarcza tak wielu ludziom przyjemnych wrażeń — a jeszcze większej ilości przykrych. Podczas nagrywania płyty do patefonu mamy właściwie do czynienia z aparatem słuchowym, gdyż fale dźwiękowe, wychodzące z ust śpiewaka, zostają schwytane i odprowadzone na płytę; mamy przytem do czynienia z następującemi dwoma głównemi częściami aparatu. Po pierwsze z płytą, która przyjmuje fale dźwiękowe, a następnie z tubą, bębenkiem i igłą, która doprowadza te fale do płyty. Płyta więc reprezentować będzie zmysłowe komórki słuchowe, cała reszta zaś urządzeń pomocniczych, służących do przewodzenia dźwięku — widoczną, zewnętrzną część ucha.

Z początku usłyszymy cośniecoś o funkcjonowaniu komórek zmysłowych. Wiemy już, że normalnym bodźcem, wywołującym w nich stan podrażnienia, są fale dźwiękowe; wiemy również, że komórki te potrafią odróżniać tony różnej wysokości, więc reagują różnie na fale o różnej częstości drgań (w muzyce wahają się one od 16 do 4500 drgań na sekundę). Gdy przysłuchujemy się grze

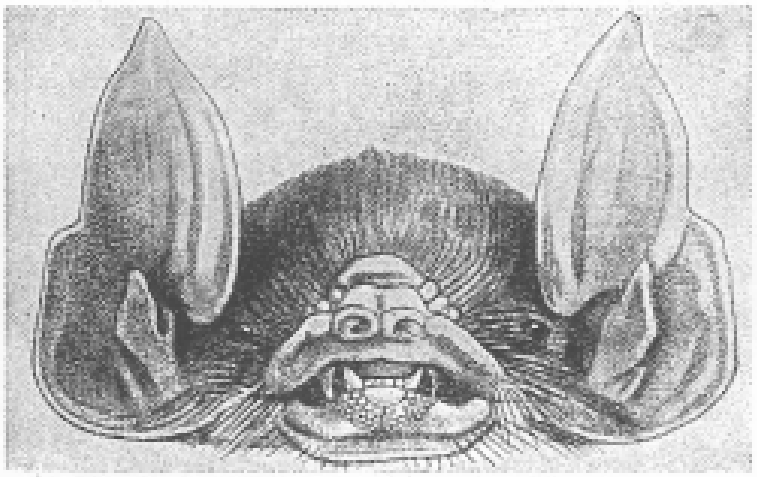
wielkiej orkiestry, kiedy to jednocześnie rozlega się kilkanaście dźwięków — możemy je wszystkie wyróżnić; oczywiście byłoby to niemożliwe, jeślibyśmy posługiwali się przy tem tylko jedną komórką zmysłową — raczej należy oczekiwać, że każdemu tonowi o różnej wysokości odpowiadają specjalne komórki. W jaki jednak sposób dochodzi do skutku prawidłowe działanie mechanizmu słuchowego, nie możemy należycie zrozumieć bez pewnego przygotowania; podchodzimy do pianina i naciskamy klawisze, wskutek czego usuwamy ze strun filcowe tłumiki. Jeśli teraz wykrzykniemy głośno jakąkolwiek czystą nutę, kierując głos do wnętrza instrumentu — usłyszymy dźwięk odpowiedniej struny. Fale głosowe posiadają więc zdolność wywoływania współdźwięku przedmiotów, nastrojonych na tę samą częstość drgań. Jeśli teraz rozpatrzymy wewnętrzną część ucha zwierzęcia o dobrze rozwiniętym słuchu, w której znajdują się komórki zmysłowe, ujrzymy nadzwyczaj interesujący aparat. Pod osłoną kości czaszki znajduje się tam skórzasty pęcherzyk, u ssaków zawinięty na podobieństwo ślimaczej muszli i noszący z tego powodu nazwę ślimaka (Rys. 58). Jedną ścianę jego tworzy silnie napięta błona, na której umieszczone są komórki zmysłowe; ustawione są one rzędami, jak klawisze w fortepianie, a koło nich i pod niemi znajdują się pewne swoiste utwory, również uszeregowane. W ten to sposób w błonie z komórkami zmysłowemi leżą w regularnych odstępach włókna, napięte jak struny. Z łatwością domyślimy się teraz, że struny te, napięte pod komórkami zmysłowemi, nastrojone są na rozmaite tony. Gdy fale dźwiękowe przenikną tutaj, każdy dźwięk wywołuje drganie włókna, nastrojonego na odpowiednią częstość drgań, a sąsiadujące komórki zmysłowe komunikują to do mózgu; w konsekwencji zaś słyszymy określony ton.

Z pewnością pobudza to waszą ciekawość i chcielibyście się dowiedzieć, w jaki sposób zostało to stwierdzone i czy istotnie fakt ten jest niewątpliwy; jednak jesteśmy tu



Rys. 58. Półtora skrętu ślimaka usznego ssaka. Przez oś przebiega punktowany nerw słuchowy. Na błonie podstawowej z jej napiętemi włóknami znajdują się komórki słuchowe. U góry część błony podstawowej oglądana z powierzchni, z szeregami komórek zmysłowych, zaznaczonych jako punkty — i jej włóknami.

w położeniu ojca, zmuszonego do powiedzenia swemu dziecku: „tego jeszcze nie zrozumiesz“. Chwila zastanowienia wystarcza, by zdać sobie sprawę, że dla dokładnego zrozumienia należy dobrze orjentować się w dziedzinie nauki o falach dźwiękowych, co znowuż wymaga gruntownego wyszkolenia w fizyce. Godne jest podziwu, lecz i pożałowania zarazem, że wiedza osiągnęła taki stopień rozwoju, przy którym najwybitniejszy umysł może opanować gruntownie tylko malutką jej cząstkę i musi być zadowolony, jeśli uda mu się tylko przygodnie wetknąć nos do innych dziedzin — równie zresztą interesujących. I czytelnik musi więc poprzestać na tem, cośmy dotąd powiedzieli.

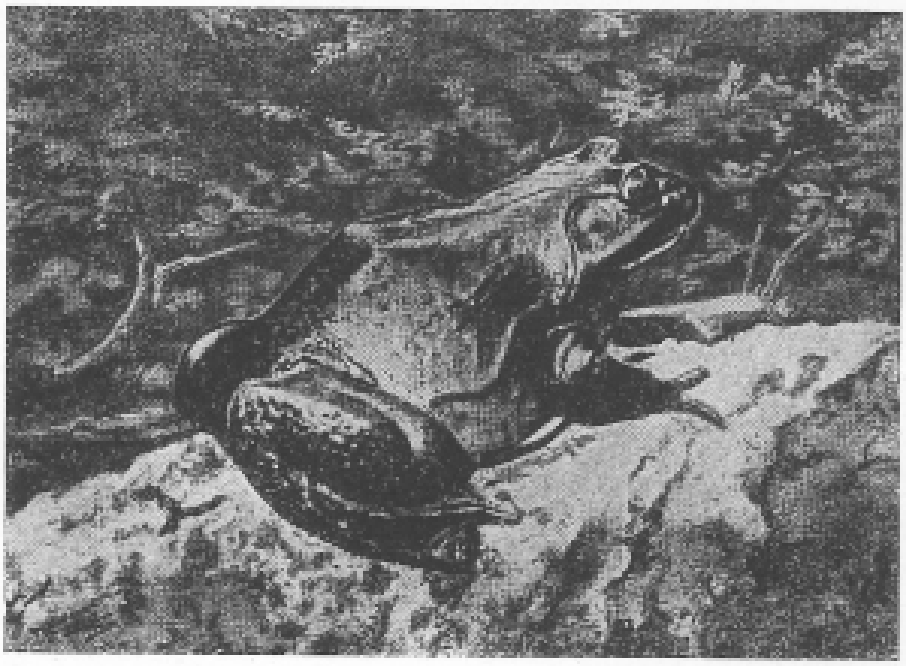


Rys. 59. Głowa nietoperza z wielkiemi muszlami usznemi.

Przejdźmy jednak do zapoznania się z mechanizmem, dzięki któremu dźwięk zostaje doprowadzony do wrażliwych nań komórek zmysłowych. W zasadzie jest to wszystkim wiadome; zewnątrz, na głowie, znajduje się tuba patefonu, muszla uszna, chwytająca fale dźwiękowe. Żaby, jaszczurki i węże nie posiadają jej zupełnie, ptaki — o ile ją posiadają wogóle, to tylko bardzo słabo wykształconą, a dopiero wśród ssaków dochodzi ona do pełnego rozwoju. Rola jej jest jasna dla każdego uważnego obserwatora przyrody. Czujność i śpiczaste uszy charakteryzują zarówno psa, jak konia; i jeden, i drugi nastawić je może w kierunku dochodzącego dźwięku, by go lepiej wyzy-

skać. Dla wielu zwierząt nie ma to poważniejszego znaczenia, dla innych, naprzykład dla zwierząt nocnych, zdanych przeważnie na słuch i węch, jest to życiową koniecznością. Za żywy przykład mogą tu służyć liczne nietoperze; są to jakby „wcielone uszy“ (Rys. 59).

Fale dźwiękowe, uchwycone przez muszlę uszną, przekazywane zostają następnie do wąskiego kanału zewnętrz-



Rys. 60. Żaba, na której głowie poza oczami widać błonę bębenkową.

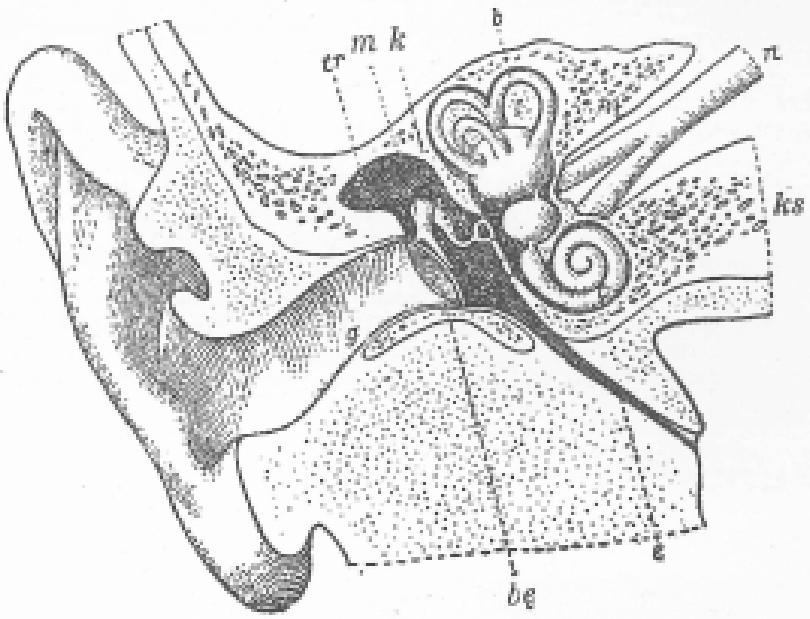
nego przewodu słuchowego, trafiając wkońcu swoisty twór — błonę bębenkową. Możemy ją łatwo spostrzec u żaby lub jaszczurki, gdyż u zwierząt tych leży bezpośrednio na powierzchni głowy (Rys. 60), gdy natomiast u nas jest schowana głęboko wewnątrz ucha. Jest ona napięta na pierścieniu kostnym jak cielęca skórka na bębnie lub drgająca membrana w telefonie — i fale dźwiękowe wprawiają ją w drgania; te zostają przekazane komórkom zmysłowym, położonym w ślimaku, w sposób nadzwyczaj pomysłowy i doskonały za pośrednictwem drob-

nych kostek słuchowych (Rys. 61). Prawdopodobnie czytelnicy przypominają sobie ze szkolnej nauki, że te kostki, z których niższe kręgowce posiadają tylko jedną, noszą nazwy młoteczka, kowadełka i strzemiączka. Młoteczek dotyka do błony bębenkowej i zapomocą kowadełka połączony jest ze strzemiączkiem. Ślimak, zawierający komórki zmysłowe, napełniony jest cieczą i objęty ze wszystkich stron kostnemi ścianami. Tylko w jednem miejscu otaczających kości znajduje się okienko, zamknięte delikatną błonką, do której dotyka strzemiączko, za którego pośrednictwem fale dźwiękowe zostają przekazane cieczy błędnika, stąd zaś do współdrgających włókien. Chociaż brzmi to bardzo prosto, w rzeczywistości sprawa jest niezmiernie skomplikowana; każda bowiem krzywizna na powierzchni kostek słuchowych, każdy staw, który je łączy i subtelne mięśnie, dzięki którym mogą one nieco zmieniać swe położenie — wszystko to ma obliczalny i uchwytny wpływ na działanie całego aparatu!

3.

Niepodobna przejść do porządku nad owemi kostkami słuchowemi, nie zbliżywszy się do nich z innej i to całkiem nieoczekiwanej strony. Organ ten może nauczyć najrozmaitszych rzeczy, w zależności od naszego stanowiska. Oto przychodzi anatom i notuje najdrobniejsze szczegóły jego budowy, oto przychodzi inny uczony, nazywający siebie fizjologiem, i opowiada nam, w jaki sposób organ funkcjonuje, następnie zaś embrjolog, dzięki któremu dowiadujemy się, jak to krok po kroku rozwija się w zarodku, będącym jeszcze w ciele matki. Wkońcu zjawia się przedstawiciel anatomji porównawczej; porównuje on dany organ z tymże u bliższych i dalszych krewniaków zwierzęcia. Stopniowo oddala się coraz bardziej od bezpośrednich pokrewieństw i swoją działalnością obejmuje wkońcu wszystkie żyjące i wymarłe formy. Przewodniczką jego w tym pochodzie jest teorja ewolucji, wynikła z przeko-

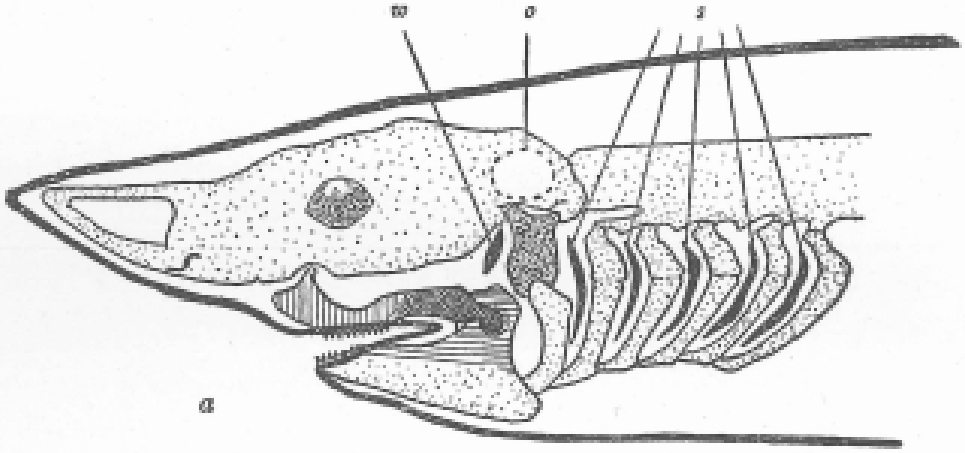
nania, że poszczególne formy zwierzęce powstały w drodze stopniowego rozwoju. Uczony przekonał się, że organy mogą zupełnie zmieniać zczasem swe funkcje. Gdy porównywa np. skrzydło ptaka z przednią kończyną jaszczurki, znajduje tak duże podobieństwo, że wnioskuje, iż w pradawnych czasach skrzydła musiały się rozwinąć z przednich kończyn. Wnioski tego rodzaju znajdują niekiedy nieoczekiwane potwierdzenie. Istnieje bardzo ciekawe zjawisko, polegające na tem, że w rozwoju danego zwierzęcia przejawiają się jakby wspomnienia o dawno wymarłych przodkach, że pewien organ wygląda początkowo tak, jak wyglądał u tych przodków, zanim jeszcze osiągnął swe dzisiejsze ukształtowanie. W ten sposób podczas rozwoju osobniczego powtarzają się pewne stronice z prastarej historji rozwoju gatunku. Te stronice, te wspomnienia, przeważnie pięknie zgadzają się z wnioskami, wysnutemi tylko na zasadzie czystego porównywania; tak np. porównanie uczy, że pewne elementy szyjnej części naszego ciała wyprowadzają się w ostatniej instancji ze skrzel ryb,



Rys. 61. Przekrój ucha ludzkiego. Z lewej strony prowadzi zewnętrzny przewód słuchowy g do błony bębenkowej bę. W jamie bębenkowej tr leżą kostki słuchowe: młoteczek m, kowadełko k i strzemiączko, przylegające do ucha wewnętrznego. c ślimak, b przewody półkuliste, n nerw słuchowy, ks kość skroniowa, e trąbka Eustachjusza prowadząca do jamy ustnej.

i istotnie każdy z nas przechodzi określone stadjum w rozwoju, podczas którego występują prawdziwe szczeliny skrzelowe.

Lecz wróćmy do zapomnianych kostek słuchowych! Anatomja porównawcza wespół z embrjologją ma o nich do opowiedzenia interesującą historję. Ryby nie posiadają jeszcze żadnej kostki słuchowej i nawet przewodu słuchowego, prowadzącego od ucha zewnętrznego do wewnętrznego — stąd zaś, jak możemy teraz dodać, do jamy gębowej w postaci t. zw. trąbki Eustachjusza. Na tem miej-

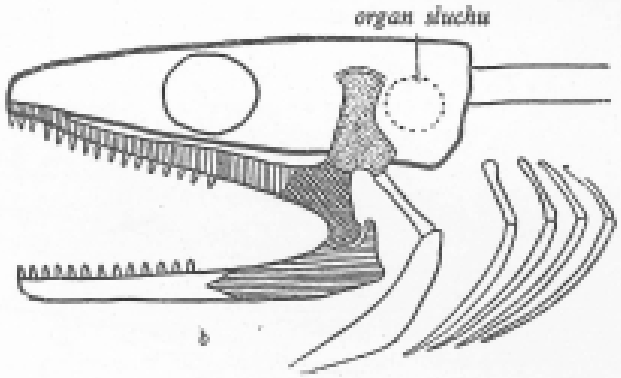


Rys. 62 a. Przednia część ciała rekina ze szkieletem głowy; widoczne są szczeliny skrzelowe s, organ słuchu o i otwór wytryskowy w.

scu znajduje się u rekinów kanał, prowadzący ze świata zewnętrznego do paszczy, który początkowo był szczeliną skrzelową; nie służy on jednak do oddychania, a nazywa się otworem wytryskowym (Rys. 62 a). Oglądając kości głowy zgotowanego wątłusza, spostrzeżemy, że szczęka górna nie jest przyrośnięta do czaszki na stałe, jak to jest u ludzi, lecz zestawia się z nią ruchomo, za pośrednictwem specjalnej kostki (Rys. 62 a, b). Ku tyłowi zestawia się ze szczęką górną szczęka dolna, odpowiedni zaś staw położony jest w pewnej kości szczęki górnej, noszącej łacińską nazwę *os quadratum*.

Rozpatrując te stosunki u najbliższych, wyżej stojących kręgowców, więc płazów, gadów i ptaków, zauwa-

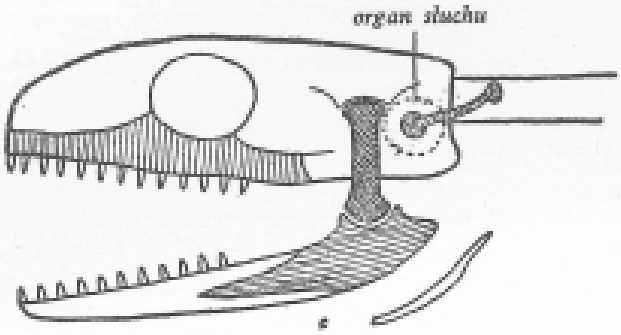
żymy, że wszystkie posiadają przewód słuchowy zamknięty od zewnątrz błoną bębenkową, a uchodzący do jamy paszczowej. Metoda porównawcza, jako też znajomość rozwoju embrjonalnego wykazują, że przewód ten odpowiada przewodowi wytryskowemu rekinów, przyjmującemu na się nową rolę; w tym przewodzie słuchowym znajduje się teraz jedna kostka słuchowa. Naprożno szukalibyśmy jednak owej kostki, łączącej szczękę górną z czaszką; zanikła ona, jak się zdaje, całkowicie, natomiast *os quadratum* zachowała się jeszcze, zaopatrzona jest w powierzchnię stawową dla szczęki dolnej i leży bezpośrednio przy czaszce wpobliżu narządu słuchu. Ta z pomiędzy licznych kości szczęki dolnej, która zestawia się z *quadratum*, nosi natomiast jeszcze tę samą nazwę, co i u ryb. I znowu uczą anatomja porównawcza i embrjologja, że kostki słuchowe nie są niczem innem, jak ową dawniejszą kostką ryb, łączącą szczękę górną z czaszką, przesuniętą do wnętrza ucha i pełniącą tu nowe funkcje (Rys. 62 c).



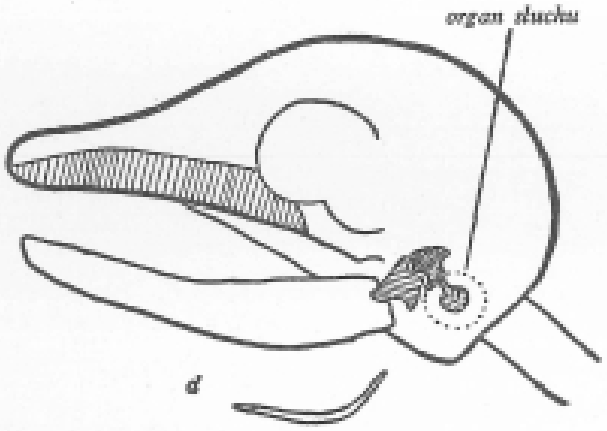
Rys. 62 b. Szkielet głowy ryby kostnoszkieletowej.

A teraz przejdziemy do ssaków, do których zaliczamy i człowieka; znajdujemy tu, jak już zaznaczyliśmy, trzy kostki w przewodzie słuchowym: młoteczek, kowadełko i strzemiączko. Wspomnieliśmy już o pochodzeniu strzemiączka; a dwie pozostałe? Podobnie jak i ona, wytworzyły się z kości, które weszły w służbę organu słuchu. Przypatrzmy się bowiem szczęce dolnej; zestawia się ona bezpośrednio z czaszką; dawniej istniejąca *os quadratum* znikła — jednak znikła tylko z powierzchni czaszki, gdyż rozpoznajemy ją po dłuższych badaniach w kowadełku. A po zbadaniu stawu dolnej szczęki okaże się, że brakuje

tu owej kostki, w której u ryb znajdował się staw szczęki dolnej, a która przekształciła się na młoteczek (Rys. 62 d). Z dumą i zadowoleniem będziemy teraz oglądali preparat ludzkiego zarodka, na którym widoczne są wszystkie trzy kostki w takiem położeniu, jakie zajmowały u ryb (Rys. 63), ponieważ ukazują nam całą swą pradawną historję, mówiącą o tem, jak stały się wkońcu prawdziwemi kostkami słuchowemi. W ten sposób posiadamy w cudownym aparacie odbiorczym ucha (a również i w pewnych innych miejscach ciała) żywą kronikę rodzinną, sięgającą aż do zamierzchłych czasów rybokształtnych przodków.



Rys. 62 c. Szkielet głowy gada.



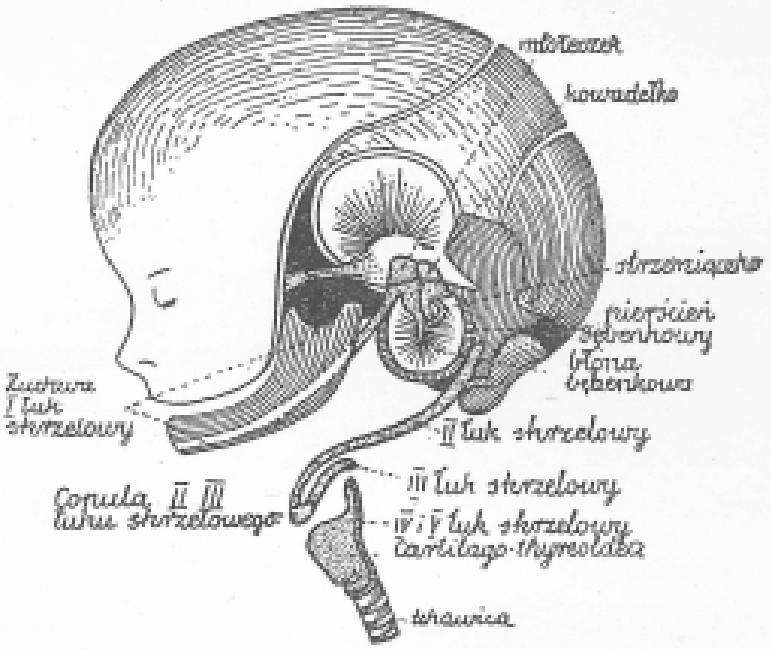
Rys. 62 d. Szkielet głowy ssaka.

Cztery rysunki ilustrują powstanie kostek słuchowych ze szkieletu skrzeli. Gęsto punktowane — elementy szkieletowe, z których rozwija się strzemiączko, gęsto kreskowane — elementy, z których powstaje kowadełko, kreskowane prostopadle — elementy, z których powstaje młoteczek.

4.

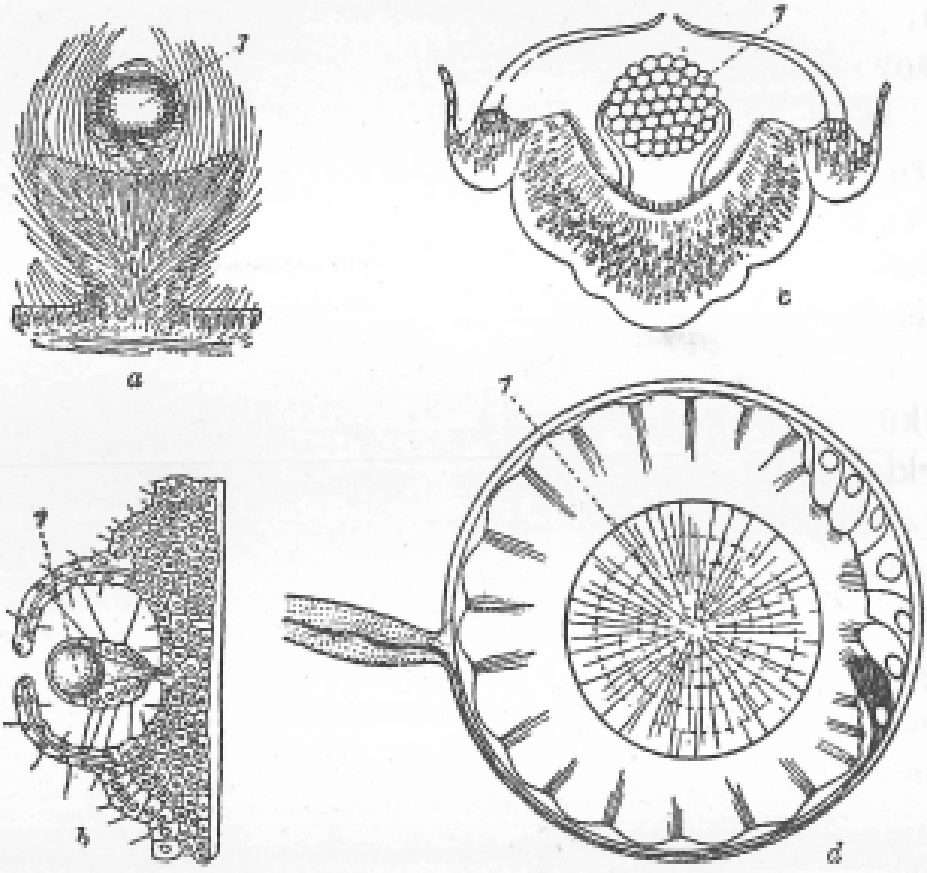
Wspomnieliśmy już mimochodem, że ucho spełnia i inne funkcje, prócz przejmowania dźwięków; przypuszczalnie zostaliśmy wówczas źle zrozumiani, gdyż nie miało to bynajmniej oznaczać, że komórki słuchowe przysposobione są do przyjmowania jakichkolwiek innych bodźców niż dźwiękowych. Podstawą bowiem nauki o zmysłach jest fakt, że każdy rodzaj komórek zmysłowych

może udzielać nam wrażeń wyłącznie jednego rodzaju; komórka wzrokowa może wyzwolić tylko wrażenie świetlne, komórka słuchowa — jedynie wrażenie dźwięku. Można je oczywiście drażnić i sztucznemi bodźcami, np. zapomocą prądu elektrycznego lub ucisku; jeśli zastosować je do komórki wzrokowej, otrzymamy jednak wrażenie świetlne, w przypadku komórki słuchowej — wrażenie dźwiękowe. Łatwo jednak przekonać się, że przyczyna nie leży w naturze samej komórki; jeśli mianowicie podrażnimy włókno nerwowe, prowadzące od danego organu zmysłów do mózgu, otrzymamy to samo wrażenie, co i poprzednio; przecięcie nerwu ocznego odczujemy jako błysk, nerwu słuchowego — jako dźwięk. Komórki zmysłowe wprawiane więc zostają tylko w stan podrażnienia; w mózgu natomiast wiadomość o tem łączy się z przedstawieniem bodźca, na który nastawiane są dane komórki zmysłowe, więc dźwięku lub światła. Kiedy więc mówimy o innych funkcjach ucha, nie twierdzimy bynajmniej, że zdolne jest ono percepować co innego, niż dźwięk, lecz tylko, że w rejonie naszego ciała, ujmowanym mianem ucha, znajdują się jeszcze inne organy zmysłów, połączone przestrzennie ze sobą. Właśnie fakt owego połą-



Rys. 63. Głowa zarodka ludzkiego; widoczne jest pochodzenie kostek słuchowych i części szkieletu krtani z łuków skrzelowych.

czenia był źródłem błędnego przekonania, że większość zwierząt słyszy, gdyż sądzono, iż organy, przypominające ucho swą budową, muszą służyć do słuchania. Dzisiaj wiemy, że służą one innym funkcjom i to bardzo różno-

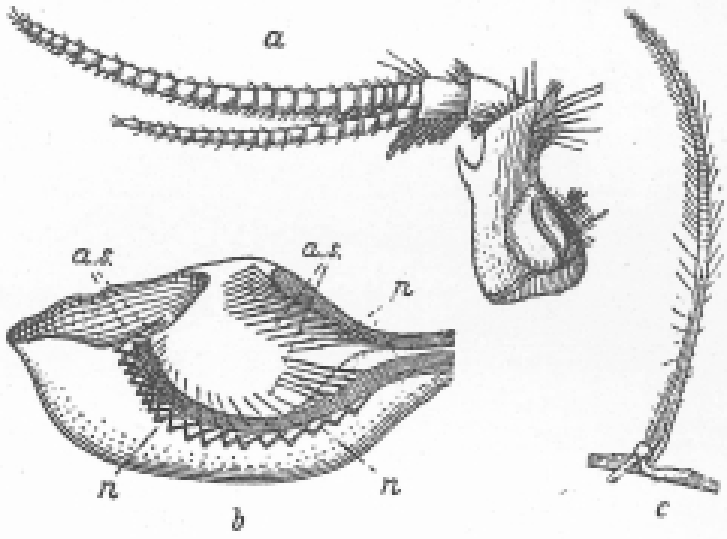


Rys. 64. Organy równowagi: a i b — meduz, c — żebropława, d — ślimaka. 1 — ciałka statyczne.

rodnym, z których jedna jest tak zajmująca, że należy się jej nieco uwagi.

Obserwując jakiekolwiek zwierzę w powietrzu, na ziemi czy też w wodzie, zauważymy, że przyjmuje zawsze określone położenie w przestrzeni; ryba lub rak pływa w naturalnej pozycji, grzbietem do góry. Może to mieć bardzo prostą przyczynę w swoistym rozkładzie masy ciała, inaczej w położeniu punktu ciężkości, a więc opie-

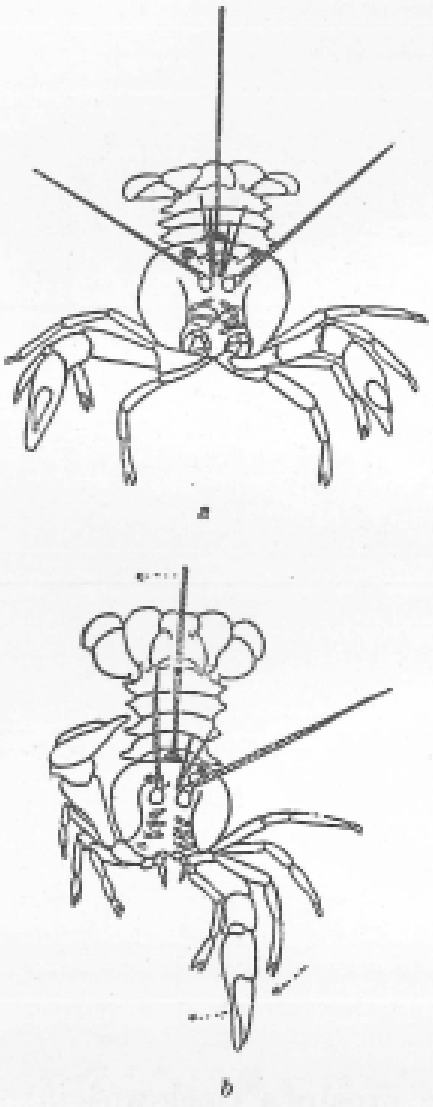
rać się na tej samej zasadzie, która warunkuje położenie statku, pływającego wszak masztem do góry. Oczywiście, dzieje się tak u wielu zwierząt, lecz nie u wszystkich, gdyż po śmierci, gdy działają tylko prawa fizyczne, przyjmują one całkiem inne położenie. Naturalną więc pozycję warunkuje działalność mięśni, wobec czego możemy suponować, że dane zwierzę zdaje sobie sprawę z położenia w przestrzeni, lub też innemi słowami, że posiada ono specjalne organy zmysłów, pozwalające na wyczucie orjentacji własnego ciała. Istotnie takie organy równowagi spotykamy w wielu grupach świata zwierzęcego i one to znajdują się u kręgowców w rejonie, objętym nazwą ucha.



Rys. 65. Organ równowagi raka rzecznego: a — anteny drugiej pary, w których leżą owe organy, b — wypreparowany pęcherzyk z szeregiem włosków zmysłowych a.s i nerwów n, c — pojedyńczy włosek zmysłowy.

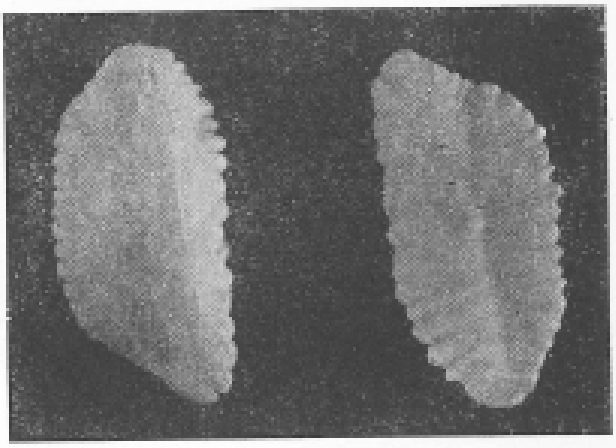
Budowa tych organów zadziwia prostotą i celowością; u wielu niższych zwierząt, np. raków i ślimaków, organ równowagi posiada kształt pęcherzyka napełnionego cieczą. Ściana pęcherzyka zawiera komórki zmysłowe, pokryte gęstemi włoskami, odśrodkowym końcem zanurzonemi w cieczy, w której pogrążona jest ciężka kulka, składająca się zwykle z soli wapniowych; kulka ta wywiera pewien ucisk na delikatne włoski zmysłowe (Rys. 64, 65). Gdy zwierzę zmienia położenie, kulka zajmuje odmienną pozycję, drażniąc w ten sposób już inne komórki, które

dają znać o zaszłej zmianie. Że tak jest istotnie, można dowieść przez wycięcie całego pęcherzyka lub też tylkowspomnianej kulki, czy też przez przecięcie nerwu zmysłowego, prowadzącego od organu do mózgu (Rys. 66). Zwierzę, zoperowane w powyższy sposób, traci zupełnie zdolność orjentacji w przestrzeni i przewraca się bezradnie w wodzie, niezdolne do przyjęcia normalnego położenia. Niepozbawiona komizmu jest metoda, zapomocą której można wykazać istnienie organów równowagi u raka, u którego wspomniane pęcherzyki leżą zprzodu, na głowie, w mniejszych czułkach, wystających stąd na podobieństwo wąsów. Pęcherzyki są otwarte nazewnątrz i zamiast bryłek wapnia zawierają ziarnka piasku, które wkłada do nich sam rak! Wiemy już, że rak rośnie, zrzucając starą skórę. Ona, a ściślej mówiąc stary pancerz chitynowy — wyścieła również i owe pęcherzyki, i podczas linienia zostaje usunięty, wraz ze znajdującym się w nich piaskiem, którego zapas zostaje natychmiast po linieniu uzupełniony przez raka. Ten to moment podstępnie wyzyskujemy i przenosimy raka do wody, w której jedynemi ciałami stałemi są nasypane tam uprzednio drobne opiłki żelaza; nie podejrzewając podstępu, rak szybko wpycha je do pę-



Rys. 66. a. Rak rzeczny, zawieszony na prostopadłej nici w położeniu równowagi. b — po usunięciu prawego organu równowagi wykonywa ruch, jakgdyby leżał na lewym boku i chciał się wyprostować.

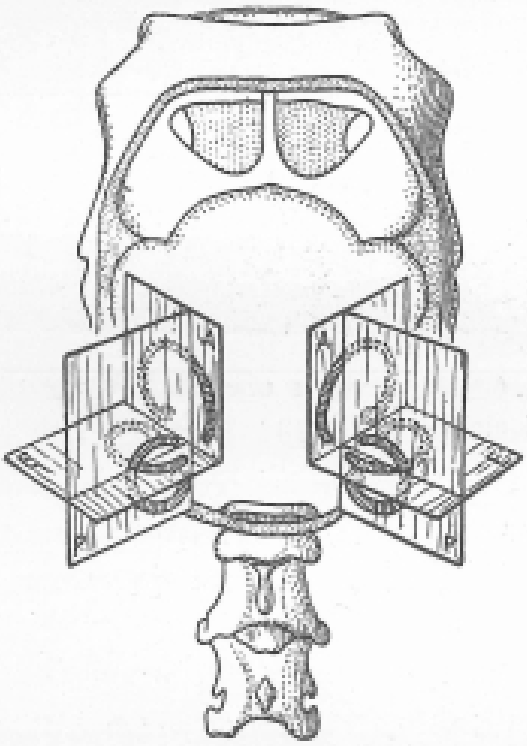
cherzyków zmysłowych; w chwilę później przychodzi uczony z magnesem w ręku i przy jego pomocy porusza opiłki w tę i ową stronę; na każdy ich ruch rak reaguje odpowiedniemi ruchami ciała. Jeśli żelazo przyciągnąć w lewo, naciska ono na komórki zmysłowe położone po lewej stronie, tak jakby to było w wypadku przewrócenia się raka na lewy bok. Wobec tego w mózgu raka powstaje odpowiednie wrażenie, chociaż w rzeczywistości żadna zmiana nie zaszła i ciało zajmuje nadal normalne położenie; rak jednak usiłuje znaleźć ową „normalną" sytuację i wykonywa odpowiednie poruszenia, przewracając się na prawą stronę!



Rys. 67. Kamyki z organu równowagi czyli ciałka statyczne wątłusza plamistego.

U kręgowców, a więc i u nas, powyższy organ znajduje się w ścisłej łączności z uchem; dołącza się tu jeszcze trzeci organ i wszystkie one są tak złączone ze sobą, że nazywamy je wspólnem mianem labiryntu. Składa się on z trzech części. Pierwszą część: ślimaka, poznaliśmy już uprzednio, druga przytyka bezpośrednio do skręconego worka, jakim jest ślimak, i składa się z dwóch pęcherzyków, zawierających tak zwane kamyczki słuchowe, których nazwa datuje się z czasów, kiedy to sądzono, że mają one coś wspólnego ze słuchem; dzisiaj o ich znaczeniu pouczył nas rak. Kamyczki te u ryb są tak duże, że każdy z łatwością odnajdzie je w głowie ugotowanego wątłusza; największa z pomiędzy istniejących trzech posiada rozmiary ziarnka fasoli (Rys. 67). Wreszcie trzecia część ucha, przylegająca do tych woreczków, jest najbardziej interesująca; mówimy

tu o trzech kanałach półkulistych, czyli o półkulisto wygiętych rurkach, napełnionych płynem, z których jedna leży poziomo, dwie zaś pozostałe — prostopadle do niej, lecz i prostopadle względem siebie, przyczem położenie wszystkich trzech jest stałe (Rys. 61 i 68). Dla lepszego wyjaśnienia weźmy pudełko bez pokrywki i usuńmy dwie stykające się ze sobą ściany boczne; wtedy położenie denka i pozostałych dwóch ścian odpowiadać będzie położeniu przewodów półkulistych. Stanowią one znów specjalny organ zmysłów, którego komórki wprawia w stan podrażnienia ruch cieczy w kanałach. Gdy wykonamy szybki ruch głową w pewnym kierunku, ciecz w przewodach półkulistych wywiera określone ciśnienie na komórki zmysłowe, położone po przeciwnej stronie, i w ten sposób, dzięki temu najdziwniejszemu z organów, posiadamy dane o ruchach głowy we wszystkich trzech wymiarach przestrzeni. Dzięki niemu odczuwamy też w pewnych warunkach stan „zawrotu głowy“, o którym nie mają wyobrażenia osoby ze zniszczonemi przewodami półkulistemi, jak naprzykład niektórzy głuchoniemi.



Rys. 68. Głowa gołębia, widziana ztyłu, by uwidocznić położenie w przestrzeni trzech kanałów półkulistych.

Na tem zakończymy znajomość z organami zmysłów, bez których niemożliwa jest działalność życiowa w większym stylu i których funkcje są podstawą naszego życia duchowego. Czytelnicy pewnie wybaczą mi, jeśli ograniczę

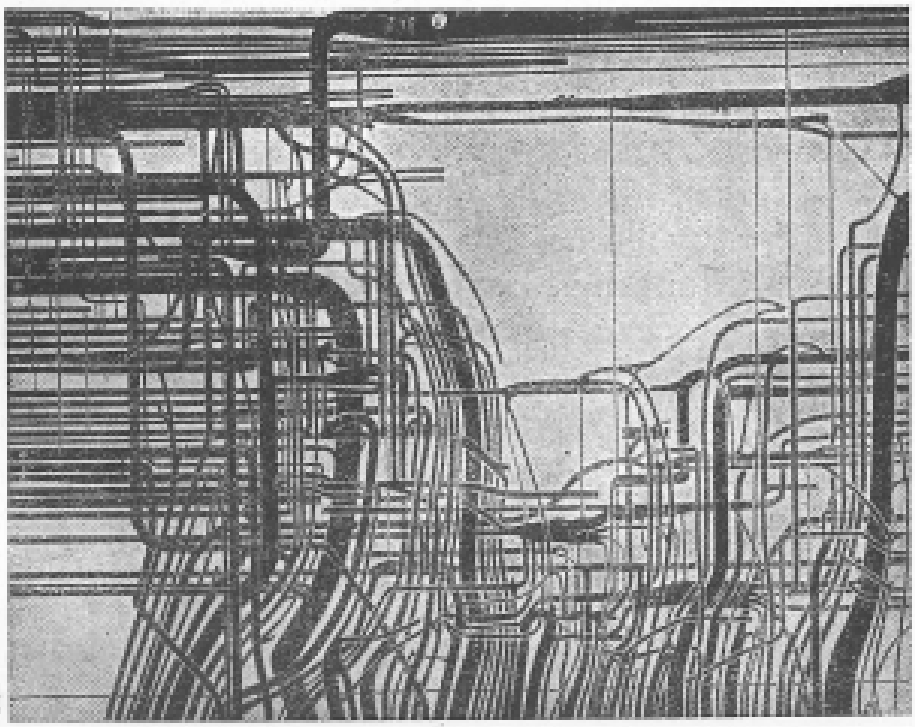
się tylko do podania nazw organów zmysłów, których funkcje są dla laików mniej ważne; są to organy zmysłu ciepła i zimna, bólu — oraz położone wewnątrz ciała organy zmysłu mięśniowego, pouczającego nas o działaniu mięśni.

5.

Lecz czas już wrócić do askarydy, owego „niewzruszonego oparcia wśród rozchwiei zjawisk", i zbadać, w jaki sposób bodziec, przyjęty przez organy zmysłów, zostaje przekazywany dalej; wiemy już, że nerwy czuciowe przewodzą go do ośrodka nerwowego, gdzie zostaje przetworzony na rozkaz dla nerwów ruchowych. Najważniejszą więc częścią systemu nerwowego jest bezwątpienia mózg, czyli ośrodek centralny, i rozumie się samo przez się, że może on wykazywać stosunkowo prostą strukturę, gdy zwierzę przejawia tylko prymitywną działalność, lecz że musi osiągać nadzwyczajne skomplikowanie, gdy zwierzę stoi na wyższym stopniu rozwoju. Dla porównania wyobraźmy sobie zarząd niewielkiego przedsiębiorstwa, obsługiwany przez nieliczny sztab pracowników — i administrację państwa, wymagającą współdziałania niezliczonej ilości urzędów. Przypuszczamy więc zgóry, że askaryda posiada prymitywny ośrodek centralny, lecz pomimo to zapoznamy się z jego najważniejszemi częściami. Ich ilościowy i jakościowy rozwój prowadzi przecież na wyższe stopnie.

Nieuzbrojonem okiem można zauważyć u askarydy jedynie delikatny pierścień, obejmujący przewód pokarmowy w odległości kilku milimetrów od przedniego końca ciała. Pod mikroskopem okazuje się, że jest to główny ośrodek nerwowy, do którego dążą włókna nerwowe, biegnące od organów zmysłowych, i z którego wychodzą inne włókna do wszystkich okolic ciała. Po dokładnem zbadaniu wyróżnimy w nim elementy zasadnicze, wspólne wszystkim centralnym organom nerwowym, mianowicie

skupienia komórek nerwowych i wiązki łączących je włókien (Rys. 47). Ponieważ jednak funkcje naszego robaka są bardzo prymitywne, znajdziemy tylko nieliczne grupy komórek nerwowych, a połączenia pomiędzy niemi są tak ubogie, że do pewnego stopnia można zdać sobie sprawę z całości; przekonujemy się przytem, że koniec końców wszystkie elementy są ze sobą połączone pośrednio lub



Rys. 69. Wyjście nerwów brzusznych z pierścienia okołoprzełykowego askarydy, wykazujące niezmierną komplikację nerwowych połączeń. W ostatniej instancji wszystkie elementy są ze sobą połączone.

bezpośrednio (Rys. 69). Z pomiędzy tych połączeń jeden rodzaj jest specjalnie charakterystyczny; chodzi o tor, przez który bodziec przebiega od komórki zmysłowej do komórki ośrodka, przetwarzającej go na rozkaz, przewodzony do organu wykonawczego — do mięśnia. Tor tego rodzaju nazywamy łukiem odruchowym, ponieważ odruchem czyli refleksem nazywamy ruch mięśnia, wyzwolony

przez komórki ośrodka działaniem bodźca zmysłowego. Brzmi to dość uczenie, jest jednak w gruncie rzeczy bardzo proste, jeśli zjawisko zademonstrujemy na przykładzie własnego ciała; gdy kto sięgnie nam ręką do oczu, zamykamy natychmiast powiekę. Jest to właśnie odruch; wrażenie wzrokowe, wywołane przez rękę, zbliżającą się ku oczom, zostaje przekazane do ośrodka i powoduje tu wydanie rozkazu skurczu mięśniom powieki. Jeśli w bezpośredniej bliskości ktoś wystrzeli z rewolweru — drgniemy wtedy mimowoli; w tym przypadku bodziec dźwiękowy przez ucho doprowadzony zostaje do ośrodka i daje tam rozkaz skurczu wielkiej ilości mięśni. Z przykładów tych jasno wynika zasada odruchu; składają się na nią dwie rzeczy: po pierwsze odruch nie ma nic wspólnego ze świadomością lub z aktem woli. Działanie jego jest zupełnie automatyczne i towarzyszy odpowiedniemu podrażnieniu z taką samą koniecznością, z jaką podrzucony do góry kamień spada na ziemię; następnie odruch jest wysoce celowy: opuszczenie powiek chroni oko przed domniemanem niebezpieczeństwem, wstrząs ciała wzbudza chęć ucieczki.

Umożliwienie mechanizmu odruchów należy do głównych zadań centralnego układu nerwowego. Ponieważ jednak żaden odruch nie może dojść do skutku bez istnienia odpowiedniego łuku odruchowego, złożonego z włókien i komórek nerwowych, więc i wyższym funkcjom odruchowym zwierzęcia odpowiadać musi bardziej skomplikowany układ nerwowy. Dotąd przedstawiliśmy całą sprawę daleko prościej, niż wygląda w rzeczywistości, ponieważ założyliśmy, że bodziec wyzwala działanie tylko jednego mięśnia. Jeśli jednak weźmiemy pod uwagę jakikolwiek odruch, np. wstrząs ciała, spowodowany hukiem wystrzału — sprawa okaże się daleko bardziej skomplikowana, gdyż rozkaz skurczu otrzymuje nie pojedyńczy mięsień, lecz wielka ich ilość. Ponieważ zdajemy sobie sprawę, że każdy prosty napozór ruch warunkowany jest zawikłanem

współdziałaniem licznych mięśni, jasne się staje, że nawet „zwykły" odruch oznacza skurcz jednych mięśni a zwolnienie innych, i to w określonym porządku i kolejności, nie mówiąc już o działalności mięśni znajdujących się w ścianach naczyń krwionośnych, powodujących bicie serca i nagłe zblednięcie twarzy. Wszystko to świadczy, że przekazanie rozkazu do odpowiednich komórek jest funkcją bardzo złożoną i taki zwykły refleks wymaga istnienia wielkiej ilości komórek nerwowych oraz połączeń między niemi.

Ze wszystkiego, cośmy dotąd usłyszeli, możemy wnioskować, że pierwszym krokiem do zbadania funkcyj układu nerwowego jest dokładna znajomość możliwych odruchów, i nietrudno domyślić się, w jaki sposób zabiera się do tego nauka. Aby zapoznać się naprzykład z odruchami raka, przedewszystkiem musimy dokładnie wystudjować wszystkie ruchy, do których wogóle jest on zdolny. Należy zanotować sobie wszystkie pozycje, które może przybierać, i wszystkie ruchy, które potrafi wykonać, a następnie należy spróbować wywołać te ruchy na drodze sztucznej. Przypuśćmy, że zaobserwowaliśmy, iż rak czyści swe czułki w określony sposób; by znaleźć odpowiedni łuk odruchowy, należy z początku sztucznie drażnić wszystkie organy zmysłów raka, by przekonać się, czy na tej drodze nie uda się wyzwolić odruchu. Aby uzyskać pewność co do znaczenia poszczególnych zmysłów, należy w czasie doświadczenia wyłączyć działanie innych. W ten sposób prawdopodobnie stwierdzilibyśmy, że aby wyzwolić odruch czyszczenia, należy poruszyć określony włosek dotykowy, położony w określonej okolicy. Zapewne czytelnicy zechcą się dowiedzieć, w jaki sposób przebiega odpowiedni łuk odruchowy. Musimy odnaleźć z początku nerw czuciowy, posługując się metodą przecięcia, gdyż pamiętamy, że odruch nie dojdzie do skutku, jeśli odpowiedni nerw zostanie w ten sposób uszkodzony. Możemy też użyć metody bezpośredniego drażnienia go, np. prądem

elektrycznym; odruch nastąpi wówczas natychmiast, gdy tylko trafimy właściwe włókno, i rak musi wtedy czyścić czułki, tak samo, jak musi ruszyć z miejsca lokomotywa, gdy nacisnąć odpowiednie dźwignie. Chcąc dowiedzieć się, gdzie w ośrodku leżą komórki rozkazodawcze dla danego odruchu, postępujemy w ten sam sposób, co i w poprzednim przypadku; szukamy w ośrodku takiej grupy komórek, po których usunięciu odruch nie dochodzi do skutku i których podrażnienie odruch ten wyzwala. Natomiast włókna nerwowe ruchowe są przeważnie bezpośrednio widoczne, szczególniej jeśli się wie, jakie mięśnie wchodzą w grę w danym przypadku. W ten sposób próbowano sprowadzić zawikłane nieraz zachowanie się zwierząt jedynie do szeregu odruchów.

6.

Odgaduję już pytania, które cisną się na usta czytelnikom — lecz jeszcze nieco cierpliwości! Z początku zatrzymamy się nad najciekawszemi odruchami, aby po tych ogólnych wiadomościach znów zwrócić się do bezpośrednich zjawisk przyrodniczych. Już uprzednio wspominaliśmy o wielkiej celowości odruchów (wkrótce zapoznamy się z pewnym niecelowym odruchem), posiadających znaczenie obronne, jak naprzykład opuszczenie powieki. Innym, niemniej codziennym, jest kaszel; gdy obce ciało, jak pył, ślina i t. p., dostanie się do tchawicy, znajdujące się tam zakończenia nerwowe, wrażliwe na dotyk, wyzwalają odruch obronny przez skurcze mięśni oddechowych, które powodują gwałtowne usunięcie z płuc powietrza, zwane kaszlem, usuwające owe ciała obce.

Znajomość z odruchami obronnemi zawarliśmy już uprzednio, słyszeliśmy już niejedno o nich, nie zdając sobie tylko sprawy z istoty rzeczy. Przypomnijmy sobie, cośmy dowiedzieli się o przystosowaniu barwy zwierząt do podłoża i o doświadczeniach, wskazujących na rolę oczu w tem — tak pożytecznem nieraz dla zwierząt —

zjawisku. I w tym przypadku mamy do czynienia z odruchem obronnym i nie brak na to bezpośrednich dowodów w postaci odkrytego przez uczonych łuku odruchowego. Istnieje też pokrewny odruch o nieco humorystycznym posmaku, występujący u pewnych krabów, dumnie przechadzających się po dnie morskiem. Nie potrafią one, jak niektóre ryby, zmieniać koloru skóry i przez dostosowanie stroju do każdorazowego podłoża chronić się przed oczami wrogów. Ten sam rezultat osiągają one na drodze — maskowania się! Na grzbietowej stronie tych dowcipnych stworzeń znajdują się włoski, opatrzone haczykowatemi zakończeniami. Jeśli taki krab siedzi naprzykład na zielonej wodorości, odcina sobie kilka liści i zawiesza je na owych haczykach zapomocą swych kleszczy, tak że wkrótce jest całkiem przykryty zielonemi liśćmi, jak starożytny bohater Odyseusz, gdy zbliżał się do pięknej Nauzyki; jeśli krab przebywa na wodorości brunatnej lub czerwonej, oczywiście przywdziewa maskę odpowiedniego koloru.

W jaki sposób zachodzi powyższy odruch, udało się stwierdzić w następujący sposób. Niezamaskowane kraby zostały umieszczone w szklanem naczyniu, wyłożonem czerwonym papierem. Następnie wrzucono doń różnobarwne skrawki papieru, z pomiędzy których kraby wybierały czerwone i maskowały się wyłącznie niemi! To samo działo się przy użyciu jako podłoża innych kolorów, gdy zaś akwarjum wytapetowane zostało w połowie żółtym papierem, a w połowie niebieskim, i pomieszczono w nim kilka krabów, które się uprzednio ustroiły na żółto i niebiesko — żółte „maski“ zajęły żółtą część akwarjum, niebieskie zaś powędrowały na stronę niebieską. Można zarzucić, że ostatnie doświadczenie dowodzi, iż nie mamy do czynienia z odruchem prostym, przebiegającym w sposób konieczny, ponieważ zwierzęta w ten lub inny sposób musiały uświadomić sobie, że są ubrane na żółto lub niebiesko — lecz zarzut ten łatwo odeprzeć, pomieszczając

na czas pewien część zwierząt w naczyniach żółtych, drugą część zaś w niebieskich i nie dając im tym razem skrawków do maskowania. Jeśli następnie wrzucić owe kraby do dwukolorowego akwarjum, wrócą one na miejsca poprzednio zajmowane. A więc nie samo maskowanie się określa wybór podłoża, lecz działanie wywarte przez barwę tego środowiska, w którem zwierzę przebywało poprzednio. W ten sposób podczas maskowania współdziałają dwa odruchy; jeden, który wprawia w ruch odnóża kraba w ten sposób, że zwierzę ucieka od barwy odmiennej od tej, która działała na nie przed chwilą — oraz drugi, dzięki któremu krab może maskować się odpowiedniemi fragmentami otoczenia.

Niemniej interesujący jest również inny odruch, z którym mieliśmy już do czynienia swego czasu. Mówiąc o zdumiewających zdolnościach organizmu odtwarzania uszkodzonych części, wspominaliśmy mimochodem o pewnych owadach i rakach, które odrzucają poprostu kończyny, gdy nieprzyjaciel uchwyci za nie. Mówiliśmy również, że u tych stworzeń nowe odnóże jest już założone w miejscu, w którem odpada stare; możnaby przypuszczać, że jest to jakieś szczególnie cienkie miejsce, w którem poprostu odnóże najłatwiej jest odłamać — lecz w rzeczywistości dzieje się całkiem inaczej. I tutaj mamy do czynienia z odruchem, którego łuk możemy dokładnie wyróżnić. Z początku należy stwierdzić, że strata odnóży nie jest skutkiem zwykłego odłamania lub oderwania przez prześladowcę; wynika to z faktu, że u martwego zwierzęcia odnóża zawsze odłamują się w innem miejscu, niż w predystynowanem ku temu. Odnóże żywego zwierzęcia może utrzymać ciężar ciała, z łatwością natomiast odpada nawet przy małym ucisku sztucznym. Ucisk ten jest więc bodźcem, wyzwalającym odruch, i istotnie wszystkie trzy jego elementy dają się wykazać. Pierwszym jest włókno nerwowe, wybiegające z komórek zmysłowych, wrażliwych na ucisk i położonych w odnóżu; drażniąc nerw ten prą-

dem elektrycznym, wywołujemy natychmiast refleks, dzięki któremu odnóże odpada. W ośrodku nerwowym znajdują się komórki rozkazodawcze, których podrażnienie również wyzwala odruch, usunięcie zaś uniemożliwia go. Jest to drugi element. Następnie odszukamy i trzeci element; jest to włókno nerwowe ruchowe, wprawiające w ruch mięsień, którego silny skurcz odłamuje dany członek. Jeśli nerw ten przeciąć, skutek jest taki sam, jakbyśmy zniszczyli powyższy mięsień. Razu pewnego byłem w kinie; w humorystycznym filmie występował tam osobnik, który w pewnej chwili odrzucił nogi i ręce; wkrótce przyleciały one jednak do niego zpowrotem i zajęły swe zwykłe miejsca. Z pewnością tylko nieliczni z pomiędzy rozbawionych widzów zdawali sobie sprawę, że żart ten prawie dosłownie urzeczywistniają pewne istoty żywe; chociaż bowiem krab dobrowolnie pozbywający się odnóży nie potrafi wstawić ich sobie zpowrotem, jednak po najbliższem lenieniu odrastają mu nowe.

A teraz czas już spełnić obietnicę i przytoczyć przykład odruchu obojętnego oraz wyraźnie niecelowego; zapoznaliśmy się bowiem z refleksami celowemi, na których w dużej mierze opiera się działalność życiowa zwierząt, jak naprzykład połykanie, oddychanie, ruchy jelit. Refleksy obojętne może każdy stwierdzić u siebie; załóżmy nogę na nogę i uderzmy kantem dłoni bezpośrednio poniżej rzepki, a podudzie wykona nagły ruch, będący efektem refleksu nieposiadającego żadnego znaczenia dla człowieka — chyba tylko dla lekarza, który na jego zasadzie wysnuwa pewne wnioski o stanie określonych nerwów. Niecelowy odruch związany jest natomiast z jednem z najbardziej zdumiewających zjawisk ożywionego świata. Oto w morzach żyją niezbyt piękne istoty, należące do najbliższej rodziny delikatnych rozgwiazd i kolczastych jeżowców, noszące nazwę strzykw. Niektóre ich gatunki reagują na silne bodźce, np. brak tlenu do oddychania, w ten sposób, że dzięki gwałtownemu skurczowi mięśni

odrzucają całą część głowową ciała i wypluwają niejako wślad za nią wszystkie wnętrzności. Wygląda to na samobójstwo — lecz tylko napozór! Po kilku tygodniach wszystko odrasta napowrót; nie potrafi tego zrobić nawet marjonetka w kinie, nawiasem mówiąc, na szczęście dla widza, ze względu na pewne odruchy, towarzyszące uczuciu wstrętu. W tem miejscu szanowny czytelnik zapewne nie może się dłużej powstrzymać od zadania pytania: czyż istotnie należy uważać całe zachowanie się zwierzęcia i jego wszystkie poruszenia za wynik mechanicznej konieczności, za efekt raz puszczonej w ruch maszynerji? Nie mówimy tu nawet o koniu i psie, o bocianie i jaskółce, o żmii polującej na myszy i żabie łowiącej muchy — lecz o pszczole, która zbiera miód, karmi królową i buduje plastry, o mrówce, hodującej troskliwie młode pokolenie, zdobywającej niewolnice, budującej skomplikowane mrowisko, utrzymującej mszyce w charakterze dojnych krów i hodującej na podobieństwo jarzyn pewne grzybki na specjalnie nawożonem podłożu; o pająku, tkającym swą piękną sieć, o gąsienicy, tkającej oprzęd poczwarki, o ślimaku-winniczku, wygrzebującym przytulną pieczarę, do której składa później jajeczka, o pijawce, rzucającej się na przepływającą rybę, by ssać z niej krew, i o dżdżownicy, chowającej się do norki przed naszym butem: czyż wszystko to są jedynie maszynerje odruchów, czyż nie posiadają żadnej świadomości ani woli, ani duszy? Lub też wyraźmy się skromniej: czy są one wyłącznie automatami kierowanemi mechanizmami refleksów, czy też mogą nabierać doświadczenia życiowego i na tej drodze zmieniać swe postępowanie — czy potrafią działać samorzutnie? Przedewszystkiem jednak musimy stwierdzić, że mówić z całą pewnością o woli, świadomym czynie, uczuciach, możemy tylko w tym wypadku, o ile chodzi o nas samych. Do pewnego stopnia możemy przenosić te kategorje na zwierzęta, na zasadzie tego czy innego spostrzeżenia podejrzewać, że zwierzęta przeżywają coś

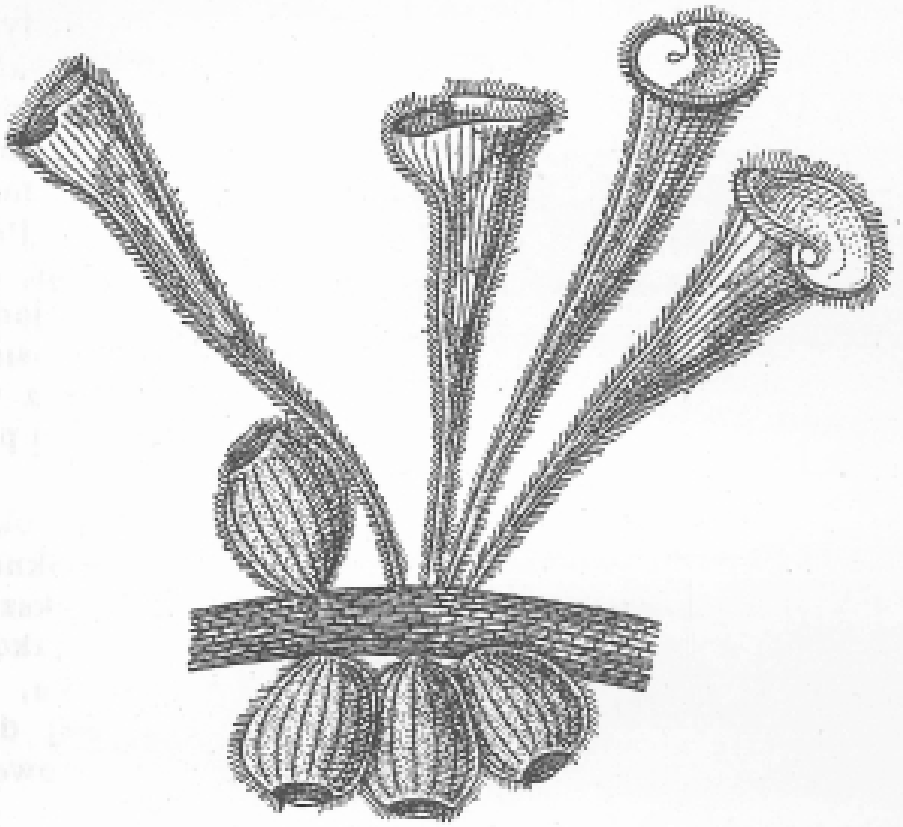
podobnego, lecz w sposób naukowy dowieść tego nie możemy.

Możemy natomiast zaaranżować doświadczenia, mające na celu stwierdzenie, czy zwierzęta mogą się czegoś nauczyć. Możemy naprzykład raka lub żabę umieścić w pewnego rodzaju labiryncie i przekonać się, czy zwierzę potrafi orjentować się w nim; wynik doświadczenia będzie pozytywny. Można wykazać, że pszczoła zapamiętuje obraz danej miejscowości i następnie znajduje do niej drogę powrotną. Możemy więc uważać, że zwierzęta te prócz funkcyj refleksyjnych posiadają też pewną formę — powiedzmy — życia psychicznego. Wiele dalej jednak ostrożny przyrodnik nie może się posunąć, owszem musi się strzec, by nie opisywać czynności zwierząt w ten sposób, jakby kierowały niemi pobudki podobne do ludzkich. Nie przeszkadza to jednak uważać za prawdopodobne, że psychologja porównawcza wykaże u pewnych grup zwierzęcych funkcje nerwowe mniej lub więcej zbliżone do naszych. Oczekiwać tego można u zwierząt posiadających w układzie nerwowym elementy, o których wiemy, że u nas są siedliskiem wyższych funkcyj nerwowych; przedewszystkiem chodzi o mózg. Wskutek tego — zamiast stawiać pytania, wkraczające w dziedzinę psychologji — zwróćmy się lepiej do owych centralnych ośrodków nerwowych, będących widzialnem siedliskiem zarówno najprymitywniejszych odruchów, jak i najwyższych wzlotów ducha.

7.

Czyż jednak istotnie wszystkie zwierzęta posiadają układ nerwowy? Otóż nie wszystkie; głęboko, przy samych korzeniach rodowego drzewa zwierząt, istnieje grupa istot, ujmowanych mianem pierwotniaków, ponieważ ciało ich, składające się z plazmy opatrzonej jądrem, nie wykazuje rozczłonkowania na komórki. Najpopularniejszy z nich — zo pełzak, poruszający się w kropli wody, nieustannie zmieniając swój kształt, oraz wymoczki, których subtelne

kształty już od setek lat wywołują podziw każdego, kto ma do czynienia z mikroskopem. W ich ciele nie istnieje jeszcze żaden zaczątek układu nerwowego.[1] Szczęśliwcy! — pomyśli o nich nerwowy czetelnik — oni się nigdy nie denerwują! Lecz może powściągnąć swą zazdrość: i bez ner-



Rys. 70. Pierwotniaki-trębacze siedzące na łodydze wodorośli, częściowo wyprostowane, częściowo skurczone.

wów zwierzątka te są dostatecznie nerwowe. W kropli wody pod mikroskopem znajduje się jedno z nich, z racji swego kształtu zwane trębaczem; wstrząśnijmy tylko kroplą, uderzając w stół — i w mgnieniu oka wydłużony trębacz kurczy się w okrągłą baryłkę (Rys. 70); bodziec więc wywołał reakcję — ruch. Przypomnijmy sobie, że potrafią to uczynić i pewne rośliny, chociaż całkowicie pozbawione

[1] Nowsze badania wykryły i u pierwotniaków pewne struktury, którym przypisuje się charakter domniemanego odpowiednika układu nerwowego. — Przyp. tłum.

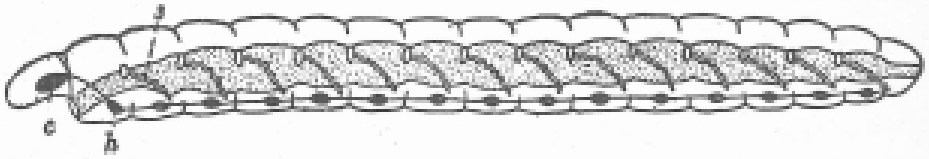
są systemu nerwowego. Być może, widzieliście kiedykolwiek mimozę, która pod wpływem dotknięcia składa i opuszcza swe pierzaste listeczki. W ciele komórki może więc istnieć zjawisko przewodzenia bodźca bez pośrednictwa nerwu, co niewątpliwie stanowi najprymitywniejszą formę stosunku istoty żywej do świata zewnętrznego. Prócz pierwotniaków istnieje jeszcze inna grupa zwierząt, stojących na tak niskim stopniu rozwoju, że nie posiadają układu nerwowego; są to gąbki, szczególne istoty, rosnące na dnie morskiem i bardzo mało przypominające z wyglądu zwierzęta; jak wiadomo, wysuszonego szkieletu pewnych gatunków gąbek używamy do mycia.

Wszystkie jednak pozostałe zwierzęta posiadają układ nerwowy z organami zmysłów, komórkami i włóknami nerwowemi; oczywiście nie u wszystkich jest on wykształcony w sposób, który potocznie uważamy za — niejako — obowiązujący. Mówiliśmy zawsze dotąd o ośrodku, porównywanym do centrali telefonicznej, do której dążą i z której wybiegają przewodniki czuciowe i ruchowe — dośrodkowe i odśrodkowe. U całej grupy jednak niższych zwierząt, do której należą unoszące się w oceanach meduzy, ukwiały, nieodzowne w każdem akwarjum morskiem, i barwne koralowce — nie znajdziemy ośrodka tego rodzaju. Układ nerwowy u tych zwierząt składa się z sieci włókien z rozsianemi w niej komórkami nerwowemi, w której nie można się doszukać żadnego elementu, przypominającego ową centralę (Rys. 71). Należy tu użyć jako porównania raczej sieci telefonicznej bez centrali, gdzie się dzwoni w dowolnem miejscu i każdą rozmowę słychać wszędzie; niektóre z tych zwierząt posiadają dość skomplikowane organy zmysłów: istnieją naprzykład meduzy o oczach zbudowanych na podobieństwo ludzkich. Powyższy układ nerwowy oczywiście niezdolny jest do wielu funkcyj i ilość możliwych odruchów nie jest zbyt wielka.

Wszystkie inne zwierzęta posiadają prawdziwe ośrodki centralne, skupienia komórek nerwowych oraz plątaninę

łączących je włókien, otoczone komórkami ochronnemi, spajającemi i wzmacniającemi całość. Organy te wykazują — jak należało zgóry oczekiwać — postępujące stadja doskonałości, odpowiednio do mnogości odruchów i funkcyj zmysłowych ich właścicieli. Rozczłonkowują się one, osiągnąwszy pewną wielkość, na poszczególne zwoje nerwowe, leżące w sąsiedztwie odpowiednich narządów zmysłów oraz mięśni, ponieważ zaś najważniejsze organy zmysłów leżą na głowie, więc i główne zwoje nerwowe są tam umiejscowione; obecność ich umożliwia istnienie odruchów, nieraz bardzo złożonych. Zwoje te nazywamy wtedy mózgiem. Coś podobnego znajdziemy już u askarydy, dżdżownica zaś posiada mózg wcale skomplikowany, połączony z łańcuszkiem dalszych zwojów, ciągnącym się wzdłuż brzusznej strony ciała zwierzęcia (Rys. 72). Prawie

Rys. 71. Sieć nerwowych włókien, położona tuż pod powierzchnią dzwonu meduzy.

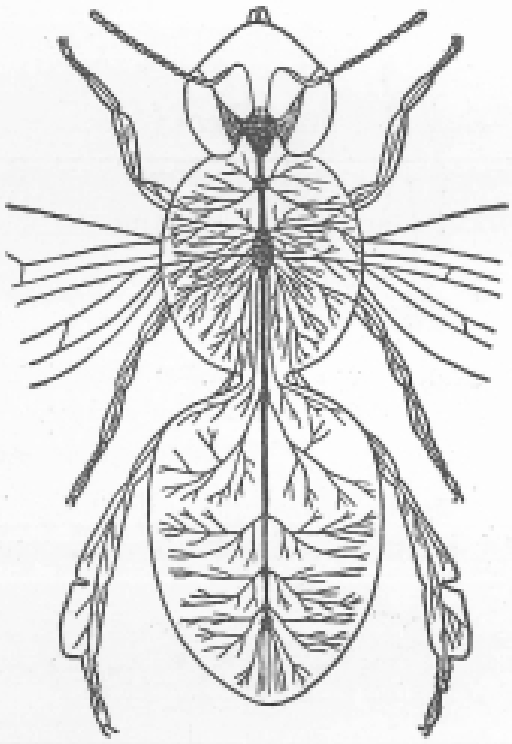


Rys. 72. Układ nerwowy robaka-pierścienicy; mózg c, łańcuch brzusznych zwojów nerwowych b.

tak samo wygląda ośrodkowy układ nerwowy u wszystkich raków i owadów (Rys. 73), lecz budowa wewnętrzna wykazuje coraz większe skomplikowanie. Że pozostaje to

Rys. 73 a. Wypreparowany ośrodkowy układ nerwowy rozwielitki; c mózg, I pierwszy zwój nerwowy łańcuszka brzusznego.

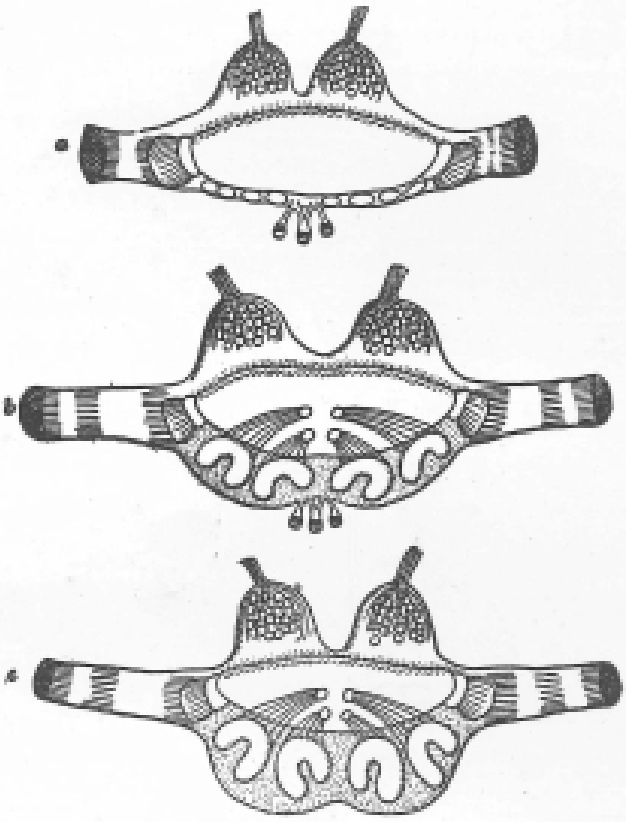
w związku z różnorodnością odruchów, szczególnie instruktywnie widać na mrówkach i pszczołach. Powszechnie wiadomo, że w społeczeństwach tych stworzeń istnieją osobniki trzech rodzajów; królowe, których jedynem zajęciem jest składanie jaj; samce, u pszczół zwane trutniami, istniejące jedynie poto, by zapłodnić królową w czasie lotu godowego, oraz niedorozwinięte płciowo samice, zwane robotnicami, których różnorodna działalność stanowi o bycie społeczeństwa. Jeśli zbadać mózg tych trzech form, okaże się, jak można było przewidzieć, że mózg robotnic jest daleko większy i posiada bardziej złożoną budowę, niż mózg samców i królowych (Rys. 74). U mięczaków spotykamy mózg obok innych zwojów nerwowych, a u najwyższych gatunków tej grupy — ośmiornic i sepij — t. zw. głowonogów, mózg o budowie



Rys. 73 b. Układ nerwowy owada z mózgiem i leżącemi w różnych częściach ciała zwojami nerwowemi oraz wychodzącemi z nich włóknami.

przypominającej pod względem swej złożoności nawet ludzki.

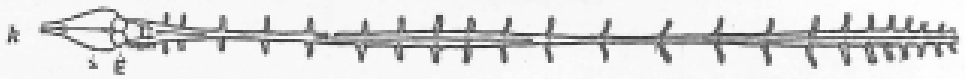
Jak się rzeczy mają u naszych najbliższych kuzynów — kręgowców, wiadomo wszystkim. Mózg — część główna — leży w chroniącej go kostnej puszce czaszki, rdzeń pacierzowy zaś w kanale kręgosłupa (Rys. 75). Niezliczona ilość odruchów przebiega wyłącznie w zakresie rdzenia, nie sięgając do mózgu. Przeciwnie, siedliskiem wyższej działalności nerwowej, zwanej życiem duchowem, jest określona część mózgu, mianowicie półkule mózgowe, których właściwie jeszcze nie posiadają ryby, u płazów i gadów są rozwinięte dość słabo i dopiero u ptaków występują wyraźnie, zasługując na swe miano. U ssaków i u ludzi, ich najwyższych przedstawicieli, są one tak potężne, że w porównaniu z niemi inne części mózgu schodzą na drugi plan (Rys. 76). Stąd to regulowana jest zawikłana gra odruchów i czynności; półkule pozatem nie są wcale niezbędne do wykonania zwykłych odruchów. Zapewne wielu z czytelników słyszało dobrą anegdotkę o pewnym Amerykaninie, który oddał swój mózg do odczyszczenia: ponieważ w ciągu kilku miesięcy mózgu nie odsyłano, lekarz radził klientowi



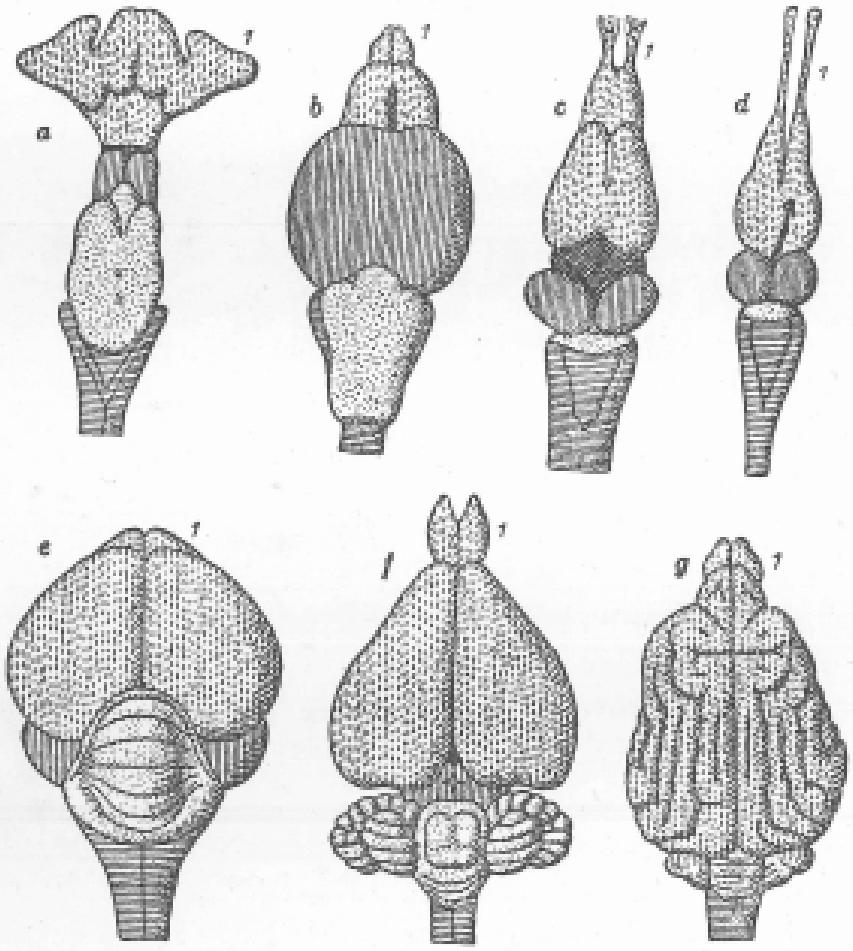
Rys. 74. Mózg pszczoły: a — samca, b — samicy, c — robotnicy.

upomnieć się o niego osobiście i włożyć zpowrotem do głowy, na co otrzymał odpowiedź: „Dziękuję, nie potrzebuję go już więcej — przecież zostałem obrany senatorem".

Anegdotka prócz złośliwości posiada zupełnie racjonalne



Rys. 75. Mózg i rdzeń pacierzowy żółwia: v — przodomóżdże, m — śródmóżdże, k — móżdżek.

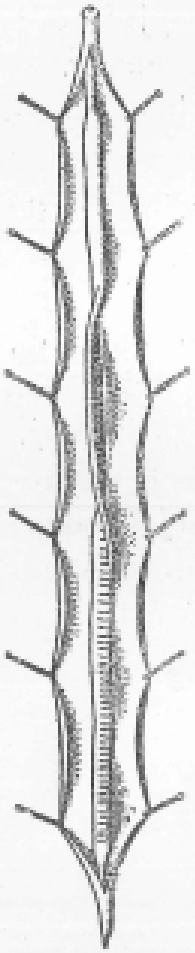


Rys. 76. Mózgi kręgowców; części odpowiadające sobie wzajemnie zakreskowano jednakowo. a — rekin, b — łosoś, c — żaba, d — gad, e — gołąb, f — królik, g — pies. Przedmóżdże z płatami węchowemi (1) kreskowane przerywanie, punktowany — móżdżek, prostopadle kreskowane — śródmóżdże, poziomo — rdzeń przedłużony.

uzasadnienie; dla życia pozbawionego wyższych przejawów duchowych, a kierującego się wyłącznie odruchami, półkule mózgu są zbędne. Funkcje te mogą doskonale spełniać pozostałe części mózgu oraz rdzeń pacierzowy. Istotnie, psy, gołębie i żaby, pozbawione operacyjnie półkul mózgowych, udało się przez długi czas utrzymać przy życiu — lecz czyż możnaby nazwać człowiekiem istotę ludzką bez tego organu?

Jednak nauka nie zatrzymała się przed zagadką tego najbardziej tajemniczego organu i wydarła mu wiele tajemnic, jak naprzykład położenie komórek umożliwiających mowę lub widzenie obrazów, albo też istnienie pamięci, oraz przebieg setek ważnych połączeń, utworzonych przez włókna nerwowe. Pracowite ręce i umysły poszukują wszystkich możliwych dróg do zdobycia dalszych wiadomości; lecz czyż nie opada zwątpienie o własnej wiedzy, jeśli się tylko spróbuje wyobrazić, w jaki to sposób w owych komórkach powstała Dziewiąta Symfonja, „Faust“ lub Kaplica Sykstyńska?

ZDOBYWANIE POKARMU

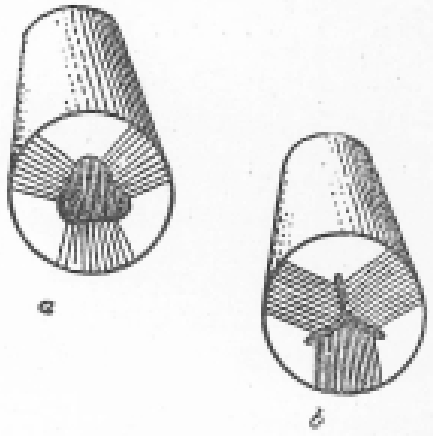


Rys. 77. Rozcięta askaryda; widać przewód pokarmowy, położony wewnątrz niej.

A teraz znów rzućmy okiem na starą znajomą — askarydę, która oto leży przed nami na misce preparacyjnej, starannie rozpreparowana. Spostrzegamy w niej płaską wstęgę, ciągnącą się wzdłuż całego ciała, która jedynie na przednim i tylnym końcu posiada nieco odmienny wygląd (Rys. 77); po nieco dokładniejszem zbadaniu okazuje się, że rzekoma wstęga jest silnie spłaszczoną cewką, będącą jelitem robaka, pod mikroskopem zaś przekonamy się, że składa się ona z trzech odcinków. Zprzodu, pomiędzy wspomnianemi już wargami, znajduje się otwór ustny; prowadzi on do krótkiej, okrągłej cewki o długości prawie jednego centymetra, zwanej przełykiem. Następnym odcinkiem jest wstęgowata część środkowa jelita, przechodząca w krótką odbytnicę, zakończoną odbytem. Chociaż jelita zwierząt posiadają wygląd bardzo rozmaity, lecz w większości przypadków składają się z tych właśnie trzech części, co zresztą jest zupełnie zrozumiałe: przedewszystkiem pokarm dostaje się do wnętrza ciała przez otwór ustny i przełyk, stąd zaś trafia do głównego odcinka przewodu pokarmowego, jelita trawiącego, w którem zostaje odpowiednio zmieniony i następnie wchłonięty, niezużytkowane zaś resztki wydalone nazewnątrz przez odbytnicę i odbyt.

Jak widzimy na przykładzie askarydy, owe główne odcinki przewodu pokarmowego mogą być bardzo prymi-

tywnie zbudowane. Oto pierwszy odcinek, służący do pobierania pokarmu. Pasorzyt, pławiący się w odżywczej papce, nie potrzebuje zdobywać pożywienia w sposób czynny, jak większość innych zwierząt, i z tego powodu gęba jego nie posiada aparatów pomocniczych, służących do przytrzymania i rozkawałkowania pokarmu. Poprostu posiada otwór, przez który wlewa się pożywienie, oczywiście nie samo przez się, jak przysłowiowe pieczone gołąbki, lecz wskutek ssącego działania przełyku, przejmującego funkcje pompy. Pod mikroskopem z łatwością możemy się przekonać, że w stanie spokoju światło przełyku zaciśnięte jest całkowicie przez grubą, nabrzmiałą ścianę, w której znajdują się mięśnie, powodujące swym skurczem spłaszczenie owego nabrzmienia; wskutek tego światło przełyku rozszerza się i działa jak pompa ssąca (Rys. 78). Możemy to sobie łatwo wyjaśnić na przykładzie; przyłóżmy ściśle do siebie obie dłonie i zaciśnijmy je tak, by między niemi nie było żadnej wolnej przestrzeni, a następnie zanurzmy je dolnym brzegiem do wody i powoli rozszerzajmy zaciśnięcie, jednocześnie tworząc wąską szczelinę pomiędzy dłońmi, przez którą, jak się przekonamy, woda zostanie wessana do środka. Przez przełyk więc pożywienie dostaje się do jelita trawiącego, któremu przypada najważniejsze zadanie; u pasorzyta, pobierającego pokarm już uprzednio przetrawiony, nie jest ono zbyt trudne. Z tego powodu nie potrzebuje on skomplikowanych aparatów pomocniczych, współdziałających podczas trawienia u innych zwierząt; jelito może się całkowicie poświęcić drugiemu zadaniu, mianowicie wchłonięciu



Rys. 78. Odcinek przełyku askarydy: a — w stanie otwartym, b — w zamkniętym.

strawionego pokarmu i przyswojeniu go. Oczywiście niewiele przytem pozostaje odpadków, które zresztą wydala przez jelito grube, lecz w każdym razie posiada ono własne mięśnie, których skurcze przesuwają owe odpadki do odbytu.

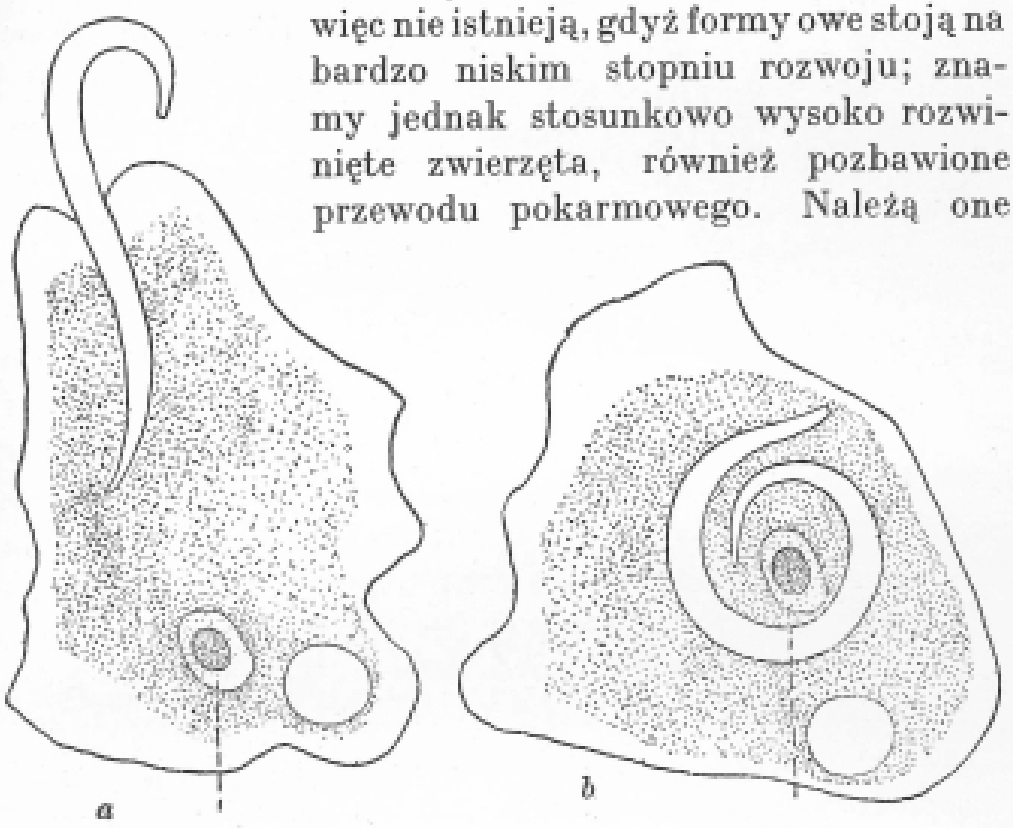
Są to wszystko zjawiska bardzo powszednie, lecz mimo to stanowią dobrą połowę życiowej działalności zwierzęcia, jak to już zauważył Schiller, mówiąc o świecie, że utrzymuje go w ruchu głód i miłość. W związku z tem szczegółowe zapoznanie się ze zdobywaniem, pobieraniem i przyswajaniem pokarmu staje się zadaniem prawie równoznacznem z drobiazgowym opisem całego świata zwierzęcego; oczywiście, nie odpowiada to naszym zamierzeniom. Lecz jeśli nawet poprzestaniemy tylko na pobieżnem zapoznaniu się z istotą funkcji odżywiania i związanych z nią organów, ciekawość nasza zostanie zaspokojona w wielu istotnych punktach. Zanim jednak pójdziemy dalej, nasuwa się nieodparcie pytanie, czy istnieją zwierzęta bez przewodu pokarmowego? Przecież rośliny nie posiadają go, a jednak odżywiają się; w jaki sposób to czynią?

1.

Istotnie, znamy całe grupy zwierząt, nieposiadających przewodu pokarmowego i mimo to pobierających pokarm; z jedną z nich zapoznaliśmy się już mimochodem — były to pierwotniaki: prymitywne, jednokomórkowe istoty, u których wszystkie funkcje życiowe zamykają się w ramach jednej komórki, wskutek czego trudno spodziewać się u nich istnienia jakiegokolwiek jelita: jak wszystkie inne funkcje, tak i trawienie wypełnia ciało komórki. Oto naprzykład pełzak, poruszający się powoli w mule małych zbiorników wodnych; do jego lepkiego ciała przyklejają się inne mikroskopijne istotki, a pełzak zaczyna wtedy wypuszczać ze swego bezkształtnego ciała wypustki, otaczające wkońcu ze wszech stron zdobycz,

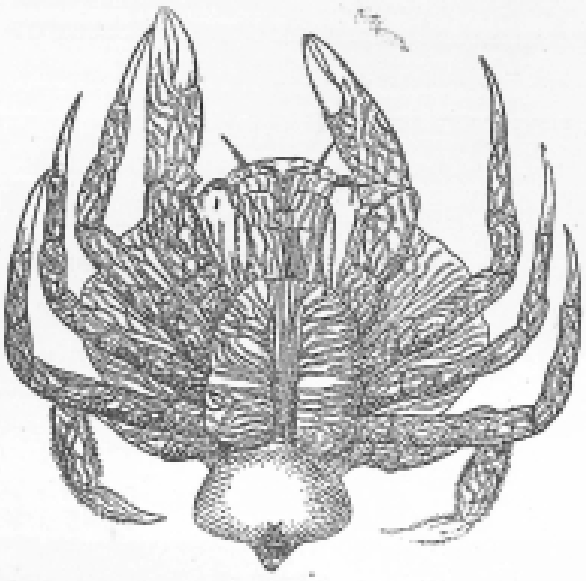
która po pewnym czasie znajduje się wewnątrz ciała pierwotniaka, ogarniającego ją jak grzęzawisko kamień (Rys. 79). Wewnątrz ciała pełzaka zostaje ona otoczona kropelką trawiącego płynu i strawiona, pozostałe zaś resztki pierwotniak wydala przez dowolną partję swej powierzchni.

U tych i pokrewnych form jelita więc nie istnieją, gdyż formy owe stoją na bardzo niskim stopniu rozwoju; znamy jednak stosunkowo wysoko rozwinięte zwierzęta, również pozbawione przewodu pokarmowego. Należą one

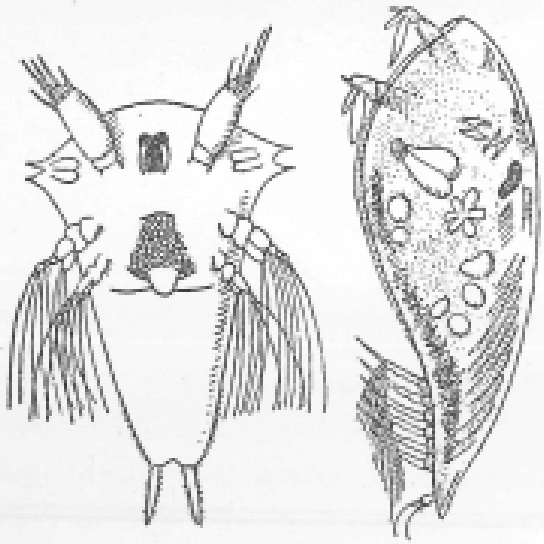


Rys. 79. Pełzak pożerający robaka-nicienia.

prawie bez wyjątku do pasorzytów, otrzymujących pokarm od swego gospodarza w stanie niejako gotowym. Taką istotą jest tasiemiec, którego nazwa nie wywoła zresztą u czytelników specjalnej sympatji. Ponieważ pokarm, w którym literalnie pławi się, jest już prawie strawiony, potrzebuje go tylko wchłonąć i uskutecznia to całą powierzchnią ciała; w ten sposób pokarm bezpośrednio dostaje się do jego tkanek, gdzie zostaje odpowiednio zużyty. Efektowniejszym przykładem — ponieważ ukazuje nam jednocześnie i związek z pasorzytniczym trybem



Rys. 80a. Krab z pasorzytem *Sacculina* na odwłoku; ciało kraba przenikają wypustki pasorzyta.

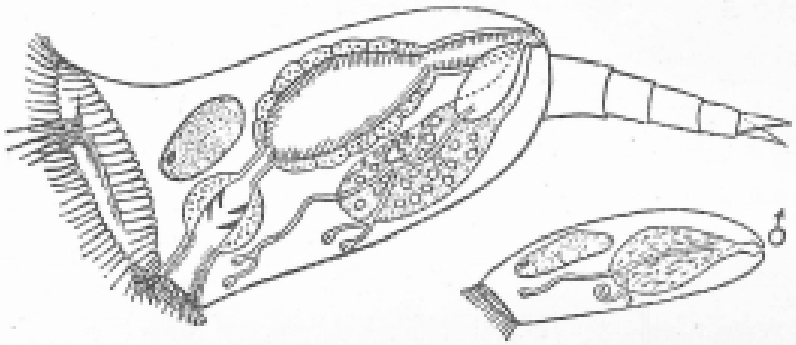


Rys. 80b. Dwie larwy *Sacculina*, różnego wieku; przed przyczepieniem się do kraba wyglądają jak larwy innych raczków.

życia — jest pewne bardzo szczególne stworzenie, w którem nikt na pierwszy rzut oka nie rozpoznałby zwierzęcia. Zbierając kraby na wybrzeżu morskiem, często znajdziemy między niemi takie, u których na odwłoku wisi okrągławy woreczek, wyglądający jak wrzód lub narośl (Rys. 80 a). Okazuje się jednak po bliższem zbadaniu, że mamy do czynienia nie z nowotworem, lecz z pasorzytem zwierzęcym. Z owego woreczka, wypełnionego głównie organami płciowemi, wrastają do nieszczęsnego kraba niejako korzonki, oplatające wszystkie narządy kraba i wysysające z nich soki dla pasorzyta, pozbawionego właściwego jelita. W tym przypadku owa bezjelitowość, jak zresztą i wiele innych osobliwych cech, pozostaje w bardzo wyraźnym związku z pasorzytnictwem, gdyż dziwaczna istota w młodości była małym skorupiakiem, wolno pływającym w morzu (Rys. 80 b), który później przyczepił się do kraba i zamienił się stop-

niowo w woreczek z rozgałęziającemi się korzonkami. Zmienił on do niepoznania swój wygląd, tracąc zarówno przewód pokarmowy, jak i inne narządy normalnego skorupiaka, zresztą w drodze skomplikowanych dość przekształceń.

A teraz przytoczymy wyjątek z reguły głoszącej, że bezjelitowe zwierzęta są pasorzytami — wprawdzie protestuje przeciw temu moja męska duma, lecz prawda przedewszystkiem! U pewnych zwierząt, robaków i skorupiaków istnieje szczególna instytucja karłowatych



Rys. 81. U góry samica wrotka, u dołu karłowaty samiec.

samców; gdy samice są zbudowane normalnie i wyposażone we wszystkie narządy, samce są drobnemi, niepozornemi istotkami, które nie nadają się do niczego innego, jak tylko do aktu płciowego, po którym wkrótce giną (Rys. 81). Ponieważ zaś nie żyją tak długo, by posiadanie przewodu pokarmowego było koniecznością — nie mają go zupełnie. Na pociechę męskiej połowie czytelników trzeba zaznaczyć, że znamy zwierzęta, których obydwie płci nie posiadają jelit i z tego powodu nie mogą się odżywiać; są to wielokrotnie opiewane jętki jednodniówki, które wykluwają się po roku larwalnego życia w ciepły letni wieczór, wykonywają nad wodą swe miłosne pląsy i giną wkrótce po zniesieniu jajeczek.

Nadmiar strawionego pokarmu i szczególne warunki życia powodują więc zbędność jelita; inną przyczynę

tego zjawiska zrozumiemy dopiero wtedy, gdy będziemy wiedzieć, dlaczego nie posiadają go rośliny. Kto z czytelników uważnie czytał, cośmy powiedzieli o źródle pracy mięśni, bez trudu da na to odpowiedź, ponieważ właśnie wtedy omawialiśmy zasadniczą różnicę między odżywianiem rośliny i zwierzęcia. Poco zwierzęciu potrzebne są jelita? 1) By pobierać pokarm w postaci innych roślin i zwierząt, 2) by pokarm ten przetrawić. Trawić zaś, jak o tem wiemy, znaczy rozkładać substancje pokarmowe zapomocą enzymów w ten sposób, by powstały z nich związki łatwo rozpuszczalne, które organizm może szybko przyswoić. Roślina jednak nie przyjmuje pożywienia, które musiałaby pożreć, a więc w stanie stałym, również nie potrzebuje przeprowadzać go w związki prostsze, rozpuszczalne, by przysposobić je do wchłonięcia przez poszczególne komórki. Posiada ona wspomnianą już nieraz zdolność pobierania najprostszych substancyj, mianowicie soli z gleby, gazów i wody z powietrza, i z nich wytwarza wszystkie najbardziej złożone związki, mianowicie białka, skrobię, tłuszcze, które służą za pokarm dla zwierząt. Domyślamy się, jaka kwestja wyłoni się w umyśle czytelnika; oto w oranżerjach pokazują nam często mięsożerne rośliny z krajów podzwrotnikowych, a ponadto wiemy, jako baczni obserwatorzy, że i u nas zdarzają się takie rośliny, jakkolwiek nie tak efektowne, jak np. rosiczka i muchołówka (Rys. 82). Istotnie są to interesujące wyjątki z ogólnej reguły; innych przykładów, jak tego zresztą zgóry można się spodziewać, dostarcza nam grupa roślin pasorzytów, — są to rośliny, które trawią pokarm przy pomocy enzymów; usiłowano mówić nawet o czemś w rodzaju przewodu pokarmowego u niektórych z nich. Były to sławne dzbaneczniki, z których zwisają dziwaczne dzbanki o kształcie przypominającym fajkę, napełnione trawiącym płynem; owady, które dostały się do tych dzbanków, zostają w nich strawione jak w jelicie. Od tych wyjątków roślinnych prosta droga prowadzi do

wyjątków zwierzęcych, które dlatego nie posiadają jelita, że odżywiają się na sposób roślin, wyrażając się zaś ściślej — na sposób pozornie roślinny. Okazuje się bowiem,

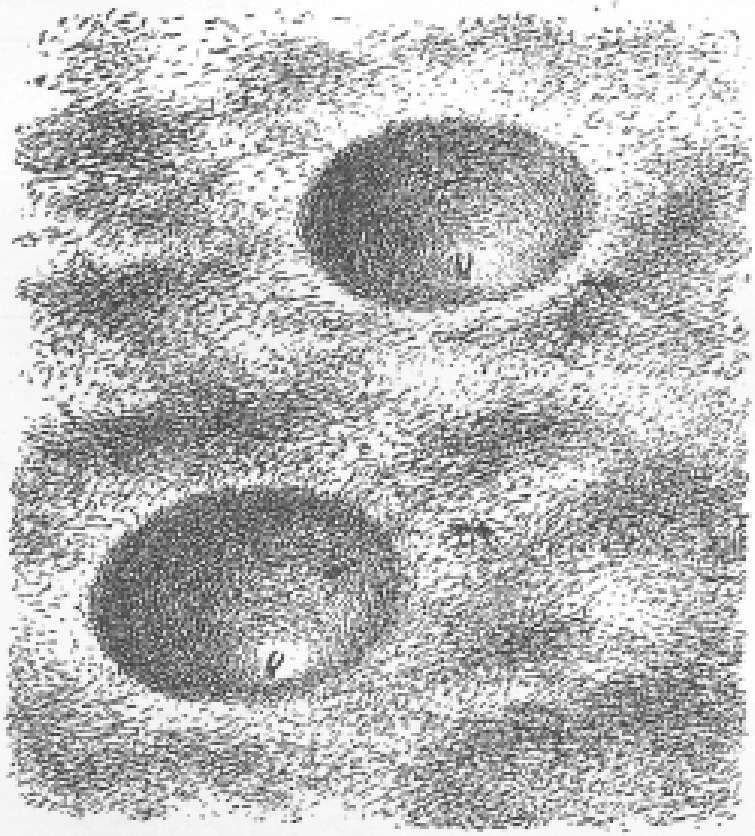
Rys. 82. Owadożerne rośliny: u góry dzbanecznik, na lewo muchołówka, na prawo rosiczka.

że zwierzęta te weszły w rodzaj porozumienia z pewnym gatunkiem mikroskopijnie drobnych zielonych roślinek. Wypełniają one komórki swych zwierzęcych wspólników

i oddają im zapasy pokarmu, który zdobyły w sposób ogólnie przyjęty u roślin. To są dopiero przyjemni lokatorzy!

2.

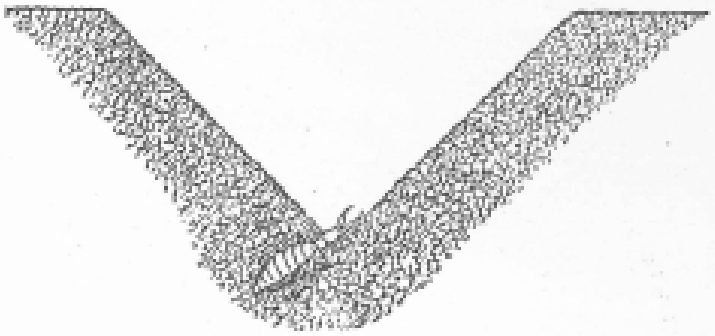
Powróćmy jednak znowu do pierwszego stadjum procesu odżywiania, mianowicie do zdobywania i przyjmowania pokarmu. Narzuca się tu porównanie z ludzkiemi stosunkami; widzimy przecież, że już najprymitywniejsze szczepy ludzkie używają oręża lub narzędzi, służących do zdobywania pożywienia (nic mi bowiem niewiadomo, czy rzeczywiście istnieje ów szczep Indjan, który ściga zwierzynę na własnych nogach i rozszarpuje ją rękami). W państwie zwierzęcem natomiast używanie narzędzi łowieckich jest zjawiskiem bardzo rzadkiem. Wprawdzie pająk tka sieć, w którą zaplątują się muchy, a mrówkolew wykopuje w piasku lejowaty dołek, do którego osypują się mrówki, trafiając bezpośrednio do paszczy myśliwca (Rys. 83 i 84),



Rys. 83. Lejki w piasku, wykopane przez larwę mrówkolwa.

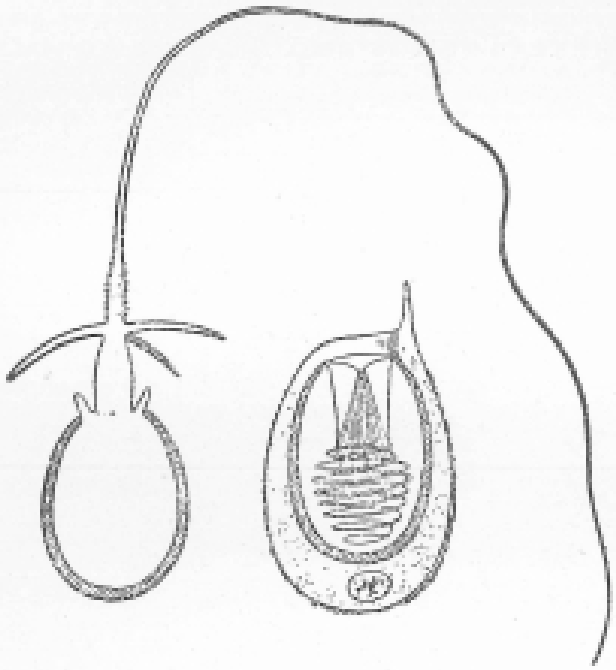
lecz są to tylko zjawiska wyjątkowe. Z reguły owe narzędzia łowieckie reprezentują pewne części ciała zwierzęcia, zapomocą których może ono chwytać zdobycz, zabijać ją i wkładać sobie do paszczy. Różnorodność tych narządów jest olbrzymia, a stopień doskonałości w dostosowaniu do swoistego rodzaju zdobyczy — niekiedy zadziwiający.

Z początku zwróćmy uwagę na narządy funkcjonujące na podobieństwo ludzkiego oręża — strzał, włóczni, oszczepów. Bystry obserwator nieraz zapewne widział przypadkowo na roślinach podwodnych drobne istoty, centymetrowej długości, które oznaczamy mianem stułbij. Zabierzmy je do domu i obejrzyjmy pod mikroskopem! Oczom naszym ukaże się wydłużone, woreczkowate ciało stułbji, przyczepione jednym końcem do wodorostu i posiadające otwór ustny na wolnym końcu. Dokoła otworu ustnego wyrasta pewna ilość długich, nitkowatych tworów, zwisających jak malownicze gałęzie płaczącej wierzby. Do nici owych podpływa oto malutki skorupiak wodny i ociera się o jedną z nich; raptem następuje gwałtowny skurcz chwytnej nici i skorupiak zwisa bezwładnie, przyczepiony do niej. Cóż to się stało? Mikroskop zdradza, że skóra na czułkach zawiera liczne drobniutkie jasne pęcherzyki, zawierające wewnątrz skręconą niteczkę (Rys. 85). Gdy tylko skorupiak podrażni czułek, w mgnieniu oka pęcherzyki eksplodują i wyrzucają z dużą siłą owe niteczki, przebijające skórę skorupiaka na podobieństwo strzał. Niteczka taka w rzeczywistości jest cieniutką rureczką, a pęcherzyk



Rys. 84. Przekrój lejka mrówkolwa.

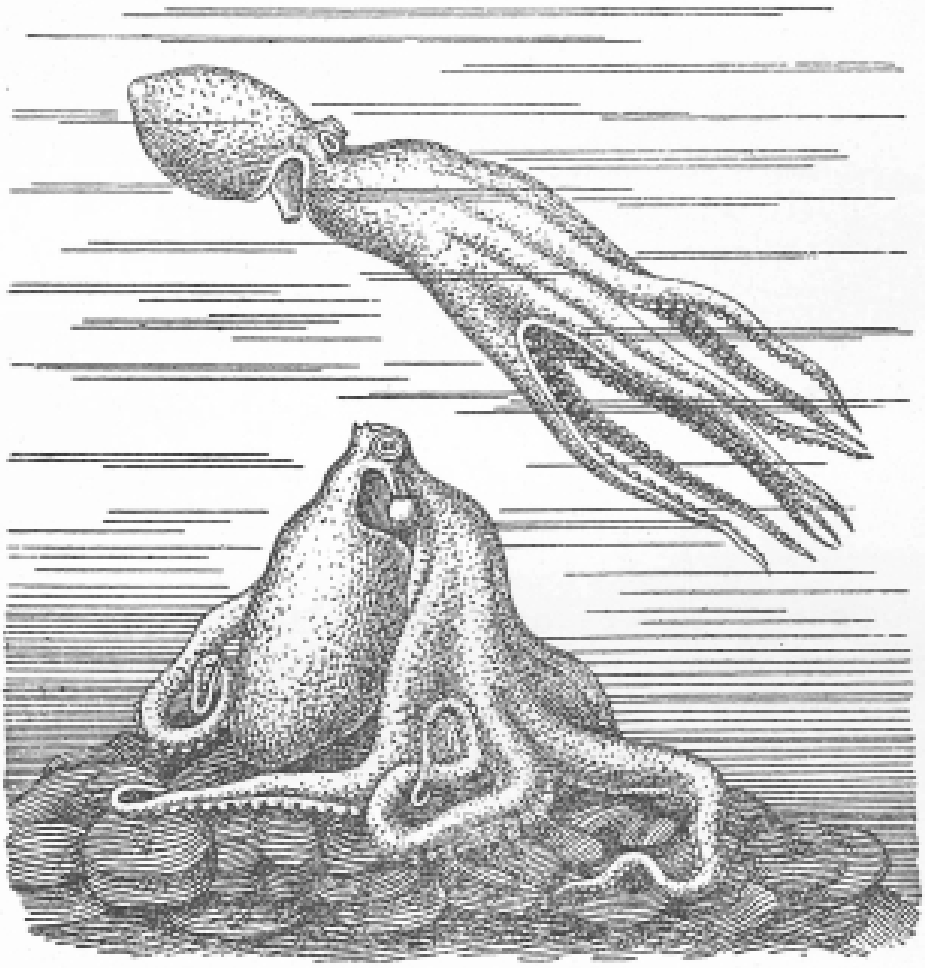
wypełnia jad, spływający przez ową rurkę do ciała zdobyczy i paraliżujący ją; gdy cel ten zostanie osiągnięty, czułki kurczą się przy pomocy mięśni, umieszczonych w ich wnętrzu, i przenoszą skorupiaka do otworu ustnego.



Rys. 85. Parzydełko stułbji, na prawo w stanie spokoju, na lewo wyrzucone.

Ramiona chwytne, które chwytają zdobycz i wtykają ją do gęby, cieszą się w świecie zwierzęcym wielką popularnością i w pewnych warunkach mogą stanowić niebezpieczny oręż. Któż nie słyszał strasznych opowieści o morskich polipach, których ramiona wciągały w otchłanie całe łodzie wraz z załogą? Oczywiście, opowieści takie należą do kategorji tej samej, co i sławny wąż morski. Lecz genezę tych bajek łatwo pojąć, jeśli się choć raz miało okazję obserwować jednego z większych przedstawicieli tej grupy zwierząt. Nie mamy tu na myśli tych olbrzymów z pomiędzy głowonogów, których żywcem nie widział jeszcze żaden człowiek, a których trupy wyrzucają niekiedy na brzeg fale morskie; ich grube, jak pień drzewa, wielometrowe macki wzbudzają respekt nawet w muzeach. Wystarczą jednak ich skromniejsi kuzyni, których można oglądać w akwarjach morskich (Rys. 86); oto kryją się one po kątach, obrzydliwe stwory, o złośliwem spojrzeniu wielkich oczu; możemy jednak bezkarnie obserwować ich długie ramiona chwytne, pokryte guzikowatemi brodawkami, przyssawkami, któremi mogą się

przyczepiać z niezwykłą siłą do przedmiotów otoczenia, dzięki specjalnym mięśniom. Wszystko, cokolwiek uda się im schwytać, niełatwo wypuszczają ze swych objęć, kierując żywą zdobycz do żarłocznej gęby. W ten sposób ramiona chwytne, które oczywiście pod względem anato-



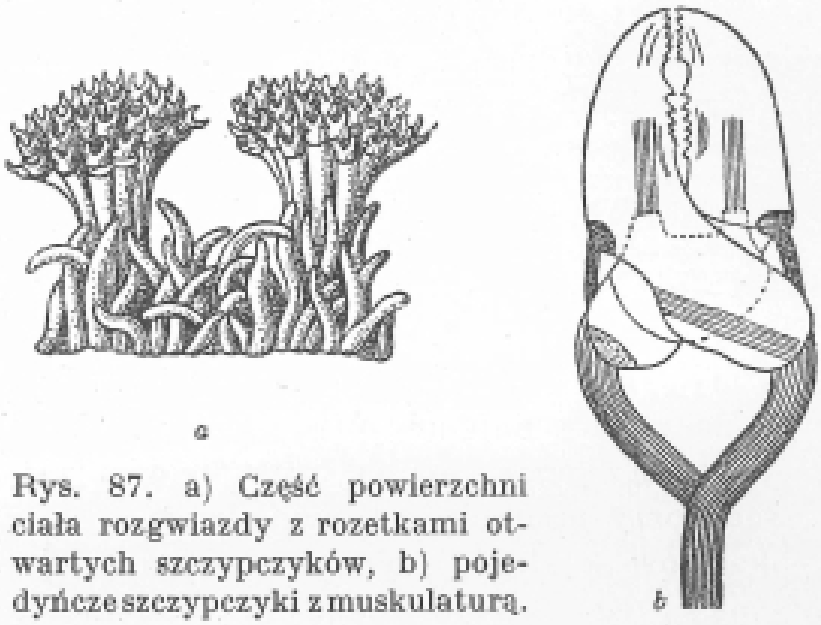
Rys. 86. Ośmiornice.

micznym nie mają nic wspólnego z naszemi ramionami, służą do chwytania zdobyczy i jednocześnie pełnią rolę przyborów do jedzenia. Fakt ten prawdopodobnie znajdzie wielkie uznanie u dzieci, które przeważnie nie mogą zrozumieć, dlaczego przy jedzeniu nie można używać rąk. I rzeczywiście trudno to im wytłumaczyć; niewiele stuleci upłynęło przecież od czasów, gdy zarówno królowie,

jak żebracy posługiwali się przy jedzeniu owemi naturalnemi sztućcami. Po dziś dzień istnieją też plemiona, bynajmniej nie „dzikie“, które nie znają żadnych innych przyrządów, prócz własnych palców. Z przyjemnością przypominam sobie pewną malajską ucztę, przy której asystowałem w charakterze honorowego gościa. Stół biesiadny nakryty był na ziemi, a za talerze służyły potężne liście drzew z pobliskiej puszczy. Potrawy podawano na liściach różnego kształtu, dla każdego gościa osobno, przyczem głównem daniem był ryż, przygotowany w kształcie głów cukru, nakrytych z góry małą pokrywką. Biesiadnicy płci męskiej siedli w kucki w dwa szeregi przed temi wspaniałościami, kobiety zaś umieściły się ztyłu, gdyż mimo że przygotowywały ucztę, obyczaj pozwalał im jedynie przypatrywać się biesiadzie. Następnie pewien starzec, którego żółty turban oznaczał pątnika do świętej Mekki, rozpoczął śpiewać nieskończenie długą modlitwę; przy określonem słowie wszyscy goście pozdejmowali pokrywki z ryżowych stożków i szybkim ruchem zgarnęli dłonią garść ryżu, wpychając go sobie do ust. Pochłanianie olbrzymich porcyj jedzenia przy pomocy obu rąk odbywało się odtąd w piorunującem tempie w głębokiem milczeniu i wkrótce uczta została zakończona.

Właściwie mówiąc, nie miałem zamiaru mówić o ludziach posługujących się przy jedzeniu palcami, lecz o zwierzętach, używających sztućców, jeśli się tak można wyrazić, jakkolwiek przyrządy te stanowią część ich własnego ciała. Przyrządy te przypominają najstarsze i najbardziej apetyczne z pomiędzy używanych przez ludzi, mianowicie popularne pałeczki Chińczyków; dwie drewniane pałeczki zostają w ten sposób wprawione w ruch mięśniami dłoni, że działają na podobieństwo obcążków lub szczypczyków; mogę przytem zapewnić czytelników, że nie istnieje żaden równie przyjemny i higjeniczny przyrząd do jedzenia. Tego rodzaju szczypcami o dwóch (lub więcej) ruchomych członach posługują się przy pobieraniu

pokarmu rozgwiazdy i jeżowce morskie, znane zresztą każdemu, kto spędzał wakacje nad morzem. Ciało jeżowców pokryte jest swoistemi tworami dwojakiego rodzaju, oprócz licznych kolców, które zjednały im nazwę; jedne z nich są to delikatne woreczki, zwane nóżkami ambulakralnemi. Podobnie jak przyssawki ośmiornic, mogą się one przyczepiać do przedmiotów otoczenia



Rys. 87. a) Część powierzchni ciała rozgwiazdy z rozetkami otwartych szczypczyków, b) pojedyńcze szczypczyki z muskulaturą.

wskutek działania specjalnych mięśni. Inne zaś, których liczba również mierzy się na setki, są to szczypce, które można porównać do owych drewnianych pałeczek chińskich (Rys. 87). Gdy do jeżowca zbliży się zdobycz w postaci robaka, skorupiaka lub nawet ryby, drobne szczypczyki zaciskają się a nóżki ambulakralne przyczepiają mocno do ciała ofiary. Następnie zdobycz zostaje przesunięta do gęby zapomocą szczypczyków, które podają sobie kolejno ofiarę tak, jak podczas pożaru szereg ludzi podaje sobie z rąk do rąk wiadra z wodą. Przy tej okazji należy zaznaczyć, że rozgwiazdy podkreślają swe światowe obyczaje, nietylko używając owych sztućców; posiadają one również wyszukane gusta, mianowicie bardzo lubią ostrygi.

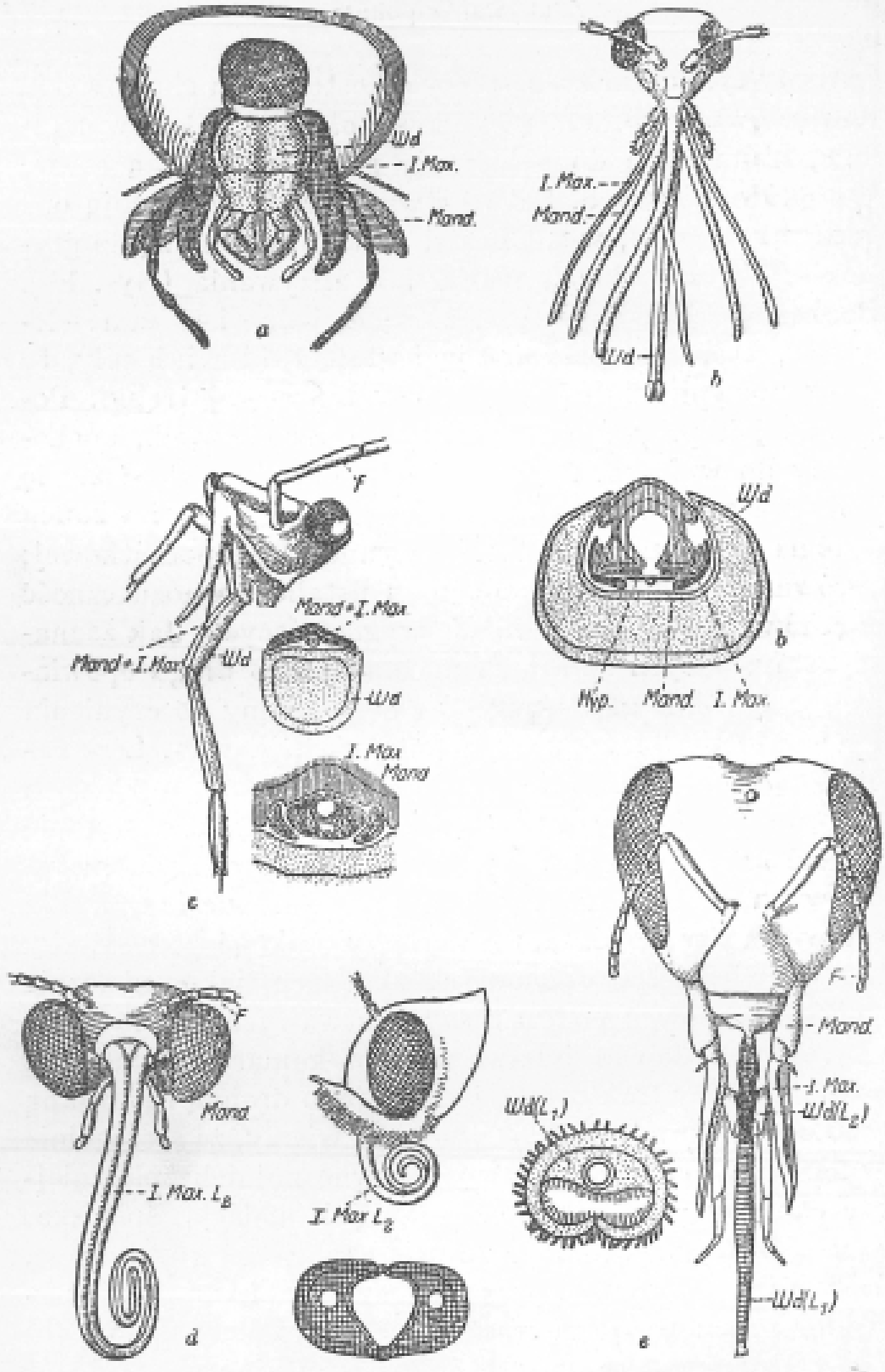
Za klucze do otwierania muszli tych mięczaków służą im również owe nóżki, które przyczepiają się do obydwóch skorupek muszli i rozciągają je aż do skutku. Lecz w jaki sposób rozgwiazda może połknąć ostrygę lub rybę, która jest często większa od niej? Bardzo prosto: potrafi ona jeść, nie połykając! Ponieważ wielka zwierzyna nie może przejść przez drobny stosunkowo otwór ustny, rozgwiazda wypukla przezeń nazewnątrz żołądek, niejako wypluwa go na swą ofiarę, która zostaje w nim formalnie uwikłana. Proces trawienia odbywa się przytem zewnątrz ciała rozgwiazdy, a gdy jest zakończony, żołądek wraca na dawne miejsce!

3.

Słowa te pisałem w Ameryce, gdzie ostrygi stały się prawie narodowem daniem. Nic więc dziwnego, że przychodzi na myśl inna namiętność Amerykanów, mianowicie sączenie chłodzących napojów przez słomki. Istnieje też długi szereg form zwierzęcych, u których rozwinęły się takie trąbki ssące przy aparacie gębowym, służące do pobierania pokarmów w stanie płynnym. Najbardziej rozpowszechnione są tego rodzaju narządy w państwie owadów, jak się o tem z pewnością każdy z czytelników przekonał, mając do czynienia z komarami, wszami lub pluskwami. Lecz nietylko te krwiożercze istoty posługują się takiemi rurkami, czynią to i mszyce, wysysające soki z roślin, i motyle, łasujące nektar z kwiatów. Jeśli zadamy sobie trudu bliższego zapoznania się z owemi rurkami ssącemi, natkniemy się na interesujące kwestje z zakresu wielokrotnie wspomnianych przystosowań. Możemy mianowicie dowiedzieć się o motylach, których nieprawdopodobnie długie trąbki dokładnie pasują do długich rurek kwiatowych określonych roślin; że owady ssące krew, prócz trąbek, posiadają piłki i świdry, służące do przebijania skór ofiary. Wszystkie te narządy pobierania pokarmu możemy rozpatrywać z punktu widzenia, dzięki któremu posły-

szeliśmy tyle ciekawych rzeczy o kosteczkach słuchowych. A więc owady posiadają na głowie określoną ilość wyrostków, które służą do pobierania pokarmu i noszą nazwę narządów gębowych. Łatwo stwierdzić, że wyglądają one bardzo rozmaicie, w zależności od tego, czy służą do gryzienia, czy do kłucia, ssania lub zlizywania (Rys. 88). Porównanie jednak poucza, że są to jedne i te same elementy, które raz przybierają kształt świdra lub piły, to znów szczypiec lub języczka czy też ssącej trąbki. Podobnie jak przy sposobności kostek słuchowych, dochodzimy do wniosku, że jeden i ten sam element może się zmieniać w miarę rozwoju świata zwierzęcego i wkońcu brać na się całkiem odmienne czynności od początkowej; porównanie jednak pozwala nam ustalić równoznaczność organów, nieraz bardzo różnie wyglądających. Jak zaznaczyliśmy, o tych sprawach można bardzo długo opowiadać, szczególnie gdy — jak obecnie — mamy do czynienia z narządami służącemi do pobierania pokarmu. Lecz zanadto już przyzwyczailiśmy się zatrzymywać w każdym punkcie drogi, odsłaniającym ładny widok, a nawet nie unikać ścieżek okrężnych; i teraz oto, gdy zaszła mowa o owych drobniutkich, a tak nieraz dokuczliwych dla człowieka stworzeniach, nie możemy uniknąć pokusy, aby nie opowiedzieć o opłakanych skutkach, jakie ubocznie mogą powodować podczas swych krwawych uczt.

Nie tak dawno jeszcze ukłucie komarów, pluskiew, wszy, kleszczy traktowano jedynie jako drobną i niewinną zresztą przykrość. Dzisiaj natomiast wiemy, że szczególnie w krainach podzwrotnikowych pewne najniebezpieczniejsze choroby człowieka i zwierząt, jak malarja, śpiączka, zaraza bydlęca, powoduje ukłucie owadów ssących krew. Wszystkie wymienione choroby są chorobami krwi, powodowanemi przez mikroskopijne istoty ze znanej nam już grupy pierwotniaków, które pasorzytują we krwi i wywołują choroby oraz śmierć przez spustoszenia, jakie w niej szerzą. Gdy owad ssący krew zajęty jest spożywaniem



Rys. 88. Aparat gębowy owadów.

a — gryzący świerszcza; b — kłujący komara: poszczególne części rozłożone, u dołu przekrój poprzeczny całości. Mand. — żuwaczki, I Max. — szczęki I pary, Wd. — warga dolna; c — aparat gębowy pluskwiaka z profilu, u dołu przekrój; d — ssący aparat motyla, na lewo trąbka rozprostowana, u dołu przekrój. Mand. — żuwaczki, I Max. — szczęki I pary, Wd — warga dolna; e — liżący aparat pszczoły, obok przekrój wargi dolnej. Mand. — żuwaczki, I Max. — szczęki I pary, Wd — warga dolna.

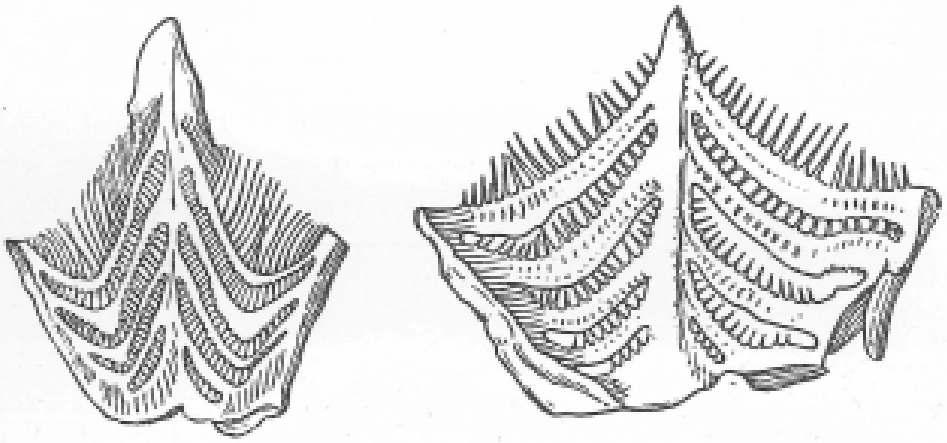
swego obiadu na człowieku lub zwierzęciu, którego krew zawiera owe pierwotniaki, trafiają one razem z nią do przewodu pokarmowego ssącego owada; nie ulegają jednak strawieniu, a po przejściu pewnych przekształceń dostają się do ścian jelita. Tutaj, jako też i w innych częściach ciała owada, przechodzą skomplikowane stadja rozwojowe, w rezultacie których powstają z jednego pasorzyta tysiące zarodków, które wkońcu dostają się do ssącej trąbki gospodarza. Jeśli owad taki ukłuje zdrowego człowieka lub zwierzę, wraz z kropelką jadu wydzielanego do ranki dostają się do jego krwi zarodki pasorzyta i osobnik zostaje zarażony. Jak widzimy, te naturalne trąbki ssące są daleko mniej niewinne, niżby to wynikało z porównania ze słomką do chłodzących napojów; na szczęście uczeni prędzej lub później wywiedzą się o wszystkiem i wskażą umęczonym ludziom sposoby obrony przed niewidzialnym wrogiem.

4.

W którymś z odległych krajów — nie mogę sobie dokładnie przypomnieć, w którym — spotkałem pewnego razu ubogich rybaków, którzy stojąc w łożysku rzeki przesiewali przez wielkie sita piasek, zaczerpnięty z dna, by na sieci znaleźć jakiego robaka lub jadalnego mięczaka. Wyłącznie do tego mozolnego sposobu zdobywania pokarmu przywiązane są całe grupy zwierząt, które jednak w pewnych wypadkach doprowadziły do zdumiewającego poziomu doskonałość narządów, służących do cedzenia wody. Pomiędzy prymitywnymi mieszkańcami morza, których czytelnicy zapewne nigdy nie będą mogli oglądać, ani nawet zidentyfikować jako zwierzęta, istnieje wiele gatunków przyrośniętych do dna morskiego i całemi dniami nieustannie pompujących wodę przez sita, na których osiadają przytem drobniutkie stworzenia. Oczywiście, o tych dziwacznych istotach można opowiadać wszelkie cuda! Daleko bardziej nieoczekiwana jest wiadomość,

że i liczne gatunki ryb zdobywają pokarm w ten sam sposób; co więcej, należą tu i największe z pośród żyjących ssaków, pewne gatunki wielorybów.

Pływający w wodzie karp nieustannie otwiera i zamyka pyszczek, połykając przytem wodę. Poco to czyni — dowiemy się za chwilę. Woda z gęby dostaje się do skrzel, gdzie oddaje rozpuszczony w niej tlen i przez otwory skrzelowe wypływa nazewnątrz. Lecz napozór czysta i przezroczysta woda stawów i jezior zawiera nieprzejrzane ilości



Rys. 89. Filtr skrzelowy ryby.

drobniutkich i przezroczystych jak szkło istotek, które unoszą się biernie na fali, a należą w ogromnej większości do skorupiaków i pewnych mikroskopijnych roślin. Z każdym haustem wody karp połyka kilka tych istot; gdy następnie woda przepływa przez skrzela, przenika przez szpary w ścianie gardzieli do miękkich, obficie zaopatrzonych w naczynia krwionośne wyrostków skrzelowych, znajdujących się pod okrywą skrzelową (ogląda je każda dobra gospodyni, by się przekonać po ich kolorze, czy ryba jest świeża). Szczeliny owe u ryb, których głównem pożywieniem są wspomniane wyżej drobne istoty, noszące wspólną nazwę planktonu, są zaopatrzone w kolce i wyrostki, tworzące rodzaj kraty (Rys. 89), przez którą oczywiście przechodzi woda, ale która zatrzymuje drobne

skorupiaki; zostają one następnie połknięte. Specjalista potrafi nawet określić rodzaj pożywienia danego gatunku ryb jedynie na zasadzie budowy owego filtra. Najpotężniejsze jednak sito, używane w przyrodzie ożywionej, znajduje się w paszczy pewnych gatunków wielorybów. W każdem muzeum zoologicznem można podziwiać szkielet wieloryba, przyczem zwracają w nim szczególną uwagę — prócz, oczywiście, rozmiarów całości — kolosalne szczęki. Każdy, komu tylko powiodło się widzieć takiego olbrzyma na swobodzie, wie, że szczękom odpowiada potężna paszcza, prawie tej samej wielkości, co i pozostała część zwierzęcia. Z bezzębnej szczęki górnej wyrastają — w muzealnych okazach zwykle brakujące — gęste skupienia tworów, zwanych w handlu fiszbinami, podobne nieco do ścian z chróstu, po których ścieka w salinach słona woda. Wieloryb towarzyszy zwykle stadom drobnych rybek i pływających wolno mięczaków, które masami dostają się z wodą do paszczy zwierzęcia; tutaj zostają one dokładnie odcedzone na sicie fiszbinowem, przepuszczającem wodę. Jest to, jak widzimy, idealne urządzenie, które pozwala olbrzymowi żyć kosztem drobnych ślimaków.

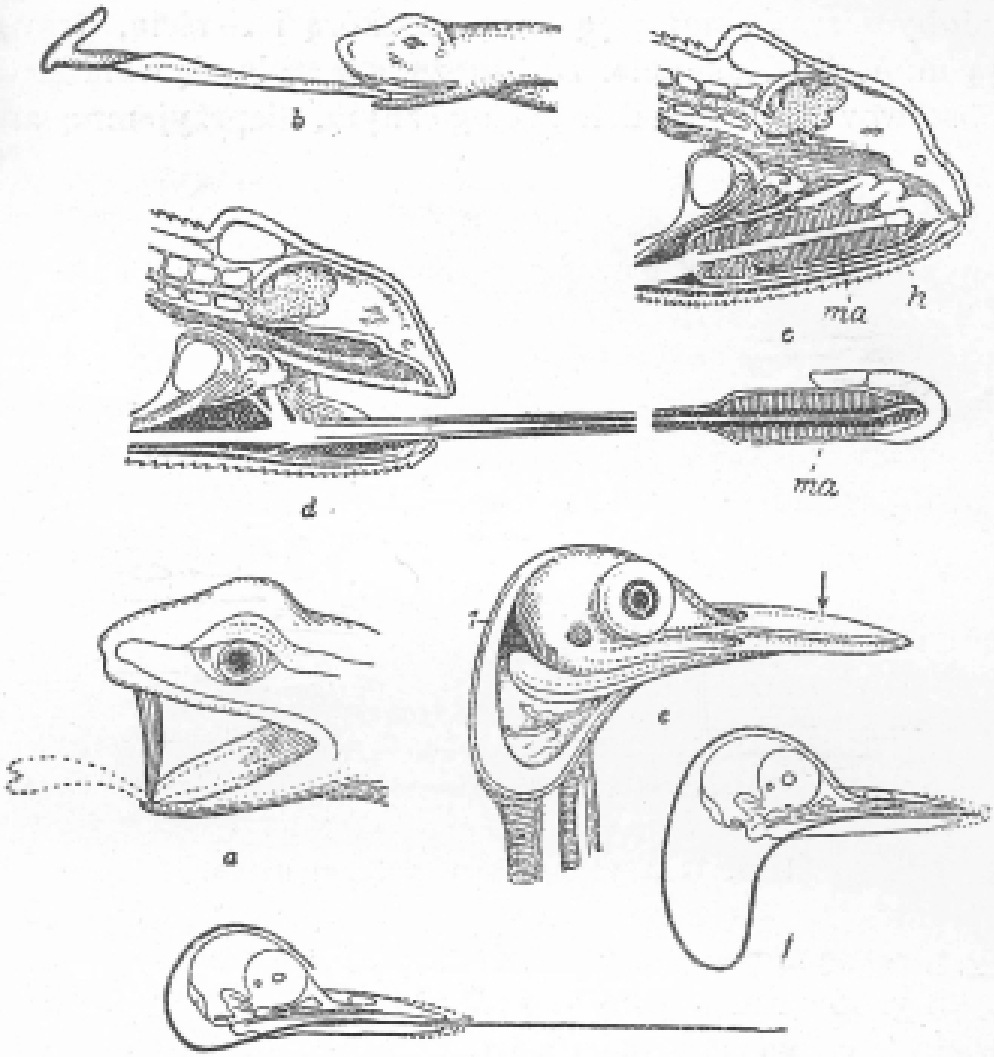
Szczególna rzecz, jak w przyrodzie urzeczywistnione jest wszystko, co się tylko da pomyśleć: istnieją bowiem zarówno zwierzęta przepuszczające wodę przez wspaniałe aparaty, by skrzętnie odcedzić pożywne części środowiska, jak też i takie, które zachowują się wręcz przeciwnie, mianowicie pożerają wszystko bez wyboru i dopiero na ich przewód pokarmowy spada zadanie wybrania użytecznych części z pobranej masy. Jeśli dla lepszego porównania przypomnimy sobie ową górę z ryżu z bajki dla dzieci, dla zwierząt należących do drugiej kategorji składałaby się ona nie z czystego ryżu, lecz z ziemi, do której zrzadka zostały domieszane ziarnka ryżowe. Odżywianie się taką ziemią nie byłoby oczywiście zbyt frapujące. Istnieje jednak dość duża ilość form, żyjących zarówno w piasku dna morskiego, jak też i w ziemi, które przynajmniej

część — i to większą — pożywienia zdobywają w powyższy sposób. Pożerają one ziemię i piasek, ryjąc się w nim, a ich jelita trawią przytem wszystko, cokolwiek pożywnego znajdzie się pomiędzy ziarnkami piasku, wydalając resztę nazewnątrz. Do tych zwierząt należy też powszechnie znana dżdżownica, pożerająca zresztą również przegniłe liście i inne przysmaki; prócz tego połyka ona podczas rycia podziemnych korytarzy duże ilości ziemi, która przechodzi przez jej przewód pokarmowy, wchłaniający oczywiście wszystkie pożywne cząstki. Czynność ta jest niezwykle pożyteczna nawet z ludzkiego, egoistycznego punktu widzenia, ponieważ masy dżdżownic, żyjące w pulchnej ziemi uprawnej, przepuszczają przez swe jelita ogromne ilości gleby. Ziemia ta przesycona zostaje wydalinami robaków, które ją użyźniają, i w ten sposób pogardzane robaki pomagają rolnikom; można bezpośrednio stwierdzić, że gleba zamieszkała przez glisty jest daleko bardziej urodzajna niż pozbawiona ich.

Jak zaznaczyliśmy, urządzenia do zdobywania i przyjmowania pokarmu w świecie zwierzęcym są niewyczerpane w swej różnorodności i każdy, kto tylko nie jest niepoprawnym mieszczuchem, zna ich daleko więcej, niż wymieniliśmy. Czytelnik taki zapewne obserwował, jak żaba wyrzuca język z paszczy, by złapać muchę, siedzącą opodal, dzięcioła wydobywającego z dziury w drzewie żuka zapomocą języka, którego używa jak piki; a być może widział i kameleona, gdy, siedząc w terarjum, godzi w muchę długim językiem w kształcie stempla, wyrzucając go z paszczy na pokaźną odległość (Rys. 90). Kto tego nie widział — niech się sam postara o okazję, a mnie proszę pozwolić opowiedzieć o pewnej sprawie, tyczącej się pobierania pokarmu, mianowicie o przygotowaniach do trawienia.

Wiemy już, że podczas trawienia chodzi o to, by dane substancje przeprowadzić, działaniem soków trawiennych, w związki rozpuszczalne. Oczywista, że będzie to znacznie

ułatwione, jeśli pokarm zostanie rozkawałkowany, tak by soki owe miały doń wszechstronny dostęp; przecież i chemik, chcąc zanalizować skład skały, rozciera w moździe-

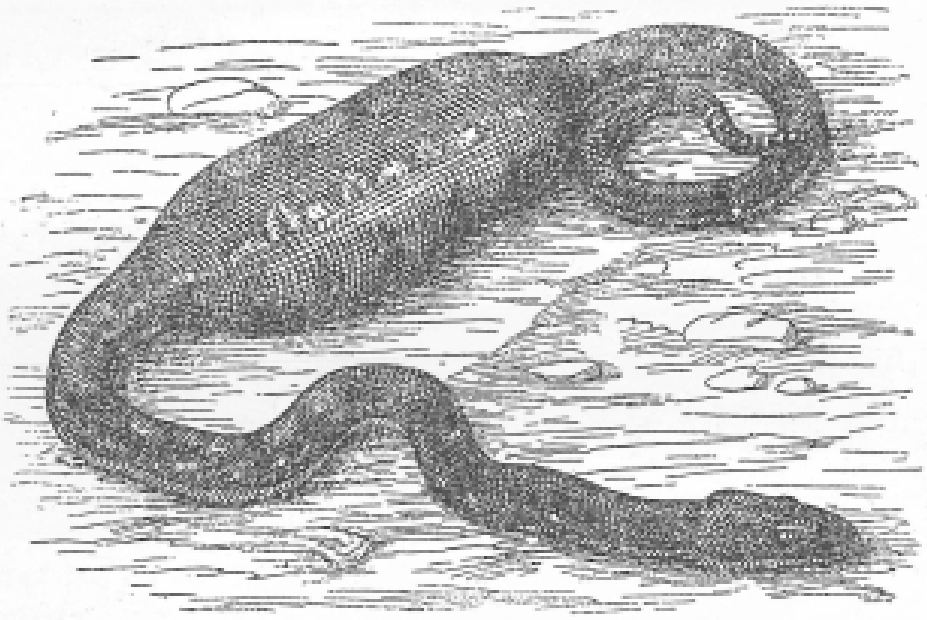


Rys. 90. Języki wyrzucane nazewnątrz:

a — żaby; b — aksolotla; c — przekrój przez głowę kameleona z językiem w położeniu normalnem. h — chrząstka, ma — mięśnie; d — to samo, język wyrzucony nazewnątrz, zaznaczony częściowo; — głowa dzięcioła z kością językową l, okręconą dokoła czaszki, z językiem w położeniu normalnem i wyrzuconym nazewnątrz.

rzu kawałek jej na proszek. Pozatem najpożywniejsze części są zwykle otoczone niestrawnemi skorupami, skórą, włosami, błonami roślinnemi; dopiero gdy zostaną one połamane i zniszczone, enzymy trawienne zyskują łatwy dostęp do strawnych, pożywnych części. Urządzenia słu-

żące do tego celu są najrozmaitsze; oczywiście istnieją tylko tam, gdzie są potrzebne, bowiem zwierzęta np. ssące krew innych, nie potrzebują ich. Lecz i takie, które połykają ogromne kęsy i posiadają tak dobre żołądki, że zdobycz swoją pożerają wraz ze skórą i sierścią, trawią ją mimo to doskonale. Być może, zdarzyło się wam kiedy obserwować w ogrodzie zoologicznym, nieprzyjemną zre-



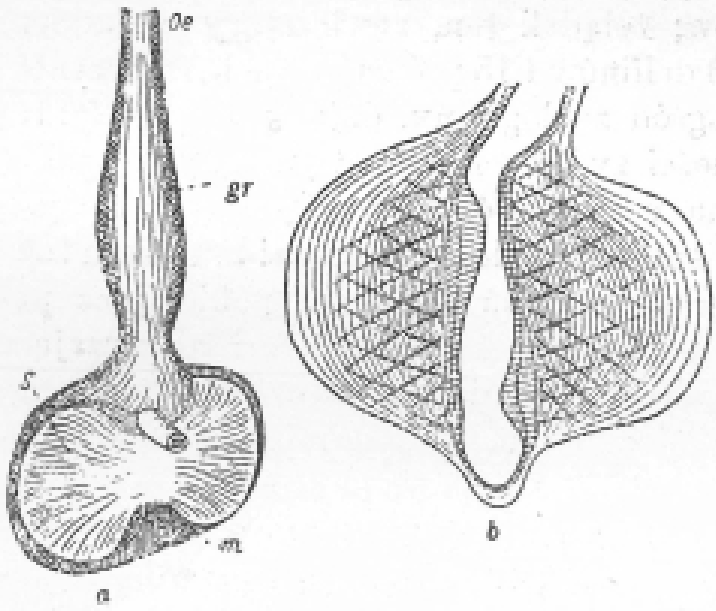
Rys. 91. Pyton, który połknął dzika.

sztą, scenę karmienia węża. Olbrzymie gatunki egzotyczne tych gadów rzucają się na króliki lub nawet koźlęta, dużo większe od własnej głowy, i połykają je mimo to, rozwierając zdawałoby się do niemożliwości szczęki, elastyczne jak guma; widać następnie, jak połknięta ofiara stopniowo zostaje przesuwana ku tyłowi. Jeszcze po upływie kilku tygodni widać wyraźne nabrzmienie na ciele gada, które zanika dopiero po dłuższym czasie, wraz z postępującym procesem gruntownego strawienia zdobyczy (Rys. 91). W ten sam prawie sposób połyka sowa ptaszki i myszy, żaba-byk małe żabki, rekin swoje ofiary. Pewne rozgwiazdy, żywiące się małżami, trawiąc ich przytem zewnątrz

ciała, jak o tem wspominaliśmy, nieraz są tak napakowane muszlami, że podczas sekcji zamiast przewodu pokarmowego mamy przed sobą bogatą kolekcję konchyljologiczną. W trakcie pisania niniejszych słów otrzymałem zeszyt pewnego czasopisma naukowego, w którem znajdowała się wzmianka o rezultatach sekcji żołądka pewnego gatunku wieloryba drapieżcy, spokrewnionego jednak z niewinnymi łowcami ślimaków; żołądek ten, zawierający w całkiem świeżym stanie 13 delfinów i 15 psów morskich, reprezentował niepośledni ogród zoologiczny, dając pojęcie o fantastycznej żarłoczności zwierzęcia. Nie wydałaby się zaiste nieprawdopodobną wiadomość, pokutująca w ludowych gadkach, o znalezieniu w nim łodzi z załogą! Żarłokom tego rodzaju można przeciwstawić zwierzęta pobierające pokarm nietylko w niewielkich kęskach, lecz i rozgryzające go na małe kawałeczki. Istnieją prawdziwe młyny do mielenia ziarn; kamieniami młyńskiemi, rozcierającemi pokarm, są zęby zwierząt ziarnojadów, zaopatrzone w płaskie powierzchnie o twardych listewkach, umożliwiające dokładne zmiażdżenie ziarna. Lecz istnieją i prawdziwe kamienie młyńskie. Każda gospodyni wie, że żołądek ptaków ziarnojadów napełniony jest kamykami; żołądek ten nie spełnia funkcji trawiennej, lecz rolę żarna, zastępującego nieistniejące zęby. Ściany żołądka opatrzone są silnemi mięśniami i skurcze ich powodują tarcie o siebie kamyków, połkniętych przez ptaka (Rys. 92). O sprawności tych żaren może dać wyobrażenie fakt, że kulki szklane w żołądku ptaków zostają roztarte na proszek, a żelazne rurki — spłaszczone. Inne zwierzęta posiadają daleko bardziej precyzyjne instrumenty od owych młynków do mielenia ziarna. Ślimaki posiadają w gębie delikatnie zazębioną tarkę, zapomocą której trą liście roślin. Lecz dość już tych przykładów, wybranych z niezmiernej obfitości narządów, których zadaniem jest tylko przygotować pokarm do strawienia.

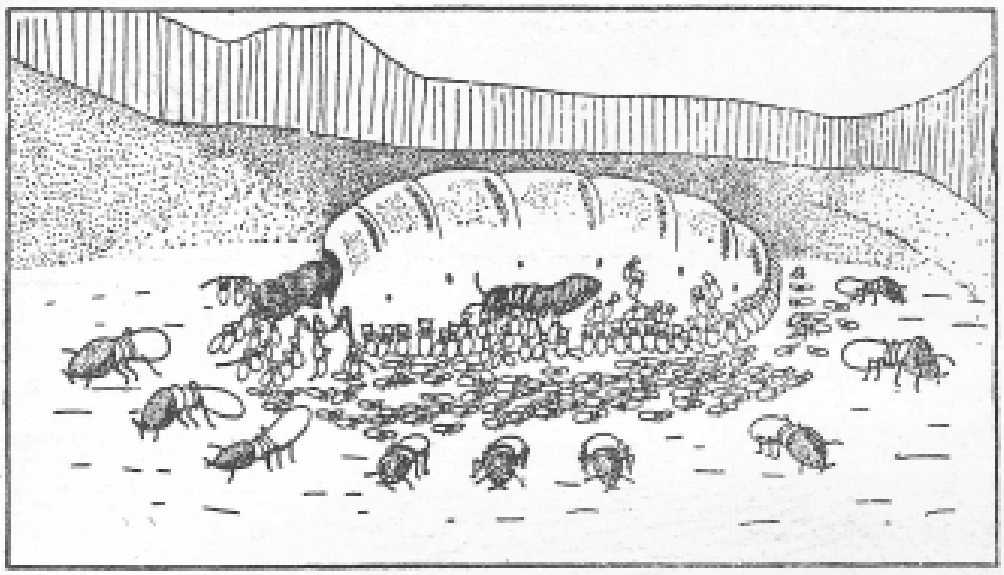
5.

Wciąż jednak nie możemy się zdecydować strawić wreszcie połknięty kęsek, gdyż szkoda byłoby zakończyć rozdział o zdobywaniu pokarmu, nie mówiąc ani słowa o gospodarce żywnościowej owadów, żyjących społecznie. Bowiem jeśli tylko zaczniemy rozglądać się za stosunkami, porównywalnemi choć w pewnym stopniu z ludzkiemi urządzeniami, zawsze natkniemy się na te istoty, na mrówki, pszczoły, termity. Każdy słyszał o nich wiele — a nieraz jeszcze więcej myślał! A więc słyszeliście zapewne o rozmaitych stanach: o robotnicach, żołnierzach, o królowej i królu oraz ich znaczeniu w sześcionogiem społeczeństwie. Przedewszystkiem robotnice, wznoszące budowle, wychowujące potomstwo, zdobywające pożywienie; jedząc spełniają one społeczną funkcję, gdyż jeśli trafił się robotnicy smaczny kęsek, dzieli się nim z rodzeństwem, z młodemi w gnieździe, z królową. Brzmi to dość szczególnie, że najpierw się je, a dopiero później dzieli, lecz istotnie nie możemy tego cofnąć. Owady te bowiem posiadają dwa żołądki, oddzielone jeden od drugiego: jeden jest społeczny, drugi prywatny. Gdy zbierają miód, lub jakikolwiek inny pokarm, napełniają do osta-



Rys. 92. a — Żołądek ptaka. Oe — przełyk, m — żołądek mięśniowy, gr — żołądek gruczołowy, b — przekrój przez żołądek mięśniowy; widać grubość jego ścian.

tecznych granic żołądek społeczny, przyczem ani jedna kropelka nie trafia do prywatnego, i oddają pożywienie na usługi współobywateli, wymiotując go nazewnątrz. Pszczoły czynią to do plastrów, gromadząc zapasy, mrówki zaś postępują w ten sposób na żądanie głodnej towarzyszki. Podobnie też postępują termity, zachowując ogromne

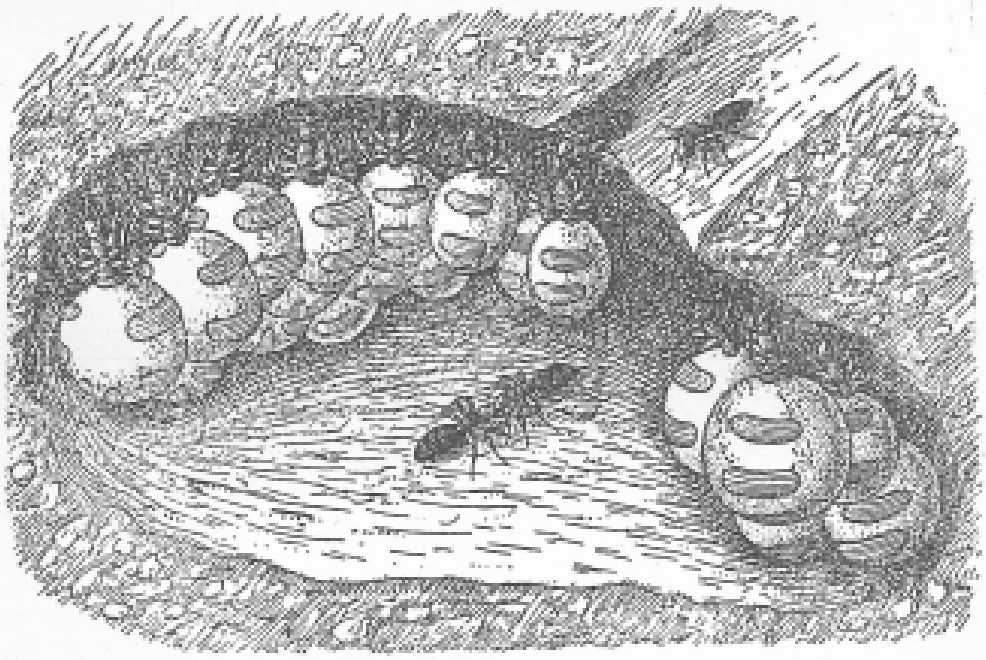


Rys. 93. Królowa termitów w swej komorze, pielęgnowana przez robotnice i strzeżona przez żołnierzy.

porcje dla królowej (Rys. 93); z królową dzieją się u nich wogóle szczególne rzeczy; jej odwłok jest tak rozdęty olbrzymią ilością jajeczek, że dochodzi do wielkości palca, a cała przednia część ciała wygląda przy nim jak drobny dodatek. Niedołężna ta istota leży w zamurowanej komnacie wewnątrz wielkiej budowli termitów, do której prowadzą tylko wąziutkie otworki, i pędzi życie dożywotniego więźnia. Robotnice przychodzą i wychodzą z komnaty, czyszczą królową, karmią ją i wynoszą jaja, które matka rodu bezustannie produkuje.

Magazynowanie pokarmu w społecznym żołądku doprowadziło do nieco humorystycznego urządzenia u pewnych gatunków mrówek. Niektóre osobniki bowiem prze-

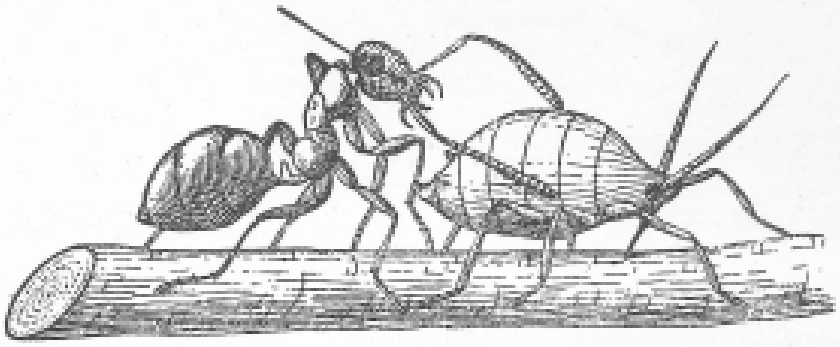
kształciły się na prawdziwe żywe składy (Rys. 94). Robotnice formalnie napychają pokarmem ich niesłychanie rozciągliwy żołądek społeczny, a nieszczęsne stworzenia czepiają się nóżkami sklepienia mieszkalnych komór i pełnią rolę dzbanów z pożywieniem, dostępnem dla wszystkich przechodniów, rozdzielających go następnie na po-



Rys. 94. Sklepienie w gnieździe mrówek miodowych z wiszącemi „dzbanami" — mrówkami o rozdętych odwłokach.

trzeby ogólne. Niemniej interesujące jest dowiedzieć się, skąd pochodzi większa część zmagazynowanego w ten sposób pożywienia mrówek. Dużo już pisano o ogrodnictwie i hodowli bydła pracowitych sześcionogów. Oczywiście nie należy tego brać zbyt dosłownie i sądzić, że mrówki rozumują i postępują jak ludzie; są to tylko porównania, zaczerpnięte z codziennego życia, zapomocą których opisujemy pewne zjawiska, ponieważ nie możemy zdobyć żadnych pewnych wiadomości o życiu psychicznem mrówek. A więc ich ulubionem pożywieniem jest wydzielina mszyc, którą te wydzielają z odbytu; być może, znana ona

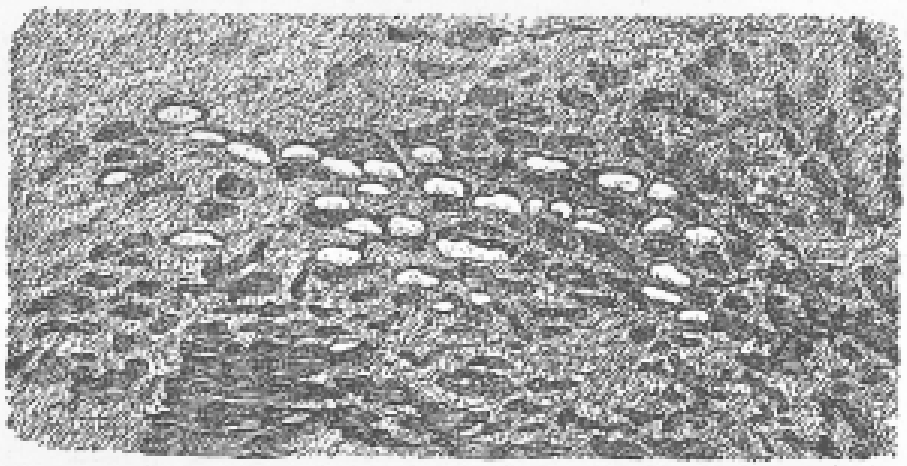
jest niejednemu z czytelników, który leżał pod drzewem owocowem w lato, szczególnie obfitujące w mszyce, i zauważył drobniutki deszczyk, padający nań z drzewa. Płyn ów jest zasobny w cukier, gdyż mszyce niedokładnie trawią nadmiar pożywienia; z tego powodu jest on przysmakiem dla mrówek. Odwiedzają one regularnie mszyce i głaszczą je czułkami, w odpowiedzi na co mszyca powoli wypuszcza z odbytu kropelkę cieczy (nie wypryskuje ją, jak to czyni normalnie), którą mrówka zlizuje (Rys. 95).



Rys. 95. Mrówka „dojąca“ mszycę.

Niektóre mrówki posuwają się w tym kierunku tak daleko, że trzymają w swych podziemnych mrowiskach mszyce występujące na korzeniach roślin, troskliwie je pielęgnują i żyją prawie wyłącznie z „udoju“ tego „bydła“. Na tem polega ich pasterstwo. Niemniej interesujące jest tak zwane ogrodownictwo, któremu oddają się pewne mrówki południowo-amerykańskie i termity z ciepłych krajów, odżywiające się drewnem. W swych budowlach zakładają tak zwane grzędy (Rys. 96); u mrówek są to kupki specjalnie spreparowanych kawałków liści, które ścinają z drzew zapomocą żuwaczek, u termitów zaś masa z rozżutego drewna. Na tych to grzędach, które starannie nawożą własnemi odchodami, rosną strzępki grzybków, na których normalnie powstają ciała owocujące; jednak sześcionożni ogrodnicy nie dopuszczają do tego, obgryzając stale strzępki, wskutek czego grzyb tworzy małe bulwki, słu-

żące za pokarm hodowcom. Czy kto zechce przeprowadzić tu porównanie z czynnościami ludzkiemi, czy też uzna to za niedopuszczalne, sam fakt jest bezsprzecznie zdumiewający.



Rys. 96. Przekrój gniazda termitów z hodowlami grzybków w komorach.

6.

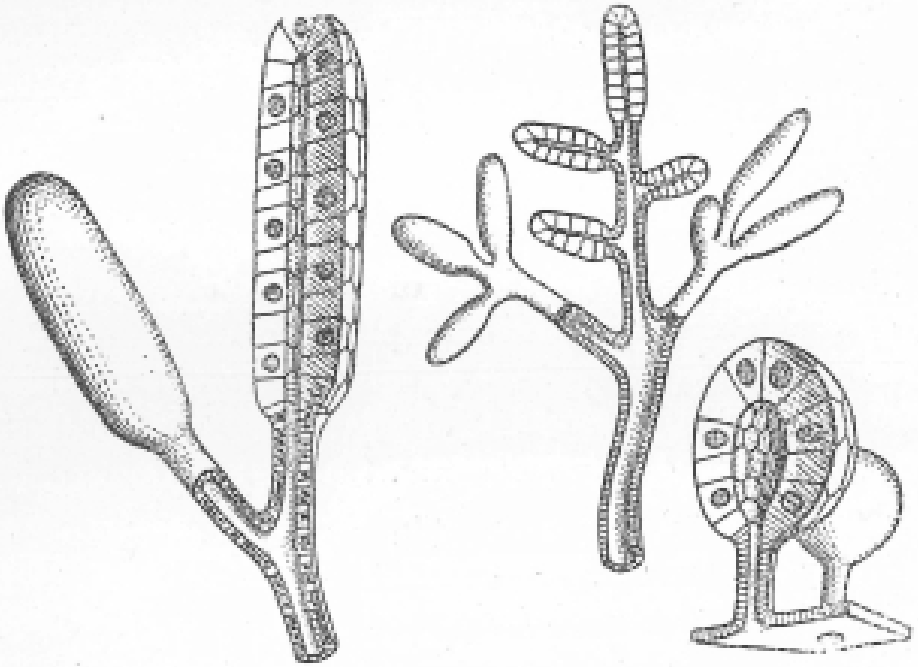
A teraz wreszcie przełknijmy kąsek, który tak długo przeżuwaliśmy, by dowiedzieć się, w jaki sposób zostanie przetrawiony. Wydaje mi się tylko, że jest zbyt suchy i stanie nam w gardle; tylko po dłuższych usiłowaniach, gdy zostanie obficie zwilżony śliną, wędruje dalej. Wydaje się też, że chyba nigdy nie przystąpimy nakoniec do właściwego trawienia, gdyż napotykamy w słowie „ślina“ na coś nowego, na wydzielinę, pierwszą, z którą mamy dotychczas do czynienia. Wiemy z pewnością, jak to „ślinka ciecze do ust“, z własnego doświadczenia; lecz skąd się ona bierze? Jeśli zbadać tę sprawę, okaże się, że w pewnych okolicach jamy ustnej znajdują się ujścia cieniutkich przewodów, wychodzących z dość dużych, miękkich mas, leżących pod językiem, około szczęk oraz w sąsiedztwie ucha; są to gruczoły ślinowe, ślinianki. Gruczołem zaś wogóle nazywamy część ciała, produkującą substancje

potrzebne dla organizmu; jeśli jest to ślina, mówimy wtedy o gruczole ślinowym, jeśli śluz — o śluzowym, soki trawienne wydzielają gruczoły trawienne, pot — gruczoły potowe, substancje wonne, jak naprzykład u śmierdziela — gruczoły wonne, mleko — gruczoły mleczne, wosk — gruczoły woskowe. Są to więc bardzo ważne organy, które rozsiane są po całem ciele i spełniają tysiące ważnych zadań.

Bardzo wiele zwierząt używa wydzielin gruczołów jako najskuteczniejszego środka obrony. Oto w akwarjum morskiem siedzi mątwa, do której przybliżamy siatkę, by ją złowić; w pewnej chwili zwierzę wypuszcza ciemny kłąb specjalnej substancji, sepji, która czyni je niewidzialnem i wytwarzana jest w odpowiednim gruczole. Jeśli wziąć do ręki nieprzyjemną, zieloną pluskwę drzewną lub też pozłocistą szczypawkę, owady te wypuszczają z siebie silnie woniejące substancje, które raz na zawsze odbierają ochotę powtórzyć doświadczenie. Lub też zwróćmy uwagę na kaczkę, która wyłazi z wody na ląd; nie potrzebuje wyczekiwać, aż ją osuszy słońce, gdyż woda spływa natychmiast po piórach, jak z nieprzemakalnego płaszcza. Przyczyna w obydwu wypadkach jest jednakowa; upierzenie kaczki jest powleczone cienką warstewką tłuszczu, wydzielanego przez specjalny gruczoł, znany nam być może z wycieczek do kuchni. Opodal w klatce hodowlanej kręcą się nieprzyjemne gąsienice jedwabnika; skończyły one swój okres larwalny i przystępują do tkania misternego oprzędu z jedwabnych nici, wydzielanych przez odpowiednie gruczoły. Lecz wówczas to zjawia się nienasycenie chciwy człowiek, zabija zręcznych tkaczy, rozplątuje kokon, nawija nić na wrzeciona i wkońcu, zamiast poczwarek motyli, w tkaninę jedwabników ubierają się piękne kobiety.

Lecz dość już o tem. Spotykaliśmy się już ze sto razy z działalnością gruczołów; słyszeliśmy cośniecoś o gruczołach przędnych pająków, o gruczołach wydzielających

substancje skorupowe u mięczaków, o takich, których wydzielina nie dopuszcza do krzepnięcia krwi w przewodzie pokarmowym pijawki, i o wielu innych. Czas więc dowiedzieć się, jak zbudowany jest typowy gruczoł. Odpowiedź z pewnością już nas nie zadziwi; gruczoły zbudowane są z komórek, z komórek gruczołowych, które posiadają zdolność wytwarzania w swem ciele określonej,



Rys. 97. Różne rodzaje gruczołów skórnych, częściowo w przekroju.

specyficznej substancji, jak jedwabiu, śliny, tłuszczu, wydzielając go następnie przez kanaliki wyprowadzające, biegnące pomiędzy komórkami (Rys. 97). Należy dodać, że czynność ich zależy od nerwów, tak samo jak czynność mięśni; przypomnijmy sobie, cośmy się dowiedzieli o nerwach odśrodkowych. One nietylko pobudzają do pracy mięśnie, lecz niektóre z nich — gruczoły. Jeśli chcemy się o tem przekonać na zasadzie doświadczenia, wystarczy określony nerw podrażnić zapomocą prądu elektrycznego, a odpowiedni gruczoł zacznie funkcjonować. Doświadczenie takie można łatwo zaaranżować na sobie samym;

na widok lub na samą myśl o szczególnie smacznych potrawach — ślina idzie do ust. Przyczyną tego zjawiska jest fakt, że już sam widok przysmaków daje w mózgu rozkaz rozpoczęcia czynności nerwom odśrodkowym, biegnącym do gruczołów ślinowych.

Ślinianki owe, doprowadzające wydzielinę do jamy ustnej, znajdują się prawie we wszystkich grupach zwierzęcych, lecz rola ich jest dość rozmaita. U ludzi ślina przedewszystkiem powleka kęsy pożywienia, by łatwiej mogły zostać wyekspedjowane dalej, zmiękcza je i czyni śliskiemi, tylko zaś ubocznie posiada — słabe zresztą — działanie trawiące. U wielu owadów, wznoszących budowle z drzewa lub ziemi, służy jako zaprawa do spajania cząstek budulca. Że jaskółki używają znacznych ilości śliny do budowy gniazd, powszechnie wiadomo; specjalną sławą cieszą się gniazda pewnych wschodnio-azjatyckich jaskółek, budowane całkowicie ze śliny i stanowiące wyszukany przysmak chiński. Są one istotnie całkiem niezłe w smaku. A i dla ludzi ślina jest często najdostępniejszym klejem.

A teraz wreszcie przełknijmy ów kęsek pożywienia, który tak długo trzymaliśmy w ustach i zapewne dokładnie przepoiliśmy śliną.

ROZDZIAŁ ÓSMY

TRAWIENIE, PRZEMIANA MATERJI, WYDALANIE

Jeśli rozejrzymy się w świecie zwierząt i zastanowimy się nieco nad kwestją pokarmu rozmaitych gatunków, dochodzimy do wniosku, że pod tym względem panuje ogromna rozmaitość. Przecież siano, które zjada krowa, krew, którą ssie komar, nektar, który zlizuje pszczoła, sok roślinny, który wysysa mszyca, mięso, które sęp kawałkami wydziera z padliny — wszystko to są różne gatunki pożywienia. Różne? Tak i nie. Gdy chemik zanalizuje składniki wszystkich tych substancyj, stwierdzi, że prawie wszystkie „artykuły spożywcze" zwierząt, a przynajmniej ta ich część, która podlega strawieniu, prócz wody i soli zawiera trzy rodzaje związków chemicznych. Pierwszym są ciała zbudowane z węgla, wodoru i tlenu (przypomnijmy sobie, jak budowaliśmy cząsteczkę cukru z kolorowych klocków) i noszą nazwę cukrów lub skrobi. Oczywiście istnieją najrozmaitsze ich gatunki, jak skrobia ryżowa, kukurydzowa, zwierzęca, cukier trzcinowy, mlekowy, gronowy i inne. Lecz wszystkie zbudowane są z powyższych trzech pierwiastków; ogólnie zwiemy je węglowodanami. Drugim rodzajem substancyj są tłuszcze, których również istnieje wielka rozmaitość, lecz wszystkie posiadają charakterystyczne cechy tłuszczów; i one również składają się z pewnego ugrupowania owych trzech pierwiastków. Trzecim wreszcie rodzajem są białka, biorące nazwę od białka z jaja kurzego, które również występują w niezliczonych gatunkach, lecz mimo to z punktu widzenia chemicznego należą do jednej kategorji. Dla ich składu, prócz węgla, wodoru i tlenu, charakterystyczna jest obecność przeważnie siarki i azotu.

Główne zadanie trawienia polega na takiem przekształ-

ceniu tych trzech ciał, któreby umożliwiło ich przejście z przewodu pokarmowego do wnętrza organizmu, zjawiska niemożliwego, gdy ciała owe są w stanie normalnym. Dla budowania żywego ciała nieodzowne są pierwiastki zawarte w nich, mianowicie tlen, wodór, węgiel, azot, siarka — prócz nich zaś także i inne związki, jak sól kuchenna i wapń, lecz te zwykle są pobierane w stanie rozpuszczonym lub też są łatwo rozpuszczalne, tak że nie wymagają pod tym względem specjalnych zabiegów. Pożywienie zwierząt musi być więc mieszane i zawierać wszystkie trzy rodzaje ciał, przedewszystkiem zaś nie może braknąć białka, zawierającego azot. Pochodzenie zaś białek może być najróżniejsze; zwierzęta roślinożerne znajdują je w ciele komórek roślinnych, mięsożerne — w komórkach zwierzęcych. My, ludzie, otrzymujemy je przeważnie w mięsie, lecz również i w jarzynach, przedewszystkiem w roślinach strączkowych. Często się słyszy, że istnieją ludy, obywające się bez białka. Azjaci na Dalekim Wschodzie mają się odżywiać jedynie ryżem, który składa się głównie ze skrobi, lecz nie jest to ścisłe, gdyż do ryżu, zastępującego chleb, zawsze dodaje się inne danie, zawierające białko, mianowicie rybę. Każdy podróżnik zna odór suszonej ryby, zatruwający powietrze w miastach Wschodu. Dla ludzi o niezbyt wrażliwem powonieniu niema nic ciekawszego, niż snuć się po rynkach tych miast i oglądać stosy wysuszonych na wiór najrozmaitszych morskich zwierząt, wyglądających zresztą, jak na nasze pojęcia, na całkowicie niejadalne. Gdy się zawędruje do okolic bardziej oddalonych od wybrzeża, gdzie świeżych ryb dostać nie można, nieraz obserwuje się, jak owe produkty pokrywają ludzkie zapotrzebowanie białka. Do najbardziej przykrych wspomnień zaliczam pewną noc, spędzoną w zapadłej gospodzie górskiej w centralnej Japonji, gdzie jedynem pożywieniem był wyschnięty ryż i najgorsze gatunki suszonych ryb. Na moje szczęście, udało mi się też uniknąć drugiego noclegu w sąsiedztwie owej

miejscowości, gdzie ubodzy wieśniacy mogli sobie pozwolić jedynie na poczwarki jedwabników, jako dodatek do ryżu; ich wstrętny smak znany mi był zresztą uprzednio z tego powodu, że hodowcy karmią niemi karpie, które go następnie przejmują. Dużo lepiej powiodło mi się już w pewnej zacisznej górskiej wioseczce, gdzie ludność musiała mieszać ryż z dużo tańszym jęczmieniem, lecz jako białkowy dodatek służyły tu cebulki górskiej lilji; zaręczam, że było to zresztą równie smaczne, jak poetyczne.

1.

Mówiliśmy już nieraz o istocie procesu trawienia. Wiemy, że zamiana niesłychanie skomplikowanych połączeń skrobiowych i białkowych na prostsze, rozpuszczalne, odbywa się przy pomocy specyficznych ciał, wytworzonych przez organizm i noszących nazwę enzymów. Wytworzyliśmy tu sobie na przykładzie fermentacji cukru pewne, aczkolwiek z punktu widzenia chemika bardzo prymitywne — pojęcie o sposobie działania enzymów, o owem rozszczepianiu ciał chemicznych. W ten sposób rozumiemy teraz doskonale, że przewód pokarmowy zwierząt spełnia dwa zadania; po pierwsze dostarcza enzymów trawiennych do rozszczepiania substancyj pokarmowych i po drugie wchłania otrzymane tą drogą rozpuszczalne związki, przyswajając je organizmowi.

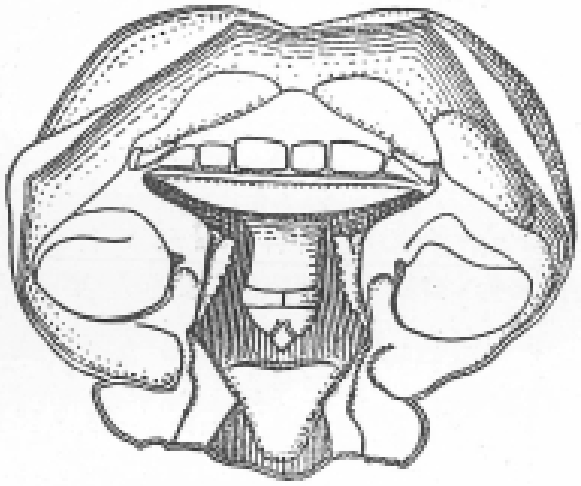
Skąd jednak biorą się enzymy trawienne i w jaki sposób działają? Przypomnijmy sobie, cośmy słyszeli o pierwotniakach, pełzaku, wymoczkach, których jednokomórkowe ciało nie posiada przewodu pokarmowego, a cząstki pokarmowe pochłania i trawi protoplazma komórki. Enzymy więc są tu wytwarzane w komórce i działają w miejscu powstania. Substancje powstałe w rezultacie rozszczepienia pokarmu nie potrzebują być wchłonięte, gdyż leżą wewnątrz ciała komórki. Z pewnością jest to najprymitywniejszy sposób trawienia i, rzecz szczególna, istnieje pewna ilość pierwotnych zwierząt, pewnych robaków,

które, mimo że posiadają jelita, jednak trawią w powyżej opisany sposób; pewne komórki cewki jelitowej zachowują się u nich zupełnie tak samo, jak owe pełzaki, posiadając zdolność wypuszczania miękkich wypustek do światła jelita. Owe wypustki otaczają ze wszystkich stron cząstki pożywne, które oczywiście muszą posiadać odpowiednio drobne rozmiary, i następnie wciągają je do wnętrza komórki, gdzie zachodzi trawienie. Tak prymitywna metoda nie zadowala jednak większości zwierząt; trawią one zewnątrz komórek nabłonka jelitowego, w świetle jelita, gdzie pokarm zostaje poddany działaniu soków trawiennych, zawierających odpowiednie enzymy.

Dość często porównywaliśmy procesy, zachodzące wewnątrz organizmu, do organizacji ludzkich społeczeństw i porównania tego użyjemy raz jeszcze. W ustrojach pierwotnych każdy posiadał wszystkie umiejętności, będąc jednocześnie kowalem, murarzem, myśliwcem i wojownikiem. Wraz z postępującym rozwojem społeczeństw zaznaczył się podział pracy, dzięki któremu każda jednostka ogranicza się do wykonania jakiegoś jednego zadania; drastycznym tego przykładem jest wspomniany przez nas robotnik z rzeźni w Chicago, który przez lata całe wykonywa jeden i ten sam ruch. Podobnie ma się rzecz z organizacją trawienia. Istnieją naprzykład prymitywne przewody pokarmowe — jak chociażby u askarydy — będące prostemi cewkami, o ścianach wyłożonych komórkami, które nietylko wydzielają enzymy, ale i wchłaniają pokarm. Od nich wszystkie przejścia prowadzą do jelit, rozczłonkowanych na liczne odcinki, z których każdy ma za zadanie dokonać określonego etapu trawienia i do których uchodzą specjalne gruczoły trawienne, wytwarzające duże ilości koniecznych ku temu enzymów. Pomimo wielkiej różnorodności tych stosunków, o których dużo byłoby do nadmienienia, występują tu pewne zjawiska wspólne.

U licznych grup zwierzęcych pobrany pokarm dostaje się przez przełyk do żołądka, którego główne znaczenie

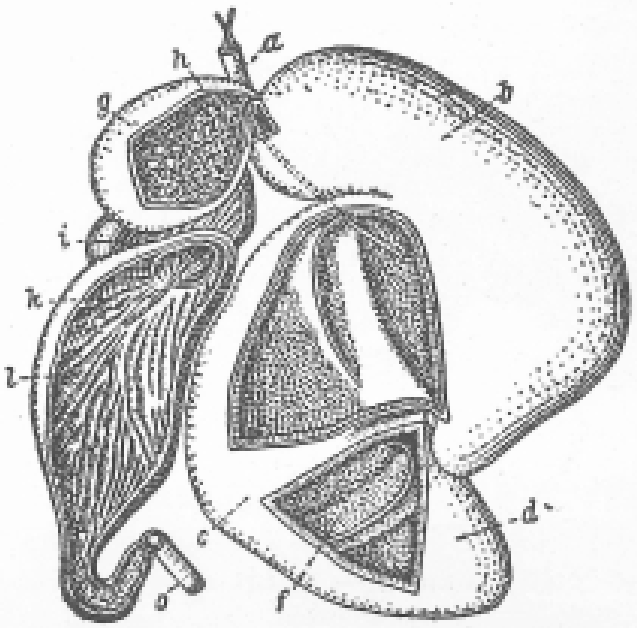
polega na tem, że stanowi mniej lub więcej obszerny zbiornik dla mas pokarmowych. Rak posiada żołądek tak samo jak mucha lub żuk, mięczak — jak i rozgwiazda, rekin, żaba, jaszczurka, ptak i ssak. Jednak losy pokarmu w owych żołądkach mogą być bardzo różne. Przedewszystkiem spotykamy się często z żołądkami, które nietylko trawią, lecz i przygotowują pokarm do tego procesu. O takich żołądkach-żarnach już mówiliśmy swego czasu, możemy jednak znaleźć szczególne tarki i sita o podobnem znaczeniu i w żołądkach raków i owadów (Rys. 98). Tam, gdzie są one szczególnie dobrze wykształcone, zaznacza się i podział pracy; mamy do czynienia wtedy z dwoma odcinkami, z których jeden rozdrabnia pokarm, a drugi trawi. Żołądek żujący lub trący zastępuje poniekąd funkcje przypadające zwykle w udziale gębie, z jej urządzeniami do gryzienia, żucia i rozcierania. W pewnej grupie zwierząt podział pracy w żołądku osiągnął naprawdę niezwykły poziom. Mowa tu o przeżuwaczach, więc dobrze wszystkim znanych wielbłądach, owcach, jeleniach, bydle, o których każdy laik wie, że posiadają „kilka żołądków". To samo tyczy się świń, hipopotamów, pewnych wielorybów; ze zwierzętami temi sprawa przedstawia się następująco.



Rys. 98. Rozcięty żołądek żujący raka rzecznego.

Jedynem pożywieniem przeżuwaczy są rośliny, zbudowane jak wszystkie ustroje żywe — z komórek. Komórki roślinne różnią się od tak dobrze dziś znanych zwierzęcych na jednym punkcie: ich miękkie ciało otacza zawsze

mocna błona z błonnika, wskutek czego komórka wygląda jak pudełeczko, skąd zresztą poszła i jej nazwa. Ten błonnik jest dla większości zwierząt (z wyjątkiem pewnych mięczaków i raków) niestrawny, gdyż nie posiadają one w przewodzie pokarmowym enzymów, któreby go rozszczepiały. By udostępnić pożywną treść komórek roślinnych, owe ściany z błonnika muszą być zniszczone, i większość zwierząt roślinożernych osiąga to przez staranne rozdrobnienie pokarmu. Przypominamy sobie np. tarkę ślimaka, pokrytą mikroskopijnemi ząbkami, rozcierającemi ściany komórek. U przeżuwaczy pożywienie zostaje połknięte po powierzchownem tylko rozżuciu i dostaje się do przedniej części żołądka, składającej się z dwóch partyj, zwanych żwaczem i czepcem, gdzie papka pokarmowa, zwilżona śliną, przebywa czas dłuższy (Rys. 99). Zadanie tej części żołądka polega na rozmiękczeniu błonnika i zniszczeniu go tak, by zawartość komórek została odsłonięta. W jaki jednak sposób da się to uskutecznić, skoro zwierzę nie rozporządza odpowiednim enzymem? Opisaliśmy już w krótkości, jak to cukier znajdujący się w soku gronowym lub słodzie fermentuje na alkohol i bezwodnik węglowy. Mówiliśmy przytem, że fermentacja polega na enzymatycznym procesie rozszczepienia, wywo-



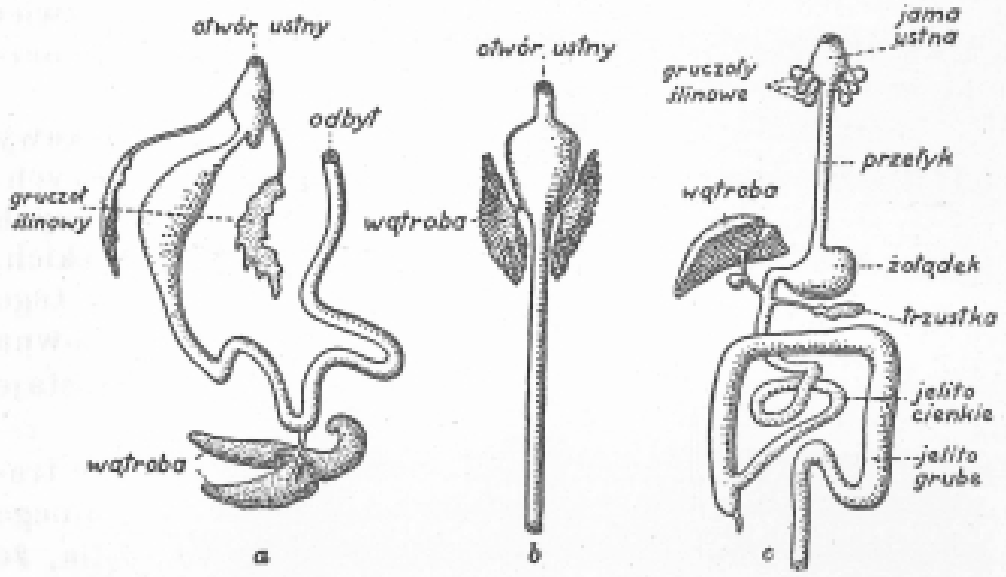
Rys. 99a. Żołądek owcy: a — przełyk, b, c, d — częściowo rozcięty żwacz, g — czepiec, h — rynienka prowadząca do ksiąg i, k — przejście do trawieńca l, o — jelita.

komórki ze ścian tego narządu produkują enzym, zwany pepsyną. Szczególna rzecz, że działanie enzymów przebiega najlepiej, gdy środowisko posiada określony chemicznie charakter; pepsyna np. lubi środowisko kwaśne. Troszczą się o to znów inne komórki gruczołowe, wydzielając kwas solny (u innych zwierząt pewne inne kwasy), tę samą substancję, którą używa się w kuchni do czyszczenia naczyń i z którą należy się ostrożnie obchodzić, gdyż w silniejszych stężeniach jest mocną trucizną.

A więc pepsyna atakuje białka i rozszczepia je na związki zwane peptonami. I one również są nam zapewne znane, chociażby tylko z wyglądu, gdyż peptony, spreparowane na drodze sztucznej, podaje się chorym w charakterze łatwo strawnych pokarmów; łatwo strawnych, gdyż przecież są to napół strawione białka. Na tem jednak nie kończą się zadania żołądka, szczególniej u zwierząt roślinożernych. Pasza ich zawiera wielkie ilości drugiej podstawowej substancji odżywczej — skrobi, która również jest nierozpuszczalna. Tyczy się to również naszego chleba i potraw mącznych. Aby organizm mógł ją wchłonąć, skrobia musi być rozszczepiona na łatwo rozpuszczalny cukier, i zadanie to spełnia odpowiedni enzym. Wytwarzają go ślinianki i dostaje się on wraz ze śliną do żołądka, gdzie przystępuje na dobre do dzieła. Nie zapominajmy przytem, że w żołądku ulegają też strawieniu kości, jak to widać u psów, drapieżnych ptaków, żmij. Z początku kwas solny atakuje wapń, a do reszty zabiera się pepsyna. Przypominam sobie dość drastyczny fakt z tego zakresu. Mój znajomy trzymał w terarjum jedną z beznogich jaszczurek, wyglądających zresztą zupełnie jak żmija, pospołu z dwoma daleko mniejszemi, prawdziwemi żmijami. Pewnego dnia znikła bez śladu jedna ze żmij, oraz owa jaszczurka, zresztą prawie metrowej długości; wszelkie poszukiwania spełzły na niczem, aż się okazało, że obydwie zguby zostały połknięte i doszczętnie strawione przez pozostałą żmiję, gdy po pewnym czasie w od-

chodach jej ukazało się kilka kręgów nieszczęsnej jaszczurki.

To, co zachodzi w żołądku, nosi charakter raczej przygotowawczy do właściwego trawienia, które odbywa się dopiero wtedy, gdy pobrany pokarm z żołądka przechodzi do jelit. Wynika to już chociażby stąd, że zarówno u wielu niższych zwierząt lub bezkręgowców, jako też i kręgowców, do jelita uchodzą przewody pokaźnych gruczołów, które



Rys. 101. Przewód pokarmowy: a — ślimaka, b — raka, c — człowieka, z gruczołami trawiennemi.

doprowadzają doń swe wydzieliny (Rys. 101). Po pierwsze jest to wątroba, którą można znaleźć zarówno u raka czy ślimaka, jak i u człowieka, a po drugie gruczoł zwany u kręgowców trzustką. Obydwa gruczoły wytwarzają enzymy, którym przypada główna rola w trawieniu, posiadając też jeszcze inne znaczenie, o czem dowiemy się nieco później. Wbrew powszechnym zapewne przypuszczeniom najważniejsze zadanie przypada nie wątrobie, lecz właśnie trzustce, gdyż wydzielina jej zawiera trzy rodzaje szczególnie silnych enzymów, koniecznych dla rozszczepienia białek, skrobi oraz tłuszczów. Białka zostały wprawdzie już w żołądku przeprowadzone w substancje rozpuszczalne,

lecz, jak widać, nie wystarcza to jeszcze organizmowi. Właśnie enzym trzustki rozszczepia je dalej na jeszcze prostsze związki, które podlegają już wchłonięciu, komórki zaś ciała potrafią zbudować z nich zpowrotem białko, lecz już własne. Istotnie można z powodzeniem karmić zwierzęta mieszaniną tych ciał, otrzymanych na drodze sztucznej; mają one dla laika wygląd podobny do soli.

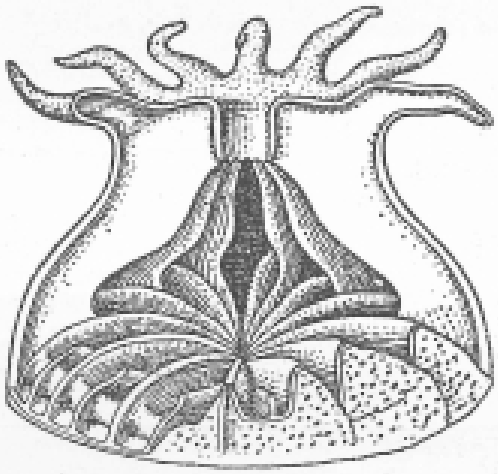
Wszystko to są dość skromne wiadomości, a ciekawy czytelnik chciałby zapewne wyjaśnień gruntowniejszych; niestety, nic na to nie mogę poradzić. Wiele naukowych faktów można podać w formie dostępnej dla wszystkich, lecz przy pewnych chemicznych mądrościach opis tego rodzaju zawodzi i dla pełnego zrozumienia nieodzowna jest pewna suma wiadomości fachowych. Nie pozostaje więc dla czytelników nic innego, jak zdobyć je, jeśli zechcą nietylko mieć powierzchowne pojęcie o procesie trawienia, lecz istotnie zrozumieć go dokładnie. Z tego samego powodu musimy tylko ograniczyć się do zaznaczenia, że podczas trawienia tłuszczów odpowiedni enzym rozszczepia je na tak zwane kwasy tłuszczowe i glicerynę, przyczem bierze w tem udział żółć, wydzielina wątroby. Nietylko pobudza ona czynność enzymu tłuszczowego, lecz współdziała przy rozpuszczaniu świeżo powstałych kwasów tłuszczowych, które w tym stanie zostają wchłonięte przez organizm, budujący z nich następnie znowuż substancje tłuszczowe.

Na pociechę za rozczarowanie opowiemy pokrótce, w jaki sposób nauka doszła do stwierdzenia powyższych faktów. Najbardziej bezpośredni sposób polega oczywiście na tem, że świeżo zabitemu zwierzęciu wycina się trzustkę, ekstrahuje z niej czynny enzym i w probówce chemicznej zadaje się nim rozliczne substancje, by następnie badać wywołane w nich zmiany przy pomocy chemicznych metod. By jednak zdać sobie sprawę ze stosunków zachodzących w organizmie, należy doświadczenie wykonać na żywem zwierzęciu. Dla kogo pomysł ten jest odrażający — a nic przecież naturalniejszego i bardziej godnego szacunku niż

współczucie dla bezbronnych stworzeń — niech sobie uprzytomni, że jest to jedyna droga do poznania faktów, od których zależy przecież zdrowie i życie miljonów ludzi. Niektóre z tych operacyj dokonywa się na zwierzętach, i sumienny badacz wykonywa je z taką samą zapobiegliwością, jak i zabiegi na ludziach. Przedewszystkiem należało pobrać soki trawienne bezpośrednio z jelita; w tym celu zwierzęta, użyte do doświadczeń, zostały zoperowane w ten sposób, że przewód wyprowadzający gruczołu został doprowadzony do ściany brzucha i przyszyty do niej tak, iż można było bezpośrednio otrzymywać wydzielinę. Można było jednak pójść po tej drodze jeszcze dalej i jako probówkę chemiczną wziąć prawdziwe jelito, co urzeczywistnił następujący zabieg: część jelita, do której spływają soki trawienne, została przecięta u góry i u dołu i obydwa wolne jej końce przyszyte do skóry brzucha, gdy tymczasem pozostałe jelito zszyto zpowrotem. W ten sposób otrzymano zwierzę doświadczalne z dwoma zamykalnemi otworami na brzuchu, prowadzącemi do odciętej części jelita; można było teraz wprowadzać bezpośrednio do niej badane substancje, a następnie wyjmować produkty rozszczepienia i analizować je chemicznie.

Powstaje jednak przytem jeszcze jedna kwestja; dowiedzieliśmy się już uprzednio, że wydzielanie śliny jest odruchem, zależnym od bodźców nerwowych. Jak się przedstawia ta sprawa w zastosowaniu do wydzielania soków żołądkowych i trzustki? Doświadczenie poucza, że i ono zależy od rozkazu nerwów odśrodkowych. Klasyczne doświadczenie, stwierdzające ten stan rzeczy dla żołądka, polega na następującem: zachloroformowanemu psu przecina się przełyk i wolny koniec przyszywa do skóry, gdzie otwór może być zatykany w miarę potrzeby. Gdy zwierzę je, pokarm oczywiście nie dostaje się do żołądka, a przez ów sztuczny otwór — nazywamy go fistułą lub przetoką — nazewnątrz. Dla odżywiania zwierzęcia robi się mu drugą przetokę żołądkową, przez którą pokarm można bezpośred-

nio dawać do żołądka i pobierać stąd soki żołądkowe. (Tę samą operację często trzeba wykonywać u ludzi, cierpiących na pewne schorzenia przełyku; niejedno życie ludzkie zostało uratowane w ten sposób, od czasu, gdy stwierdzono na psach, że zabieg taki pomyślnie się udaje). Gdy tylko zoperowany pies połknie kawałek mięsa, który nie trafia do żołądka, lub też nawet na widok jedzenia, soki żołądkowe zaczynają się wydzielać. Jest to więc czynność odruchowa, takiego samego rodzaju, jak wydzielanie śliny.

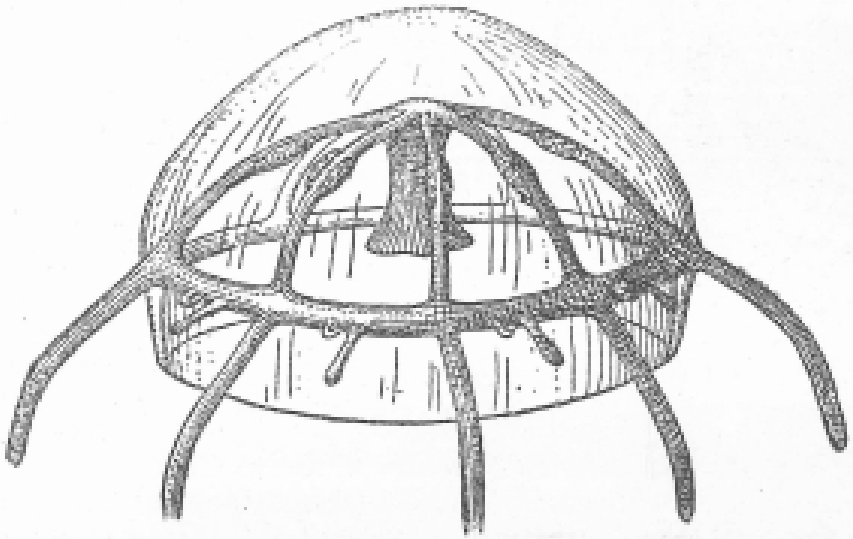


Rys. 102. Polip koralowy w przekroju; widać przegródki w jamie pokarmowej.

3.

A więc soki trawienne zamieniły substancje pożywne w formy rozpuszczalne i zawierającą je wodnistą ciecz mogą teraz łatwo wchłonąć komórki ścian jelita. Jelito odegrało więc rolę kuchni, w której dla mieszkańców domu — miljonów komórek organizmu — przygotowane zostało pożywienie. Lecz w jaki sposób dostaje się ono do wszystkich tych głodnych gąb? Podczas pewnej wycieczki po istryjskiem wybrzeżu trafiliśmy, głodni i zmęczeni, do ubogiej słoweńskiej gospody wiejskiej. Domostwo posiadało tylko jedną izbę, pośrodku której wymurowane było otwarte palenisko, służące jednocześnie za stół. W kotle, zwieszającym się z powały, gotowała się żółtawa polewka, którą zajadali goście, siedzący w kuczkach dokoła ognia. Są to oczywiście stosunki dość prymitywne; jednak ilustrują poniekąd podział pożywienia w owej „kuchni“ organizmu, przynajmniej na pierwszych szczeblach drabiny zwierzęcej. U stułbij lub koralowców całe ciało jest właściwie workiem jelitowym, otoczonym kilku warstwami komórek (Rys. 102). W ten spo-

sób wszyscy goście siedzą dokoła kotła — komórki dokoła jelita — i bezpośrednio czerpią z niego pożywienie. Gdy organizm jest bardziej skomplikowany, metoda owa jest niewystarczająca; do rozprowadzenia pokarmu po całem ciele potrzebne są specjalne urządzenia. Dla rozwiązania tego zadania przez delikatne meduzy i najprymitywniejsze robaki nie mogę znaleźć żadnego porównania w ludzkich urządzeniach, gdyż nie wyobrażam sobie np. hotelu,

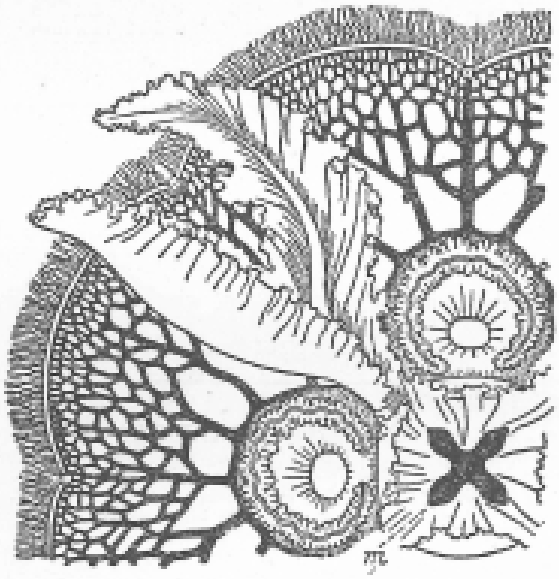


Rys. 103. Układ pokarmowy meduzy.

w którym z kotła kuchennego odchodziłyby na wszystkie strony rury, doprowadzające zupę do ust wszystkich mieszkańców. A w ten właśnie sposób postawiona jest sprawa u owych stworzeń (Rys. 103 i 104). Przewód pokarmowy rozgałęzia się w układ naczyń, dających odnogi do wszystkich zakątków ciała, dostarczając wszędzie pożywienie; jest on więc jakby „wszechobecny".

U ogromnej większości zwierząt rozprowadzenie pokarmu bierze na siebie specjalny układ organów, podobnie jak w wielkim hotelu buduje się do wszystkich pokojów wyciągi kuchenne. W najprostszym przypadku układ ten składa się tylko ze szczelin i luk pomiędzy tkankami ciała, napełnionych cieczą, zwaną limfą. Rozpuszczony pokarm

dostaje się do limfy i omywa wraz z nią wszystkie komórki ciała, pobierające zeń potrzebne substancje. Tego rodzaju stosunki zachodzą u askarydy, której limfę znamy już z nieprzyjemnej strony, lecz nie czynią one zadość bardziej wysokim wymogom: do szczelin limfatycznych dołącza się wówczas specjalna sieć rurkowatych naczyń, znana powszechnie sieć naczyń krwionośnych, której zadaniem jest pośredniczyć w dostawie do poszczególnych komórek nietylko tlenu, lecz i innych substancyj odżywczych.



Rys. 104. Ćwiartka wielkiej meduzy, widzianej z dołu. Rozgałęzienia układu pokarmowego zaznaczone są czarno; wychodzą one z otworu gębowego m.

Jeśli obserwować przez mikroskop ścianę jelita jakiegokolwiek kręgowca, stwierdzimy odrazu, że przetkana jest niesłychanie subtelnemi naczyniami krwionośnemi; jeśli zbadać je przed i po jedzeniu, okaże się, że substancje pokarmowe, wchłonięte przez komórki jelitowe, więc cukry, rozszczepione składniki białka i tłuszcze (te powstały w komórkach na nowo z rozszczepionych uprzednio składników), pojawiają się we krwi i częściowo w limfie, by następnie rozpłynąć się po całem ciele, gdyż krew, omywająca wszystkie części ciała, roznosi je wszędzie (Rys. 105 i 106).

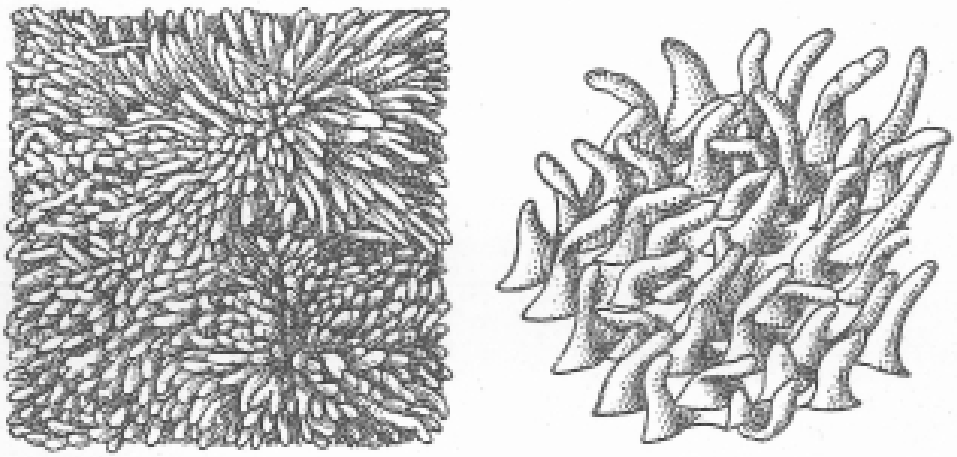
4.

Cóż się dzieje dalej z pokarmem rozprowadzonym po organizmie? Musimy sobie teraz nieco odświeżyć w pamięci wiadomości usłyszane dotychczas. Słyszeliśmy wiele

o pobieraniu tlenu w organach oddechowych i o jego znaczeniu dla tkanek, o umożliwianem przezeń spalaniu, które jest źródłem pracy, wykonywanej przez organizm; słyszeliśmy, że w mięśniach znajduje się materjał palny w postaci skrobi zwierzęcej, która się łączy z tlenem, oraz że produkty tego spalania: bezwodnik węglowy i para wodna wydalane są wraz z wydychanem powietrzem. Wiemy również skądinąd, że i inne substancje wydalane są z organizmu w kale i moczu, niedawno zaś dowiedzieliśmy się, w jaki sposób substancje pokarmowe dostają się do ciała, tak że możemy wytworzyć sobie pojęcie o tem, co mianowicie trafia do ciała i co z niego zostaje wydalone. By obraz ten nieco uzupełnić, musimy dowiedzieć się pokrótce, co się dzieje z pobranemi substancjami wewnątrz organizmu — tylko wtedy bowiem wytworzymy sobie pewien pogląd na całokształt procesu, zwanego przemianą materji, będącą głównym przebiegiem życiowym.

Jeśli zastanowimy się nieco nad funkcjami organizmu, okaże się, że są one dwojakiego rodzaju. Po pierwsze mamy do czynienia z codzienną pracą maszyny, pracą mięśni, gruczołów, nerwów, która odbywa się kosztem spalania pokarmów. Możemy sobie całkiem łatwo wyobrazić, że praca ta, podobnie jak w maszynie, odbywa się tylko kosztem spalania, nie uszczuplając samej substancji organizmu. Prócz tego jednak istoty żywe, przynajmniej w pewnym okresie życia, rosną, więc czynią to, czego nie czyni żadna maszyna. Oznacza to, że część pobranych substancyj, niepotrzebnych do napędu maszyny, zostaje potraktowana jako materjał budulcowy na części składowe komórek danego zwierzęcia. Ta właśnie składowa przemiany materji jest bezwątpienia najbardziej tajemnicza, gdyż dowodzi, że wewnątrz komórek ciała znajdują się laboratorja, w których wytwarza się wszystkie chemiczne związki, potrzebne do budowy organizmu, a za materjał wyjściowy służą tłuszcze, cukry i produkty rozszczepienia białka, dostarczone przez jelito. Lecz niedość tego; przy-

pomnijmy sobie szczególne reagowanie zwierząt na obce substancje białkowe: były one dla nich jadowite, więc chemicznie odrębne. Laboratorja zatem komórkowe muszą wytwarzać z rozmaitych związków tylko określone, specyficzne białka. Rolę chemików-specjalistów znowuż grają tajemnicze enzymy, lecz wiemy jeszcze bardzo mało, jak się to odbywa; pewne jest jedno tylko, że są to bardzo tędzy chemicy. Jeślibyśmy spróbowali przedstawić czą-

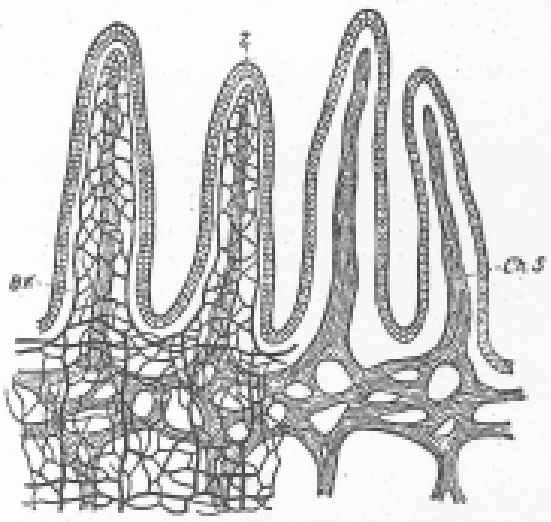


a b

Rys. 105. Kosmki jelitowe, zwiększające jego powierzchnię chłonną: a — królika, b — świnki morskiej.

steczkę białka zapomocą tej samej poglądowej metody, co ongi cząsteczki cukru, alkoholu i kwasu węglowego, a więc jako wzory ułożone z klocków rozmaitego koloru, doszlibyśmy do niesłychanie skomplikowanego układu tysięcy klocków wodorowych, tlenowych, siarkowych, azotowych. Poszczególne części tego układu posiadałyby swoistą budowę, w której pojedyńcze elementy zajmowałyby ściśle określone położenie, a stosunek i wzajemny rozkład owych grup również musiałby odpowiadać określonym prawidłom. Słyszeliśmy, że w jelicie białko zostaje rozszczepione na części składowe; w naszej mozaice w każdym razie nie byłyby to poszczególne klocki, lecz całe ich grupy o charakterystycznym układzie, zwane przez che-

mików amino-kwasami. Okazało się, że wyłącznie owemi amino-kwasami, podanemi w określonej mieszaninie, można całemi latami karmić szczury, a rosną one i rozmnażają się. Chemicy więc, znajdujący się w ich komórkach, potrafili ze stosunkowo prostych związków (założywszy, że przynajmniej nie brakło pewnych ich rodzajów) zbudować wszystkie te wysoce skomplikowane substancje białkowe, które tworzą żywe ciało szczurów.



Rys. 106. Cztery kosmki jelitowe z przebiegającemi wewnątrz nich naczyniami limfatycznemi ChS i włoskowatemi naczyniami krwionośnemi Bk.

Co się tyczy codziennej pracy ustroju, więc przemiany materji niezależnej od wzrostu, uczeni nie wahali się włożyć olbrzymiego trudu w zbadanie każdego jej etapu, chociażby z tego względu, że na znajomości ich opierać się musi całe lecznictwo. Oczywiście nie można się spodziewać, że przebieg tych procesów jest jednakowy zarówno u ślimaka, robaka czy owada, jak i u żaby, ptaka lub człowieka. Znajomość całej sprawy wymaga zbadania pod tym względem poszczególnych grup zwierzęcych. Jeśli jednak pominąć formy, żyjące w specjalnych warunkach, jak pasorzyty, zasadnicze zjawiska z tej dziedziny przebiegają wszędzie podobnie. Część substancyj odżywczych, skoro tylko dostanie się z prądem krwi lub soków tkankowych do miejsca przeznaczenia, zostaje natychmiast spalona. Tyczy się to szczególnie połączeń białkowych, których produkty rozszczepienia po większej części zostają zużyte na produkcję energji, a nie w charakterze budulca nowego białka. Dla stwierdzenia tego wymyślono piękne aparaty, w których na pewien czas umieszcza się czło-

wieka lub zwierzę, karmione dokładnie odważonemi porcjami pożywienia. Aparat taki kontroluje wszystko, co tylko jego lokator wdycha i wydycha, a wszystkie odchody zbiera się skrupulatnie i bada. Ustrojowi doświadczalnemu podaje się azot jedynie w formie białka, gdy zaś określić ilość azotu, zawartą w wydalinach, okazuje się, że jest ona równa dokładnie ilości pobranej w pokarmie; wynika stąd, że cała ilość białka została spalona na proste związki azotowe.

Inne losy czekają natomiast substancje skrobiowe i tłuszcze. O tych powszechnie wiadomo, że organizm łatwo je magazynuje; są to zapasy na czarną godzinę. Lecz słyszeliśmy również o gromadzeniu się skrobi zwierzęcej w mięśniach. Specjalnym składem dla tego związku jest u kręgowców wątroba. Cała krew, która wraca z jelit, przesycona substancjami odżywczemi, musi przejść przez wątrobę, oddając rozpuszczone cukry — skrobia zostaje w jelicie rozszczepiona na cukry — z których tajemniczy chemik, mieszkający w komórkach wątroby, buduje trudno rozpuszczalną skrobię zwierzęcą; produkt ten leży w magazynach wątroby, oczekując na zapotrzebowanie. Wtedy to znów zaczyna pracować chemik, przeprowadzając ów związek na rozpuszczalne cukry, które z prądem krwi dostają się do miejsca, gdzie zostają następnie spalone na parę wodną i bezwodnik węglowy, podobnie zresztą jak i tłuszcze, wydalane następnie za pośrednictwem krwi razem z powietrzem wydychanem nazewnątrz.

Zwracaliśmy już raz uwagę czytelników na trafność ludowych przysłów i powiedzeń; znaczenie owych zapasów w organizmie dosadnie ilustruje zwrot: „człowiek ten zjada własny tłuszcz“. Wydaje się nam rzeczą zupełnie naturalną, że sadło, znajdujące się w różnych okolicach ciała, zostaje w razie potrzeby wchłonięte. Istotnie łatwo to stwierdzić na pierwszem lepszem zwierzęciu; głodujące zwierzę musi w jakikolwiek sposób podtrzymać nie-

ustanną przemianę materji, i spala zapasy, nagromadzone we własnym organizmie. Jeśli przemiana ta odbywać się będzie w zwykłem tempie, zapasy szybko ulegną wyczerpaniu i nastąpi śmierć głodowa, lecz gdy w związku z głodem tempo przemiany materji zostanie zahamowane, organizm umie prowadzić bardzo oszczędną gospodarkę; szczególniej niższe zwierzęta mogą utrzymywać się przy życiu przez bardzo długie okresy czasu, zmniejszając do minimum natężenie przemiany materji. Dla wielu gatunków jest to zjawisko należące do normalnego trybu życia i pozwala im przetrwać niesprzyjające czasy. W klimacie gorącym jest to suche lato, w umiarkowanym — głodna zima; obydwa okresy zmuszają niezliczone rzesze zwierząt do zimowego snu lub zapędzają je do zacisznych kryjówek. Czynią to zarówno owady, jak żaby, ślimaki i jaszczurki, a nawet wiele ssaków, których najbardziej popularnym przedstawicielem jest świstak.

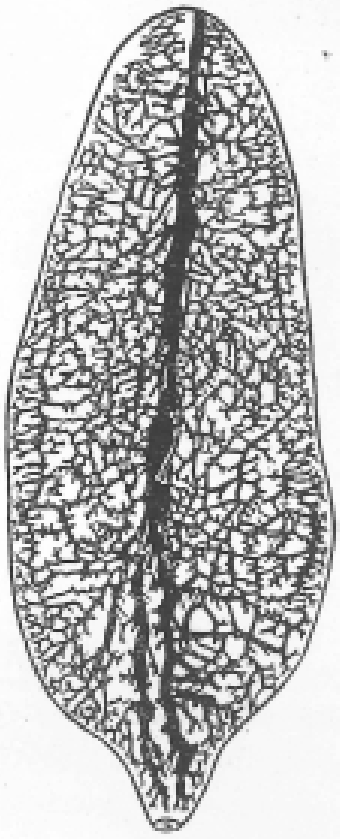
Jeśli chodzi o zwierzęta niższe, cała sprawa nie nasuwa wątpliwości; gdyż, o ile znajdują się w odrętwieniu i bezruchu, spalanie zachodzące w ich ciele reprezentuje minimalną wartość; że przytem stan tego rodzaju nie jest dla nich zbyt ciężki, wynika chociażby stąd, że niekiedy w niewoli obywają się bez pożywienia w ciągu długich bardzo okresów. Hodowcy-amatorzy często obserwują, jak egzotyczne gady, umieszczone w terarjach, nie chcą przyjmować żadnego pożywienia i głodówka taka trwa przeszło rok. Daleko trudniej przedstawić sobie te zjawiska u ssaków, gdyż ptaki i ssaki należą do tak zwanych zwierząt ciepłokrwistych; ich procesy życiowe przebiegają w temperaturze daleko wyższej od temperatury otoczenia; by ją natomiast utrzymać, konieczne jest ciągłe spalanie, wytwarzające ciepło. Rzecz szczególna, że ssaki, pogrążone w śnie zimowym, zachowują się jak zwierzęta zimnokrwiste. Ciepłota ich ciała obniża się, oddech staje się powolny, serce uderza rzadziej a ogólna przemiana materji znacznie się redukuje. Nagromadzone jednak jesienią

zapasy tłuszczu i skrobi zwierzęcej wystarczają dla przetrwania zimy; gdy wiosenne słońce budzi te stworzenia, w nieprawdopodobnie szybkiem tempie powraca normalna temperatura ciała, będąca skutkiem intensywnego spalania, pochłaniającego niemałe ilości paliwa; wkrótce też śpioch rozpoczyna normalnie odżywiać się. Niestety ludzie nie posiadają tej pożytecznej zdolności, jak i wielu zresztą innych, niemniej cennych. Niemniej jednak należy wspomnieć, że rosyjscy wieśniacy w czasie klęski głodowej spędzają chłodną porę roku w łóżkach (? przyp. tłum.), zmniejszając w ten sposób utratę ciepła i konieczność powetowania go intensywniejszem spalaniem. Ponieważ przytem odpada potrzeba, kosztownej pod względem paliwa, pracy mięśniowej, mogą oni obywać się znikomemi racjami pokarmu. Znani są zresztą ludzie, mogący się wykazać niezwykłemi wyczynami w tej dziedzinie; pewien znany głodomór potrafił obywać się bez pokarmu przez cały miesiąc, znajdując się pod ścisłą naukową kontrolą, a w 23 dniu zrobił nawet kilkokilometrowy spacer oraz wziął udział w turnieju fechtunkowym; lecz oczywiście nie każdy to potrafi.

5.

Przypuszczalnie czytelnicy zdołali już zauważyć, że o pewnych sprawach wspominaliśmy tylko powierzchownie; wprawdzie mówiliśmy często o wydalinach organizmu, zaznaczając, że zawartość w nich azotu jest miarą ilości spalonego białka, szczegółowiej zaś rozpatrywaliśmy tylko proces wydychania wody i bezwodnika węglowego. Jednak wraz z powietrzem wydychanem nie wydala się ani trochę azotu. Rolę tę spełnia narząd, o którym nic jeszcze nie mówiliśmy, mianowicie nerki, które są jednym z najważniejszych organów, stanowiąc swego rodzaju system kanalizacyjny dla ciała, wydalający nietylko końcowe produkty przemiany materji, lecz również wszystkie te substancje, których nagromadzenie byłoby dla niego szko-

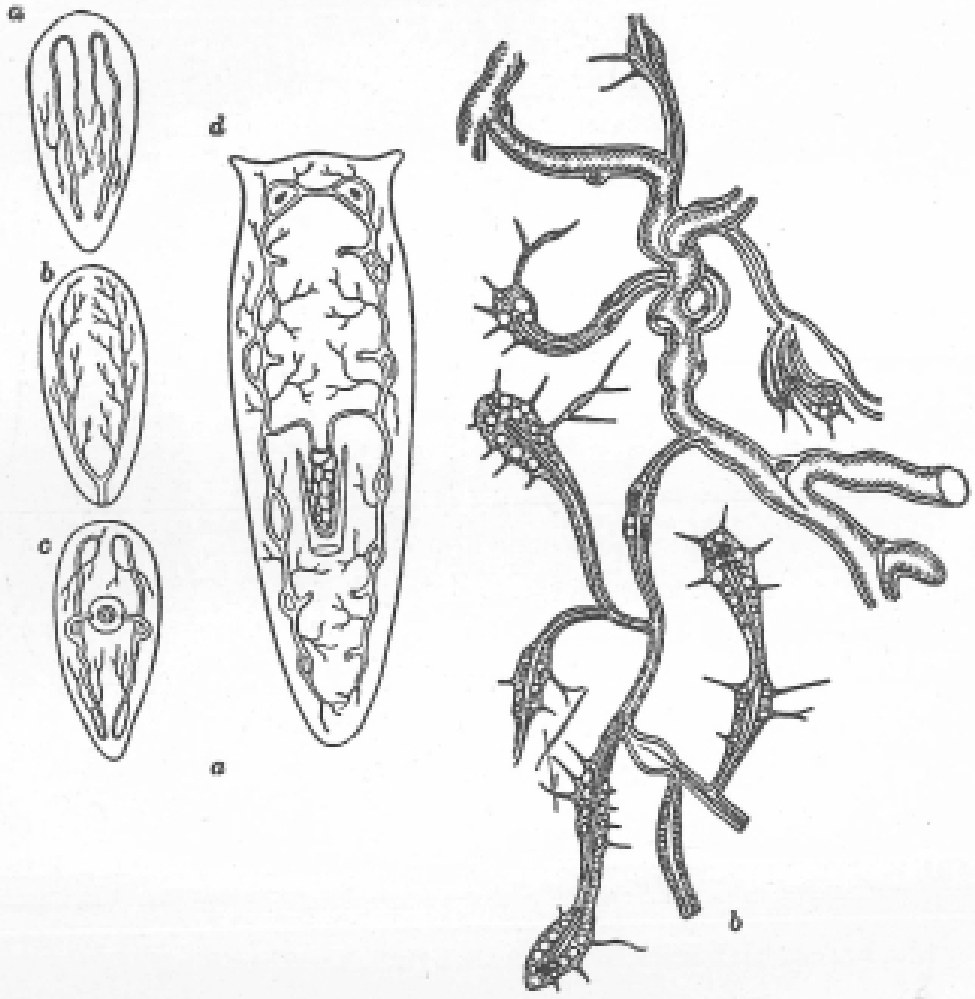
dliwe. Wraz z pożywieniem dostają się bowiem do organizmu rozmaite rozpuszczalne związki, które nie mogą znaleźć żadnego zastosowania, a często są wprost niebezpieczne; nad usunięciem ich czuwają nerki i z tego powodu możemy przewidzieć ich obecność u najbardziej pierwotnych zwierząt. Jednak workowate polipy i ich krewniacy nie posiadają tych organów; ponieważ zaś ich układ pokarmowy dociera do wszystkich zakątków ciała, oczywista, że niepotrzebne cząstki mogą być bezpośrednio doń wydalone. Lecz już najprymitywniejsze robaki posiadają organy wydzielnicze, wyglądające jednak całkiem inaczej, niż moglibyśmy przypuszczać na zasadzie znajomości smażonych cynaderek cielęcych. Istnieje tam mianowicie bardzo praktyczne urządzenie, przypominające miejską sieć kanalizacyjną; całe ciało przenikają wąskie kanaliki, do których zostają kierowane wydaliny (Rys. 107). Niektóre komórki, tworzące ściany kanalików, zaopatrzone są w delikatne migawki, wykonywające wahadłowe ruchy, skutkiem których powstaje w kanaliku prąd cieczy, kierując się z bocznych odgałęzień do przewodu głównego i stąd nazewnątrz organizmu (Rys. 108). Również i nasza askaryda posiada „nerki“ podobnie zbudowane, których poszczególne kanaliki można jednak dojrzeć jedynie przez mikroskop.



Rys. 107. Motylica z siecią kanalików wydzielniczych.

Odpowiednio do licznych systemów kanalizacyjnych, i w świecie zwierzęcym panuje wielka rozmaitość pod tym względem. Szczególniej rozpowszechniony jest następu-

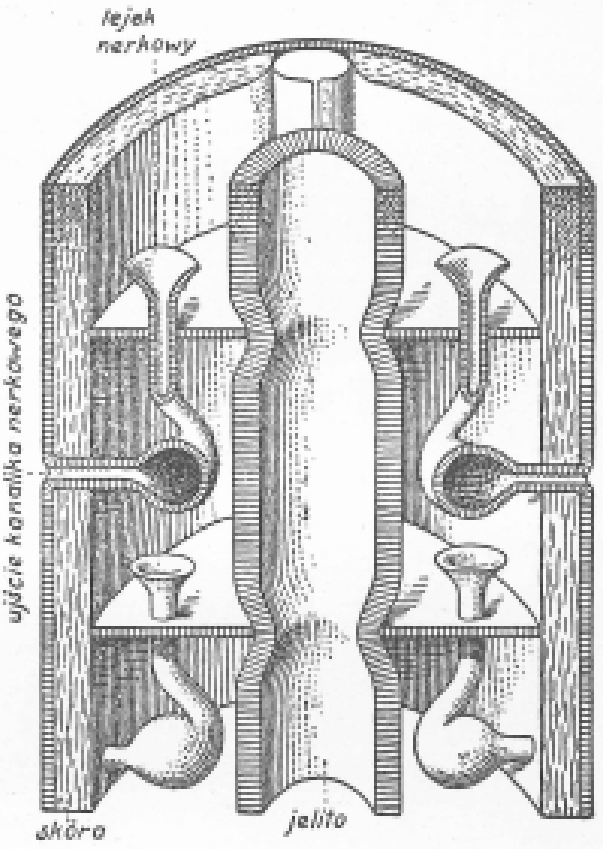
jący, napotykany od dżdżownicy aż do rekina: pomiędzy ścianą ciała i wnętrznościami znajduje się przestrzeń, napełniona cieczą i nosząca nazwę jamy ciała; trafiają tu niepotrzebne substancje, wydalone przez komórki ciała.



Rys. 108. a — kanaliki wydzielnicze robaków płaskich (a—d), b — część kanalika w dużem powiększeniu. Komórki ślepych kanalików bocznych opatrzone są długiemi rzęskami.

W cieczy owej pogrążone są kanaliki, które rozpoczynają się otwartym lejkiem i prowadzą nazewnątrz (Rys. 109); do lejka tego dostają się substancje podlegające wydaleniu, a następnie wędrują do przewodu wyprowadzającego; niekiedy droga do lejka jest dla nich dość zawikłana.

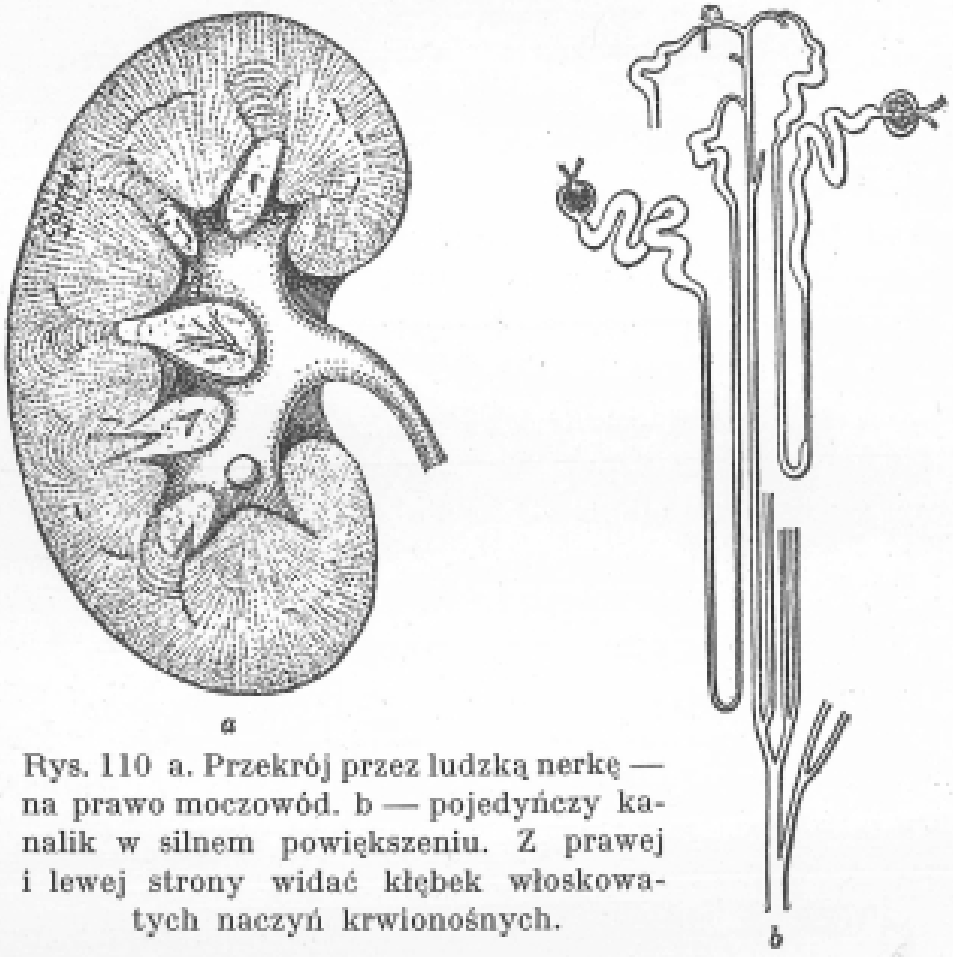
Przypomnijmy sobie komórki pożerające bakterje i ich zadziwiającą rolę w ustroju; komórki tego samego rodzaju występują również w cieczy wypełniającej jamę ciała. Pochłaniają one wydaliny i wędrują poprzez owe lejki nazewnątrz, gdzie oczywiście giną wraz z wydalonemi ciałami. Przypomina mi to bardzo pewien — dość zabawny — system kanalizacji, z którym spotkałem się w jednem z portowych miast na południu. O zmroku można tam było obserwować długie szeregi kobiet, dążących w milczeniu ku nadbrzeżnym skałom; każda z nich dźwigała na głowie wielki kubeł, którego wonną zawartość wylewała do morza. Przez analogję z owemi komórkami, możnaby wymagać, aby i same kobiety rzucały się w fale morza.



Rys. 109. Trzy odcinki ciała pierścienicy w przekroju, z kanalikami wydzielniczemi.

U wyższych zwierząt kręgowych praca nerek opiera się na innych zasadach. Wyprowadzenie końcowych produktów przemiany materji odbywa się i tutaj za pośrednictwem kanalików. Jeśli zbadamy dokładnie nerkę, okaże się, że składa się ona z niezliczonych krętych kanalików, uchodzących do przewodu głównego, prowadzącego następnie nazewnątrz jako moczowód (Rys. 110). U ssaków wydalanym substancjom towarzyszą znaczne ilości wody; jest to mocz. W jaki jednak sposób nerki potrafią zebrać ze wszystkich zakątków ciała i wydzielić

wszystkie te związki, chociaż są stosunkowo tak niewielkie i znajdują się tylko w określonem miejscu ciała? Dochodzi to do skutku za pośrednictwem najdoskonalszego systemu kanalizacyjnego, jaki tylko da się pomyśleć; wiemy już przecież cośniecoś o sieci naczyń krwio-



a b

Rys. 110 a. Przekrój przez ludzką nerkę — na prawo moczowód. b — pojedyńczy kanalik w silnem powiększeniu. Z prawej i lewej strony widać kłębek włoskowatych naczyń krwionośnych.

nośnych, przenikających cały organizm i docierających wszędzie zapomocą najsubtelniejszych odgałęzień. Wiemy również, że krew doprowadza do miljardów komórek ciała zarówno tlen, jak i substancje odżywcze, oraz odprowadza powstający podczas spalania bezwodnik węglowy. Oprócz niego zabiera ona i inne szkodliwe związki i dostarcza je do nerek, gdzie naczynia krwionośne rozgałęziają się na nieskończenie subtelną sieć wąziutkich kanalików, oplatających kanaliki nerkowe, do których wydalają owe sub-

stancje. Każdy może stwierdzić na sobie samym, jak precyzyjnie działa ta sieć kanalizacyjna; oto szparagi zawierają pewną substancję nieprzydatną dla organizmu, która posiada dość silny, charakterystyczny zapach i która podlega wydalaniu. Otóż prawie bezpośrednio po spożyciu szparagów mocz wydaje tę woń.

6.

Lecz wszystkie powyższe wiadomości nie zaspokajają naszej ciekawości, gdyż chcemy wiedzieć choć w najogólniejszym zarysie, co mianowicie wydalają nerki. Przypomnijmy, cośmy słyszeli o składzie białka i jego spalaniu; głównym składnikiem białka jest azot, który, o ile nie zostaje zużytkowany do budowy nowej żywej substancji organizmu, musi zostać wydalony, i istotnie należy to do jednego z głównych zadań nerek. Azot pojawia się w moczu w postaci połączenia stosunkowo prostego w porównaniu do białka, a złożonego z węgla, tlenu, wodoru i azotu i noszącego miano mocznika. Związek ten, mimo że nazwa jego brzmi nieefektownie, odegrał dużą rolę w historji nauki; sądzono bowiem ongi, że jest niemożliwe otrzymać na drodze sztucznej w chemicznej retorcie związki, produkowane w laboratorjach ciała, ponieważ nieodzowna jest w tym celu tajemnicza „siła życiowa“. Dzień więc, w którym wielki chemik Woehler prawie sto lat temu otrzymał na drodze sztucznej mocznik, stał się dniem narodzin nowoczesnej chemji. Jednakże mocznik nie u wszystkich zwierząt stanowi końcowy produkt przemiany azotowej; u wielu z nich występuje na jego miejscu inny związek, zwany kwasem moczowym; szczególniej tyczy się to gadów i ptaków, których mocz, niemal suchy, składa się prawie wyłącznie z kryształów kwasu moczowego.

Wydalanie azotu jest bezsprzecznie głównem zadaniem nerek; prócz tego jednak oczyszczają one organizm z wielu innych substancyj. Całe mnóstwo mniej lub więcej

szkodliwych związków, częściowo pobranych wraz z pokarmem, częściowo powstałych w wyniku przemiany materji, a często zamienionych uprzednio na inne połączenia, zostaje usuniętych za pośrednictwem nerek. Można to wykazać szczególnie instruktywnie, jeśli zwierzęciu lub człowiekowi zaaplikujemy substancję, którą nerki zamieniają na inną, barwiącą mocz w określony sposób. Po tem wszystkiem (a w obawie natknięcia się na podwodne skały chemji mogliśmy zaznaczyć tylko najważniejsze rzeczy) rozumiemy, dlaczego lekarze analizują chemicznie mocz przy wszystkich możliwych chorobach. Gdy znajdą w nim inne związki, niż normalnie podlegające wydaleniu, mogą zdać sobie poniekąd sprawę z zaburzeń przemiany materji. Oczywiście znaczenie takiej analizy polega na tem, że określa się zapomocą skomplikowanych metod chemicznych ilość i jakość owych substancyj, a jeśli badacz zdaje sobie sprawę, jakie mianowicie procesy chemiczne doprowadziły do powstania owych ciał, może w ten sposób określić chorobę na zasadzie właściwości moczu. Gdy natomiast znachor wnioskuje o chorobie jedynie z wyglądu uryny, jest to — jak czytelnik łatwo zrozumie — zwykłe oszustwo. Gdyśmy mówili o wydalaniu kwasu moczowego przez ptaki, zapewne wielu z czytelników przypomniało sobie popularny południowo-amerykański nawóz, guano, znany chociażby z popularnej niemieckiej pieśni studenckiej. Słyszeliście więc, że na wyspach i wybrzeżach Pacyfiku gnieździły się nieprzeliczone zastępy ptaków, których wydaliny, gromadząc się w ciągu stuleci, utworzyły całe pokłady, eksploatowane obecnie jako świetny nawóz. Jeśli zagłębimy się nieco w te sprawy, uzyskamy niespodziewany wgląd w proces, zwany gospodarką azotową natury.

Wydalony przez owe ptaki kwas moczowy pochodzi ze spalania białka, pobranego z pokarmu składającego się głównie z ryb. Skąd jednak ryby pobierają białko? Z drobniutkich raczków planktonowych, które połykają,

cedząc przez filtry skrzelowe. A skąd biorą białko owe raczki? Znowuż z pokarmu, z mikroskopijnych stworzeń, które, o ile same nie są drobniutkiemi roślinami, to odżywiają się niemi. W jaki sposób zaś tworzą białko te roślinki? Wiemy już przecież, że rośliny potrafią pobierać proste związki z wody, powietrza i gleby i budować z nich swoje ciało. Dla budowy białka potrzebny jednak jest azot, który pobierają w postaci soli azotowych, rozpuszczonych w wodzie morskiej. Skądżeż one się biorą? Częściowo ze skał i z wody deszczowej; większa część natomiast pochodzi z istot żywych, lecz w formie nienadającej się do bezpośredniego zużytkowania przez rośliny. Przeprowadzenie tych związków na przyswajalne przez rośliny jest jedną z wielu zasług bakteryj. Olbrzymie ilości organizmów wszelkich rozmiarów i gatunków bezustannie podlegają śmierci, lecz mimo to trupów ich nie znajdujemy ani na lądzie, ani w wodzie; zawdzięczać to należy bakterjom gnilnym. Rozkładają one przy pomocy wytwarzanych enzymów wszystkie substancje organiczne, wszystko to, co tworzyło ciało zwierząt i roślin, na proste związki chemiczne, na bezwodnik węglowy, wodór, siarkowodór, metan, wodę i amonjak, zawierający azot; ten właśnie związek najbardziej nas obecnie interesuje. Chcąc go opisać znaną metodą, zaznaczamy, że wzór jego składa się z jednego klocka azotowego i trzech klocków wodorowych. Z amonjaku jednak rośliny nie mogą budować białka; z pomocą przychodzą inne bakterje i za pośrednictwem enzymów łączą amonjak z tlenem w ten sposób, że powstaje wzór, złożony z jednego klocka azotowego, jednego wodorowego i trzech tlenowych, noszący nazwę kwasu azotowego, który łączy się z innemi związkami na t. zw. sole azotowe czyli azotany. Dopiero te azotany zostają przyswojone przez drobniutkie roślinki morskie i zużytkowane do budowy białka.

A teraz wróćmy znów do punktu wyjścia, do guano. Od zamierzchłych czasów masy ptaków produkowały gu-

ano na wybrzeżach Chili, doprowadzając do nagromadzenia olbrzymich złóż. Zjawiły się również odpowiednie bakterje, rozszczepiały guano i budowały sole azotowe, spłókiwane następnie do pustynnego obszaru o suchym klimacie, gdzie gromadziły się w wielkich ilościach. Są to właśnie owe złoża chilijskiej saletry, którą cały świat nawozi role. Co znaczy słowo „nawozić“ wiemy teraz dokładnie; znaczy ono dostarczyć glebie azotu w formie przyswajalnej przez rośliny, by ułatwić im wytworzenie białka. Czyż jednak produkcja białka przywiązana jest wyłącznie do tego azotu, zamykającego w powyższy sposób swe krążenie w naturze? Zapewne wiecie wszyscy, że otaczające nas powietrze składa się w czterech piątych z azotu; jest to więc niewyczerpany jego zapas, niestety jednak niedostępny ani dla zwierzęcia, ani dla rośliny, z wyjątkiem dwóch rodzajów drobnoustrojów. Potrafią one pobierać azot z powietrza i tak go przetworzyć, że w rezultacie powstają związki, z których rośliny budują połączenia białkowe. W pewnej grupie roślin, do której należy groch i wyka, zachodzi to zdumiewające zjawisko; oto na ich korzeniach tworzą się bulwki, w których żyją owe bakterje i pobrany z powietrza azot przetwarzają na związki przyswajalne przez wspomniane rośliny. Sprawa ta jest oddawna znana na całym świecie naiwnym wieśniakom, którzy nie mają pojęcia o żadnych bakterjach; nasi chłopi obsiewają grunta łubinem, by użyźnić glebę. W identyczny sposób japoński rolnik, plantujący ryż, sieje na wiosnę żółto kwitnące łubiny na ryżowych polach, a gdy przychodzi pora siewu, zaorywuje cały ich złocisty przepych, urozmaicający monotonję niezadrzewionych nizin ryżowych. Drugą istotą, użytkującą azot atmosferyczny, jest człowiek; duch jego zdobył to, czego ciału odmówiła natura, i maszyny w specjalnych fabrykach zamieniają bezużyteczny azot powietrza na cenne nawozy sztuczne.

7.

Nie potrzeba wielkiego wysiłku myślowego, by przejść od nawożenia pól do zakończenia procesu trawienia, szczególniej, jeśli była mowa o wschodnio-azjatyckich polach ryżowych. Ktokolwiek podróżował wiosną w takich okolicach Chin lub Japonji, wie, co mam na myśli; kto zaś nie miał tego szczęścia, prawdopodobnie niezbyt będzie doń tęsknił, jeśli usłyszy, że pola owe nawożą wyłącznie ludzkiemi odchodami. Typowym obrazkiem podmiejskim w tamtych stronach jest procesja długich wozów, naładowanych drewnianemi kubłami, w których wywozi się cenne odpadki ludzkiego trawienia na pola ryżowe; w ich szlamie zostają znów przetworzone na chleb powszedni. Już z powyższego jasno wynika, że w odchodach znajduje się obok rozmaitych niestrawionych resztek, przedewszystkiem błon roślinnych, wiele niewyzyskanych połączeń azotowych i nienaruszonych cząstek pożywienia, podlegających rozkładowej działalności gnilnych bakteryj w jelicie grubem. Rozumiemy teraz, dlaczego tak wiele zwierząt żywi się odchodami, a niektóre z nich, szczególniej w razie głodu, pożerają własne wydaliny.

Lecz dość już o tych nieapetycznych rzeczach; nadmienimy tylko, że nie wszystkie zwierzęta posiadają odbyt do wydalania ekskrementów. Zrozumiałe to jest u pasorzytów, pobierających pokarm już strawiony, i raczej niespodzianką jest występowanie odbytu i odbytnicy u askarydy. Lecz również u całych grup wolno żyjących niższych istot, jak polipów, niższych robaków, licznych rozgwiazd, zaznacza się brak odbytu, a do wydalania niestrawionych resztek służy otwór ustny. Pospolite zwierzę, sowa, posługuje się jednak obydwoma sposobami; właściwe resztki trawienne wydala przez odbyt, lecz niestrawne pióra, włosy i kości, które połyka z pokarmem, wymiotuje. Wpobliżu mego rodzinnego miasta znajdował się lasek, zamieszkały licznie przez sowy, i cała ziemia była tam pokryta

owemi odchodami, których różnorodna treść bardzo frapowała nas, chłopców.

Na tem kończymy rozdział o trawieniu i przemianie materji, rozdział prawdopodobnie ciężkostrawny dla czytelników; nie dało się tu przytoczyć zbyt wielu anegdotek i należało nieco wytężyć umysł, by wszystko dobrze zrozumieć. Gdybyście jednak wiedzieli, jakbym musiał was dręczyć, chcąc zapoznać ze szczegółami z tej dziedziny, ucząc was swobodnie się poruszać, nietylko zaś stawiać chwiejne kroki! Niedołężnem tylko raczkowaniem jest opowiadanie o trawieniu, wydalaniu, przemianie materji, bez zagłębiania się w zdumiewające szczegóły chemicznych procesów. Czyż mogę jednak obarczać was tem deprymującem wyznaniem? Tak wielu przecież ludzi oddaje swe życie i zdrowie w ręce znachorów, którzy nie umieją stawiać nawet owych pierwszych kroków i nie przeczuwają nawet skomplikowanych procesów, zachodzących w chemicznych laboratorjach organizmu. Czyż ludzie niemający pojęcia o normalnym biegu spraw w fabryce mogą wyrokować o naprawie uszkodzonych maszyn?

ROZDZIAŁ DZIEWIĄTY

PŁEĆ, ROZRÓD, ZAPŁODNIENIE

Czy przypominacie sobie opowiadanie o pilnym studencie, który zaledwie zdążył gruntownie obejrzeć zwierzę, dane mu do rozpreparowania, gdy tymczasem jego leniwy kolega pokiereszował je i zniszczył? Byliśmy bardzo dumni z solidnego zabrania się do rzeczy, gdyśmy oglądali swego czasu askarydę, lecz radość była przedwczesna, gdyż istotnie przeoczyliśmy coś bardzo ważnego, co musimy teraz naprawić. Przy nieco większem napięciu uwagi stwierdzilibyśmy, że robaki owe nie są jednakowej wielkości, niektóre są większe, inne znacznie mniejsze i o zagiętym haczykowato tylnym końcu ciała (Rys. 1). Nietrudno domyślić się znaczenia tych różnic; są to różnice płciowe. Większe robaki są to samice, mniejsze — samce.

Chociaż brzmi to prosto i zrozumiale, jednak co za obfitość problematów łączy się z temi sprawami! Poruszymy kilka z nich i kolejno je wyjaśnimy. Z początku chcielibyśmy się dowiedzieć, jakie zasadnicze różnice zachodzą pomiędzy obiema płciami. Przed chwilą widzieliśmy, że samiec askarydy jest mały, samica zaś duża; nie jest to jednak nic istotnego, skoro naprzykład kogut jest większy od kury. Lecz kogut wykazuje, jak się zdaje, ważniejsze różnice; posiada wysoki grzebień i donośny głos, rycerskie ostrogi i piękne pióra w ogonie — czego brak kurze. Pomimo to i powyższe cechy nie są zasadnicze, gdyż u wielu zwierząt obydwie płcie są zupełnie jednakowe i, chcąc uzyskać pewność co do tej sprawy, musielibyśmy badać ich budowę wewnętrzną oraz stwierdzić, czy posiadają jajniki czy jądra, gdyż tylko ta cecha stanowi o zasadniczej różnicy płci, a nie inne, zewnętrzne właściwości. Rola tych organów, zwanych gruczołami płciowemi, jest powszechnie znana; wiadomo, że kura znosi jaja, z których jednak

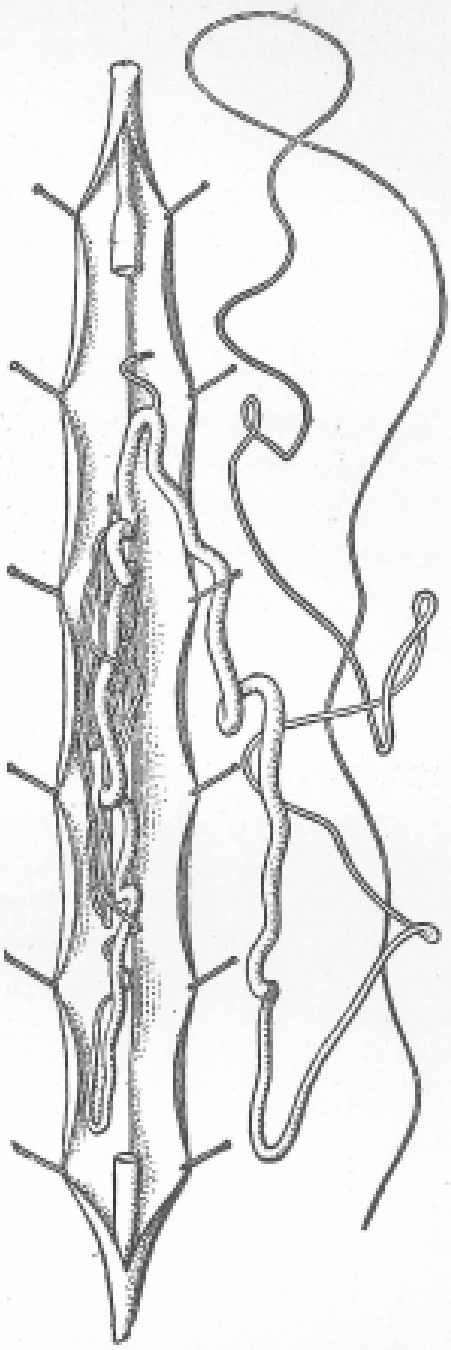
nie rozwiną się kurczęta, o ile nie zostaną zapłodnione przez koguta. Czyż nie wszyscy z was o tem wiedzą? A jednakże z pewnością nie wiedział o tem ów sławny profesor matematyki, którego odwiedziłem jako młody jeszcze student. Zaaranżował on w swym ogrodzie hodowlę kur i cieszył się nadzieją spożywania kurcząt własnego chowu, chciał jednak dowiedzieć się ode mnie, czy w tym celu konieczny jest kogut. To frapujące pytanie zadał mi po łacinie, by nie obraziło uszu członków rodziny płci nadobnej. Jeśli więc ktokolwiek z czytelników ma podobne wątpliwości, co i ów uczony, muszę go — tym razem w zrozumiałej polszczyźnie — pouczyć, że u większości zwierząt jajo zdolne do rozwoju musi zostać uprzednio zapłodnione. Wprawdzie zetkniemy się nieco dalej z wyjątkami z tej reguły, jednak kury nie należą do nich.

1.

Dowiemy się teraz, jakie zjawiska zachodzą podczas zapłodnienia jaja. Jest to sprawa pozornie prosta, lecz, by ją zrozumieć, należy wiedzieć o mnóstwie innych rzeczy, do których poznania prowadzi nas askaryda. Potrafimy już zewnętrznie odróżnić obie płci i czas zapoznać się z ich wewnętrznemi organami. W tym wypadku jest to zadanie bardzo łatwe, ponieważ zajmują one wewnątrz ciała najwięcej miejsca, a nie dostrzegliśmy ich dotąd jedynie dlatego, że dostrzec ich nie chcieliśmy. Natychmiast po rozcięciu robaka wystąpiły nitkowate cewki, zapełniające całe wnętrze ciała i reprezentujące gruczoły płciowe (Rys. 111). Ich niezwykłe rozmiary nie są jednak specjalnie tajemnicze, gdyż robak ten jest właściwie tylko wielkim aparatem rozrodczym, nieprzerwanie produkującym olbrzymie, miljonowe masy jaj. Zjawisko to nie jest odosobnione, jak tego uczy chwila zastanowienia, gdyż i ryba w okresie tarła napakowana jest ikrą, i motyl — nie mówiąc o wspomnianej uprzednio królowej termitów.

Spróbujmy rozwikłać gruczoły płciowe askarydy! U sa-

micy znajdziemy dwie splątane nici, kilkakrotnie dłuższe od całego ciała, połączone ze sobą w pewnem miejscu (Rys. 111), skąd wspólny odcinek końcowy prowadzi do ujścia zewnętrznego, położonego mniej więcej pośrodku robaka. U samca napotkamy tylko jedną długą nić, uchodzącą ztyłu, wraz z odbytem; w tem miejscu znajdują się prócz tego delikatne szczecinki, wysuwalne nazewnątrz. Po bliższem zbadaniu owych nici, a ściślej gruczołów płciowych, pod mikroskopem okazuje się, że składają się one z dwóch głównych odcinków, przyczem wewnętrzny, tworzący główną część nici, wytwarza produkty płciowe, więc jaja u samic a plemniki u samców, zewnętrzny zaś wyprowadza je nazewnątrz, dokąd wydostają się przez otwór płciowy.

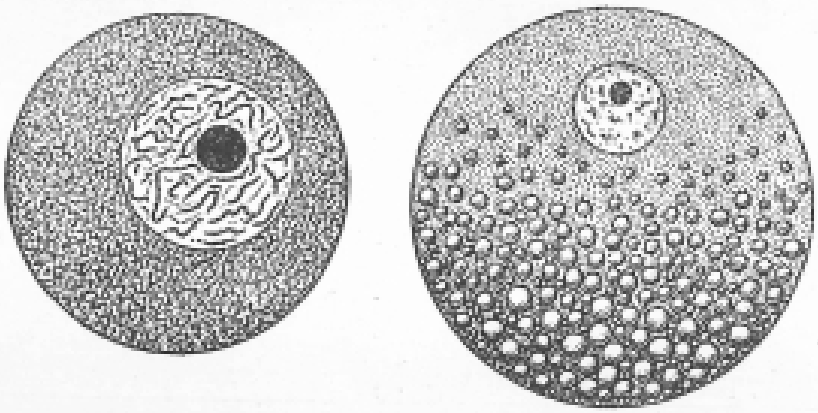


Rys. 111. Samica askarydy; gruczoły płciowe z jednej strony zostały rozplątane.

Jeśli rozpreparować jakiekolwiek inne zwierzę: owada, rybę, ptaka lub ssaka, ich wewnętrzne organy płciowe na pierwszy rzut oka wyglądają zupełnie inaczej niż u askarydy, i zjawisko to zaznacza się nawet w zakresie najmniejszych grup zwierzęcych; po bliższem zbadaniu okazuje się jednak, że obok licznych organów dodatkowych spotykamy zawsze organy zasadnicze, któremi są gruczoły płciowe,

produkujące jaja i plemniki, oraz drogi wyprowadzające te elementy nazewnątrz przez otwory płciowe. Wynika stąd niezbicie, że najważniejszemi częściami aparatu płciowego są gruczoły płciowe, a zatem jajniki i jądra.

Używaliśmy dotąd kilkakrotnie terminu produkty płciowe, oznaczając tem mianem jaja i plemniki; może



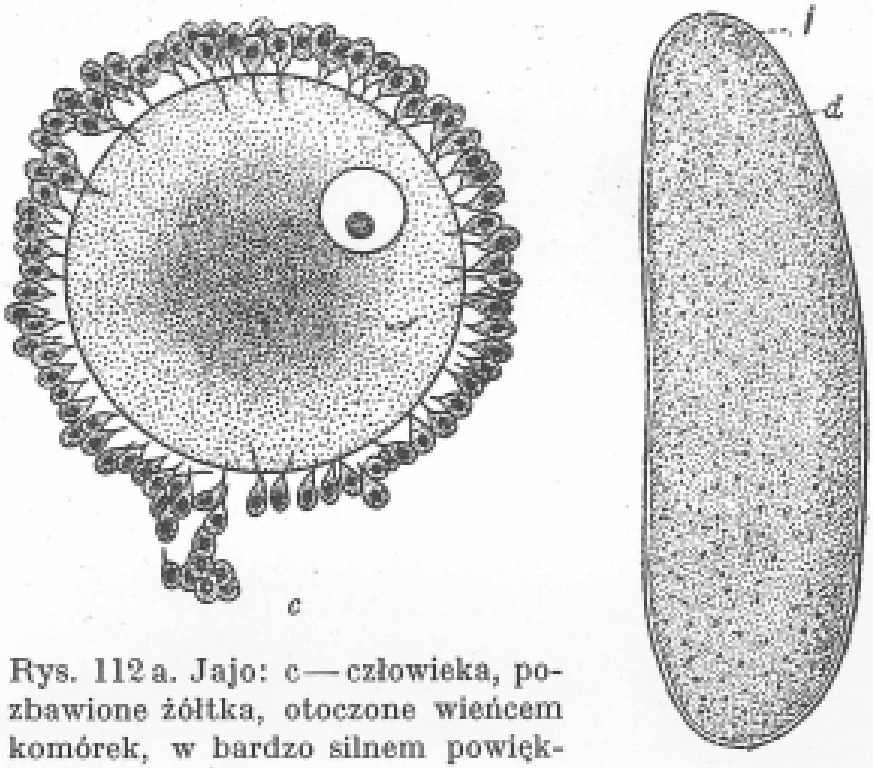
a b

Rys. 112. Jaja: a — rozgwiazdy, b — ślimaka z bryłkami żółtka.

to jednak wywoływać mylne mniemanie, jakoby chodziło o coś nieokreślonego pod względem kształtu, bez wyraźnych zarysów. Z tego względu postaramy się zastąpić go jak najszybciej jedynie prawidłowym terminem — komórki płciowe, ponieważ produktem gruczołów płciowych są komórki, takie same „prawdziwe" komórki, jak i te, które poznaliśmy jako składniki ciała, przyczem u płci żeńskiej noszą one nazwę jaj, u płci męskiej zaś — plemników lub komórek nasiennych.

Wszystko to jest dla czytelników prawdopodobnie zawikłane i dziwne, ponieważ przywykliście przez komórkę rozumieć maleńką bryłkę, złożoną z plazmy i jądra, tymczasem taką komórką ma być jajo? Przecież mówiąc o jaju, przychodzi nam zawsze na myśl jajo kurze albo nawet strusie. Lecz nie możemy ze swej strony niczego cofnąć; u bardzo wielu zwierząt jajo jest drobniutką komórką, taką samą jak inne komórki ciała — do takich właśnie zwierząt należy i człowiek (Rys. 112). U innych

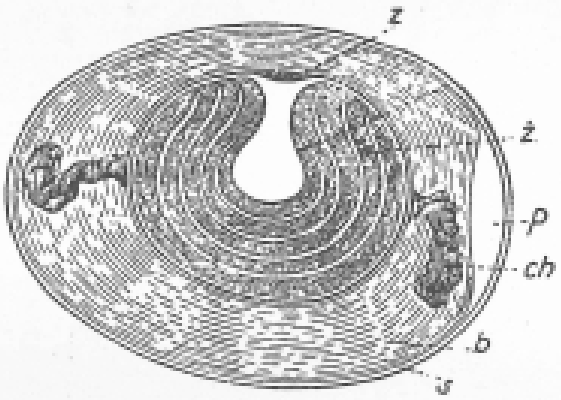
natomiast nikła początkowo komórka jajowa obładowuje się olbrzymiemi zapasami odżywczych substancyj, użytkowanych przez rozwijający się zarodek. Substancje owe nazywamy żółtkiem; nagromadzenie jego warunkuje pokaźne rozmiary jaj ptaków, rekinów, jaszczurek lub owadów. Żółtko w jaju kurzem jest komórką, przeładowaną zapasami odżywczych substancyj, których nie potrzebuje jajo człowieka lub słonia, ponieważ pożywienia dla zarodka dostarcza organizm matki (Rys. 113). Jak się jednak przedstawia sprawa białka i skorupy jaja kurzego? Są to elementy grające rolę ochronną i wspólne wielu zwierzętom; nie mają jednak nic wspólnego z właściwą komórką, tak samo jak futro z jego właścicielem.



Rys. 112 a. Jajo: c — człowieka, pozbawione żółtka, otoczone wieńcem komórek, w bardzo silnem powiększeniu, d — owada, w słabem powiększeniu, obfitujące w żółtko z jądrem j.

Jak jajnik wytwarza jaja, tak jądro — komórki nasienne. To, co się potocznie nazywa nasieniem, jak naprzy-

kład „mleczko“ samców ryb, jest cieczą, zawierającą miljony drobniutkich plemników. Zasadniczo nie są one różne od komórek skóry lub młodych komórek jajowych. Przypomnijmy sobie, że komórki mięśni i nerwów posiadają zdolność przyjmowania najrozmaitszych form w zależności od zadań, które mają wypełniać; komórka skóry posiadała kształt brukowca, komórka mięśniowa — włókna; podobnie i komórka nasienna przybiera kształt odpowiedni do zadań, do których jest przeznaczona. Zadanie to polega na dotarciu do komórki jajowej i przeniknięciu do jej wnętrza, co stanowi treść zapłodnienia. Ponieważ odbywa się to zwykle w środowisku płynnem, większość plemników posiada kształt, który zapewnia im możność poruszania się w takiem otoczeniu oraz wśrubowania się do wnętrza jaja. Plemnik przybiera formę subtelnego włókienka, poruszającego się w charakterystyczny sposób, które dociera do komórki jajowej i śpiczastym przednim końcem wwierca się w nią (Rys. 114). Plemniki owe, jednakowo mikroskopijne u słonia, jak i u ślimaka, produkowane są w jądrach w kolosalnych ilościach i, pogrążone w płynie nasiennym, wyprowadzane zostają przez męski otwór płciowy.

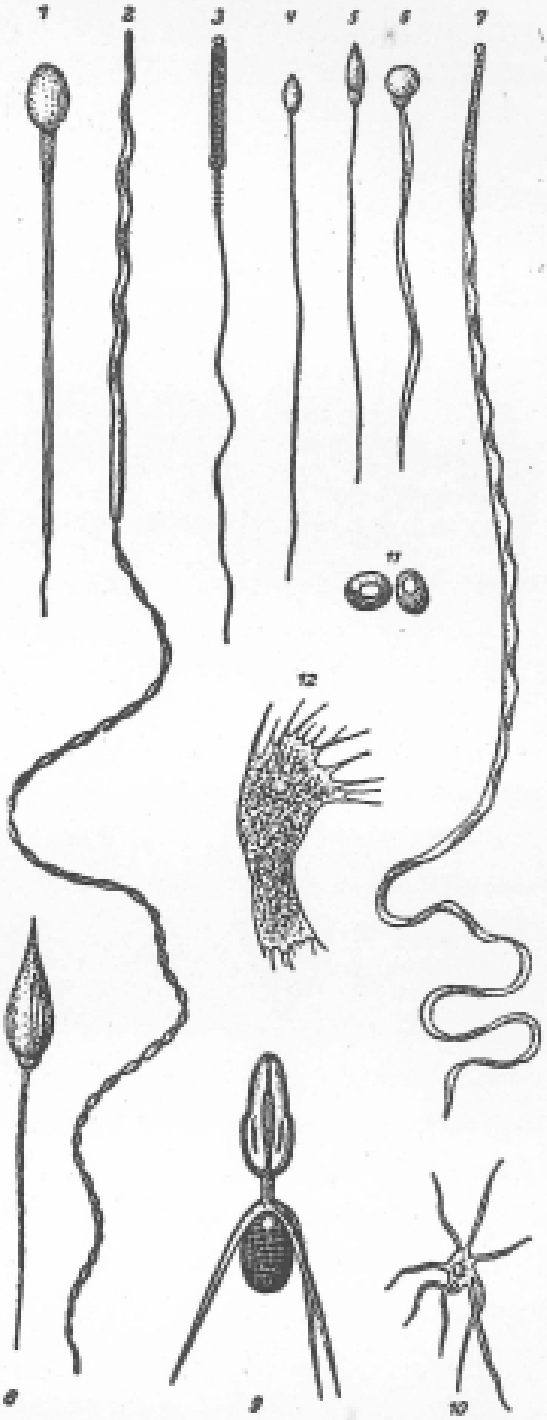


Rys. 113. Jajo kurze. z — tarcza zarodkowa z jądrem, ż — żółtko, b — białko, s — skorupa, ch — sznury białkowe, p — przestrzeń powietrzna.

2.

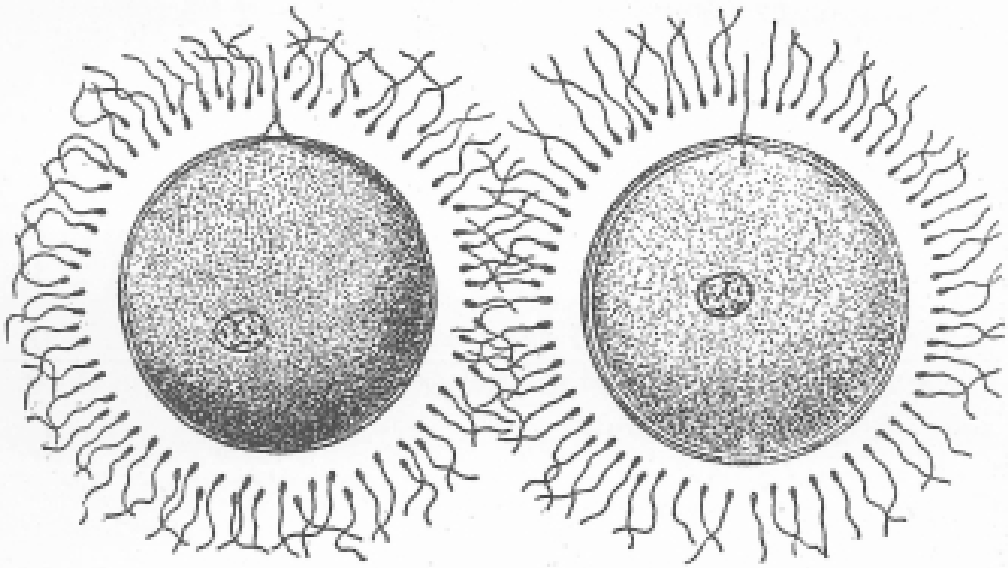
Warunkiem koniecznym dla przeniknięcia plemnika do jaja w celu zapłodnienia jest oczywiście naturalna możność zetknięcia się komórek płciowych. Dochodzi to do skutku u wielu zwierząt w bardzo prosty sposób; produ-

kują one niesłychane masy jaj i plemników, które wydalają do otaczającej wody i zetknięcie się ich powierzają prądom i falowaniom. W ten sposób — ku radości uczonych — postępują jeżowce morskie, o których już była mowa swego czasu; dają nam one dogodną okazję do badania zjawisk, związanych z zapłodnieniem. Bierzemy w tym celu samca i samicę jeżowca, rozcinamy je, wytrząsamy jaja i mleczną ciecz, zawierającą plemniki, mieszamy jedno z drugiem w szalce z wodą morską i obserwujemy pod mikroskopem ciąg dalszy (Rys. 115). Na tej drodze prawie przed pół wiekiem zostały wykryte tajemnicze procesy, związane z zapłodnieniem, i od tego czasu jeżowce stały się ulubionemi zwierzętami domowemi badaczy, odpowiadającemi na nieskończone szeregi coraz to nowych pytań. Lecz i bardziej nam znane istoty nie zadają sobie większego trudu w związku z zapłodnieniem, mianowicie ryby;



Rys. 114. Plemniki: 1 — człowieka, 2 — żarłacza, 3 — mewy, 4 — ślimaka, 5 — meduzy, 6 — szczupaka, 7 — chrząszcza, 8 — ryby płuco-dysznej, 9 — raka, 10 — nicienia, 11, 12 — raczków.

te jednak upewniają się nieco bardziej co do rezultatu, zbierając się w okresie godowym parami lub wielkiemi stadami na określonych tarliskach, jak mówimy, i wydalając jednocześnie produkty płciowe. I to jednak zjawisko wyzyskał człowiek, nietyle powodowany żądzą wiedzy, ile żądzą naładowania swego żołądka. W za-



Rys. 115. Zapłodnienie jaja jeżowca; na lewo plemnik w trakcie wnikania do jaja, na prawo — po osiągnięciu tego celu.

kładach hodowli ryb wyciska się zapomocą ręcznego masażu ikrę z samic, a mleczko z samców i miesza się jedno z drugiem w naczyniach; rybki, rozwijające się wskutek sztucznego zapłodnienia, można z łatwością hodować dalej w ogromnych ilościach. Chciwy człowiek wyzyskał też łączenie się ryb w wielkie stada, poprzedzające znoszenie ikry. Tak naprzykład śledzie zbijają się niezliczonemi tysiącami w ławice, dążące do znanych miejsc tarła w oceanach. Po drodze czyhają jednak rybacy, łowiąc ryby całemi okrętami. Podobnie łosoś porzuca w swoim czasie rodzinne morze i dąży wgórę rzek, by złożyć ikrę w odległych strumieniach górnego ich biegu; na niego również czatuje wędkarz, dla którego smaczne

mięso ryby jest pewnie stokroć ważniejsze od wszystkich mądrości o komórkach płciowych i zapłodnieniu.

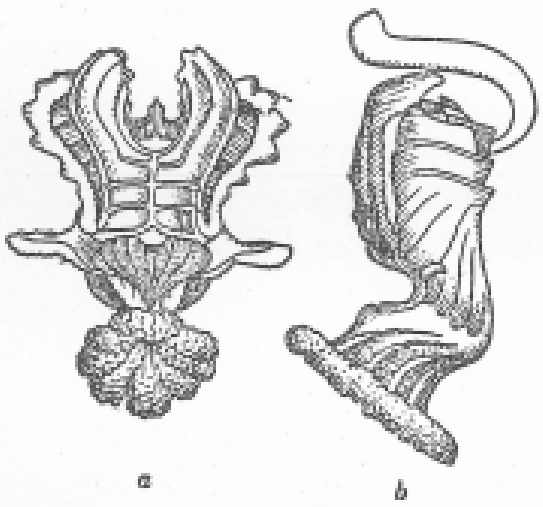
Mieliśmy dotąd do czynienia z zapłodnieniem zewnątrz macierzystego organizmu, podczas którego mniejsza lub większa rola pozostawiona była przypadkowi. Znamy jednak zwierzęta o zapłodnieniu zewnętrznem, które ograniczają rolę przypadku i troszczą się o pewny rezultat zapłodnienia. Gdy wiosenne ciepło zbudziło żaby z zimowego odrętwienia i wieczorami samce śpiewają w stawach swe pieśni, zwykle znajdujemy te stworzenia połączone parami. Samiec przesiaduje na grzbiecie samicy całemi dniami, obejmując ją mocno przedniemi łapkami, a kiedy samica znosi skrzek, wypuszcza nasienie, zapładniające jaja, z których następnie mogą rozwinąć się kijanki.

Uderza nas fakt, że jeżowiec, ryba, żaba są to zwierzęta żyjące w wodzie, i nasuwa się przypuszczenie, że zewnętrzne zapłodnienie pozostaje w związku z wodnym trybem życia. Istotnie, przypuszczenie to jest słuszne, a to z tej przyczyny, że istnienie komórki związane jest z wilgocią; gdy komórka wysycha, następuje jej śmierć, z nielicznemi tylko wyjątkami; pewne gatunki nasion mogą zachować zdolność kiełkowania w ciągu stuleci, a niektóre wodne zwierzątka po zupełnem wyschnięciu zwilżone wracają do życia. Jajo i plemnik są to jednak twory bardzo delikatne, które zabija już powierzchowne wyschnięcie; jeśli więc nie mogą się one połączyć w wodzie, musi to być środowisko wilgotne, które istotnie reprezentują miękkie błony śluzowe żeńskich dróg płciowych. Zwierzęta więc lądowe, z wyjątkiem pewnych gatunków tropikalnych, żyjących w ociekających wilgocią lasach, gdzie dla zapłodnienia zewnętrznego istnieje jej dosyć, muszą posiadać zapłodnienie wewnętrzne, zachodzące w żeńskich płciowych drogach wyprowadzających. Oczywiście niema mowy o odwróceniu tych rzeczy; liczne zwierzęta wodne posiadają zapłodnienie wewnętrzne, mianowicie takie, których rozwój zarodkowy przebiega we-

wnątrz ciała matki, lub też których jaja po złożeniu otoczone są mocną, ochronną osłonką, niedostępną dla plemnika. Ponieważ osłonki owe wykształcają się w ciele matki, zapłodnienie musi się odbyć przedtem. Jaja zwierząt lądowych, jak robaków, ślimaków, jaszczurek, żmij, ptaków, otoczone są osłonką, chroniącą przedewszystkiem przed wyschnięciem; plemnik natomiast przenika do jaja przed jego złożeniem.

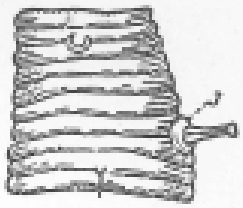
3.

W jaki sposób plemnik dostaje się do jaja, leżącego wewnątrz samicy? Przekonaliśmy się już nieraz, jak wielostronnych środków przyroda używa do realizacji swych celów, jak jeden i ten sam cel osiąga na najrozmaitszych drogach, które się nam niezawsze wydają najprostsze i najbardziej bezpośrednie; tak też jest i w tej dziedzinie. Najbardziej chyba oryginalny sposób polega na tem, że plemniki zostają ułożone niejako w paczki, które zostają wysyłane do miejsca przeznaczenia. „Dostawa“ jednak jest bardzo rozmaita; oto naprzykład traszki, zamieszkujące stawy: w okresie godowym przy ujściu męskiego przewodu wyprowadzającego tworzy się rodzaj kapsułki, wypełnionej plemnikami i szczelnie zamkniętej (Rys. 116), będącej oczywiście wytworem specjalnych gruczołów. Kapsułkę tę, czyli spermatofor, samiec składa na dno, wykonywając przy tem charakterystyczne ceremonje, a następnie samica wpełza na ów pakiet i przyjmuje go do swego ujścia płciowego; wydzielina pewnych gruczo-



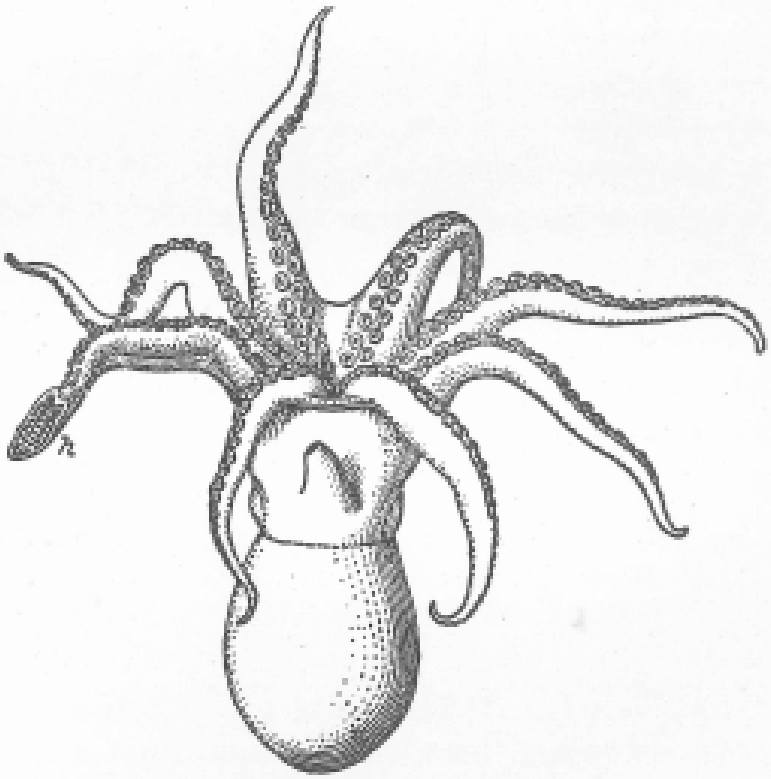
Rys. 116. Spermatofory traszki: zprzodu a i z profilu b.

łów rozpuszcza otoczkę i oswobodzone plemniki mają wolną drogę do jaj po wilgotnych ścianach przewodu płciowego.



Rys. 117. Część brzusznej partji pijawki z przyczepionym spermatoforem (3).

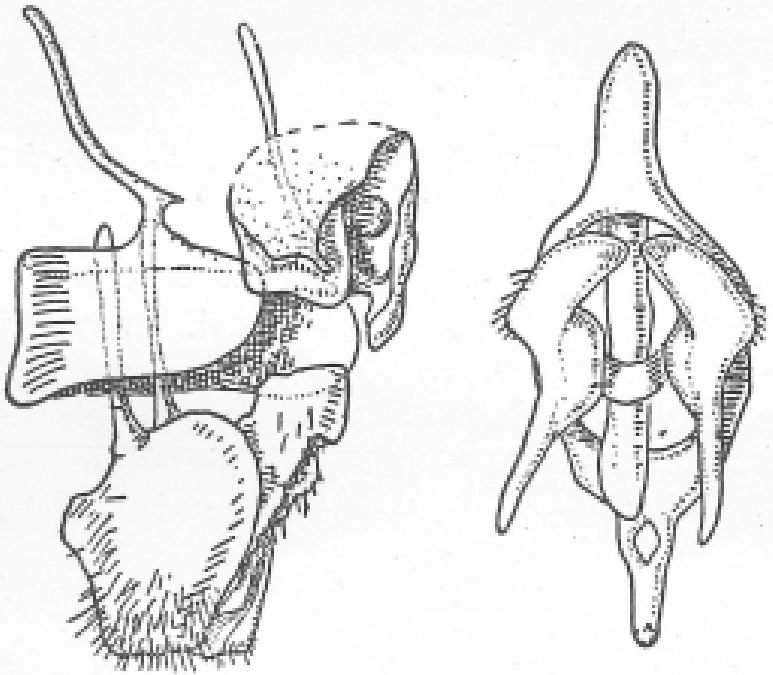
U innych zwierząt, których samce również produkują spermatofory, dostawa ich na miejsce przeznaczenia odbywa się w odrębny sposób, u pewnych pijawek — w dość szczególny. Pakiecik nasienny ma kształt zaostrzonej spinki i samiec kłuje nim samicę (Rys. 117); plemniki, wydostając się zeń wewnątrz ciała samicy, torują sobie drogę do jaj naprzełaj poprzez tkanki ciała. Jednak prym co do oryginalności trzymają pewne głowonogi, zwierzęta morskie, o których słyszeliśmy już dużo ciekawych rzeczy. Przypominamy sobie ich długie ramiona, usiane przyssawkami, które otaczają otwór ustny i niezawodnym chwytem ubezwładniają zdobycz. W okresie rozmnażania u samców pewnych gatunków jedno ramię przekształca się na zbiornik nasienia, napełniony spermatoforami (Rys. 118), a następnie odłamuje się i żyje przez czas pewien w jamie płaszczowej samicy, gdzie następnie wyswobadzają



Rys. 118. Ośmiornica z ramieniem h, przekształconem na spermatofor.

się plemniki. Gdy znaleziono je po raz pierwszy, uznano za samoistne twory i nawet ochrzczono pięknie brzmiącą nazwą!

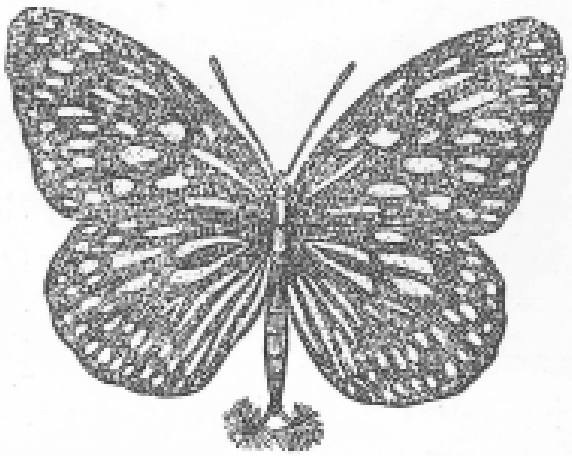
Bezwątpienia są to zdumiewające urządzenia pomocnicze przy zapłodnieniu wewnętrznem, lecz stosunkowo rzadkie w porównaniu do zwykłego trybu aktu płciowego, polegającego na bezpośredniem wprowadzeniu nasienia z narządów męskich do żeńskich; w tym celu u wielu zwierząt wykształcają się bardzo skomplikowane aparaty, u płci męskiej zaś końcowa część nasieniowodu jest zwykle wysuwalna i może zostać wprowadzona do żeńskiego otworu płciowego; często istnieją przytem urządzenia pomocnicze, jak cęgi lub szczypce, służące do przytrzymywania samicy. U licznych owadów są one tak charakterystyczne i subtelne, że służą do oznaczania poszczególnych gatunków (Rys. 119); dzięki temu zapłodnienie zachodzi tylko w obrębie danego gatunku.



Rys. 119. Aparat płciowy motyla, na lewo samicy, na prawo samca.

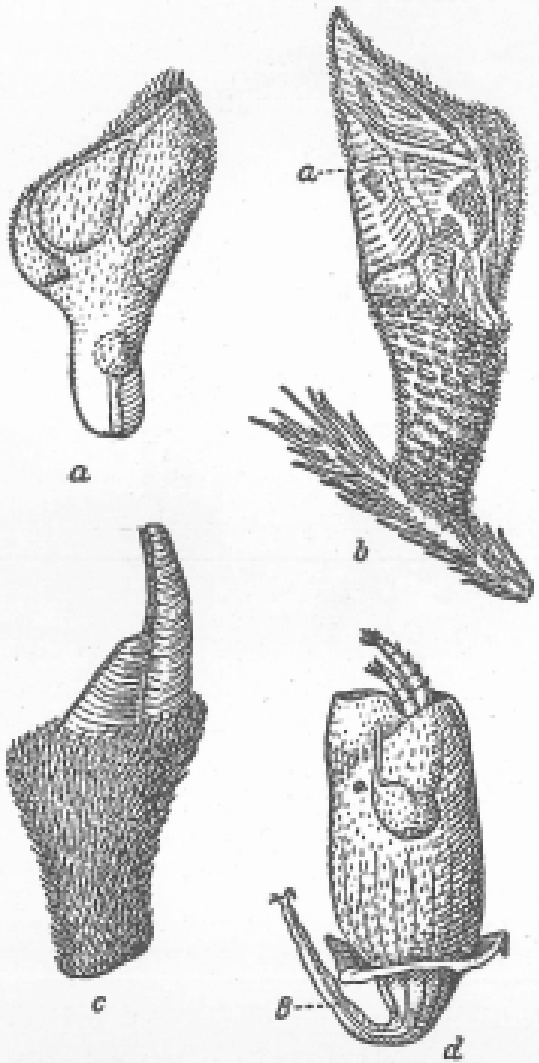
Złączenie w akcie płciowym suponuje oczywiście możność odnalezienia się obu płci; nie wzbudza to specjalnego zainteresowania, gdy mieć naprzykład na uwadze jelenia, odszukującego łanię wzrokiem, lub też koguta; czyż jednak sprawa ta jest równie nieskomplikowana u motyla?

Przypominamy sobie, że wchodzi tu w grę zapach, który zresztą i u wyższych zwierząt gra niepoślednią rolę przy łączeniu się płci, że na skrzydłach i na ciele samicy znajdują się specjalne organy wonne, których lotne wydzieliny działają na samca z milowej odległości i są nieraz tak intensywne, iż odczuwamy je nawet zapomocą naszego tępego powonienia (Rys. 120). Nie należy też zapominać o zwierzętach pogrążonych w wiecznej nocy głębin morskich, których oczy i organy świetlne opowiedziały nam wiele interesujących rzeczy. W jaki sposób odszukują się tam płcie? Być może, ma rację pewien uczony, sądząc, że pomocniczą rolę przy tem grają kolorowe światełka, układające się na ciele tych zwierząt w barwne wzory. Któż jednak może twierdzić to z całą pewnością? Szukając wypadków, w których spotkanie się obu płci napotyka na przeszkody, nie potrzebujemy zapuszczać się aż w głębie oceanów. Przecież i nasza askaryda przebywa w wiecznej ciemności, chociaż zresztą zwykle w jelitach znajduje się większa ich ilość; mogą więc odszukać się przy pomocy dotyku i przystąpić do aktu płciowego, podczas którego samiec okręca dokoła środkowej partji samicy swój tylny, zagięty koniec ciała, a wspomniane poprzednio szczecinki warunkują ściślejsze połączenie płci. Jeśli jednak przypadek zdarzy, że w jelicie znajdzie się robak-samotnik, wówczas żadna siła nie dopomoże mu do wydania potomstwa. Pewne pasorzyty lub też zwierzęta, których tryb życia związany jest z samotnictwem, rozwiązują kwestję w ten sposób, że samiec połączony jest z samicą od wczesnej



Rys. 120. Pewien motyl indyjski z wypuklonym organem wonnym.

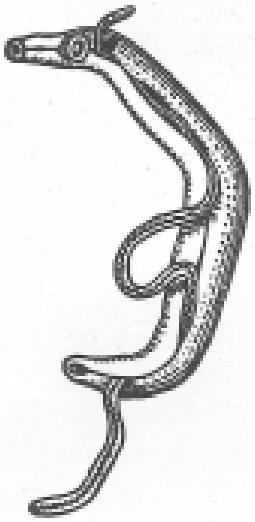
młodości. U niektórych osiadłych zwierząt morskich samiec żyje na samicy jak pasorzyt (Rys. 121), u pewnego robaka, pasorzytującego u ludzi i wywołującego złośliwe schorzenia, samiec przez całe życie nosi samicę ze sobą w rynienkowatem zagłębieniu ciała (Rys. 122); rekord pod tym względem należy do owego robaka morskiego, którego samica podobna jest do śliwki zaopatrzonej długim, wstęgowatym ryjkiem, gdy tymczasem samiec, jako mikroskopijna istotka, pasorzytuje przez całe życie w jej organach płciowych (Rys. 123). Tak więc w ten lub inny, mniej lub bardziej złożony — a często nieoczekiwany — sposób zapewnione jest połączenie płci; rozmnażanie się jest przecież ostatecznym celem życia zwierząt.



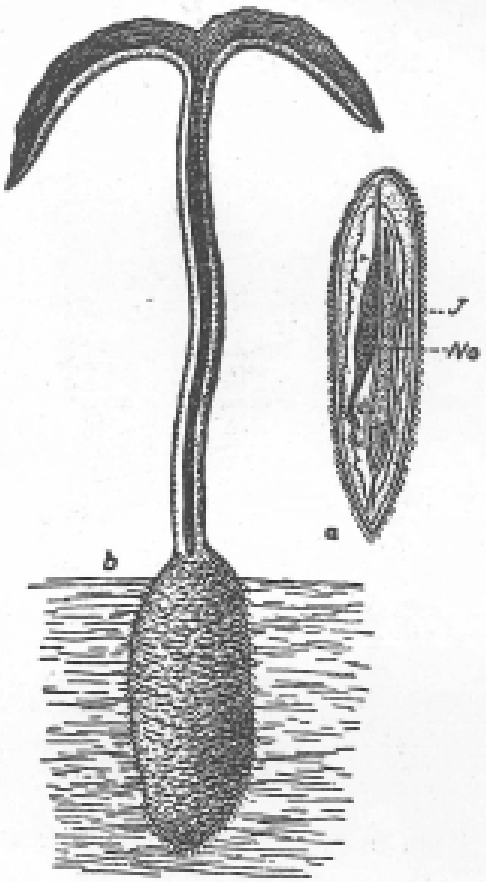
Rys. 121. a — karłowaty samiec dodatkowy wąsonoga w silnem powiększeniu, b — uczepiony do samicy, c — samica innego gatunku, d — odpowiedni samiec, przyczepiający się do niej zapomocą wyrostka B.

Czyż należy specjalnie podkreślać, jak wielki wpływ na tryb życia zwierząt wywiera konieczność połączenia się płci, szczególnie, o ile dochodzi do tego druga konieczność, opieka nad potomstwem? Każde dziecko wie o współżyciu jaskółczych i gołębich par; wszyscy słyszeliśmy o walkach jeleni w okresie rui, o locie godowym królowej pszczół z trutniami, o przedstawieniach,

jakie swej samicy daje zakochany paw lub cietrzew. O stosunku wzajemnym płci i o jego znaczeniu w życiu zwierząt dałoby się opowiadać w nieskończoność, lecz sprawy te są wszak ulubionym tematem dla mniej lub więcej poważnych książek, tak, że możemy śmiało zrezygnować z dalszego opowiadania; mamy i tak wiele jeszcze do zrobienia.



Rys. 122. Robak *Schistosomum:* samiec nosi samicę w rynienkowatem zagłębieniu.

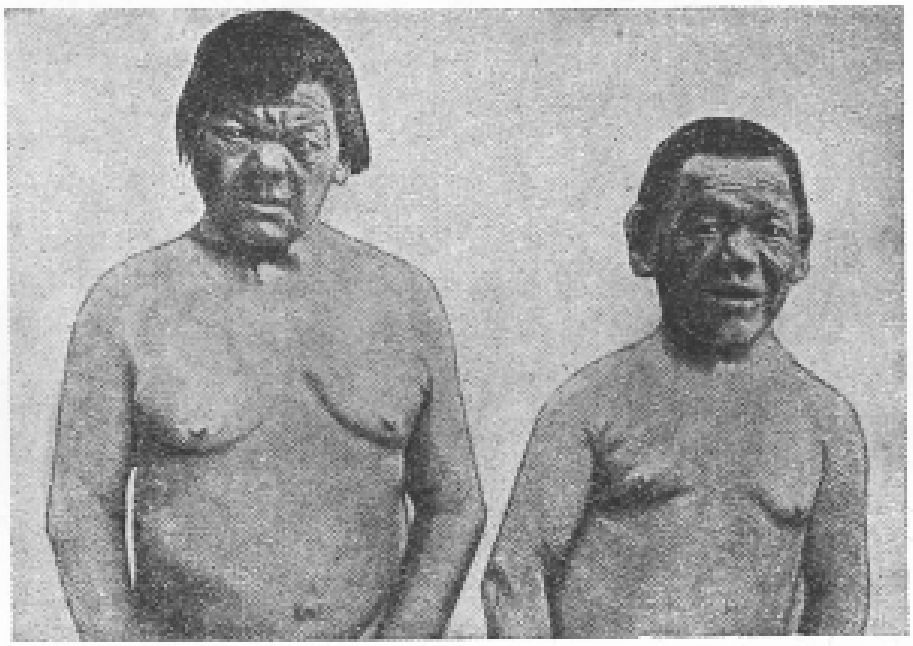


Rys. 123. Robak *Bonellia.* b — samica, wielkość prawie naturalna, a — samiec w silnem powiększeniu; j — zanikowe jelito, Na — nasieniowód.

4.

Zasadniczą różnicę płciową, jak wiemy, stanowią gruczoły płciowe, jakkolwiek rozpoznanie płci zwykle opieramy na pewnych zewnętrznych cechach, jak rogi jelenie, ostrogi koguta i t. p. Codzienna obserwacja uczy ponadto, że owych cech nie wykazują zazwyczaj zwierzęta młode,

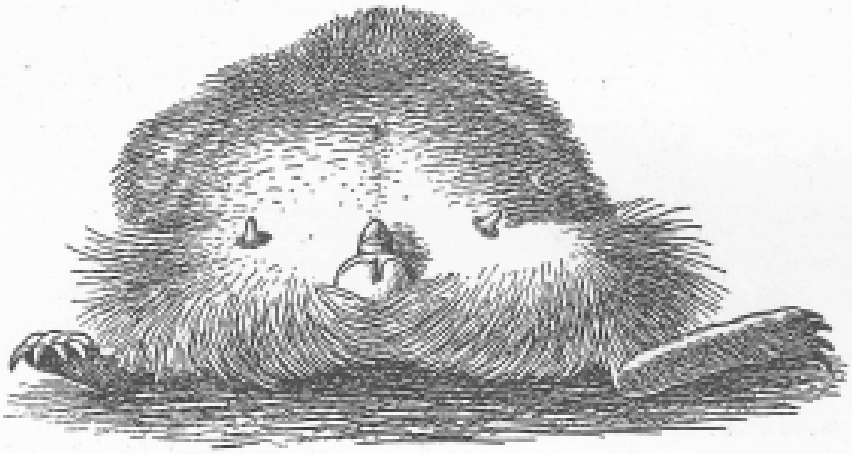
chociaż są one płciowo zróżnicowane, oraz że w starszym wieku (zachodzi to i u ludzi) płcie do pewnego stopnia upodobniają się wzajemnie. Jakiego więc rodzaju może być zależność pomiędzy gruczołami i zewnętrznemi cechami płciowemi? Pewne wytyczne daje nam codzienne doświadczenie, gdyż z przykładów wołu i wałacha wiemy, że kastrowany samiec nie posiada pewnych cech właści-



Rys. 124. Kretynizm spowodowany brakiem tarczycy.

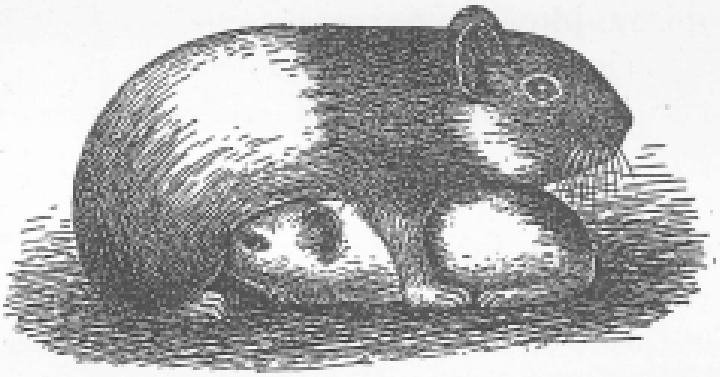
wych danej płci. Gruczoł płciowy wywierać musi zatem pewien tajemniczy wpływ, konieczny jednak dla rozwoju zewnętrznych cech płciowych. W zakresie świata organicznego znamy liczne fakty, posiadające znaczenie drogowskazów w tej dziedzinie. Któż z was nie słyszał o tarczycy, której nienormalny rozwój powoduje chorobę wola? Niekiedy zdarza się, że u pewnych osobników tarczyca niedokształca się lub wogóle nie istnieje; wówczas rozwój całego ciała, a w szczególności mózgu, zostaje zahamowany i w rezultacie mamy do czynienia z idjotą (Rys. 124). Jeśli jednak do organizmu takiego wprowadzimy sztucznie wydzielinę tarczycy, można osiągnąć normalny rozwój. A więc tar-

czyca produkuje pewną substancję (lub wyrażając się potocznie, jest gruczołem o wewnętrznem wydzielaniu), nieodzowną dla normalnego rozwoju organizmu. Dzisiaj znamy długi szereg takich gruczołów, spełniających niekiedy



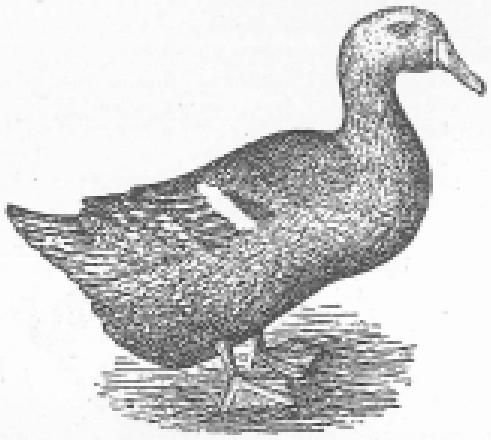
Rys. 125a. Samiec świnki morskiej; wszczepienie jajników spowodowało silny rozwój sutek.

i inne zadania; wydzielina ich niezbędna jest dla tej lub owej funkcji ciała. Należy do nich nadnercze, przysadka mózgowa, trzustka, wątroba. To samo zachodzi i z gruczołami płciowemi, przynajmniej u wyższych kręgowców; zadaniem ich jest, jak wiadomo, produkcja komórek rozrodczych. Prócz tego jednak wytwarzają one w specjalnych komórkach wydzielinę, niezbędną dla normalnego rozwoju zewnętrznych cech płciowych. W jaki sposób można tego dowieść? Oto w następujący: kastruje się młode szczury lub świnki morskie, poczem nie rozwijają

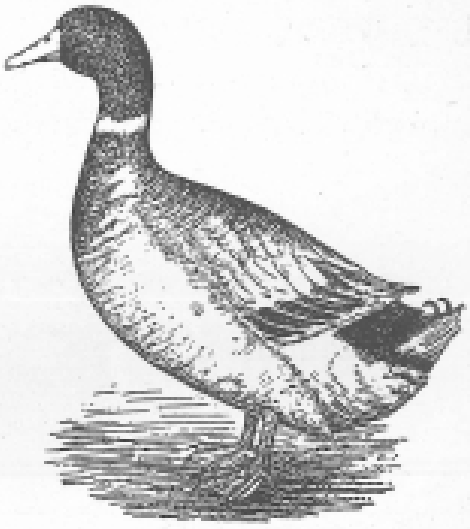


Rys. 125b. To samo zwierzę, karmiące młode.

się u nich wcale, lub tylko nieznacznie zewnętrzne cechy płciowe. Jeśli usunąć samcowi jądra i zastąpić je jajnikami, przyjmuje on zczasem wygląd samicy i zachowuje się tak samo, jak i ona (Rys. 125). Doświadczenia tego samego rodzaju można wykonać z ptactwem domowem, u którego różnice płciowe zaznaczają się wyraźnie w upierzeniu. Kastrowane kury i kaczki nawet bez zaszczepienia jąder zyskują samczy wygląd i upierzenie (Rys.126). Przypominam sobie, jak jeden z mych kolegów wykastrował kaczkę, przeznaczoną do doświadczeń z tego zakresu, którą następnie wziąłem do swej hodowli. Gdy po pewnym czasie kontrolowałem ptaki, zauważyłem pomiędzy kaczkami kaczora, który nie powinien się z nie mi znajdować; po zrobieniu wymówki pracownikowi, dozorującemu hodowlę, usłyszałem odpowiedź, że to ja sam go wpuściłem, i istotnie po sprawdzeniu pierścienia z numerkiem okazało się, że jest to owa wykastrowana kaczka, która przyjęła samczy wygląd.



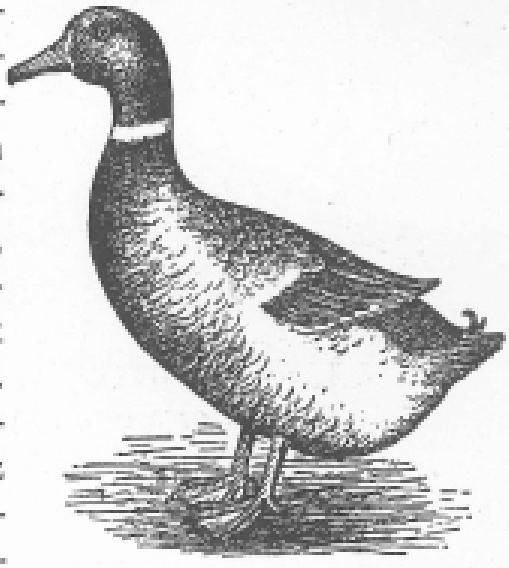
Rys. 126a. Samica kaczki.



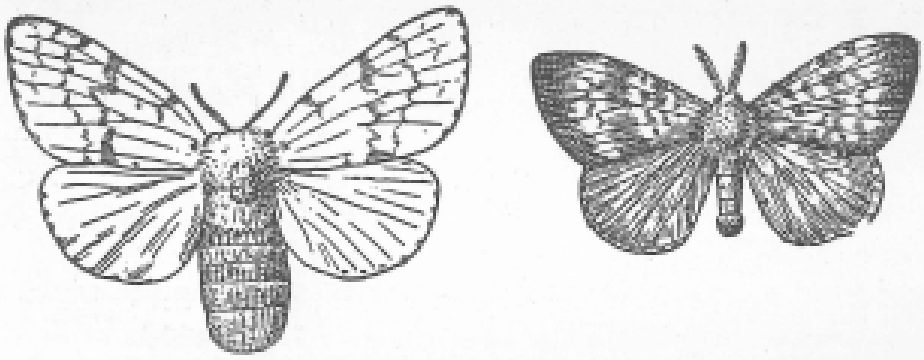
Rys. 126b. Samiec kaczki.

Rzecz szczególna, że ścisły związek wzajemny pomiędzy gruczołami i zewnętrznemi cechami płciowemi nie zaznacza się u wszystkich zwierząt. U owadów, szczególnie zaś motyli, łatwo przekonać się, że jedno i drugie jest od siebie niezależne zupełnie. U pewnego znanego szkodnika drzew owoco-

wych, ćmy zwanej brudnicą nieparką, płcie różnią się ogromnie swym pokrojem; samica jest duża i biała, samiec mały, szaro-brunatny (Rys. 127). Ćmę tę użyto do doświadczeń i z początku wycięto gruczoły płciowe młodym gąsienicom. Motyle, rozwijające się z operowanych gąsienic, nie posiadały oczywiście gruczołów płciowych, wyglądały jednak zewnętrznie zupełnie tak samo, jak prawdziwe samce i samice. Na innych gąsienicach wykonano tę samą operację, lecz następnie wymieniono im gruczoły płciowe, a więc samcom zamiast usuniętych jąder wszczepiono jajniki, samicom zaś — pozbawionym ich — jądra. Z gąsienic powstały normalnym trybem motyle, posiadające inne gruczoły płciowe, niżby się



Rys. 126c. Wykastrowana samica kaczki z samczem upierzeniem.



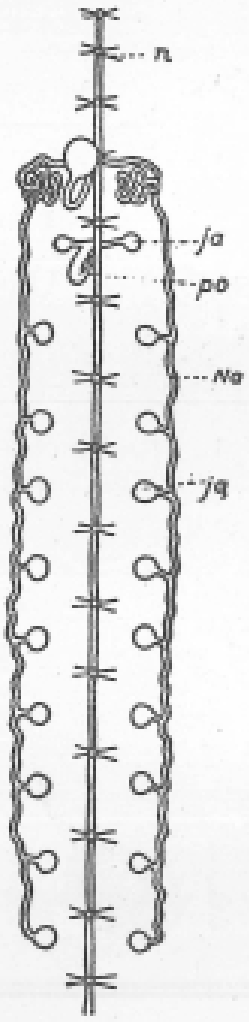
Rys. 127. Brudnica nieparka: na lewo samica, na prawo samiec.

należało, lecz mimo to wykazywały one cechy płci pierwotnie posiadanej. Motyl o odwłoku przepełnionym jajami wyglądał na samca, posiadający zaś jądra — na normalną samicę. Zewnętrzne cechy płciowe rozwinęły

się więc zgodnie z pierwotnem założeniem, niezależnie od losów, jakie spotkały gruczoły płciowe, i niezależnie od ich wpływu.

5.

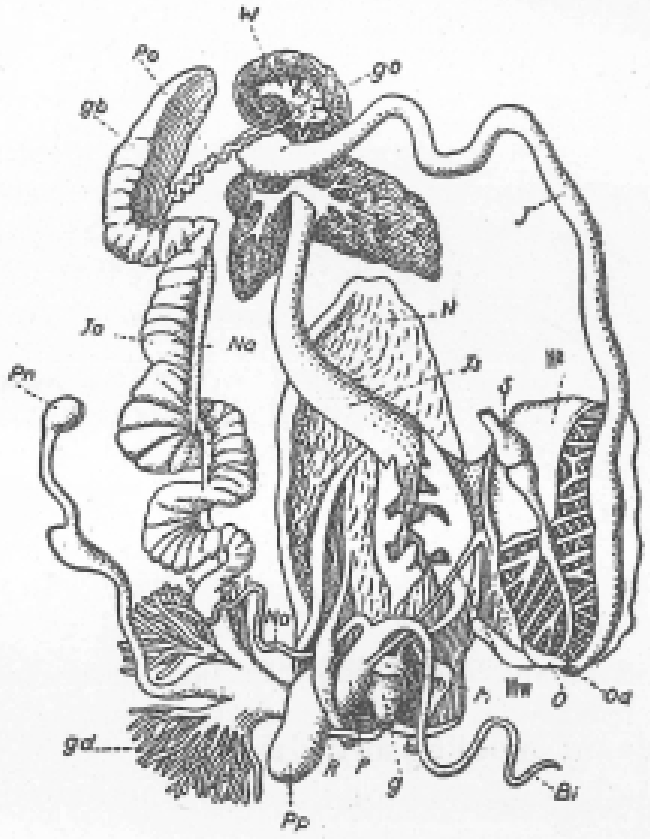
Kwestje tyczące się spraw płci, zapłodnienia, rozmnażania, są niewyczerpane; mogę jednak przedstawić czytelnikom tylko szczupły ich wybór i to w zakresie nieprzenoszącym szkicowego zarysu. Przedewszystkiem nasuwa się pytanie, czy zawsze w świecie zwierzęcym obydwie płcie są rozdzielone i czy istnieją formy, których poszczególne osobniki są obupłciowe? Czy wogóle istnienie dwóch płci jest konieczne, i czy jajo może się rozwijać bez zapłodnienia? Czy niema zwierząt bezpłciowych, rozmnażających się w inny sposób, niż za pośrednictwem jaj?



Rys. 128. Aparat płciowy pijawki. ją — jądra, Na — nasieniowód, ja — jajnik, po — pochwa, n — pień nerwowy.

Co się tyczy pierwszego pytania, jest rzeczą powszechnie wiadomą, że zarówno u wyższych, jak i u niższych zwierząt, niekiedy nawet u ludzi, występują poszczególne osobniki, posiadające organy płciowe obydwóch rodzajów i noszące wskutek tego nazwę osobników obojnaczych; osobniki te nie są zdolne do rozmnażania. Istnieją jednak całe grupy zwierzęce, u których obojnactwo nie jest wyjątkiem, lecz regułą, u których zatem każdy osobnik jest jednocześnie samcem i samicą. Należą do nich dżdżownice, tak samo jak i pijawki (Rys. 128), ślimak winniczek i podróżnik (Rys. 129); osobnik pojedyńczy funkcjonuje przy zapłodnieniu istotnie jako samiec i samica jednocześnie. Gdy dwa śli-

maki-winniczki przystępują do rozmnażania (można to z łatwością obserwować na wiosnę), urządzają się w ten sposób, że podczas aktu płciowego jeden zapładnia drugiego jak samiec, a jednocześnie zapładniany zostaje przez swego partnera, jak samica; każdy z nich składa następnie zapłodnione jaja (Rys. 130). Częściowo jednak posiadają one możność samozapłodnienia, z której niekiedy korzystają. Rzecz szczególna, że fakt ten występuje u obojnaków dość rzadko; czynią to normalnie pewne skorupiaki morskie, prowadzące osiadły tryb życia, z bardziej zaś popularnych stworzeń, choć mniej lubianych — tasiemce. Nad kwestją tą uczeni musieli porządnie nałamać sobie głowy; musi ona przecież posiadać poważne znaczenie, wobec faktu, że u licznych obojnaków, u których możliwe jest sztuczne zapłodnienie, udaje się ono tylko wtedy, jeśli użyjemy nasienia z innego osobnika; nasienie zaś wzięte z tego, z którego pochodzą jaja, nie daje pożądanego efektu. Ponieważ podobne zjawiska znane są ze świata roślinnego, wydaje się, że w pewnych

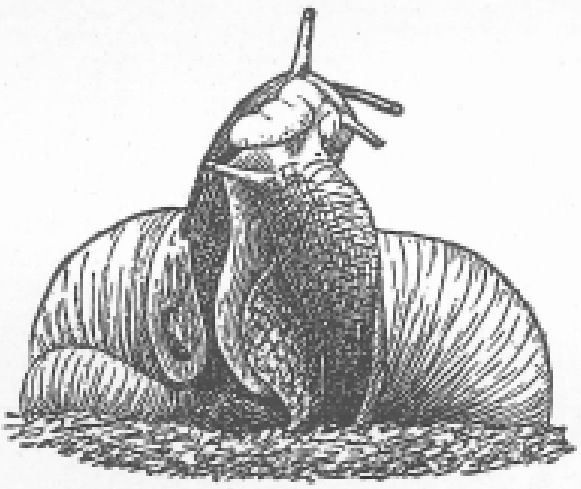


Rys. 129. Organy wewnętrzne ślimaka-winniczka.

Go — gruczoł obojnaczy, Po — przewód obojnaczy, Gb — gruczoł białkowy, Ja — jajowód, Na — nasieniowód, Pn — pęcherzyk nasienny, Gd — gruczoł dodatkowy, Pp — pochwa prącia, P — prącie, Bi — wyrostek biczykowaty, W — wątroba, N — noga, Js — jelito środkowe, S — serce, J — jelito, G — gardziel, O — otwór oddechowy, M — mózg, Od — odbyt, Mw — mięśnie, Ne — nerka.

okolicznościach samozapłodnienie jest szkodliwe i z tego powodu przyroda go unika.

Dość często osobnik obojnaczy nie funkcjonuje jednocześnie jako samiec i samica, lecz z początku gra rolę samca, a następnie do końca życia — samicy. Znane są pewne morskie skorupiaki, które w młodości pływają jako samce, wyszukując i zapładniając samice, po pewnym jednak czasie przyczepiają się do skóry innych zwierząt jako pasorzyty, zmieniają całkowicie swój pokrój i budowę wewnętrzną i przekształcają się na samice, któremi pozostają już do końca życia. Jest rzeczą wprost nie do wiary, jak niewyczerpana jest przyroda w swych pomysłach; moglibyśmy dzień cały opowiadać tylko o rozmaitych rodzajach obojnaków i ich trybie życia — lecz musimy śpieszyć dalej.

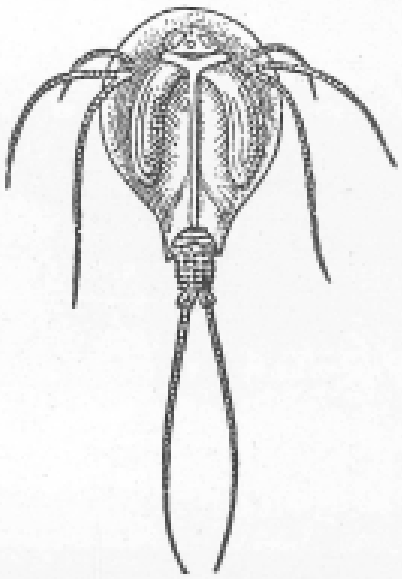


Rys. 130. Ślimaki-winniczki przed zapłodnieniem.

6.

Przejdziemy teraz do sprawy rozwoju bez zapłodnienia; przypuszczam, że zdajecie sobie wszyscy sprawę z rozpowszechnienia tego zjawiska, chociażby słysząc o powstawaniu trutni pszczelich z niezapłodnionych jaj w drodze t. zw. dzieworództwa. Tylko bardzo rzadko zdarza się jednak, by dzieworództwo było wyłącznym sposobem rozmnażania, przeważnie zwierzęta takie obywają się bez zapłodnienia, jednak co pewien czas pojawiają się u nich samce, tak, że pomiędzy całe serje pokoleń dzieworodnych wplecione jest zapłodnienie. Amatorzy terarjów znają z pewnością owady-patyczaki, zamieszkujące

w ciepłych krajach i przypominające zeschłe gałązki roślin. Zwykle mamy u nich do czynienia z samicami, które rozmnażają się dzieworodnie — samce natomiast występują bardzo rzadko. Być może, ten i ów z czytelników miał do czynienia ze skorupiakiem noszącym nazwę przekopnicy, a reprezentującym jedno z najbardziej interesujących zwierząt krajowych (Rys. 131). Stworzenie owo, którego kształt nasuwa przypuszczenie, że mamy do czynienia z pradawnym zabytkiem, występuje tylko w pewnych miejscach, znanych jego poszukiwaczom, w kałużach wysychających na przeciąg kilku miesięcy. Jeśli dzisiaj miejsce to będzie zupełnie wyschnięte, już jutro po pierwszym deszczu zalane jest przez kałużę i po kilku dniach roi się od owych raczków, rozmnażających się dzieworodnie; samce należą do wielkich rzadkości. Jaja rozwijają się jednak, co szczególniejsza, dopiero wtedy, gdy po uprzedniem wysuszeniu w szlamie zostaną zwilżone.

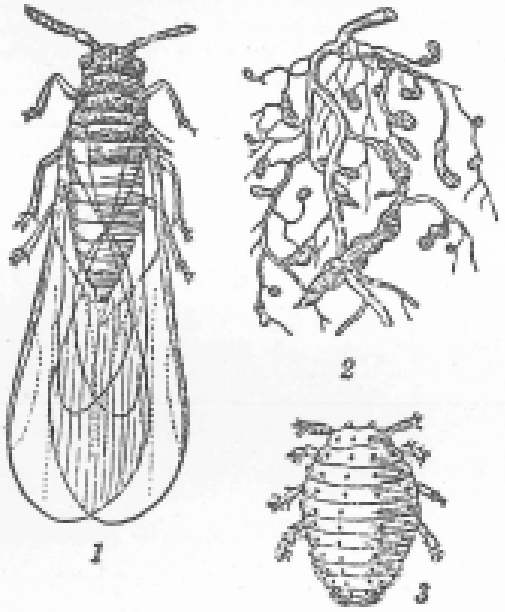


Rys. 131. Przekopnica.

Jak się rzekło, dzieworództwo niekiedy zostaje przeplecione w prawidłowych odstępach czasu zapłodnieniem, i w tym wypadku mówimy o cyklu rozwojowym. Najbardziej popularnym przykładem tego zjawiska, posiadającego zresztą i praktyczne znaczenie, są mszyce, filoksera i pokrewne szkodniki roślin uprawnych. U filoksery wykluwa się z jaja, które przezimowało pod ziemią, samica, będąca matką wszystkich letnich pokoleń (Rys. 132). Składa ona jaja, rozwijające się bez zapłodnienia i wydające wciąż samice, które czynią to samo w dalszym ciągu. Samice owe pędzą ściśle określony tryb życia na korzeniach lub na nadziemnych częściach winnej łozy i niekiedy w poszczególnych pokoleniach wykazują nawet

pewne zewnętrzne różnice. Nakoniec pod jesień z dziewo-rodnie zniesionych jaj powstają samce i samice, przyczem po dokonanem zapłodnieniu samice znoszą jaja, będące po przezimowaniu punktem wyjścia dla nowych pokoleń, od których zaczęliśmy opowiadanie.

Być może, zastanowi was fakt, że z zapłodnionych jaj zawsze powstają samice, z dzieworodnych natomiast w lecie samice, jesienią zaś prócz nich i samce; przypominamy też sobie, że i u pszczół zapłodnione jaja dają samice, mianowicie królowe i robotnice, niezapłodnione zaś — trutnie, czyli samce. Istnieje więc wyraźny związek pomiędzy dzieworództwem, zapłodnieniem i determinacją płci. Pytania, które się nasuwają w związku z tem, narazie odłóżmy na przyszłość, gdyż, zanim na nie odpowiemy, musimy się nauczyć jeszcze wielu ważnych rzeczy.



Rys. 132. 1 — Uskrzydlona samica filoksery, 2 — narośla na korzeniach łozy winnej, spowodowane filokserą, 3 — forma bezskrzydła.

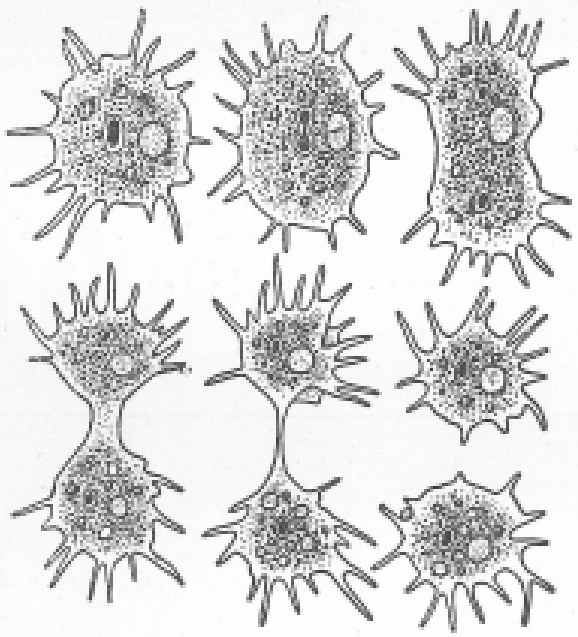
Zapytajmy teraz raczej o co innego; jeśli jedno i to samo wszak jajo może rozwinąć się, zarówno po zapłodnieniu, jak i w drodze dzieworództwa, musi istnieć czynnik, wywołujący taki sam efekt, jak przeniknięcie plemnika, a pobudzający jajo do rozwoju. By stwierdzić, na czem on polega, należało, o ile się tylko da, zmusić inne jaja do rozwoju w drodze dzieworództwa; istotnie powiodło się tego dokonać, przyczem okazało się, że potrzebne są w tym celu tylko pewne bodźce chemiczne i pokrewnego rodzaju. Gdy plemnik wnika do jaja, wywołuje określone zmiany

we właściwościach ciała komórkowego, zmiany, w których bliższy opis nie możemy się niestety wdawać, gdyż jest to dziedzina wymagająca pewnego zapasu wiadomości z zakresu fizyki i chemji. Istnieją jednak roztwory pewnych ciał chemicznych (oraz pewne inne środki), wywołujące w jaju dokładnie takie same zmiany; jeśli jaja potraktować niemi, rozpoczynają dzieworodny rozwój. Ulubionemi zwierzętami doświadczalnemi w tej dziedzinie są jeżowce i żaby, na których zabieg ten dobrze się udaje; niema powodu wątpić, że powiodłoby się to i w stosunku do jaj ssaków. Jednak jaja tych zwierząt znajdują się głęboko we wnętrzu ciała i rozwijają się w warunkach trudno dostępnych, wobec czego nikt jeszcze nie próbował tego uczynić, — chociaż nie, był ktoś, kto omal tego nie dopiął. Pewnego razu przeczytałem w gazetach, że znanemu profesorowi, takiemu to i takiemu z Paryża, udało się otrzymać małe niedźwiadki na drodze partenogenezy. Wiadomość ta wprawiła mnie w zdumienie, szybko jednak zdałem sobie sprawę z nieporozumienia, któremu uległ reporter: francuska nazwa jeżowca oznacza również niedźwiadka.

7.

Pozostaje do wyjaśnienia trzecia kwestja, mianowicie, czy istnieją zwierzęta bezpłciowe, a mimo to rozmnażające się? Istotnie, spotykamy w pewnych wypadkach rozród bezpłciowy, obywający się bez udziału jaja i plemnika; przeważnie mamy tu do czynienia z podziałem danego stworzenia na dwie części, z których następnie każda uzupełnia swe braki. Przypominamy sobie zapewne mikroskopijnego pełzaka, o niekształtnem jednokomórkowem ciele, poruszającem się zwolna w kropli wody, oraz jego kuzynów, inne pierwotniaki. Wyławiamy zwierzątko z owej kropli wody i przenosimy do środowiska obfitującego w pokarm. Już po niedługim czasie otrzymamy tysiące pełzaków, powstałych w drodze podziałów wyjściowego osobnika, przebiegających w sposób bardzo nieskompli-

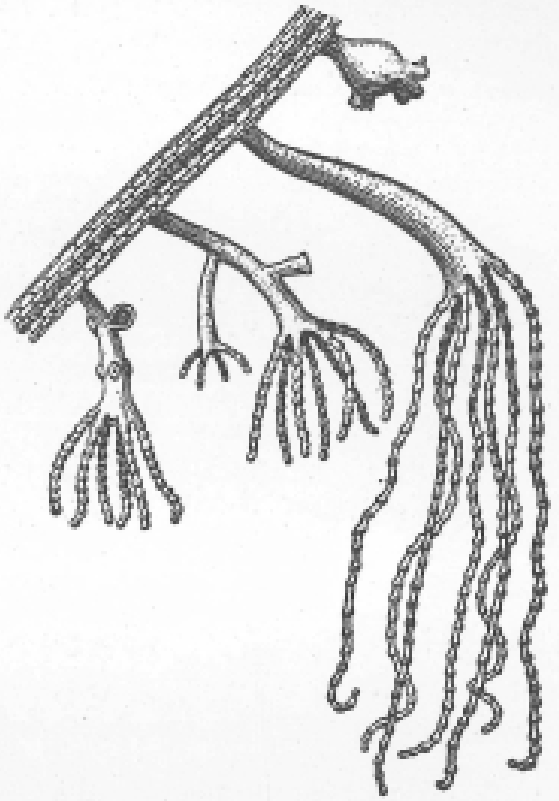
kowany. Ciało komórki przewęża się pośrodku, następnie jądro przepoławia się, i wkrótce powstają dwa nowe pełzaki, zupełnie podobne do macierzystego (Rys. 133). Przypomnijmy też sobie stułbię, która demonstrowała nam polowanie zapomocą zatrutych strzał; jeśli obserwować ją uważnie w ciągu kilku dni, zauważymy na jej workowatem ciele zaznaczający się z boku występ, stopniowo zwiększający swe rozmiary. Wkrótce na jego odśrodkowym końcu rozwijają się czułki i całość przybiera kształt małego polipa, wyrosłego na ciele matki. Po pewnym czasie odsznurowuje się od niej całkowicie i rozpoczyna samodzielne życie, gdy tymczasem nowe — jak mówimy — pączki powstają na ciele zarówno matki, jak i jego samego.



Rys. 133. Podział pełzaka w sześciu etapach.

Proces powyższy nazywamy bezpłciowym rozrodem przez pączkowanie, który całkowicie wystarcza dla rozmnażania się zwierzęcia. Lecz rzecz szczególna, że na dłuższą metę organizmy nie mogą się obejść bez rozrodu płciowego, i dla pełzaka lub polipa, przez długi czas rozmnażających się bezpłciowo, niechybnie przychodzi moment, gdy rozpoczyna się rozród płciowy. Polip przestaje pączkować, produkuje jaja i plemniki i rozmnaża się w zwykłym trybie (Rys. 134). W jaki sposób natomiast może się płciowo rozmnażać pełzak? Słyszeliśmy przecież, że ciało jego składa się tylko z jednej komórki — skąd więc może wytworzyć jądra lub jajniki? Istotnie, tego pełzak nie potrafi, lecz potrafi sam przekształcić się na komórkę płciową. Ciało

jego rozpada się na malutkie komóreczki, które następnie zlewają się parami, jak jaja i plemniki, a doświadczony mikroskopowiec zaręcza, że następuje tam prawdziwe zapłodnienie, w rezultacie którego powstają młode pełzaki.



Rys. 134. Stułbie, uczepione do wodorostu; dolna u góry posiada jajo, u dołu wieniec jąder, sąsiednia — dwa pączki, górna znajduje się w stanie skurczu.

Stoimy tutaj przed jedną z największych zagadek życia; pojedyńcza komórka może się wciąż i wciąż dzielić, i z jednej istoty powstają miljony, lecz wkońcu zdolność do podziału wyczerpuje się i może ona być restytuowana jedynie wtedy, gdy życie rozpoczyna się jakby na nowo wraz ze zlaniem się dwóch komórek, więc z chwilą zapłodnienia. Powiadamy, że następuje wówczas odmłodzenie, lecz zdajemy sobie sprawę, że za terminem tym nie kryje się jeszcze dla nas żadna określona treść, chociaż przeczuwamy zapewne, iż jest ona innego rodzaju niż woda bajecznego „źródła młodości“. Zanim jednak będziemy mogli pokusić się o jej zrozumienie, musimy zdać sobie sprawę, jakie zjawiska zachodzą podczas zapłodnienia.

ROZDZIAŁ DZIESIĄTY

JĄDRO, CHROMOSOMY, DETERMINACJA PŁCI

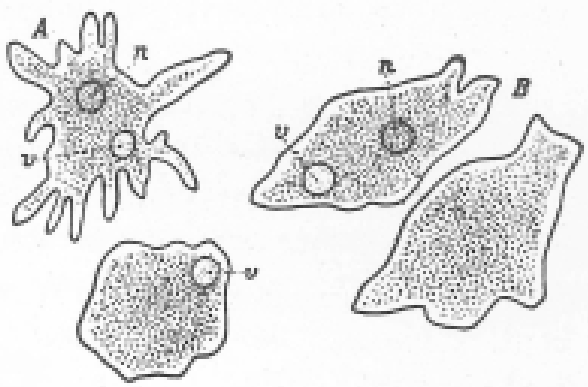
Rozdział ten musimy zacząć od przyznania się do pewnej niesprawiedliwości; oto pewną ważną osobistość traktowaliśmy lekceważąco, choć na to bynajmniej nie zasługiwała. Wspominaliśmy mianowicie o jądrze komórkowem w ten sposób, jakby to był bardzo podrzędny element. Nastąpił czas przywrócenia mu należnego szacunku, ponieważ w drobnej przestrzeni, zajętej przez ten mikroskopijny pęcherzyk, dokonywa się prawdopodobnie największy cud życia, i uczony, usiłujący z najwyższym trudem odsłonić rąbek jego tajemnicy, musi wciąż kierować swe myśli do owego niepozornego tworu.

Jedno stwierdzenie przyszło mu stosunkowo łatwo, — to mianowicie, że istnienie i funkcje życiowe komórki są z jądrem związane. Wielokrotnie słyszeliśmy o pełzaku, którego ciało składa się z jednej tylko komórki; wyłowimy go z wody zapomocą cieniutkiej pipety i rozetniemy delikatnym nożykiem na dwie części, z których jedna zawierać będzie jądro, druga zaś będzie go pozbawiona. Obydwa fragmenty czas jakiś pełzają dokoła, lecz gdy zawierający jądro przyjmuje i trawi pożywienie, bezjądrowy nie potrafi tego uczynić i wkrótce ginie (Rys. 135). Obecność jądra zatem jest nieodzowna do życia komórki; już to jedno poucza, że funkcje jądra posiadają zasadnicze znaczenie. Z tą świadomością wróćmy do sprawy zapłodnienia, poświęcając baczną i prawie wyłączną uwagę jądru.

1.

Jakkolwiek wiemy, że podczas zapłodnienia komórka jajowa zlewa się z nasienną, lecz przedstawiamy to sobie zapewne fałszywie; gdy dwie krople wody lub rtęci, sta-

czając się po podłodze, zetkną się ze sobą, zlewają się, dając w rezultacie jedną kroplę, lecz przy zapłodnieniu sprawa przedstawia się zupełnie inaczej. Kiedy plemnik przeniknął do jaja, ciało jego oczywiście zlało się z niem, lecz następnie dzieje się rzecz najważniejsza: jądro plemnika oddziela się od reszty komórki i wędruje do jądra jaja, przyciągane przezeń tajemniczą siłą, gdy zaś dosięgnie go, oba jądra zlewają się w jedno. Na tem polega istota zapłodnienia. Nie rozumiemy narazie, dlaczego proces ów jest rzeczą najważniejszą, lecz zastanówmy się nieco nad nim, a uzyskamy przy okazji pewne nowe wiadomości. Jaki wpływ wywiera na jajo zapłodnienie? Oczywiście z początku pobudza je do rozwoju, do licznych podziałów, w rezultacie których powstaje nowa istota. Czyż jednak bodźcem owym jest zlanie się obydwu jąder? Z pewnością nie, gdyż znamy fakty, które temu przeczą: przecież dzieworództwo dowodzi, że jajo można pobudzić do rozwoju zapomocą bodźców chemicznych. Do wniosku tego można dojść inną drogą; można mianowicie — po przeniknięciu plemnika do jaja — poddać je następnie działaniu narkotyków, zapobiegających zlaniu się jąder — jajo będzie się jednak mimo to rozwijało. Lub też możemy użyć promieni radowych, które w ten sposób działają hamująco na plemniki, że wprawdzie przenikają one do jaja, lecz niezdolne są do złączenia jąder. I w tym przypadku jaja rozwijają się. Można nawet wyciąć z jaja bezjądrowy fragment i zapłodnić go, a mimo że w tym przypadku nie istnieje jądro jajowe, z którem może się połączyć jądro



Rys. 135. Przecięty pełzak; n — jądro, v — wodnicza tętniąca. A — pełzak, B — jego części po odcięciu od górnego kawałka, zawierającego jądro.

plemnika, fragment ów rozwija się na organizm dojrzały. A więc zlanie się jąder nie jest konieczne jako bodziec rozwojowy — jakież więc posiada znaczenie?

Wokół kołyski noworodka stoją ciotki i dziadkowie i spierają się, czy jest podobny do ojca czy do matki; jedno odkrywa oczy ojca, drugie nos matki i tak dalej. W rzeczywistości dziecko podobne jest do obojga rodziców, i jakkolwiek wydaje się, że ta lub inna wybitniejsza cecha pochodzi tylko od jednego z nich, uwzględniając całokształt, będziemy mogli stwierdzić, że obie strony mają pod tym względem zasługi mniejwięcej jednakowe. Jeśli przejść z niebezpiecznej sprawy rodzinnych podobieństw na grunt bardziej neutralny, z łatwością stwierdzimy, że muł, którego matką jest klacz, a ojcem osioł, wykazuje cechy zarówno jednego, jak i drugiego. Ponieważ zaś powstał wskutek zlania się jaja z plemnikiem, w komórce jajowej klaczy, jak też w plemniku osła, muszą być zawarte cechy konia i osła. Uprawnione więc staje się pytanie, gdzie w komórkach owych znajdują się substancje, z któremi związane jest dziedziczenie cech rodziców przez dzieci?

Powróćmy na chwilę do wspomnianych doświadczeń, w których plemnik przenikał do jaja, powodując jego rozwój, lecz nie dochodziło do zlania jąder. Jeśli śledzić dalszy bieg rzeczy, okaże się, że jądro plemnika, które nie zlało się z jajowem, zachowuje się jak postronny widz i wkrótce zostaje zresorbowane, znika. Wyobraźmy sobie, że doświadczenie powyższe wykonaliśmy, używając doń zwierząt, nienależących do jednego gatunku, a jeszcze bardziej odrębnych niż koń i osioł; przy zapłodnieniu zachodzi zlanie protoplazmy komórek, lecz nie jąder. Jeżeliby plazma plemnika zawierała substancje będące podłożem dziedziczenia, mieszaniec, czyli bastard, musiałby wykazywać cechy ojcowskie. Jeśli natomiast substancje owe znajdowały się w jądrze, bastard ujawniłby tylko cechy matczyne, gdyż jądro plemnika nie brało udziału w pro-

cesie rozwoju. Doświadczenie istotnie przebiega w powyższym sensie, wykazując, że wspomniane substancje mają swe siedlisko głównie w jądrze.

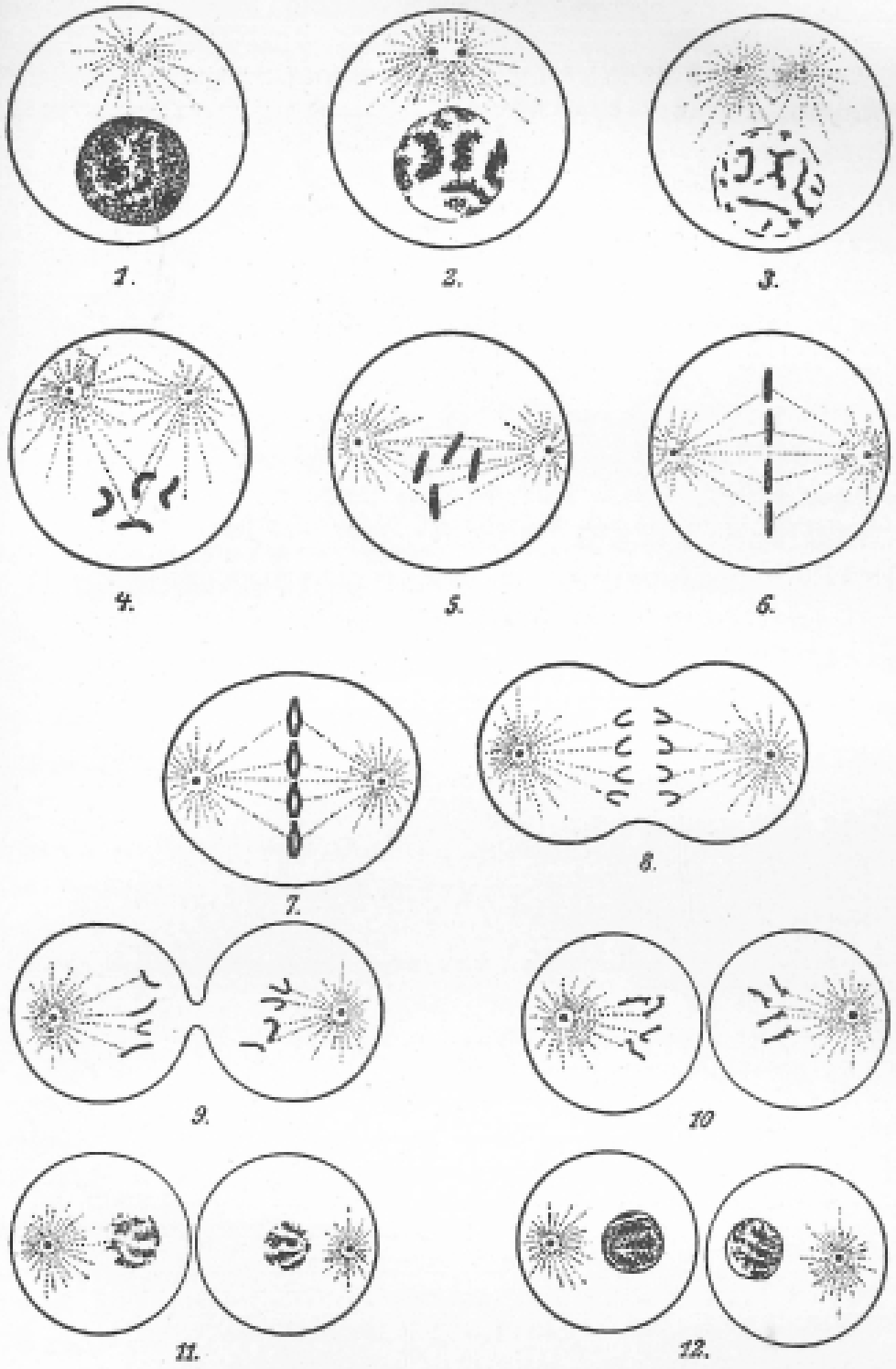
Pocóż jednak potrzebne jest owo zlanie się jąder przy zapłodnieniu? Czyż substancje dziedziczne ojca nie mogą wywierać wpływu bez tego procesu? By to wyjaśnić, musimy zdać sobie sprawę z losów jąder po zapłodnieniu i nie możemy w tym celu wybrać lepszego objektu, niż nasza dobra, stara znajoma — askaryda, gdyż chyba żadna istota — z wyjątkiem jeżowca — nie przyczyniła się w tak dużym stopniu do poznania podstaw owego zjawiska. Obecnie wiemy, że fakty, któremi się teraz zajmiemy, przebiegają w zasadniczych punktach jednakowo u wszystkich istot ożywionych, zarówno zwierząt, jak roślin, lecz nie wszystkie one są równie wdzięcznemi objektami badań, gdyż jedne wytwarzają bardzo mało jaj i nie można ich nastarczyć do pracy, u innych trudno je zdobyć w odpowiednim czasie, u jeszcze innych jaja są tak przeładowane substancjami odżywczemi, że możność obserwacyj jest ograniczona; askaryda zaś końska okazała się zarówno pod tym, jak i pod innemi względami, idealnym objektem; właśnie dzięki wiadomościom, jakich nam dostarczyła, walnie zasłużyła na zajęcie się nią w tej książce. Cóż więc dzieje się w jajach po zapłodnieniu?

2.

Wciąż jednak musimy hamować ciekawość; osiągnęliśmy bowiem punkt, którego nie możemy przekroczyć, zanim nie uzupełnimy naszego rynsztunku. Aż do tego czasu omijaliśmy ostrożnie pewne zjawisko, posiadające pierwszorzędne znaczenie dla nauki o życiu. Słyszeliśmy wiele o komórce, również o jej zdolności do podziału, skutkiem którego jądro zostaje przepołowione — lecz nie troszczyliśmy się o szczegóły tego procesu. Teraz właśnie musimy to powetować — a wkrótce przekonamy się, dlaczego.

Po wszystkiem, czegośmy się dotąd dowiedzieli, nie zdziwi nas apel do skupienia całej uwagi na jądrze. Musimy się nareszcie dokładnie mu przyjrzeć i w tym celu skorzystajmy z pewnego zabiegu, który wymyślili sprytni mikroskopowcy; oto należy przepoić komórkę z początku niebieskim, czerwonym lub czarnym roztworem barwika. Komórki zbudowane są z najrozmaitszych związków i pewne z nich wykazują szczególną predylekcję do określonych barwików. Tak naprzykład kropelki tłuszczu w plazmie komórki lubią specjalny barwik, zwany czerwienią Sudanu; jeśli przepoić nim komórkę, tłuszcz wchłonie cały barwik i pod mikroskopem ujrzymy bezbarwną komórkę, napełnioną czerwonemi kulkami tłuszczu. Po wypróbowaniu licznych barwików okazało się, że w jądrze komórkowem znajdują się stale drobne kulki i ziarenka o szczególnej predylekcji do określonej grupy barwików; utwory te nazwano z grecka chromatyną. Obserwując w komórkach przepojonych barwikiem subtelne procesy podziałowe, uczeni doszli do wniosku, że owa chromatyna lub barwiąca się substancja jądra gra przy tem najciekawszą rolę.

W jądrze komórki, jako pierwszą oznakę przygotowującego się podziału, zaobserwować można skupianie się ziarn chromatyny w poszczególne grupy (Rys. 136). Zaznaczają się one coraz wyraźniej i występują wkońcu jako pewna ilość niteczek lub pręcików, albo też podkowiastych pętli (zależnie od rodzaju komórki), będących w komórce utworami najbardziej godnemi uwagi. Nazwano je ciałkami barwiącemi się, pasmami jądrowemi lub też — znów z grecka — chromosomami; tę właśnie obcojęzyczną nazwę postarajmy się dobrze zapamiętać. Gdy chromosomy wykształcą się, jądro pęka i leżą one teraz wolno w protoplazmie, gdzie natychmiast grupują się w piękny wieniec, umieszczony pośrodku komórki. Tymczasem i w protoplazmie komórki zaszły pewne zmiany: wpobliżu jądra wystąpiła drobniutka kulka, która wkrótce dzieli się na



Rys. 136. Podział komórki. 1, 2, 3 — wykształcenie się chromosomów w jądrze, 4, 5, 6 — utworzenie wrzeciona podziałowego, 7, 8, 9 — rozszczepienie chromosomów i rozchodzenie się ich ku biegunom oraz przewężanie komórki, 9, 10, 11, 12 — komórki potomne wracają do stanu normalnego.

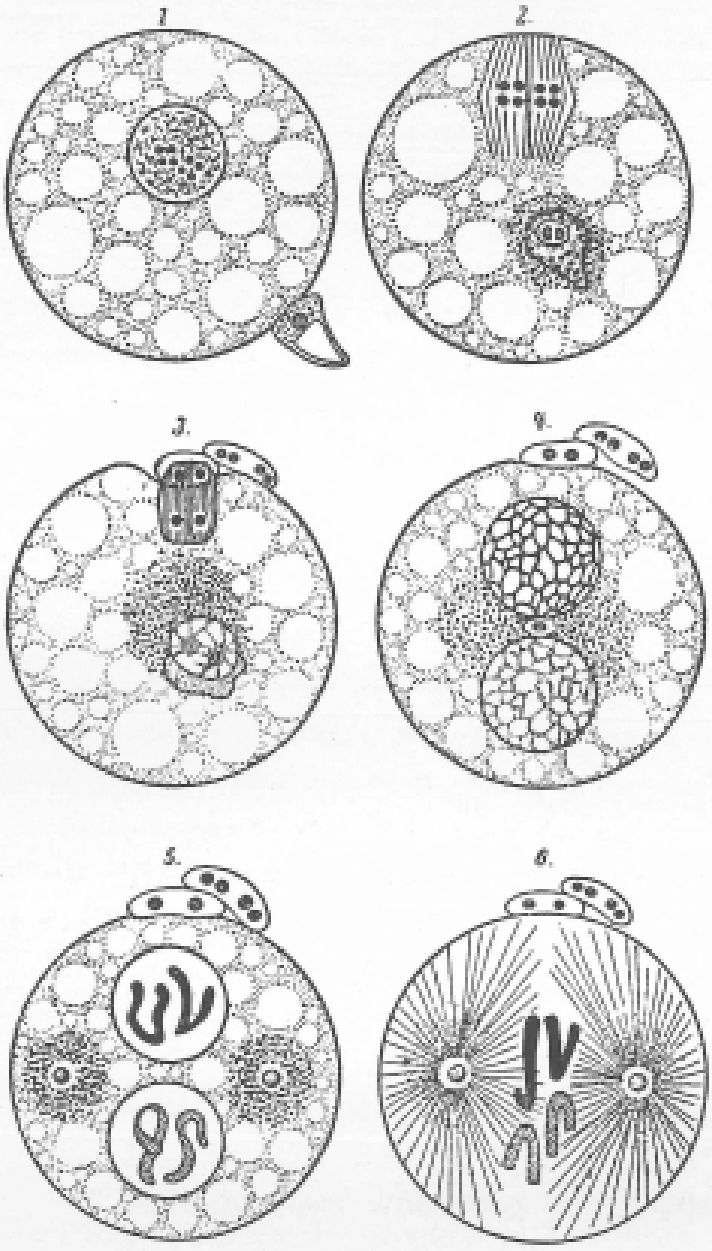
dwie, a każda połówka wędruje na przeciwległy biegun komórki. Teraz zaczyna się zmieniać sama protoplazma; substancje jej układają się w smugi promienisto dążące do owych ciałek na biegunach i spotykają się pośrodku, tam, gdzie leżą chromosomy. By przedstawić sobie obraz komórki, znajdującej się w tej sytuacji, pomyślmy o przezroczystej kuli ziemskiej. Przy biegunie północnym i południowym, nieco bardziej ku wnętrzu, leżą wspomniane kulki, od których przebiegają włókna ku płaszczyźnie, dzielącej kulę na połowy i przeprowadzonej przez równik; w płaszczyźnie tej spotykają się włókna, biegnące z przeciwległych biegunów, i leży w niej wieniec podkówek, zwróconych wolnemi końcami ku równikowi, zgięciem zaś ku środkowi domniemanej kuli ziemskiej; podkówki te — to oczywiście chromosomy.

Gdy komórka znajduje się w powyższym stanie, chromosomy dzielą się podłużnie; na naszym modelu podkówki ulegają podziałowi w ten sposób, że z każdej powstają dwie tej samej wielkości, tylko oczywiście o połowę cieńsze. Owe precyzyjne połówki zaczynają teraz przesuwać się wzdłuż napiętych ku biegunom włókien plazmatycznych, przyczem jedna z każdej pary dąży ku biegunowi północnemu, druga zaś ku południowemu. W ten sposób przy każdym z nich skupia się jednakowa ilość i masa chromosomów; zakończenia tego procesu łatwo się domyśleć — oto chromosomy napowrót rozpadają się na ziarenka, z których powstały, i dokoła nich tworzy się pęcherzyk jądrowy. Przy każdym biegunie leży teraz jądro potomne, jednocześnie zaś ciało komórki przewęża się na równiku, owa bróżda zewnętrzna wcina się coraz głębiej i wkońcu przepoławia kulę na dwie półkule. W protoplazmie stopniowo zanikają promieniste włókna i wszystko wraca do stanu wyjściowego, lecz zamiast jednej komórki mamy teraz dwie, zupełnie zresztą identyczne. Oczywista, że mamy do czynienia z niezwykle ważnem zjawiskiem, gdyż jeśli zachodzi tak skomplikowany proces, by podzielić

chromatynę jądra — a widać z całą pewnością, że ma on na celu jedynie dokładność podziału — musi to być rzeczą niezwykle ważną. Przekonanie to zamieni się w pewność, jeśli rozejrzymy się nieco w świecie żywych istot; stwierdzimy ze zdumieniem, że zarówno u roślin, jak i u zwierząt proces ten w zasadniczych rysach przebiega identycznie. Komórki ludzkie dzielą się tak samo, jak u askarydy, raka, ptaka, jabłoni, trawy, grzyba i wszelkich innych stworzeń, jakie tylko istnieją. Ośrodkiem procesu są jednak stale owe chromosomy, które zainteresowały uczonych do tego stopnia, że w przeciągu pięćdziesięciolecia, które upłynęło od ich odkrycia, poświęcają wciąż czas na ich badania, uwieńczone zresztą wciąż nowemi rezultatami. Zajęto się naprzykład sprawą ich ilości, i okazało się, że we wszystkich dzielących się komórkach danego organizmu, zarówno roślinnego, jak zwierzęcego, liczba ich jest jedna i ta sama. Podczas podziału komórek askarydy końskiej zawsze występują cztery chromosomy, u salamandry 24, u ćmy nieparki 62, u pewnych raków 180 i wogóle u każdego gatunku pewna niezmienna i zawsze stała ilość; prawidłowość owa podkreśla jeszcze bardziej wagę tych drobniutkich tworów, widocznych jedynie przy użyciu kilkusetkrotnych powiększeń. Lecz nadszedł czas, by powrócić do punktu wyjścia, gdyż wszystko, cośmy powyżej powiedzieli, miało służyć jedynie jako przygotowanie do zrozumienia subtelnych procesów zapłodnienia.

3.

Przypuszczalnie nie zdążyliśmy jeszcze zapomnieć, że podczas zapłodnienia jądra jaja i plemnika łączą się, rozpoczynając długi łańcuch podziałów, prowadzących do wykształcenia doskonałego organizmu. Przypatrzmy się pierwszemu podziałowi jaja naszej askarydy, następującemu po zapłodnieniu; odnajdziemy bez trudu w figurze podziałowej charakterystyczną dla glisty liczbę czterech chromosomów. Czy domyślacie się, dokąd zmierzamy?



Rys. 137. Zapłodnienie jaja askarydy. 1 — plemnik przy jaju, 2 — przeniknięcie jego do wnętrza jaja, gdzie zachodzi podział dojrzewania. 3 — drugi podział dojrzewania w jaju. 4 — jądra jajowe i nasienne leżą obok siebie. 5 — w obydwóch jądrach występują po dwa chromosomy. 6 — cztery chromosomy biorą udział w pierwszym podziale zapłodnionego jaja.

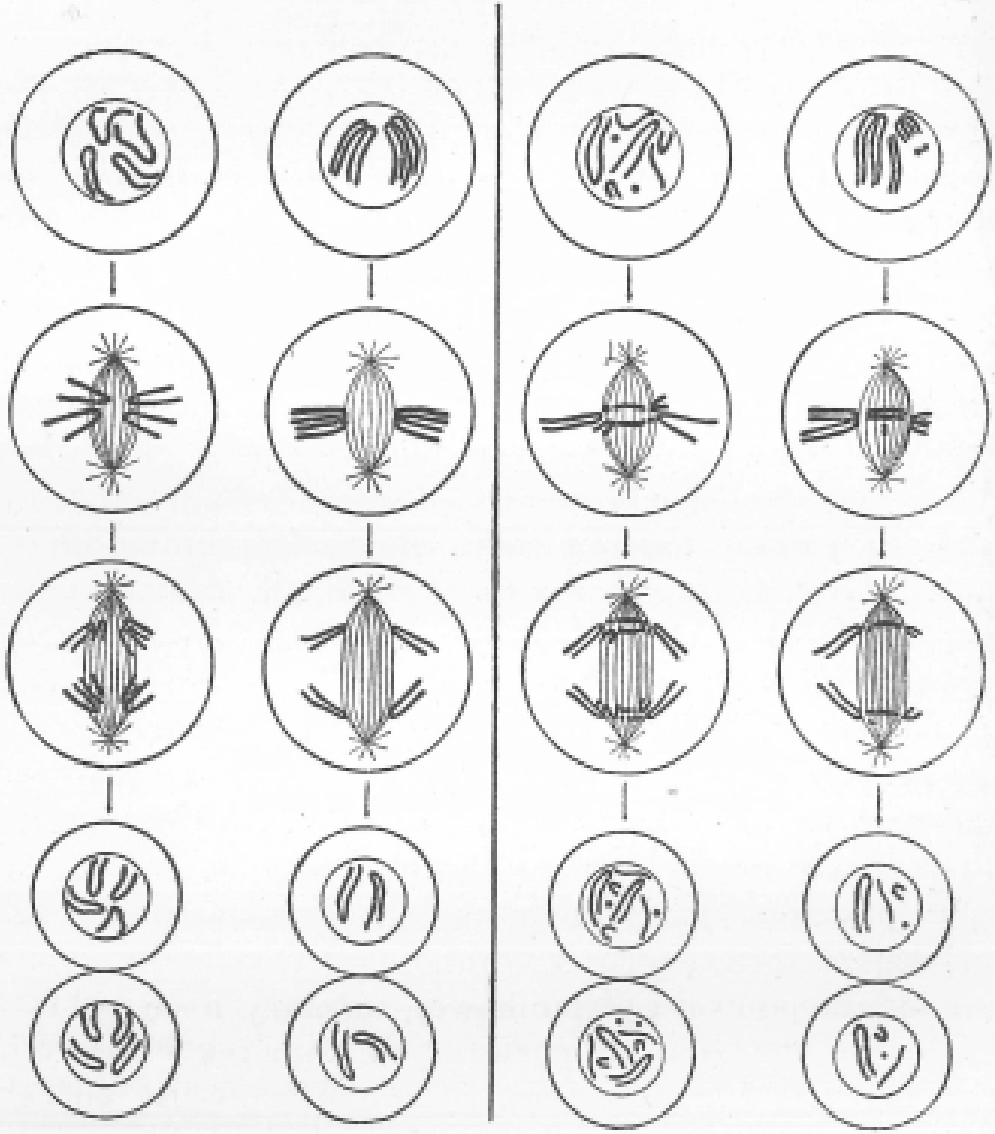
Komórka jajowa i nasienna są przecież normalnemi komórkami, jak wszystkie inne, a więc, jeśli brać powyższe wiadomości dosłownie, jądra ich muszą zawierać zawsze cztery chromosomy. Podczas zapłodnienia jednak łączą się oba jądra, a mimo to występują w pierwszym podziale tylko cztery chromosomy a nie $4+4=8$? Coś się tu nie zgadza.

Zamiast dużo mówić, spojrzyjmy raczej do mikroskopu (Rys. 137); zauważymy odrazu jądro komórki jajowej askarydy i obok niego leżące jądro plemnika, który przeniknął do jaja. W każdem z nich zaznaczają się chromosomy, które następnie mają wziąć

udział w pierwszym podziale, i liczba ich w każdym jądrze wynosi dwa, więc połowę charakterystycznej dla askarydy. Gdy teraz obydwa jądra zlewają się (u askarydy na nasze szczęście proces ten nie jest całkowity) a chromosomy, szykując się do podziału, układają się w wieniec, jest ich ogółem cztery; z nich dwa pochodzą z jaja, dwa z plemnika. Każdy z nich ulega podłużnemu rozszczepieniu podczas podziału, tak, że komórki potomne otrzymują po cztery chromosomy i zjawisko to powtarza się przy wszystkich następnych podziałach. Podkreślamy teraz zasadę: chromosomy każdej komórki, powstałej z podziału zapłodnionego jaja, w połowie pochodzą od matki (za pośrednictwem jądra jajowego), w połowie zaś od ojca (za pośrednictwem jądra plemnika). W ten sposób odsłoniła się przed nami jedna z najważniejszych tajemnic zapłodnienia, złączenie chromosomów matczynych z taką samą liczbą ojcowskich. Możemy pójść jeszcze o krok dalej: przed chwilą wywnioskowaliśmy, że substancje, do których przywiązane jest dziedziczenie cech rodzicielskich, muszą się znajdować w jądrze; w tej perspektywie właśnie chromosomy ukazują się jako widzialni przenosiciele cech dziedzicznych!

Jednakże należy się przez chwilę zatrzymać w punkcie, który przekroczyliśmy obojętnie; chodzi mianowicie o niewyjaśnioną sprawę połowy normalnej liczby chromosomów w komórce jajowej i plemnikowej, różniących się pod tym względem wyraźnie od pozostałych komórek cielesnych. Możemy zaręczyć przy tem, że komórki owe są początkowo zupełnie identyczne z innemi, posiadając — w naszym przykładzie — po cztery chromosomy. Musi więc istnieć w życiu komórek płciowych punkt, w którym liczba chromosomów zostaje zredukowana do połowy; istotnie wszystkie komórki płciowe przechodzą przez taki moment. By cel ten osiągnąć, w znanym nam mechanizmie podziału konieczna jest tylko pewna zmiana; ponieważ następnie komórki płciowe stają się dojrzałe, ów szczególny proces

nazywa się podziałem dojrzewania (Rys. 138), inaczej podziałem redukcyjnym. Przypominamy, że przy normalnym podziale komórek askarydy występują w jądrze



Rys. 138. Porównanie podziału dojrzewania z normalnym. Na lewo wypadek z czterema chromosomami jednakowemi, na prawo — z ośmioma, wśród których znajdują się cztery pary o różnym kształcie.

cztery chromosomy, układające się następnie w wieniec, i ulegające rozszczepieniu na dwie połówki potomne. Również i przed podziałem dojrzewania w męskich i żeń-

skich komórkach płciowych istnieją po cztery chromosomy, lecz nie leżą one niezależnie od siebie, lecz połączone są parami i w tej formie przystępują do podziału w płaszczyźnie równikowej komórki; zatrzymując się przy dotychczasowem porównaniu z podkowami, powiemy, że podczas zwykłego podziału komórek glisty w wieńcu lub gwieździe równikowej leży ich cztery, przy podziale zaś dojrzewania układają się one parami jedna na drugiej, tak, że, patrząc z góry, zauważymy nie cztery lecz tylko dwie podkówki. Podczas zwykłego podziału każda podkówka rozszczepia się na dwie identyczne, wędrujące następnie ku biegunom, przy tym zaś podziale rozszczepienie owo nie odbywa się, a z leżących na sobie dwóch podkówek każda dąży do innego bieguna. Ponieważ zaś mamy dwie takie pary podkówek, każdy biegun w rezultacie otrzymuje oczywiście po dwa całkowite chromosomy i w ten sposób przez podział ów z jednej niedojrzałej komórki płciowej o czterech chromosomach powstają dwie dojrzałe o dwóch chromosomach każda.

Jeszcze tylko chwila cierpliwości, a dojdziemy do celu; przywołajmy w pamięci wszystko usłyszane dotąd w tej sprawie: każda komórka cielesna danego zwierzęcia posiada ściśle określoną ilość chromosomów w jądrze. Ponieważ podczas zapłodnienia jajo i plemnik wnosi tylko połowę tej ilości, a w późniejszych podziałach cała ta ilość zostaje równomiernie przekazywana komórkom potomnym, wynika stąd, że wszystkie komórki cielesne posiadają chromosomy w połowie matczyne, w połowie ojcowskie. Zastanówmy się nad najprostszym przypadkiem, kiedy normalna ilość chromosomów wynosi dwa, co istotnie zachodzi u pewnego gatunku askarydy, który dzięki temu stał się zresztą sławny. Dojrzałe jajo lub plemnik posiada zatem tylko po jednym chromosomie, niedojrzałe zaś komórki płciowe, jak i wszystkie inne — po dwa. Słyszeliśmy, że przed podziałem dojrzewania chromosomy układają się parami. W naszym przykładzie istnieje tylko

jedna para, w której jeden element pochodzi od matki, drugi od ojca, a więc chromosom matczyny układa się przy ojcowskim, a podczas podziału dojrzewania każdy z nich wędruje do innego bieguna, tak, że podział ów rozdziela chromosomy pochodzenia ojcowskiego od matczynych.

W wypadku dwóch chromosomów nie może być nawet inaczej, lecz i przy innych liczbach dzieje się to samo. W komórkach wielu zwierząt można to obserwować bezpośrednio, gdyż różne chromosomy posiadają całkiem odrębny wygląd; jeden z nich może wyglądać jak duża podkówka, inny jak mała, trzeci jak pręcik, czwarty jak kula (Rys. 138). Kto z czytelników odgadnie, co się wtedy dzieje? Czy każdy z tych kształtów nie jest czasem reprezentowany dwukrotnie, raz ze strony matki i raz ze strony ojca? Istotnie, tak się rzeczy mają. Lecz zgadujmy dalej; czy gdy komórka płciowa przystępuje do podziału dojrzewania, odpowiednie elementy nie łączą się ze sobą parami? Więc ojcowska podkowa z matczyną — ojcowski pręt — z matczynym, ojcowska kula — z matczyną kulą? Mikroskop potwierdza i to przypuszczenie. A więc każda komórka niezależnie od tego, czy możemy to stwierdzić zewnętrznie czy nie, zawiera dwie zupełnie jednakowe porcje chromosomów, pochodzących ze strony ojca i matki.

W tem miejscu należy przypomnieć sobie fakt, że chemicznemi bodźcami można pobudzić do dzieworodnego rozwoju jajo, normalnie potrzebujące w tym celu zapłodnienia. Jajo takie zawiera w tym wypadku połowę liczby chromosomów, jak każda dojrzała komórka płciowa. Powstałe z niego zwierzę jest mimo to istotą zupełnie normalną; pojedyńcza porcja chromosomów, jaka była w jaju, zawiera więc wszystko potrzebne do normalnego rozwoju. Przypomnijmy też sobie inne doświadczenie: bezjądrowy odcinek jaja jeżowca zapłodniliśmy normalnym plemnikiem i rozwinęła się zeń normalna larwa jeżowca, mimo że posiadała tylko połowę zwykłej porcji chromosomów,

połowę, wniesioną przez jądro plemnika. A więc i ta połowa zawierała wszystko, co potrzeba. Wynika stąd, że każda komórka, powstała z zapłodnionego jaja, zawiera dwie identyczne porcje chromosomów, z których każda posiada wszystko nieodzowne do wytwarzania istoty, podobnej do rodziców.

Prawdopodobnie ten i ów z czytelników niezadowolony jest z powyższych rozważań, dowodzących, że istotnie chromosomy zawierają substancje, których działanie wyjawia się w dziedziczeniu cech rodzicielskich przez dzieci, i żąda na to bezpośrednich dowodów. Czy pomyślał jednak, w jaki sposób uzyskać taki dowód? Jakkolwiek nie jest to łatwe, jednak powiodło się; mimo to nie zrozumiemy jeszcze, jak do tego doszło, ponieważ dotąd obserwowaliśmy tylko zazębianie się pewnych kół w wielkim zegarze, a dopiero później dowiemy się, jak ten zegar chodzi. Z tego względu ograniczymy się tylko do zapewnienia, że ów żądany bezpośredni dowód posiadamy nietylko w stosunku do poszczególnych cech dziedzicznych, lecz w pewnym przypadku udało się w zdumiewający sposób stwierdzić, w którym chromosomie danego zwierzęcia (pewnej muchy) znajduje się czynnik, wywołujący powstanie określonej cechy dziedzicznej, a nawet w którem miejscu owego chromosomu leży.

4.

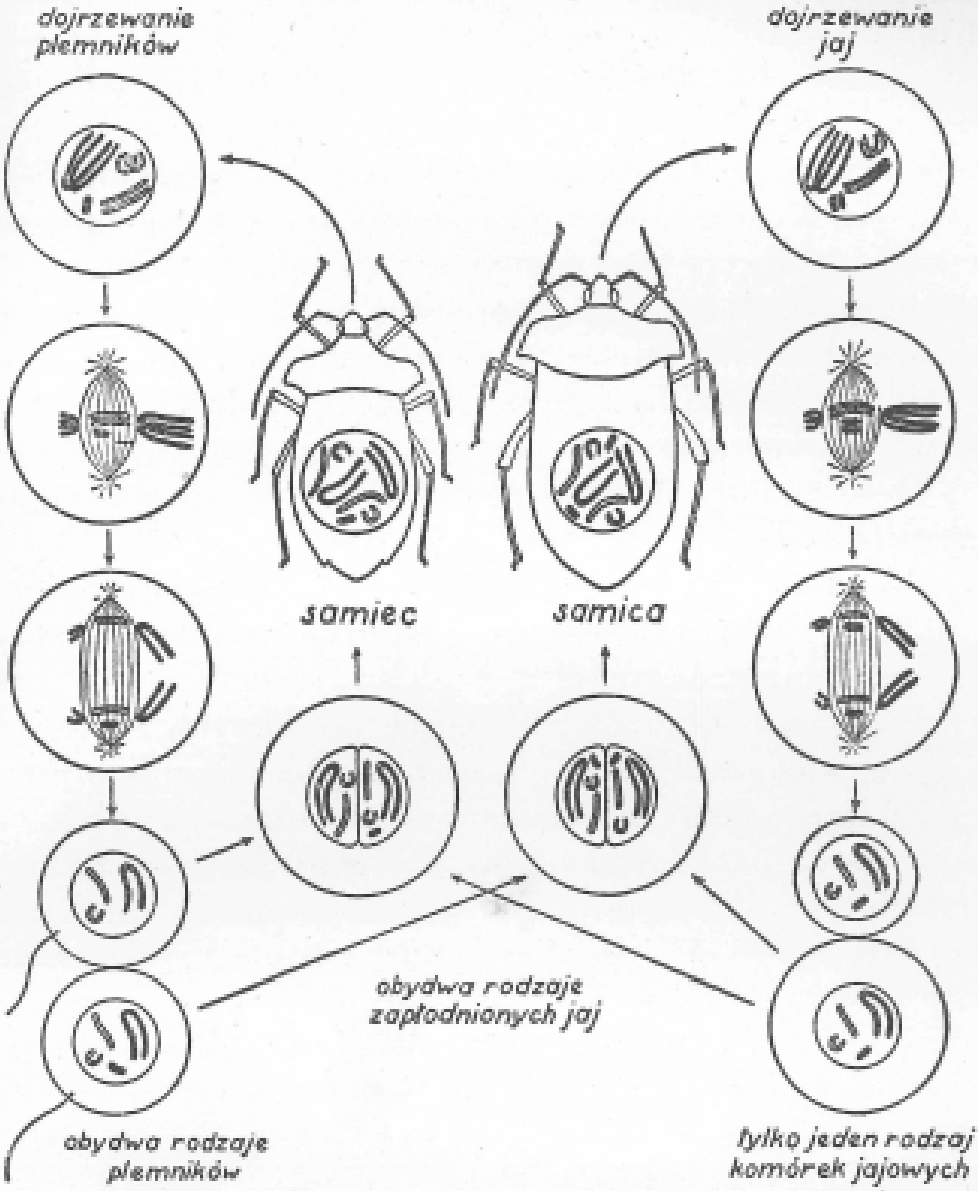
Być może, niejeden z szanownych czytelników jest zdania, że naszą podróż przez dość ciężki teren należało uprzyjemnić krótką wycieczką w bardziej wdzięczne okolice; oczywiście, chętnie zgodzimy się z tem, lecz nie każda droga pozwala na odpoczynek. Właśnie teraz znajdujemy się na ścieżce, którą należy przejść szybko aż do ostatecznego celu podróży, gdyż w przeciwnym razie łatwo możemy zbłądzić i nie odnaleźć jej nawet za dnia. A więc ruszajmy dalej!

Należy zdać sobie jasno sprawę, że liczba chromoso-

mów w komórkach organizmów rozwijających się z zapłodnionych jaj jest zawsze liczbą parzystą, gdyż przekonaliśmy się, że jedna porcja chromosomów pochodzi od ojca, druga zaś taka sama, od matki, każdy więc rodzaj chromosomów reprezentowany jest dwukrotnie. Brzmi to tak przekonywająco, że niktby nie uwierzył w istnienie nieparzystej liczby chromosomów; pomimo to pewnego dnia stwierdzono niezaprzeczalny fakt, że istnieją komórki o nieparzystej liczbie chromosomów. Znaleziono je początkowo w niedojrzałych komórkach płciowych pewnych pluskwiaków. (Może się stąd czytelnik przekonać, że w pewnym momencie dla nauki nieraz śmierdząca pluskwa więcej znaczy, niż najpiękniejszy rajski ptak.) Załóżmy, że stwierdziliśmy liczbę 7-miu chromosomów, i spróbujmy przedstawić sobie ich losy (Rys. 139).

W czasie podziałów dojrzewania tego rodzaju plemników liczba chromosonów zredukowana została do połowy i wiemy, w jaki sposób do tego doszło — mianowicie przez to, że chromosomy ułożyły się parami i powędrowały następnie pojedyńczo do obu biegunów. Cóż się dzieje w plemnikach pluskwiaka? Chromosomy układają się parami, lecz pozostaje jeden, siódmy, nieposiadający partnera, z którym mógłby się połączyć. Nie pozostaje mu nic innego, jak tylko wystąpić w charakterze samotnika w wieńcu trzech, bardziej szczęśliwych towarzyszy, połączonych ze sobą parami. Gdy chromosomy w końcowem stadjum podziału dojrzewania rozchodzą się ku biegunom, samotnik nasz również musi udać się w tym lub owym kierunku. Pociąga to za sobą bardzo ważny skutek: z pomiędzy sześciu chromosomów ułożonych parami do każdego bieguna dostaje się po trzy, by następnie trafić stąd do jądra dojrzałego plemnika, siódmy natomiast dąży do jednego z biegunów pojedyńczo i w ten sposób komórka potomna, która go otrzyma w spadku, zawierać będzie nie trzy lecz cztery chromosomy. Podział dojrzewania, lub jak go też nazywamy podział redukcyjny, w razie nieparzystej

liczby chromosomów prowadzi do powstania dwóch rodzajów plemników, z których jeden zawiera o jeden chro-



Rys. 139. Chromosomy płciowe pluskwiaka (czarne), pozostałe — kreskowane. Na lewo dojrzewanie komórek rozrodczych samczych, na prawo — samiczych, u dołu zapłodnienie.

mosom więcej niż drugi, w naszym przykładzie 4 i 3. Ponieważ dalej wszystkie niedojrzałe komórki nasienne samca owego pluskwiaka przechodzą przez powyższy po-

dział redukcyjny, zanim się staną dojrzałe, w rezultacie wszystkie zdolne do zapłodnienia plemniki są dwóch rodzajów: połowa posiada o jeden chromosom więcej, niż druga!

Cóż to może mieć za znaczenie? Oto bardzo proste, jak się wkrótce przekonamy, jakkolwiek potrzeba było mnóstwa pracy, by zjawisko wyjaśnić do tego stopnia, aby je można było czytelnikom przedstawić. Czy nie zastanowiło was, że cały czas mówimy o komórkach nasiennych samca, wszystko jedno ostatecznie, czy to będzie samiec pluskwiaka, askarydy czy też człowieka? Jak się rzecz ma z jajami? Zbadajmy je również pod względem chromosomów; stwierdzimy przytem (oczywiście nie tak szybko, jak się teraz o tem dowiadujemy, lecz po miesiącach żmudnej pracy), że wszystko przebiega zgodnie z oczekiwaniem. Liczba chromosomów jest parzysta, o jeden większa niż u samców, a więc osiem, gdy ostatnie posiadały siedem, 24 – gdy tamte posiadały 23. W podziale redukcyjnym łączą się one parami i każda z komórek potomnych otrzymuje połowę, więc cztery, jeśli przed podziałem było ich osiem.

Jeszcze jeden niewielki wysiłek umysłowy — i oto nagle spada nam zasłona z oczu. Wiemy już — pozostając przy dotychczasowym przykładzie — że niedojrzałe plemniki samca posiadają po siedem chromosomów, jak i — dodamy teraz — wszystkie pozostałe komórki osobników samczych. Wiemy również, że niedojrzałe jaja i — dodajmy — wszystkie pozostałe komórki w ciele samic, posiadają po osiem chromosomów. Dojrzałe, zdolne do zapłodnienia, plemniki, jak słyszeliśmy, są dwóch rodzajów; zawierają mianowicie albo trzy, albo cztery chromosomy, wszystkie dojrzałe zaś jaja danego gatunku zwierząt — po cztery. Wyobraźmy sobie teraz przebieg zapłodnienia; plemnik przenika do jaja, jądra obu komórek zlewają się, ich chromosomy zaś sumują się, by w rezultacie przywrócić normalną dla danego gatunku liczbę chromosomów w rozwijającym się organizmie. Wynika stąd, że istnieją

dwie możliwości; jajo o czterech chromosomach może zostać zapłodnione albo przez plemnik o czterech chromosomach i w tym przypadku powstający zarodek będzie posiadał we wszystkich komórkach swego ciała po osiem chromosomów. Lub też jajo o czterech chromosomach zostanie zapłodnione przez plemnik drugiego rodzaju, posiadający tylko trzy chromosomy, i powstający organizm posiadać będzie we wszystkich swych komórkach po siedem chromosomów. Czy zgadujecie, dokąd zdążamy? Osobnik o siedmiu chromosomach był przecież samcem, o ośmiu zaś — samicą! Dwa rodzaje plemników stanowiły więc o determinacji płci: jeśli w zapłodnieniu bierze udział plemnik o mniejszej liczbie chromosomów, w naszym przykładzie o trzech, w rezultacie powstaje samiec, jeśli zaś do jaja przenika plemnik o większej liczbie — w naszym przykładzie o czterech — powstaje samica! Komórki nasienne z parzystą liczbą zawierają ów nieparzysty chromosom numer 7, który w ten sposób staje się chromosomem determinującym płeć; obecność jego pociąga za sobą rozwój osobnika żeńskiego, nieobecność zaś warunkuje powstanie samca. Któżby pomyślał, że prawidłowa proporcja płci uwarunkowana jest przez tak prosty a jednocześnie tak niezawodnie funkcjonujący mechanizm?

5.

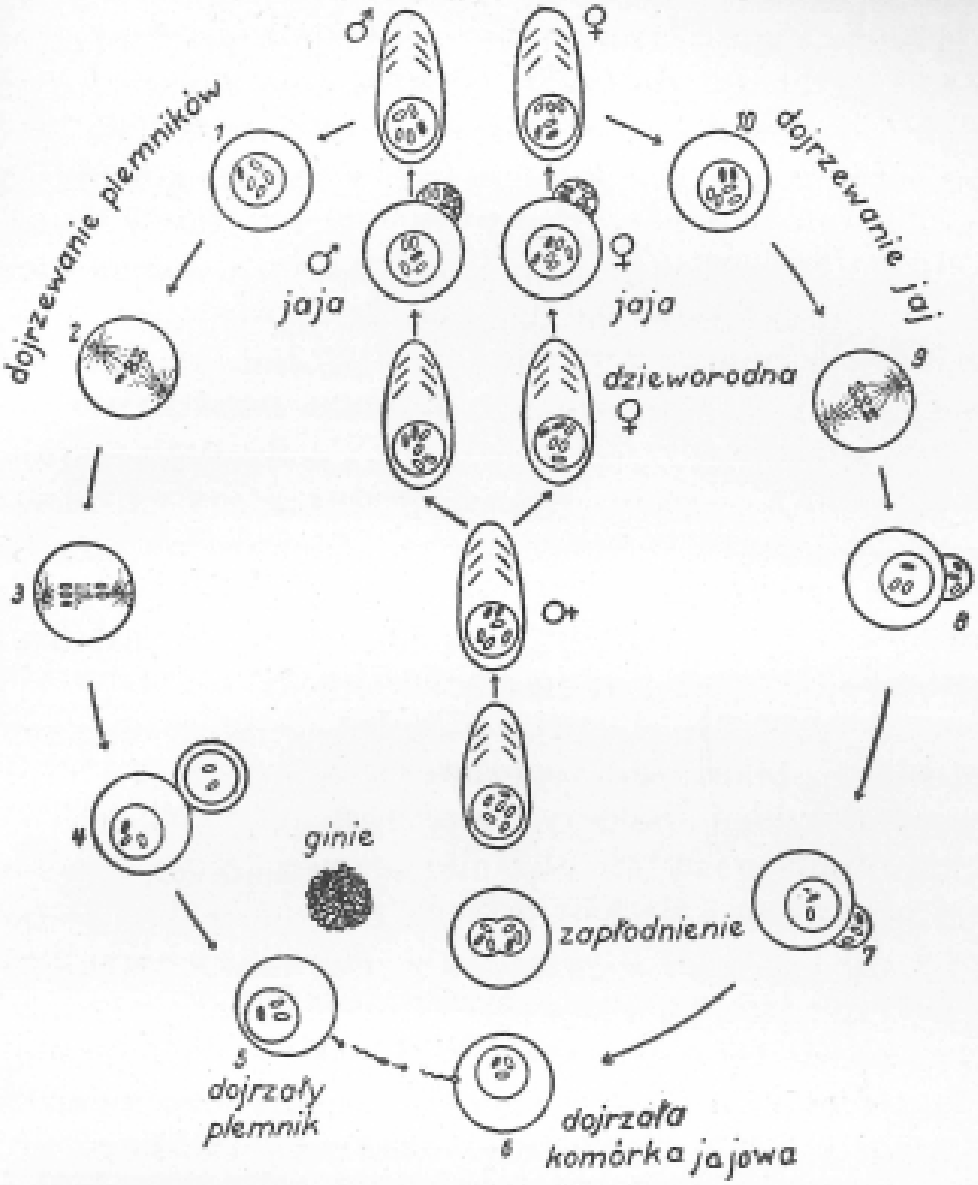
Podczas nauki rachunków zawsze wymaga się sprawdzenia przykładu, by stwierdzić, czy rezultat jest prawidłowy. Mieliśmy poprzednio do czynienia również z pewnego rodzaju rachunkiem i próba sprawdzenia wydaje się bardzo pożądana. Oto jedna z nich:

Słyszeliśmy w poprzednim rozdziale o zwierzętach, u których stosunki płci nie były tak proste jak u innych, a wykazujących cykle życiowe, w których kolejno zmieniały się zarówno różne rodzaje rozmnażania, jak i występowanie obu płci. Przypomnijmy sobie tylko przypadek mszyc i filoksery. Na wiosnę wychodzą z jaj zapłodnionych je-

sienią wyłącznie samice, będące matkami wszystkich tych pokoleń, które prowadzą przez lato dzieło zniszczenia winnic. Ponieważ niema wtedy samców, samica mnoży się na drodze dzieworództwa i ze zniesionych przez nią niezapłodnionych jaj rozwijają się wyłącznie samice, które również w drodze dzieworództwa dają początek następnym pokoleniom, składającym się wyłącznie z samic — i trwa to aż do jesieni. Wtedy to niespodzianie z niezapłodnionych jaj rozwijają się przedstawiciele obojga płci, samice i samce. Samce przystępują do zapłodnienia samic i zapłodnione jaja zimują, by dać życie samicom matkom przyszłorocznych pokoleń.

Na pierwszy rzut oka zjawiska te całkiem nie pasują do wszystkiego, cośmy słyszeli o chromosomach płciowych. Wprawdzie rozumiemy, że dzieworodne samice produkują tylko samice, wiedząc, że wszystkie jaja są jednakowe pod względem składu chromosomalnego. Jeśli dodamy nadto, że przy dzieworództwie tego rodzaju nie zachodzi podział redukcyjny, tak, że dojrzałe jajo posiada tyleż chromosomów, co i niedojrzałe oraz wszystkie inne komórki samicy, zagadka cyklu płciowego filoksery zostaje wyjaśniona. Jesienią jednak z jednakowych, niezapłodnionych jaj powstają przedstawiciele obu płci; czyż nie przekreśla to znów naszych konstrukcyj myślowych? Musimy wkońcu skontrolować takiego samca pod względem chromosomów; stwierdzimy ze zdumieniem, że samiec posiada o jeden chromosom mniej od samicy, tak samo jak u wspomnianych uprzednio pluskwiaków. Jeśli samice miały ich po sześć, a tak jest istotnie, samce mają tylko po pięć (Rys. 140). Cóż więc się stało? Musimy w tym celu dokładnie zbadać niezapłodnione jaja, z których rozwinęły się samce. Dowiemy się wówczas, że w pewnej chwili, zanim jajo takie rozpocznie normalny rozwój samczy, jeden z chromosomów zostaje poprostu usunięty, i w ten sposób mamy do czynienia z normalną dla płci męskiej liczbą chromosomów. Pozorna więc sprzecz-

ność z ustalonemi wyżej zasadami przy bliższem rozpatrzeniu potwierdza je w całej rozciągłości; lecz nie rozwią-



Rys. 140. Chromosomy płciowe w cyklu rozwojowym mszyc. Chromosom płciowy — czarny; samiec posiada 5 chromosomów, samica 6. 1—5 dojrzewanie komórek rozrodczych samczych. 10—7 dojrzewanie jaj, 6 — zapłodnienie, u góry zapłodnione jaje zimowe, jeszcze u góry samiec, jeszcze u góry dzieworodna samica, produkująca samce i samice, jeszcze u góry jajo przeznaczone na samca lub samicę, w pierwszem wydalenie jednego chromosomu płciowego; ♂ — samiec, ♀ — samica.

zuje to wszystkich trudności. Jesienią samce zapładniają samice; jeśliby wszystko odbywało się zgodnie z wyłuszczoną zasadą, samce musiałyby wytwarzać dwa rodzaje

plemników, jedne o 3 chromosomach, warunkujące rozwój samic, drugie o 2, wytwarzające samce, tymczasem wiadomo, że z zapłodnionych jaj po przezimowaniu powstają wyłącznie samice. Lecz właśnie ten domniemany wyjątek przy bliższem zbadaniu w zadziwiający sposób potwierdza znaną nam regułę; po zbadaniu podziałów dojrzewania w komórkach nasiennych samca okazało się, że, jakkolwiek istotnie dwa chromosomy wędrują do jednego bieguna, a trzy do drugiego, i powstają wskutek tego dwa rodzaje plemników, lecz zaraz potem komórki o dwóch chromosomach degenerują, i giną, tak, że dla zapłodnienia pozostają tylko trójchromosomowe plemniki, przeznaczone na samice. Dlatego to z zapłodnionych jaj rozwijają się wyłącznie samice. Czyż nie jest to świetny przykład sprawdzenia naszego rachunku?

Prawdopodobnie nie będę w błędzie, przypuszczając, że myśl czytelnika zajmuje w tej chwili kwestja sztucznej, dowolnej determinacji płci u potomstwa. Na zasadzie tego, cośmy dotychczas usłyszeli, nietrudno na to pytanie odpowiedzieć. Jakie realne możliwości istnieją w tej dziedzinie? Przykład filoksery mówi nam o jednej z nich; u tego owada wszystkie plemniki „samcze" giną, a pozostają przy życiu wyłącznie przeznaczone na samice. Oczywiście dzieje się tak z określonych powodów i nietrudno wyobrazić sobie, że przyczyny owe kiedyś nauka wykryje; stanie się wówczas możliwe tego rodzaju oddziaływanie na osobniki samcze, że zmusi je do produkowania tego lub owego rodzaju plemników. Obecnie jednak możliwość taka należy do dziedziny fantazji, co więcej, nie widać nawet drogi, któraby mogła doprowadzić do tego celu. Zamiast bujać w obłokach, lepiej zawróćmy na pewny grunt faktów i raczej cieszmy się, że ludzkości dotąd została oszczędzona niesłychana odpowiedzialność w związku z problematami, które z konieczności wyłoniłyby się wraz z praktycznem opanowaniem dziedziczenia płci.

6.

Obecnie znów musimy powrócić do pytania, na które obiecaliśmy dać odpowiedź nieco później, mianowicie, czy istnieje bezpośredni dowód na to, że chromosomy są materjalnem podłożem dziedziczności. Przypuszczenie to możnaby dowieść, gdyby znalazł się pewien określony chromosom, przekazywany potomstwu w szczególny sposób, i gdyby się dało stwierdzić, że cechy dziedziczne, domniemanie przekazywane za jego pośrednictwem, zostają podzielone między potomstwo istotnie w ten sposób. Dogodną sposobność ku temu dają chromosomy płciowe; weźmy dla przykładu stworzenie, którego samica posiada osiem chromosomów, a samiec siedem. Osiem chromosomów samiczych składa się, jak to już wielokrotnie zaznaczaliśmy, z dwóch porcyj po cztery, a każda porcja została przekazana podczas zapłodnienia przez ojca i matkę. Samiec natomiast posiada w swych siedmiu chromosomach trzy jednakowe pary od obu rodziców, lecz siódmy chromosom nie posiada partnera. Skąd się on jednak wziął? Oczywiście od matki, która dostarczyła do zapłodnienia czterech chromosomów, gdy ojciec w plemniku tylko trzech. Przedstawmy sobie, że z chromosomem owym, prócz czynników związanych z płcią, przechodzą na potomstwo i inne cechy dziedziczne, naprzykład dziedziczna skłonność do pewnych chorób. Ze sposobu, w jaki owa choroba dziedziczy się, moglibyśmy wnioskować, czy istotnie odpowiada on sposobowi przekazywania potomstwu przez rodziców owego chromosomu. Prawdopodobnie ogólnikowy sposób wyrażania się niezbyt dobrze wyjaśnił nam tę sprawę. Lepiej więc zwróćmy się do konkretnego przykładu, posiadającego i praktyczną wartość, gdyż zaczerpnięty jest z codziennego życia. U ludzi podział płci uwarunkowany jest takim samym mechanizmem, jak i u owych pluskwiaków, i istnieje tutaj chromosom płciowy. Liczba chromosomów u mężczyn wynosi 47 u kobiet 48, jaja o 24 chromosomach, zapłodnione przez plem-

nik o 24, dają w rezultacie dziewczynki, zapłodnione zaś przez plemnik o 23 chromosomach — chłopców. Gdybyśmy ponumerowali wszystkie pary chromosomów, moglibyśmy powiedzieć, że płeć żeńska posiada prócz par 1—23, które nie mają nic wspólnego z płcią, jeszcze parę 24, składającą się z chromosomów płciowych. Na jej miejsce płeć męska posiada pojedyńczy chromosom 24, nieparzysty chromosom płciowy. A teraz zwróćmy się do konkretnego przykładu dziedziczenia.

Rys. 141. Rodowód rodziny chorej na hemofilję. Szeregi poziome oznaczają pokolenia, jasne kółka — osobniki zdrowe, ciemne — chore. Rodzice i dzieci połączone linjami skośnemi, rodzeństwo — spięte klamrami. Potomstwo chorych mężczyzn jest zdrowe, pozornie zdrowych kobiet zaś — chore.

Istnieje pewna złośliwa choroba krwi, zwana hemofilją czyli krwawiączką; u dotkniętych nią osobników nawet drobne krwawienie bardzo trudno zatamować i może ono pociągnąć za sobą zgon z upływu krwi. Wiadomo oddawna że jest ona dziedziczna, a z kronik rodzinnych i kościelnych zapisków można odtworzyć rodowody dotkniętych nią rodzin na przestrzeni całych wieków. Mamy tu do czynienia z prawidłowem i szczególnem dziedziczeniem tej cechy (Rys. 141); przedewszystkiem uderza, że w rodzinach tych wyłącznie chorują mężczyźni. Gdy

chory mężczyzna ożeni się ze zdrową kobietą, dzieci ich są zupełnie zdrowe, a synowie płodzą również zdrowe potomstwo — inaczej natomiast córki. Córki tych ostatnich, pochodzące od zdrowych ojców (a więc wnuczki w żeńskiej linji wyjściowego chorego), są również pozornie zdrowe, lecz synowie (a więc wnuki w linji żeńskiej wyjściowego chorego) w połowie są chorzy. Połowa pozornie zdrowych wnuczek wyjściowej pary małżeńskiej posiada wyłącznie zdrowe potomstwo, jest więc ono dziedzicznie zdrowe, druga połowa, jakkolwiek pozornie również zdrowa, przekazuje znów chorobę na połowę swych synów.

Zwróćmy się teraz do chromosomów, by wykazać, że dziedziczenie choroby nie może przebiegać inaczej, jeśli istotnie jej zawiązek dziedziczny znajduje się w chromosomie płciowym (Rys. 142). Chory mężczyzna żeni się ze zdrową kobietą; jeśli nazwać dla skrótu chromosomem chorym ten z pomiędzy nich, który zawiera dziedziczny zawiązek choroby, mężczyzna ów posiada go w osobie 47 chromosomu, nieposiadającego partnera. Jego dojrzałe plemniki są dwojakiego rodzaju; jedne o 23 zwykłych chromosomach plus jeden chory chromosom płciowy, drugie zaś tylko o 23 zwykłych. Zdrowa kobieta posiada w niedojrzałych jajach 46 chromosomów zwykłych oraz dwa zdrowe chromosomy płciowe, wszystkie zaś dojrzałe jaja zawierają 23 zwykłe i jeden zdrowy płciowy chromosom. Potomstwo płci męskiej powstaje w razie zapłodnienia takiego jaja przez plemnik nie zawierający chromosomu płciowego. Spłodzeni w ten sposób synowie otrzymują tylko zdrowe chromosomy płciowe matki, są więc zupełnie zdrowi i nie mogą wskutek tego dziedziczyć choroby. Jeśli jednak jajo zdrowej matki zapłodni plemnik drugiego rodzaju, należący do chorego ojca, otrzymuje ono poza 46 zwykłemi chromosomami jeden zdrowy chromosom płciowy od matki i jeden chory od ojca. Jak się zachowuje spłodzona w ten sposób córka? Mogą tu zachodzić trzy ewentualności: albo chory chromosom wywiera swój

podziału dojrzewania złączone parami chromosomy rozchodzą się, chory wędruje do jednego bieguna, zdrowy do drugiego i w ten sposób powstają dwa rodzaje jaj zdolnych do zapłodnienia; połowa z nich zawiera chromosom płciowy zdrowy, druga zaś połowa — chory, prócz oczywiście 23 zwykłych. Zdrowy mężczyzna posiada również dwa rodzaje plemników: przeznaczone na samice ze zdrowym chromosomem płciowym i przeznaczone na samce, całkiem go pozbawione. Zastanówmy się teraz nad istniejącemi w tej sytuacji możliwościami, a jeszcze lepiej weźmy do rąk skrawek papieru, by je sobie wynotować. Jest ich mianowicie cztery: 1. Jajo ze zdrowym chromosomem płciowym zostaje zapłodnione plemnikiem bez chromosomu płciowego. Rezultat: zdrowy syn. 2. Jajo z chorym chromosomem płciowym zapładnia plemnik bez chromosomu płciowego. Rezultat: chory syn. 3. Jajo ze zdrowym chromosomem płciowym zapładnia plemnik przeznaczony na samicę ze zdrowym chromosomem płciowym. Rezultat: zdrowa córka. 4. Nakoniec jajo z chromosomem płciowym chorym zapładnia plemnik ze zdrowym; powstaje stąd zdrowa pozornie córka, która jednak, tak samo jak i jej matka, przenosi dalej chorobę na potomstwo. Ponieważ wszystkie cztery możliwości posiadają równe szanse prawdopodobieństwa i przeciętnie występują równie często, otrzymujemy rezultat istotnie zgodny z rzeczywistem dziedziczeniem choroby. W ten sposób dowiedliśmy, że zawiązek dziedziczny — w danym przypadku choroby — zachowuje się pod względem dziedzicznym tak samo, jak określony chromosom, i stwierdza to — jak zresztą setki innych podobnych przykładów — że chromosomy są istotnie materjalnemi przenosicielami zawiązków dziedzicznych.

Teraz nareszcie możecie, czytelnicy, zamknąć książkę, by odświeżyć nieco głowę, zaprószoną wszystkiemi temi mądrościami; możecie też dowoli kaprysić, że książka niniejsza tak się łatwo i niewinnie zaczęła, a teraz wy-

maga coraz więcej uwagi i skupienia; lecz niestety nie mam innej pociechy, jak ta, którą raczy klientów dentysta: jeszcze tylko małą chwilkę, a zaraz będzie koniec — lub też dewizę starożytnych greckich mędrców: „przed cnotą bogowie postawili mozół", dodając zresztą, że droga do cnoty nie doprowadziła nas jeszcze na wierzchołek góry, a mamy przed sobą jeszcze jeden stromy, choć krótki etap.

ROZDZIAŁ JEDENASTY

PRAWA MENDLA I DZIEDZICZNOŚĆ

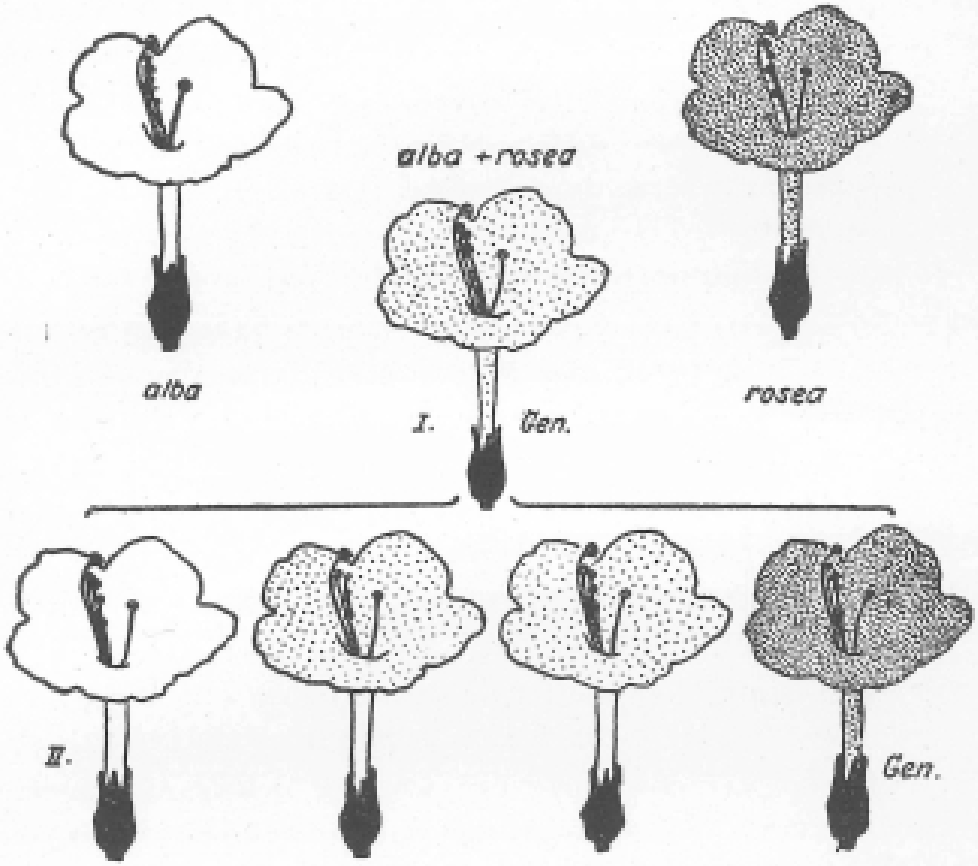
W połowie ubiegłego wieku cichy ogród klasztorny w Brnie Morawskiem był świadkiem dziwnych rzeczy. Grzegorz Mendel, późniejszy opat klasztoru, wysiał niezliczoną ilość grochu i to nie na użytek klasztornej kuchni. Jedne rośliny kwitły czerwono, inne biało, niektóre rosły wysoko, inne nisko, i wszystkie różniły się od siebie pewnemi cechami. Gdy przyszła pora kwitnienia, Mendel starannie zapylał kwiaty, zanim owady w pogoni za miodem nie zepsuły mu doświadczenia, zbierał następnie nasiona i na wiosnę wysiewał je znowu na oddzielnych grzędach. Po wielu latach tych zajęć napisał niewielką pracę, naszpikowaną cyframi i wzorami, w której obwieszczał, że wykrył prawo, kierujące dziedziczeniem cech u roślin. Lecz prawie nikt jej nie czytał, a ci, którzy mieli ją w rękach, nie znaleźli w niej nic ciekawego. Gdy opat umarł po 20 latach, rzecz utonęła w niepamięci. Na przełomie ubiegłego i obecnego wieku trzej uczeni poszli tą samą drogą i odgrzebali zagubiony skrypt. Obecnie marmurowy pomnik Mendla upiększa miasto Brno i cała nowa gałąź wiedzy — mendelizm — nosi jego imię. O czemże więc pouczyły świat ziarnka grochu z klasztornego ogrodu?

1.

Mieliśmy już raz do czynienia z ciotkami, gorąco spierającemi się przy kołysce obiecującego noworodka, czy ma nos podobny do ojca a oczy do matki i t. d. Podobieństwo dzieci do rodziców, spadek cielesnych właściwości, przekazany przez przodków — składa się z poszczególnych cech. Chcąc więc uzyskać wgląd w dziedziczenie cech, charakteryzujących istoty żywe, jako pierwsze zadanie postawimy sobie zbadanie trybu dziedziczenia jednej takiej

cechy. Oczywista, że wgląd taki jest niemożliwy wówczas, gdy rodzice nie różnią się od siebie w zakresie tej cechy; gdy naprzykład para długowłosych pudelków daje życie wciąż nowym pokoleniom takich samych piesków, wiemy wprawdzie z pewnością, że cecha długiej sierści jest dziedziczna, lecz nic ponadto. Jeśli zaś chcemy się dowiedzieć, w jaki sposób przenosi się ona na potomstwo oraz czy i jak się to dzieje w dalszym ciągu, należy skrzyżować długowłose zwierzę z krótkowłosem. Posługujemy się więc metodą krzyżowania, w rezultacie którego powstają tak zwane mieszańce lub bastardy, chociaż ta druga nazwa potocznie posiada nieco odmienne znaczenie. Hodowca psów z pewnością nie nazwie bastardami szczeniąt powstałych ze skrzyżowania czarnego i białego pudla, podobnie jak nikomu z laików nie przyjdzie do głowy nazwać bastardami dzieci, zrodzone z niebieskookiej matki i czarnookiego ojca. Do wyrazu tego bowiem z dawnych jeszcze czasów przywiązana jest pewna poniżająca treść, z czasów mianowicie, kiedy mianem bastarda obdarzano dziecko z ojca „szlachetnej“ krwi i matki krwi „podlejszej“. Amatorowie psów i w obecnych czasach używają owej nazwy na określenie szczeniąt z rasowej suki i kundla. My jednak odrazu odrzucimy owe przesądy i oznaczać będziemy jako bastarda istotę, której rodzice różnią się od siebie choć jedną dziedziczną cechą. Mendel postawił sobie najpierw za zadanie zbadać dziedziczenie pewnej pojedyńczej cechy na drodze skrzyżowania dwóch odmian grochu, różniących się określoną cechą, naprzykład odmianę o kwiatach czerwonych krzyżował z odmianą o białych kwiatach, wysoko rosnącą z niską, odmianę o nasionach żółtych z odmianą zielono-nasienną i t. d. Jakież były rezultaty? Nie możemy przez czas pewien iść za historycznym biegiem rzeczy. Wiemy obecnie, że w doświadczeniach Mendla materjał nie był z pewnego względu najprostszy, i zrozumiemy daleko lepiej całość jego dzieła, jeśli powołamy się na jeden z owych najprostszych przykładów.

Wdzięczna roślina ogrodowa, dziwaczek, występuje między innemi również w odmianie o kwiatach czerwonych i białych (Rys. 143). By zdać sobie sprawę, jak dziedziczy się tu barwa kwiatów, zapylmy słupek czerwonego kwiatu pyłkiem, wziętym z białego, lub też — co nie robi



Rys. 143. Dziedziczenie według praw Mendla na przykładzie dziwaczka białego (alba) i czerwonego (rosea).

różnicy — odwrotnie. Z powstałych w ten sposób nasion rozwijają się rośliny-bastardy, wszystkie kwitnące różowo. Wydaje się zupełnie oczywiste, że ciemna czerwień z białą barwą daje w rezultacie różową. Różowe bastardy wydają nowe pokolenie w ten sposób, że albo poszczególne kwiaty zapylamy ich własnym pyłkiem, albo też pyłkiem, wziętym z innych różowo kwitnących osobników. Czegóż należy oczekiwać ze strony owego drugiego pokolenia bastardów, czy również różowych kwiatów? Otóż nie!

Grządka posiada piękny, pstry wygląd! Kwitną tu i czerwone i białe, i różowe rośliny; w drugiem więc pokoleniu bastardów obok różowych kwiatów mieszańców występują znów czysto czerwone i białe barwy wyjściowych roślin. Powtarzamy teraz doświadczenie na licznych grządkach z ogromną ilością roślin — rezultat jednak zawsze jest jednakowy.

Gdy oczy błądzą po grzędach z drugiem pokoleniem bastardów, zastanowi nas pewna prawidłowość ilościowa w występowaniu trzech rodzajów kwiatów. Czerwonych i białych mamy równe ilości, różowych natomiast tyle, co czerwonych i białych razem wziętych. Opłaci się więc przeliczyć wszystkie rośliny. Rezultat zawsze jest jednakowy: połowa jest różowych, czwarta część białych i pozostała czwarta część — czerwonych. Wydaje się to niezrozumiałe i musimy cierpliwie poczekać na trzecie pokolenie, które wyprowadzamy w ten sposób, że wszystkie trzy rodzaje trzymamy „czysto", więc słupki czerwonych kwiatów zapylamy pyłkiem wyłącznie czerwonych i tak samo postępujemy z białemi i różowemi. Na najbliższą wiosnę wysiewamy nasiona wszystkich trzech rodzajów kwiatów na oddzielnych grzędach. Gdy nadchodzi czas kwitnienia, grządka zasiana nasionami czerwonych kwiatów zawiera wyłącznie czerwono kwitnące rośliny, podobnie jak grzęda z białemi — wyłącznie białe. Na grzędzie natomiast obsianej nasionami z różowych kwiatów, występują znów, jak i w roku poprzednim, wszystkie trzy ich rodzaje, a mianowicie w połowie są one różowe, w czwartej zaś części czerwone oraz białe. Możemy w ten sposób powtarzać doświadczenie wiele razy: z kwiatów czerwonych i białych zawsze otrzymujemy potomstwo wyłącznie czerwone i białe, z różowych natomiast stale wszystkie trzy rodzaje. Jest to właśnie zasadnicze doświadczenie, na zasadzie którego postaramy się za Mendlem wykryć prawo, rządzące dziedzicznością.

Z biegiem czasu zbadano pod tym względem mnó-

stwo poszczególnych cech, zarówno zwierząt, jak i roślin, barwy, kształty, chemiczne właściwości, instynkty i t. d., i dla większości okazało się, że przebieg dziedziczenia jest taki sam, jak opisaliśmy wyżej, a jeśli narazie wydawało się, że jest inaczej, po bliższem zbadaniu jednak wszystkie pozorne odrębności dały się sprowadzić do tej samej zasady. By wyjaśnić to sobie, należy zwrócić przedewszystkiem uwagę na pozorne zlanie cech rodziców w pierwszem pokoleniu bastardów na cechę pośrednią. Lecz zachodzi to tylko pozornie, ponieważ w drugiem pokoleniu bastardów występują czyste barwy rodzicielskie — czerwona i biała — pomiędzy różowemi. Są one ponadto całkiem „czyste“ pod względem dziedzicznym, gdyż zachowują się we wszystkich pokoleniach potomnych. Potomstwo zaś różowych bastardów wciąż rozszczepia się na trzy rodzaje — czerwony, biały i różowy. (Zapamiętajcie słowo „rozszczepiać“, użyte w powyższym sensie!)

Doszliśmy teraz do miejsca, w którem możemy zrobić użytek z posiadanych wiadomości o komórkach płciowych i zapłodnieniu; narazie będzie on tylko bardzo ogólny, później — idący w najdrobniejsze szczegóły. Zwrócimy uwagę na roślinę kwitnącą czerwono, która wydaje wyłącznie czerwone potomstwo. Przy zapłodnieniu komórki jajowej pyłkiem, każda z tych komórek płciowych wnosi jednakowy kapitał dziedzicznych cech, do których należy oczywiście również i czerwona barwa kwiatów; w ten sposób zarówno komórka jajowa, jak nasienna (pyłek oznacza komórkę nasienną lub plemnik w świecie roślinnym), zawierają cechę „kwiat czerwony“ — wszystkie zaś komórki płciowe są pod tym względem identyczne. To samo jest oczywiście i w przypadku białej odmiany; należy tylko słowo „czerwony“ zamienić na słowo „biały“. Podczas zapłodnienia bastardów komórka jajowa, zawierająca cechę „czerwony“, spotyka się z plemnikiem o cesze „biały“ — lub też odwrotnie.

By nie używać zbyt wielu słów, będziemy dalej mówili

poprostu o czerwonych i białych komórkach płciowych; chyba nikt nas źle nie zrozumie, sądząc, że naprawdę są one zabarwione na powyższe kolory. W bastardzie ulegają zmieszaniu wpływy ojcowskich i matczynych komórek płciowych — i kwitnie on różowo. Przystępujemy teraz do ważnej sprawy właściwości komórek płciowych samego bastarda. Pierwszem przypuszczeniem jest to, że wszystkie posiadają cechę „różowe"; jakież pociągnęłoby to za sobą konsekwencje? Potomstwo bastarda musiałoby kwitnąć różowo. W rzeczywistości zaś mamy do czynienia z rozszczepieniem, które ujawnia cechy rodzicielskie i to w stanie czystym. W tym momencie następuje genjalny wniosek Mendla, owo przysłowiowe jajo Kolumba: jeśli potomstwo jest jednolite, jak jego rodzice, muszą być jednolite i komórki płciowe, z których ono powstało, muszą być one tylko jednego rodzaju. Jeśli natomiast potomstwo jest różnolite, musiały być różnolite komórki płciowe, z których się rozwinęło — komórek płciowych było wiele rodzajów. Obserwacja dowodzi, że podczas „rozszczepiania" pojawiają się czyste formy rodzicielskie; owe czyste formy powstają wyłącznie z jednakowych komórek płciowych; muszą więc istnieć czysto czerwone komórki rozrodcze u obu płci, by wytworzyć czerwoną odmianę rodzicielską, oraz czysto białe, by dać początek białej odmianie, innemi słowami: różowy bastard białej rasy i czerwonej nie może produkować różowych komórek rozrodczych, a jego komórki płciowe muszą zawierać cechy rodziców w czystej formie, a więc muszą być w części białe (zawierać wyłącznie cechę białą), w części czerwone (zawierać wyłącznie cechę czerwoną). Bastard więc produkuje komórki płciowe czyste w stosunku do cech rodziców.

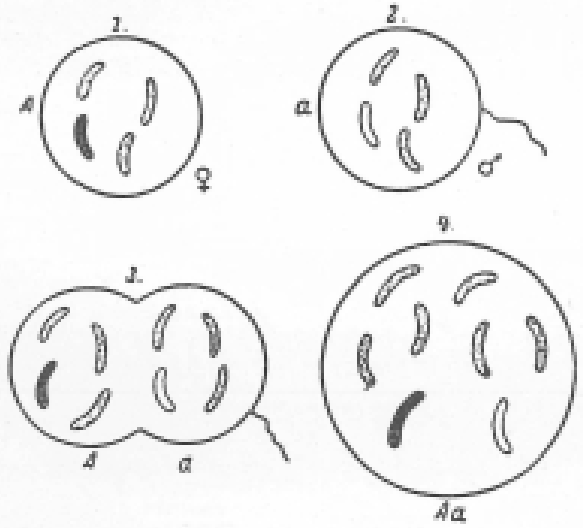
Teraz rezultat doświadczenia wyjaśnia się całkowicie. Bastard kwitnący różowo wytwarza w jednakowych ilościach czerwone i białe komórki płciowe, więc białe i czerwone jaja oraz takież ziarnka pyłku. Przy zapło-

dnieniu możliwe są cztery sytuacje: 1. Czerwone jajo zapładnia czerwony pyłek; powstaje roślina kwitnąca czerwono i o charakterze „czystym", to znaczy, że posiada tylko cechę czerwoną, którą jedynie może przekazać potomstwu. 2. Białe jajo zapładnia biały pyłek i rozwijająca się stąd roślina kwitnie wyłącznie biało, jest czysto biała, jak jej biali dziadkowie. 3 i 4 — czerwone jajo zapładnia biały pyłek lub odwrotnie; powstaje różowy bastard o takim samym wyglądzie i wyposażeniu dziedzicznem jak roślina macierzysta, który wytwarza ze swej strony również dwa rodzaje komórek rozrodczych — i t. d. W ten sposób proste założenie, że bastard produkuje komórki płciowe czyste pod względem rodzicielskich cech, z łatwością objaśnia rezultat. Jest to podstawa prawa Mendla, wszystko inne jest już tylko konsekwencją tego stanu rzeczy.

3.

Zanim zapoznamy się z owemi konsekwencjami, musimy się nieco cofnąć wstecz. Być może, u którego z czytelników zawiązały się już pewne skojarzenia myślowe? Mówiliśmy wciąż o cechach dziedzicznych, przekazywanych zapomocą komórek płciowych; słyszeliśmy, że w bastardzie jedna połowa komórek płciowych otrzymuje jedną cechę, druga połowa — drugą. Czyż nie przypomina to nam przypadku, kiedy to również jedna połowa komórek rozrodczych otrzymuje nieco inny spadek niż druga, mianowicie o jeden chromosom więcej? Czy nie leży tu czasem klucz do mendelistycznego rozszczepiania, czy czasem poza całym procesem nie stoją właśnie chromosomy? Należy się o tem raz wreszcie przekonać! Punktem wyjścia było, że bastard tworzył komórki płciowe czyste pod względem rodzicielskich cech. Jeśli chromosomy, jak się o tem przekonamy, są istotnie pewnego rodzaju brykami, rozwożącemi cechy dziedziczne do poszczególnych komórek, wskazane jest zastanowić się, czy nasze założenie dostatecznie

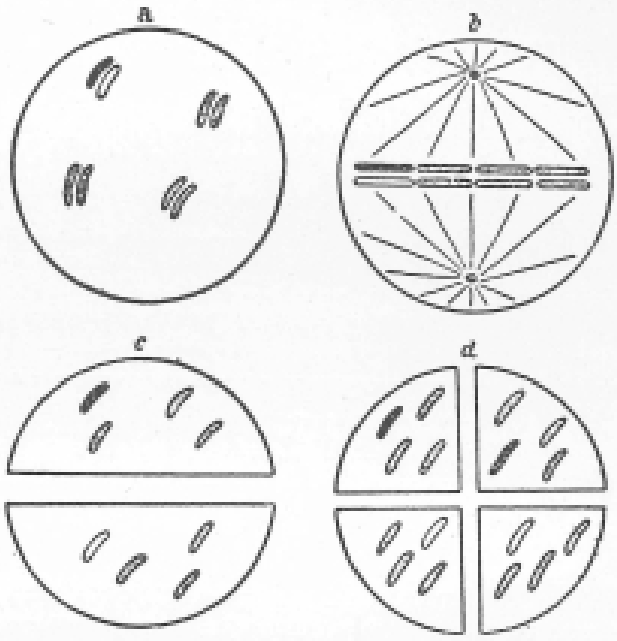
objaśnia zjawisko. Przyjmijmy więc, że cecha czerwona zawarta jest w jednym z chromosomów rośliny, kwitnącej czerwono; w odpowiedniej parze chromosomów białej rośliny zawarta jest cecha biała. Dla uproszczenia sytuacji i tu będziemy mówili poprostu o czerwonych i białych chromosomach (Rys. 144—146). Wszystkie więc dojrzałe komórki rozrodcze, zarówno jaja, jak pyłek, czerwonej rośliny posiadają — prócz innych — jeden chromosom czerwony, rośliny białej zaś — biały. Przy skrzyżowaniu w zapłodnionem jaju spotykają się chromosomy biały i czerwony i bastard zawiera tę parę we wszystkich komórkach swego ciała.



Rys. 144. Chromosomy i mendlowanie. 1 — jajo A, 2 — plemnik *a* rodziców bastarda, 3 — zapłodnienie, 4 — komórka bastarda Aa.

Następuje jednak krytyczny moment, mianowicie dojrzewanie komórek rozrodczych bastarda. Sądzę, że nie zapomnieliśmy, jak się zachowują w tym okresie chromosomy, jak to obydwaj partnerzy każdej pary — z których jeden pochodzi od matki a drugi od ojca — łączą się i następnie każdy z nich wędruje do innego bieguna. U naszego bastarda w ogólnym wieńcu chromosom czerwony wówczas układa się obok białego, a podczas podziału czerwony dąży do jednego bieguna, biały zaś do przeciwległego. W ten sposób powstają dwie komórki rozrodcze, zdolne do zapłodnienia, zawierające albo tylko biały, albo tylko czerwony chromosom, a więc czyste pod względem tych cech — białe lub czerwone. Rozumiemy teraz dobrze, dlaczego bastard produkuje wyłącznie czyste komórki płciowe: dzieje się to mianowicie z tego powodu, że roz-

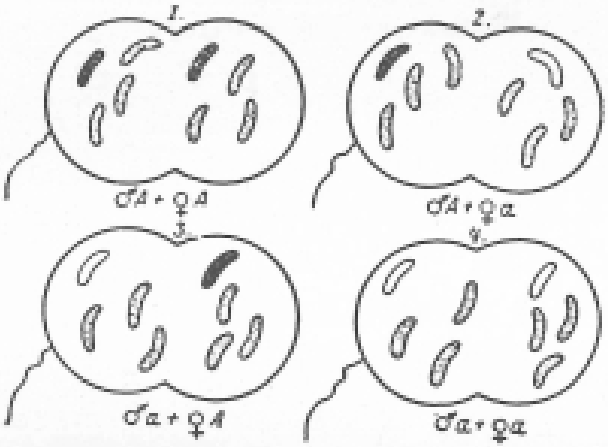
chodzenie się chromosomów podczas podziału dojrzewania wyłącza inne możliwości; rozumiemy również, że cały proces dziedziczenia według Mendla jest tylko konsekwencją faktu, że dane cechy mają swe siedlisko w chromosomach. Sam Mendel nie mógł nawet tego przeczuwać, gdyż chromosomy nie były jeszcze za jego czasów odkryte, lecz tem bardziej godna jest podziwu intuicja, która pozwoliła mu na prawidłowe naogół wyjaśnienie zjawiska.



Rys. 145. Chromosomy i mendlowanie. a — rodzicielskie chromosomy układają się parami przed podziałem dojrzewania komórek płciowych bastarda, b — podział dojrzewania i rozchodzenie się czarnych i białych chromosomów do komórek potomnych (c). d — dojrzałe komórki płciowe bastarda, z których połowa zawiera czarne, połowa białe chromosomy.

Nadszedł obecnie czas, w którym możemy już wyjaśnić, dlaczego zatrzymaliśmy się na przykładzie dziwaczka, zamiast mówić o doświadczeniach z grochem, przeprowadzonych przez Mendla. Zrobiliśmy to z tego powodu, że przy bardzo licznych mendlujących — jak mówimy — cechach, a więc i w wypadku grochu, cechy rodzicielskie nie mieszają się w bastardzie w cechę o charakterze pośrednim (jak czerwona i biała barwa — w różową), lecz że jedna z nich ujawnia się całkowicie, a druga jest w bastardzie zupełnie niewidoczna. Gdy groszek czerwony skrzyżować z białym, barwa czerwona przytłumia zupełnie białą i bastard kwitnie czerwono. Samej reguły w niczem sprawa ta jednak nie dotyka. I tu bastard wytwa-

rza połowę komórek rozrodczych białych a połowę czerwonych, a w najbliższem pokoleniu pojawia się czwarta część czerwonych, czwarta czysto białych i dwie czwarte bastardów, które kwitną czerwono jedynie wskutek wspomnianego przytłoczenia barwy białej przez czerwoną. Faktycznie więc otrzymujemy trzy czwarte czerwonych (z których tylko jedna czwarta jest czystych) oraz jedną czwartą białych. Jest to więc pewna komplikacja, którą łatwo zrozumieć, gdy się przedtem miało do czynienia z prostym wypadkiem dziwaczka.



Rys. 146. Chromosomy i mendlowanie. Cztery ewentualności zapłodnienia komórek płciowych bastarda.

4.

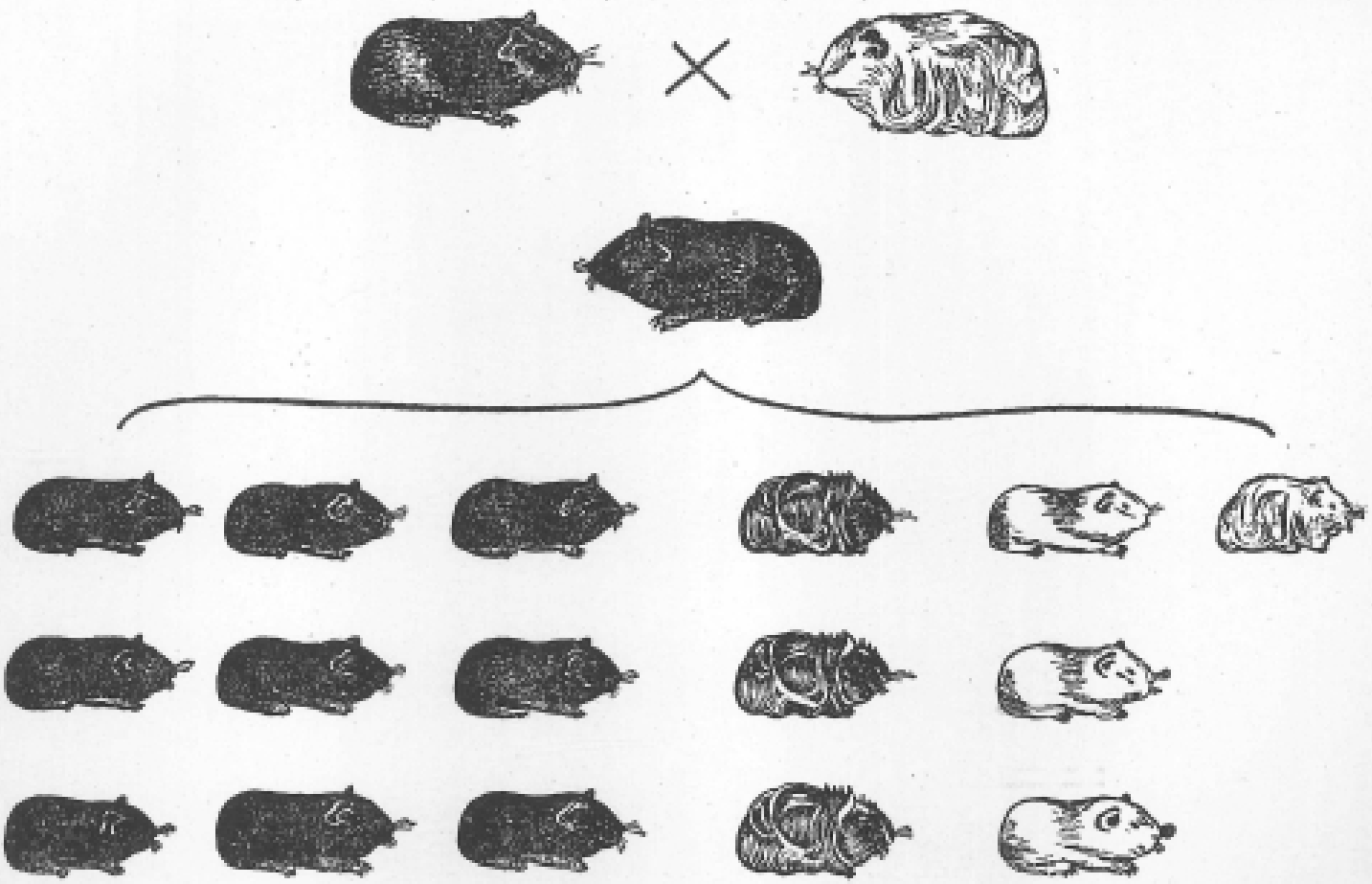
Nie zaspokaja to nas jednak w zupełności, podobnie zresztą jak nie zaspokajało i samego Mendla. Dla doświadczeń ze skrzyżowaniem wybraliśmy troskliwie rośliny i zwierzęta, różniące się tylko jedną cechą. Daleko jednak łatwiej natrafić na takie istoty, które różnią się w wielu punktach; ciekawy byłby wynik doświadczenia, w którem do skrzyżowania użyto większej ilości poszczególnych par cech rodzicielskich. Rezultat jest bardzo prosty. Wyobraźmy sobie skrzyżowanie dwóch roślin dziwaczka, z których jedna kwitnie czerwono i posiada wielkie kwiaty, druga zaś białe o drobnych płatkach. Bastard ma być istotą pośrednią w stosunku do rodziców, posiada więc kwiaty różowe, średniej wielkości; wyprowadzimy drugie pokolenie bastardów, a gdy zakwitnie, zbadajmy je. Z początku zwróćmy uwagę na barwę — stwierdzimy wtedy niewątpliwie, że czwarta część jest czerwonych, dwie czwarte różowych

i jedna czwarta białych. A teraz przeliczmy je jeszcze raz, mając na oku tym razem tylko wielkość płatków; znajdziemy wtedy zgodnie z oczekiwaniem czwartą część wielkich, dwie czwarte średnich i jedną czwartą drobnych. Przeliczmy je po raz trzeci, biorąc pod uwagę jedną i drugą cechę; stwierdzimy, że występują zarówno czerwone kwiaty o dużych, jak i średnich, i drobnych płatkach, podobnie zresztą jak to jest z białemi i różowemi. Oznacza to, że każda cecha mendluje, nie troszcząc się o inne, i następnie przypadek urzeczywistnia wszystkie możliwości, jakie tylko można pomyśleć, a każda z nich ma równe szanse na zrealizowanie. Im więcej przeto istnieje par cech, tem więcej jest możliwych kombinacyj, gdyż każda cecha może się łączyć z dowolną inną. W drugiem pokoleniu bastardów mamy więc do czynienia jakby z grą w kości, i liczba możliwych rzutów rośnie szybko wraz z liczbą par cech. Jeśli skrzyżowane zwierzęta lub rośliny różnią się dziesięciu parami cech, w drugiem pokoleniu bastardów możliwych jest już przeszło miljon rozmaitych zestawień, i grzęda, na której wysiano tę hodowlę, wygląda jak beznadziejny chaos wszystkich możliwych form; musi to być zresztą wcale pokaźna grzęda, by zawierać owe formy choć po jednym egzemplarzu.

Powiedzieliśmy przed chwilą, że przypadek kojarzy wszystkie możliwe zestawienia. Pewnego razu natrafiłem w gazecie na ustęp, mający pretensję do wielkiej głębi i mądrości, a zawierający wiele słów i mało sensu, poświęcony właśnie przypadkowi. Zaczynał się od sentencji: przypadek nie zna reguły. Jeśliby tak było istotnie, nie mogłyby istnieć naprzykład towarzystwa ubezpieczeń, których działalność opiera się na dokładnej znajomości „praw przypadku", ani jaskinia gry w Monte Carlo, ani też celowe zastosowanie mendlowskich reguł dziedziczenia. To, co zwiemy przypadkiem, w rzeczywistości posiada swe prawa, na zasadzie których można doskonale obliczyć, jak często muszą występować określone kombinacje w okre-

ślonej liczbie przypadków; są to zasady t. zw. prawdopodobieństwa. Przypuśćmy, że chcemy stwierdzić przebieg dziedziczenia dwóch mendlujących cech i zwrócimy się tym razem dla odmiany do przykładu ze świata zwierzęcego. Z pewnością widzieliście w sklepach zoologicznych świnki morskie, które amatorzy hodują we wszystkich możliwych odmianach: czarne, białe, plamiste, długo i krótkowłose — i wiele innych. Wybierzemy z pomiędzy nich dwie, różniące się dwiema cechami: czarną o zwykłej, krótkiej sierści i białą o długiej, jedwabistej (Rys. 147). Obydwie więc cechy mendlujące i parami przeciwstawne są: czarna-biała oraz krótkowłosa-długowłosa. Bastardy tych świnek są wszystkie czarne i krótkowłose; w ten sposób mamy do czynienia z wypadkiem podobnym do tego, z którym pracował Mendel na groszku; bastardy nie wykazywały przemieszania cech rodziców do wartości pośredniej, lecz jedna z nich panowała nad drugą: użyjmy określenia, że czarna dominuje nad białą, krótkowłosa nad długowłosą. Wyprowadzimy teraz drugie pokolenie bastardów, w którem zachodzi mendlowskie rozszczepienie. Wiemy, że bastard wytwarza czyste komórki rozrodcze, w których każda z pary cech występuje pojedyńczo. A więc zarówno czarna jak biała, krótkowłosa jak długowłosa występują niezależnie od siebie w komórkach płciowych, tak jak je rozdzieli pomiędzy nie przypadek. Jeśli przypadkowi nic nie „dopomaga“, więc nie wpływa w tym lub owym kierunku, poszczególne możliwości zestawień obydwóch par cech są równouprawnione: posiadają jednakowy stopień prawdopodobieństwa.

W rzeczywistości zachodzą cztery ewentualności dla komórek rozrodczych: mogą one zawierać albo „czarne“ i „krótkowłose“, albo „białe“ i „krótkowłose“ lub też „czarne“ i „długowłose“ albo „białe“ i „długowłose“. Jeśli zostanie wyprodukowana duża ilość komórek rozrodczych tego rodzaju, każdy z nich przeciętnie wystąpi jednakowo często. Tyczy się to zarówno jaj samic bastardów, jak



Rys. 147. Skrzyżowanie świnki morskiej czarnej krótkowłosej z białą długowłosą. U góry rodzice, pod nimi bastard, pod nim rozszczepienie cech w drugiem pokoleniu bastardów.

i plemników samców. Jeśli teraz dojdzie do zapłodnienia i nic nie stoi na przeszkodzie niczem nieskrępowanemu, przypadkowemu złączeniu się jaj jakiegokolwiek rodzaju z dowolnemi plemnikami, każdy z czterech rodzajów jaj może zostać zapłodniony przez którykolwiek z czterech rodzajów plemników, gdyż wszystkie one występują w równych ilościach. Przy dostatecznie dużej liczbie każda możliwość jest równouprawniona; cztery gatunki jaj i cztery gatunki plemników daje w sumie szesnaście różnych kombinacyj.

Weźcie teraz kawałek papieru i wypiszcie wszystkie owe kombinacje: a więc z początku jajo czarno-krótkowłose zapłodnione wszystkiemi czterema rodzajami plemników; następnie jajo biało-krótkowłose — i w ten sam sposób jaja czarno-długowłose i biało-długowłose. Da to w rezultacie szesnaście ewentualności. Nie zapomnijmy przytem, że „białe“ przytłaczane jest przez „czarne“, a „długowłose“ — przytłaczane jest przez „krótkowłose“, gdy cechy te spotkają się w jednym osobniku. A teraz podkreślmy błękitnym ołówkiem wszystkie te wypadki zapłodnienia, w których spotykamy jednocześnie „czarne“ i „krótkowłose“ (czy przytem są tu „białe“ i „długowłose“, jest obojętne, gdyż nie ujawniają się). Znajdziemy dokładnie dziesięć takich kombinacyj. Następnie czerwonym ołówkiem podkreślmy zapłodnienia, w których spotykamy obok siebie „czarne“ i „długowłose“; znajdziemy trzy wypadki tego rodzaju. Żółta kreska zaznaczy następnie „białe“ i „krótkowłose“ (znów bez „czarne“, które wszak przytłaczają „białe“) — w ogólnej liczbie trzech. Pozostaje więc niepodkreślona tylko jedna z szesnastu kombinacyj, połączenie „białe“ i „długowłose“. W ten sposób stwierdzimy, że w drugiem pokoleniu bastardów z pomiędzy szesnastu młodych świnek należy oczekiwać dziewięciu czarnych i krótkowłosych, trzech czarnych i długowłosych, trzech białych i krótkowłosych, jednej białej i długowłosej. Domniemany więc „przypadek“ można dokładnie przewi-

dzieć; konkretne doświadczenie zawsze będzie się zgadzało z powyższem obliczeniem.

Dalsza, ważna konsekwencja zasad Mendla pozwala nam nietylko przewidzieć rezultat rozszczepienia zachodzącego w drugiem pokoleniu bastardów, lecz i stosunki ilościowe, tyczące się poszczególnych kategoryj mieszańców. Już dość skromna znajomość rachunków pozwala wykonać odpowiednie obliczenie dla większej ilości cech. Powyższy przykład poucza nas jednak o czemś daleko bardziej ważnem; użyliśmy do doświadczenia zwierzęta czarno-krótkowłose oraz biało-długowłose. W drugiem pokoleniu bastardów ujawniły się znowu oba powyższe rodzaje osobników. Prócz nich jednak wystąpiły biało-krótkowłose i czarno-długowłose a więc zupełnie nowe. Jakież to ma ogólniejsze znaczenie? Oznacza to, że krzyżowanie pozwala nam osiągnąć wszystkie żądane skojarzenia cech w jednem zwierzęciu, jeśli tylko rozporządzamy parą zdolnych do rozpłodu osobników, posiadających owe cechy. Jeśli posiadamy plamistą rasę bydła o długich rogach, a sąsiad nasz czarną rasę o krótkich rogach, chcemy zaś mieć plamiste bydło krótkorożne, możemy je otrzymać przez skrzyżowanie na zasadzie dokładnie dających się przewidzieć reguł liczbowych. Jeśli abstrahować od praktycznego znaczenia tego odkrycia w hodowli zwierząt i roślin, odkrywają się nagle ogromne perspektywy na najważniejsze ogólne problematy biologji, do których zabieraliśmy się uprzednio z całkiem innej strony.

5.

A teraz zwróćmy się do sprawy pochodzenia istot żywych, związanej z nieśmiertelnem nazwiskiem Darwina. Wprowadził on pojęcie doboru naturalnego, odpowiednika sztucznego doboru, praktykowanego przez hodowców dla udoskonalenia ras zwierząt i roślin, posiadających gospodarcze lub inne znaczenie. Pomiędzy potomstwem zwierząt domowych, sądził hodowca, znajdą się zawsze osob-

niki nieco różne od rodziców; jego wyostrzony wzrok wynajduje je w masie innych, a gdy cechy owe mają pewne praktyczne znaczenie, odpowiednie zwierzęta zachowuje dla rozpłodu. W potomstwie ich również zdarzają się osobniki posiadające owe cechy w zwiększonym nieco stopniu i one również zostają zachowane dla dalszej hodowli; w ten sposób z każdem pokoleniem owe upatrzone cechy potęgują się, aż wkońcu pomyślnie prowadzona hodowla doprowadzi do pożądanego stopnia rozwoju cechy, potrzebnej hodowcy. Według Darwina, w podobny sposób postępuje przyroda, z tą różnicą, że doboru dokonywa nietyle myślący i świadomy hodowca, co nieubłagana walka o byt, usuwająca osobniki niezdatne do życia; zdatne zaś dobór zachowuje przy życiu i potęguje pożyteczne ich cechy w kolejno następujących po sobie pokoleniach, tak, że stale odnoszą zwycięstwo nad współzawodnikami. Podobnie jak hodowca wybiera drobne odchylenia, nieistotne dla niewprawnego oka, i stopniowo dobierając dla rozpłodu „najlepsze“ osobniki, potęguje dane cechy, doprowadzając je wkońcu do wysokiego stopnia rozwoju, również i dobór naturalny wybiera z pośród drobnych odchyleń od przeciętnej wartości cechy pożyteczne, przez ciągłe i nieustanne zachowanie przy życiu odpowiednich osobników potęgując je do tego stopnia, że w rezultacie powstaje coś zupełnie nowego.

Przekonaliśmy się przed chwilą na przykładzie świnki morskiej, że nowe cechy mogą powstać na całkiem innej drodze, a mianowicie na drodze nowego zestawienia cech podczas krzyżowania. Fakt ten wzbudza w nas podejrzliwość i powoduje chęć bliższego rozpatrzenia pomyślnych osiągnięć hodowców. Bezsprzecznie są one zastanawiające; w hodowli zwierząt istnieją pewne mody, tak samo jak na ubrania, i gdy pewna forma lub barwa staje się modna, doświadczony hodowca gwarantuje, że w określonym terminie wytworzy takie modne zwierzę. Lecz przyjrzyjmy się nieco dokładniej, w jaki sposób to czyni. Wiele roz-

próżniaczonych dam obiera za przedmiot miłości śmieszne pokojowe pieski, a ponieważ wkrótce znudziłoby się mieć zawsze tę samą zabawkę — mody w tej dziedzinie szybko się zmieniają. Dzisiaj szczytem piękności jest piesek o nóżkach cienkich i wysmukłych jak badyle i prawie pozbawiony sierści, drżący wciąż z zimna — już nazajutrz „prawdziwa piękność" nie posiada prawie wcale nóżek, natomiast odziana jest prawie niedźwiedziem futrem; następnie przychodzą długie głowy, krótkie głowy, pyszczki spłaszczone, wygięte łapki i wiele innych cudów. Wszystkich tych nowości ma dostarczyć hodowca psów. Lecz w jaki sposób może on „zgromadzić" w jednym osobniku nogi jamnika, sierść pudla, tułów ogara, głowę mopsa i nos buldoga? Czy może w drodze doboru? Nigdy! Jedynie i wyłącznie przez krzyżowanie. Jeśli krzyknąć w las — odpowie echo; hodowca zawsze otrzyma zpowrotem to, co wniósł w daną rasę na drodze krzyżowania. Jeśli skrzyżował buldoga z jamnikiem, może w rezultacie otrzymać wkońcu psa o krzywych nogach i płaskim nosie. Jeśli natomiast nie ma jamnika, nigdy w życiu nie otrzyma psa o krzywych łapach; gdy jednak zapytać go, w jaki sposób doszedł do powyższego rezultatu, bez wahania odpowie, że przez sztuczny dobór. Istotnie dokonał on doboru, lecz tylko doboru kombinacji pożądanych cech w potomstwie bastarda — i nic ponadto

W ten sposób z wyczynów hodowców spada nieco mgiełka tajemniczości, jaka otaczała ich od dawnych czasów; nie znajdujemy teraz jednak nic tajemniczego w kolosalnej tucznej świni, której tułów prawie wlecze się po ziemi, a którą sztuka hodowlana wyprowadziła z owych nędznych stworzeń, jakie uwiecznił Dürer na miedziorycie, przedstawiającym powrót marnotrawnego syna. Jeśli bowiem zbadamy dokładnie sprawę, okaże się, że w dawnych czasach sprowadzona została ze wschodniej Azji rasa tamtejszych świń, której ważną właściwością była skłonność do gromadzenia wielkich zapasów tłuszczów.

Świnie te zostały skrzyżowane z miejscowemi, lub też, według terminologji hodowców, te miejscowe zostały uszlachetnione, a szczęśliwy wybór pożądanych kombinacyj z potomstwa bastardów doprowadził do pomyślnych rezultatów. Przypomina mi się teraz słynny „czarownik roślin“ z Kalifornji, któremu powiodło się wyprowadzić szereg interesujących nowości, jak np. śliwki bez pestek i kaktusy bez kolców. Dziś jego osiągnięcia wyzyskują z wielką reklamą chciwi łowcy dolarów. Na głównej ulicy San Francisco widziałem wielki magazyn, na którego wystawie parę owiec żywiło się w sposób tani i praktyczny kaktusami pozbawionemi kolców (o ile nie kryło się za tem jakie oszukaństwo!). W jaki sposób wyhodowano ową roślinę, która istotnie mogłaby udostępnić hodowlę owiec na olbrzymich, dziś pustynnych, obszarach? Oto przez skrzyżowanie pewnego niepozornego gatunku kaktusa pozbawionego kolców z wielkim, mięsistym lecz kolczastym, i przez skojarzenie odpowiednich cech w bastardach. A więc nie czarodziejstwo — lecz mendlowanie!

6.

Obawiam się jednak popsuć stosunki z tymi czytelnikami, którzy sami są hodowcami, i muszę teraz poszukać drogi do pojednania, zaręczając po pierwsze, że prawidłowe zastosowanie reguł dziedziczenia w praktyce, nie przeczuwając nawet ich treści, należy istotnie do wielkich osiągnięć, a następnie uchylając czoło przed intuicją hodowców w innej dziedzinie, o której będzie mowa za chwilę.

Dobór więc nie może tworzyć nowych cech — jednak muszą one przecież w jakiś sposób powstawać. Jeśli zwrócić się do zwierząt domowych, naprzykład psów, nie ulega wątpliwości, że ongi musiała zostać udomowiona pewna rasa dzikich psów, lecz ani u wilków, ani u szakali, czy lisów nigdzie nie spotykamy stworzeń o głowie mopsa lub łapach jamnika, ani o sierści pudla, ani też o sierści plamistej. Weźmy inne zwierzę, naprzykład mysz; w naturalnych

warunkach zawsze posiada ona szarą barwę, lecz amatorzy-hodowcy pokazują nam białe, czarne, brunatne, żółte, plamiste, srebrzyste i wiele innych. Skąd się one wzięły? Jeśli uważnie obserwować myszy w naturze, zdołalibyśmy wkońcu wyróżnić pomiędzy miljonami normalnych jaką jedną czarną, plamistą lub białą. Lecz w naturalnych warunkach nie robi ona karjery; już uprzednio zaznaczyliśmy, że z takimi elegantami dobór naturalny szybko robi koniec. Jeśli jednak przenieść ją do sztucznych warunków i hodować w bezpiecznej klatce, z łatwością wyprowadzimy szczep białych lub czarnych myszy. Tak samo ma się rzecz z psami. Wilk o łapach jamnika z pewnością w naturalnych warunkach byłby zgubiony; rozszarpaliby go właśni bracia. Jeśli natomiast napotkał go człowiek, lub też zwierzę tego rodzaju przyszło na świat w zakładzie hodowcy psów, właściciel wpada na myśl, że może go z pożytkiem użyć do polowania na borsuki, gdyż na swych krótkich łapach potrafi wślizgnąć się do ciasnych nor. Zachowuje go więc do dalszej hodowli. W ten sposób zapewne postępowali starożytni Egipcjanie, którzy na swych nagrobkach wyobrażali już jamniki. Oczywiście, jest to tylko przypuszczenie; znany jest natomiast w historji inny wypadek tego rodzaju. Przed mniej więcej stu laty w trzodzie owiec pewnego amerykańskiego fermera przyszło na świat jagnię o krótkich i krzywych nóżkach. Ponieważ właściciel miał wiele strat i przykrości wskutek przeskakiwania przez owce zagród chroniących zasiewy, jagnię owo zostało powitane z radością i użyte do rozpłodu, dając początek odmianie, wyposażonej w powyższe cechy. Z biegiem czasu jednak zainteresowanie tą rasą osłabło i wyginęła ona. Przekonaliśmy się na tym przykładzie, jak potrzebne było wprawne oko hodowcy dla oceny powstałego nagle odchylenia i jego praktycznej wartości.

Wydaje się narazie dziwne, że dziedziczna cecha tego rodzaju zaznacza się odrazu w skończonej formie i po-

wstaje z zupełnie nieuchwytnych powodów; jednak, gdy przypomnimy prawa Mendla i chromosomy — zjawisko wyda się bardzo proste. Prawa owe pouczyły nas, że poszczególne cechy po skrzyżowaniu mogą występować we wszystkich możliwych kombinacjach, nie tracąc jednak swej odrębności. Zrozumieliśmy, na czem polega gra przypadku, gdyśmy uświadomili sobie, że chromosomy zawierają owo „coś", które warunkuje powstanie danej cechy, i że same cechy determinuje gra chromosomów podczas podziałów. Owo „coś", zawarte w chromosomie, nie jest oczywiście samą cechą, lecz pewną substancją, determinantą cechy, warunkującą powstanie tej cechy w odpowiedniem miejscu i czasie. Cóż w takim razie oznacza powstanie nowej cechy? Oczywiście powstanie nowej determinanty w chromosomie, którą wyobrazić sobie jedynie możemy jako coś istniejącego lub nieistniejącego. Jeśli pojawia się ona nagle, musi pojawić się nagle i determinowana cecha, i owo pojawienie się nie może nosić innego charakteru, niż właśnie nagły, niespodziany. Byłoby nader ciekawe dowiedzieć się, jakie przyczyny mogą wywołać tak ważne zjawiska, ująć je i zapanować nad niemi. Niestety, usilne starania uczonych nie doprowadziły jeszcze do tego rezultatu; nie wiemy również z całą pewnością, czy nie istnieją inne sposoby powstawania nowych cech. Lecz narazie bądźmy zadowoleni z dotychczasowych osiągnięć i poprzestańmy na zapoznaniu się z ich dalszemi konsekwencjami.

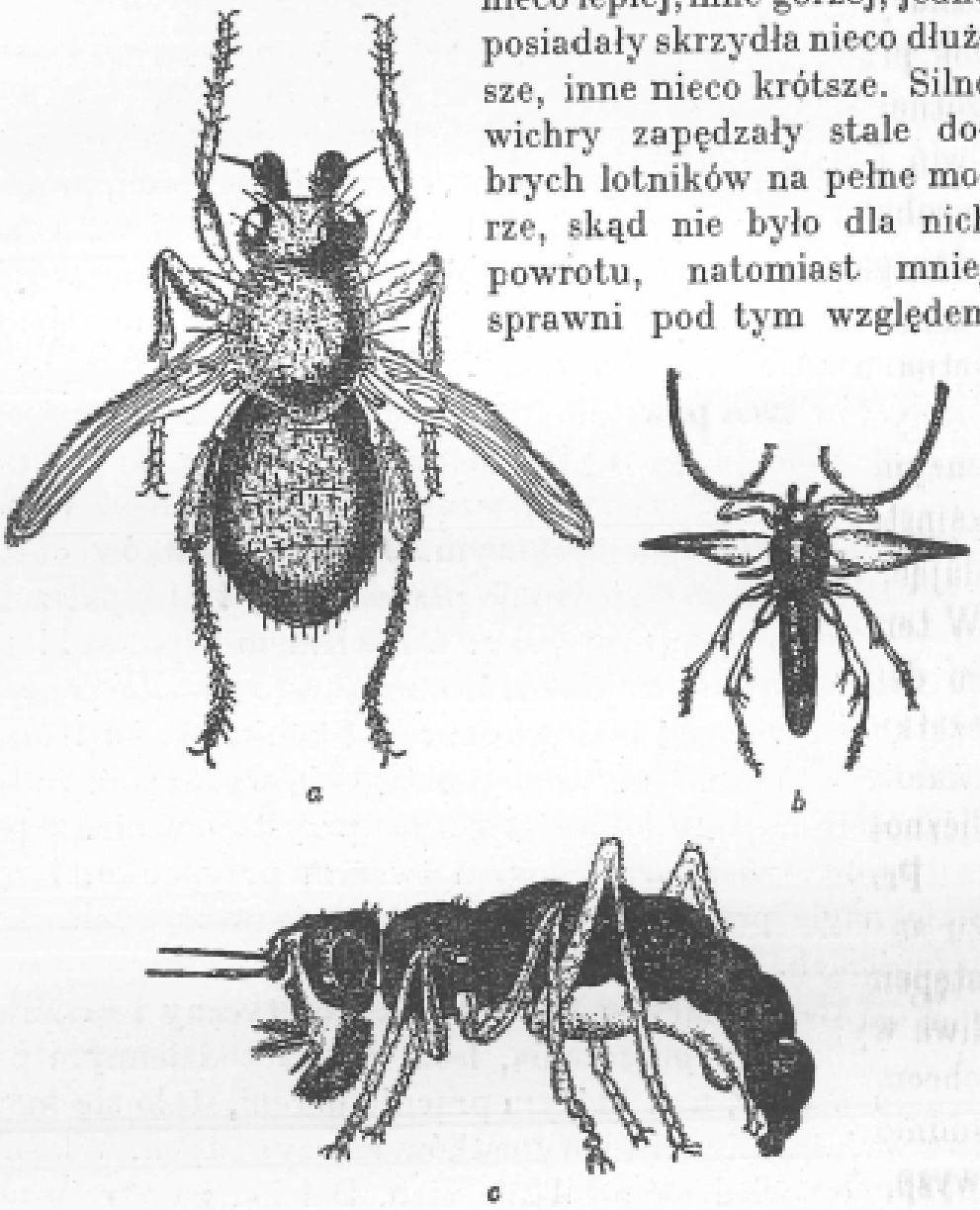
7.

Jeśli słuszny był dawny pogląd, że dobór wytwarza nowe cechy, nagromadzając stopniowo drobne odchylenia, powstawanie ich mogłoby zachodzić jedynie wówczas, gdyby od samego początku nosiły charakter cech pożytecznych. Pogląd natomiast przyjmujący w rachubę nagłe, skokowe powstanie nowych cech, nie potrzebuje się liczyć z pożytkiem lub szkodliwością; te kategorje bowiem nie

mają nic wspólnego z powstaniem cechy, a tylko z jej utrzymaniem. Cecha wyraźnie szkodliwa zostaje przez dobór natychmiast usunięta, czyto z powodu organicznej niezdolności do życia, czy też z powodu ułatwionej przez nią roli wrogów. Cecha natomiast obojętna lub pożyteczna może być utrwalona, może się przytem nawet zdarzyć, że cecha obojętna w pewnej chwili zyskuje pierwszorzędne znaczenie. Przypomnijmy sobie, cośmy słyszeli o odporności askarydy na działanie soków trawiennych; wyobraźmy sobie przodków tego robaka, żyjących w wodzie lub w wilgotnej ziemi. Z pewnością niejeden z nich trafił do jelita świń i został tam strawiony. W pewnym jednak okresie u robaków tych powstała nagle większa ilość nowych cech, różnego rodzaju, pomiędzy niemi zaś zdolność do wytwarzania enzymów, cecha z początku bezwartościowa i obojętna pod względem życiowym. Jeden z robaków obdarzonych nią został zjedzony przez świnię i oto patrzcie, enzym ów ochronił go przed strawieniem i pozwolił na zainstalowanie się w nowem środowisku (oczywiście zakładając, że posiadał i inne właściwości, konieczne ku temu). W ten sposób możemy sobie z łatwością wyobrazić, że to, co dziś ujmujemy jako pożyteczne przystosowanie, z początku było bezwartościowym tworem przypadku, i zyskało nagle praktyczną wartość jedynie w nowych okolicznościach.

Przykład askarydy był jedynie teoretyczny i możliwe tu są tylko przypuszczenia, lecz wraz z codziennym postępem wiedzy, nad którym pracują uczeni, stało się możliwe wyjaśnienie wielu wypadków rzeczywistych. Właśnie chcemy opowiedzieć o kilku z nich. Daleko, na skraju południowego oceanu Lodowatego, leży grupa skalistych wysp, rok rocznie nawiedzana przez straszliwe burze polarne. Tylko zrzadka zabłądzi tam ludzka istota — łowca wielorybów lub uczony. Odkryli oni tam pokaźną ilość owadów, motyli, much, chrząszczy o mniej lub więcej zmarniałych skrzydłach (Rys. 148 a—c). Fakt to szcze-

gólny, domagający się wyjaśnienia. Według dawniejszych poglądów, wyspy te zamieszkiwały normalnie uskrzydlone owady, z których — jak zwykle w naturze — jedne latały nieco lepiej, inne gorzej, jedne posiadały skrzydła nieco dłuższe, inne nieco krótsze. Silne wichry zapędzały stale dobrych lotników na pełne morze, skąd nie było dla nich powrotu, natomiast mniej sprawni pod tym względem



Rys. 148. a — Mucha ze zredukowanemi skrzydłami, b — takiż motyl, c — bezskrzydła mucha.

współbracia trzymali się bliżej powierzchni ziemi, dzięki czemu pozostawali przy życiu i mogli pozostawiać po sobie potomstwo. W ten sposób dokonywał się dobór złych

lotników dopóty, dopóki po licznych pokoleniach nie powstały rasy bezskrzydłych owadów.

Na podstawie wiadomości o dziedziczeniu cech możemy jednak przytoczyć całkiem odmienne rozumowanie. Wystarczy tylko przejrzeć jakąkolwiek kolekcję owadów, by stwierdzić, że pomimo braku burz polarnych i u nas istnieje szereg bezskrzydłych owadów — much, motyli, żuków. Cecha więc „bezskrzydłe" może powstać niezależnie od warunków, panujących na owych burzliwych wyspach. Udajmy się teraz do pracowni uczonego, zajętego przez całe lata pracą nad wyjaśnieniem zagadnień, interesujących nas obecnie. Widzimy tam setki słoików szklanych, w których uczony ów hoduje miljony drobnych muszek owocowych, odżywiających się bananami i posiadających jedyny cel w życiu — pozostawienie po sobie potomstwa, które wkrótce czyni to samo. Pomiędzy temi muszkami co pewien czas występują osobniki o nowych cechach. Uczony wybiera je, ustala dokładnie, jak się dane cechy zachowują przy skrzyżowaniu, i na zasadzie pomysłowych rozważań potrafi nam powiedzieć, w którym chromosomie muszki a nawet w którem miejscu „podkówki" pojawiła się nowa cecha. Może nią być właśnie nagły i dziedziczny zanik skrzydeł, wywołany zanikiem determinanty, warunkującej rozwój skrzydeł i położonej w określonym chromosomie.

Wróćmy jednak na skrzydłach myśli na wyspy Kerguelen. Skąd się wzięły na nich zwierzęta? Możliwe są dwie ewentualności; albo w dawno zamierzchłych czasach wyspy były połączone z sąsiednim kontynentem aż do chwili, gdy wzbierający ocean oddzielił je od lądu. Obecna więc fauna jest skromną pozostałością czasów, gdy nie była jeszcze odcięta od lądowej; faktycznie w wielu wypadkach sprawa wyglądała w ten sposób. Lub też wyspy z początku były niezamieszkałe, a dopiero następnie zostały opanowane przez rośliny i zwierzęta, które dostały się na nie na pędzonych burzą kłodach drzew, kępach trzcin, pomiędzy piórami i na łapach ptactwa wodnego.

Możliwość tę udowodnił olbrzymi eksperyment natury z przed kilkudziesięciu lat. Na zachód od słonecznej Jawy leży drobna wyspa wulkanicznego pochodzenia, Krakatau. Przypuszczalnie w zionącej ogniem górze musiał wytworzyć się kanał, przez który runęły masy wód morskich, wskutek czego nastąpiła nagła eksplozja, najstraszliwsza katastrofa czasów nowożytnych, i Krakatau wyleciała w powietrze. Popiół wzbił się tak wysoko wgórę, że trzymał się w powietrzu w ciągu całego roku i, unoszony prądami powietrznemi, powodował widoczne na całej ziemi szczególnie barwne zachody słońca. Na zniszczonej wyspie oczywiście zamarło wszelkie życie. Dzisiaj, po kilkudziesięciu latach osiedliły się tam setki gatunków roślin i zwierząt, pochodzących z sąsiedniej Sumatry i Jawy — i wyobrażam sobie doskonale, w jaki sposób to się działo, gdyż przypominam sobie, jak pewnego razu płynąłem całemi godzinami statkiem po oceanie Spokojnym wśród olbrzymich mas pni drzewnych i to w odległości tysięcy kilometrów od najbliższego lądu. Pnie te zapewne rzucił w morze potężny tajfun gdzieś na chińskich wybrzeżach, lub też uniósł je ze sobą wezbrany powodzią strumień górski; z łatwością mogły na nich wegetować niewybredne owady lub małże. Jeśli więc istotnie wyspy Kerguelen zostały zasiedlone w powyższy sposób, mogły na nie trafić nie raz, ale tysiące razy, uskrzydlone owady, nie mogące się jednak długo utrzymać na burzliwych i wietrznych wyspach. Mogło się jednak zdarzyć, że wśród owadów trafiła się jedna z owych nagle występujących form bezskrzydłych, i cecha normalnie uciążliwa stała się teraz błogosławieństwem; w danych warunkach właśnie te owady okazały się najlepiej przystosowane, a wskutek tego mogły osiedlić się i rozmnożyć. Lecz dość już o tem — jeszcze nie nadszedł czas, by rozstrzygnąć wszystkie te kwestje. Jakkolwiek wiemy już dużo, lecz nie wiemy — jeszcze więcej i z pewnością potrzeba będzie jeszcze niejednego ofiarnego żywota uczonego, by odpowiedzieć na pytania, których zadawanie przychodzi z taką łatwością.

ROZDZIAŁ DWUNASTY

ROZWÓJ EMBRJONALNY

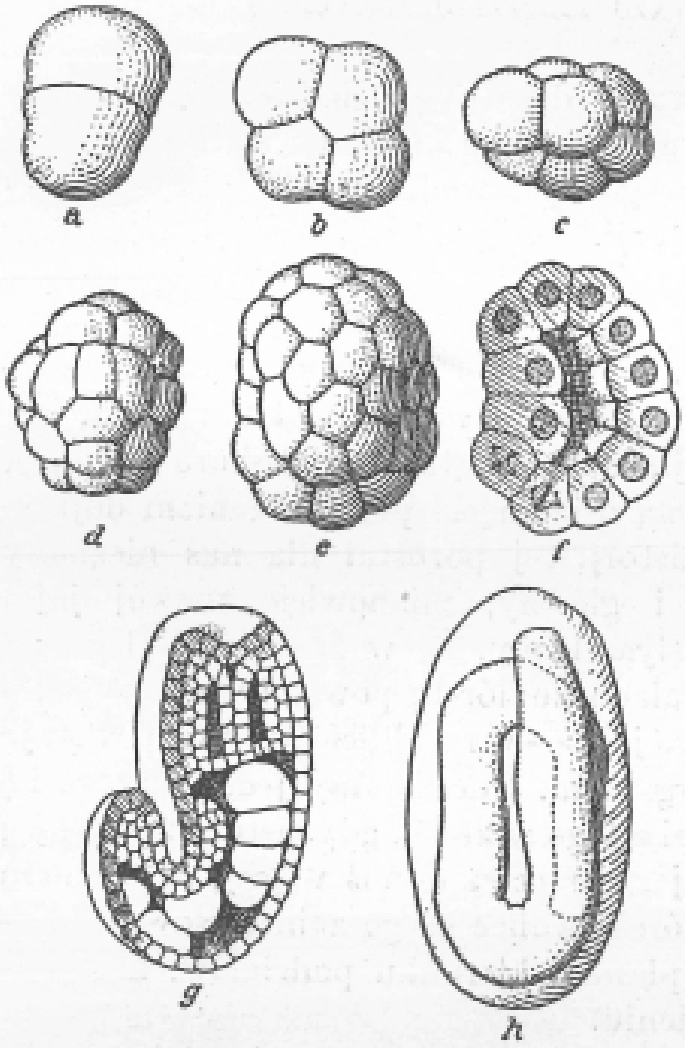
Oto podróż nasza w dziedzinę dziedziczności została zakończona i powracamy do mikroskopu, aby cierpliwie wysłuchać od naszego przewodnika-askarydy — pozostałej części jej historji.

1.

Historja istoty żywej rozpoczyna się z chwilą zapłodnienia jaja (możemy śmiało mówić w ten sposób, nie rozstrzygając kwestji, czy z początku istniała kura czy jajo), a kończy się z chwilą osiągnięcia przez organizm dojrzałości płciowej. Z historji tej pozostał dla nas nieznany okres początkowy i główny, mianowicie rozwój jaja, jakkolwiek nieraz słyszeliśmy, że w zasadzie polega na nieustannych podziałach komórek, powstałych z wyjściowej — zapłodnionego jaja — w rezultacie których powstaje wielokomórkowy organizm. Odczuwamy jednak potrzebę dalszych wiadomości z tego zakresu, gdyż istota żywa z jej licznemi organami jest przecież czemś więcej, niż luźnem zbiorowiskiem komórek, wobec czego zainteresowanie nasze zwraca się do planu i kierunku podziałów, następujących po zapłodnieniu.

U askarydy procesy powyższe, przynajmniej w ogólnych zarysach, możemy obserwować bez trudności, jakkolwiek dokładne zbadanie godnych uwagi szczegółów wymagałoby już wielkiej pracy (Rys. 149). Stwierdzamy z początku, że zapłodnione jajo dzieli się na dwie komórki potomne, z których następnie każda czyni to samo i t. d., tak, że po kilku dniach wytwarza się drobne skupienie komórek, podobne z zewnątrz do maliny, w której pojedyńcze owoce reprezentują poszczególne komórki. Po pewnym czasie mikroskop wykazuje, że twór ten przyj-

muje kształt wydłużony; stają się wtedy widoczne komórki, leżące wewnątrz i otoczone powłoką położonych bardziej zewnętrznie. W miarę postępującego wydłużania się owego tworu wewnątrz niego powstaje światło, wokół którego układają się wewnętrzne komórki, tworząc ściany cewki. Jest to zawiązek jelita. Komórki zewnętrzne tworzą powłokę, reprezentującą skórę, pomiędzy zaś jednemi i drugiemi leżą rozliczne grupy, stanowiące zawiązki mięśni, nerwów, organów płciowych. Już wkrótce w skorupie jajowej leży drobniutki robaczek, zaopatrzony we wszystkie narządy dojrzałego organizmu.



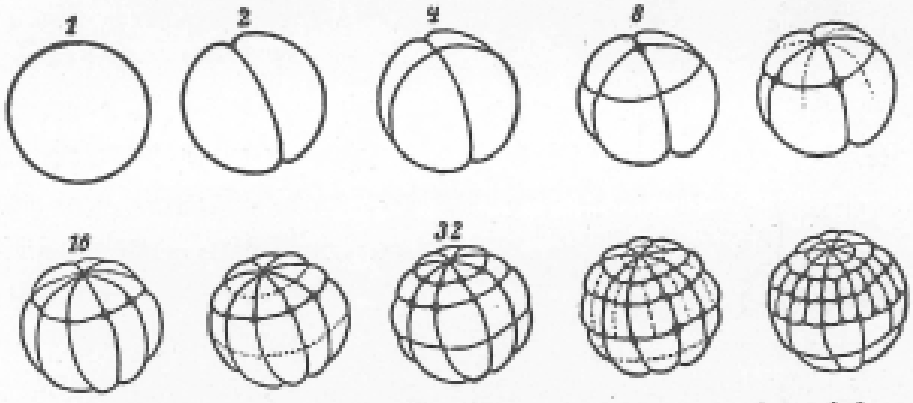
Rys. 149. Rozwój askarydy. a—c bróżdkowanie jaja, d—f wytworzenie pęcherzyka — dwie komórki u dołu dają początek późniejszym płciowym, g—h wykształcenie się młodego robaczka w jaju, g — przekrój przez nie.

Brzmi to bardzo prosto, szczególnie, jeśli ograniczyć się do szkicowania najogólniejszych zarysów — obraz się jednak zasadniczo zmienia, jeśli zapuścić się w szczegóły; wynika wówczas tak wielka ilość poszczególnych spraw i kwestyj, że nie zaskoczy nas wiadomość o istnieniu

specjalnej gałęzi wiedzy, zajmującej się ich badaniem u rozmaitych form zwierzęcych. Pomimo podobieństwa w głównych zarysach, szczegóły tych zjawisk u polipa i robaka, żuka, ślimaka, kurczęcia i człowieka są bardzo odmienne. Jesteśmy już jednak bardzo skromni i nie oczekujemy bynajmniej pouczenia o wszystkich szczegółach, zadowalając się jedynie ogólną orjentacją.

2.

Z początku zainteresuje nas bezwątpienia proces, prowadzący do rozdrobnienia komórki jajowej na zbiorowi-

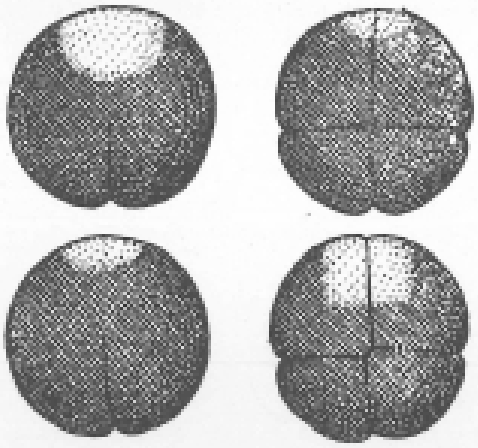


Rys. 150. Brózdkowanie jaja żaby do stadjum 64 komórkowego.

sko drobnych komórek potomnych. Mówimy w tym wypadku o brózdkowaniu, używając terminu, który bynajmniej nie jest ścisły, a jak wiele innych pochodzi z okresu, gdy wiadomości nasze nie były jeszcze dokładne, dziś zaś zachowujemy go jedynie z pewnego pietyzmu. W czasach, gdy nie podejrzewano jeszcze ani o istnieniu komórek, ani o ich podziałach, obserwowano na rozwijającem się jaju żaby głębokie brózdy, występujące na powierzchni (Rys. 150, 151). Obecnie zdajemy sobie sprawę, że brózdy owe stanowią jedynie powierzchniowy obraz przewężeń, dzielących komórki, powstałe z podziału jaja; nazwa „brózdkowanie“ utrzymała się jednak, podobnie jak w języku potocznym elektryczną kolej miejską zwie się tramwajem.

Owo brózdkowanie więc stanowi początek rozwoju każdego bez wyjątku organizmu.

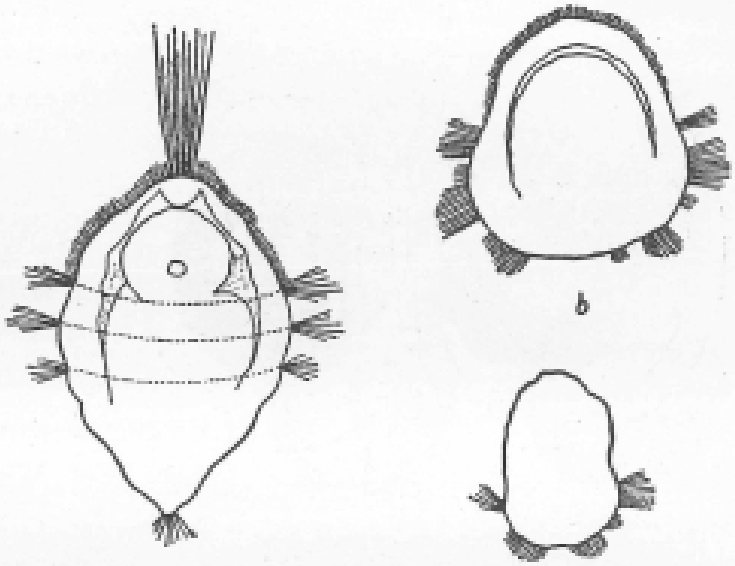
Jeśli pilnie śledzić je i obserwować podział po podziale, ze zdumieniem przekonamy się, że w zakresie danego gatunku przebiega ono z zadziwiającą prawidłowością. Każdy podział zachodzi zgodnie z określonym planem w określonym czasie i każda komórka zajmuje określone położenie. Jeślibyśmy mieli do rozporządzenia większą ilość brózdkujących jaj askarydy lub ślimaka, moglibyśmy w każdym z nich zidentyfikować dowolnie wybraną komórkę na zasadzie wyglądu, położenia, kształtu i znaleźć jej odpowiedniki w innych jajach, znajdujących się w tym samym okresie rozwojowym. W wielu wypadkach możemy wyróżnić już w początkowych stadjach rozwojowych grupy komórek, które — jak można się przekonać — w dalszym ciągu rozwoju wydadzą określone organy: jedna grupa skórę, druga komórki przewodu pokarmowego, trzecia — komórki nerwowe, czwarta — płciowe. Jest to zjawisko wymagające chwili zastanowienia. Każda z komórek jest ostatecznie tylko pewną cząstką komórki jajowej, rozszczepionej przez proces brózdkowania na wielką ilość potomnych. Jeśli więc w następstwie każda z owych grup wytwarza określony organ, naprzykład jelito, można przypuścić, że odpowiedni rejon jaja przed brózdkowaniem, rejon, z którego w rezultacie tego procesu bierze początek wspomniana grupa, musi zawierać substancje konieczne do wytworzenia jelita. Idąc dalej za tą myślą, dojdziemy do wniosku, że w protoplazmie jaja zawarte są najrozmaitsze substancje, ułożone



Rys. 151. Pierwsze dwa podziały zapłodnionego jaja żaby, widziane z obydwu biegunów.

w określony sposób, które następnie warunkują powstanie określonych organów z określonych rejonów jaja. Jajo więc już w okresie przedrozwojowym jest niejako niewidzialnym obrazem tego, co ma powstać zeń w przyszłości.

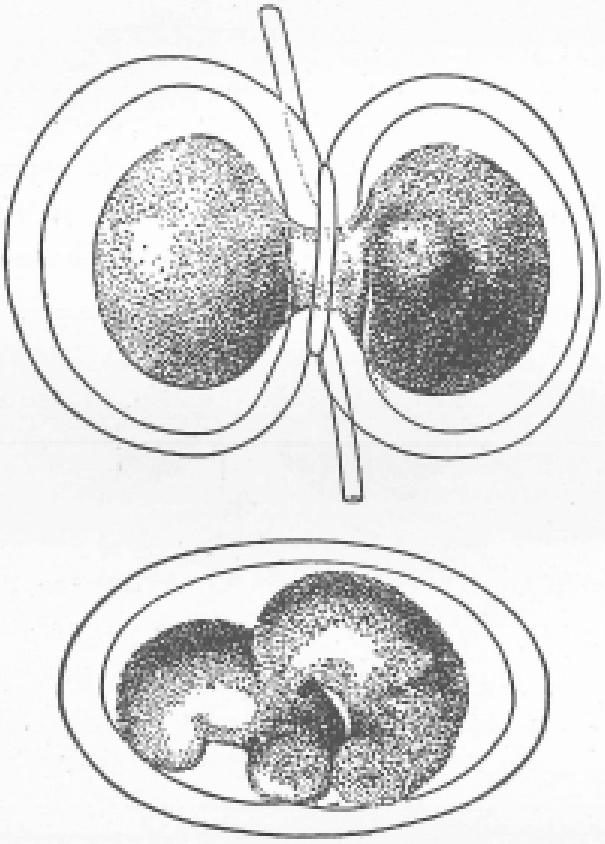
Rozważania powyższe przypominają do pewnego stopnia naiwne wyobrażenia przyrodników w ubiegłych wiekach; wielu z nich było przekonanych, że w dojrzałem jaju leży już drobniutka minjatura przyszłego organizmu; usiłowali ją nawet rysować, posługując się swemi prymitywnemi mikroskopami. Według tych wyobrażeń, drobniutka istota, zawarta w jaju, posiadała w swych jajnikach zkolei jaja przyszłej generacji, w których również musiały mieścić się całe — tylko odpowiednio zmniejszone — osobniki owej generacji. W konsekwencji twierdzono, że w jaju matki-Ewy leżała już cała przyszła ludzkość. Obecnie wzbudza to tylko uśmiech, lecz z pewnością nasi pra-pra-wnucy będą się tak samo śmiali z nas. W każdym jednak razie będą mieli mniejsze powody ku temu, gdyż nie zadowalamy się tylko wnioskowaniem o obecności pewnych substancyj w jaju, lecz usiłujemy tego dowieść.



Rys. 152. a normalna larwa mięczaka, b larwa, która powstała z części jaja; wykazuje ona brak tylnej partji ciała, c niedokształcona larwa, powstała z komórki odseparowanej z całości w stadjum czterokomórkowem.

Czy jednak jest to możliwe? Owszem, i to w bardzo prosty sposób — oczywiście na języku, gdyż w rzeczy-

wistości nie jest to zadaniem łatwem — należy tylko usunąć określone części jaja i stwierdzić, co się z takiego jaja rozwinie. Można też wymieszać zawartość jaja w ten sposób, że poszczególne elementy w niem zostaną poruszone z normalnego położenia i zajmą inne. Można też odseparować komórki, powstałe w rezultacie brózdkowania jaja na 2, 4, 8, 16 komórek, i skontrolować wynik rozwoju tych poszczególnych elementów. Wszystkie te zabiegi zostały faktycznie dokonane wprawnemi rękami uczonych, lecz wyniki niezawsze były jednakowe, gdyż, rzecz szczególna, jaja rozlicznych grup zwierzęcych zachowują się niejednakowo. Jedna grupa istotnie odpowiada oczekiwaniom; jeśli pewną część masy jaja usunąć, rozwija się zwierzątko pozbawione określonej części ciała. Jeśli odseparować pierwsze dwie komórki rozwijającego się jaja i hodować je oddzielnie, jedna daje tylko prawą połowę ciała, druga — tylko lewą (Rys. 152). Bezwątpienia, substancje warunkujące rozwój określonych części i organów ciała posiadają w tym wypadku określone i ustalone położenie. Jeśli do doświadczenia użyć innych zwierząt, rezultat będzie zupełnie odrębny. Można usunąć określoną partję jaja lub



Rys. 153. Sztuczne odseparowanie obydwu komórek rozwijającego się jaja traszki; u dołu zarodki powstałe w rezultacie zabiegu.

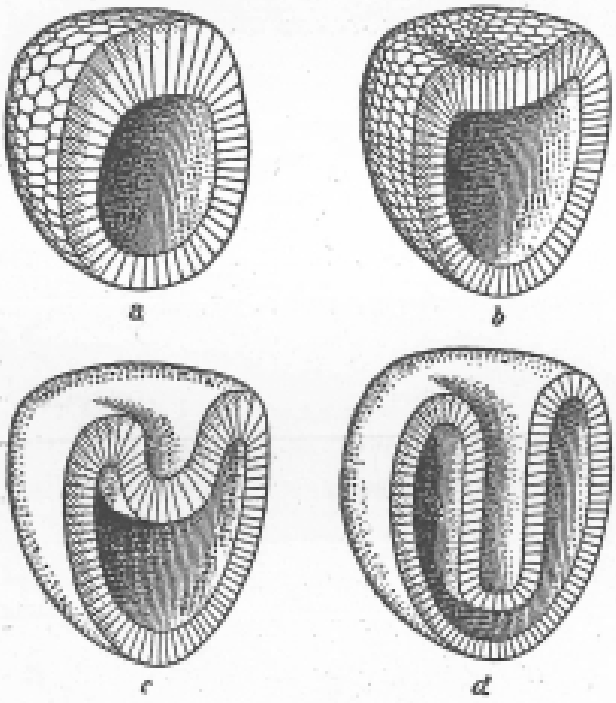
przemieszać jego treść i pomimo to powstanie normalny organizm. Jeśli odseparować obydwie komórki, powstałe z pierwszego podziału jaja, rozwinie się również zwierzę normalne, jakkolwiek o połowę mniejsze (Rys. 153). Dowodzi to, że istnieją również i takie jaja, w których substancje owe nie posiadają stałego układu i wszystkie części jaja mają jednakowe możliwości rozwojowe.

3.

Gdy malarz zabiera się do roboty, ustawia przedewszystkiem sztalugi w odpowiedniem oświetleniu, bierze paletę do ręki i porządkuje pendzle i farby. W podobny sposób możemy interpretować proces brózdkowania jaja, który polegałby wobec tego na porządkowaniu narzędzi, więc komórek i substancyj organotwórczych, poprzedzających rozpoczęcie właściwej pracy twórczej. Również i malarz nie rozpoczyna od wykończania szczegółów malowidła, lecz od rozplanowania brył, zaznaczenia zarysów i tła — to samo dzieje się podczas brózdkowania, mianowicie szkicowe zaznaczenie ogólnych rysów przyszłego organizmu. Materjał komórkowy grupuje się w zawiązki przyszłych organów, przyczem i w tych procesach mamy do czynienia z najrozmaitszemi odrębnościami w różnych grupach zwierzęcych, a oczywiście stopień ich skomplikowania rośnie wraz ze stanowiskiem systematycznem danej grupy. Zaznaczają się jednak pomimo to pewne podstawowe procesy wspólne, gdyż wszystkie organy początkowo występują jako komórkowe błony, cewki, pęcherzyki i t. d. Tak naprzykład zawiązki przewodu pokarmowego i skóry powstają w ogólnych rysach zawsze w następujący sposób:

Gdy utworzy się już skupienie komórek, przypominające jeżynę, wydziela ono do wnętrza płyn, którym nasiąkają poszczególne komórki; powoduje to następnie przekształcenie całości na pęcherzyk o ścianach złożonych z jednej warstwy komórek ściśle przylegających do siebie.

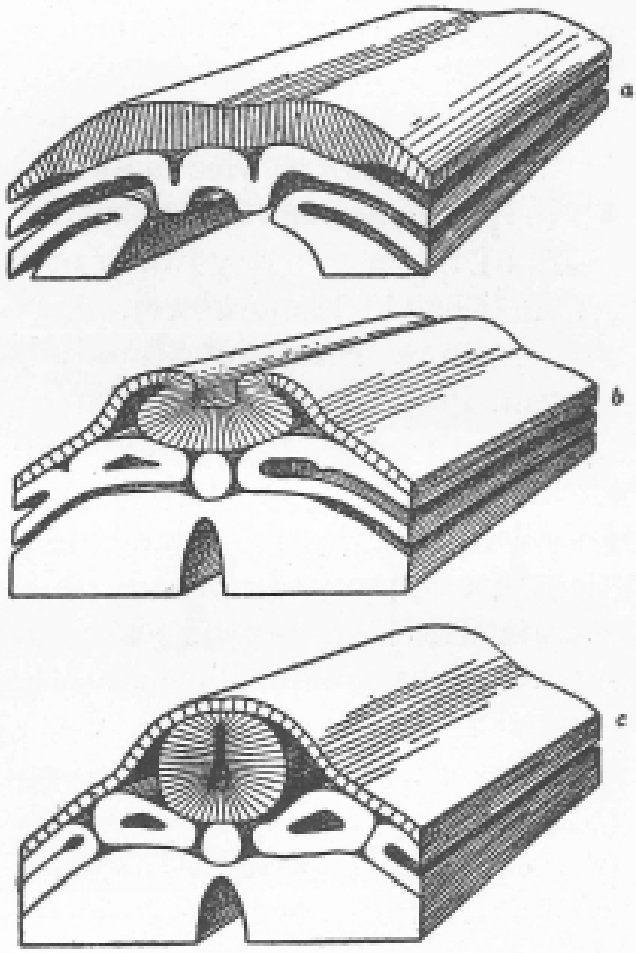
W pewnem miejscu pęcherzyka poczynają się one stopniowo zagłębiać do wnętrza, nie tracąc przytem łączności z sąsiedniemi (Rys. 154). Jeśli porównać pęcherzyk komórkowy do gumowej piłki, proces powyższy możemy naśladować sztucznie, wciskając palcem ścianę piłki do środka. Proces ten posuwa się coraz dalej — w piłce, użytej w charakterze porównania, guma musi być tak elastyczna, że dokładnie przylega do palca — aż wkońcu wewnątrz pęcherzyka znajduje się ślepo zakończony wąski woreczek, otwierający się nazewnątrz. W naszej piłce pęcherzyk reprezentuje nienaruszona część piłki, woreczek — wpuklona część powłoki gumowej, otwór zewnętrzny zaś — miejsce, gdzie tkwi palec. Możemy teraz się przyznać, że powłokę pęcherzyka stanowi zawiązek skóry, a wewnętrzna cewka — zawiązek przewodu pokarmowego. Nietrudno wyobrazić sobie, że na drodze wpuklenia tego rodzaju mogą powstać cewkowate lub woreczkowate zawiązki innych organów. Jeślibyśmy naprzykład zechcieli opisać powstanie ze skóry wewnętrznego ucha jakiegokolwiek kręgowca, musielibyśmy rozpocząć opowiadanie od wpuklania się podobnego woreczka. Jeśli zewnętrzny otwór takiego wpuklonego woreczka zarasta — przekształca się on na pęcherzyk. Słyszeliśmy już o tem



Rys. 154. Cztery etapy wpuklania się pra-jelita w rozwoju wielu zwierząt — w przekroju.

uprzednio przy omawianiu rozwoju soczewki ocznej kręgowców.

Obok wpukleń woreczkowatych stosunkowo częste są wpuklenia rynienkowate; wyobraźmy sobie, że skóra wpukla się nie w jednym punkcie, lecz wzdłuż dłuższej linji, otrzymamy w rezultacie rynienkę (Rys. 155); jeśli brzegi jej znów zrosną się, powstaje cewka, leżąca już pod skórą. W ten sposób zawiązuje się rdzeń pacierzowy i mózg kręgowców. W takiej cewce, woreczku lub w skórze komórki mogą się rozstąpić, wytwarzając otwór — lub też, odwrotnie, skupić się wokół istniejącego otworu i zamknąć go. Sądzę, że przy pewnym wysiłku wyobraźni możecie sobie mniej więcej zdać sprawę, w jaki sposób przez wpuklenie, sfałdowanie, zrosty, przerywanie błon komórkowych i inne procesy tego rodzaju powstaje ze zbiorowiska komórek młody zarodek czyli embrjon, którego skóra otacza wszelkiego rodzaju cewkowate i woreczkowate organy. Odpowiada to zarysowaniu konturów i podmalowaniu tła. Tak jak malarz



Rys. 155. Część partji grzbietowej zarodka kręgowca w trzech stadjach wykształcania cewki nerwowej przez stopniowe zagłębianie się rynienki.

musi się długo uczyć, zanim opanuje ten wstęp do swego rzemiosła, należałoby i nam zadać sobie dużo trudu, chcąc zapoznać się we wszystkich szczegółach ze wszystkiem, o czem tylko pobieżnie wspominaliśmy wyżej.

Następuje jednak wreszcie wykończenie malowidła w najdrobniejszych szczegółach — barwy, rysunku, światła i cienia; w rozwoju organizmu odpowiada temu rozbudowa prymitywnych zawiązków na organy zdolne do funkcjonowania, a więc naprzykład wykształcenie przewodu pokarmowego ze wszystkiemi gruczołami lub też mózgu i rdzenia — obydwóch narządów z prostej, cienkościennej cewki komórkowej. Oczywiście komórki musiały się ogromnie rozmnożyć i odpowiednio ułożyć w przestrzeni. Przy tem owe początkowo jednakowe „brukowce" komórkowe musiały przekształcić się na różne rodzaje komórek, o których już mówiliśmy swego czasu; jedne z nich wydłużają się i odkładają wewnątrz kurczliwe włókienka, stają się komórkami mięśniowemi; z innych wyrastają włókna nerwowe, jeszcze inne magazynują barwiki lub też wytwarzają pewne substancje o charakterze wydzielin, krótko mówiąc, stanowią o najdrobniejszych szczegółach budowy i funkcjonowania organizmu. Wszystko to może się dokonać w ciągu godzin i dni — albo też, jak widzimy na własnym przykładzie — dopiero w ciągu całych lat. Każdy jednak etap tej drogi daje sposobność uczonemu do stawiania nowych pytań i zagadnień — i do usiłowań zdobycia na nie odpowiedzi.

4.

Niektóre z tych zagadnień spotkaliśmy już w innych okolicznościach; przypomnijmy sobie opowiadanie o tworzeniu się włókien nerwowych lub też interesujące procesy, towarzyszące rozwojowi oka, kiedy to z pęcherzykowatego zawiązka mózgu odsznurowuje się woreczek, przekształcający się następnie, na drodze wpuklenia, na puhar siatkówki o podwójnych ścianach; w miejscu, gdzie dotyka

do skóry, wypukla się z niej soczewka. Przy tej sposobności zapoznaliśmy się z faktem, posiadającym podstawowe znaczenie dla zrozumienia rozwoju, polegającym na tem, że w pewnej chwili określona część zarodka — w danym przypadku puhar oczny — wywiera na inną część — w danym przypadku na skórę — działanie o charakterze bodźca, pobudzając ją do określonego przekształcenia — w danym przypadku — na soczewkę. Przekonaliśmy się, że można dowieść tego zapomocą doświadczeń, w których soczewkę wytwarza kawałek skóry wziętej z brzusznej okolicy ciała, jeśli tylko wejdzie w styczność z owym puharem.

Zjawiska tego rodzaju grają poważną rolę podczas rozwoju, związanego z koniecznością współdziałania z całością części początkowo odrębnych, a ponadto posiadają wielkie znaczenie teoretyczne, dając nam bodziec myślowy do dalszych roztrząsań. Na przykładzie, zaczerpniętym z tej dziedziny, możemy łatwo wykazać naprzykład, jak niebezpieczna jest dążność do przedwczesnego uogólniania zjawisk, zachodzących w przyrodzie. Każdy chyba chłopiec choć raz w życiu wyłapywał ze stawów skrzek żabi i po przyniesieniu do domu obserwował rozwój z jaj drobnych czarnych kijanek. Jeśli był uważnym obserwatorem, z pewnością stwierdził, że kijankom z początku wyrastają tylne łapki, a przednie przez czas dłuższy niczem się nazewnątrz nie zaznaczają, z tego powodu, że rozwijają się pod fałdą skórną, okrywającą skrzela, i zakryte są przez nią, dopóki nie przerwą skóry i nie wystąpią nazewnątrz. W miejscu owej fałdy, na które widocznie łapki wywierają pewien ucisk, tworzy się otwór, przez który występują nazewnątrz. Wydaje się oczywiste, że to właśnie ucisk powoduje powstanie otworu w skórze, że więc i w tym przypadku, tak jak podczas tworzenia soczewki, skóra odpowiada na wywarty na nią bodziec. Jednak pewnemu uczonemu przyszła do głowy myśl, aby bardzo młodym kijankom operacyjnie usunąć zawiązki przednich odnóży — i skontrolować wynik; w określonej chwili jed-

nak powstał w skórze otwór, pomimo że nie było już żadnych odnóży, które mogłyby wywierać ucisk. Fakt więc powyższy jest zupełnie odrębny od zjawiska tworzenia soczewki, tak samo jak rezultat rozwoju odseparowanych komórek, powstałych z brózdkowania, kiedy to w jednym przypadku otrzymujemy połowę lub ćwiartkę zwierzęcia, w innym zaś — normalny organizm. Lecz musimy przejść do porządku nad powyższemi kwestjami i, podobnie jak już to wielokrotnie praktykowaliśmy, zadowolić się niestety tylko pobieżnym ich szkicem, śpiesząc do innych, równie ważnych.

5.

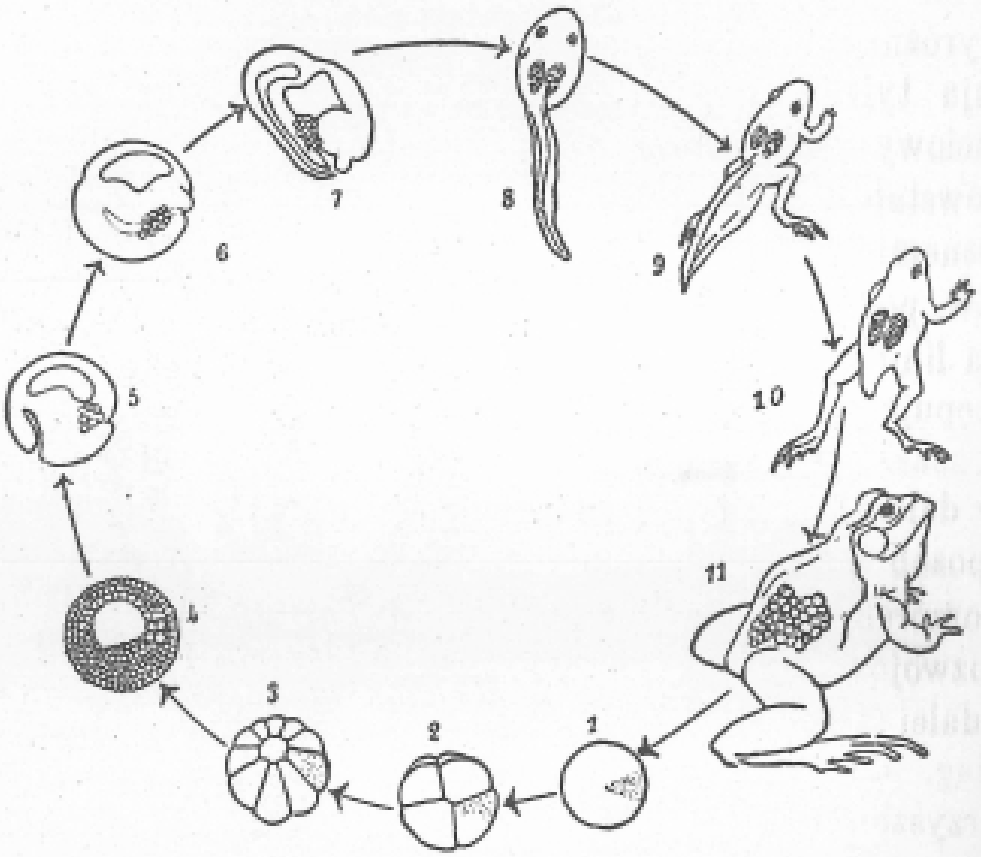
Jeślibyśmy postawili pytanie, dość zresztą jałowe, jakie komórki grają główną rolę w organizmie, wybór wahałby się pomiędzy nerwowemi i rozrodczemi; te drugie stanowią o związku pomiędzy kolejnemi pokoleniami i ich przodkami, oraz gwarantują utrzymanie się gatunku w przyszłości. Chcąc przedstawić te zjawiska nieco szczegółowiej, dojdziemy do nieoczekiwanych i szczególnych wyników. Każdy poszczególny organizm rozwija się z komórki jajowej — jeśli dla uproszczenia sytuacji pominąć rolę plemnika podczas zapłodnienia — w której protoplazmie i jądrze zawiera się w pewnej formie wszystko, co zostało odziedziczone po przodkach i stanowi o odrębności danej istoty; rozmnaża się ona znów przy pomocy jaj, zawierających oczywiście również wszystkie te cechy. Komórki rozrodcze powodują, że potomstwo nasze jest krwią z naszej krwi i kością z naszej kości we wszystkich przyszłych pokoleniach, są więc istotnie nieśmiertelną częścią ciała. Narazie twierdzenie powyższe ma wartość tylko ogólną, w tem znaczeniu, że wszystkie komórki cielesne, więc i płciowe, pochodzą z podziałów jaja. Lecz nieprzerwana ciągłość pokoleń, zapewniona przez komórki rozrodcze, zaznacza się daleko głębiej, jak o tem poucza obserwacja ich rozwoju. I w tym zakresie nasza askaryda

okazała się niezastąpionym objektem, na którym można śledzić krok po kroku kolejno następujące podziały jaja. Okazuje się, że komórki rozrodcze już od samego początku są traktowane jako coś odrębnego. Sprawa przedstawia się tutaj w ten sposób (askaryda bardzo życzliwie demonstruje to uczonym), że w późniejszych komórkach rozrodczych chromosomy zachowują się nieco inaczej niż w innych komórkach cielesnych, tak, że możemy je łatwo wyróżnić. Okazuje się, że podczas pierwszego podziału jaja tylko jedna z potomnych komórek nosi charakter płciowy, którego nie posiada druga, wszystkie zaś komórki, powstałe z tej drugiej, mogą stać się tylko zwykłemi, cielesnemi. Pierwsza natomiast dokonywa licznych podziałów, podczas których znów tylko jedna z potomnych leży na linji przyszłych komórek rozrodczych, aż wreszcie następuje chwila, kiedy zaprzestaje podziałów tego rodzaju, przekształcając się na pra-komórkę płciową, produkującą w dalszym ciągu już wyłącznie komórki rozrodcze. W ten sposób mamy do czynienia z nieprzerwanym łańcuchem komórek, prowadzącym od jaja przez wszystkie stadja rozwojowe organizmu do jego komórek rozrodczych — i dalej (Rys. 156). Komórki rozrodcze tworzą nieprzerwany ciąg, idący poprzez kolejne pokolenia w nieskończoność przyszłości.

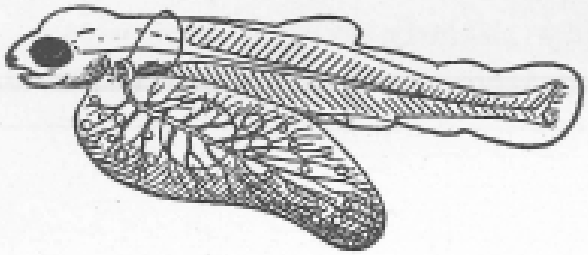
6.

Czy zwiedzaliście kiedy zakłady rybackie, w których wyprowadza się miljony pstrągów do zarybienia górskich potoków? W płaskich zbiornikach znajdują się tam wszystkie stadja rozwojowe od jaja do młodej rybki. Zauważymy między innemi z łatwością, że całkiem młode rybki, leżące bezwładnie na boku, posiadają na brzuszkach dość duże żółte woreczki (Rys. 157). Zawierają one żółtko i są niejako workami prowjantowemi dla młodych istotek, niezdolnych jeszcze do samodzielnego zdobywania pokarmu. Zauważymy również stałą troskę o dopływ do zbior-

ników świeżej wody, przepływającej kaskadami z jednego do drugiego; ma to na celu — poza pobocznemi — dopro-



Rys. 156. Rezerwowanie materjału na komórki rozrodcze w rozwoju żaby. 1 jajo, punktowanie oznacza ów materjał, 2 i 3 brózdkowanie, 4 zaznaczające się już późniejsze komórki płciowe, widoczne we wszystkich późniejszych stadjach 5—11.

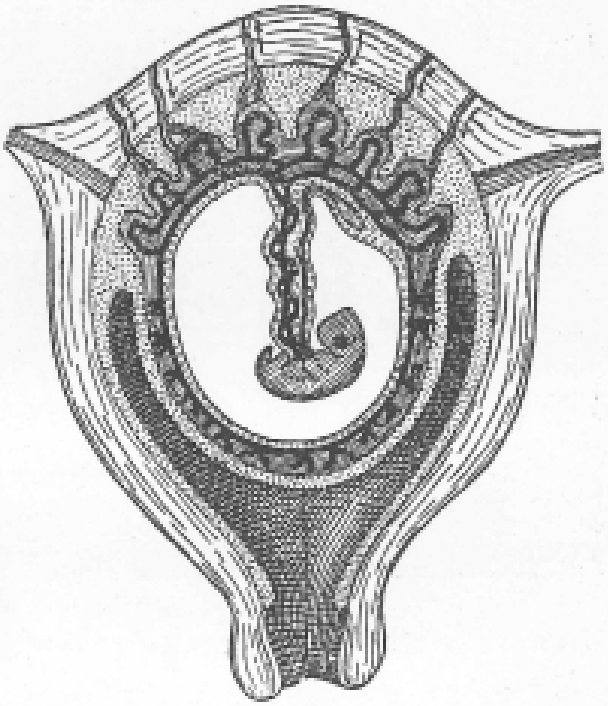


Rys. 157. Świeżo wykluty z jaja pstrąg z pęcherzykiem żółtkowym.

wadzenie do hodowli świeżego powietrza-tlenu dla oddychania. Przypominamy sobie natychmiast, cośmy słyszeli o oddychaniu i odżywianiu, i pojmujemy z łatwością, że rozwijające się jajo tak samo potrzebuje substancyj odżywczych i tlenu do ich spalania, jak i dorosłe zwierzę.

Dla zaspokojenia tych potrzeb istnieją urządzenia tak różnolite, jak różnolite są poszczególne grupy zwierząt.

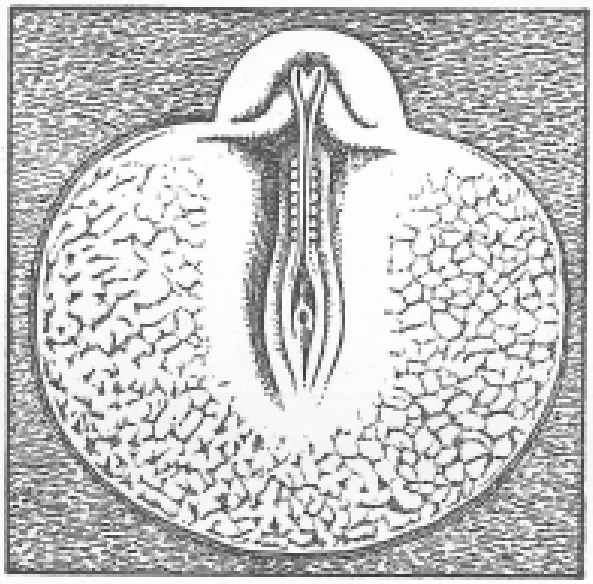
U większości niższych zwierząt i wielu wyższych zaopatrzenie w tlen jest dość prymitywne, gdyż jajo wchłania go z otaczającego powietrza lub wody całą powierzchnią. Jeśli odciąć dopływ powietrza, lub pozbawić wodę zapasu tlenu — zarodek musi zginąć; młode pstrągi musiałby spotkać ten los w stojącej wodzie, a kurczę w szczelnie wypełnionem jaju, otoczonem nieprzenikliwą skorupą, nie mogłoby się rozwinąć.



Rys. 158. Naczynia krwionośne położone w ścianach macicy odżywiają ludzki zarodek.

U zwierząt, których młode rozwijają się w ciele matki, istnieje specjalne urządzenie, umożliwiające dopływ powietrza. Zadanie to przejmuje krew matki, płynąca w naczyniach gęsto oplatających zarodek, skąd tlen dostaje się do jego krwiobiegu (Rys. 158). Jak się jednak urządza pod tym względem nasza ulubienica, askaryda? Czy przypominacie sobie jej odrębności w zakresie oddychania, związane z pobytem w więzieniu, ubogiem w tlen? Z jajami dzieje się to samo; możemy je umieścić w roztworze trucizny, niezawierającym powietrza, które nie może przeniknąć przez szczelną skorupę, i pomimo to rozwinie się w nich mały robaczek, który, tak samo jak jego matka, posiada zdolność wyzyskania dla oddychania fermentacji skrobi zwierzęcej.

A jak się przedstawia sprawa pokarmu, który wraz z tlenem jest nieodzowny do budowy nowego organizmu? Istnieje ku temu wiele sposobów, z których jeden zaprezentował nam pstrąg w postaci pęcherzyka żółtkowego. Matka przezornie wyposażyła go w zapas pożywienia, który starczy do czasu, gdy zacznie polować na drobne raczki. Mikroskopijna z początku komórka jajowa, zanim stała się zdolna do zapłodnienia, nagromadziła w swej protoplazmie znaczne zapasy, zwane żółtkiem, które wkońcu spychają na drugi plan główną część jaja. Na tej drodze powstają wielkie jaja ryb, żab, kur i strusi — oraz jeszcze większe jaja olbrzymich żarłaczy. Rozwijający się zarodek pływa w masie żółtka, które stopniowo zużywa (Rys. 159). Często jednak jajo wyposażone jest w mikroskopijną ilość żółtka i pomimo tego pozostawione jest samemu sobie; zarodek musi się wtedy wykluć w bardzo wczesnem stadjum rozwojowem i samodzielnie zdobywać pożywienie, pływając w wodzie i rozwijając się dalej. Jeżowiec naprzykład opuszcza jajo w postaci mikroskopijnego pęcherzyka i musi się od tego czasu sam troszczyć o aprowizację. Wskutek tego rozwój nie może być bezpośredni, lecz wraz z postępem jego młody organizm musi być zdolny w każdem stadjum do samodzielnego zdobywania pokarmu, przyjmując



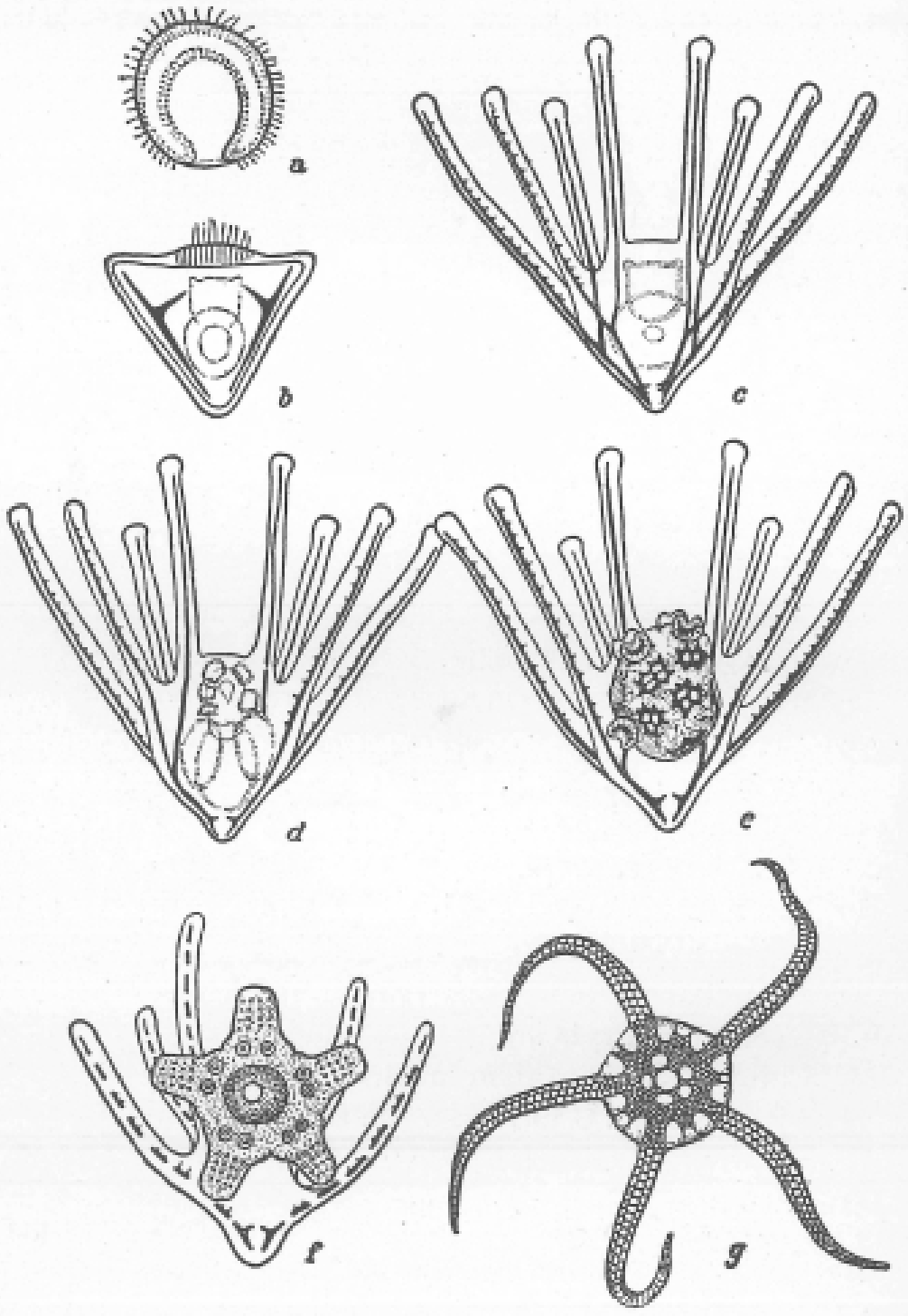
Rys. 159. Tarcza zarodkowa ptaka, pływająca na żółtku; pośrodku zarodek z niezamkniętą jeszcze rynienką nerwową, dokoła tarczowata partja obficie zaopatrzona w naczynia krwionośne, wchłaniające żółtko.

w tym celu rozmaite kształty i tworząc organy, właściwie nie mające nic wspólnego z rozwojem jako takim, a które później, z chwilą gdy się stają niepotrzebne, zostają odrzucane, jak stare ubranie. Stadja takie nazywamy larwami, i liczne zwierzęta posiadają w ciągu rozwoju kilka lub parę takich, nieraz dziwacznych, stadjów larwalnych, których znaczenie pojmiemy jedynie, rozpatrując je z powyższego punktu widzenia. Prawdopodobnie dość szczególne wydadzą się pod tym względem czytelnikom stany larwalne jeżowców lub spokrewnionych z niemi wężowideł (Rys. 160), lecz i co do gąsienic motyli, rozpoczynających rozwój z jaja i kończących go stadjum poczwarki, sprawa nie przedstawia się inaczej. Dla porównania możemy użyć sytuacji człowieka nieposiadającego środków materjalnych na kształcenie się w pożądanym zawodzie, lecz zmuszonego do pracy w charakterze gazeciarza, terminatora, robotnika, rzemieślnika i t. d., by wreszcie osiągnąć zamierzony cel.

Inaczej przedstawiają się rzeczy u żyworodnych zwierząt, gdzie zarodek otrzymuje pożywienie wprost z krwi matki, ku czemu służą zawikłane zresztą urządzenia. Wskutek tego rozwój jego nie zbacza z głównej drogi na poboczne, jak tego wymaga konieczność samodzielnego zdobywania pokarmu przez zarodek, lecz zmierza bezpośrednio do celu, tem szybciej, im sprawniej działają owe urządzenia i im dłużej organizm macierzysty troszczy się o jego zaprowjantowanie. U najwyższych zwierząt, ssaków, troska owa, jak wiadomo, istnieje i po urodzeniu, kiedy to samica karmi małe mlekiem, wskutek czego rozwój ich może bez zakłóceń osiągnąć cel.

7.

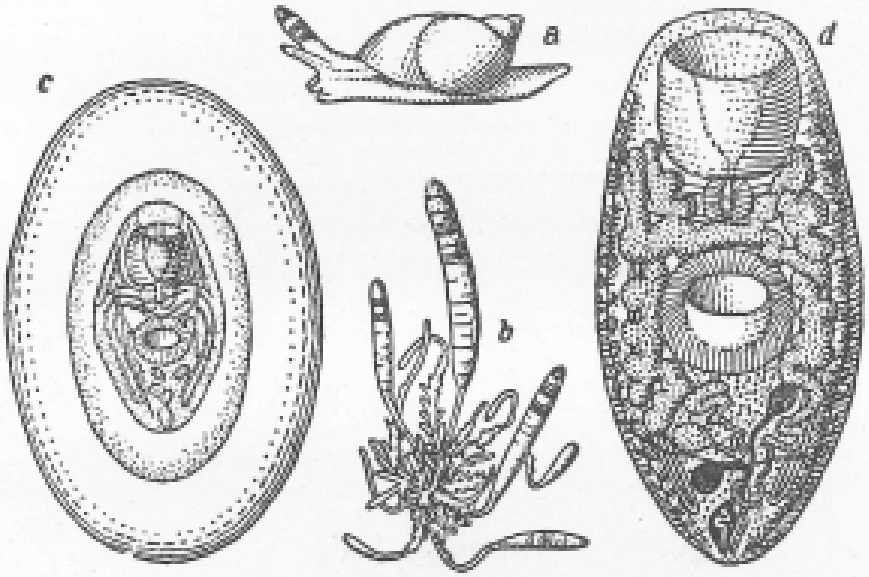
Pasorzytnicza glista była nam przewodnikiem po wszystkich osobliwościach ożywionego świata; należy więc spłacić jej dług wdzięczności, opowiadając o kolejach życia dorosłego organizmu, i zamknąć naszą opowieść, wspomi-



Rys. 160. Rozwój wężowidła (g) od larwy (a), opatrzonej prajelitem, do złożonej postaci d; w e i f zachodzi przekształcenie larwy na postać dojrzałą, przyczem zostają odrzucone wszystkie części niezakropkowane.

nając na zakończenie o szczególnie romantycznych losach samej askarydy i pewnych innych pasorzytów.

W jelitach przeróżnych ptaków śpiewających zamieszkuje pewien drobny robak z grupy przywr, odżywiający się, jak większość jego krewniaków, krwią. Jak wszystkie pasorzyty, produkuje on olbrzymią ilość jaj, które wydostają się nazewnątrz z odchodami; jeśli trafią na wilgotne



Rys. 161. Robak-przywra *Distomum macrostomum:* d robak, b rozgałęzione stadjum rozwojowe w ślimaku, a ślimak z nabrzmiałym czułkiem, c — otorbiona postać.

miejsce, skorupka jajeczka pęka i wykluwa się zeń drobniutka larwa, która porusza się w wodzie zapomocą rzęsek, dopóki nie napotka pewnego malutkiego ślimaka, o przezroczystej, żółtej muszelce, żyjącego w wilgotnych miejscach (Rys. 161); larwa wwierca się poprzez skórę do jamy ciała owego ślimaka, gdzie czas pewien przebywa, odżywiając się sokami gospodarza i wyrastając na szczególny workowaty twór, rozgałęziający się na wszystkie strony. Jedno z tych rozgałęzień wrasta do czułka ślimaka, gdzie nabrzmiewa do tego stopnia, że czułek przyjmuje kształt kiełbaski lub robaka, i ślimak nie może go już wciągnąć do wnętrza, jak to zwykle czyni. Jednocześnie

wewnątrz wyrostka drobne grupy komórek oddzielają się od jego ściany, przekształcając się zwolna na małe przywry, dążące na koniec rozdętego czułka, który zaczyna wykazywać na powierzchni ciemno zabarwione pierścienie i wykonywać charakterystyczne ruchy; czułek ślimaka wygląda teraz jak samodzielny robak! Ptaszek, który go zauważy, oczywiście połyka natychmiast zdobycz, zarażając się znów przywrami.

Rozwój tego rodzaju jest, jak się zdaje, dość skomplikowany, jednak w porównaniu z pewnym krewniakiem wspomnianego pasorzyta stanowi wzór prostoty. Chodzi nam o robaka, zwanego motylicą, żyjącego w przewodach żółciowych owiec, bydła a niekiedy i człowieka; produkuje on również miljony jaj, które z żółcią dostają się do jelit, a stąd, wraz z odchodami — nazewnątrz. I w tym przypadku w wilgotnem środowisku z jaj rozwijają się drobne larwy, pływające w wodzie i napadające na inne ślimaki, w których ciele wyrastają na woreczkokształtne twory. Te twory z grup komórek wewnętrznych wytwarzają nieco inne woreczki, które wypełniają całe ciało ślimaka po opuszczeniu organizmu macierzystego, i ze swej strony znów produkują w ten sam sposób drobne istoty, podobne do dorosłych przywr, lecz opatrzone ogonkiem na podobieństwo kijanek, a po pewnym czasie wydostające się ze ślimaka nazewnątrz. Gdy mają one już dość samotnych wędrówek, odrzucają ogonek, osiadają na łodygach roślin i otaczają się mocną otoczką; jeśli na pastwisku takiem pasą się owce, połykają oczywiście otoczki, i młode przywry wychodzą z nich w przewodzie pokarmowym gospodarza, kończąc w ten sposób swój rozwój.

Tak fantastycznych losów nie przeżywają robaki, należące do grupy nicieni, do których zaliczamy i askarydę, jakkolwiek i one posiadają dość interesujące przeżycia, jak naprzykład t. zw. tęgoryjec, zamieszkujący w jelicie człowieka i powodujący wiele złego szczególniej w okolicach, gdzie są kopalnie. Gdy jaja jego w zwykły sposób

dostaną się nazewnątrz, w wilgotnej ziemi wydostają się z nich larwy, przebywające tam dopóty, dopóki nie stąpi na nie bosą nogą górnik; wwiercają się wówczas przez skórę i trafiają do naczyń krwionośnych, a prąd krwi roznosi je po całem ciele i wkońcu do płuc, skąd przenikają do tchawicy, wraz ze śluzem podchodzą do krtani, a połknięte, znajdują się wreszcie w jelitach, gdzie osiągają stan dojrzałości.

Jeszcze dziwaczniej zachowuje się nasza askaryda; jaja jej również trafiają wraz z odchodami do ziemi, a wewnątrz jaja rozwija się drobny robaczek. Jaja dostają się następnie do ust i jelit, czyto przeniesione brudnemi rękami dzieci, czy też podczas rycia, z zamiłowaniem uprawianego przez świnie, czy też podczas szczypania trawy przez konia — i w jelicie wykluwa się mały robaczek. Moglibyśmy przypuścić, że osiada tutaj i rozpoczyna odżywiać się w znany sposób — lecz nic podobnego! Z początku oddaje się wędrówkom, przebija ściany jelita i dostaje się do wątroby, po krótkim pobycie ciągnie dalej, do płuc, stąd do tchawicy i krtani, a wreszcie po przełknięciu, znudzony podróżami, osiada w jelitach i wyrasta na dorosłego pasorzyta, który nam tak wiernie towarzyszył przez wszystkie stronice tej książki.

W ten sposób doszliśmy do końca naszej opowieści; nie krępując się czasem i przestrzenią, zapuściliśmy wzrok w czarną noc głębin morskich, w ciemności skalnych grot, w świat cudów mieszczących się w kropli wody i jeszcze cudowniejszy świat ożywionej substancji. Usiłowaliśmy wytworzyć sobie skromne pojęcie o przebiegu procesów życiowych, o pracy odbywającej się w laboratorjum żywego organizmu, i badać istoty żywe, zarówno od strony ich własnego wnętrza, jak też i od strony stosunku do świata zewnętrznego. Z całej masy faktów i zjawisk, które tłoczyły się pod pióro, musieliśmy wybrać tylko najprostsze i leżące bezpośrednio na wytkniętej linji opo-

wiadania, gdyż poza każdą stronicą tej książki istnieje cała otchłań wiedzy, zjawisk i faktów, rozwiązanych i nierozwiązanych kwestyj, trud tysięcy i tysięcy pracowników, którzy mozolnie budują cegła po cegle imponujący gmach wiedzy o życiu. Czyż być może, żeby myśląca jednostka, która choć raz rzuciła okiem na ten gmach, nie zażądała większego udziału dla siebie w owej dumnej wiedzy? Chyba, że tak — na szczęście! Niechże więc pobudzi ona każdego do wyzyskania tysiącznych możliwości dalszego kształcenia i doskonalenia ducha; przecież pomoże to wam do spełnienia podstawowego obowiązku względem ludzkości — podnoszenia jej na tak bardzo potrzebny wyższy poziom.

Świetlica Z.Z.G.
Jaworzno
Świetlica Z.Z.G.
Jaworzno
Czytelnia Miejska
w Jaworznie

SPIS RZECZY:

Str.

ROZDZIAŁ PIERWSZY: KSZTAŁT, BARWA, PRZYSTOSOWANIE 1
Wstęp. Pasorzytyzm. Jednostronne przystosowanie. Enzymy. Przystosowania w zakresie kształtu i barwy. Zwierzęta z głębin morskich. Zwierzęta świecące i darwinizm.

ROZDZIAŁ DRUGI: ŻYCIE I CELOWOŚĆ BUDOWY ORGANIZMÓW 21
Czy życie podlega prawom przyrody nieożywionej? Próby rozwiązania problematu. Budowa komórkowa i rozmiary organizmów. Kształt organizmów i jego celowość. Celowa reakcja zwierząt na bodźce zewnętrzne. Usuwanie cech niecelowych. Barwa ciała, komórki barwikowe, zmiana barwy, podobieństwa ochronne. Świat zwierząt na rafach koralowych.

ROZDZIAŁ TRZECI: SKÓRA A ODDYCHANIE 48
Bakterje i fagocyty. Restytucja utraconych części. Gojenie ran i transplantacja. Skóra jako narząd oddechowy. Istota oddychania. Skrzela i płuca. Układ krwionośny. Oddychanie beztlenowe. Fermentacja. Budowa skóry. Łuski, pióra, włosy, pancerze.

ROZDZIAŁ CZWARTY: LIMFA, MIĘŚNIE, RUCH . . . 72
Nadwrażliwość, odporność, szczepionki. Włókna i komórki mięśniowe. Nauka o komórkach. Praca mięśnia, jego sprawność i siła. Mięsień jako maszyna. Mięśnie i nerwy.

ROZDZIAŁ PIĄTY: NERWY I NARZĄDY ZMYSŁÓW 92
Ogólna budowa i funkcje układu nerwowego. Komórki i włókna nerwowe, metody badawcze. Percepcja bodźców ze świata zewnętrznego. Zmysły. Dotyk, smak, węch. Wzrok. Postrzeganie barw. Jak pracuje oko. Soczewka, źrenica, siatkówka. Aparaty pomocnicze oka. Oko złożone.

Str.

ROZDZIAŁ SZÓSTY: ZMYSŁ SŁUCHU I RÓWNOWAGI, UKŁAD NERWOWY OŚRODKOWY 124
Dźwięk. Jakie zwierzęta słyszą? Aparat słuchowy. Kostki słuchowe i porównawcza anatomja czaszki. Narządy równowagi. Połączenia nerwowe. Odruch i łuk odruchowy. Odruchy życiowo najważniejsze. Odruch i świadomość. Rozpowszechnienie i budowa układu nerwowego, mózg.

ROZDZIAŁ SIÓDMY: ZDOBYWANIE POKARMU . . 162
Zwierzęta pozbawione przewodu pokarmowego. Sposoby odżywiania się pasorzytów; samce karłowate. Rośliny mięsożerne. Urządzenia łowne; pobieranie pokarmu. Język i żołądek mięśniowy. Odżywianie się mrówek i termitów. Ślina i gruczoły.

ROZDZIAŁ ÓSMY: TRAWIENIE, PRZEMIANA MATERJI, WYDALANIE 193
Skład pokarmów; chemiczna przebudowa pokarmu; trawienie u przeżuwaczy. Żołądek i jego funkcje. Trawienie w jelitach. Wchłonięcie pokarmu i rozprowadzenie go po ustroju. Przemiana materji i gospodarka cieplna. Wydalanie i przemiana azotowa. Przemiana materji w przyrodzie.

ROZDZIAŁ DZIEWIĄTY: PŁEĆ, ROZRÓD, ZAPŁODNIENIE 225
Różnice płci. Narządy płciowe. Jajo i plemnik. Zapłodnienie. Złączenie płci. Gruczoły i zewnętrzne cechy płciowe. Obojnactwo. Cykle płciowe. Rozród bezpłciowy.

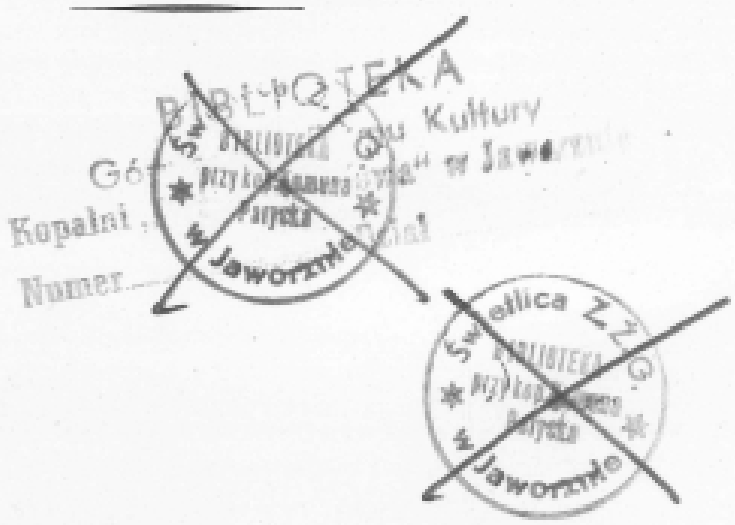
ROZDZIAŁ DZIESIĄTY: JĄDRO, CHROMOSOMY, DETERMINACJA PŁCI 252
Rola jądra komórkowego. Proces zapłodnienia; podział komórki i chromosomy. Chromosomy podczas zapłodnienia i dojrzewania komórek płciowych. Chromosomy płciowe. Dziedziczenie cech sprzężonych z płcią.

ROZDZIAŁ JEDENASTY: PRAWA MENDLA I DZIEDZICZNOŚĆ 279
Prawa dziedziczenia według Mendla. Umiejscowienie zawiązków cech w chromosomach. Dziedziczenie wielu cech. Kombinacje cech dziedzicznych. Hodowla naturalna i sztuczna. Powstawanie nowych cech. Powstawanie przystosowań.

Str.

ROZDZIAŁ DWUNASTY: ROZWÓJ EMBRJONALNY . 303

Pierwsze procesy rozwojowe w jaju i zawiązek przyszłego ustroju. Powstawanie pierwszych narządów. Fałdowania, przewężenia, odsznurowania. Wzajemna zależność i autonomja procesów rozwojowych. Odrębności komórek rozrodczych. Odżywianie się zarodków. Skomplikowane dzieje pasorzytów w trakcie rozwoju.


BIBLIOTEKA
Kopalni
Numer
Jaworzno
Świetlica ZZG
Jaworzno

Miejska Biblioteka Publiczna
w Jaworznie
57
801-007201-00-0