

Sosnowski -

Z pracowni fizjologicznej
(1906).

<http://rcin.org.pl>

Z PRACOWNI PRZYRODNIKA

Jan Sosnowski

Z PRACOWNI FIZJOLOGA

PODRĘCZNIK

DO DOŚWIADCZEŃ FIZJOLOGICZNYCH

bez przyrządów i z przyrządami



WARSZAWA
NAKŁADEM I DRUKIEM M. ARCTA

—
1906

<http://rcin.org.pl>



15930

PRZEDMOWA.

Wobec postawienia nauk przyrodniczych na naczelnym miejscu w programie szkolnym, a również wobec wzrastającego coraz bardziej u młodzieży zamiłowania w tym kierunku, dotkliwie daje się uczuwać u nas brak podręczników, a raczej przewodników do zajęć praktycznych, które pozwoliłyby uczniom szkół średnich na samodzielne i metodyczne zaznajamianie się ze zjawiskami w otaczającej nas przyrodzie. Brak ten nasunął mi myśl zebrania w tej właśnie książeczce opisu doświadczeń najprostszych, dotyczących podstawowych faktów z zakresu fizjologii, która, zdaniem moim, razem z fizyką i chemią odegrać musi pierwszorzędną rolę pedagogiczną. Żadna prawie nauka nie porusza tylu teoretycznie ciekawych, a praktycznie ważnych kwestji, jak właśnie szeroko rozumiana fizjologia, dotychczas jednak traktowana po macosze — nie tylko w średnich, ale i wyższych zakładach naukowych.

Wszystkie istniejące podręczniki do ćwiczeń fizjologicznych mają na uwadze studentów uni-

wersytetu, a więc ludzi obznajmionych już nieco ze sztuką eksperymentowania i rozporządzających mniej lub więcej zasobnemi pracowniami. W zupełnie innych warunkach znajduje się czytelnik tej książeczki—to też wybór doświadczeń odpowiednich okazał się rzeczą bardzo trudną. Przedewszystkiem należało wyłączyć wszystkie doświadczenia, wymagające przyrządów graficznych, jako zbyt drogich, oraz wszelkie wiwisekce. A przecież te dwie kategorie stanowią główną treść fizjologii. Wreszcie w naszych warunkach nie nadają się wcale doświadczenia, dotyczące zwierząt morskich. W ten sposób wiele rzeczy podstawowych musiałem pominąć—inne zaś przedstawić nie z taką precyzją, jak tego by pragnąć można. Wobec tych trudności książeczka musi mieć bardzo dużo braków—mam jednak nadzieję, że praktyka życiowa pozwoli z czasem wprowadzić do niej wiele ulepszeń. A może i warunki materjalne naszego szkolnictwa poprawią się kiedyś, i będzie można dać do rąk młodzieży obfitsze pomoce naukowe.

Wszystkie doświadczenia opisane poniżej dadzą się wykonać kosztem kilkudziesięciu rubli; jeżeli zaś pominąć cewkę indukcyjną i spektroskop—to nawet kilkunastu.

Autor.

I.

Własności mięśni i nerwów.

(Doświadczenia bez przyrządów).

Przedmioty potrzebne do doświadczeń:

1) żaba, 2) dżdżownica, 3) mocne, duże nożyczki, 4) duża szpilka ze stępionym końcem—może być od kapelusza, 5) małe nożyczki, 6) pincet, 7) bawełna, 8) nieco soli kuchennej, 9) 0,6‰ roztwór soli kuchennej, 10) pędzelek, 11) chorągiewka z papieru barwnego, 12) kawałek drutu cynkowego, 13) kawałek drutu miedzianego, 14) dziesiątka miedziana dokładnie oczyszczona, 15) blaszka cynkowa, większa od dziesiątki, 16) szkiełko zegarkowe 2 ctm. średnicy i 7 mm. wysokości, 17) blaszka mikowa tej wielkości, żeby przykryła szkiełko zegarkowe, 18) roztwór wodny chlorku cynkowego (koncentracji dowolnej, a w braku takowego nieco kwasu solnego rozcieńczonego i kilka kawałków cynku), 19) kawałek lutu lub też kawałek cynku i ołowiu, 20) palnik gazowy Bunzena lub też maszynka benzynowa, w ostateczności spirytusowa, 21) syndetikon, 22) wata hygroskopijna, 23) pilnik lub nitka szmerglowa, 24) cienka rurka gumowa.

Czynności przygotowawcze. Sposobu przygotowania, wymienionego pod numerem 9-ym: 0,6‰

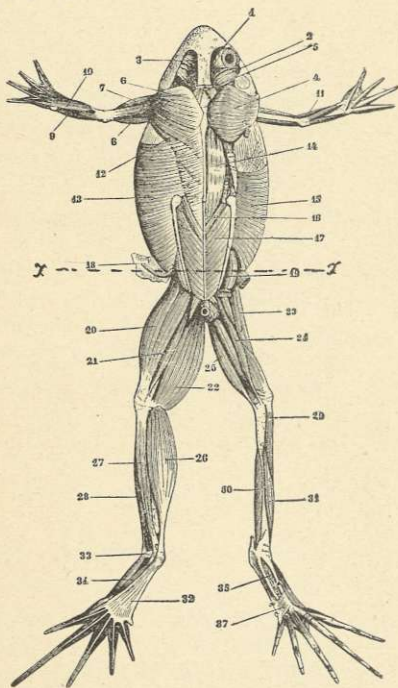
roztworu soli kuchennej opisywać nie widzę potrzeby. Roztwór chlorku cynkowego przygotowujemy również w sposób nadzwyczaj łatwy, wrzucając wprost do wody nieco soli suchej, o ile ją posiadamy; w razie przeciwnym, do kwasu solnego rozcieńczonego wrzucamy trochę cynku i czekamy, aż przestaną się wydzielać pęcherzyki gazu (wodoru). Jeżeli nie mamy lutu (dostać go można u blacharza), to musimy go sami sobie zrobić; w tym celu bierzemy dwie części wagowe ołowiu, oraz jedną część cyny i stapiamy razem na łyżce blaszanej, trzymając ją przez drzewo, korek i t. p., ażeby nie ulec poparzeniu.

Stop wylewamy na zimny przedmiot, najlepiej na stary pilnik, i otrzymujemy cienką wstęgę, której następnie możemy użyć do zlutowania przecika cynkowego z miedzianym.

W tym celu maczamy koniec jednego i drugiego drutu w roztworze chlorku cynkowego, stykamy je z sobą, na miejscu zetknięcia kładziemy kawałeczek lutu i wszystko razem mocno ogrzewamy, dopóki lut się nie stopi. Po szybkim ostudzeniu obmyć trzeba starannie miejsce lutowane, i zgiąć drut w podkowę tak, ażeby wolne końce drutów znajdowały się w odległości mniej więcej centymetra jeden od drugiego. Na zakończenie naciągamy na drut cienką rurkę gumową, pozostawiając tylko na obu końcach po kilka milimetrów drutu nieosłoniętego.

Na przeciwległych brzegach szkiełka zegarkowego wycinamy ostrym pilnikiem lub nitką szmirglową dwa wgłębienia takiej mniej więcej

wielkości, żeby w nie zmieściła się nitka bawełny. W środku blaszki mikowej wycinamy otwór wielkości ziarnka grochu i przyklejamy choćby syndetikonem pod nim kawałek waty higroskopijnej.



Rys. 1.

Teraz z kolei trzeba zabić żabę, czego z pomocą trucizn uskutecznić nie można, gdyż mogłyby one wyrzucić swój wpływ na mięśnie

i nerwy. Postępujemy więc w sposób następujący: ujmujemy żabę lewą ręką w ten sposób, żeby obezwładnić kończyny tylne, następnie jedną połowę ostrych nożyczek wkładamy do paszczy i szybko obcinamy całą górną część głowy, poczym natychmiastowo szpilkę (wymienioną pod nr. 3) wkładamy jak najgłębiej do otworu w kręgosłupie i niszczymy cały rdzeń pacierzowy. Teraz przystępujemy do najtrudniejszej części, do wypreparowania nerwu kulszowego (n. ischiadicus), od którego zależne są skurcze całej łapki. W tym celu kładziemy zabita w sposób powyższy żabę grzbietem do góry i zdejmujemy z pomocą nożyczek i pincetu skórę z grzbietu i z uda aż do stawu kolanowego; następnie chwytamy szczypczykami dolną część kręgosłupa; przecinamy go nożyczkami wzdłuż linii $x-x$ (rys. 1), podnosimy ku górze, oddzielając od mięśni przylegających z obu stron. Przy tym starać się trzeba nader pilnie o nieuszkodzenie obu nerwów kulszowych, które w postaci kilku białych nitek zobaczymy zaraz po uniesieniu w górę kręgosłupa.

Następnie obcinamy całkowicie kręgosłup tuż przy wyjściu z niego gałęzi nerwu kulszowego (7, 8 i 9 para), podprowadzamy pod nerw nitki bawełny, wiążujemy silnie i powyżej węzła nerw oddzielamy od rdzenia. Trzymając teraz nitkę, oddzielamy ostrożnie nerw od tkanki otaczającej. Pewne trudności spotykamy dopiero przy preparowaniu nerwu w udzie, gdzie on leży w okolicy znajdującej się pomiędzy mięśniem dwugłowym (nr. 21) i półbłoniastym (nr. 22,

rys. 1); przy pewnej jednak cierpliwości i zręczności obnażyć go można bez uszkodzenia aż do kolana, gdzie dzieli się na dwie gałęzie. Wreszcie przecinamy wszystkie mięśnie i kość uda w okolicy kolana i w ten sposób mamy oddzieloną łapkę z nerwem. Trzeba jeszcze oczyścić z mięśni tę część kości udowej, która pozostała przy łapce—i preparat gotów. Zwrócić należy jeszcze uwagę na to, że preparowanie wtedy tylko uważać można za całkowicie udane, jeżeli podczas wszystkich manipulacji powyżej opisanych, łapka ani razu nie drgnęła, z wyjątkiem chwili przecinania nerwu.

Obecnie przystąpić musimy do właściwego doświadczenia. Przymocowujemy, korzystając z resztek kości udowej, łapkę żaby w położeniu pionowym i w celu uprzyśtępnienia zjawisk liczniejszemu audytorjum przyczepiamy za pomocą szpilki barwną chorągiewkę; jeżeli zaś chodzi o zaobserwowanie zjawisk przez samego eksperymentatora, to można wprost położyć łapkę wraz z nerwem na czystym stole, lub lepiej na tafli szklanej. Odetnijmy teraz za pomocą ostrych nożyczek kawałek nerwu — łapka cała drgnie, chorągiewka uniesie się do góry, ale w tej chwili wszystko powraca do stanu normalnego — mięsień na mechaniczne podrażnienie nerwu odpowiada skurczem pojedynczym. Połóżmy teraz na koniec nerwu kryształek soli kuchennej—w pierwszej chwili nie widać żadnych zmian, po chwili występują drobne skurcze łapki, a niedługo zobaczymy, że skurcz ten staje się coraz silniejszym i nie znika, to jest łapka wykonywa nie skurcz poje-

dyńczy, lecz tak zwany skurcz tężcowy. Jeżeli obetniemy tę część nerwu, która była w zetknięciu z solą, to łapka powróci znowu do stanu normalnego, to znaczy, że skurcz łapki ustaje z chwilą, kiedy przestaje działać na nerw bodziec, uprawiający go w stan czynny.

Nietylko jednak bodźce mechaniczne i chemiczne mogą poprzez nerw wywoływać skurcz mięśnia, podniety cieplne działają w sposób podobny. W celu przekonania się o tym, wystarczy dotknąć nerwu rozgrzanym precikiem szklanym, ażeby zaobserwować skurcz mięśnia.

Najwygodniejszemi jednak do badań są bodźce elektryczne, gdyż najłatwiej pozwalają normować swą siłę i najmniej szkodliwie działają na nerw.

Zastosowanie jednak podniet tego rodzaju wymaga pewnych dość już złożonych przyrządów, które nie każdy może mieć pod ręką, i dlatego odpowiednie doświadczenia będą opisane osobno. Tu musimy zadowolić się eksperymentem najprostszym, ale historycznie nadzwyczaj ważnym, gdyż jest on tylko drobną modyfikacją spostrzeżeń Galvaniego, który, jak wiadomo, położył podwaliny współczesnego rozwoju elektrofizjologii i elektrochemji, a nawet wogóle nauki elektryczności. Weźmy w tym celu opisaną powyżej podkowę z drutu cynkowego i miedzianego i dotknijmy nerwu jednocześnie końcami obydwu drutów, zaraz zobaczymy skurcz mięśnia. Z fizyki wiemy, że w tych warunkach, t. j. podczas połączenia dwóch różnych metali roztworem soli (nerw właśnie zawiera taki roztwór), powstaje prąd elektryczny,

który właśnie drażni nerw i wywołuje skurcz mięśnia.

Doświadczenie podobnego rodzaju można wykonać jeszcze w sposób następujący: na blaszce cynkowej kładziemy dziesiątkę miedzianą i umieszczamy na niej średniej wielkości dźdźownicę; ilekroć ta, próbując zejść z dziesiątki, dotknie się blaszki cynkowej, powstaje prąd elektryczny, który wywołuje skurcz mięśni i zmusza dźdźownicę do cofnięcia się na miejsce poprzednie. W ten sposób nie może ona zejść z dziesiątki, co robi wrażenie bardzo komiczne.

Przewiążmy teraz bardzo mocno nitką bawełnianą nerw mniej więcej w połowie długości. Jeżeli wszystkie nasze bodźce: chemiczne, mechaniczne, ciepłe, czy wreszcie elektryczne zastosujemy w części nerwu, leżącej (licząc od mięśnia) po za miejscem przewiązanym, to nie otrzymamy wcale skurczu mięśnia. Jeżeli zaś drażnić będziemy nerw pomiędzy mięśniem a miejscem zaciśniętym, to skurcz wystąpi w całej sile. Wnioskujemy więc, że nerw o tyle tylko przewodzi bodźce, o ile jest nieuszkodzony: dlatego też wypreparowanie nerwu powinno odbywać się z możliwą ostrożnością.

Przekonajmy się następnie, że eter, chloroform i wiele innych środków znieczulających może przerwać przewodnictwo, nie zabijając jednak nerwu. Najlepiej w tym celu użyć eteru. Nerw przeciągamy przez oba wcięcia szkiełka zegarkowego (patrz wyżej) i przykrywamy pokrywką mikową z otworkiem zaklejonym watą. Po jednej stronie szkiełka mamy przeto łapkę,

a po drugiej musi wystawać kawałek nerwu. Jeżeli nerw podrażnimy—najlepiej naszą cynkowo-miedzianą podkową—to łapka się skurczy. Nalewamy teraz *ostrożnie* po kropli eteru na watę i co parę sekund badamy pobudliwość nerwu; przekonamy się wkrótce, że łapka coraz słabiej odpowiada na nasze bodźce, aż wreszcie całkowicie kurczyć się przestaje. Teraz zdejmujemy pokrywkę ze szkiełka, wyjmujemy stamtąd nerw, a po chwili zauważymy powrót pobudliwości: narkoza nerwu ustąpiła po usunięciu wywołującego ją czynnika.

Na zakończenie zwrócę uwagę, że podczas całego doświadczenia pilnie uważać trzeba, żeby nerw nie wysechł, i w tym celu od czasu do czasu za pomocą małego pędzelka zwilżamy go 0,6%-ym roztworem soli kuchennej. Niechybnym objawem wysychania nerwu są drobne, nieprawidłowe drgania palców u łapki, występujące pozornie bez wszelkiej przyczyny i mogące wprowadzić nieraz w błąd obserwatora mało doświadczonego.

Jeżeli chcemy mieć preparat bardzo pobudliwy, to przed rozpoczęciem doświadczeń trzeba żabę przez kilka lub kilkanaście godzin trzymać w miejscu bardzo chłodnym, najlepiej w lodzie.

II.

Doświadczenia zawilsze i droższe, wymagające pewnych przyrządów.

Przedmioty potrzebne:

1) Przynajmniej dwa ogniwa galwaniczne, 2) przyrząd saneczkowy (indukcyjny) Du Bois-Reymonda ¹⁾ (rys. 2), 3) klucz do zamykania i otwierania prądu, 4) pęczek drutu izolowanego (takiego, jak do dzwonekóelektrycznych), 5) nasycony roztwór siarczanu cynkowego, 6) glina rozrobiona tym roztworem — konsystencji ciasta, 7) także glina rozrobiona 0,6^o/_o roztworem soli kuchennej, 8) rtęć, 9) woda dystylowana.

Niektóre z wymienionych powyżej przedmiotów trzeba koniecznie kupić, inne zaś można, a nawet trzeba przygotować samemu. Przedewszystkim wymienić tu wypada klucz do zamykania i otwierania prądu,—można go dostać w sklepie, ale również dobrze można go zrobić.

Nawet radziłbym każdemu nie żałować nigdy czasu i fatygi na przygotowywanie możliwie samodzielne potrzebnych przyrządów, nie składając tej pozornie niewdzięcznej pracy na fabryki i mechaników. W ten sposób uczymy się dawać sobie radę w każdym przypadku i przytym zaznajamiamy się z różnemi rzemiosłami, a przyrodnik, pragnący pracować samodzielnie, musi być majstrem nielada: powinien on umieć sklecić sobie model każdego przyrządu, a następnie dopiero kazać go fachowym

¹⁾ U Ch. Verdin w Paryżu rue Linné Nr. 7 mały aparat saneczkowy kosztuje 50 franków.

ludziom odrobić z całą precyzją. Otóż klucz możemy przygotować sobie w sposób następujący: bierzemy płaski kawałek parafiny, wysoki co najmniej na dwa centymetry, a długi co najmniej 7 cm., szerokości dowolnej, wydrążamy w nim dwie jamki głębokie na 1 cm. w odległości jedna od drugiej około 5 cm. Następnie bierzemy kawałek izolowanego drutu miedzianego długości około 7—8 cm., obnażamy go po 0,5 cm. z obu końców i zaginamy tak, ażeby oba końce jednocześnie mogły być włożone do jamek w parafinie, które napełniamy rtęcią. Obnażone końce drutu miedzianego dobrze jest naamalgamować w sposób poniżej opisany i—klucz jest gotów.

Teraz musimy przystąpić do przygotowania elektrod niepolaryzujących się. W tym celu z blachy cynkowej wycinamy dwa kawałki szerokie na 5 mm., a długie na 2 do 3 cm. i do jednego końca każdej z nich przylutowujemy (sposobem opisanym poprzednio) dość długi kawałek drutu izolowanego.

Teraz trzeba blaszki cynkowe naamalgamować, co najłatwiej jest skutecznie w sposób następujący. Nieco rtęci rozpuszczamy w kwasie azotowym, ostrożnie ogrzewając mieszaninę (wydzielanie gazów przykrych i szkodliwych dla zdrowia i instrumentów metalowych!); następnie roztwór rozcieńczamy kilkoma objętościami wody dystylowanej (!) i zanurzamy weń na minutę starannie wyczyszczone blaszki cynkowe. Po wyjęciu obmywamy je dokładnie wodą dystylowaną i suszymy. Następnie dobrze będzie obie blaszki, w odległości mniej więcej jednego

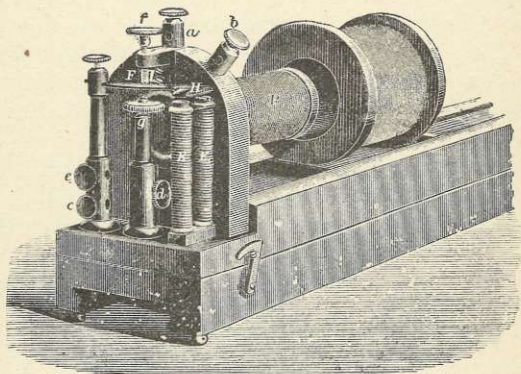
centymetra, przykleić do powierzchni kawałka parafiny.

Chcąc przygotować nasycony roztwór siarczanu cynkowego, rozpuszczamy znaczne ilości tej soli w wodzie gorącej: po ostudzeniu powinny się wydzielić kryształy soli, gdyż wtedy mamy pewność, że roztwór jest nasycony. Pamiętać trzeba, że w 100 cm.³ wody zimnej rozpuszcza się 135 gramów siarczanu cynkowego, a w takiej objętości wody gorącej aż 655 gr.

Doświadczenia, które z pomocą tych przyrządów wykonamy, nie dadzą nam nic zasadniczo nowego w porównaniu z poprzednimi—prostszymi,—wyjaśnią nam tylko wiele bardzo ważnych szczegółów, a prócz tego nauczą nas ścisłości w doświadczeniu i wskażą, na jakie drobne i nic pozornie nie znaczące czynniki powinniśmy zwracać uwagę.

Pierwsze doświadczenie urządzamy w sposób następujący. Bierzemy dwa ogniwa galwaniczne i łączymy je w ten sposób, że biegun dodatni (miedź, węgiel) jednego łączymy z biegunem odjemnym drugiego. Biegun dodatni tego ostatniego łączymy drutem ze śrubką *a* przyrządu saneczkowego Du Bois Reymonda (rys. 2). Inny kawałek drutu przyczepiamy jednym końcem do bieguna ujemnego pierwszego stosu, a drugi koniec drutu zanurzamy do jednej jamki klucza. Nie potrzebuję chyba dodawać, że końce drutów na przestrzeni 1 cm. powinny być starannie oczyszczone od warstwy izolującej. Jeszcze jeden kawałek drutu prowadzimy od drugiej jamki klucza do śrubki *b*. Jeżeli teraz jeszcze obie jamki w kluczu połą-

czymy drutem w sposób opisany powyżej, to otrzymamy obwód zamknięty i w cewce P popłynie prąd elektryczny. W chwili jego powstawania zjawi się w obwodzie wtórnym S nadzwyczaj krótkotrwały prąd indukcyjny, który znakomicie nadaje się do drażnienia nerwu. Podobny prąd indukcyjny — prąd otwarcia — wystąpi i w chwili przerywania prądu w ob-



Rys. 2. Cewka indukcyjna saneczkowa Du Bois-Reymonda.

wodzie P , co daje się uskutecznić przez wyjęcie drutu łączącego obie jamki klucza.

Odsunięcie obwodu wtórnego od pierwotnego osłabia prądy indukcyjne i odwrotnie. Na początku doświadczenia cewki ich rozsuwamy jak najdalej; w tym celu odpinamy haczyk T , wyprostowujemy dno podwójne i cewkę R posuwamy jak najdalej. Druty od blaszek cynkowych łączymy z obwodem wtórnym za pomocą

śrubek, znajdujących się na stronie odwróconej od widza, i przez to na rysunku nie uwidocznionych.

Spełniwszy to wszystko i odpreparowawszy nerw z łapką żaby, nakładamy na blaszki cynkowe cienką warstwę gliny rozrobionej nasyconym roztworem siarczanu cynkowego, a na nią warstwę gliny rozrobionej 0,6^o/_o-ym roztworem soli kuchennej. Łapkę żaby przymocujemy choćby szpilką do tegoż samego kawałka parafiny, gdzie przyklepiliśmy blaszki cynkowe, a nerw układamy jakby most łączący poprzecznie obydwie wałki z gliny, spoczywające na blaszkach cynkowych. Jeżeli teraz zamkniemy obwód pierwotny, to wobec wielkiej odległości obu cewek łapka prawdopodobnie wcale się nie skurczy: nie przekroczyliśmy jeszcze progu pobudliwości, jak się zwykle wyrażamy. Przysuwajmy teraz cewkę wtórną ku pierwotnej, a natrafimy wkrótce na moment, kiedy prąd otwarcia wywoła skurcz bardzo słaby, a prąd zamknięcia będzie zupełnie bez skutku. Przy dalszym zbliżaniu cewek skurcze będą coraz silniejsze, przytym wystąpi skurcz przy zamykaniu obwodu pierwotnego. Wreszcie dojdziemy do skurczów bardzo mocnych i wtedy dalsze zsuwanie cewek nie będzie miało wpływu na przebieg zjawiska.

Reasumując wszystko, co widzieliśmy, dochodzimy do wniosków następujących: prądy indukcyjne bardzo słabe nie mogą podrażnić nerwu; prąd otwarcia jest fizjologicznie silniejszy od prądu zamknięcia; przyczyna leży we własnościach fizycznych prądów indukcyj-

nych, w co zresztą bliżej tu wdawać się nie będziemy. Wreszcie zwrócić musimy uwagę na fakt bardzo ważny, a stosujący się *mutatis mutandis* do wszystkich niemal zjawisk fizjologicznych: istnieje pewna siła prądu, która daje skurcz maksymalny, dalsze zaś zwiększanie siły prądu (bodźca) nie wywołuje już zmiany skurczu (skutku). Dopiero przy nadzwyczajnym wzmocnieniu siły prądu wystąpi śmierć żywej materji.

Przy pomocy cewki idukcyjnej można bliżej poznać własności skurczu tężcowego. W tym celu używamy umieszczonego przy cewce przerywacza automatycznego, noszącego nazwę młoteczka Wagnera.

Drut z *a* przekładamy do *c*, a z *b* do *d*. Wtedy, z chwilą zamknięcia klucza, prąd idzie przez słup metalowy, niosący śrubki *e* i *c*, potem przez sprężynę *F*, śrubę *l* do cewki *P*, stamtąd do elektromagnesu EE_1 , i wreszcie przez słupek ze śrubką *d* wraca do ogniwa. Z chwilą, kiedy prąd idzie przez elektromagnes EE_1 , sztabka żelazna *FH* zostaje przyciągnięta ku dołowi, przestaje się stykać ze śrubą *l*, przez co prąd zostaje przerywany, a elektromagnes przestaje działać. Wtedy sztabka *FH*, dzięki swej elastyczności, wraca do swego położenia pierwotnego, styka się ze śrubką *l* i zamyka prąd, poczym znowu elektromagnes zaczyna działać, a prąd się przerywa. W ten sposób otrzymujemy w cewce pierwotnej szereg prądów krótkotrwałych, a w cewce wtórnej szereg prądów indukcyjnych.

Jeżeli te ostatnie, w sposób powyżej opisany będziemy przez nerw przepuszczali, to mięsień nie zdąży się rozkurczać po każdym jednorazowym bodźcu i będzie trwał w stanie skurczu tężcowego przez cały czas działania cewki. Jeżeli zwrócimy uwagę na odległość między cewkami, konieczną do wywołania skurczu pojedynczego i tężcowego, to zauważymy, że ten ostatni występuje już przy odległości znacznie większej. Nerw, jak mówimy, posiada zdolność sumowania wrażeń, to znaczy, że bodźce pojedyncze same przez się zbyt słabe dla wywołania skurczu mięśnia, mogą odnieść ten skutek, o ile są powtarzane w krótkich odstępach czasu.

Teraz zwróćmy się do zbadania tych zjawisk, które zachodzą w mięśniu pod wpływem prądu stałego, przepływającego przez nerw. W tym celu jeden z biegunów ogniwa łączymy bezpośrednio z jedną elektrodą niepolaryzującą się, drugi biegun znowu łączymy z jedną dziurką klucza, a od drugiej prowadzimy drut do drugiej elektrody. Jeżeli teraz zamkniemy prąd z pomocą klucza, to otrzymamy skurcz łapki albo w chwili zamknięcia, albo otwarcia prądu, albo też w obu przypadkach (zależy od siły prądu, w co teraz wdawać się nie będziemy).

Jeżeli zaś ani podczas otwarcia, ani podczas zamknięcia skurczu nie otrzymamy, to znaczy, że prąd jest za słaby, i trzeba wziąć drugie ogniwo. Ma się rozumieć, przedewszystkiem trzeba zbadać dokładnie, czy gdzie drut nie przerwany, czy stos działa, czy nerw nie

dotknął siarczanu cynkowego i nie został przez to zabity i t. d. Taką ścisłą kontrolę nad doświadczeniem trzeba robić zawsze, a tymbarziej, jeżeli widzimy jakieś nieprawidłowości w zjawiskach opisywanych.

W każdym razie widzimy, że tylko puszczenie i przerwanie prądu drażni nerw; podczas przepływu prądu mięsień znajduje się w spoczynku. Formułujemy to w sposób następujący: podrażnienie nerwu (i mięśnia) wywołuje nie sam prąd, ale wszelka jego zmiana włącznie z powstawaniem jego i zanikaniem. Prawo to jednak nie może być uważane za słuszne w całej rozciągłości. Jeżeli np. weźmiemy nerw żaby, trzymanej poprzednio w lodzie i doświadczenie będziemy robili w temperaturze bardzo niskiej, to i podczas spokojnego przepływu prądu mięsień będzie skurczony. To też do eksperymentów powyżej opisanych trzeba używać żab, które poprzednio kilka godzin leżały w temperaturze pokojowej.

Ma się rozumieć, że do tych doświadczeń stosują się wszystkie poprzednio wymienione uwagi, a więc przedewszystkim pilne baczenie na to, żeby nerw nie wysechł.

Posiadając cewkę indukcyjną saneczkową, można z większą precyzją wykonać doświadczenia nad zanikiem pobudliwości pod wpływem eteru, nad wpływem przewiązania nerwu nitką i t. d.

Uwaga ogólna. We wszystkich doświadczeniach powyższych drażniliśmy nerw, a obser-

wowaliśmy skutki tego na mięśniu,—czyniliśmy tak z dwóch powodów: obserwowanie zmian, zachodzących pod wpływem bodźców w samych nerwach, jest rzeczą trudną i wymaga przyrządów skomplikowanych i kosztownych. Możliwość drażnić mięsień, przykładając doń bezpośrednio elektrody, ale wtedy bardzo łatwo ruchliwy mięsień może się odcepić od elektrody i popsuć doświadczenie. Przytym trzeba pamiętać o tym, że w mięśniu istnieją zakończenia nerwu i że one również ulegają podrażnieniu. Chcąc wpływ ich wyłączyć i otrzymać skurcz, wywołany przez podrażnienie samego mięśnia, trzeba użyć metod daleko zawilszych, niż te, którymi w przykładach tutaj opisanych można się posługiwać.

III.

Skutki drażnienia mięśnia.

Przedmioty potrzebne:

1) Ergograf, 2) ciężarki, z których największy waży co najmniej 500 gr., 3) dwie żaby oziębione, 4) nożyczki, 5) szpilka duża do zniszczenia rdzenia żaby, 6) tafelka szklana, 7) przyrząd saneczkowy, 8) papierki lakmusowe czerwone i niebieskie.

W poprzednich doświadczeniach poznaliśmy warunki, mogące wywołać podrażnienie nerwu, a w następstwie skurcz mięśnia. Obecnie mu-

siny zadać sobie pytanie, jakie zachodzą zmiany w mięśniu i nerwie, równoległe z wykonaniem pracy mechanicznej i z przewodzeniem podniety. Niestety, zbadanie eksperymentalne tej sprawy jest, ogólnie mówiąc, rzeczą trudną: wymaga ono dość zawiłych i kosztownych przyrządów, a przytym i dość znacznego wyszkolenia doświadczalnego.

Ograniczyć się przeto trzeba będzie do kilku zaledwie doświadczeń, a i te z wyjątkiem jednego nie mogą być zaliczone do kategorii najprostszych, t. j. dających się urządzić bez wszelkich przyrządów.

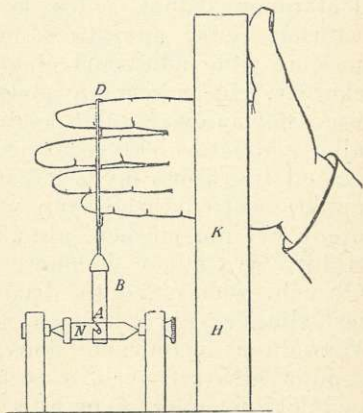
Przedewszystkim zastanówmy się nad *zmęczeniem*. Wiadomo każdemu z własnego doświadczenia, że ciężar jakiś podnieść można w krótkim przeciągu czasu zaledwie kilka lub kilkanaście razy z kolei. Mówimy wtedy, że zmęczyliśmy się i nie możemy teraz już wykonać wymaganej pracy. Dla badacza jednak takie sformułowanie kwestji jest niewystarczające; potrzeba zjawisko zmęczenia poznać bliżej jeszcze, do czego stosujemy metodę doświadczalną.

Zmęczenie na sobie samym badać można najlepiej za pomocą t. zw. ergografu, przyrządu, obmyślnego przez badacza włoskiego A. Mosso.

W braku takiego przyrządu, możemy łatwo zbudować coś podobnego: do kawałka deski przybijamy gwoździami tasiemki w ten sposób, żeby palec czwarty i wskazujący, oraz przedramię blisko łokcia przywiązać w taki sposób, jak w ergografie. Pod trzecim pal-

cem wycinamy rowek tak, żeby ciężar zawieszony na sznurku mógł być podnoszony i opuszczany. W ergografie ciężar jest przerzucony przez blok, co jest bardzo wygodne, gdy ciężar może poruszać się tylko po linii pionowej. Gdybyśmy mieli pod ręką taki bloczek, to dobrze byłoby go obsadzić w takiż sam sposób. Wogóle pamiętać trzeba, że w tych doświadczeniach chodzi nam jedynie o ogólny, jakościowy charakter zjawisk, że w dokładny ich rozbiór wdawać się nie możemy; a więc pozwalamy sobie nieraz na uproszczenie dokładnych przyrządów, używanych w pracowni badacza, ale powinniśmy pamiętać, że dla taniości i łatwości wykonania poświęcamy dokładność w szczegółach.

Zmęczenie można również badać z pomocą innego nieco przyrządu. Robimy z drzewa coś w rodzaju wideł, tak, żeby w nich pomieścić się mogła nasza dłoń w sposób, uwidoczniony na rysunku 3; palec wielki opieramy mocno na jednej ścianie widełek. Na palce, jak to również widać na rysunku, nakładamy pętlę z drutu (sznurek obcierałyby się mocno



Rys. 3.

o wszystkie palce) i zawieszamy na niej ciężarek, który następnie z pomocą palca wskazującego możemy podnosić i opuszczać. Łatwo zrozumieć, że w obu opisanych przyrządach inne mięśnie grają rolę, co nie wpływa bynajmniej na wyniki doświadczeń.

Umieściwszy rękę w jednym z powyżej opisanych przyrządów i zawiesiwszy ciężar, wynoszący około pół kilo (co zresztą można zmieniać dowolnie, w zależności od siły mięśniowej badanego osobnika), zaczynamy podnosić palec możliwie najwyżej w takt zegara ściennego lub metronomu (przyrząd, używany do zaznaczania taktu w muzyce), licząc liczbę poruszeń palca, to zauważymy, że po pewnej liczbie podniesień ruchy stają się coraz słabsze, to jest niższe, a wreszcie znikają zupełnie,—mimo największego wysiłku woli nie możemy podnieść palca. Dotknijmy jednak palca końcami drutów od wtórnej cewki aparatu saneczkowego i przepuśćmy silne uderzenia elektryczne: palec się skurczy, ciężar zostanie podniesiony. Musimy więc sformułować sobie kwestję w ten sposób: albo podnieta elektryczna jest znacznie silniejsza od tej, którą my z naszego subiektywnego punktu widzenia nazywamy wolą, albo też zmęczony był nie mięsień, ale układ nerwowy centralny, wysyłający do mięśnia rozkaz skurczu. Obecnie wiemy, że to drugie przypuszczenie jest słuszne, ale i mięsień może się zmęczyć. Wywołujmy rytmicznie skurcz palca z pomocą prądów elektrycznych, a po pewnym czasie i te podniety na mięsień przestaną działać, a więc teraz i on sam uległ zmęczeniu. Podnosząc

przeto ciężar dowolnie, badamy właściwie zmęczenie ośrodków nerwowych.

Po tych omówieniach prowadzimy dalej nasze obserwacje; zatrzymaliśmy się w chwili, kiedy rozkazy woli naszej okazały się bezsilnymi, kiedy palec odmówił wykonywania pracy. Poczekajmy minut parę; teraz już znowu będziemy mogli wywołać skurcze: już nasz aparat nerwowo-ruchowy *wypoczął*.

Kwestja zmęczenia i wypoczynku, względnie warunków, wśród których możemy wykonać maximum pracy przy minimum zmęczenia jest nadzwyczaj ważna dla racjonalnego podziału czasu; mając jeden z powyżej opisanych przyrządów, można spróbować obserwacji i w tym kierunku. Badając np., ile razy możemy dany ciężar podnieść w odstępach, przypuśćmy sekundowych, możemy łatwo zauważyć, że wpływ znaczny wywiera ogólny stan naszego organizmu. Jeżeli jesteśmy wogóle zmęczeni, to w ergografie mniej pracy wykonamy, choćby nawet poprzednio mięśnie palców w pracy nie brały udziału. Można również przekonać się, że częste a krótkie wypoczynki pozwalają nam wykonać znacznie więcej pracy, niż rzadsze, choćby nawet dość długie. Dokładniej badania takie przeprowadzić się dają przy jednoczesnym mierzeniu wysokości, do której podnosimy ciężar i t. d., ale to wymaga już przyrządów samozapisujących, z którymi nie łatwo spotkać się można.

Pragnąc zbadać bliżej zjawisko zmęczenia, postaramy się wyłączyć wpływ ośrodków ner-

wowych i w tym celu zbadajmy poznana już poprzednio łapkę żaby.

Jeżeli będziemy co parę sekund wprawiali ją w skurcz pojedynczy lub lepiej jeszcze w krótkotrwały tężec, to zauważymy, że coraz słabiej będzie odpowiadała na nasze bodźce, a wreszcie pobudliwość zniknie zupełnie—jest to znowu zjawisko *zmęczenia*. Jeżeli teraz zostawimy przez kilka minut łapkę w spokoju, to skurcz znowu wystąpi, gdyż łapka *wypoczęła*.

Nadmienić trzeba, że skurcze nie będą już takie silne, jak przedtym, gdyż łapka, będąc od organizmu całego oddzielona i nie mając dostatecznego przyływu krwi, nie może wrócić do stanu pierwotnego.

W podręcznikach fizjologii znajdziemy, że sam nerw nie męczy się nigdy; dowód eksperymentalny jest tak subtelny, że musimy go opuścić.

Postarajmy się następnie zbadać, jakie zmiany zachodzą w mięśni podczas skurczów. Ma się rozumieć, że w całej rozciągłości ich nie znamy, a tymbardziej nie możemy wykazać ich z pomocą metod prostych. Istnieje jednak zjawisko, łatwo dające się uwidocznić, a polegające na kwaśnieniu mięśnia podczas skurczu. W tym celu wprawiamy łapkę żaby w skurcz tężcowy przez 5 do 10 minut, przecinamy potym poprzecznie mięsień łydkowy i dotykamy powierzchni przekroju papierkiem lakmusowym niebieskim, który w miejscu zetknięcia z przekrojem mięśnia staje się czerwonym. Mięsień nie drażniony wywołuje skutki wprost odwrotne, niebieszczy mianowicie pa-

pierek czerwony. Z chemji wiadomo, że lakmus pod wpływem kwasów czerwienieje, a pod wpływem zasad staje się niebieskim. Ma się rozumieć, zwracać należy uwagę, żeby papierka nie zawałać krwią, co mogłoby przeszkadzać w obserwowaniu zjawisk opisanych powyżej.

Prócz zjawisk chemicznych, cieplnych i wykonywania pracy mechanicznej, w mięśni i w nerwach spotykamy się ze zjawiskami elektrycznymi.

O ich obecności przekonać nas mogą bardzo piękne doświadczenia; warunkiem dobrego ich udania się jest znaczna pobudliwość używanych żab: zgodnie więc z tym, co mówiono wyżej, należy je przed doświadczeniem przez kilkanaście godzin trzymać na lodzie, albo co najmniej (w zimie) w miejscu bardzo chłodnym.

Weźmy taką żabę, zabijmy ją i wypreparujmy jedną łapkę wraz z nerwem kulszowym; z drugiej łapki ściągnijmy skórę, która odchodzi bardzo łatwo, i możliwie ostrym narzędziem przetnijmy poprzecznie mięsień łydkowy. Jeżeli teraz weźmiemy w rękę łapkę z nerwem i będziemy ten ostatni szybko opuszczali na przecięty mięsień łydkowy, w ten sposób, żeby nerw dotknął jednocześnie powierzchni przekroju, oraz nietkniętej powierzchni mięśnia, to zobaczymy, że przy każdym dotknięciu łapka trzymana w ręku wykona skurcz pojedynczy. Pomiedzy miejscem uszkodzonym mięśnia i nieuszkodzonym istnieje różnica napięcia elektrycznego, tak jak między cynkiem i miedzią, czy cynkiem i węglem w ogniwie galwanicznym,

przyczym miejsce uszkodzone gra rolę cynku, a nieuszkodzone węgla. Jeżeli więc powierzchnię przekroju z powierzchnią nieuszkodzoną mięśnia połączymy za pomocą nerwu, to po nim zacznie płynąć prąd elektryczny. W chwili jego powstawania i znikania, t. j. przykładania i odejmowania nerwu, łapka się kurczy.

Podczas stanu czynnego mięśnia zmniejsza się różnica napięć między jego uszkodzoną i nieuszkodzoną powierzchnią, a przez to samo zmniejsza się siła prądu, który płynie przez nerw, ułożony w kształcie mostu od powierzchni przekroju mięśnia do powierzchni nietkniętej. Taka zmiana siły prądu powinna drażnić nerw; rzeczywistość odpowiada zupełnie przypuszczeniu teoretycznemu, jak o tym łatwo przekonać się można. U żaby oziębionej wy-preparowujemy obie łapki wraz z nerwem; jedną z nich obdzieramy ze skóry, przecinamy poprzecznie mięsień łydkowy i kładziemy łapkę na tafli szklanej. Nerw z tej łapki umieszczamy na elektrodach, idących od cewki wtórnej przyrządu saneczkowego Du Bois-Reymonda; cewkę pierwotną łączymy z ogniwnem galwanicznym w ten sposób, żeby działał przerywacz automatyczny, t. j. żeby można było wywołać skurcz tężcowy. Nerw drugiej łapki kładziemy w ten sposób, żeby dotykał przeciętej i nieuszkodzonej powierzchni mięśnia łydkowego łapki pierwszej, tworząc przytym pętlicę na szkle.

Jeżeli teraz puścimy w ruch cewkę, t. j. będziemy drażnili mięsień pierwszy, to łapka druga również wpadnie w tężec, zwany wtórnym. Widzimy więc, że nasze przypuszczenie

o zmianie własności elektrycznych mięśnia czynnego wytrzymało próbę doświadczalną. Ale na tym nie koniec; musimy jeszcze jeden wyprowadzić wniosek: zmiana napięć elektrycznych w nerwie czynnym nie może dokonać się jednorazowo, gdyż wtedy łapka druga drgnęłaby raz tylko na początku i raz na końcu drażnienia pierwszej; zmiany elektryczne muszą mieć charakter rytmiczny,—prawdopodobnie każdemu podrażnieniu pierwszego nerwu i mięśnia, wywołanemu przez każdy prąd w cewce wtórnej, towarzyszy zmiana własności elektrycznych mięśnia, przez co łapka druga wpada w skurcz również tępcowy.

Te zmiany własności elektrycznych w mięśniu czynnym noszą nazwę *prądów czynnościowych*, a sumę ich wpływu na *prąd spoczynkowy*, czyli prąd, płynący od powierzchni nieuszkodzonej do powierzchni przekroju, nazywamy *wahaniem wstecznym*. Nazwy te mogą wydać się dziwne, ale tłumaczą się przez to, że do badań dokładnych tego rodzaju używamy przyrządów mierzących siłę prądu elektrycznego, a noszących nazwę galwanometrów. Z ich też pomocą można dowieść ostatecznie, że w zjawiskach powyżej opisanych mamy rzeczywiście do czynienia z prądami elektrycznymi.

Jeżeli mamy preparaty nadzwyczaj pobudliwe, to można wywołać skurcz wtórny nawet przy pojedynczym podrażnieniu pierwszego mięśnia. Ale doświadczenia te udają się bardzo trudno, dlatego też lepiej odrazu uciec się do tęcza.

IV.

Ruch amebowaty i jego odtwarzanie sztuczne.

Przedmioty potrzebne:

1) Ameby, 2) żaba, 3, nożyczki, 4) igła gruba, 5) mikroskop, 6) szkiełko przedmiotowe i pokrywkowe, 7) glina rozrobiona wodą, 8) glina rozrobiona nasyconym roztworem siarczanu cynkowego, 9) klucz do prądu elektrycznego, 10) kilka ogniw galwanicznych, 11) dwie blaszki cynkowe amalgamowane z przylutowanym drutem izolowanym, 12) nieco takiego drutu do łączenia ogniw, 13) palnik Bunsena lub maszynka benzynowa, 14) wosk i kalafonja, 15) łyżka blaszana, 16) kwas azotowy stężony, 17) woda dystylowana, 18) miareczka do cieczy, 19) dwuchromian potasowy, 20) rtęć, 21) chloroform, 22) rurka szklana, 23) 0,6%-wy roztwór soli kuchennej, 24) roztwór szelaku.

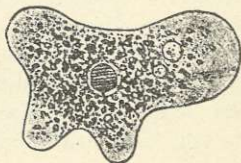
W doświadczeniach poprzednich zapoznaliśmy się z najdoskonalszą postacią ruchów zwierzęcych, t. j. z ruchami, wywoływanymi przez mięśnie i nerwy. Obecnie zwróćmy się do form najprostszych, najstarszych filogienetycznie, za jakie uważać trzeba ruch amebowaty i rząskowy. Ponieważ istoty, względnie części organizmów, obdarzone tą kategorią ruchów, zwykle są bardzo małe, trudno będzie przeto nieraz wykonywać z nimi doświadczenia. Dlatego też w tych sprawach bardzo ważną rolę grać będzie sztuczne odtwarzanie tych właśnie zjawisk

z pomocą różnych przedmiotów nieorganizowanych. Metoda ta daje bardzo dobre i ciekawe wyniki, jakkolwiek ostatecznie z jej pomocą żadnej kwestji rozstrzygnąć nie można, gdyż wynik zewnętrznie jednakowy można osiągnąć nader różnemi sposobami.

Przedewszystkim trzeba przyjrzeć się ruchom amebowatym, a w tym celu obserwować wypadnie pod mikroskopem białe ciała krwi lub lepiej ameby. Ameby są do obserwacji daleko wygodniejsze, ale wynalezienie ich połączone bywa z wielu trudnościami. Najczęściej spotykają się one na liściach wrzeczника (Potamogeton), oraz na liściach grzybieni (Nuphar), grążeli (Nymphaea), i wogóle na liściach butwiejących, w wodzie zanurzonych. Idąc przeto na wycieczkę, nabieramy tych liści, przynosimy je do domu w naczyniu napełnionym wodą i z pomocą mikroskopu badamy powierzchnię liści, a ściślej mówiąc, zeskrobujemy ją delikatnie nożem i oglądamy to, co się zeskrobać dało. Zdarza się nieraz, że ameby w ogromnych ilościach pojawiają się w akwariach z gnijącemi liśćmi, z sianem i t. d., ale to jest kwestja szczęśliwego przypadku.

Skoro udało się znaleźć amebę (rys. 4), nie żałujmy czasu na jej obserwację, przyjrzyjmy się formie jej nibynózek, sposobom ich wypuszczania,

przyczym należy zwrócić uwagę na stosunek ziarnisty entoplazmy do szklisto przezroczystej



Rys. 4. Ameba (pełzak).

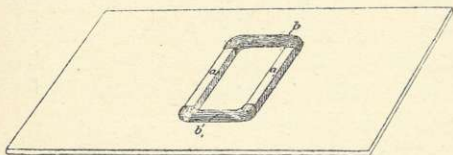
ektoplazmy i t. d. Wreszcie, o ile nie stracimy cierpliwości, uda się nam być świadkiem przyjmowania przez amebę pokarmu, wydalania resztek niestrawionych i t. d.

Skoro zapoznamy się z ruchami ameby przy pomocy jedynie obserwacji, to przejść wypadnie do doświadczalnego zbadania tej sprawy, do zapoznania się z wpływem bodźców na ruchy tej drobnej istotki. W tym celu uderzamy palcem w szkiełko, po którym pełza ameba, wtedy zobaczymy, że ruchy jej ulegną chwilowemu wstrzymaniu, nieraz nawet uda się w ten sposób wywołać wciągnięcie wszystkich nibynózek, a wtedy ameba przyjmuje postać kuli. Podobny skutek wywołać mogą i inne bodźce, np. świetlne. Jeżeli zaciemnimy pole mikroskopu, a następnie je bardzo szybko oświetlimy, to również zmusimy amebę do przyjęcia postaci kuli.

W celu zbadania wpływu prądu elektrycznego na amebę postępujemy w sposób następujący: lepimy ze zwykłej gliny dwa wałki długości około 1 — 2 cm., szerokości 1 — 2 mm., a wysokości 3 — 4 mm., suszymy je, przepalamy do czerwoności w palniku gazowym Bunsena lub w maszynie benzynowej i potem przyklejamy na szkiełku przedmiotowym mikroskopu, równolegle jeden z drugim; odległość między wałkami powinna wynosić około 1 centymetra. Do przyklejania użyjmy najlepiej kitu, składającego się z czterech części wosku, 1-ej części kalafonji, stopionych ostrożnie na łyżce blaszanej. Kit ten topi się łatwo i dobrze trzyma się szkła. Sam proces przyklejania usku-

tecznia się najlepiej w ten sposób, że rozgrzewamy kawałek grubego drutu i dotykamy się kitem, który w tym miejscu topnieje i pokrywa drut. Teraz prędko, nie pozwalając na wystygnięcie, smarujemy tym roztopionym kitem powierzchnię glinianego wałka i szybko przyciskamy do szkła.

Z tegoż samego kitu wycinamy, lub odlewamy dwa wałeczki, podobne do poprzednio opisanych glinianych i przyklejamy je (zlekką ogrzawszy) na szkłe w ten sposób, żeby utworzyło się korytko czworoboczne, którego dwie ścianki przeciwległe tworzą wałki gliniane, a dwie inne są z masy woskowej. Wreszcie taką samą masą trzeba uszczelnić bardzo dokładnie zrobione korytko, tak, żeby zeń nie wyciekała woda. Skoro już te czynności zostały wykonane, szkiełko z korytkiem kładziemy do wody na jakie 24 godziny, żeby wałki gliniane zupełnie wodą nasiąknęły (rys. 5).



Rys. 5. Szkiełko przedmiotowe do drażnienia prądem galwanicznym istot mikroskopowych: *a, a*—wałki z wypalanej gliny, *b, b*—wałki izolujące.

Kiedy przyrządek jest gotów, możemy przystąpić do wykonania samego doświadczenia.

Wałki gliniane, tworzące ścianki korytka, okładamy ze strony zewnętrznej warstwą gliny

rozrobionej nasyconym roztworem siarczanu cynkowego; do gliny tej przykładamy dwie blaszki cynkowe amalgamowane, połączone z drutem izolowanym, kluczem i ogniem galwanicznym zupełnie tak, jak to widzieliśmy w doświadczeniach poprzednich. Ameby, znajdujące się w korytku, musimy obserwować przy pomocy mikroskopu, ale muszą one być wielkości dość znacznej, żeby przy powiększeniach słabszych, a więc przy wysoko podniesionym obiektywie widzieć się dały. Jeżeli zaś mamy w swym rozporządzeniu ameby bardzo małe, to musimy zawierającą je kroplę wody położyć jak najzwyczajniej na szkiełku przedmiotowym i nakryć szkiełkiem pokrywkowym, a pod jego rogi podłożyć po maleńkim kawałku takiego szkiełka. Przy dwóch przeciwległych bokach takiego szkiełka układamy warstwę gliny rozrobionej z wodą zwyczajną, po za nią ku wewnątrz umieszczamy warstwę gliny rozrobionej nasyconym roztworem siarczanu cynkowego, do której przykładamy blaszki cynkowe amalgamowane z 2—3 ogniwami galwanicznymi, ustawionymi w szereg, t. j. cynk jednego złączony z miedzią drugiego i t. d.

We wszystkich tych razach prąd płynie od ogniwa przez druty, klucz, blaszki cynkowe, glinę i wodę, w której pełza ameba. W chwili zamykania prądu, a ściślej mówiąc, w moment potem, zauważymy skurcz nibynózek ameby—jako skutek naszego bodźca. Gdyby zaś skurczu nie było, to trzeba sprawdzić wszystkie połączenia i, jeżeli są dobre, wziąć więcej ogniw.

Obserwując dalej, ujrzymy ciekawe zjawisko: podczas przepływu prądu ameba będzie wykazywać pewien stan podrażnienia. Ta jej strona, która skierowana jest ku biegunowi dodatniemu (ku miedzi), nie będzie wysyłała nibynózek, które odwrotnie nader obficie wystąpią po stronie bieguna ujemnego (cynku). Widzimy więc, że u pełzaka (ameby) rolę bodźca gra nie tylko zmiana natężenia prądu, ale i sam przepływ prądu niezmiennego—w tych warunkach ameba pełza ku biegunowi ujemnemu, co nazywamy *galwanotaktyzmem ujemnym*.

Gdyby nas zawiodły wysiłki, czynione w celu zdobycia hodowli ameb, to musimy zadowolić się obserwacją białych ciałek krwi żaby; obserwacje te będą daleko mniej miały wartości: o wpływie bodźców niema co mówić, w najlepszym razie uda się obserwować ruchy amebowate, szczególnie po ogrzaniu szkiełka z białymi ciałkami (leukocytami). W celu zdobycia tych ciałek postępujemy w sposób następujący: przecinamy nożyczkami kręgosłup żaby tuż pod czaszką, starając się uniknąć rozlewu krwi; rozpaloną igłę wkładamy w kanał nerwowy w kierunku głowy i niszczymy w ten sposób mózg, a rdzeń pacierzowy pozostawiamy niekniętym. Teraz kładziemy żabę do góry grzbietem i ostrożnie unikając krwotoku, zdejmujemy skórę z najniższej części grzbietu. Zrobiwszy tę operację, ujrzymy dwa małe pulsujące tworzy—są to t. zw. *serca limfatyczne* żaby. Przyjrząwszy się dowoli ruchom tych serc, przystępujemy do wydobycia kropli wypełniającej je cieczy. Do tego celu najlepiej użyć rurki włó-

skowatej, którą przygotowujemy w sposób następujący: zwykłą rurkę szklaną ogrzewamy w palniku gazowym Bunsena, lub w płomieniu maszynki benzynowej, ustawicznie ją obracając koło osi podłużnej, aż do zupełnego rozmiękczenia szkła. Teraz rurkę rozciągamy ruchem gwałtownym i w ten sposób otrzymujemy rurkę włoskowatą dowolnie cienką, której kawałek odłamać można, naciąwszy uprzednio ostrym pilnikiem miejsce, w którym łamać pragniemy. Mając taką rurkę włoskowatą, nakłuwamy serca limfatyczne, przyczym ciecz w nich będąca sama przez się w rurkę się wsysa. Obecnie wystarczy z pomocą ust wydmuchnąć zawartość rurki do poprzednio przygotowanej na szkiełku przedmiotowym kropli 0,6^o/_o-go roztworu soli kuchennej, nakryć szkiełkiem przedmiotowym i obserwować przez mikroskop.

Postarajmy się teraz w sposób sztuczny odtworzyć ruchy amebowate, co jest rzeczywiście możliwe. W tym celu weźmy naczynie z płaskim dnem, np. spodeczek, napełnijmy je rozcieńczonym kwasem azotowym (20^o/_o na objętość kwasu azotowego stężonego i 80^o/_o wody) i umieścmy na dnie kroplę rtęci. Jeżeli teraz w odległości dwóch centymetrów od rtęci położymy kryształek dość znanej soli—dwuchromianu potasu, — to zacznie się on rozpuszczać i wkoło rozchodzić się będzie żółty obłoczek.

Z chwilą, kiedy obłoczek ten dojdzie do kropli rtęciowej, zacznie ona wysuwać gwałtownie nibynóżki po stronie, skierowanej do dwuchromianu potasu, i szybko w tamtą stronę zacznie pełzać jak ameba. Poruszając ostroż-

nie kryształek dwuchromianu, można zmusić rtęć do spacerowania po całym spodeczku. Warunkiem udania się doświadczenia jest gładkie i poziomo ustawione dno, na którym znajduje się kropla.

Przyczynę ruchów kropli rtęci stanowią zmiany napięcia powierzchniowego — zjawisko natury czysto fizycznej, w którego tu opis wdać się nie możemy. Według wszelkiego prawdopodobieństwa te same w zasadzie czynniki warunkują ruchy zarodki nagiej, t. j. ameby.

Jeżeli weźmiemy gęstą oliwę, zmieszamy ją z mialką sproszkowaną sodą do konsystencji ciastowatej i nieco tej mieszaniny puścimy na wodę, to ujrzymy również wysyłanie na wszystkie strony nibynózek. Przyczyna fizyczna jest takąż sama, jaką widzieliśmy przy ruchach rtęci. Tylko rtęć wykonywała ruchy jakby „celowe,” dążąc do kryształka dwuchromianu,— co moglibyśmy nazwać chemotaktyzmem dodatnim, a oliwa z sodą pełza bez wyboru we wszystkie strony.

Nie tylko jednak ruchy amebowate dają się odtworzyć na modelach martwych, tak samo możemy naśladować wchłanianie pokarmu, defekację (wydalanie resztek niestrawionych) i t. d. Umieścimy na krawędzi płytki szklanej kroplę wody i zanurzymy w nią sam koniec trzymanego w ręce, nadzwyczaj cienkiego pręcika drewnianego—długości 3—4 mm., zrobiony z zapalki; jeżeli teraz puścimy ów pręcik, to zostanie on zaraz wciągnięty do wnętrza kropli, zupełnie tak, jak ameba wchłania w siebie nitkę jakiegoś wodorostu. Jeżeli teraz zamiast

kropli wody weźmiemy kroplę rtęci i zanurzymy w niej kawałek nader cienkiego pręcika szklanego, długości 3—4 mm., to, puściwszy go z ręki, zauważymy skutek wprost odwrotny, niż ten, który widzieliśmy, używając wody i drzewa—pręcik szklany zostanie ze znaczną siłą wyrzucony przez kroplę rtęci, co przypomina znowu akt defekacji ameby.

Przyczyny wszystkich tych zjawisk szukać również należy we włoskowatości, która, wogóle mówiąc, jest nader ważnym czynnikiem w większości spraw życiowych.

Obserwując życie ameby, zauważymy, że raz ona wchłania nitkę wodorostu, czyli zachowuje się jak woda względem drzewa, a po pewnym czasie resztki tejże nitki wyrzuca z siebie, podobnie jak to czyni rtęć ze szkłem. Zupełnie to samo możemy naśladować sztucznie. Bierzemy znowu kawałek cienkiego pręcika szklanego, który przygotować można w następujący sposób: rurkę szklaną rozciągamy w sposób opisany powyżej, przygotowujemy z niej rurki włoskowate bardzo cienkie i końce zatapiamy w palniku gazowym lub benzynowym. Taki pręcik szklany, długi na 3—4 mm., powlekamy cienką warstwą roztworu szelaku w alkoholu i czekamy chwilkę, aż zaschnie. Tymczasem nalewamy na spodeczek wody i wpuuszczamy do niej kroplę chloroformu, a następnie wkładamy do kropki chloroformu koniec naszego pręcika szklanego, powleczonego szelakiem. Pręcik będzie wciągnięty do chloroformu. Po pewnym czasie jednak szelak w chlo-

roformie się rozpuści, szkło się obnaży, i teraz pręcik zostanie wyrzucony do wody.

Zwrócić należy uwagę, że te doświadczenia są nieco kapryśne, udają się tylko przy zachowaniu wielkiej czystości. Dlatego też możliwe ewentualnie zawody nie powinny nas zniechęcać, ale owszem podniecać nawet w kierunku odnalezienia źródeł naszego błędu.

V.

Ruch rzęskowy.

Przedmioty potrzebne:

1) Żaba, 2) nożyczki, 3) skalpel, 4) duża igła do zabicia żaby, 5) szczeżuja, 6) tusz, 7) 6,6% roztwór soli kuchennej, 8) szkiełko zegarkowe, 9) pipetka, 10) mikroskop, 11) szkiełko przedmiotowe, i pokrywowe, 12) korek, 13) szpilki.

Prócz ruchu mięśniowego i amebowego istnieje jedna jeszcze kategoria zjawisk tego rodzaju, mianowicie ruch rzęskowy.

Na powierzchni komórki istnieją wtedy specjalne utwory—rzęski—obdarzone zdolnościami ruchu swoistego, przypominającego nieco ruch wioseł. Komórki urzęsione są bardzo rozpowszechnione w państwie zwierzęcym i spotykają się we wszystkich grupach zwierzęcych.

W celu zapoznania się z ogólnym charakterem ruchu rzęsek trzeba użyć mikroskopu

i to powiększeń dość znacznych. Jako przedmiot badany służyć najlepiej mogą różne wymoczki, skrzela szczeżui (anodonta), nabłonek przewodu pokarmowego żaby i t. d.

Z pomiędzy wymoczków najwdzięczniejszym do badania będzie t. zw. opalina, mieszkająca w jelicie grubym żaby. Ażeby zdobyć tego wymoczka, zabijamy w sposób zwykły żabę, kładziemy ją na grzbiet, otwieramy jamę brzuszną i usuwamy przedewszystkiem olbrzymie jajniki, o ile ma się rozumieć do czynienia mamy z samicą. Następnie chwytamy jelito i szukamy bardzo wyraźnie odcinającego się jelita grubego, które leży w dole żaby, blisko otworu odchodowego i wypełnione jest kałem. Odnalazszy kışkę grubą, wycinamy ją, przenosimy na szkiełko zegarkowe, napełnione 0,6% roztworu soli kuchennej, a potem przecinamy wzdłuż i rozgrzebujemy w wodzie zawartość jelita. Po kilku chwilach opaliny zbiorą się w znacznej ilości na brzegu cieczy, gdzie je nawet okiem nieuzbrojonym widzieć można. Teraz kroplę cieczy zawierającą opaliny przenosimy pipetką na szkiełko przedmiotowe, nakrywamy, jak zwykle, i obserwujemy pod mikroskopem. Początkowo ruch rzęsek bywa tak szybki, że żadnych prawie szczegółów zauważyć nie można; w miarę jednak jak opaliny przebywają w takim niezwykle dla nich środowisku, ruch staje się wolniejszym i wtedy wszystkie szczegóły z łatwością dadzą się rozróżnić.

Drugim bardzo wygodnym przedmiotem obserwacji jest nabłonek skrzelowy szczeżui, który preparujemy w sposób następujący: pomię-

dzy obie połowy skorupy mięczaka (u żywej szczeżui skorupa silnie jest zaciśnięta, u martwej bywa zawsze otwartą), wkładamy drewnianą osadę skalpela i staramy się oderwać oba mięśnie zwieracze, poczym skorupa daje się już rozchylić. Teraz z powierzchni skrzeli, które w postaci żółtawych blaszek ciągną się pod płaszczem wzdłuż całego zwierzęcia (po dwie blaszki z każdej strony), zeszkrobujemy delikatnie skalpelem nabłonek i w zwykłej wodzie rozpatrujemy go pod mikroskopem. Komórki pojedyncze oraz całe ich grupy przenoszą się z miejsca na miejsce, gonione ruchem rzęsek, znajdujących się na jednej tylko ich powierzchni—zewnątrznej, o ile komórka znajduje się w położeniu normalnym.

Zapoznajmy się teraz ze znaczeniem ruchu rzęskowego w ogólnej gospodarce organizmu, t. j. ze skutkami, jakie ruch ten wywoływać może. W tym celu weźmy zabita żabę (choćby tę samą, u której szukaliśmy opalin) i rozszerzmy z pomocą nożyczek otwór gębowy po obu stronach. Następnie kładziemy żabę na grzbiecie, odchylamy szczękę dolną tak, żeby widać było wejście do przełyku i na grzbietowej powierzchni błony śluzowej gardzieli, tuż obok wyjścia do przełyku, umieszczamy nieco tuszu chińskiego, rozrobionego z wodą. Po krótkiej chwili zobaczymy, że tusz wędruje w stronę żołądka i wkrótce znika w przełyku, popychany właśnie przez komórki rzęskowe. Można również wyciąć cały przełyk, rozciąć go wzdłuż i szpilkami przypiąć do płaskiego kawałka korka, tak, żeby wytworzył się czwo-

robok. Pamiętać przytym trzeba, że rzęskami usiane jest wewnątrz przelyku, a więc przy rozpinaniu, stronę *wewnętrzną* trzeba zrobić swobodną powierzchnią czworoboku. Jeżeli teraz jakieś małe kawałki, np. rdzenia bżowego, wątroby żabiej i t. p. umieścimy na tej części czworoboku, która była skierowaną do otworu gębowego, to zobaczymy, że wszystkie te ciała zaczną wędrować ku żołądkowi; ruch ten zauważymy nawet wtedy, jeżeli korek ustawimy tak, żeby ciała poruszać się musiały w górę po równi pochyłej.

VI.

Taktyzmy.

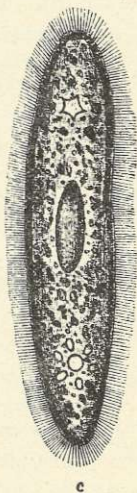
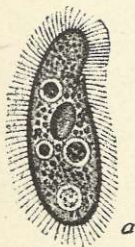
Przedmioty potrzebne:

1) Słój 2-3-litrowy, 2) nieco siana, 3) epruwetka, 4) szkiełko przedmiotowe i pokrywkowe, 5) epruwetki duże, 6) woda sodowa, 7) kwas słaby bardzo, 8) takiż ług, 9) glina rozrobiona siarczanem cynkowym, 10) siarczan cynkowy nasycony, 12) dwie rurki szklane 5—6 cm. długości, 4—5 mm. średnicy, 12) szkiełko zegarkowe, 13) ogniwo galwaniczne, 14) klucz, 15) drut izolowany, 16) dwie blaszki cynkowe amalgamowane połączone z drutami.

Poznawszy teraz różne rodzaje ruchu, jako to: amebowaty, rzęskowy i mięśniowo-nerwowy, zapoznajmy się z lokomocją zwierząt, z przesuwaniem całego ciała zwierzęcego. Na po-

czątku rozpatrzmy różne *taktyzmy*, to jest ruchy, zwrócone w jednym kierunku, pod wpływem jednostronnie działającego bodźca. Przykładów taktyzmu znajdziemy dużo na każdym kroku, np. ćma lecąca do światła jest doskonałym przykładem fototaktyzmu dodatniego, t. j. ruchu w kierunku ściśle określonym, wywołanego przez bodziec świetlny.

Najlepiej obserwować można taktyzmy u wymoczków, gdyż u nich najtrudniej spodziewać się można wpływu jakiegoś doświadczenia osobistego, słowem jakichś zjawisk nerwowych wyższej kategorii.



Rys. 6. *Colpidium colpoda*. Rys. 7. *Paramecium aurelia*.

Przedewszystkim więc musimy zaopatrzyć się w wymoczki, z pomiędzy których najłatwiej otrzymać i obserwować rodzaj *Paramecium* (rys. 7). W tym celu bierzemy słój od 2—3 litrów (w zbyt małych i w zbyt wielkich naczyniach wymoczki źle się hodują), napełnia-

my go wodą i wkładamy garstkę siana, przyciskając ją cegłą lub kamieniem, żeby leżała na dnie. Po kilku dniach zwykle pojawiają się mniejsze wymoczki z rodzaju *Colpidium* (rys. 6), a po kilku tygodniach znajdziemy ogromne ilości *Paramaecium*.

* * *

Gieotaktyzm. U *Paramaecium* zwykle bywa gieotaktyzm ujemny, t. j. płyną one w górę, wbrew działaniu siły ciężkości. Celem dowiedzenia tego bierzemy kilkanaście centymetrów sześciennych wody z akwarjum, zawierającej wiele *Paramaecium*, filtrujemy przez płótno w celu oddzielenia błon bakteryjnych, kawałków siana i t. d. Przesącz, zawierający wymoczki, wlewamy do wysokiej epruwetki i dolewamy wody do pełna, starając się nie wymieszać cieczy. Wnet zobaczymy, że wszystkie wymoczki szybko bardzo popłyną ku górze i zbiorą się w warstwie powierzchniowej cieczy. Przypuszczenie, że płyną one do tlenu, można obalić bardzo łatwo; wypełniwszy epruwetkę po brzegi, zakrywamy ją palcem lub tafelką szklaną i obracamy do góry dnem; wymoczki również zbiorą się w górnej części, jakkolwiek tam teraz powietrze nie ma dostępu.

* * *

Chemotaktyzm. *Paramaecia* są dodatnio chemotaktyczne względem bardzo słabych kwasów; a ujemnie względem słabych zasad. W celu sprawdzenia tego nalewamy na tafelkę szklaną warstwę wody, zawierającej wymoczki, i przy-

krywamy dużym szkiełkiem pokrywkowym, podpartym na nóżkach z wosku lub na kawałku szkła, tak, żeby warstwa cieczy miała grubość około $\frac{1}{2}$ mm.

Jeżeli z pomocą cienkiej włoskowatej rurki wprowadzimy pod szkiełko do cieczy kroplę wody sodowej, z której już część dwutlenku węgla wyszła (t. j. woda powstała w szklance), to zobaczymy, że *Paramecia* zbiorą się w sąsiedztwie tej kropli. Jeżeli koncentracja dwutlenku węgla była zbyt wielka, to wytworzy się tylko pierścień z wymoczków naokoło kropli, jeżeli zaś będzie koncentracja odpowiednia, to wymocзки zbiorą się wprost w kropli, tworząc białą plamę. Też same wyniki otrzymamy z kroplą jakiegobądź kwasu w rozcieńczeniu bardzo wielkim (ledwo różowić powinien papier lakmusowy). Odwrotnie, jeżeli z pomocą rurki włoskowatej wprowadzimy pod szkiełko kropelkę nadzwyczaj słabego ługu, to wszystkie wymocзки usuną się z sąsiedztwa tej kropli, zaznaczając swój chemotaktyzm ujemny do ługu.

Jeżeli pod szkiełkiem w wodzie będzie pęcherzyk powietrza, to *Paramecia* zbiorą się przy nim, gdyż są do tlenu dodatnio chemotaktyczne.

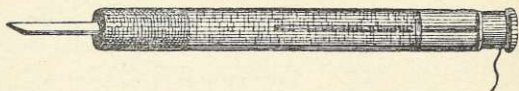
* * *

Fototaktyzm. *Paramecium* jest na światło niewrażliwe, ale wpływ światła obserwować można łatwo na jednokomórkowych wodorostach. Latem w sadzawkach woda nieraz staje się zieloną; mikroskop wskaże nam, że barwa

ta powstaje dzięki obecności zielonych wodorostów jednokomórkowych.^c Jeżeli wody takiej zaczerpniemy w szklanę i postawimy na oknie, to zobaczymy, że wszystkie wodorosty zbiorą się na stronie zwróconej ku oknu, tworząc tam zieloną powłokę, — są one dodatnio fototaktyczne.

* * *

Galwanotaktyzm. U *Paramecium* istnieje galwanotaktyzm ujemny, t. j. dążą one ku katodzie, czyli biegunowi ujemnemu. W celu urządzenia tych doświadczeń, musimy zrobić znowu elektrody niepolaryzujące się (rys. 8);



Rys. 8. Elektroda niepolaryzująca się.

do tego celu bierzemy dwie rurki szklane, mające 4—5 mm. średnicy w świetle, a długie 5—6 cm. Gliną rozrobioną z nasyconym roztworem siarczanu cynkowego zaklejamy jeden koniec każdej rurki i następnie wypełniamy je takim samym roztworem; do każdej rurki wkładamy pręcik amalgamowany lub blaszkę cynkową z przylutowanym drutem miedzianym (nie powinien się dotykać siarczanu cynkowego); druty od cynków prowadzimy przez klucz do stosu. Poprzednio jeszcze bierzemy dwa kawałki zapalki długie na centymetr i gotujemy w wodzie, żeby dobrze nią nasiąkły; potem, kiedy przygotowaliśmy już w sposób powyższy

elektrody, wyjmujemy pręciki drewniane z wody i ostrożnie końce ich zagłębiany w glinę zaklejając rurki, tak, żeby jednak gliny nie przebić, gdyż to spowodowałoby wyciekanie zabójczego dla wymoczków siarczanu cynkowego (wogóle trzeba uważać, żeby solą tą nie zwałać zapalek). Teraz do szkiełka zegarkowego nalewamy filtrowanej hodowli wymoczków i zanurzamy do cieczy w odległości co najmniej 1 cm. jeden od drugiego końce zapalek od elektrod. Przy zamknięciu prądu widzimy, że wymoczki wszystkie biegną ku katodzie, o ile prąd jest dostatecznie silny; jeżeli zjawisko nie wystąpi, to trzeba zwiększyć siłę prądu, biorąc więcej ogniw. Galwanotaktyzm można obserwować nie tylko u wymoczków, ale u innych zwierząt wodnych, aż do ryb włącznie.

Na tych kilku rodzajach taktyzmu poprzestaniemy, gdyż inne są trudniejsze do skonstatowania.

VII.

Czynności mózgu i rdzenia.

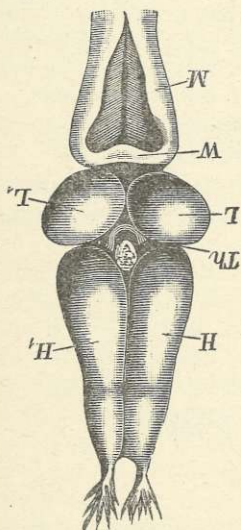
Przedmioty potrzebne:

- 1) Dwie duże żaby, 2) nożyczki duże i małe, 3) ostry skalpel duży i mały, 4) kwas octowy rozcieńczony, 5) woda, 6) wata, 7) bibuła, 8) zapalka, 9) szpilka, 10) nici, 11) chloroform, 12) słoik taki, by w nim zmieściła się żaba, 13) płytka z korka lub bardzo miękkiego drzewa,

albo z wosku, tak duża, by na niej można rozpiąć żabę, 14) pincet.

Bardzo piękne i łatwe doświadczenia wykonać można w celu zbadania różnych części układu nerwowego centralnego. Doświadczenia te wykonamy również na żabie, gdyż na zwierzętach ciepłokrwistych są one znacznie trudniejsze.

Zapoznajmy się przedewszystkim z budową i położeniem układu mózgo-rdzeniowego żaby.



Rys. 9. *H, H₁*—półkule mózgowe, *Th*—wzgórki wzrokowe, *L, L₁*—płaty wzrokowe, *W*—mózdzek, *M*—rdzeń przedłużony.

W mózgu (rys. 9) przedewszystkim, licząc od przodu, rozróżniamy płaty węchowe, dalej półkule mózgowe, za niemi wzgórki wzrokowe (thalami optici) i płaty wzrokowe (lobi optici). Granica między półkulami mózgowymi i płatami wzrokowymi (lobi optici) przypada mniej więcej na linji, łączącej przedni brzeg błon bębenkowych widocznych bardzo wyraźnie na bokach głowy żaby. Dalej ku tyłowi idzie mózdzek, bardzo mało rozwinięty i mający postać wałka przylegającego z przodu do jamki romboidalnej, znajdującej się już w rdze-

niu przedłużonym, po za którym idzie rdzeń kręgowy.

Zabę możliwie dużą umieszczamy w słoiku, wrzucamy tam kawałek waty, napojonej chloroformem i nakrywszy, czekamy, póki żaba nie przestanie się poruszać. Z chwilą, kiedy zwierzę się uspokoi, wyjmujemy je i kładziemy na cienkiej deseczce, w której poprzednio świ-derkiem zrobiliśmy kilka otworków, tak umieszczonych, żeby można było przez nie przeciągnąć tasiemki i mocno przywiązać rozkrzyżowane kończyny żaby. Wypełniwszy te manipulacje, przecinamy skórę na powierzchni głowy wzdłuż linii, łączącej tylne części błon bębenkowych; drugie nacięcie robimy wzdłuż linii prostopadłej do pierwszego przekroju, poprzez środek głowy aż do końca nosa. W ten sposób otrzymujemy nacięcie kształtu litery T, poczym brzegi skóry odsuwamy i widzimy kości czaszki, poprzez które prześwieca mózg mniej lub więcej wyraźnie. Teraz ostrożnie mocnymi nożyczkami i pincetem usuwamy kości, przykrywające mózg, starając się nie uszkodzić mózgu i unikając krwotoku, o ile to jest możliwe. Pod tym względem szczególnie uważać trzeba na obu bokach, gdyż tamtędy przechodzą większe naczynia krwionośne; jeżeli ich nie uszkodzimy, to wpływ krwi będzie niewielki i wkrótce sam się zatamuje. W każdym bądź razie ustawicznie sączącą się krew zbieramy za pomocą kawałków waty, gdyż w krwię wypełnionej jamie mózgowej nie moglibyśmy nic widzieć.

Skoro usunęliśmy kości czaszki tak dalece, że widoczny jest wyraźnie cały mózg aż do płatów wzrokowych (lobi optici), to ostrożnie małym skalpelem oddzielamy półkule mózgowe od płatów węchowych, a następnie drugie cięcie prowadzimy na granicy między półkulami mózgowymi i płatami węchowymi (lobi olfactorii), poczym ostrożnie wyjmujemy całe półkule i na ich miejscu umieszczamy watę w celu powstrzymania sączenia się krwi. Teraz zeszywamy skórę na czaszce i operacja jest skończona.

Poczekawszy kilka godzin (najlepiej do dnia następnego), ażeby zwierzę przyszło do siebie po operacji, zaczynamy je obserwować, w celu zaznajomienia się ze zmianami, jakie wywołane zostały przez usunięcie półkul mózgowych. Wyniki obserwacji będą następujące: żaba siedzi zupełnie normalnie z podniesioną do góry głową. Oddychanie odbywa się również zupełnie normalnie. Jeżeli ochraniać zwierzę od wszelkiego podrażnienia zewnętrznego, to będzie ono *zupełnie nieruchome*—jest to najważniejsza różnica, jaką zauważyć można między żabą normalną i pozbawioną półkul mózgowych. Prawda, że przez czas jakiś po operacji od czasu do czasu występują ruchy dowolne, ale z chwilą zagojenia rany, znikają zupełnie. Jeżeli przewrócić żabę na grzbiet, powraca ona w tej chwili do położenia normalnego. Wrzucona do wody żaba ta pływa, póki nie znajdzie takiego miejsca, na którym mogłaby usiąść, poczym się uspokaja i siedzi znowu bez ruchu.

Żaba pozbawiona półkul mózgowych nie

chwytą pokarmu; nawet włożenie muchy pomiędzy szczęki pozostaje bez wrażenia. Dopiero, jeżeli włożymy pokarm do przełyku, zostaje on przez żabę połknięty. Karmiąc taką żabę bez półkul, można utrzymać ją przy życiu przez miesiące i lata.

Na wszelkie podrażnienia zewnętrzne, uszczyplenia, ukłucia i t. d. żaba odpowiada zwykle jednym lub kilkoma skokami albo pełzaniem; po chwili uspokaja się znowu zupełnie i siedzi bez ruchu, póki nowy bodziec zewnętrzny nie wyprowadzi jej z tego stanu martwoty.

Jeżeli żabę zoperowaną w sposób powyższy pocierać będziemy wilgotnym palcem po grzbiecie, to wywołamy kwakanie, szczególnie silnie u samca. Trzymając głowę żaby tuż obok wzmacniającej głos tuby, możemy kwakanie zdemonstrować wielkiemu nawet audytorjum.

Spróbujmy teraz żabę pozbawić mózgowia całego, pozostawiając tylko rdzeń pacierzowy. W tym celu bierzemy żabę, trzymaną poprzednio przez kilka lub kilkanaście godzin w niskiej temperaturze, i ostrym nożem lub nożyczkami przecinamy cały kręgosłup, wraz z zawartym w nim rdzeniem, na linii łączącej tylne brzegi błon bębenkowych; ranę staramy się zrobić możliwie małą. Następnie nachylamy głowę ku przodowi i w otwór mózgowy wkładamy obstruganą odpowiednio zapałkę, niszczymy mózgowie, a zapałkę w celu zatamowania krwotoku zostawiamy w ranie, obciążwszy tylko koniec wystający.

Jeżeli tak zoperowaną żabę położymy spokojnie na grzbiecie, to zauważymy, że po pew-

nym czasie podkurczy ona łapy tylne (tym pręcej, im bardziej jest oziębiona); ale pozycja zwierzęcia nie będzie normalna; łapy przednie zbyt rozstawione, grzbiet zbyt poziomy, głowa opuszczona na dół, szyja prawie dotyka ziemi. Ruchów dowolnych niema tak samo, jak u żaby pozbawionej półkul; będąc przewrócone na grzbiet, zwierzę nie przybiera położenia normalnego. Ruchy oddechowe ustają, co jednak nie wywołuje natychmiastowej śmierci. Żaba taka, będąc wrzucona do wody, nie próbuje nawet pływać, tylko tonie (o ile płuca nie są zbyt wypełnione powietrzem).

Jeżeli żabę bez mózgowia będziemy szczypli za pomocą pincetu, lub wogóle drażnili jakim bądź sposobem, to będzie ona wykazywała szereg ruchów t. zw. odruchów, które noszą na sobie piętno celowości i dążą do uniknięcia lub usunięcia drażniącego bodźca. Chcąc je bliżej zbadać, wieszamy żabę na nitce, przeprowadziwszy szpilkę przez szczęki; jednocześnie przygotowujemy szklanekę wody czystej, oraz nieco kwasu octowego, otrzymanego przez pięciokrotne rozcieńczenie wodą kwasu octowego stężonego, tak zwanego lodowatego. Prócz tego wycinamy z papieru kilkanaście kwadracików około 2 mm², maczamy je w kwasie octowym; a następnie przykładamy do różnych miejsc skóry i obserwujemy ruchy wykonywane przez żabę w celu usunięcia piekącego ją papierka. Po usunięciu kwasu z jednej okolicy ciała obmywamy to miejsce dokładnie wodą, ażeby nie psuć sobie doświadczenia następnego.

Umieścimy na początek papierek zmoczony kwasem na pięcie jednej nogi; po chwili żaba zacznie pocierać jedną łapkę o drugą, starając się zrzucić papierek. Następnie, po obmyciu pięt, kładziemy papierek na udzie; żaba zdejmuje papierek dolną częścią łapki. Zauważywszy to zjawisko, powtarzamy doświadczenie raz jeszcze, przymocowawszy poprzednio łapkę używaną do usunięcia papierka, tak, żeby teraz poruszać się nie mogła. W tych warunkach wystąpią początkowo drgania w łapce przytwierdzonej, ale po chwili skurczy się druga—wolna—łapka, i ona teraz usunie drażniący papierek.

To ostatnie doświadczenie nasunęło początkowo myśl o jakiejś świadomości rdzenia pacierzowego; sprawa ta jednak polegała wprost na nieporozumieniu co do pojęć zasadniczych.

VIII.

Ciała białkowe.

Przedmioty potrzebne:

- 1) Dwa jajka świeże, 2) kilka epruwetek, szklaneczka, buteleczka, 3) pręcik szklany, 4) bibuła do filtrowania, 5) nożyczki, 6) lejek szklany do filtrowania, 7) woda dystrylowana, 8) roztwór octanu ołowiu stężony, 9) papierek lakmusowy czerwony, 10) ług sodowy mniej więcej 10%, 11) roztwór 5% siarczanu miedzi, 12) mocny kwas azotowy, 13) roztwór alkoholowy tymolu, 14) alkohol 95%,

15) nasycony roztwór siarczanu cynkowego lub amonowego, 16) roztwór sublimatu, 17) ocet, 18) kolodjum, 19) roztwór azotanu srebra (lapisu).

W doświadczeniach poprzednich zapoznaliśmy się ze zjawiskami ruchu w najszerszym tego słowa znaczeniu, t. j. ze zjawiskami nerwowo-mięśniowymi. Obecnie przejdziemy do zjawisk wymiany materji — i przede wszystkim zapoznamy się z własnościami ciał, będących najważniejszymi składnikami istot żywych, t. j. przystąpimy do badania ciał białkowych. Najdostępniejszym ich przedstawicielem jest białko jaja kurzego, które, chemicznie rzecz biorąc, składa się z kilku rodzajów białka. Chcąc się z nim zapoznać, bierzemy możliwie świeże jajko, uderzamy dość mocno o brzeg szklanki w ten sposób, żeby powstało pęknięcie podłużne, prostopadłe do dłuższej osi jajka. Następnie dwa wielkie palce opieramy o brzegi tego pęknięcia i, ciągnąc w kierunku osi podłużnej (nie gniotąc), rozrywamy skorupę na dwie części. Operację tę wykonywamy nad szklanką, pilnie bacząc, żeby nie zgnieść żółtka, i nie pozwalając mu spaść do szklanki. Nachylając odpowiednio obie połówki jajka i przelewając żółtko z jednej do drugiej, pozwalamy białku spłynąć całkowicie do szklanki. Manipulacje te łatwo zresztą zobaczyć nawet w gospodarstwie domowym. Przy sposobności zwracam uwagę, że w języku polskim wyraz białko używany jest w dwóch znaczeniach: jako nazwa pewnej grupy związków chemicznych i jako nazwa części składowej jajka ptasiego; białko

w znaczeniu ostatnim jest roztworem wodnym kilku gatunków białka w znaczeniu pierwszym.

Białko ptasie, zebrane w sposób powyższy, zawiera trochę błon i jest mętnawe; chcąc otrzymać roztwór wygodniejszy do obserwacji, rozcieńczamy ciecz do połowy wodą i następnie przez dłuższy czas silnie mieszamy przecikiem szklanym, dopóki wszystkie błony, męty i t. d. nie zbiorą się w wyraźne kłaczkę. Następnie zostawiamy naczynie w spokoju, pozwalamy częściom nierozpuszczonym osiąść na dno,— a ciecz jeszcze filtrujemy, w celu otrzymania roztworu zupełnie przezroczystego. Filtrowanie odbywa się w sposób następujący: z białej bibuły wycinamy krążek, zginamy go wzdłuż średnicy, a następnie raz jeszcze wzdłuż linii prostopadłej do pierwszego zgięcia, tworząc w ten sposób cztery złączone z sobą wycinki po 90% każdy (w czworo!). Teraz filtr umieszczamy w lejku szklanym w ten sposób, że jeden wycinek odchylamy, trzy inne trzymamy razem; następnie stożek papierowy musimy dopasować dokładnie do stożka szklanego i wreszcie zwilżyć wodą; przytym brzeg papieru powinien znajdować się o parę milimetrów niżej od krawędzi szkła. Tak przygotowany filtr umieszczamy na specjalnej podstawie i pod nim umieszczamy naczynie, do którego chcemy ciecz filtrować. Jeżeli takiej podstawy nie mamy, to wstawiamy lejek wprost do butelki; między jej ścianką a lejkiem umieszczamy choćby zapalkę, ażeby lejek nie zamknął szczelnie butelki, gdyż w takim razie powietrze nie mó-

głoby z niej wychodzić i wstrzymałoby filtrowanie cieczy.

Skoro wszystkie te czynności załatwimy, nalewamy roztworu białka do filtru: jeżeli pierwsze krople są mętne, tedy czekamy, póki nie zacznie przechodzić ciecz zupełnie przezroczysta, a to, co przeciekło, wcześniej zlewamy napowrót do naczynia z cieczą niefiltrowaną. Białko przesiąka przez bibułę bardzo powoli; to też upływają godziny, nim przefiltrujemy ilość dostateczną—ale na to niema sposobu—trzeba się uzbroić w cierpliwość i czekać.

Pierwsze doświadczenie wykonywamy na białku wysuszonym, które otrzymujemy jeszcze nieco łatwiej. Mianowicie z jajka ugotowanego na twardo bierzemy kawałek niewielki i suszymy go w wysokiej temperaturze; nie mając odpowiedniej suszarki, można to zrobić w kuchni, pod blachą, uważając jednak, żeby nie było tam zbyt gorąco, t. j. żeby białko nie stało się brunatnym lub czarnym.

Kawałek takiego białka wysuszonego wkładamy do suchej epruwetki szklanej i powoli ogrzewamy, ale mocno; białko przytym staje się coraz ciemniejszym i wreszcie tworzy się czysty, czarny węgiel, co dowodzi, że pierwiastek ten znajdował się w białku. Trzymając w wejściu do epruwetki kawałek bibuły zwilgoconej roztworem octanu ołowiu, zobaczymy, że bibuła staje się czarną, dzięki powstaniu siarczku ołowiu, co dowodzi obecności siarki w białku. Wreszcie zapach charakterystyczny spalonego rogu, oraz niebieszczenie trzymanego u otworu epruwetki różowego papierka lakmu-

sowego—wykazuje nam obecność azotu, z którego powstaje amonjak, działający na papierek lakmusowy.

Wlejmy do epruwetki trochę białka filtrowanego, dolejmy drugie tyle kilkoprocentowego roztworu ługu sodowego, zmieszajmy ciecz i dodajmy 2—3 kropli słabego—najwyżej 5⁰/₀-wego roztworu siarczanu miedzi. Ciecz zabarwi się na fioletowo: *reakcja biuretowa* (czytaj: bi-uretowa).

W innej epruwetce dolejmy do roztworu białka trochę mocnego kwasu azotowego, np. na 2 cm³ białka, 20 kropli tego kwasu i zagotujmy ciecz—wtedy zobaczymy wyraźnie żółte zabarwienie. Teraz ciecz ochładzamy, wkładając epruwetkę do zimnej wody, lub trzymając ją w strumieniu wody z wodociągu, i dodajemy ługu sodowego; z chwilą, kiedy reakcja cieczy stanie się alkaliczną, wystąpi zabarwienie brunatno-pomarańczowe, zamiast żółtego. Jest to *reakcja ksantoproteinowa*. Jeżeli przypadkiem zawałamy sobie ręce kwasem azotowym, to występuje plama żółta, jako dowód, że białko jest głównym składnikiem naszego organizmu. W celu przekonania się o tym raz jeszcze, wrzucimy do kwasu azotowego kawałek paznogcia, a zobaczymy, że on również zabarwi się na żółto, a po przeniesieniu do ługu, stanie się brunatno-pomarańczowym.

Dodajmy następnie do białka nieco mocnego ługu i octanu ołowiu, po zagotowaniu otrzymamy czarny osad siarczku ołowiu—jeszcze jeden dowód obecności siarki w cząsteczce białka.

Bardzo ładną barwną reakcję otrzymujemy w sposób następujący: do roztworu białka dodajemy parę kropel alkoholowego roztworu tytmolu, a następnie stężonego kwasu siarczane-
go i otrzymujemy zabarwienie karminowo-czerwone, które przy znacznym rozcieńczeniu wodą staje się zielonym.

Na tych najłatwiej dających się wykonać reakcjach barwnych białka poprzestaniemy, i przejdziemy do innych jego własności.

Jeżeli roztwór białka kurzego ogrzewać będziemy, to zobaczymy, że nieco niżej 60° białko się *zetrnie* — t. j. w roztworze przezroczystym wytworzy się osad kłaczkowaty, albo też ciecz całkowicie stężeje, jak to widzimy przy gotowaniu jajka na twardo. Taki lub inny wynik zależy od koncentracji roztworu białka. Oziębienie nie wywoła ponownego rozpuszczenia osadu. Jeżeli do roztworu białka dolewać będziemy alkoholu, to również zobaczymy osad; o ile natychmiastowo do osadu dodamy wiele wody, to znaczna jego część znowu się rozpuści. Gdybyśmy taki osad dłużej zostawili w alkoholu, to wtedy przestanie on się w wodzie rozpuszczać.

Dolejmy następnie do przezroczystego roztworu białka nieco nasyconego roztworu siarczanu cynkowego. Znowu powstanie osad, który po dodaniu wody rozpuści się zupełnie; zamiast siarczanu cynkowego można wziąć np. siarczan amonowy. Zjawisko to nosi nazwę *wysalania*. Jeżeli zaś dodamy do białka soli t. zw. metali ciężkich, np. siarczanu miedziowego lub lepiej chlorku rtęciowego (sublimatu), to otrzy-

mamy osad, nie rozpuszczający się już po dolaniu wody.

Dodając do roztworu białka, słabego kwasu (np. octu), otrzymamy również osad, rozpuszczający się po zneutralizowaniu kwasu ługiem.

Bardzo ciekawa własność białka polega na braku zdolności dyfuzji czyli przenikania przez błony, dzięki czemu białko zaliczamy do kategorii t. zw. *koloidów*. Chcąc się o tym przekonać, urządzamy doświadczenie w sposób następujący: bierzemy zwykłą epruwetkę, zanurzamy ją do powszechnie znanego kolodjum, wyjmujemy, pozwolimy nadmiarowi cieczy spłynąć i następnie suszymy, ustawicznie w rękę obracając i nachylając tak, żeby kolodjum zaschło w postaci cienkiej jednostajnej warstewki. Kiedy warstwa ta podeschnie (nie pozwalamy całkowicie wyschnąć i popękać) zanurzamy do wody, a po kilku chwilach ostrożnie z rurki szklanej odejmujemy rurkę kolodjonową, co uskuteczyć dość łatwo.

Przyrządek można uważać za dobry, jeżeli ścianki po włożeniu do wody nie zmętniały, co następuje wtedy, jeżeli kolodjum przed włożeniem do wody zbyt mało wyschło. W takim razie trzeba przygotować rurkę nową, susząc ją nieco dłużej. Łatwo zrozumieć, że taki woreczek z kolodjum nie powinien posiadać dziur, o czym łatwo się przekonać, nalewając do wnętrza wody.

Należmy teraz do takiego woreczka roztworu białka rozcieńczonego do połowy roztworem bardzo stężonym soli kuchennej i zawieśmy następnie woreczek w szklance wypeł-

nionej wodą dystylowaną. Po kilku godzinach, w wodzie, otaczającej woreczek, znajdziemy znaczne ilości soli kuchennej, o czym przekonamy się, dodając nieco roztworu azotanu srebra (lapisu), co wywoła powstanie białego, czerniejącego na świetle osadu chlorku srebra.

Białka zaś w wodzie nie znajdziemy wcale: nie uda się żadna z reakcji na nie (biuretowa, ksantoproteinowa i t. d.).

Z innymi gatunkami białka zapoznamy się w miejscach odpowiednich.

IX.

Własności krwi.

Przedmioty potrzebne:

1) Mikroskop, 2) szkiełka przedmiotowe i pokrywkowe, 3) szkiełko zegarkowe, 4) 0,6% roztwór soli kuchennej, 5) lejek szklany, 6) podwójny filtr z bibuły, 7) 2% roztwór cukru, 8) miotełka mała z cienkich gałązek, 9) balsam kanadyjski, 10) żaba, 11) świnka morska, 12) alkohol, 13) eter, 14) igła, 15) sól kuchenna, 16) kwas octowy lodowy, 17) dwie epruwetki, 18) spektroskop najlepiej t. zw. à vision directe, 19) woda dystylowana, 20) roztwór siarczku amonu.

Koniec palca wmywamy bardzo dokładnie alkoholem i eterem; ostrą igłę przeprowadzamy parę razy przez płomień i następnie igłą tą kłujemy palec tak, żeby wywołać krwotok, 2—3 krople krwi puszczone na szkiełko ze-

garkowe, jedną kroplę wpuszczamy do jednego lub dwóch centymetrów sześciennych 0,6%-go roztworu soli kuchennej, wreszcie jedną kroplę krwi umieszczamy wprost na szkiełku przedmiotowym, nakrywamy szkiełkiem pokrywkowym i poddajemy badaniu mikroskopowemu przy powiększeniu dość silnym (objektyw co najmniej nr. 7). Widzimy tu, że krew składa się z cieczy i ciałek krwi, ogromna ich większość są to tak zwane ciała czerwone. Początkowo są one rozrzucone we krwi dość jednostajnie, ale po bardzo krótkiej chwili zbierają się razem, tworząc jakby ruloniki z monet. W celu bliższego poznania się z ciałkami krwi, bierzemy do obserwacji kroplę krwi rozcieńczonej solą kuchenną (patrz wyżej). Umieściwszy ją tak samo, jak poprzednio krew nie rozcieńczoną, powtarzamy obserwacje mikroskopowe: widzimy ciała leżące teraz dość daleko jedno od drugiego. Są to blaszki okrągłe, w środku znacznie jaśniejsze, niż na brzegach. Naciskając zlekka szkiełko przedmiotowe, możemy wprawić ciała w ruch, podczas którego zdarza się nieraz obserwować ciało z profilu, a wtedy wygląda ono jak biszkopt. Nie trudno wykombinować przeto, że ciała krwi człowieka mają postać soczewek dwuwklęsłych. Obserwując w ten sposób krew innych ssących, dojdziemy do przekonania, że u nich wszystkich ciała krwi mają ten sam wygląd.

Jeżeli zaś weźmiemy krew np. żaby (niższych kręgowców), to ciała będą dwuwypukłe, znacznie większe i posiadają wewnątrz utwór

swoisty, zwany *jądrem* (szczegóły patrz w podręcznikach histologii).

Pomiędzy ciałkami czerwonymi widać tu i owdzie ciałka białe czyli *leukocyty*—obdarzone jądrem i ruchem amebowatym, który jednak obserwować można tylko na preparatach ogrzanych do temperatury krwi; w innych razach leukocyty mają kształt kulisty. Mniej więcej na 500 ciałek czerwonych u człowieka dorosłego przypada jedno białe.

Zwróćmy teraz uwagę na te kilka kropel krwi, które zostawiliśmy na szkiełku; łatwo zauważymy, że krew *ścięła się*, t. j. stała się masą galaretowatą. Chcąc bliżej zbadać to zjawisko, poświęćmy raz jeszcze swój palec, albo też ukłujmy jakie zwierzę i nabierzmy krwi do rurki włoskowatej, a po 24 godzinach zobaczymy, że krew rozdzieliła się na dwie części—na czerwoną galaretowatą masę i na żółtawą ciecz, którą zwiemy *surowicą*; ciałka czerwone prawie wszystkie znajdują się w owej galarecie i nadają jej barwę.

Nalejmy teraz na szkiełko kilka centymetrów sześciennych 2^o/_o-go roztworu wodnego zwykłego cukru; utnijmy następnie głowę dużej żabie i pozwólmy krwi spłynąć do cukru, ustawicznie mieszając pręcikiem szklanym. Następnie przefiltrujmy mieszaninę przez podwójny filtr, zmoczony również roztworem 2^o/_o-ym cukru; przesącz ten będzie zawierał bardzo mało ciałek, to też będzie tylko zlekka zaróżowiony. Po pewnym jednak czasie zetnie się również galaretowato, więc ścinanie wywołane jest przez własności osocza — nie zaś przez

obecność ciałek. Zauważywszy to, probujemy igłą unieść galarete, przyczym wyraźnie się ona kurczy i rozdziela na ciecz, będącą właśnie surowicą z domieszką cukru i wody, oraz na ścięte ciało nierozpuszczalne, noszące nazwę *fibryny* czyli *włóknika*, krew przeto składa się z ciałek białych i czerwonych, oraz z cieczy zwanej *plazmą* czyli *osoczem* krwi; ścinając się, osocze wydziela *fibrynę* czyli *włóknik*, a ciecz pozostała nosi nazwę *surowicy*.

Z surowicą i z włóknikiem przerabiamy reakcje białkowe; wszystkie one udają się, a więc mamy tu do czynienia z rodzajami białka.

Chcąc otrzymać krew i włóknik w większej ilości, posyłamy kogoś z naczyniem szklanym do rzeźni; dajemy mu prócz tego miotelkę z cienkich gałązek i polecamy zaraz po nalaeniu świeżutkiej krwi do naczynia przez kilka minut szybko i energicznie mieszać tą miotelką. (To samo można uczynić w domu, jeżeli na obiad gotują czarninę).

W takich warunkach włóknik grubą warstwą okleja miotelkę, a krew (t. j. surowica i ciałka) pozostaje ciekłą. Fibrynę przemywamy w wodzie póty, aż stanie się zupełnie bezbarwną, a krwi ciekłej używamy do doświadczeń opisanych dalej.

Barwnik czerwony, zwany *hemoglobina*, zawarty jest w ciałkach krwi; pod wpływem wielu jednak czynników, jak eter, chloroform, nawet zamrażanie i następnie topnienie, przechodzi może z ciałek do cieczy. Przekonać się o takiej zmianie można w sposób następujący: do

krwi (pozbawionej włókniaka — a więc ciekłej) dodajemy kilkanaście kropel eteru i bardzo mocno klóćcimy — krew staje się nadzwyczaj ciemną, ale za to w warstwie cienkiej jest przezroczysta; przed działaniem eteru krew była zupełnie nieprzezroczysta. Przekonać się o tym można łatwo: nalejmy między dwa szkiełka cieniutką warstwę krwi tylko odwłóknionej, a między dwa inne szkiełka taką samą warstwę krwi wyklóconej z eterem.

Poprzez pierwszy przyrządek nie poznamy liter nawet bardzo dużych, gdy tymczasem krew wyklócona z eterem pozwoli nam czytać.

Z kolei zapoznajemy się z własnościami barwnika czerwonego, zwanego *hemoglobina*; z powyższych doświadczeń widać już, że hemoglobina zwykle zawarta jest w ciałkach czerwonych, ale pod wpływem pewnych czynników może przechodzić w roztwór wodny. Ciało to może się krystalizować, przytym każde zwierzę posiada swoją własną formę krystaliczną. Najłatwiej krysztaly hemoglobiny dadzą się obserwować we krwi świnki morskiej. Doświadczenie urządzamy w sposób następujący: na szkiełku przedmiotowym mikroskopu umieszczamy kroplę nie bardzo gęstego balsamu kanadyjskiego, następnie czystą szpilką kłujemy uprzednio obmytą łapkę świnki morskiej i kropelkę krwi wpuszczamy do balsamu, poczym balsam z krwią mieszamy jaknajdokładniej i przykrywamy szkiełkiem pokrywkowym. Po kilkunastu minutach dostrzeżemy z pomocą mikroskopu rozsiane tu i owdzie czerwone krysztaly w formie oktaedru.

Jednym z produktów rozkładu hemoglobiny jest t. zw. *hemina*, łatwo dająca się krystalizować. Powstawanie kryształów heminy służyć może za dowód, że dana substancja jest rzeczywiście krwią.

Przygotowanie heminy odbywa się łatwo w sposób następujący: na kawałek szkła wylewamy cienką warstwę krwi i pozwalamy jej wyschnąć zupełnie. Potym nożykiem zeskrobujemy nieco takiej krwi, kładziemy na szkiełko przedmiotowe i dodajemy kryształek soli kuchennej, oraz kroplę kwasu octowego stężonego. Nakrywamy szkiełkiem i ogrzewamy nad palnikiem, aż do zagotowania się cieczy, która nie powinna jednak wyschnąć.

Po ostygnięciu będziemy mogli przez mikroskop, przy powiększeniu dość silnym, zobaczyć bardzo charakterystyczne brunatne kryształki heminy (rys. 10).



Rys. 10.

Najbardziej charakterystyczną własnością hemoglobiny jest zdolność przyłączania tlenu i przechodzenia w *oksyhemoglobinę*, co połączone jest ze zmianą barwy ciemno-czerwonej na jasno-czerwoną. Zjawisko to w całej pełni można obserwować, posiadając spektroskop, gdyż zmiany barwy najlepiej można uwidocznić z po-

mocą widma. W tym celu do epruwetki nalewamy trochę krwi odwłóknionej, a następnie rozcieńczamy wodą, — otrzymamy ciecz barwy jasno-zielonej, przytym hemoglobina się rozpuszcza. Teraz ciecz kłócimy z powietrzem, wstrząsając epruwetkę i następnie dolewamy na wierzch nieco wody, unikając zupełnego zmieszania cieczy. Wtedy górna warstwa będzie zlekka tylko różowa, a barwa będzie coraz ciemniejsza, w miarę przybliżania się do dna epruwetki. Jeżeli do obserwacji użyjemy małego spektroskopu *), to przez warstwy górne zobaczymy całe widmo, przecięte dwiema charakterystycznymi dla oksyhemoglobiny smugami, w okolicy promieni żółtych i zielonych; tam, gdzie roztwór oksyhemoglobiny będzie więcej skoncentrowany, widmo składać się będzie z promieni tylko czerwonych i zielonych, a jeszcze niżej przejdą tylko czerwone.

Teraz do innej epruwetki weźmy nieco krwi odwłóknionej i dolejmy wody aż do otrzymania barwy jasno-czerwonej; następnie w celu odebrania tlenu od oksyhemoglobiny dodajemy parę kropel roztworu siarczku amonu, mieszamy i czekamy kilka minut, a już gołym okiem bezpośrednio zobaczymy, że krew staje się ciemniejszą.

Znowu, jak w doświadczeniu poprzednim, dolewamy na wierzch krwi nieco wody wygotowanej, w celu usunięcia z niej tlenu rozpuszczonego i obserwujemy przez spektroskop. W górnych warstwach cieczy widzimy jedną tylko smugę w okolicy żółto-zielonej, a niżej widmo

*) Tak zw. à vision directe. Cena 10 do 15 rb.

składa się tylko z promieni czerwonych i nieco zielonych. Jeżeli roztwór takiej hemoglobiny odtlenionej będziemy kłócili z powietrzem, to otrzymamy znowu oksyhemoglobinę ze wszystkimi jej własnościami.

X.

Krążenie krwi.

Przedmioty potrzebne:

1) Dwie żaby, 2) ustrugane zapałki do zniszczenia mózgu i rdzenia, 3) 0,6⁰/₀-wy roztwór soli kuchennej), 4) dwa szkiełka zegarkowe, 5) zegarek z sekundnikiem, 6) lód, 7) woda ciepła, 8) płytka korkowa lub olchowa 30 cm. długa, 15 szeroka, 9) laubzega, 10) syndetikon, 11) szkiełko pokrywkowe, 12) mikroskop, 13) naczynie kilkolitrowe z kranem u dołu, 14) rurka ołowiana rozgałęziona, 15) rurki kauczukowe grubo i cienkościennie, 16) rurki szklane, 17) epruwetki.

Krew zwierząt kręgowych znajduje się w zamkniętym układzie kanałów, zwanych naczyniami krwionośnymi; u bezkręgowych układ krwionośny nie jest zamknięty i krew znajduje się w jamie ciała, oraz nasiąka wszystkie tkanki. U większości zwierząt znajdujemy narząd specjalny, noszący nazwę serca, który rytmicznymi skurczami wywołuje ustawiczny ruch, czyli krążenie krwi w ciele. Do obserwacji najwygodniejsze jest serce szczeżui (*Anodonta*) i serce żaby.

Bierzemy żywą szczeżuję i wprowadzamy tępy skalpel między skorupy z przodu i z tyłu,

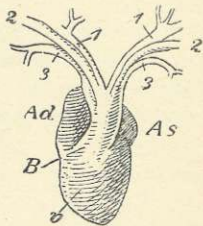
starając się przeciąć oba mięśnie zwieracze, następnie odginamy skorupę, oddzielając ostrożnie (najlepiej płaską, drewnianą oprawą skalpela) płaszcz, i widzimy przezroczyste, rytmicznie kurczące się serce mniej więcej w połowie długości zwierzęcia, tuż przy linii grzbietowej.

Przyjrząwszy się rytmice tych ruchów, bierzemy żabę, zabijamy ją sposobem już opisanym, niszczy my mianowicie mózg i rdzeń pancerzowy, wkładając opowiednio zastrugane patyczki drewniane, których w celu uniknięcia krwotoku nie wyjmujemy, następnie kładziemy zwierzę na grzbiecie i, unikając ciągle krwotoku, przecinamy skórę wzdłuż brzucha i piersi, poczym oba płaty skórne odchylamy na boki.

Teraz całą jamę piersiową przecinamy wzdłuż linii środkowej, prowadząc przekrój jak najwyżej, bądź co bądź przecinając chrząstki pasa barkowego, widoczne zaraz po odchyleniu skóry; rozchylając brzegi rany, zobaczymy z łatwością ciemno-czerwone, rytmicznie kurczące się serce. Poprzecznymi cięciami usuwamy ściankę piersi, a następnie już ostrożniej z pomocą małych nożyczek usuwamy przezroczystą błonę—osierdzie—w której zawarte jest serce.

Widzimy teraz część górną, składającą się z dwu przedsionków *Ad* i *As* (rys. 11), oraz dolną, stanowiącą komorę *v*; na granicy między komorą i przedsionkami widzimy wgłębienie kształtu obrączki. Następnie zwracamy uwagę na wyjście aorty z serca (*B*); chcąc zobaczyć wejście żył, musimy serce unieść ostrożnie i od dołu zobaczymy zatokę żylną w sąsiedztwie prawego przedsionka. Po zaznajomie-

niu się z budową i położeniem serca obserwujemy bliżej jego ruchy i widzimy, że przedewszystkiem kurczą się przedsionki, a potem dopiero komora. Podczas skurczu komory rozszerzają się przedsionki. Prócz tego widzimy, że serce w stanie rozkurczu jest mocno czerwone, dzięki obfite wypełniającej je krwi, a podczas skurczu staje się znacznie bledszym; przytym zwrócić należy uwagę, że krew w przedsionku lewym jest znacznie jaśniejsza (krew tętnicza), niż w prawym (krew żylna). Na zakończenie liczymy liczbę skurczów serca w ciągu minuty.



Rys. 11. Serce żaby.

Po ukończeniu tych obserwacji wycinamy ze zwierzęcia całe serce, starając się nie skaleczyć go nożyczkami i kładziemy je na szkiełko zegarkowe, zwilżone 0,5^o/_o-ym roztworem soli kuchennej, drugim zaś szkiełkiem nakrywamy, ażeby nie oopuścić wyschnięcia. Widzimy, że serce bije dalej, a więc mechanizm, wywołujący rytmiczne skurcze, znajduje się w samym sercu; podczas rozkurczu serce staje się zupełnie miękkim i płaskim, a podczas skurczu twardnieje i nabiera więcej określonego kształtu.

Liczmy teraz znowu liczbę skurczów serca w ciągu minuty, poczym szkiełko z sercem kładziemy na lód i, poczekawszy trochę, liczymy znowu liczbę skurczów, która teraz będzie znacznie mniejsza. Potrzymajmy szkiełko z sercem nad wodą gorącą, a częstość ruchów wzmoże się znacznie.

Obserwowanie ruchów serca zwierząt wyższych i człowieka będziemy robili na zwierzęciu bez wszelkich zabiegów operacyjnych. Przykładając u człowieka rękę na lewą stronę klatki piersiowej między piątym a szóstym żebrzem, czujemy dość mocne, rytmiczne uderzenia,— jest to wynik skurczu komory serca; u osobników bardzo szczupłych można nawet zauważyć lekkie unoszenie się ściany klatki piersiowej. Jeżeli przyłożymy ucho w tym miejscu do klatki piersiowej, to usłyszymy przy każdym skurczu serca długi stłumiony ton podczas skurczu komór, po nim nastąpi ton krótki, ostry, następnie przerwa, po której znowu usłyszymy ton pierwszy.

Jak już wyżej wspomniałam, rytmiczne ruchy serca wywołują krążenie krwi w naczyniach; ruch krwi najłatwiej można obserwować w błonie, łączącej palce tylnych łap u żaby. Bierzemy cienką blaszkę z korka lub miękkiego (olchowego) drzewa, wycinamy w niej blisko brzegu otwór mniej więcej wielkości złotówki i zaklejamy go z pomocą syndetikonu cienkim szkiełkiem przykrywkowym. Żabę z pomocą szpilek i sznurków przymocowujemy do deseczki tak, żeby błona pławna rozciągnięta była na szkiełku, poczym obserwujemy tę błonę przez mikroskop przy słabym (objektyw np. Nr. 3, okular 1 lub 2) powiększeniu. Widzimy sieć rozgałęzionych kanałów czyli naczyń, wewnątrz których z nadzwyczajną szybkością pędzą w jednym kierunku ciała krwi. Obserwując ruch w rozgałęzieniach, możemy poznać, czy mamy do czynienia z żyłą, czy z tętnicą;

w tętnicach ciałka pędzą od pni grubszych do cieńszych rozgałęzień, a w żyłach widzimy kierunek ruchu odwrotny. W arterjach ruch krwi jest wprawdzie ciągły, ale ulega perjodycznym przyspieszeniom; w żyłach ruch jest jednostajny. W naczyniach cieńszych ruch krwi jest wolniejszy, niż w naczyniach większego kalibru.

Przy każdym skurczu serca pewna ilość krwi bywa wpędzana do tętnic, które posiadają ścianki elastyczne, ulegające znacznemu rozszerzaniu. Zjawisko to nosi nazwę pulsu i łatwo dotykiem wyczuć się daje tam, gdzie większa tętnica przebiega blisko powierzchni ciała, np. w dolnej części przedramienia po stronie wielkiego palca.

Licząc u tegoż samego osobnika liczbę uderzeń serca na minutę i liczbę uderzeń pulsu, przekonywamy się, że jedne ściśle odpowiadają drugim.

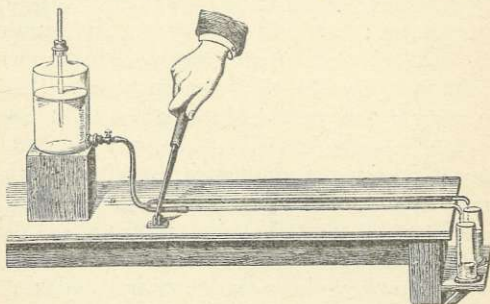
Teraz robimy jeszcze szereg doświadczeń następujących: porównujemy liczbę uderzeń pulsu u mężczyzn i kobiet w jednym wieku i przekonywamy się, że u kobiet liczba ta jest nieco większa, u mężczyzn między 20 i 80 rokiem życia puls ma 70 — 75 uderzeń na minutę, u kobiet zaś dochodzi do 80. Osobniki wyższe mają puls rzadszy, dzieci częstszy (od 120—130 w pierwszym roku życia). Nawet położenie ciała ma tutaj pewien wpływ; w pozycji leżącej człowiek posiada puls rzadszy, niż stojąc, a najrzadszy wisząc głową na dół.

Zwierzęta kręgowce mają tym większą liczbę uderzeń pulsu, im są mniejsze: królik np. ma około 150 — 200 uderzeń na minutę (mie-

rzyć najlepiej uderzenia serca), koń 35 do 36 (mierzyć najlepiej w arterji, przechodzącej po wewnętrznej stronie żuchwy, blisko nasady).

Chcąc poznać wpływ elastyczności ścianek tętnicznych na zjawiska krążenia, urządzić można przyrządek następujący: dość duże naczynie szklane z kranem u dołu wypełniamy cieczą i łączymy z rozgałęzioną giętką rurką łożwianą. Do dwóch gałęzi z pomocą krótkich rurek kauczukowych przyczepiamy dwie rurki, jedną szklaną, drugą kauczukową, o cienkich, elastycznych ściankach. Obie rurki na końcu mają osadzone krótsze rureczki szklane z małym otworkiem, przez który woda z naczynia dużego może wyciekać do podstawionych epruwetek.

Jeżeli woda płynie przez przyrządek bez żadnych przerw, to obie rurki działają jednakowo; zacznijmy jednak wężkim narzędziem



Rys. 12.

w sposób uwidoczniiony na rys. 12, rytmicznie uciskać rurki krótkie kauczukowe, łączące rurę

blaszaną ze szklaną i kauczukową, to zobaczymy, że wypływ z rurki szklanej będzie również nosił charakter przerywany, gdy tymczasem z elastycznej będzie wypływał strumień ciągły, drobnym tylko ulegający wahaniom. Wytłómaczenie tego zjawiska jest bardzo proste: podczas napływu wody do rurek, elastyczna się rozszerza, a następnie, podczas przerwy w dopływie wody, kurczy się i wypycha zawartą ciecz. Takie same stosunki panują w tętnicach i dlatego prąd krwi jest nieprzerwany, a naczynia ulegają rozszerzaniu i zwężaniu, co stanowi właśnie puls.

XI.

Oddychanie.

Przedmioty potrzebne:

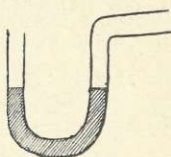
1) Dwie szklaneczki, 2) woda wapienna, 3) kawałek rurki szklanej, 15–20 cm. długości, 4) lejek do filtrowania, 5) bibuła, 6) nożyczki, 7) słaby kwas, np. ocet, 8) kolba stożkowata z korkiem przedziurawionym, 9) rurka szklana zgięta w kształcie litery U, 10) kilka żab, duży owad lub mysz, 11) szpilka, 12) małeńkie otwarte naczynko, 13) mocny roztwór ługu potasowego, 14) szkło wodne, 15) drobno sproszkowana kreda, 16) rtęć, 17) zegarek z sekundnikiem, 18) rurka kształtu U otwarta na obu końcach, 19) palnik gazowy z płaskim, świecącym płomieniem lub bunzenowski, a w braku takiego maszynka benzynowa lub spirytusowa.

Każda istota żywa pochłania tlen, a wydziela bezwodnik węglowy. Przekonać się o tym zjawisku można bardzo łatwo; jak zwykle, wybierzemy sposób najprostszy. Małą szklaneczkę napełniamy wodą wapienną, rurkę szklaną wkładamy do ust, i, zacisnąwszy nos, oddychamy przez usta i rurkę w ten sposób, że przy każdym wydechu pogrążamy koniec rurki do wody wapiennej i przepuszczamy przez nią gaz wydychany. Przed każdym wdechem wyjmujemy koniec rurki z wody, pilnie bacząc, żeby ciecz nie została w rurce, gdyż wciągnęlibyśmy ją do ust zamiast powietrza. Już po jednym wydechu widzimy, że woda mętnieje, tworzy się w niej kłaczkowaty osad węglanu wapnia; kiedy osadu zebrało się już dość dużo, ciecz filtrujemy przez bibułę, osad przemywamy wodą, zeskrobujemy do szklaneczki i nalewamy słabego kwasu, choćby octu, przyczym widzimy gwałtowne wydzielanie się gazu, będącego właśnie bezwodnikiem węglowym, tym samym, który spotykamy w wodzie sodowej i innych napojach musujących.

Chcąc stwierdzić pochłanianie tlenu, postępujemy nieco odmiennie: bierzemy kolbę kształtu stożkowatego z dobrze dopasowanym zwykłym korkiem, w którym wiercimy na wylot otwór, przez ten otwór wkładamy dobrze przystającą rurkę szklaną, zgiętą w kształcie litery U; ramię włożone do kolby może być krótkie, ramię zaś zewnętrzne powinno mieć 15—20 cm. długości. Sam proces zginania rurki odbywa się najlepiej w zwykłym palniku gazowym, dającym płomień świecący, płaski i sze-

roki; w ostateczności można to zrobić i w palniku Bunzena lub nawet na maszynie benzynowej lub spirytusowej. Rurkę ogrzewamy początkowo ostrożnie, to wkładając, to znów wyjmując z ognia, a następnie trzymamy ją w płomieniu, ustawicznie obracając obydwoma rękami, żeby się rozgrzało ze wszystkich stron jednocześnie. Skoro rurka zmięknie, zginamy ją powoli, formując żądany łuk, przyczym koniec dobrze jest zatkać choćby palcami. Przed ochładzaniem rurki dobrze jest ją okopcić, gdyż wtedy rurka nie tak łatwo pęknie.

Do kolby wkładamy jakąś żywą istotę, dużego owada, żabę, mysz, lub coś podobnego. Prócz tego wewnątrz kolby do szpilki białej w korek przywieszamy małe naczynie szklane z bardzo mocnym, 30⁰/₀-ym roztworem ługu potasowego; łatwo zrozumieć, że naczynie musi być umieszczone w sposób, usuwający niebezpieczeństwo rozlania ługu przez zwierzę, które ostatecznie można związać. Skoro zrobiliśmy to wszystko, trzeba jeszcze uszczelnić zamknięcie, gdyż między korkiem a ścianką rurki i kolby prawie napewno są szpary, przez które może przechodzić powietrze. Kit do tego celu przygotowujemy w sposób następujący: roztwór t. zw. szkła wodnego (dostać można w każdym



Rys. 13.



Rys. 14.

składzie aptecznym) rozcieramy z drobno sproszkowaną kredą do konsystencji ciasta i pokrywamy szybko twardniejącą masą cały korek i brzegi kolby.

Teraz dolny zewnętrzny koniec rurki wstawiamy do naczynia z rtęcią, a po pewnym czasie widzimy, że rtęć w rurce zaczyna się podnosić. Zjawisko tłumaczymy w sposób następujący: tlen powietrza pochłaniany jest przez zwierzę, wydzielany na jego miejsce dwutlenek węgla pochłaniany jest przez ług potasowy. Ciśnienie przeto gazu wewnątrz kolby musi się zmniejszać, czego wynikiem jest właśnie wtłaczanie przez atmosferę otaczającą rtęci do rurki. Znając pojemność naczynia, wysokość wepchniętego słupa rtęci i ciśnienie barometryczne, można łatwo obliczyć ilość zużytego tlenu.

Z pomocą tego samego przyrządu możemy stwierdzić oddychanie nawet organów wyciętych ze zwierzęcia: wystarczy zabić dwie, trzy żaby, oddzielić mięśnie kończyn i umieścić je w takim aparacie, a zobaczymy tak samo podnoszenie się słupa rtęci w rurce. Z wysnuwaniem wniosków o szybkości wymiany gazowej różnych organów na zasadzie szybkości i podnoszenia się rtęci, trzeba być bardzo ostrożnym, gdyż w celu przeprowadzenia takich porównań musielibyśmy brać jednakowe na wagę ilości żywej zarodki, przyczym wypadłoby jeszcze zwrócić uwagę na zawartość wody, która u różnych istot bywa nader różna.

Jeżeli w kolbie nie umieścimy naczynia z ługiem, to wydzielany dwutlenek węgla pozostaje w stanie gazowym; w większości przy-

padków zauważymy i wtedy powolne wchodzenie rtęci do rurki, wnioskujemy przeto, że objętość wydzielonego dwutlenku węgla jest mniejsza od ilości pochłoniętego tlenu, czyli, jak zwykliśmy się wyrażać, współczynnik oddechowcy, to jest stosunek objętości wydzielonego dwutlenku węgla do wchłoniętego, jest mniejszy od jedności $\left(\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} < 1\right)$.

Zdarzać się jednak może dość często, że rtęć pozostanie na jednym poziomie, albo że poziom jej w rurce nawet się obniży. Łatwo zrozumieć, że w przypadku pierwszym ilość wydzielanego dwutlenku węgla większa jest od ilości wchłoniętego tlenu, współczynnik oddechowcy równa się jedności, a w drugim organizmie produkuje więcej dwutlenku węgla, niż pochłania tlenu — współczynnik jest większy od jedności

U człowieka i ssących ruchy klatki piersiowej naprzemian wsysają i wypychają powietrze z płuc. Pragnąc zobaczyć ciśnienie, przy którym odbywa się ten ruch gazu, bierzemy rurkę u obu końców otwartą, zginamy ją i nalewamy w nią rtęci tak, żeby w obu kolanach wysokość słupa rtęci wynosiła około 4—5 cm.; ponad rtęcią musimy mieć jeszcze parę centymetrów rurki pustej. Tak przygotowany manometr wkładamy poziomą gałęzią rurki do ust, zaciskając szczelnie dokoła wargi, zatykamy nos i oddychamy spokojnie przez rurkę. Ma się rozumieć, że oddychanie to jest tylko symulacją, gdyż w rzeczywistości powietrze do ust się nie dostaje. Z wahań jednak poziomu

ręci w rurce możemy sądzić o sile, z jaką przy wdechu i wydechu bywa powietrze poruszane.

Następnie obliczamy liczbę ruchów oddechowych u człowieka i zwierząt, widzimy, że liczba ruchów oddechowych jest znacznie mniejsza niż uderzeń pulsu, ale po za tym zmiany częstości ruchów oddechowych zależą mniej więcej od tych samych czynników, co uderzenia pulsu.

Na zakończenie robimy na sobie samym jeszcze jedno doświadczenie: wstrzymujemy oddech—po krótkiej chwili czujemy nieprzepartą jego potrzebę, która coraz silniejszą się staje, a wreszcie nie będziemy w możności jej się oprzeć. Wypocząwszy nieco, robimy długi szereg możliwie głębokich wdechów i wydechów, poczym dopiero zatrzymujemy oddech, teraz przez dłuższą chwilę nie czujemy potrzeby oddychania — gdyż krew nasza jest na czas pewien dostatecznie utleniona. Stan taki nosi nazwę *apnoe*.

XI.

T r a w i e n i e.

Przedmioty potrzebne:

- 1) Kłajster z krochmalu, 2) włóknik, 3) białko gotowane z jajka kurzego, 4) oliwa, 5) woda wapienna lub barytowa, roztwór lakmusu, 7) kilka miseczek porcelanowych, szklaneczek, epruwetek i szkiełek zegarkowych, 8) eter, 9) bibuła i lejki do filtrowania, 10) papierek lakmu-

sowy, 11) kociołek dość duży z wodą ogrzaną, 12) ług sodowy lub potasowy, 13) 5⁰/₀—10⁰/₀-wy roztwór siarczanu miedzi, 14) świeży żołądek prosięcia, królika, lub cielęcia, 15) deseczka z miękkiego drzewa, 16) kwas solny dymiący lub 0,2⁰/₀-wy, 17) trzustka z wołu lub świni, 18) 0,2⁰/₀-wy roztwór sody, 19) alkoholowy roztwór tymolu, 20) płótno nieklejone.

Nim przystąpimy do badań właściwych nad trawieniem, musimy przygotować sobie w sposób odpowiedni te ciała, które trawieniu ulec mają. W tym celu bierzemy przede wszystkim trochę krochmalu, czyli mączki, którą w postaci proszku kupujemy w składzie aptecznym, rozcieramy w miseczce porcelanowej z wodą i zagotowujemy. Po wystudzeniu klajster do doświadczeń jest gotów.

Przy doświadczeniach z krwią otrzymaliśmy dość znaczną ilość włókniaka czyli fibryny, którą po starannym umyciu wodą przechowujemy w glicerynie. Przed zaczęciem doświadczeń nad trawieniem płuczemy starannie kawałek włókniaka w wodzie i używamy do badań. Wreszcie przygotowujemy oliwę obojętną (kupna zawiera zwykle kwasy tłuszczowe, które usunąć trzeba); w tym celu ogrzewamy ją i klóćimy z wodą barytową lub wapienną, a następnie tłuszcz zlewamy i używamy zaraz do doświadczeń.

Wreszcie przygotowujemy roztwór lakmusu; nieco proszku rozpuszczamy poprostu w wodzie, po 24-ch godzinach filtrujemy i, o ile barwa jest niebieska, zakwaszamy ostrożnie słabym kwasem, aż do otrzymania koloru fioletowego.

Ślina jest pierwszą wydzieliną, jaką pokarm spotyka na swej drodze przez organizm ludzki.

Chcąc zbadać jej własności, trzeba ją zebrać w znacznej ilości, co zrobić najlepiej w ten sposób, że usta otwarte dość szeroko trzymamy nad miseczką lub szklaneczką i ślina wprost do niej ścieka. Chcąc wydzielanie uczynić silniejszym, trzymamy przed zaczęciem doświadczenia usta otwarte nad naczyniem z eterem. Zbieranie śliny z pomocą spluwania jest daleko mniej praktyczne, gdyż tworzy się przytym dużo piany, którą trzeba odfiltrować przez filtr, w nim dobrze jest zrobić maleńki otworek w celu przyśpieszenia filtrowania.

Przedewszystkim przekonywamy się z pomocą papierka lakmusowego (kupić trzeba go w składzie chemikaljów), że ślina ma reakcję alkaliczną względem lakmusu, t. j. papierek czerwony staje się w niej niebieskim.

Teraz nieco śliny gotujemy—żadnej pozor nie zmiany niema. Następnie wykonywamy reakcję biuretową, która daje wynik dodatni— a więc ślina zawiera jakieś ciało białkowe, które nie ścina się pod wpływem wysokiej temperatury. Dodajemy teraz do śliny nieco słabego kwasu octowego, powstaje osad, który właśnie jest owym wykrytym przez reakcję biuretową ciałem proteinowym. Związek ten, zwany *mucyną*, nadaje właśnie ślinie jej charakterystyczną ciągliwość.

Bierzemy teraz trzy epruwetki, nalewamy do każdej z nich parę centymetrów sześciennych klajstru i krochmalu, poczym w jednej z nich rozcieńczamy klajster połową objętości

śliny, do drugiej epruwetki dolewamy śliny przygotowanej w takim samym stosunku ilościowym, do trzeciej wreszcie dodajemy wody. Wszystkie epruwetki wstawiamy na kilkanaście minut do naczynia z wodą ogrzaną do 40° C. Po upływie tego czasu wyjmujemy epruwetki i z każdej z nich odlewamy kilkanaście kropli do oddzielnych naczyń (można na szkiełka zegarkowe). Następnie do każdej takiej próbki dodajemy małą kropelkę jodiny; kłajster, zmieszany ze śliną gotowaną i z wodą, przyjmie pod wpływem jodu zabarwienie granatowe, które właśnie jest dla krochmalu charakterystyczne, kłajster zaś, poddany działaniu świeżej śliny, zabarwi się na ciemny, brunatno-czerwony kolor, albo też pozostanie zupełnie bezbarwnym. W tym ostatnim przeto razie krochmal znikł, a z niego powstały ciała inne, o własnościach odmiennych.

Jeżeli teraz do każdej epruwetki dodamy nieco ługu sodowego lub potasowego, oraz kilka kropli słabego roztworu siarczanu miedzi, a następnie zagotujemy, to tylko w epruwetce ze śliną niegotowaną zobaczymy czerwony osad miedzi.

Z chemji wiemy, że wiele *cukrów* wywołuje taką reakcję—rzeczywiście pod wpływem śliny z krochmalu powstał cukier. Widzimy jeszcze, że ślina przygotowana straciła zdolność wywoływania takiej przemiany; składnik śliny, który grał tutaj rolę, nosi nazwę *ptyaliny* lub *djalstazy* i należy do kategorii *fermentów rozpuszczalnych*, czyli *enzymów*.

Z kolei zajmiemy się enzymem, wydzielanym przez żołądek i noszącym nazwę *pepsyny*. W celu przygotowania tak zwanego sztucznego soku żołądkowego, bierzemy żołądek niedawno zabitego prosiaka, królika, lub też trawieniec cielęcia, rozcinamy podłużnie i ściankę zmywamy silnym prądem wody, nie wyciskając tkanki. Potym rozpinamy żołądek na deseczce, zostawiając ściankę wewnętrzną na powierzchni i oddzielamy błonę śluzową, albo też prosto grzbietem noża zeskrobujemy warstwę zewnętrzną, którą rozścieramy kwasem solnym 0,2^o/_o-ym i ciecz po pewnym czasie filtrujemy. Przesączu, zawierającego znaczne ilości pepsyny, używamy do doświadczeń, opisanych poniżej. Kwas solny 0,2^o/_o-wy przygotowujemy w ten sposób, że bierzemy 6 do 7 centymetrów sześciennych kwasu solnego dymiącego, sprzedawanego w handlu, i rozcieńczamy wodą do objętości jednego litra.

Przechodzimy teraz do doświadczenia właściwego: do epruwetki nalewamy parę cm.³ sztucznego soku żołądkowego, t. j. kwaśnego wyciągu z żołądka, wkładamy tam kawałek fibryny i umieszczamy wszystko w wodzie ciepłej, mającej około 37°. Po upływie krótkiego czasu widzimy, że brzegi kawałka fibryny stają się przezroczyste, a po godzinie lub dwóch cały kawałek rozpuszcza się, pozostawiając maleńki tylko osad.

Jeżeli sztuczny sok żołądkowy zagotujemy przed dodaniem doń fibryny, to nie ulegnie ona w następstwie żadnym zmianom, gdyż wysoka temperatura niszczy enzym trawiący białko,

zwany pepsyną. Zamiast fibryny można do tych doświadczeń użyć ściętego przez gotowanie białka jaja kurzego, tylko pamiętać trzeba, że rozpuszcza się ono w pepsynie znacznie wolniej.

Gdybyśmy zechcieli do soku żołądkowego dodać klajstru z krochmalu, a do śliny nieco białka, to nie zauważylibyśmy żadnych zmian, gdyż każdy enzym działa tylko na pewną grupę ciał.

Z kolei przejdziemy do trawienia trzustkowego; u rzeźnika kupujemy trzustkę świni lub wołu, oczyszczamy ją dokładnie z tłuszczu i rozcieramy w miseczce porcelanowej z 0,2^o/_o roztworem sody, do której dodajemy parę kropel alkoholowego roztworu tymolu, ażeby zapobiec gniciu. Po kilkunastu godzinach filtrujemy przez płótno, a następnie przez bibułę, przez którą ciecz przechodzi bardzo powoli.

Trzy epruwetki wypełniamy do połowy takim sztucznym sokiem trzustkowym; do jednej wkładamy kawałek fibryny, do drugiej dolewamy 1—2 cm.³ klajstru z krochmalu, a do trzeciej tyle lakmusu, żeby dokładnie widzieć zabarwienie niebieskie, i kilkanaście kropel oliwy, przygotowanej w sposób opisany powyżej. Wszystkie te trzy epruwetki wstawiamy do wody, mającej 37^o; zawartość ostatniej epruwetki od czasu do czasu silnie kłócimy.

Po pewnym czasie widzimy, że fibryna rozpada się na kawałki, a następnie się rozpuszcza; enzym zawarty w trzustce i rozpuszczający białko nosi nazwę *trypsyny*.

Epruwetkę zawierającą klajster, poddajemy badaniu takiemu samemu, jak to czyniliśmy

wyżej ze śliną; i również przekonywamy się, że pod wpływem soku trzustkowego krochmal zamienia się w cukier.

Wreszcie w epruwetce z oliwą widzimy, że barwa z niebieskiej staje się czerwoną, czyli reakcja alkaliczna staje się kwaśną. Zmiana ta zachodzi dzięki wytwarzaniu przez sok trzustkowy z tłuszczu obojętnego kwasów tłuszczowych. Widzimy więc, że trzustka działa na wszystkie kategorie pokarmów, t. j. na białko, tłuszcze, wodany węgiel.

Zagotowanie soku trzustkowego niszczy wszystkie zawarte w nim enzymy, podobnie jak to widzieliśmy w soku żołądkowym i w ślinie.

XIII.

Wydzieliny i wydaliny.

Przedmioty potrzebne:

1) Żółć, 2) papierki lakmusowe czerwone i niebieskie, 3) kwas octowy rozcieńczony wodą w stosunku 1:5, 4) kwas azotowy z domieszką azotynu sodowego lub kwas azotowy żółty, 5) mleko krowie, 6) filtry szklane i bibuła do filtrowania, 7) alkohol 96^o/_o-wy, 8) eter, 9) tynktura gwajakowa, 10) litr moczu, 11) miseczka porcelanowa do parowania, 12) kwas azotowy czysty, bezbarwny, 13) moczownik, 14) palnik gazowy lub lampka benzynowa, 15) epruwetki, 16) ług sodowy mocny, 17) ług sodowy rozcieńczony, 18) słaby roztwór siarczanu miedzi, 19) kwas solny dymiący, 20) amonjak, 21) pokrywka od tygielka.

Poprzednio już poznaliśmy niektóre wydzieliny organizmu, a mianowicie te, które odgrywają rolę w sprawach trawienia, teraz przejdziemy do pobieżnego choćby zapoznania się z innymi kategorjami cieczy, wytwarzanych przez organizm.

Przedewszystkim wymienię tu żółć, którą do wydaliny zaliczać musimy, jakkolwiek gra ona pewną rolę w sprawach trawienia. Po żółć trzeba posłać do rzeźni, ale radzę brać żółć nie wołową, która niektóre reakcje daje z trudnością. Otrzymawszy nieco żółci, zwracamy przedewszystkim uwagę na jej barwę, zapach, smak gorzki i badamy reakcję papierkiem lakmusowym. W tym celu przedewszystkim trzeba żółć znacznie rozcieńczyć wodą, gdyż w razie przeciwnym żółć zabarwi papierek na swój kolor i zamaskuje niebieszczenie papierka, dowodzące *alkaliczności żółci* względem lakmusa.

Gotujemy nieco żółci w epruwetce—osadu niema, a więc żółć nie zawiera białka rodzimego. Następnie 5 cm.³ żółci rozcieńczamy 10 cm.³ wody i dolewamy parę kropel kwasu octowego, rozcieńczonego w stosunku 1 części kwasu octowego lodowatego na 5 części wody; tworzy się kłaczkowaty osad *mucyny*, substancji, należącej do grupy ciał białkowych.

Bardzo piękną reakcję można wykonać z żółcią w sposób następujący: do epruwetki nalewamy parę cm.³ kwasu azotowego, do którego dobrze jest wrzucić poprzednio nieco azotynu sodowego (NaNO₂); nachyliwszy epruwetkę, nalewamy ostrożnie po ścianie żółci rozcieńczonej kilku objętościami wody, starając się nie

zmieszać cieczy. Na granicy kwasu azotowego i żółci zobaczymy szereg barwnych warstw, ułożonych, licząc od kwasu, w porządku następującym: żółta, czerwona, fioletowa, niebieska i zielona. To bardzo charakterystyczne zjawisko nosi nazwę reakcji Gmelina, powstaje ono dzięki obecności w żółci barwników żółciowych (bilirubiny i innych).

Mleko. Przedewszystkim przyjrzyjmy się kropli mleka przez mikroskop, a zobaczymy, że składa się ono z mnóstwa maleńkich kropelek wielkości przeciętnej 0,001 mm., zawieszonych w cieczy bezbarwnej. Przy gotowaniu mleko nie ścina się, lecz tylko na powierzchni powstaje błona, t. zw. kożuch.

Weźmy 20 cm.³ mleka krowiego, wlejmy do dużego cylindra z podziałką i nalejmy 380 cm.³ wody. Następnie ostrożnie po kropli dodawajmy słabego kwasu octowego aż do wytworzenia osadu kłaczkowatego. Następnie ciecz filtrujemy; osad pozostały na filtrze składa się z ciała natury białkowej, zwanego sernikiem, czyli kazeiną, oraz z tłuszczu. Chcąc rozdzielić te ciała, przenosimy je do miseczki porcelanowej, do której wlewamy kilka cm.³ alkoholu 96⁰/₀ i 30 cm.³ eteru, mieszając i rozcierając starannie osad. Następnie eter filtrujemy i pozwalamy ulotnić się, przyczym pozostawia on w naczyniu warstwę tłuszczu, wyekstrahowanego z sernika.

Do przesącza, otrzymanego po oddzieleniu sernika, dolewamy po kropli słabego roztworu ługu sodowego, dopóki próba na papierek lakmusowy nie wskaże nam, że ciecz jest bardzo

słabo kwaśna, to jest ledwie różowi niebieski papierek. Teraz taką zobojętnioną ciecz gotujemy i przekonywamy się, że powstaje osad jeszcze jednego rodzaju białka, zawartego w mleku, t. zw. albuminy. Z pomocą filtrowania oddzielamy białko, a do przesączu dolewamy trochę mocnego ługu sodowego i siarczanu miedzi, poczym znowu gotujemy i widzimy tworzenie się żółtego osadu tlenku miedziowego, co wykazuje obecność cukru w mleku.

Wreszcie wlewamy do epruwetki parę cm.³ mleka, dodajemy parę kropel t. zw. tynktury gwajakowej i silnie wstrząsamy epruwetką—powstaje zabarwienie niebieskie. Jeżeli doświadczenie to powtórzymy z mlekiem gotowanym, to zabarwienia tego nie będzie. Reakcja ta polega na utlenianiu tynktury gwajakowej przez działanie zawartego w mleku fermentu utleniającego, — ciała te są bardzo rozpowszechnione w świecie roślinnym i zwierzęcym. Weźmy np. kartofel, przetnijmy go i powierzchnię przekroju posmarujmy tynkturą gwajakową, a otrzymamy również zabarwienie niebieskie.

Mocz. Chcąc zobaczyć najważniejszy składnik moczu, to jest ciało, zwane *mocznikiem*, bierzemy kilkadziesiąt cm.³ moczu, i wyparuwujemy go na ogniu do $\frac{1}{10}$ objętości poprzedniej, ochładzamy, otaczając najlepiej śniegiem i dodajemy dwa razy tyle poprzednio również oziębionego czystego kwasu azotowego. Powstaje obfity osad soli mocznika z kwasem azotowym, czyli azotanu mocznika, trudno rozpuszczalnego w wodzie. Osad można zebrać na filtr i przyjrzeć mu się bliżej; ponieważ jednak

mocznik w ten sposób jest bardzo zanieczyszczony, a czyszczenie jest zajęciem dość kłopotliwym, radzę przeto do czynności następnej kupić sobie nieco mocznika czystego. Odrazu zobaczymy, że ten mocznik czysty ma właściwą sobie barwę białą, gdy tymczasem nasz osad był żółtawy, dzięki obecności barwników moczowych.

Wsympmy do suchej epruwetki nieco mocznika i ogrzewajmy ostrożnie w płomieniu lampki benzynowej lub palnika Bunsena; po chwili zacznie się mocznik topić i wydzielać amonjak, który łatwo poznać z zapachu. W epruwetce zostaje ciało białe, noszące nazwę biuretu. Po ochłodzeniu dodajemy ługu sodowego, kroplę bardzo słabego roztworu siarczanu miedzi, i otrzymujemy zabarwienie różowo-fioletowe (reakcja biuretowa białka!).

W celu poznania własności drugiego składnika moczu, t. j. kwasu moczowego, bierzemy pół litra moczu, dodajemy 25 cm.³ kwasu solnego dymiącego i zostawiamy wszystko na 24 godziny. Po upływie tego czasu widzimy na powierzchni cieczy i na ściankach naczynia kryształy kwasu moczowego. Poruszając naczynie, strącamy kwas moczowy na dno, główną ilość cieczy zlewamy, a resztę filtrujemy, osad zbieramy i suszymy. Potym na płytce porcelanowej (choćby na pokrywce od tygielka) umieszczamy nieco kwasu moczowego, puszczamy nań kroplę lub dwie kw. azotowego i ogrzewamy nad palnikiem aż do wyparowania kwasu, powstaje warstwa żółtawa, a potym lekka różowa. Jeżeli teraz dodamy kroplę amonjaku,

to otrzymamy zabarwienie purpurowe; jeżeli zamiast amonjaku użyjemy ługu sodowego,* to zabarwienie będzie fioletowe. Reakcja ta jest dla kwasu moczowego bardzo charakterystyczna.

XIV.

Z m y s ł y.

Przedmioty potrzebne:

1) Królik zupełnie biały, t. zw. albinos, 2) rurka oklejona czarnym papierem, 3) bilet wizytowy, 4) igła, 5) świeca, 6) papiery różnobarwne, 7) płytką z kloszem dość dużym, 8) baterja z 10 do 20 ogniw, 9) drut cienki izolowany, 10) klucz do prądu, 11) dwie gąbeczki, 12) nasycony roztwór soli, 13) cyrkiel.

Wiemy wszyscy, że oko pod względem fizycznym jest ciemnią optyczną, która rzuca zmniejszony i odwrócony obraz przedmiotów na tylną swą ściankę, t. j. w oku na siatkówkę. Chcąc obraz ten zobaczyć, bierzemy białego zupełnie królika, t. zw. albinosa, zabijamy go chloroformem i ostrożnie wyjmujemy gałkę oczną; wszystkie przylegające do niej części tkanki łącznej i mięśniowej usuwamy, starannie unikając uszkodzenia białkówki.

Następnie bierzemy rurkę szklaną takiej średnicy, żeby oko dokładnie do niej pasowało, oklejamy ją zewnątrz papierem czarnym i w jednym końcu umieszczamy oko rogówką na ze-

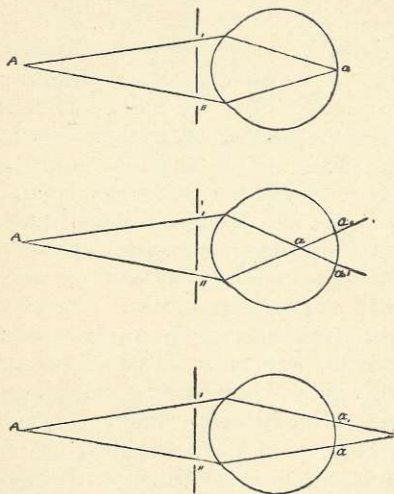
wewnątrz. Jeżeli teraz oko skierujemy przednią częścią ku oknu i będziemy patrzyli przez tylny koniec rurki na białkówkę, to zobaczymy na niej obraz okna zmniejszony i odwrócony.

W celu bliższego poznania zjawisk akomodacji urządzamy tak zwane doświadczenie Scheinera. Bierzymy zwykły bilet wizytowy, przekłuwamy szpilką w nim dwa otwory mniej więcej w odległości 1 mm. jeden od drugiego. Potym stawiamy bilet w ten sposób przed jednym okiem, żeby jednocześnie móc patrzeć przez oba otwory; za kartą umieszczamy drobny świecący przedmiot, np. koniec igły. Jeżeli teraz będziemy patrzyli na samo ostrze, to zobaczymy je bez zdwojenia. Jeżeli zaś spoglądać będziemy na jakibądź punkt umieszczony przed lub za ostrzem, to zobaczymy zamiast jednego dwa ostrza.

Na rys. 15 górna figura przedstawia pierwszy z wymienionych przypadków: jeżeli nastawiamy oko na punkt A , to obraz tego punktu pada na siatkówkę w punkcie a ; jeżeli zaś oko nastawiamy na przedmiot bliższy niż A (fig. środkowa lub dalszy fig. dolna), to wtedy punkt przecięcia promieni wychodzących z A wypada w miejscu a przed lub za siatkówką, a na siatkówce mamy dwa punkty oświetlone a i a , przestrzeń między niemi jest ciemna. Bez karty mielibyśmy na siatkówce całe duże jasne koło i nie widzielibyśmy konturów przedmiotu.

Na siatkówce oka mamy t. zw. miejsce ślepe, czyli niewrażliwe na światło, leży ono w tym miejscu, gdzie wchodzi nerw wzrokowy. Jeżeli,

zamknąwszy oko lewe, będziemy prawym spoglądali na krzyż (rys. 16), to, trzymając głowę



Rys. 15.

w odległości 25 cm. od papieru, nie zobaczymy czarnego krążka; przy podnoszeniu lub opu-



Rys. 16.

szczaniu albo podnoszeniu głowy krążek stanie się widocznym. W przypadku pierwszym obraz

jego przypadał właśnie na miejsce ślepe siatkówki.

Wiedząc już, że siatkówka jest właśnie tą czułą na światło częścią oka, musimy zadać sobie pytanie, która warstwa siatkówki jest właściwie czuła na światło. Doświadczenie, noszące nazwę Purkiniego, dowodzi jasno, że leżeć ona musi na zewnątrz od naczyń krwionośnych siatkówki, gdyż można widzieć cień tych ostatnich. Przedewszystkiem, otworzywszy rano oczy i skierowawszy je na jasny sufit, możemy na jedno mgnienie oka zobaczyć szereg linii, rozchodzących się z jednego miejsca, są to właśnie cienie naczyń siatkówki. Daleko jednak pewniejsza jest obserwacja następująca: w ciemnym pokoju wpatrujemy się w ciemną jakąś powierzchnię, a jednocześnie zapaloną świecę poruszamy w tę i ową stronę, trzymając ją nieco z boku i z dołu oka. Pole widzenia wydaje się nam różowym, a na nim widać znowu ciemne linje — cienie naczyń krwionośnych.

Chcąc wreszcie poznać pewne zjawiska kontrastu, wpatrujemy się w jakiś przedmiot barwny, np. w krążek barwnego papieru, i następnie przenosimy wzrok na białą płaszczyznę, gdzie zobaczymy wyraźny obraz przedmiotu, w który wpatrywaliśmy się uprzednio, tylko barwa jego będzie odmienna, a mianowicie dopełniająca do zwykłego światła dziennego.

Badając w ten sposób przedmioty różnobarwne, można otrzymać następujące pary: kolor czerwony wywołuje zielono-niebieski, poma-

rańczowy—niebieski, żółty—indygowo-niebieski, żółto-zielony—fioletowy i t. d.

Co się tyczy innych zmysłów, to możność wykonywania z nimi doświadczeń jest bardzo ograniczona; z pomiędzy nich wymienię tylko głównie dotyczących zmysłu równowagi i położenia w przestrzeni.

Jeżeli na płytce porcelanowej posadzimy żabę, nakryjemy ją kloszem szklanym i będziemy płytkę powoli obracali w jej płaszczyźnie, to żaba obracać się będzie w kierunku wprost przeciwnym i zachowywać będzie mniej więcej pierwotne swoje położenie względem ziemi.

Wreszcie wykonywamy doświadczenie następujące: do dwóch długich i cienkich drutów przymocujemy na końcu dwie małe gąbeczki, umoczone w roztworze soli kuchennej, przeciwległe końce drutów łączymy przez klucz z baterją od 10 do 20 ogniów zawierającą. Gąbeczki wkładamy jak najgłębiej do uszu królika i zaciskamy, czy zawiązujemy uszy tak, żeby gąbki nie mogły wypaść. W tych warunkach prąd płynie przez głowę królika; w chwili zamknięcia prądu zobaczymy, że zwierzę zaczyna się szybko obracać ku stronie połączonej z biegunem dodatnim baterji.

Toż samo doświadczenie można wykonać na człowieku, wtedy gąbeczki przyciskamy do wyrostków sutkowych (za uszami), w chwili zamknięcia prądu czujemy światło, pewien smak, palenie w skórze i zawrót głowy, pod którego wpływem schylamy głowę ku anodzie.

Do tych doświadczeń używamy prądu nie przechodzącego 20 ogniów cynkowo-węglowych.

Wreszcie z pomocą cyrkla przekonywamy się o tym, na jakiej odległości w różnych częściach ciała można rozróżnić dwa jednoczesne ukłucia, kiedy zaś zlewają się one w jedno. Ma się rozumieć, że te doświadczenia lepiej robić nie na sobie samym, a osoba badana powinna mieć oczy zamknięte.



SPIS RZECZY.

	Str.
Przedmowa	3
I. Własności mięśni i nerwów	5
II. Doświadczenia zawilsze i droższe, wymagające pewnych przyrządów	13
III. Skutki drażnienia mięśnia.	21
IV. Ruch amebowaty i jego odtwarzanie sztuczne.	30
V. Ruch rzęskowy	39
VI. Taktyzmy	42
VII. Czynności mózgu i rdzenia	47
VIII. Ciała białkowe.	53
IX. Własności krwi	60
X. Krażenie krwi.	67
XI. Oddychanie	73
XII. Trawienie	78
XIII. Wydzieliny i wydaliny.	84
XIV. Zmysły	89



PRYW. GIMNAZJUM ŻEŃSKIE ZRZESZ. N. Sz. Śr.

Deitsches Klassenheft.

Kaline Kaerüarek.

Schülerin II Klasse. A.

1938 r.



Polska Akademia Nauk
Biblioteka Instytutu im. M. Nenckiego

Sygnatura **2015930**

