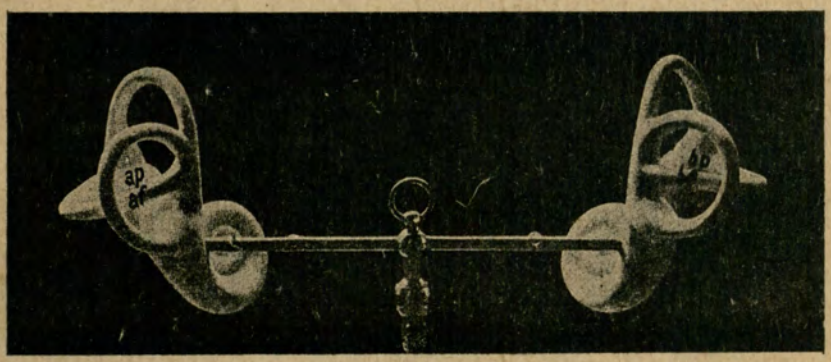
Dr. DYONIZY HELLIN
PROFESOR WOLNEJ WSZECHNICY POLSKIEJ.

UCHO

JAKO NARZĄD

RÓWNOWAGI I ORJENTACJI.



WARSZAWA
NAKŁADEM KSIĘGARNI K. WOJNARA i SKI

Dr. DYONIZY HELLIN
PROFESOR WOLNEJ WSZECHNICY POLSKIEJ.

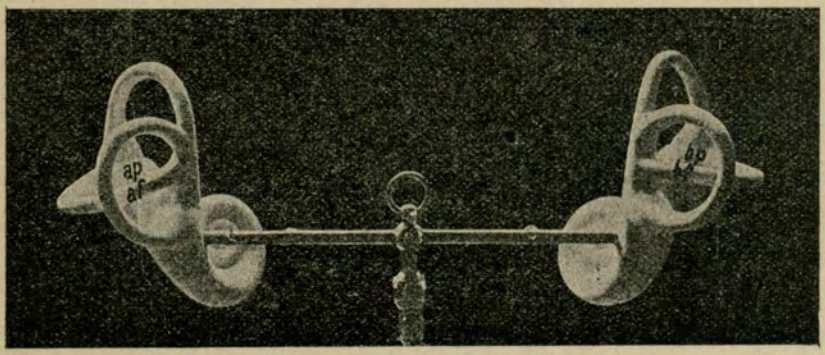
UCHO

JAKO NARZĄD
RÓWNOWAGI I ORJENTACJI.

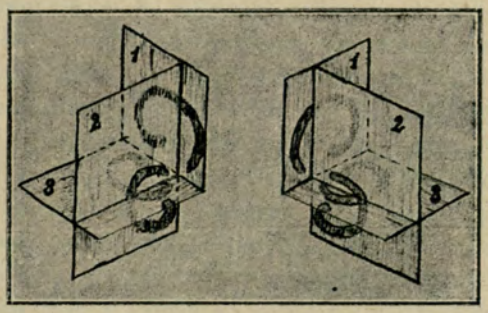
WARSZAWA
NAKŁADEM KSIĘGARNI K. WOJNARA I SKI

3 łuki półkoliste prawej i lewej strony.

I



II



WSTĘP.

Ogólnie rozpowszechnione jest mniemanie, że ucho jest zmysłem słuchu. Tak nie jest. Ucho jest przedewszystkiem narządem równowagi. Składa się ono z 2-ch części zasadniczych: ze ślimaka—narządu służącego do przejmowania wrażeń słuchowych i z narządu zwanego w otjatrji błędnikiem, służącego, jak to zaraz zobaczymy, do kierowania naszemi ruchami. Błędnik znowu składa się z 2-ch części— z przedsionka i z 3-ch łuków półkolistych (przewodów łukowych), napełnionych cieczą błędnikową wewnętrzną. Każdy z tych łuków położony jest w innej płaszczyźnie, mianowicie: jeden w płaszczyznie poziomej i dwa w płaszczyznie pionowej (jeden w czołowo—, drugi w strzałkowo—pionowej) t. j. w 3-ch płaszczyznach,[1]) reprezentujących wszystkie możliwe kierunki ruchów naszych. Do ślimaka doprowadza podniety nerw ślimakowy, do przedsionka i przewodów łukowych—nerw przedsionkowy. Dwa te nerwy łącznie nazywamy ogólnie nerwem słuchowym.[2])

Ucho jest bodaj najważniejszym ze wszystkich narządów zmysłowych, na co wskazuje umieszczenie jego w czaszce w takiem miejscu, które jest najlepiej zabezpieczone w porównaniu z innemi narządami zmysłowymi. Ta okoliczność, że błędnik osiągnął pełny swój rozwój już w najstarszych epokach geologicznych, kiedy nie istniały jeszcze zwierzęta czworo- i dwu nożne, dowodzi, że spełniać on musiał inne jeszcze czynności, nietylko czynności słuchowe, zamieniał on poniekąd także czynności wzrokowe.

Tak zw. narząd uszny ma u niższych zwierząt postać pęcherzyka, zw. oto — a właściwie statocystą, o dnie, wysłanym przez komórki nabłonkowe, na których umieszczone są włoski, znajdujące się w połączeniu z nerwami, dochodzącymi do mięśni. Na włoski te naciskają drobne ruchome kamyki, ziarnka piasku, zwane oto—, a właściwie statolitami, których waga

[1]) Por. rysunki.

[2]) U konia i owcy nerwy ślimakowy i przedsionkowy biegną prawie od początku oddzielnie jeden od drugiego.

u niektórych ryb i ziemnowodnych dosięga kilku gramów.[1]) Statolity składają się zwykle z węglanu wapnia (także i magnezu), wydzielanego przez wzmiankowane wyżej komórki statocyst. U niektórych zwierząt skład ich jest inny, np. u lasonoga (mysis) składają się one z fluorku wapnia. Statolity te, jako znacznie cięższe od otaczającej je w błędniku cieczy, muszą naciskać na włoski.[2]) To mechaniczne podrażnienie elementów czuciowych zostaje więc przeniesione na przyrząd ruchowy (mięśniowy). Ruchom statolitów przy zmianie położenia ciała naszego odpowiadają więc ruchy mięśni. Różnica zachodzi tu tylko co do dystansów, które w narządzie usznym są naturalnie mniejsze. Poruszane dzięki sile ciężkości, statolity dają znać stale o pochyleniu głowy względem pionu: przy zmianie pozycji ciała t. j. przy każdem pochyleniu względem jego normalnego położenia pionowego, naciskają kamyki te na inne, niż normalnie, włoski, wywołując przez to podrażnienie innych mięśni. Każdej pozycji głowy w przestrzeni odpowiada pewna kombinacja podrażnienia statolitowego. Przy t. zw. szyi skośnej położenie błędnika jest inne niż normalnie, co pociąga za sobą pewne zmiany w orjentacji.

Ważne znaczenie tej części narządu usznego, która służy do kierowania ruchami, t. j. błędnika, widoczne jest z tego, że rozwija sie ona, zarówno filo — jak i ontogenetycznie, wcześniej, aniżeli części służące do wrażeń słuchowych. Wogóle jednak narząd słuchu rozwija się najpóźniej ze wszystkich zmysłów. Błędnik jest też więcej odporny na urazy, np. trudniej ulega zatruciu, niż (łatwo uraźny) nerw ślimakowy. Niższe zwierzęta nie posiadają nerwu ślimakowego, jak niema go jeszcze we wczesnych okresach rozwoju zarodkowego wyższych zwierząt. Niższe zwierzęta nie mają zatem zmysłu słuchu, posiadają one tylko nerw przedsionkowy, będący u nich jedynym przedstawicielem n. słuchowego. Najniższemi zwierzętami, posiadającemi ten nerw przedsionkowy, są meduzy i grzebienice (ctenophora) (Kafka). Odpowiednio do celów narządów równowagi, statocyst nie posiadają zwierzęta osiadłe, tylko swobodnie żyjące. To też meduzy posiadają statocysty, a polipy, korale i gąbki ich nie mają. U tych osiadłych zwierząt, które w młodości swej należały do zwierząt swobodnie się poruszających,

---

[1]) Statolity są filogenetycznie starsze niż kanały półkoliste. Niższe zwierzęta nie posiadają jeszcze kanałów półkolistych. Posuwając się od niższych zwierząt ku wyższym spostrzegamy, że statolity się zmniejszają, a kanały półkoliste różniczkują się coraz bardziej. Ryby mają trzy duże, gady i ptaki trzy mniejsze statolity w każdym błędniku, człowiek — dwa małe złogi wapienne, ledwo dostrzegalne gołem okiem.

[2]) Są jednak zwierzęta, u których podrażnienie włosków następuje przez ciała lżejsze niż otaczająca ciecz, mianowicie przez pęcherzyk powietrza. Tak sprawa ma się u wszy wodnej (Nepa, Ranatra). Gdy tarcza ranatry stoi pionowo w wodzie, powietrze w pęcherzyku dolnym zostaje silniej ściśnięte, niż w górnym, skutkiem czego włoski zostają zgięte ku wewnątrz. Każdej pozycji w wodzie odpowiada pewne położenie włosków.

następuje, z chwilą przeobrażenia się w postać osiadłą, przemiana wsteczna statocyst. Według Muskensa posiadają jednak niektóre, nawet na podłożu stałem spoczywające zwierzęta, statocysty, służące do celów orjentacji.

Wiadomości o tem, że błędnik jest narządem, kierującym ruchami naszemi, nie są zbyt dawnej daty, bo dopiero około r. 1797 Hunter zwrócił uwagę na ruchy oczu przy ruchach głowy, a około 1824 r. Flourens wykazał, że po zranieniu łuków półkolistych następują ruchy mimowolne przedewszystkiem głowy i gałek ocznych, znane p. n. oczopląsu (drżenie gałek ocznych (*nystagmus*). Około tego czasu Purkynje zwrócił uwagę na zawroty i oczopląs, zjawiające się przy podrażnieniu błędników. Takie podrażnienie może nastąpić wskutek urazu, obracania dokoła osi ciała, działania na błędnik wody o ciepłocie odmiennej od ciepłoty ciała lub drogą galwanizacji. Po zniszczeniu jednego błędnika zjawia się wykrzywienie głowy, połączone z mimowolnemi ruchami jej; po dwustronnem zniszczeniu zjawia się wiotkość i zanik muskulatury ciała, chód niepewny, głos i żucie są utrudnione.

Układ nerwowy ośrodkowy nie jest w stanie osiągnąć z niezbędną szybkością należyte napięcie mięśni (np. przy poślizgnięciu się). Regulowanie normalne ruchów ciała naszego następuje za pomocą błędników drogą odruchu, t. j. automatycznie, niezależnie od naszej woli. I dobrze że tak jest, bo inaczej zbyt długo by trwało, nim byśmy te ruchy, ochraniające nas od upadku, wykonali. Błędnik tem się więc różni od innych zmysłów, że jest niezależny od naszej woli i nie dochodzi do naszej świadomości. Jest to zmysł stojący na stosunkowo niższym szczeblu, pracujący tylko maszynowo, a zatem niezbędny w życiu organizmu. U człowieka i u wyższych ssaków błędnik nie jest niezbędny, im wyższe jest zwierzę w rzędzie ssaków, tem mniej uderzająca jest utrata udziału błędnika w napięciu mięśni, każdy bowiem zmysł zostaje do pewnego stopnia wyszkolony przez inne zmysły, np. żelazo czerwone uważamy za gorące i t. d. Że orjentacja w przestrzeni nie jest wyłącznie zależną bądź od oka bądź od ucha, widzimy z tego, że ludzie bez narządów błędnikowych posiadają jednak dostatecznie prawidłowe pole widzenia; z drugiej zaś strony z zachowania się ślepych widać, że wprawny ociemniały porusza się w znanych mu pomieszczeniach, a nawet na ulicach znanego mu miasta, prawie z taką pewnością siebie jak człowiek normalny.

Błędnik jest narządem pokrewnym zmysłowi *dotyku*. Embrjologicznie powstaje on z narządu dotyku. Pokrewieństwo to znajduje swój wyraz w tem, że wyrównanie szkody, wywołanej przez usunięcie błędnika, następuje po pewnym czasie dzięki zmysłowi dotyku, a także w tem, że przy zaburzeniach błędnika zjawiają się złudzenia nietylko co do kierunku siły ciężkości i słuchowe (także wzrokowe), lecz również i złudzenia dotykowe (por. rozdz. VII). Wpływ błędnika na napięcie mięśni odgrywa w tem ważną rolę. Stosunek narządu usznego do zmysłu dotyku jest dziedzicznością z owych czasów,

gdy dotykanie się, poruszanie, chwytanie i połykanie stanowiły jedną całość. Skłonność do szybkich ruchów pod wpływem strachu należy do tej samej kategorji zjawisk. Wspólne pochodzenie błędnika i zmysłu dotyku widoczne jest także z tego, że zwierzę, pozbawione skóry na kończynach, nie jest w stanie utrzymać równowagę, gdyż prawidłowa ocena postawy i ruchu kończyn staje się wtedy niemożliwą. To też Goltz zalicza do organów równowagi także i skórę. Na to wspólne pochodzenie wskazuje również i sprawa linienia niektórych niższych zwierząt (raków): zmieniają one przytem nietylko skórę, lecz i statolity. A czemże jest ucisk na nerwy jak nie dotykiem? Na to wspólne pochodzenie wskazuje wreszcie i ta okoliczność, że zaburzenia o charakterze błędnikowym, jak drżenie gałek ocznych i objaw omijania celu, zjawiają się wskutek działania odmiennej od ciała temperatury nietylko na błędnik, lecz i na skórę.

---

1. Błędnik w stosunku do muzyki, tańca, temperamentu, zgrabności i ruchów ciała zwierzęcego.

Zależność ruchów naszych od wrażeń słuchowych znaną jest nam wszystkim. Któż bowiem z nas nie doznawał i nie spostrzegał na samym sobie wzmożonej ruchliwości pod wpływem podrażnienia zmysłu słuchowego? Na sali balowej muzyka uskrzydla tancerzy, orkiestra wojskowa ożywia znużone wojsko, dodaje zapału i męstwa. Natomiast melodja smętna hamuje ruchliwość naszą, paraliżuje energję. Cała nasza istota wewnętrzna ulega wogóle w znacznym stopniu władzy tonów. Rytmiczne ruchy dźwiękowe wywołują rytmiczne ruchy naszego ciała (taniec, marszerowanie). To też gdy dwie orkiestry grają dwie rozmaite melodje w rozmaitym tempie, chód nasz staje się chwiejnym i trudno bardzo utrzymać przytem kierunek prosty przy chodzeniu. A gdy w operetce orkiestra gra walca melodyjnege, publiczność, jak każdy z nas zauważył, akompanjuje *muzyce* ruchami głowy, tułowia, rąk i nóg. I jeśli przyjrzymy się temu dokładniej, to spostrzeżemy, że impuls i kierunek tych ruchów mimowolnych jest prawie u wszystkich jednakowy, a to dlatego, że melodja, odpowiednio do jej biegu i akcentów, wywołuje impuls pewnych ruchów ciała i ich wyobrażenie: przy melodji, idącej ku skali górnej, zjawia się dążność do podnoszenia głowy, klatki piersiowej, rąk i nóg, przy melodji zaś płynącej wdół — dążność do opuszczania kończyn i głowy i do wydechu. Również i kierunek ruchu wprawo lub wlewo zwykle jest przytem jednakowy u wszystkich widzów. Z tego należałoby wnioskować, że, odpowiewiednio do melodji, podrażniona zostaje ta lub inna część błędnika, bądź ta, która kieruje ruchami poziomemi, bądź te, które kierują ruchami pionowemi bądź też części działające w innych kierunkach. *Taniec* jest bodaj najjaskrawszą postacią tego zjawiska. Istotnie pierwsi tancerze, wykonywując tańce, przygrywali i przyśpiewywali sobie sami, wtedy trzy te czynności stanowiły jedną nierozłączną całość, i dopiero z biegiem czasu, zgodnie z zasadą różniczkowania, podzieliły się te trzy role pomiędzy

trzech oddzielnych wykonawców. Następuje rozdział między muzyką a poezją. Poeta i muzyk stają się oddzielnemi osobami.

Taniec à la Isadora Duncan należy również do tej kategorji wyrażania uczuć za pomocą ruchów ciała. A ponieważ taniec u ludów pierwotnych połączony jest z *kultem religijnym*, więc i pod tym względem błędnik odgrywa pewną rolę. Dopiero chrześcjaństwo zniosło taniec jako kult religijny.

W pierwszych stadjach rozwoju muzyki główną rolę gra *rytm*, melodja i harmonja powstają później. Bo też najpiękniejsza melodja o najwspanialszej harmonji ginie przy braku rytmu. Słusznie twierdził Hans Bülow, że „na początku był rytm". Metoda Dalcroze'a jest właśnie wyrazem rytmu, główną osnową jej jest przedewszystkiem czas, a dopiero w drugim rzędzie przestrzeń, w przeciwieństwie do dotyczasowego systemu gimnastyki. Nawet idjoci posiadają dobrze rozwinięte poczucie rytmu, to też w Anglji i w Ameryce gimnastyka dla tych upośledzonych odbywa się przy akompanjamencie muzyki. Metoda ta może służyć, jako wstęp, jako wrota do rozwoju drogą pedagogiczną ich psychiki, do wywołania u nich zdolności do skupienia myśli.

Odrębność rytmu u każdego narodu, uwydatniająca się w akcentach mowy, w pieśniach i tańcach narodowych, jest wyrazem różnicy w odczuwaniu wrażeń. Każdy naród odczuwa inaczej i wyraża to uczucie w innym rytmie. Tą drogą można do pewnego stopnia wejrzeć w życie duchowe danego narodu. Rytm zaś zależny jest od błędnika. Bo co to jest rytm, co taniec, co wiersze? Jest to nic innego jak kolejna zmiana silnych i słabych skurczów mięśni, a skurcze te zależne są, jak wiadomo, od czynności błędnika. Tak samo i akcenty mowy nie są niczem innem, niż większem lub mniejszem napięciem mięśni krtaniowych. Więcej lub mniej jaskrawe ruchy rąk towarzyszą też mowie, szczególnie przy afektach.

Te same dźwięki rytmiczne widzimy nietylko u ptaków, t. zw. śpiewających, lecz i w pianiu koguta, gęganiu gęsi, krakaniu wrony, beczeniu barana, ryku krowy, szczekaniu psa, rżeniu konia, strzykaniu konika polnego, świergocie świerszcza i t. d. Tu też należy znana dążność dzieci do powtarzania słów i t. p. To powtarzanie rytmiczne jest zaczątkiem form kompozycji muzycznej, bierze zaś swój początek w momentach fizjologicznych jako to: oddech, tętno i t. p.

Wykonywanie ruchów ciała, gdy gra muzyka, jest zresztą objawem właściwym nietylko ludziom, lecz i *zwierzętom*: koń, gdy słyszy orkiestrę wojskową, wywija nogą, a pies, gdy gra katarynka, wykonywa ruchy głową i wyje.

Widzimy tu zatem związek pomiędzy wrażeniami słuchu, *muzyką*, a ruchami naszego ciała. Ten związek stanie się dla nas zrozumiałym, gdy przypomnimy sobie, że nerw słuchowy składa się właściwie z dwóch części — z nerwu ślimakowego i z nerwu przedsionkowego. To wyjaśnia

nam, dlaczego między błędnikiem a ślimakiem, dwoma leżącymi tuż obok siebie nerwami, między aparatem akustycznym a statycznym, między słuchem a napięciem mięśni istnieje bliższe pokrewieństwo, aniżeli na pierwszy rzut oka przypuszczać by to można było. Zresztą, według niektórych fizjologów, błędnik otrzymuje również wrażenia słuchowe.

Nie tylko w muzyce wyraża się wpływ błędnika na ruchy nasze. Najrozmaitsze kategorje ruchów zależne są od błędnika. Chyży *skok lwa, konia, kota* — są to czynności, zależne od sprawnego działania błędnika. Jeśli zwierzę przy skoku pada bez szkody na ziemię, to zawdzięcza to błędnikowi, bo w razie braku błędników, rzucone pada na ziemię jak martwy przedmiot, jak zwykły ciężar.

Wszystkie te ruchy, pozostające pod wpływem błędnika, są tem żywsze, im *młodszym* jest osobnik. Z biegiem czasu sprawność błędnika, jak i sprawność oczu, zmniejsza się, znika zgrabność, znika żywość i wiotkość ruchów. Pojęcie *zgrabności* jest zatem związane z czynnością błędnika. Stąd i *temperament* jest do pewnego stopnia zależny od błędnika. Wszystkie zależności te występują naturalnie dopiero z chwilą, gdy błędnik osiągnie dostateczny stopień rozwoju. To też u *noworodków*, u których, jak wiadomo, narząd słuchu wogóle nie jest jeszcze należycie rozwinięty, najsilniejsze nawet dysonanse nie wywołują żadnych wrażeń, jak również i *kołysanie* (podrażnienie błędników) nie pociąga u nich za sobą żadnych złych skutków, podczas gdy dorosły łatwo przytem doznaje nudności a nawet wymiotów. Dzieci do lat dwuch nie ulegają też *chorobie morskiej*. Z tego też powodu u noworodków, w pierwszych sześciu dniach po urodzeniu, ruchy gałek ocznych, które również są zależne od błędników, są w najwyższym stopniu asymetryczne, tak jak i ruchy rąk. Małe dzieci nie fiksują zatem przedmiotów, poruszając oczyma dokoła bez celu. Dowodzi to jednocześnie, że, wbrew teorji Heringa, niema wrodzonej symetrji skurczu mięśni ocznych (p. str. 13, Nr. 1).

Nietylko taniec i skakanie, nawet i *chód* zależny jest od błędnika. Przy chodzeniu musimy co chwila zmieniać położenie głowy pod kątem, zależnym od pozycji nóg w stosunku do kierunku siły ciężkości. Każde nowe położenie głowy zmienia stosunek do pierwotnego położenia pionowego t. j. do nóg. Każdej pozycji głowy odpowiada harmonijne położenie członków. Natomiast ślepy, idący przez ulicę, sprawia wrażenie odrętwiałego: nie posiadając kontroli wzroku, instynktywnie nie porusza on głową, gdyż najlżejsze przekręcenie głowy wywołałoby zboczenie z kierunku drogi. W przypadkach zaburzeń błędnika chód staje się niepewnym. Spójrzmy na głuchoniemych, gdy chodzą: chód ich jest ociężały, rozstawiają oni nogi szeroko, kołysząc się z jednej strony na drugą. Karbowski przytacza przypadek, gdzie żołnierz został ukarany za to, że raportował, trzymając nogi rozstawione; przy badaniu lekarskiem okazało się później, że był on dotknięty cierpieniem błędnika. Także t. zw. *myszy tańcujące*, których błęd-

nik też jest nienormalny, mają chód szeroki, podobny do chodu głuchoniemych ludzi.

Wpływ błędnika na chód widzimy również u zwierząt. *Ptaki* np. gdy chodzą, wykonywują ruch pionowy głową. Któż z nas nie spostrzegał tego, a jednak jak mało kto zastanawiał się nad przyczyną tego zjawiska! Jest to zwykły nasz stosunek do zjawisk, otaczających nas stale, że nie zastanawiamy się głębiej nad ich przyczyną. Ruchy te tłumaczono koniecznością utrzymania równowagi przy zmianie pozycji ciała, nie orjentowano się tylko, że to utrzymanie równowagi jest czynnością, zależną od błędnika*). Tak samo *koń* wykonywa przy chodzeniu ruchy głową, a i my, chodząc, wymachujemy rękami, by utrzymać równowagę. Do tej samej kategorji zjawisk należy kołysanie się niedźwiedzi i kaczek przy chodzeniu. U jaszczurki głowa przechyla się, przy chodzeniu wbok, w stronę przeciwną do ruchu przednich kończyn. Te ruchy głowy służą tak samo do utrzymania równowagi przy chodzeniu, jak ruchy rąk w tańcu. Spróbujmy tańczyć bez poruszania rękami, a zobaczymy, ile wysiłku to wymaga, bo trudno wtedy utrzymać równowagę. Jeśli chcemy wstać z krzesła, opuszczamy instynktownie głowę; z głową odchyloną wtył, z trudem tylko, przy znacznym wysiłku mięśni, podnieść się możemy (wpływ kanałów pionowych przednich). Dowodem zależności tych ruchów głowy od błędnika jest następujące doświadczenie: gdy, trzymając gołębia w ręku, obrócimy się na obcasie, zjawiają się u niego ruchy głowy—tu naturalnie w płaszczyźnie poziomej, bośmy podrażnili poziomy kanał półkolisty; podrażnienie innych łuków półkolistych wywołuje ruchy w innych kierunkach. Po zniszczeniu błędnika niema tych ruchów głowy.

Wpływ błędnika rozpowszechnia się na stronę uczuciową. Przy wszelkich bowiem *emocjach* wykonywamy ruchy, a te zależne są od błędnika. A więc *śmiech*, *płacz*, *gniew* i t. p. wyrażenia stanu psychicznego nie mogłyby istnieć bez błędnika. A że wszystkie te emocje połączone są ze zmianami w krwiobiegu, jasną więc jest rzeczą, że i *krwiobieg* wchodzi w sferę wpływów błędnika.

II. Pływanie zwierząt bezkręgowych i kręgowców. Pływanie człowieka. Fruwanie. Orjentacja gołębi pocztowych.

Pływanie również zależne jest od błędnika. Nauczenie się sztuki pływania jest tylko nauczeniem się utrzymania niezwykłego położenia równowagi, utrzymania się na powierzchni wody drogą ciągłej zmiany ośrodka ciężkości przy każdem poruszeniu się w wodzie. Ta równowaga zostaje

*) Właściwie ruch ten składa się z posunięcia szybkiego głowy naprzód i cofnięcia jej bardziej powolnego wtył. Przez wyciągnięcie ku przodowi głowy i szyi zostaje ułatwione wysuwanie naprzód tułowia, dlatego też każdemu krokowi ptaka towarzyszy kiwanie głową. Jeśli usunąć błędnik, to głowa kiwa się wtedy bądź w tę bądź w drugą stronę, bez zachowania jakiegokolwiek rytmu.

utrzymana głównie dzięki kończynom górnym, one też odgrywają dużą rolę przy utrzymaniu równowagi *uczącego się pełzać dziecka.*

Zależność pływania od narządów statycznych ucha widzimy nietylko u wyższych, lecz i u niższych zwierząt. Larwa *ostrygi*, dopóki nie posiada jeszcze statocyst, a także virbius-dziesięcionoga, która wogóle, nawet w stadjum dojrzałem, nie posiada statocyst, są też kiepskiemi pływakami. Z mięczaków posiadają wręgonogi (heteropoda) i głowonogi (cephalopoda), jako najlepsi pływacy, najsubtelniej zbudowane narządy statyczne (Kafka). Jeżeli *ryby* pływają na brzuchu, dzieje się to nie na podstawie praw fizykalnych, gdyż w takim razie mogłyby one pływać i na plecach (na wznak), jak tego dowodzi pływanie ryb po śmierci, lecz dzięki prawom fizjologicznym t. j. w zależności od błędnika. Położenia na plecach po śmierci wymaga siła ciężkości, mięśnie przeciwdziałające jej nie są już wtedy czynne. To też jeśli usunąć statolity albo statocysty, to ryby i za życia pływają na wznak. Wogóle wszystkie zwierzęta poruszające się znajdują się w równowadze chwiejnej, to też muszą one zapomocą siły mięśni, kierowanych przez błędnik, utrzymywać swe położenie w przestrzeni. Dlatego też wiele zwierząt po śmierci, gdy odpadają błędniki jako czynniki fizjologiczne i czynne są tylko siły fizykalne, nabywa innego położenia, aniżeli to, jakie posiadali za życia.

U *ryb kostnych* regulacja zarówno ruchu wdół (rozszerzenie się pęcherza pławnego, połączone z wchłanianiem tlenu w pęcherzu), jak i ruch ku górze (skurcz pęcherza wraz ze wzmożonem wydzielaniem tlenu), jest czynnością zależną w pierwszej linji od błędnika. Pęcherz pławny u ryb jest zależny od błędnika, który zostaje powiadomiony o większem lub mniejszem napełnieniu pęcherza, odgrywa więc do pewnego stopnia rolę manometru.

Ciekawem jest zachowanie się *konika morskiego* po zniszczeniu błędnika. Normalnie zwierzątko to, zarówno przy podnoszeniu się jak i opuszczaniu się w wodzie, porusza się stale w kierunku pionowym. Po śmierci lub po zniszczeniu błędnika zjawia się wprawdzie obracanie się około osi podłużnej (przy zniszczczeniu lewego błędnika — w kierunku zlewa wprawo, przy zniszczeniu prawego błędnika—w kierunku odwrotnym), ale zawsze przytem konik zachowuje pozycję pionową, tylko wtedy oddzielne części ciała zmieniają swe wzajemne położenie — głowa i ogon zostają odchylone w stronę operowaną. Ta pozycja pionowa zależna jest od pęcherza pławnego, łatwo bowiem możemy zmienić ją zarówno u żywego jak i u martwego zwierzątka, wstrzykując strzykawką Prawaza trochę wody do pęcherza. Wtedy można zwierzątko położyć poziomo na dnie akwarjum. Jeśli martwemu konikowi, leżącemu tym sposobem w pozycji poziomej, wpuścimy natomiast powietrze do pęcherza lub do jamy brzusznej, to staje on znowu pionowo w wodzie. Mamy tu do czynienia z tym samym zjawiskiem, co u szerokopławnych (siphonophora), gdzie pneumatofor nadaje czysto mechanicznie kierunek pionowy.

Przy pływaniu *węży* w wodzie, głowa pozostaje stale w linji prostej, w kierunku lokomocji, z pierwszymi kręgami i nie bierze udziału w ruchach pozostałych części ciała. Po usunięciu obydwóch błędników porusza się głowa stale to w jedną to w drugą stronę, wykonując współrzędnie wszystkie ruchy faliste, obroty i zakręty tułowia (Kafka).

Jeśli zniszczyć u *jaszczurki* oba błędniki, usuwając tym sposobem wszystkie odruchy, zależne od narządu usznego, to nie zostaje ona przy zwykłem poruszaniu się na ziemi w ruchach swych upośledzoną. W wodzie jednak, gdzie niema podrażnień dotykowych wskutek braku podłoża twardego, dezorjentuje się ona zupełnie, pływa na plecach i przewala się z jednej strony na drugą. Tak samo i u człowieka zaburzenia błędnikowe występują szczególnie jaskrawo dopiero przy ruchach, wymagających pewnej *precyzji*. Nie widać tych zaburzeń np. przy zwykłem chodzeniu, ujawniają się one dopiero przy chodzeniu wtył, staniu na jednej nodze, na płaszczyźnie pochyłej i tam gdzie chodzi o szybkie przesunięcie równowagi, jak np. przy skakaniu, przy schodzeniu ze schodów i t. d. Wogóle zaburzenia statyczne możemy wykryć przedewszystkiem w postawie stojącej, gdy ciało, po za wykonywanemi ruchami, musi samo utrzymać swą równowagę przez czynne napięcie mięśni. Człowiek z chorym błędnikiem może stać przy zamkniętych oczach w zwykłej pozycji, nie może jednak utrzymać równowagi, stojąc na jednej nodze lub w pozycji linoskokowej. U głuchoniemych ze zniszczonym zupełnie błędnikiem dotyk i zmysł mięśniowy wystarczają jeszcze zupełnie do orjentacji przy oczach zamkniętych w warunkach zwykłych, to też posiadają oni przytem jeszcze dostateczną orjentację przy ocenie położenia poziomego, natomiast przy szybkich zwrotach lub przy przechodzeniu przez przeszkody muszą oni już walczyć o utrzymanie równowagi, wahają się silnie i łatwo padają. Przy zajęciach takich, jak pokrywanie dachów, malowanie gmachów, mularstwo, procent nieszczęśliwych wypadków wskutek upadku jest u nich daleko większy niż u ludzi normalnych. Również u *ptaków* zaburzenia błędnikowe ujawniają się przedewszystkiem w mięśniach, pracujących z największą precyzją, a zatem, w porządku kolejnym, najsamprzód idą mięśnie oczne, potem mięśnie szyi. mięśnie skrzydeł i wreszcie mięśnie nóg.

Zanik błędnika u człowieka pociągnąć może fatalne skutki przy pływaniu. Gdy bowiem głuchoniemy, mający błędnik w stanie zaniku, dostanie się pod wodę, bądź mimowoli, bądź dając nurka, to tonie on, bo traci zdolnosć orjentowania się, nie wie, gdzie powierzchnia wody, a gdzie dno rzeki, gdzie góra, a gdzie dół, traci poczucie linji pionowej t. j. kierunku siły ciężkości (albowiem odróżnianie w wodzie góry od dołu nie jest niczem innem, jak poczuciem siły ciężkości), wskutek tego, że drugi narząd orjentacji, t. j. oczy, są wtedy zamknięte. Temperatura wody nie gra w danym przypadku roli. Człowiek *normalny* w wodzie niezbyt zimnej nie podlega temu niebezpieczeństwu, bo choć ma oczy zamknięte, błędnik

jego działa normalnie, jest więc czynny przynajmniej jeden z narządów kontroli w orjentowaniu się. Natomiast niejeden dobry pływak — nie głuchoniemy — utonął wskutek przedostania się *zimnej* wody do ucha. Wskutek bowiem działania zimna na błędnik następuje zaburzenie czynności jego, ruchy następują wtedy w innym, niż zamierzony, kierunku. Są to t. zw. ruchy omijania te same ruchy nieodpowiednie, jakie widzimy w objawie Bárány'ego, gdy nie możemy po kaloryzacji ucha trafić palcem w dany przedmiot, te same wreszcie ruchy nieodpowiednie, jakie widzimy u *pijanego*, którego błędnik znajduje się również w stanie zaburzenia, wprawdzie nie dzięki wpływom mechaniczno-fizycznym, lecz, wskutek zmian chemicznych, a co za tem idzie — zmian w krwiobiegu (p. № 2 str. 1002). Pływak zostaje wtedy zdezorjentowany zupełnie co do położenia swego ciała; przytem oczopląs, powstający przez działanie zimnej wody na błędnik, nie pozwala mu zorjentować się za pomocą oczu, a zawrót głowy jeszcze bardziej pogarsza położenie.

Głuchoniemy ze zniszczonym błędnikiem ma tu nawet pewną wyższość nad zdrowym, bo, o ile nie ma zamkniętych oczu, przedostanie się zimnej wody do ucha nie wywołuje u niego ani zawrotu głowy, ani zaburzenia równowagi. A zatem głuchoniemy tonie tylko wtedy, gdy się znajdzie *pod wodą*, normalny zaś człowiek nawet podczas pływania *na wodzie* w razie gdy woda zimna dostanie mu się do ucha. Głuchoniemy tonie wskutek wyłączenia czynności oczu, normalny człowiek wskutek zaburzenia czynności ucha.

„Być może działaniu zimnej wody na błędnik przypisać należy zwyczaj obcinania uszu kotom, by się do ptaków nie skradały: rosa bowiem, dostając się wtedy łatwo do błony bębenkowej, drażni błędnik, czyniąc przez to ruchy tych zwierząt nieodpowiedniemi" (Szwarc).

Również *fruwanie* zależne jest od błędnika. To też te ptaki, które lepiej fruwają, jak mewa, sokół, jaskółka mają najlepiej rozwinięty nerw przedsionkowy, podczas gdy kury stoją najniżej pod tym względem. Również u strusia nerw ten jest nadzwyczaj słabo rozwinięty. Bo też podczas lotu ptaków wymagania względem narządu statycznego są bardzo wysokie. Po zniszczeniu błędnika ptaki nie mogą fruwać. Najelegantsi lotnicy i pływacy mają błędnik nadzwyczaj dobrze funkcjonujący.

Być może na czynności błędnika polega *orjentacja* u ptaków, w tem u *gołębi pocztowych*. Nawet u *much* lot traci wszelki kierunek określony po ucięciu narządów statycznych w przezmiankach. Jednak okoliczność, że gołębie, nawet uśpione środkiem nasennym, ułożone w koszu, wracały do dawnego miejsca, zdaje się przemawiać przeciw temu poglądowi. Być może, że węch odgrywa tu ważną rolę. Ponieważ przy zatkaniu zewnętrznego przewodu słuchowego nietoperze fruwają gorzej i niezręczniej niż

zwykle, być więc może, że orjentowanie się przy fruwaniu zależy nietylko od ucha wewnętrznego, lecz także od przewodu słuchowego zewnętrznego t. j. od warunków tarcia powietrza. Już w XVIII wieku Spallanzani postawił na porządek dzienny sprawę istnienia szóstego zmysłu dla orjentacji u nietoperzy. Oświetlenie odgrywa też pewną rolę, bo ptaki wędrowne odbywają podróże swe za dnia lub co najmniej w jasne noce księżycowe.

Jednem słowem, wszystkie sporty — pływanie, taniec, jak później zobaczymy i polowanie, jazda na bicyklu, w samolocie, żonglerstwo, zachowanie równowagi u linoskoka, a także chód, stanie, fruwanie, gra na rozmaitych instrumentach muzycznych, słowem wszystko, co jest związane tak lub inaczej ze zgrabnością— znajdują się w związku z czynnością błędnika. Precyzja ruchów zależna jest od dokładnego funkcjonowania błędnika.

III. Błędnik zwierząt dwu i czworonożnych. Błędnik a pismo.

Wraz z pojawieniem się postawy stojącej w świecie zwierzęcym nastąpić musiała zmiana w stosunku wszystkich narządów do siły ciężkości, chwiejność równowagi ciała wzmogła się, gdyż kończyny górne uwolnione zostają od czynności statycznych, służąc w następstwie już do innych celów. Bardzo ciekawe byłyby zatem badania porównawcze błędnika u *żaby* w przebiegu rozwoju jej z kijanki t. j. ze zwierzęcia, poruszającego się na podobieństwo ryby, aż do zupełnie dojrzałej żaby, t. j. zwierzęcia, skaczącego i łażącego po ziemi i drzewach, jak wogóle badania porównawcze błędników zwierząt dwunożnych z jednej a czworonożnych z drugiej strony. Tą drogą poznalibyśmy może sprawę zależności rozlicznych postaci ruchu od rozwoju błędnika. Rekonstrukcja szkieletu *homo primigenus z Neandertalu* wykazuje, że rasa ta trzymała głowę w pozycji takiej, jak ją trzymają nowsze małpy człekokształtne, t. j. łuk poziomy leżał tu w płaszczyźnie poziomej, odmiennie od położenia obecnego u człowieka. Błędnik ludzki nie zupełnie jeszcze zastosował się do zmiany w kierunku patrzenia. Łuk poziomy stoi bowiem w płaszczyźnie poziomej nie przy zwykłej postawie t. j. przy poziomym kierunku wzroku (przy patrzeniu, „oko w oko") *), lecz przy patrzeniu wdół z odległości jednego metra, t. j. w postawie, jaką mimowoli przyjmujemy przy chodzeniu po trudnej drodze (ślizgawka, wąska ścieżka), czyli że w tej pozycji łuki poziome są najwięcej wrażliwe. Obecne położenie łuków u człowieka jest zapewne wtórnem anatomicznem dostosowaniem się do patrzenia wdal przez utrzymanie głowy w pozycji stojącej, bardziej do góry.

Wogóle położenie łuków w stosunku do osi czaszki i do narządów sąsiednich jest rozmaite u rozmaitych zwierząt. Kąt, jaki łuki poziome tworzą z osią oczną, wynosi u człowieka 5^0, u lwa 15^0, u mrówkojada —

*) Łuk pionowy błędnika pochylony jest o 30^0 w stosunku do łuku jarzmowego.

60°, u świni wodnej 75°, u ryb i ptaków—80°—85°. U *flondry* pierwotnie poziome kanały stoją pionowo wskutek następującej w późniejszych dopiero stadjach rozwoju asymetrji ciała, podczas gdy pierwotnie pionowe kanały leżą w płaszczyźnie, odpowiadającej położeniu między płaszczyzną pionową a poziomą. Morfologicznie *poziome kanały* oddają tu zatem ruchy oczu *w kierunku pionowym*. Położenie łuków u ludzi jest rozmaite u rozmaitych ras, a nawet indywidualnie zmienne. Wogóle łuki nie u wszystkich ludzi tworzą kąt ściśle 90°. U rasy oceanicznej łuki zewnętrzne leżą zawsze w jednej płaszczyźnie, podczas gdy u rasy kaukaskiej— tylko u 14%. Ciekawą jest rzeczą, że łuk poziomy u rozmaitych ssaków odpowiada horyzontowi wtedy, gdy dane zwierzę trzyma głowę w zwykłej swej pozycji normalnej, np. u bizona gdy głowa jest silnie pochylona wdół, u wielbłąda, gdy trzyma on głowę w położeniu prawie zupełnie poziomem. Posługując się tym stosunkiem możnaby określić pozycję zwykłą głowy tych zwierząt, które znikły z powierzchni ziemi, a których wizerunków nie posiadamy.

Ta rozmaitość w układzie łuków jest być może przyczyną rozmaitych *systemów pisma* u rozmaitych narodów. Wiemy, że niektórzy chorzy, wskutek oczopląsu poziomego, mogą czytać wyrazy pisane tylko wzdłuż a nie wszerz. Przy nienormalnym błędniku charakter pisma zmienia się odpowiednio do porażonego miejsca w błędniku i może mieć znaczenie rozpoznawcze. Że czytanie i pisanie mają związek z błędnikiem (drogą nastawienia mięśni ocznych, zależnego od błędnika), widzimy to dalej z tego, że przy pisaniu i czytaniu trzymamy papier nieco pochyło, że bardzo trudno jest nam pisać z głową przechyloną wbok i że przy szybkiem czytaniu, jak to widzimy u aktorów na scenie, wykonywamy jednocześnie szybkie ruchy głowy w kierunku pisma — wcelu uniknięcia odchylenia od pierwotnego normalnego położenia oczu i używania strefy obwodowej pola widzenia. Wszystkie te dane pozwalają nam przypuszczać, że na wprowadzenie systemu pisma u chińczyków i japończyków (pisanie wzdłuż, a nie wszerz) wpłynęła odmienna od naszej budowa ich oczu i błędnika („kose oczy"). (Wiadomo, że np. króliki i świnki morskie mają oczy ustawione wbok w przeciwieństwie do innych zwierząt). Za tym poglądem przemawia i to, że perspektywa u tych narodów jest inna, niż u nas, jak tego dowodzą ich rysunki. Oczywiście inaczej widzą oni przedmioty, niż my. Wrażenie formy perspektywicznej ciał zależne jest od błędnika: przy chorym błędniku kwadrat wydać się nam może rombem, jak normalnemu człowiekowi, przed którym trzymamy kwadratowy papier krzywo. Jeżeli nadto weźmiemy pod uwagę odkryty przez Rothfelda paralelizm pomiędzy położeniem trzech łuków półkolistych a trzech mięśni okoruchowych, to sam przez się narzuca się wniosek, że kierunek łuków i mięśni ocznych jest u tych narodów odmienny od naszego, za czem przemawia i wygląd zewnętrzny ich oczu. U niektórych gatunków zwierząt

przeważa jeden rodzaj oczopląsu, np. poziomy. Tę przewagę Rothfeld i Barteles uzależniają od rodzaju ruchów, podporządkowanych trybowi życia, t. j. stosownie do płaszczyzny, w której zwierzęta te przyzwyczajone są poruszać głowę. To też ludzie, którzy nie ćwiczyli czytaniem, pisaniem i pracą techniczną oczu swych w wprawianie ich w ruch, nie potrafią szybko zwracać oczu na komendę wprawo lub wlewo, do góry lub na dół. To szczególnie uwydatnia się u robotników niewykwalifikowanych, którzy nie wprawiali się w życiu swem w patrzenie wbok i do góry i wyrównywali to za pomocą odpowiednich ruchów głowy. Wogóle jednak pod względem tych ruchów spojrzeniowych które w życiu codziennem najczęściej się zdarzają jak podnoszenie, opuszczanie, ruchy boczne, posiadamy bardzo precyzyjny mechanizm, tu ruchy głowy i oczu mogą wzajemnie się zastępować.

„Być może, że i u tych narodów, które, jak żydzi, piszą od prawej strony ku lewej, sposób pisania zależny jest od specjalnych warunków czynności błędnika"*). Widzimy istotnie że *mańkuci*, gdy kazać im narysować np. profil ludzki, rysują zwykle nie lewy, jak my, normalni, to czynimy, lecz profil prawy. Świadczy te o zależności przedstawiania i wyobrażania sobie przedmiotów od błędnika. Bárány zwrócił uwagę na to, że oczopląs po obracaniu trwa dłużej w lewą niż w prawą stronę. Być może, że ma to związek *z przewagą prawej strony* u ludzi. Zapewne i umiejętność *tańczenia wlewo* zależna jest od błędnika. Zresztą w pewnych warunkach każdy człowiek pisze odwrotnemi literami. Ma to np. miejsce, gdy chcemy pisać na papierze, położonym na czole. Przekonani jesteśmy, że piszemy jak zwykle i zdziwieni jesteśmy, oglądając to, cośmy napisali— okazuje się bowiem, żeśmy pisali litery w kierunku odwrotnym, t. zw. *pismem zwierciadlanem*. W związku z zaburzeniem błędnika opisano przypadki, gdzie chory doznawał wrażenia, że porusza się w kierunku odwrotnym do rzeczywistego (Pierre Janet), lub że on albo przedmioty stoją do góry nogami (180°), przyczem czytanie możebne było tylko przy ustawieniu liter „do góry nogami", lub wreszcie że przedmioty znajdują się w pozycji poziomej, a nie pionowej lub naodwrót, w zależności od podrażnienia tych lub innych łuków.

IV. Błędnik a Kierunek ruchów naszych.

W związku z powyższem jest wogóle kierunek ruchów naszych. Główna orjentacja nasza odbywa się w kierunku wprawo i wlewo i ku przodowi. Przy ruchach bocznych posiadamy pomoc w słuchu, w kierunku ku przodowi mamy pomoc we wzroku. Nie posiadamy zaś narządów pomocniczych w kierunku tylnym, ku górze i ku dołowi. Ruchy nasze nastawione są wogóle w kierunku ku przodowi, to też widzimy, że trudno nam nawet przy otwartych oczach chodzić tyłem, z trudem tylko możemy

*) Szwarc (p. Szwarc i Hellin, Nr. 1).

odcyfrować książkę, odwróconą do góry nogami, lub gdy nawet prosto leżącą książkę czytać chcemy, trzymając ją między nogami, specjalnie wprawiać się w to musimy. Portretu odwróconego do góry nogami poznać nie jesteśmy w stanie. Znajoma osoba, u wezgłowia której stoimy, gdy leży w łóżku, wydaje się nam obcą. To też przy schorzeniach błędnika, jak to wykazał S. Stein, chory przy t. zw. amfiladzie luster t.j. gdy patrzy obydwoma oczami w jedno lustro, mając poza sobą drugie, dostaje zawrotu i pada na ziemię; jeszcze szybciej działa tu amfilada dwuch luster przy patrzeniu okiem strony chorej. Obraz kinematograficzny, przedstawiony w odwrotnym kierunku, wydałby się nam równie dziwnym, niezrozumiałym jak naodwrót wypowiedziane słowo lub melodja odegrana naodwrót t. j. zaczynając od końca: odwrócenie zjawiska pod względem kolejności jeszcze bardziej bowiem zmienia je do niepoznania, niż odwrócenie wartości przestrzennych.

Zwierzęta, żyjące nie na ziemi, jak np. ptaki i ryby, z łatwością przebywają w pozycji z pochylonym tułowiem a głową podniesioną do góry. Człowiek w tej pozycji z trudem tylko utrzymać się może. Tłumaczy się to trybem życia: dla człowieka potrzeba przechyleń tułowia stała się bardzo rzadką. Jeśli stoimy na drabinie z przechyloną wtył głową, to bardzo łatwo doznajemy zawrotu głowy. Malowanie obrazów na suficie wymaga specjalnego w tym kierunku uzdolnienia *).

Również czynność nasza *pamięciowa* przyzwyczajona jest tylko do kierunku naprzód, ale nie do kierunku ku tyłowi, jest ona reprodukcją engramów tylko przy stałem następowaniu po sobie oddzielnych momentów w jednym kierunku. To też nie możemy powtórzyć wierszy, które znamy zresztą na pamięć, w kierunku odwrotnym, zaczynając od ostatniego ich słowa. Spróbujmy wyliczyć litery alfabetu, poczynając od końca, a zobaczymy, że żaden z nas tego zrobić nie potrafi bez pewnych trudności. A zdawałoby się — najprostsza rzecz! Jeśli nie zauważymy przypadkowo, że powóz, którym jedziemy, skręcił, powracając, o 180^0 i jeśli mniemać zatem będziemy, że posuwa się on w poprzednim kierunku, to ujmujemy wtedy wszystkie widoki w sensie odwrotnym t. j. wszystkie przedmioty z prawej strony wydają się nam po lewej stronie, następuje zupełna dezorjentacja i cała znana okolica wydaje się nam obcą. To samo obserwować możemy często, jadąc tramwajem lub statkiem, nie możemy w tych razach, gdy nie orjentujemy się co do kierunku jazdy, rozpoznać, gdzie lewa, a gdzie prawa strona ulicy lub rzeki, które wtedy wydają się nam nieznane—nie możemy się zorjentować, gdzie się właściwie znajdujemy. Również gdy przebudzimy się ze snu w ciemności, sporo czasu upływa, nim zdołamy się zorjentować, gdzie prawa a gdzie lewa strona, gdzie okno a gdzie drzwi.

*) Por. w Presse Médicale 1923 w artykule dr. Sedana spostrzeżenia Michała Anioła nad sobą samym o wpływie na organizm pozycji przy malowaniu na suficie w kaplicy Sykstyńskiej.

V. Błędnik a wyobraźnia.

Raki długoogonowe (np. palaemon) wyrzucają podczas linienia z otwartych swych statocyst statolity i wkładają sobie natomiast do ucha drobne ziarnka piasku, które później odgrywają właśnie rolę statolitów. Jeśli piasku niema, to starają się one włożyć własny kał do swej statocysty. Jeżeli umieścimy je (tak samo ośmionogi i ryby) w akwarjum napełnionem tylko czystą wodą, pozbawiając je tą drogą możności włożenia sobie piasku do ucha, to tracą one poczucie równowagi, pływają na grzbiecie wkółko bez przerwy, aż do zupełnego wyczerpania. Jeżeli dno akwarjum wysłać opiłkami żelaznemi zamiast piasku, tedy rak taki weźmie sobie na statolit kawałek żelaza. Przybliżmy magnes, a statolit przesunie się. Rak ma wtedy wrażenie położenia nienormalnego, usiłuje zrównoważyć to, *istniejące zresztą tylko w wyobraźni jego, położenie nienormalne* i powrócić do zwykłej pozycji, lecz zamiast tego przyjmuje naturalnie położenie nienormalne, przechylając się w stronę przeciwną *).

Możemy dowieść, że zaburzenia błędnika wywierają wpływ istotnie nie tylko na ruchy naszego ciała, wpływają one i na ruch naszej wyobraźni. Wpatrzmy się w szybę tramwajową, stojąc na tylnym pomoście, tak by w niej odbijała się ulica, a doznamy uczucia, że jedziemy wtył, przyczem u niektórych ludzi zjawiają się nawet nudności. Cóż się przytem zmieniło? Nie kierunek ruchu wehikułu, ten bowiem zmianie nie uległ, zmiana zaszła tylko w naszej wyobraźni. Stąd widzimy, że nawet złudzenia optyczne, nawet *samo wyobrażenie pewnego ruchu wystarcza do wywołania objawu tego samego rodzaju, jak przy istotnem podrażnieniu błędnika.*

Spróbujmy dalej, podrażniwszy swój prawy błędnik zimną wodą np. o ciepłocie 20° C., wyobrazić sobie, w chwili powstawania uczucia zawrotu głowy, przy zamkniętych oczach, linję pionową długości 60 cm. w odległości 1 m., a przekonamy się, że nie będziemy w stanie wyobrazić sobie takową. Głuchoniemym zaś ze zniszczonym błędnikiem udaje się to zupełnie poprawnie. U ludzi normalnych górna część owej linji przechylać się będzie wlewo, dolna pozostanie na miejscu. Ta supponowana przez nas linja pionowa biedz zatem będzie nie pionowo, a ukośnie, od góry z lewej strony ku dołowi wprawo. Po zaprzestaniu płukania ucha owa linja przesuwa się w kierunku odwrotnym — biegnie ona wtedy od góry z prawej strony ku dołowi wlewo. W chwili zjawienia się silnego oczopląsu, rozpada się owa linja fikcyjna na kilka oddzielnych części, przesuniętych jedna względem drugiej. Niektóre części zupełnie wypadają. Czego dowodzi doświadczenie powyższe? Jest ono bardzo interesujące i bardzo ważne pod względem psychologicznym. Wynika z niego, że *przestrzeń*

---

*) Doświadczenie to jest jednocześnie dowodem, że regulacja równowagi polega na ucisku statolitów.

wrażeń zmysłowych i przestrzeń wyobraźni są identyczne. Co zmienia pierwsze, działa również w tym samym sensie i na drugą. Między wyobrażeniem a postrzeżeniem niema zatem głębszego przeciwieństwa. Jedno jest tylko ognisko—mowi Schilder—które jest jednocześnie ogniskiem wyobraźni i postrzeżenia. Doświadczenie to dowodzi, że *wyobraźnia nie jest zależną wyłącznie od naszej woli. Nie jesteśmy w stanie usunąć złudzenia zmysłów za pomocą rozumowania nad procesem samym dzięki samemu tylko zrozumieniu jego. Rozum nie jest ostatnią instancją.* Nie możemy, jak już Helmholtz zwrócił na to uwagę, usunąć złudzenia zmysłowe dzięki samemu tylko zrozumieniu procesu. Któż nie zna np. złudzenia, którego doznajemy, gdy przed oczyma naszemi przesuwają ścianę płócienną w kierunku pionowym, a my siedzimy na huśtawce? Pomimo, iż dobrze wiemy, jak się tu rzecz ma, trzymamy się kurczowo całą siłą siedzenia, nie będąc w stanie usunąć wrażenia, że stoimy na głowie.

Z badań tych dadzą się wyprowadzić bardzo ważne, na pierwszy rzut oka nic wspólnego ze zmysłem słuchu nie mające, wnioski. *Wyobraźnia nasza jest ograniczona przez zmysły* i od nich zależna. To też niektórzy chorzy inaczej przedstawiają sobie dane linje przy chorym błędniku, cały świat przedstawia im się inaczej, tak samo jak inaczej zupełnie przedstawia się świat daltoniście. W razie utraty błędnika, chory jest jednak w stanie odtwarzać i tworzyć na podstawie swej pamięci statycznej wyobrażenia orjentacyjne statyczne co do przestrzeni, t. j. wyobrażenia położenie ciała, tak jak ludzie, którzy oślepli, potrafią po utracie wzroku odtwarzać obrazy na zasadzie swej pamięci optycznej.

Na pierwszy rzut oka zdawałoby się, że możemy sobie wyobrazić wszystko, co chcemy. Jak widzieliśmy, przypuszczenie takie jest mylne, nie wytrzymuje ono głębszej krytyki. Jeżeli przy zamkniętych oczach będziemy się szybko obracali na fotelu i gwałtownie go zatrzymamy, to doznajemy wrażenia obracania się w kierunku przeciwnym. To złudzenie znika przy otworzeniu oczu, aby znowu się zjawić, gdy oczy zamkniemy, co daje się powtórzyć na przemian w przeciągu 30 sekund. Można nie zamykać oczu, lecz trzymać natomiast lustro przed oczami, a osiągnie się ten sam skutek. Jeśli trzymać lustro pionowo przed sobą wyciągnąwszy ramiona t. j. na dłuższej odległości, to wydaje się nam, że przedmioty odźwierciadlone poruszają się w kierunku ruchu taburetu. Przy trzymaniu zaś lustra tuż przy twarzy otrzymujemy po kilkunastu sekundach wrażenie, że odźwierciadlone przedmioty są nieruchome, a tylko my poruszamy się w kierunku odwrotnym do poruszanego taburetu. Jednakże przytem lustro musi być dość duże, mniej więcej 25 — 20 cm. Oddalenie względnie przybliżenie lustra wywołuje odpowiednie zmiany w złudzeniach. Przypomina to złudzenie, którego doznajemy w wagonie kolejowym wobec drugiego pociągu. Jednak gdy w wagonie możemy do pewnego stopnia dowolnie zmieniać wyobrażenia ruchu lub spokoju, przy tem doświadcze-

niu z lustrem taka zmiana wyobrażenia jest od woli naszej niezależna. Ponieważ, nawet jeśli znamy kierunek ruchu pociągu, możemy przy zamkniętych oczach wyobrazić sobie łatwo, że ruch ten odbywa się w kierunku odwrotnym, że jedziemy bądź naprzód bądź wstecz i bez trudności możemy przechodzić od jednego wyobrażenia do drugiego, to z tego wynika, że pojęcie o zmianie miejsca, *pojęcie ruchu jest sprawą psychiczną*. Jednak to wyobrażenia sobie dowolnego kierunku ruchu możliwe jest tylko podczas równomiernego ruchu wagonu, natomiast nie możemy tego sobie wyobrazić w początku lub w końcu jazdy t. j. w chwili zatrzymania się jego lub w momencie, gdy pociąg ze stanu spokoju przechodzi w stan ruchu, jak wogóle przy wszelkiej zmianie szybkości t. j. przy podrażnieniu błędników. Ciekawem jest pytanie, dzięki jakiemu wewnętrznemu procesowi zmuszeni jesteśmy do zmiany pojęcia, gdy tej zmiany nie pragniemy, jak to ma miejsce np. przy wrażeniu, że jedziemy w przeciwnym do istotnego kierunku?

Poczucie kierunku linji jest zupełnie zależne od błędnika. Przy chorym błędniku linja przedstawia się nam w innej niż istotnie postaci i kierunku. Pod względem psychologicznym interesującą jest rzeczą, że, próbując wyobrazić sobie, szczególnie przy zamkniętych oczach, linję pionową lub poziomą, musimy uprzednio nastawić ją sobie, t. j. nim linja taka ustali w wyobraźni naszej swe położenie, ulega ona ruchom przedwstępnym, zbliżającym ją do pożądanego celu. Wogóle jednak trudno jest nam z tem dać sobie radę, nie mamy pewności, jak wogóle ustawić tę linję, linja ta waha się, musimy użyć pewnego trwającego dość długi czas wysiłku, by ją utrzymać w jednem miejscu. Jeśli chcemy wyobrazić sobie jakąś przez nas obserwowaną pochyłą linję jako pionową, to okaże się, że linja ta wydaje się nam więcej zbliżoną do pionowej, aniżeli nią jest w rzeczywistości: już samo dążenie do tego by widzieć jakąś linję, jako pionową, przesuwa ową linję w kierunku pionowym. Przy chodzeniu nie jesteśmy w stanie wyobrazić sobie linję jako nieruchomą, porusza się ona jednocześnie z nami. A nawet w spokoju, jeśli wyobrazimy sobie wirujące szybko ciało, nie możemy przedstawić sobie odrazu zatrzymanie się jego. Ciekawą jest rzeczą, że wymiar tej linji, np. poziomej, jaką sobie wyobrażamy, jest stosunkowo bardzo niewielki bo wynosi w naszej wyobraźni mniej więcej 1—2 metrów, nie jesteśmy w stanie wyobrazić ją sobie znacznie dłuższą. Liczba kropek, leżących obok siebie, jaką możemy sobie wyobrazić w linji poziomej lub pionowej, jest b. nikła, prawie nie dosięga 10-ciu. Przy próbie wyobrażenia sobie większej ilości serja jakby się urywa.

Przy poziomem ułożeniu głowy, t. j. w pozycji leżącej, trudno nam sobie wyobrazić na suficie równoległą do płaszczyzny strzałkowej głowy, tak samo jak trudno przy wzroku, zwróconym ku dołowi, wyobrazić sobie

taką linję na podłodze. Bezwarunkowo linje takie odchylają się od tej, jaką byśmy chcieli nakreślić. Przekrzywienie głowy utrudnia jeszcze bardziej to zadanie. Wraz ze zmianą położenia głowy zmienia się wyobrażenie linji. Spróbujmy wyobrazić sobie położenie jakiegoś przedmiotu lub choćby linji prostej, któreśmy obserwowali. Jeśli po pewnym czasie zechcemy wyobrazić sobie taką linję lub przedmiot przy pochyleniu głowy albo też jeżeli będziemy poruszali głową, to przekonamy się, że manipulacja ta czyni ustalenie takiej linji w wyobraźni, przedstawienie jej sobie w położeniu naturalnem, niemożebnem. Nie tylko więc podrażnienie błędnika za pomocą obracania dokoła osi ciała lub przez działanie zimnej wody, lecz nawet zmiana położenia głowy nie pozwala nam wyobrazić sobie należycie linję poziomą lub pionową. Zalecamy czytelnikowi wykonanie samemu tych doświadczeń.

VI. Błędnik a siła ciężkości. Geotropizm.

Osią fundamentalną, do której sprowadza się wszelkie poczucie kierunku, jest oś pionowa, t. j. poczucie siły ciężkości. Siła ciężkości jest czynnikiem stale drażniącym błędnik. Błędnik podlega podrażnieniu siły ciężkości, tak jak i rośliny. Utrzymanie położenia ciała naszego w kierunku przedłużenia promienia ziemi, a zatem pośrednictwo w tropizmie— to jest główne zadanie błędnika. Błędnik—to libella, to kompas naturalny.

Bez poczucia siły ciężkości żadne wyobrażenie przestrzeni nie byłoby możebne. Poczucie siły ciężkości jest zasadniczą osią dla wszystkich kierunków, wszystkie bowiem wyobrażane przez nas objętości (rozciągłości) są tylko funkcjami (warjantami) pionu (siły ciężkości), inaczej mówiąc wszystko to są tylko funkcje kąta. Stopień poczucia napięcia odpowiednich mięśni t. j. poczucie położenia naszego ciała jest oczywiście zależne od kąta względem 0 stopni siły ciężkości (poczucia kąta). Tym sposobem czucie: mięśniowe, ścięgniste i stawowe czyli t. *z.* ogólnie czucie wewnętrzne sprowadzić się daje do poczucia kątowego, do siły ciężkości. Uczenie się dziecka chodzenia i stania, podnoszenie ciężarów a zatem i dźwiganie własnego ciała sprowadza się do zdolności zbalansowania, t. j. do nastawienia na siłę ciężkości mięśni, ścięgien i stawów. Ściśle biorąc, w błędniku odbywa się takie same przemieszczenie statolitów, jak i mięśni, z tą różnicą, że dystanse są tam mniejsze. Poruszane siłą ciężkości statolity dają znać stale o pochyleniu głowy względem pionu, t. j. względem siły ciężkości: *dezorjentacja* jest wyrazem braku świadomości co do położenia ciała naszego względem siły ciężkości.

Siła ciężkości kieruje pośrednio ruchami wszystkich mięśni, a więc i mięśni oczu. Przy zmianie położenia głowy następuje zmiana w ustawieniu oczu, (zmiana zresztą tylko pozorna, bo oczy pozostają względem p r z e s t r z e n i w tem sa-

mem miejscu bez względu na ruch głowy): gdy zwrócimy głowę wprawo, oczy idą jakby wlewo, gdy ją przekrzywimy w lewo—idą one wprawo. Te ruchy gałek ocznych dążą do utrzymania orjentacji naszej względem siły ciężkości, gdy głowa zmienia orjentację względem niej. Zadaniem błędników jest nie dopuścić do zmiany pozycji gałek ocznych przy ruchach głowy lub tułowia. Te ruchy oczu przy zmianie położenia głowy mogą być uważane za geotaktyczne, zjawiają się one nawet w ciemności i przy zamkniętych oczach, znikają jednak w ciemności po usunięciu narządów statycznych. To czyni dla nas zrozumiałem, dlaczego przy wielokrotnych zakrętach czynnych na ulicach i w gmachach i obrotach biernych w wagonie czy kajucie, nawet w ciemności nie tracimy orjentacji.

Orjentacji zwierząt odpowiada geotropizm roślin. *Rośliny* są również zorjentowane pod względem siły ciężkości. Geotropizm bowiem nie jest niczem innem, jak tylko zdolnością nastawiania pewnych osi w określonym kierunku do promienia ziemi. Lecz tak jak zwierzęta poruszają się, stosownie do rodzaju ich, w pewnym kierunku do powierzchni ziemi, również i orjentacja roślin bywa pozioma i pionowa. W najnowszych czasach odkryto nawet u roślin analogiczne do znajdujących się u zwierząt statolity w postaci ziarnek krochmalu. Jako cięższe od soku komórek, w których się znajdują, leżą one na tych komórkach, które najbardziej zbliżone są do ośrodka ziemi. Przy przekrzywieniu rośliny, zmieniają one swe położenie i uciskają wskutek tego na inne komórki. Wtedy roślina stara się przez odpowiednie procesy wzrostu powrócić znowu do równowagi, t. j. zgina się tak długo, aż utworzy ten sam co poprzednio kąt względem kierunku siły ciężkości. Przejście od geotropizmu roślin do orjentacji zwierząt widzimy u zwierząt osiadłych, które jak np. pewne jamochłonne (coelenterata) również jak rośliny, zmieniają kierunek wzrostu swego pnia polipowatego, po zgięciu takowego, w ten sposób, by wrócić do położenia pierwotnego. To też te zwierzęta, które jak niektóre pierścienice (annelides), nie posiadają statocyst, nie wykazują też geotropizmu, tak samo jak larwy, nie posiadające jeszcze rozwiniętych statocyst lub jak wirowce (planaria), gdy je sztucznie pozbawimy statocyst.

Tropizm jest zatem zjawiskiem spotykanem nietylko u roślin i niższych zwierząt, lecz nawet u zwierząt wyższych. Mamy więc tu do czynienia ze *zjawiskiem, które ma bardzo ogólne znaczenie w biologji. Wędrówka* ptaków też jest, według Loeba, tropizmem, działającym jeno w szerszym zakresie.

VII. Zawroty. Dezorjentacja.

Jednym z objawów zaburzeń błędników są zawroty. Co to jest zawrót?

Zawrót — jest to uczucie pozorne ruchu bądź własnego ciała, bądź przedmiotów widzianych i dotykanych przez nas, przeniesienie cu-

dzego ruchu na nasze conto i naodwrót[1]). Zaburzenia błędnika pociągają za sobą bądź brak wiadomości, otrzymywanych stale z pewnych części ustroju (skóry, mięśni, stawów i t. p.), bądź nadejście mylnych wiadomości. Ośrodki regulujące nie są wtedy w stanie uzgodnić wiadomości nadchodzących z rozmaitych punktów. Przez ucisk na włoski w błędniku w innym niż normalnie miejscu otrzymujemy wrażenie innego położenia. Ta sprzeczność pomiędzy położeniem rzeczywistem, a tem co się nam wydaje jest właśnie przyczyną zawrotu. Innemi słowy, zawrót jest to inkogruencja, dysocjacja wrażeń statycznych, t. j. dochodzące do świadomości orjentacyjne wrażenia co do położenia ciała naszego nie są skojarzone z innemi równoczesnemi wrażeniami orjentacyjnemi. Jako efekt tego przeciwieństwa zjawia się zamęt—zawroty, zaburzenia równowagi, uczucie padania lub nawet istotnie upadek. Uczucie padania ma do pewnego stopnia i dobrą stronę jest bowiem, jak ból, mechanicznym ostrzegaczem ciała, ochraniającym je od uszkodzeń.

Zawroty głowy przy przewlekłych zachorzeniach żołądka i innych narządów już przed 70 laty objaśniano (Trousseau) tem, że podrażnienie nerwów żołądkowych wywołuje podrażnienie nerwów naczynioruchowych błędnika, co znowu wpływa na ciecz błędnikową wewnętrzną. Jak widzimy, pogląd ten, choć już bardzo dawny, zgadza się jednak w zupełności z najnowszemi teorjami mechanizmu zaburzeń błędnikowych. Zawroty głowy wraz z innymi przykrymi skutkami jak nudności i wymioty *w chorobie morskiej*, przy huśtaniu się lub jeździe na karuzeli, w szybko mknącym pociągu, a nawet w tramwaju, zależne są od błędnika. To też głuchoniemi ze zwyrodniałym błędnikiem nie ulegają tym zaburzeniom. Zależność tę widzimy w całym szeregu innych jeszcze zjawisk. Wiele osób, siedząc w powozie plecami do koni, doznaje nudności, a niektórzy nawet ulegają wymiotom[2]). Ale nawet, gdy jedziemy zwróceni twarzą do koni, lecz zamkniemy oczy, to doznajemy wrażenia, że jedziemy wtył, i samo już to wyobrażenie jazdy wtył, wobec braku kontroli ze strony oczu, wystarcza, byśmy doznali zawrotów i nudności (por. rozd. V). Przy zawrotach tych pochodzenia błędnikowego doznajemy jednocześnie uczucia słabości w nogach, utraty napięcia muskulatury, doznajemy wrażenia, jakby nogi się uginały, jakby usuwały się z pod torsa. To ma miejsce i przy *zawrotach*

---

[1]) Zawroty przy obracaniu następują tylko przy pewnej szybkości obrotu mniej więcej przy szybkości 12^0 na sekundę, co odpowiada całemu obrotowi w 30'.

[2]) Znaną jest powszechnie anegdotka o dwóch pasażerach, z których jeden prosił drugiego, swego vis-à-vis, by się zamienił z nim miejscem, gdyż on nie znosi jazdy wstecz, na co tamten się natychmiast z całą uprzejmością zgodził. Wkrótce jednak opanowały tego, co proponował zamianę, skrupuły, zapytał się więc swego uczynnego vis-à-vis, czy on może jechać w tył? „Ależ nie" odpowiedział tamten. — „Więc dlaczegoż mi pan ustąpił miejsca? „A bo widzi pan" odpowiedział uczynny pasażer, „wolę by to się stało naprzeciwko pana niż naprzeciw mnie".

pochodzenia czysto *psychicznego* np. przy patrzeniu w przepaść, przy chodzeniu po schodach niemających poręczy, przy patrzeniu wdół z dużej wysokości, gdy jakby coś ciągnęło nas w dół, wywołując uczucie „próżni", padania, braku oparcia w przestrzeni—nawet przy *wyobrażeniu* padania, przy strachu wobec niebezpieczeństwa. Trzymamy się wtedy kurczowo wszystkiego, co się znajduje w sąsiedztwie: ani rusz naprzód, jak przygwożdżeni pozostajemy na jednem miejscu. Bladość twarzy i zimny pot, jako wyraz działania błędnika na nerwy błędny i współczulny, towarzyszą często powyższym objawom. Każdemu dobremu pływakowi wiadomo, ile przezwyciężenia się potrzeba do tego, by z wysokiej deski skoczyć w kierunku pionowym do wody, pomimo, że wiemy przecież, że nic się nam przytem stać nie może. Nawet zupełnie młode zwierzęta nie chcą skakać z dużej wysokości, chociaż nie mogą one jeszcze posiadać doświadczenia co do skutków tego. Więc i uczucie *strachu* znajduje się w pewnej łączności z błędnikiem. Zawrót wyraża się często niekoniecznie w utracie równowagi, lecz niekiedy tylko w uczuciu, że coś nas poprostu ciągnie w jedną stronę. Woda szumiącego wodospadu przykuwa siłą do siebie wzrok spostrzegacza w pewnym kierunku, a powstająca tą drogą ciągła walka gałek ocznych z ich mimowolnym odchyleniem odbija się na narządach centralnych w ten sposób, że powstaje zawrót głowy z utratą równowagi. Legenda nadała temu zjawisku postać więcej poetycką: złe genjusze w postaci kobiet — kusicielek pociągają swe ofiary w przepaść. Zawroty przy patrzeniu w przepaść polegają po części na tem, że linje i powierzchnie ciał przedstawiają się nam wtedy w postaci skróconej, a ten widok otoczenia pod kątem zupełnie innym niż zwykły dezorjentuje nas zupełnie. Te zawroty pochodzenia psychicznego można znieść zupełnie przez przyzwyczajenie i przez wprawę. Rozwaga znosi mechanizm odruchowy, jak to wypróbował na sobie Goethe, stojąc na wieży katedry Strasburskiej. Według Bauera i Schildera, podobieństwo pomiędzy rzeczywistym zawrotem a zawrotem pochodzenia psychicznego jest tak wielkie, że niekiedy objaw omijania występuje tu tak samo, jak przy organicznie t.j. drogą błędnikową wywołanym zawrocie obrotowym, nawet w tym samym kierunku. I u zahipnotyzowanych objaw ten zależny jest od pozycji głowy. Kura nawet w *hipnozie* orjentuje się co do przestrzeni: jeśli okręcić ją, to utrzymuje ona jakby kierowana niewidzialną ręką, głowę swą w należnej orjentacji. *Hipnoza nie znosi więc czynności statystycznych* (Czermak). To też *lunatycy* chodzą po niebezpiecznej drodze zupełnie swobodnie do tego czasu, póki ich nie obudzić; obudzeni, upadają, widząc groźną dla nich drogę.

Linoskokowi niezbędna jest mocna fiksacja osi ocznych, podczas gdy zwracanie uwagi na ruchy stóp jest dla jego celu nietylko zbyteczne, lecz wprost niekorzystne. Już nawet przy schodzeniu z dużych wysokości, fiksacja osi ocznych jest nadzwycza utrudniona. Nawet szybkie i energiczne poruszanie przez pewien czas gałek ocznych od jednej ku drugiej stronie,

nawet przy zamkniętych oczach, łatwo wywołuje zawroty. Jeśli podczas chodzenia zwrócimy gałki oczne silnie wbok, to chód nasz staje się niepewny, kierunek kroków naszych odchyla się wtedy od kierunku prostego ku stronie przeciwnej, niż kierunek nadany gałkom ocznym. Zjawisko to występuje jeszcze wyraźniej przy zamkniętych oczach: jeśli stojąc na jednej nodze lub w pozycji linoskokowej z zamkniętemi oczami, poruszymy oczy energicznie w jedną stronę, to następuje natychmiast mimowolne pochylenie ciała w stronę przeciwną i jeśli nie otworzymy wtedy oczu, to grozi nam upadek. Tak samo zjawia się utrata równowagi przy nagle powstałych porażeniach mięśni ocznych. Wyrwanie gałki ocznej u gołębi pociąga za sobą obrót, krótkotrwały wprawdzie, ciała w stronę oka zdrowego.

Objawy zawrotu wywołać możemy również przez stosowanie szkieł pryzmatycznych. Następuje tu zupełna dezorjentacja, zjawiają się ruchy przymusowe takie same, jakie wywołane zostają przez zniszczenie błędników. Gołąb nie może wtedy fruwać, pada na każdym kroku, wykonywując przytem często ruchy maneżowe. To również jest skutkiem inkongruencji pomiędzy zależnem od błędnika napięciem mięśni a rzeczywistem położeniem przedmiotów. Szkło cylindryczne, korygujące niezborność przy normalnem położeniu głowy, nie koryguje należycie wzroku przy pochyleniu głowy, a zatem przy innem położeniu błędników. Tego rodzaju zawroty widzimy u astygmatyków: punkt może im się wydać linją, linja—dłuższą lub krótszą, szczeble schodów węższe lub szersze, brzeg trotuaru bliższym lub dalszym niż w rzeczywistości, wskutek czego nie mają oni należytego pojęcia o przeszkodach napotykanych na swej drodze, zjawia się wtedy wadliwa orjentacja, prowadząca do zawrotów.

Z dezorjentacją jako skutkiem zaburzeń czynności błędnika spotykamy się u rozmaitych zwierząt. Znane nam są wszystkim *myszy japońskie*, t. zw. tańcujące, które i w Warszawie dostać można—rasa myszy specjalna, których błędnik zarówno jak i ślimak znajdują się w stanie zaniku (są one więc zarazem głuche). Ciągłe kręcenie się tych myszy wkółko *(ruchy maneżowe)*, jest właśnie wynikiem braku normalnych błędników, a zatem braku należytej orjentacji, bo posiadają one tylko jeden łuk półkolisty górny, podczas gdy łuki tylny i zewnętrzny są w stanie zaniku[1]). Kręcą się one do 150 razy na minutę, niekiedy przez 10—12 godzin, co dowodzi wielkiego zasobu sił. Anormalna budowa błędnika stała się u nich cechą rasową. Nie mogą one biegać po wąskiej desce, łatwo z niej spadają, tak jak nie może chodzić po wąskiej desce człowiek ze źle funkcjonującym błędnikiem. Nie mogą też one chodzić w zwykłych warunkach w prostej linji naprzód, wykonywują bowiem ruchy zygzakowate lub wężykowate i tylko w zupełnie wąskiej ogrodzonej przestrzeni potrafią chodzić prosto;

---

[1]) Krągliki (cyclostomy) nie posiadają łuku bocznego. Minogi (petromyzon) mają 2 pary łuków, brak im kanałów poziomych.

nie mogą jednak wtedy zawrócić, gdyż nie potrafią chodzić wstecz. Chód mają szeroki, podobny do chodu głuchoniemych. Nie mogą też one zupełnie pływać i toną szybko, tracąc, jak głuchoniemi, zdolność orjentowania się w wodzie—w przeciwieństwie do zwykłych myszy białych. Ciekawą jest rzeczą, że *można sztucznie wytworzyć generację takich myszy tańcujących* i ze zwykłych myszy zrobić tańcujące, mianowicie wywołując zwyrodnienie jąder n. przedsionkowych, za pomocą np. arsacetyny, jak to wykazali Röthig i Paweł Ehrlich.

Wśród *ptaków* spotykamy również posiadające błędnik w stanie zaniku. Są to t. zw. *ptaki pląsające*, np. pląsające kaczki, fikające gołębie, które wykonywują ciągłe ruchy. Tak jak i myszy tańcujące i jak głuchoniemi, ujawniają one niezręczność ruchów, gdy im się zasłoni oczy. Przy zamkniętych bowiem oczach zarówno te kaczki fikające, jak i głuchoniemi nie mogą stać na jednej nodze, ruchy ich są wogóle wtedy niepewne.

Przy zaburzeniu czynności błędnika, wywołanem drogą obracania, mamy dążność do dalszych ruchów mimowolnych. Tę dążność widzimy nawet u niższych zwierząt. *Kijanki*, po umyślnem obracaniu ich przez nas, rzucone na wodę, kręcą się w dalszym ciągu w tym samym kierunku, zataczając wciąż drobne kółka. Ma to jednak miejsce dopiero wtedy, gdy mają one rozwinięty błędnik; w okresach wcześniejszych rozwoju, gdy błędnik nie jest jeszcze rozwinięty, po ustaniu obracania umyślnego nie następuje obracanie mimowolne. Również i larwy *ostryg*, gdy je po obracaniu rzucić na wodę, tracą orjentację i pływają brzuszkiem do góry. U ptaków w warunkach tych znika zdolność *fruwania*. Wywijają one wtedy koziołki i padają na grzbiet. Po jednostronnem usunięciu statocyst u stawonogów zjawia się obracanie dokoło osi podłużnej, mianowicie po usunięciu prawej statocysty—w sensie ruchu wskazówki zegarowej, licząc od głowy zwierzęcia, po usunięciu lewej—w sensie przeciwnym. Ruch obracania się mimowolnego dokoła swej osi jest tylko następstwem odruchowego zmniejszenia się napięcia (co jest zależne od błędników) w mięśniach przeciwnej niż zaatakowany błędnik strony, gdyż bodźce od błędnika biegną głównie, choć nie jedynie, we włóknach skrzyżowanych. Tak np. u raków, po usunięciu błędnika z jednej strony, nóżki wiosłowe, wskutek powstającego osłabienia mięśni jednej strony, uderzają silniej po drugiej stronie, przez co następuje zwrot ciała ku stronie zdrowej. Ruch po linji prostej odbywa się dzięki jednakowej sile napięcia mięśni obydwóch stron.

To też *stężenie pośmiertne* następuje, przy zniszczeniu jednostronnem błędnika, po stronie zniszczonego błędnika później, niż po stronie normalnej. Widzimy więc, że wpływ błędnika trwa nawet po śmierci ustroju.

Po nieco dłuższem obracaniu się dokoła osi pionowej doznajemy, już po zaprzestaniu obracania się, przy otwartych oczach wrażenia, jak gdyby całe otoczenie kręciło się w kierunku odwrotnym, co trwa 10—20 sekund,

niekiedy dwa, a niekiedy więcej razy niż obracanie samo, jak to pamiętamy z lat dziecięcych, gdyśmy się bawili w „młynka", w „drobną kaszę". Wskutek małej elastyczności włosków zmysłowych zmiana położenia ich trwa dłużej niż ucisk na nie cieczy śródbłoniastej, i to jest powodem trwania obracania się mimowolnego po ustaniu obracania czynnego. Przy zamkniętych oczach wydaje się nam wtedy, że obracamy się w kierunku odwrotnym do pierwotnego. Uczucie ruchu przy obracaniu dłuższe jest zatem, aniżeli sam ruch, t. j. uczucie ruchu trwa jeszcze po skończeniu ruchu. Również uczucie przyspieszenia kątowego ruchu, np. przy jeździe na karuzeli, trwa dłużej od samego przyśpieszenia. *Cała widoczna dla nas przestrzeń wiruje przy obracaniu jakby w drugiej większej, wyimaginowanej którą sobie wyobrażamy, jako nieruchomą, jak gdyby poza przestrzenią widzialną istniała druga przestrzeń, do której odnosimy pierwszą.* Psychologicznie interesującem byłoby zbadanie pozornych rozmiarów tych przestrzeni.

W czasie obracania się tego, nawet przedmioty, do których się dotykamy, sprawiają na nas, jak to ma miejsce np. w *tańcu*, wrażenie, jakby i one też wirowały: ziemia jakby usuwa się nam z pod nóg, krzesła i stół, o które się oprzemy, jakby uciekają od nas, jakby też się kręciły w dalszym ciągu. To są już *złudzenia* nietylko wzrokowe, lecz i *dotykowe*, którym towarzyszyć mogą złudzenia słuchowe. I jeśli *baletnik* po szybkich ruchach obrotowych momentalnie się zatrzymuje, to sztuka jego polega na tem, że nauczył się on przeciwdziałać z błyskawiczną szybkością odruchowemu, wskutek podrażnienia błędnika, napięciu mięśni jednej strony, wywołanemu przez przyśpieszenie kątowe t.j. siłę odśrodkową. To uczucie kołowania po ustaniu podrażnienia przypomina wrażenia wzrokowe po wygaśnięciu podrażnienia. Na tem polega zjawisko, że przerywane podniety świetlne, dźwiękowe i dotykowe wywołują wrażenia ciągłe[1]).

Głuchoniemy ze zniszczonym błędnikiem po zaprzestaniu obracania traci skłonność do dalszego samoistnego obracania się, nie ma już on wtedy poczucia ruchu jak my, u których uczucie ruchu trwa dłużej niż sam ruch. niema on ani oczopląsu, ani zawrotu głowy. Dowcipnie porównał Nagel stosunek zjawiska tego przy uchu normalnym z jednej a pozbawionym błędnika z drugiej strony do znanego doświadczenia Tyndalla z jajkami żywem i martwem. Mianowicie jajko żywe kręci się przez pewien czas samo w dalszym ciągu, gdy je już kręcić przestaniemy, podczas gdy jajko gotowane czyli pozbawione życia przestaje się kręcić z chwilą, gdy je z rąk wypuszczamy.

Według Guldberga, próby chodzenia u zupełnie młodych zwierząt, w tem i u ptaków, nawet u dzikich, odbywają się, po linjach koła, wskutek

[1]) Jeśli przez ucisk na gałkę oczną wywołać zjawienie się fosfenu—zjawisko znane każdemu z nas, to przy obracaniu się dokoła osi ciała swego okaże się, że fosfen taki przyjmuje udział w pozornem obracaniu się przedmiotów nawet wtedy, jeśli oko unieruchomić t.j. jeśli samo oko przez cały ten czas się nie porusza.

nierównomiernego rozwoju mięśni każdej strony. Dopiero z chwilą pełnego rozwoju narządów usznych ruchy te odbywają się po linji prostej. Ruch kolisty zjawia się wogóle przy gwałtownych zmianach warunków orjentacji, np. u ryb oświetlonych niespodzianie lampką elektryczną[1]). To samo ma miejsce u rozmaitych zwierząt—psów, królików, ptaków i tp., pozbawionych oczu, uszu i narządu węchu. Gołębie, jaskółki i sikory w tych warunkach krążą dokoła, każdy osobnik w tym samym kierunku. Wielkość promienia koła takiego krążenia również jak i położenie jego ośrodka — po prawej czy po lewej stronie zwierzęcia — zależne są od danego gatunku. Także i tańcujące kaczki wykonywują w stawie ruchy kołowe (zwykle wlewo), przyczem koła te stają się coraz mniejsze, aż następuje obracanie się na miejscu, prawie rytmicznie, przy jednoczesnym ruchu głowy i wydawaniu dźwięków rytmicznych (por. rozd. I). Po pewnym czasie kierunek obracania zmienia się u nich w przeciwną stronę. Gołębie, po ustaniu umyślnego obracania ich, wykonywują wprawdzie na razie ruchy maneżowe, lecz już po kilkunastu dniach przyzwyczajają się i zachowują równowagę po zaniechaniu obracania, lecz to tylko przy obracaniu stale w jednym kierunku, np. wprawo; jeśli zaś zacząć je znowu obracać, ale wlewo, to ponownie zjawia się zaburzenie równowagi. Nawet u ślepych albo u ludzi z zawiązanemi oczyma również zjawia się ta skłonność do obracania się mimowolnego po zakończeniu obracania umyślnego.

Również przy oślepieniu przez zbyt jaskrawe światło, przez śnieg, dalej podczas mgły nietylko na morzu, lecz i na suszy, wogóle w ciemności, ruch nasz staje się kolistym, przyczem wszyscy *mańkuci* odchylają się wprawo, normalni—wlewo, tem silniej, im szybszy jest ruch. Nieraz, gdy podczas zawiei śnieżnej stangret stara się znaleźć drogę, wraca on wbrew woli na to samo miejsce, z którego wyruszył. Tak samo, gdy idziemy pieszo i zbłądzimy, to zamiast iść dalej, jak zamierzaliśmy, wracamy mimowoli na poprzednie miejsce. W opowiadaniu „Pan i robotnik" Tołstoja spotykamy sie z podobnym wielce charakterystycznym opisem. Indjanie twierdzą, że to samo ma miejsce przy zbłądzeniu w prerjach. Kto poluje, ten nie mógł nie zauważyć, że ptaki i ssaki, uciekając, również opisują koła. To kręcenie się wkółko, występuje wogóle jako objaw zboczenia

---

[1]) Jeśli zmuszać do poruszania się dziesięcionoga, mu hę i t. p. po poczernieniu im oczu, to wykonywują one zawsze ruch maneżowy, którego kierunek zależny jest od tego, czy dany gatunek obdarzony jest heliotropizmem dodatnim czy ujemnym: mucha o heliotropizmie dodatnim krąży w kierunku oka zdrowego. Szczególnie uwydatnia się ten ruch po poczernieniu jednostronnem każdej połowy oczu. Przyczyną tego zjawiska jest wpływ światłochwytników (drogą działania na chwytniki statyczne) na napięcie mięśni. Przy poczernieniu oczu zmniejsza się napięcie mięśni jednej strony, mięśnie drugiej strony otrzymują przewagę (Hellin i Szwarc Nr. 1 str. 8 i 9. Rádl, Untersuchung uber den Phototropismus der Tiere. Lipsk 1913. Axenfeld, Archives italiennes de Biologie 1899.

psychicznego w braku współdziałania zmysłów, nietylko u oddzielnych ludzi, lecz nawet w całych ich zbiorowiskach, jak np. w oddziałach wojskowych przy marszach nocnych lub podczas zawiei śnieżnej. *Krążenie wkółko jest ogólnym objawem dezorjentacji.* To też, gdy ktoś traci orjentację, mówimy: kołowacieje".

Skutki braku koordynacji należytej ruchów przy zaburzeniu błędników widzimy w następującym zjawisku. Gdy człowieka normalnego obrócimy 10 razy dokoła swej osi lub podrażnimy błędnik jego zimną wodą i polecimy mu postawić pionowo wskazówki na zegarze, napewno nie będzie on w stanie wykonać to jak należy—wykona to krzywo. Ponieważ po obracaniu następuje zboczenie gałek ocznych o 8°, o tyle też przekrzywia wskazówkę badany. Natomiast głuchoniemy, którego błędnik znajduje się w stanie zaniku, u którego niema zatem oczopląsu ani zboczenia ruchów po obracaniu, wykona zlecenie to zupełnie poprawnie.

„Owo trafianie lub nietrafianie w dany przedmiot, zależnie od prawidłowego lub nieprawidłowego działania błędnika, dowodzi że trafianie w dany cel czyli, innemi słowy, *celowanie*, również zależne jest od błędnika. Posiadamy na to inne jeszcze dowody. Mianowicie astygmatycy odznaczają się niekiedy większą celnością niż emetropi, czyli że trafianie w cel nie jest zależne tylko od ostrości wzroku. Nadto wiemy, że przy celowaniu niezbędne jest wpatrywanie się w dany przedmiot, a wpatrywanie się, fiksowanie przedmiotu, wymaga odpowiedniego napięcia poszczególnych grup mięśni ocznych, napięcie zaś mięśni zależne jest od błędnika[1])". Nie jesteśmy w stanie przy zamkniętych oczach trafić w kropkę, narysowaną na papierze. Gdy usiłujemy wykonać to kilkanaście razy zrzędu, to utworzy się w ten sposób cały szereg kropek dokoła pierwotnej, jak to ma miejsce przy strzelaniu z broni do celu. Ciekawem zatem byłoby zbadanie celności w strzelaniu u głuchoniemych. Przypomnieć tu należy, że to co nazywamy fiksowaniem przedmiotu jest właściwie serją rozmaitych ustawień oczu podczas wpatrywania się w jeden punkt. To też i przy celowaniu oczy nie są nieruchome, lecz wykonywują ruchy bez przerwy.

VIII. Złudzenia.

a) co do położenia otaczających nas przedmiotów.

Gdy jedziemy *koleją* po linji łukowatej lub koleją zębatą, wydaje się nam, że wieże kościelne i słupy telegraficzne stoją krzywo, jak gdyby miały upaść. A jednak pochyleni jesteśmy my, a nie otoczenie. Dzieje się to dlatego, że zwykliśmy wagony uważać za znajdujące się w położeniu pionowem. To też gdy wystawimy głowę za szybę, t. j. gdy okna i ściany

[1]) Szwarc (p. Szwarc i Hellin Nr. 1. str. 14).

wagonu nie służą nam jako porównanie, gdy staniemy na pomoście, gdy patrzeć będziemy przez lornetkę, wreszcie gdy zwrócimy głowę ku wnętrzu wagonu, złudzenie to znika. Niema go także przy jeździe otwartym powozem. Również głuchoniemi ze zniszczonym błędnikiem nie doznają tego wrażenia w ciągu jazdy koleją po linji krzywej, widzą oni owe przedmioty w postaci rzeczywistej, t. j. w położeniu pionowem. To sąmo ma miejsce przy jeździe na *łyżwach*, gdy przechylimy się ku środkowi kręgu (t. zw. „holendry"), a także przy jeździe konnej w maneżu. Gdy ślizgający się wykonywa na łyżwach ruch po linji krzywej, to ciało jego przechyla się ku wewnątrz o tak duży kąt, o jaki przyspieszenie siły odśrodkowej zostaje przemieszczone ku zewnątrz, t. j. o ile przesunięty zostaje pion wskutek działania siły odśrodkowej. Gdyby ślizgający się nie zrównoważył tego skrzywienia pod dostatecznym kątem, to naturalnie upadł by on ku zewnątrz. To zrównoważanie następuje bezwiednie bez mierzenia kąta: *poczucia geometrji jest nam wrodzone dzięki błędnikowi.*

Przy gwałtownem zatrzymaniu pociągu za pomocą hamulca doznajemy wrażenia, jakby podłoga w wagonie nie była poziomą, lecz przechylała się wdół w kierunku ruchu. Również okna stoją jakby krzywo — doznajemy wrażenia, jakbyśmy się znajdywali na pochyłej płaszczyźnie i dużo trudu zadać sobie musimy by nie upaść.

Jeśli chodzimy po peronie bądź w kierunku poruszającego się pociągu, bądź w kierunku odwrotnym, w odległości kilkunastu metrów od tegoż, po linji do pociągu równoległej, to wydaje się nam, że jesteśmy odchyleni wbok od pociągu mniej więcej o 2—3 metry na dystansie 30 metrów. Oczywiście dzieje się to wskutek szybkiej zmiany fiksowanych przez nas przedmiotów i wywołanych tą drogą ruchów gałek ocznych, tak jak przy podrażnieniu kalorycznem. Gdy idąc przez ulicę, znajdziemy się pomiędzy dwoma wagonami tramwajowemi, poruszającemi się w przeciwnych kierunkach, doznajemy zawrotu, tracimy należytą orjentację, musimy użyć wysiłku, by nie zrobić ruchu nieodpowiedniego, ruch tych wagonów wydaje się nam nierównoległym. Lecz nawet położenie ciała własnego nie zawsze odczuwamy należycie, np. znajdując się na powierzchni pochyłej do 60^0 odczuwamy ją o 5^0 za nisko, wszystkie pochyłości poniżej 60^0—za wysoko. Przy 120^0 wydaje się nam, że stoimy na głowie (Delage).

b) Złudzenia co do istnienia ruchu wogóle.

Bardzo często łudzimy się co do istnienia ruchu wogóle. Jesteśmy niekiedy przeświadczeni, że widzimy ruch, podczas gdy w rzeczywistości niema takowego, i naodwrót często nie możemy spostrzedz istnienia ruchu rzeczywistego. To są znane każdemu fakty. Pozorny ruch odczuwamy np. w tym wypadku, gdy przedmioty poruszające się równomiernie, na które przez czas dłuższy patrzyliśmy z uwagą, przechodzą odrazu w stan spokoju, albo gdy szybko zwrócimy wzrok od nich na przedmioty, znaj-

dujące się w spokoju, np. gdy po przyglądaniu się rzece wpatrywać się będziemy w podłogę mostu, to wyda się nam, że most porusza się w kierunku odwrotnym do ruchu rzeki. Gdy sami szybko się poruszamy np. w pociągu, to wydaje się nam, że poruszają się przedmioty, znajdujące się bezwarunkowo w spokoju, jak słupy telegraficzne, parkany i t. d. I przeciwnie, gdy znajdujemy się w wagonie stojącym na stacji, a obok przejeżdża pociąg, wydaje się nam, że to my jedziemy. Już Purkynje zwrócił uwagę na to, że gdy śledzimy poruszający się przedmiot wzrokiem, to wydaje się nam, że się poruszają i leżące obok a znajdujące się w spoczynku przedmioty.

Według Czermaka i Ludwiga szybkość ruchu oceniamy dzięki zbieżności osi ocznych i akomodacji czyli pojęcie szybkości sprowadzić się daje do zbieżności osi ocznych i akomodacji. A ponieważ narząd okoruchowy znajduje się w stałej zależności od błędnika, więc właściwie *szybkość oceniamy dzięki błędnikowi. Poczucie szybkości sprowadza już więc do czynności błędników.* Nic tedy dziwnego, że szybkość ruchu, jaki możemy dostrzedz, nie może przekroczyć pewnej granicy ani wzwyż, ani wzniż. Aby jakiś punkt materjalny, znajdujący się w ruchu, mógł, być przez nas spostrzeżony wzrokiem, musi on trwać pewne minimum czasu i posiadać szybkość kątową conajmniej 54 sekund kątowych. Przy krótkiem trwaniu, ruchu nawet stałego lecz nieznanego nie odczuwamy t. j. nie odczuwamy powolnego skurczu gałek ocznych[1]). Dlatego też nie możemy spostrzedz ruchu mas kosmicznych wskutek dalekiej ich odległości, dopóki nie znajdą się one w naszej ziemskiej atmosferze (meteory). Zmianę szybkości o 1°36' w przeciągu 0,02' należy uważać jako minimum percepcji. Przyspieszenie kątowe, którego poczucie zresztą trwa, jak mówiliśmy, dłużej niż samo przyspieszenie, odczuwamy dzięki błędnikowi już przy 2°, podczas gdy oko odczuwa takie przemieszczenie po obwodzie kręgu zaledwie dopiero przy średnicy 50 cm., i to tylko przy ruchu szybszym. Z tego widzimy, że *błędnik jest czulszym, wrażliwszym pod względem rozpoznania ruchu niż oko.* Przy powolnym ruchu równomiernym, gdy kąt nie przewyższa 2° wprawo lub wlewo, odczuwanie ruchu równa się prawie zeru.

Zachodzi różnica pomiędzy oceną odległości 2 punktów będących w spokoju, a oceną 2 punktów będących w ruchu. Jeśli porównamy naj-

---

[1]) Ale jeśli nie każdy ruch możemy spostrzedz bezpośrednio, dowiadujemy się o istnieniu jego inną drogą. Nie możemy np. spostrzedz ruchu szybko mknącego pociągu z odległości kilku kilometrów, ale wnioskujemy o istnieniu jego na zasadzie tego, że pociąg ten po pewnym czasie widzimy w innym miejscu pola widzenia. Spostrzeżenie ruchu zależne jest również od tego, czy w sąsiedztwie poruszającego się punktu znajdują się przedmioty nieruchome, znane nam jako takie, jak również od warunków oświetlenia samego przedmiotu, a także pomieszczenia, w którem się znajdujemy. W ciemnym pokoju dostrzegamy ruch świecącego się przedmiotu już przy szybkości 14—21 minut kątowych na sekundę.

mniejszą odległość, przy której możemy jeszcze odróżnić dwa oddzielne punkty lub dwie oddzielne linje, to przy poruszaniu się ich z odpowiednią szybkością (np. poczynając od 1/15 sekundy trwania ruchu) możemy spostrzedz je już przy 20 sekundach łukowych t. j. z o wiele mniejszej odległości, aniżeli odległość, przy której możemy zauważyć 2 nieruchome punkty lub 2 nieruchome linje obserwowane jednocześnie. Analogiczne zjawisko widzimy przy podrażnieniu skóry przez jednoczesne bodźce w przeciwstawieniu do następujących po sobie.

c) Złudzenie co do kierunku ruchu.

Przy wzmożeniu szybkości odczuwamy w pociągu istotny kierunek ruchu — poziomy (naprzód czy wtył), w windzie — ruch pionowy (wgórę czy wdół). Przy zwolnieniu odczuwany przez nas kierunek jest odwrotny do rzeczywistego. Gdy winda dojdzie do swego punktu krańcowego, doznajemy w chwili jej zatrzymania uczucia, trwającego 15 — 20 sekund, jakbyśmy zajechali nieco wyżej, jakgdyby chwilowo uwolnioną ona została od siły przyciągania ziemi, od siły ciężkości, a potem odbija z powrotem wdół, co jest naturalnie tylko złudzeniem. Przy zatrzymaniu bowiem równomiernego obracania się albo ruchu postępującego, doznajemy, jak już zaznaczyliśmy, wrażenia ruchu w kierunku odwrotnym. Przy jeździe na karuzeli doznajemy uczucia obracania się jeszcze po ustaniu obracania. Odczuwamy na karuzeli przyspieszenie kątowe, ustanie obracania odczuwamy jako odwrotne obracanie, ponieważ jest ono odwrotnie przyspieszone, t. j. zwolnione. Złudzenie to trwa od 10—12 sekund, niekiedy nawet dłużej. Siła tego wrażenia następczego jest proporcjonalną do siły podrażnienia, która jest tem większa, im gwałtowniej ruch zostaje wstrzymany. Przy jeździe na karuzeli działają dwa podrażnienia — podrażnienie statolitów przez siłę ciężkości w kierunku pionowym i przez siłę odśrodkową; jako rezultat tego powstaje wyobrażenie kierunku wdół na zewnątrz od ośrodka karuzeli). Przy gwałtownem zatrzymaniu *automobilu* doznajemy wrażenia jazdy wtył, trwającego $^1/_2$—1 minuty lub nawet więcej. Uczucie to znika po zamknięciu oczu, było ono zatem uwarunkowane także przez takowe.

Złudzenie przy zamkniętych oczach tyczy się tylko tego kierunku, który odpowiada ruchowi danego motoru: w pociągu pod względem kierunku „naprzód lub w tył", lecz nie: czy „wdół" czy „do góry", w samolocie co do kierunku „wgórę" lub „wdół", lecz nie czy „naprzód" czy „wtył" t. j. łudzimy się co do kierunku ruchu poziomego lub pionowego lecz nie co do tego, czy ruch jest pionowy czy poziomy.

IX. Znaczenia położenia głowy dla orjentacji.

a) Uwagi ogólne.

W utrzymaniu równowagi pozycja głowy odgrywa ogromną rolę. Że poczucie kierunku zależne jest od położenia głowy widzimy np. z tego, że *w pociągu* przy ruchu równomiernym nie możemy w pozycji leżącej przy zamkniętych oczach zorjentować się nie tylko co do kierunku, lecz nawet co do istnienia wogóle ruchu, pociągu. Dopiero podnosząc głowę możemy rozpoznać kierunek ruchu; tylko głuchoniemi ze zniszczonym błędnikiem rozpoznać kierunku nawet po podniesieniu głowy nie mogą. Jeśli, siedząc w *windzie*, pochylimy głowę o 90° ku przodowi, to ruch windy wgórę lub wdół odczuwamy jako ruch naprzód względnie wtył t. j. ruch pionowy odczuwamy jako poziomy.

Poruszane dzięki sile cieżkości, statolity dają znać stale o pochyleniu głowy względem pionu. O zmianie położenia głowy przy *chodzeniu* mówiliśmy w rozdziale I.

Dowodem znaczenia położenia głowy jest następujące doświadczenie: jeśli przetniemy mięśnie karku, to następują objawy podobne do objawów przecięcia kanałów półkolistych: zaburzenia równowagi, rozstawianie nóg przy chodzeniu i t. d. To samo ma miejsce przy sztucznej zmianie pozycji głowy np. przy umocowaniu głowy do klatki piersiowej zapomocą zeszycia skóry. Gołębie wtedy nie mogą utrzymać równowagi, padają, wykonywują ruchy maneżowe, nie mogą fruwać, zupełnie jak gołębie pozbawione błędników. Z chwilą usunięcia szwów, ruchy ich znowu stają się skoordynowane. A zatem już samo *wykrzywienie głowy wywołuje takie same zmiany jak zaburzenie bezpośrednie narządów statycznych.* Ponieważ przyzwyczajeni jesteśmy trzymać głowę prosto, to przy przekrzywieniu głowy przypisujemy ciału naszemu ten sam ruch, któryby ono zrobiło, gdyby głowa w pozycji normalnej doznała tych samych wrażeń zmiany pozycji. *Pozycja głowy może* więc *być przyczyną dezorjentacji.* A więc przy nieruchomym tułowiu może nastąpić dezorjentacja, jeśli zwrócić głowę w którąkolwiek stronę. Lecz także jeśli głowa jest nieruchoma, a tułów zmienia pozycję, również następuje dezorjentacja. Zmiany położenia g ł o w y wywołują pozorne zmiany w położeniu pionu w kierunku odwrotnym do położenia głowy, zmiany w położeniu t u ł o w i a oddają wrażenie pochylenia w tym samym kierunku. Jeśli zatem zamiast zwrotu głowy wprawo, przechylimy tułów wlewo, trzymając głowę nieruchomo, to wynik będzie ten sam.

To też *szacowanie odległości* jest błędne przy niezwykłem położeniu głowy, następuje tu bowiem inne unerwienie mięśni ocznych, niż przy ustawieniu zwykłem, tak samo jak przy nienormalnem położeniu głowy błędnie oceniamy *zjawiska słuchowe.* Kąt o jaki odchylamy punkt poszukiwany lub kierunek przy chodzeniu, przechylając głowę lub tułów, wynosi 15°, tak jak gdyby przestrzeń przechyliła się o 15°. To też jeśli

każemy komuś przechylić głowę i zapytamy się, o jaki kąt głowa została przechyloną, to zawsze otrzymamy określenie odpowiadające kątowi o kilkanaście stopni większemu od rzeczywistego (co zapewne zależne jest od stosunkowo większego ruchu gałek ocznych). Jeśli w pozycji poziomej opuścimy głowę wdół o 30^0, to już ten mały kąt wystarcza, aby nam się zdawało, że znajdujemy się w pozycji pionowej nogami do góry, a głową wdół. Tą też drogą powstaje zapewne złudzenie u *lotników* przy silnych pochyleniach aparatu, powodujące spadek z samolotu. Należy przypuszczać, że i przy *szyi skośnej* następuje zmiana w stosunku błędnika do inerwacji mięśni i do orjentacji.

Nie tylko jeśli przechylimy głowę, lecz nawet jeśli wykonamy ruch gałek ocznych bez przekrzywienia głowy, również przytem ominiemy cel o mniej więcej 10^0 (w sensie przeciwnym do ruchu gałek ocznych).

Pozycja głowy wpływa również na przebieg zawrotu: odpowiednia zmiana położenia głowy wystarcza, by po obracaniu zawrót znikł. Również przy jeździe *w windzie* uczucie nieprzyjemne, jakiego niektórzy doznają, znika po przekrzywieniu głowy.

Jak wielką rolę odgrywa położenie głowy, widzimy i z tego, że przy wykrzywieniu głowy, przy zamkniętych, a nawet otwartych oczach, nie możemy dokładnie narysować linję pionową lub poziomą, zupełnie tak jak przy zaburzeniach błędnikowych innego pochodzenia. Położenie laski w pozycji, którą przy zamkniętych oczach uważamy jako pionową lub poziomą, położenie zresztą zmienne, w zależności od trzymania laski ręką lewą, prawą lub obiema rękami—może służyć, jako sposób precyzyjny wykrycia zaburzenia błędnika, nawet ściślejszego umiejscowienia schorzenia w błędniku. Przy niezbyt sprawnej czynności błędnika, jak to ma miejsce już normalnie w starszym wieku, nie możemy przy zamkniętych oczach, gdy nawet głowę trzymamy prosto, ustawić laskę ściśle w żądanym kierunku. To samo ma miejsce u ludzi normalnych przy przekrzywieniu głowy. Również rysowanie linji prostej może służyć jako materjał do badania zaburzeń błędnika. Będą tu rozmaite odchylenia przy podrażnieniu rozmaitych łuków, przyczem uwzględnić należy różnicę przy badaniu ręki prawej i lewej. *Pojęcie więc linji prostej zależne jest od błędnika.* Już normalnie nie jesteśmy w stanie pociągnąć zupełnie prawidłowo ołówkiem wzdłuż narysowanej linji poziomej lub pionowej, nietylko przy zamkniętych, ale nawet otwartych oczach; tem mniej dokładnie czyni to chory, mający zaburzenia czynności błędników. Przy zamkniętych oczach chory z porażeniem błędnika nie trzyma obu rąk na jednej wysokości, gdy każemy mu podnieść ręce do góry (odczyn napięcia ramion Wodak—Fischera); jedna ręka wydaje mu się wtedy cięższą niż druga. Zresztą już St. Stein zwrócił uwagę na różnicę poczucia *wagi* jakiegoś przedmiotu, trzymanego na ręku lub podnoszonego, u ludzi z nienormalnym błędnikiem, przy zamkniętych oczach.

b) Zjawisko Auberta.

Nietylko położenie głowy, lecz i oświetlenie odgrywa dużą rolę w ocenie odległości. Poczucie pionu jest inne przy patrzeniu na przedmioty w pokoju oświetlonym, niż przy patrzeniu się np. na linję pionową, która sama tylko jest oświetlona, podczas gdy w pokoju jest ciemno. Na tem polega t. zw. zjawisko Auberta. Mianowicie jeśli pochylić głowę wprawo lub wlewo (co uczynić możemy nawet do 80°, tak że linja łącząca oczy przebiega w kierunku pionowym), to wpatrując się w świecącą się linję pionową w ciemnym pokoju, wydaje się nam, że wykonuje ona ruch w kierunku odwrotnym do przechylenia głowy i że wreszcie jest przegięta mniej więcej o połowę odległości odchylenia głowy. Kąt odchylenia tego może być większy od 40°. Jeśli kiwać głową między kątem 100° a 80°, to owa linja Auberta wykonywa odpowiednie ruchy w tym samym stosunku. Przy objawie Auberta mamy wprawdzie zupełnie określone pojęcie kierunku linji ciężkości, lecz ta linja na ekranie, o której zresztą wiemy, że jest pionową, nie zlewa się z kierunkiem linji ciężkości. Aby linja przy pochyleniu głowy w doświadczeniu Auberta wydała się nam pionową, musi być ona pochylona b. znacznie w tym samym kierunku co i głowa. Za pomocą obracania tarczy, na której owa linja jest narysowana, można linję tę nastawić na pozorny kierunek pionowy i określić tą drogą kąt odchylenia. Kąt ten zależny jest od oświetlenia. Oświetlenie pokoju usuwa to złudzenie, oświetla bowiem jednocześnie otaczające przedmioty. Warunkiem koniecznym jest zatem brak innych przedmiotów, pozwalających sądzić o prawdziwem położeniu pionu. Przy przejściu z oświetlonego pokoju do pokoju ciemnego odchylenie to wynosi od 2—5—10°, przy dłuższem pozostawaniu w pozycji skrzywionej—do 40°. Jeśli następnie oświetlimy pokój, to wydaje nam się wtedy, że linja ta przesuwa się z powrotem. Jeśli przechylimy głowę i oświetlimy cały pokój, to owa linja pionowa, wydaje się nam pochyloną w tę samą stronę co głowa.

Według Muldera i Auberta uwaga i wprawa żadnego wpływu tutaj nie mają: ile razy robimy to doświadczenie, zawsze ulegamy złudzeniu, choćbyśmy się starali przekonać siebie, że pozornie pochylona linja jest pionową. Niekiedy wówczas właśnie dopiero na dobre wykrzywioną się wydaje linja owa. Jeśli doświadczenie Auberta powtarzać często, raz po raz, to doznać możemy zawrotu głowy i nudności.

Miarodajnem dla zjawienia się złudzenia jest wyłącznie położenie głowy, a nie tułowia. Gdy głowa stoi pionowo, to można tułowiu nadać dowolne pochylenie względem pionu, a opisane zjawisko nie będzie miało miejsca.

Objaw Auberta podlega silnym wahaniom indywidualnym, a nawet u jednej i tej samej osoby zmienia się odchylenie rzekome linji pionowej b. znacznie w rozmaitych chwilach: u niektórych ludzi, np. przesuwanie się oświetlonej linji odbywa się w tę samą stronę co i pochylenie gło-

wy, co zresztą ma miejsce tylko przy nieznacznem jej pochyleniu; kąt odchylenia jest jednak nieco mniejszy. Objaw Auberta zjawia się niekiedy już przy nieznacznem odchyleniu głowy, niekiedy dopiero przy odchyleniu, równającem się 50°—60°, niekiedy to wrażenie fikcyjnego położenia linji następuje nie stopniowo, lecz skokami.

Zjawisko Auberta występuje zarówno przy jednoocznem, jak i przy obuocznem patrzeniu i w obydwu przypadkach znika przy oświetleniu pomieszczenia. Przy badaniu zjawiska jednem okiem okazuje się, że jeśli dla prawego oka linja ta biegnie od góry z lewej strony ku dołowi wprawo, to dla lewego oka biegnie ona od góry z prawej strony ku dołowi wlewo. Zdawałoby się, że ponieważ przy patrzeniu prawem okiem na pionowo ustawioną nitkę białą na czarnej ścianie wydaje się ona nam pochyloną wlewo, a przy patrzeniu prawym okiem—pochyloną wprawo, to z chwilą, gdy patrzeć będziemy obydwoma oczami, błąd lewego i prawego oka zostanie skompensowany. Tak jednak nie jest, gdyż, zależnie od indywidualności, zjawia się skłonność do popełnienia błędu bądź lewego, bądź prawego oka. Z powyższych danych wynika, że *jedna i ta sama linja może wydać się nam rozmaicie położoną, w zależności od oświetlenia i w zależności od tego, którem okiem patrzymy.*

Jeśli przypomnimy sobie, że oświetlenie ma wybitny wpływ na napięcie mięśni ocznych, a nawet całej muskulatury wogóle, (fotoftalmostatyka), to zjawisko Auberta nie wyda nam się czemś wyjątkowem. Nie jest dotychczas wytłómaczone, dlaczego objaw Auberta występuje także u głuchoniemych ze zniszczonym błędnikiem (Feilchenfeld).

c) Ruchy wyrównawcze głowy i oczu.

Wobec znaczenia odchylenia głowy w sprawie orjentacji co do położenia, nic dziwnego, że rozmaite zwierzęta wykonywują w celu utrzymania horyzontu siatkówki w pozycji poziomej przy ruchach ciała t. j. dla lepszej orjentacji w przestrzeni—ruchy wyrównawcze głowy, tułowia i gałek ocznych. Te ruchy są zatem dla zwierzęcia pożyteczne. Że ruchy wyrównawcze zależne są od błędnika, widać z tego, że zjawiają się one po doświadczalnem podrażnieniu błędnika. U rozmaitych zwierząt wyrażają się te ruchy wyrównawcze w rozmaity sposób: jedne z nich wykonywują przedewszystkiem ruchy głowy, inne—ruchy tułowia, inne wreszcie jak np. żaby, salamandry, jaszczurki, padalce (anguis fragilis) i węże—ruchy głowy lub tułowia, nieznaczne zaś tylko ruchy oczu. Tylko *małpy* przy obracaniu nie mają ani oczopląsu ani innych ruchów mimowolnych, być może wskutek tego, że tryb życia przyzwyczaił ich do częstych zmian pozycji. Również u głuchoniemych ze zniszczonym błędnikiem niema ani oczopląsu ani zawrotu głowy przy obracaniu.

Największe ruchy kompensacyjne głowy wykonywują *ptaki.* Sowa np. wyrównywa bierne ruchy tułowia za pomocą silnego przekrzywienia krę-

gosłupa szyjnego aż do 180°, tak że głowa pozostaje w normalnej orjentacji względem pionu. Gołębie i ptaki śpiewające kompensują ruchami głowy nieco słabiej, natomiast wykonywują krótkotrwałe ruchy oczu, czego brak u sowy, która nie wykonywa ruchów oczu, są one bowiem u niej stale nieruchomo umocowane w oczodole, wykonywa ona ruchy wyrównawcze całą głową.

U wyższych ssaków ruchy oczu są jednak tak nieznaczne, że kompensują tylko mniejszą część odchylenia głowy. Każde poruszenie głowy lub tułowia wywołuje zmianę w położeniu gałek ocznych, każdemu ruchowi głowy odpowiada pewne, zupełnie określone dla każdej jej pozycji, ustawienie gałek ocznych. Gałki oczne poruszają się w kierunku przeciwnym do ruchów głowę. Następuje to drogą działania błędników na mięśnie oczne. Poruszmy głowę a przekonamy się natychmiast, że jednocześnie poruszają się gałki oczne. Te ruchy oczu są to ruchy wyrównawcze, oczy dążą do utrzymania swego położenia pierwotnego przy zmianie położenia głowy, t.j. przy zmianie stosunku jej do siły ciężkości, dążą one do utrzymania stałego położenia w przestrzeni przy wszelkich ruchach głowy. Tą drogą unikamy przewartościowania odbicia obrazu na siatkówce, co pociągało by za sobą utrudnienie asocjacji, w ten bowiem sposób stale te same miejsca siatkówki zostają podrażnione. Zależności od błędników dowodzi brak tych ruchów wyrównawczych oczu po zniszczeniu błędników.

Ruch wyrównawczy gałek ocznych zjawia się we wcześniejszem stadjum rozwoju zarodka, niż ruch wyrównawczy głowy. Ten ruch gałek ocznych zależy nie od absolutnego wieku płodu, lecz raczej od życia pozamacicznego t. j. płód wczesny, zrodzony w 7-ym miesiącu, już po 3 do 4 tygodniach, najpóźniej zatem w 8-ym miesiącu całkowitego życia, wykazuje oczopląs, podczas gdy płód wczesny, zrodzony w 8-ym miesiącu, nie wykazuje zwykle jeszcze oczopląsu po urodzeniu. Warunki, umożliwiające zjawienie się oczopląsu, rozwijają się zatem w życiu pozamacicznem szybciej, aniżeli w życiu wewnątrzmacicznem.

Co do zjawienia się odruchu oczopląsowego u noworodków, zauważyć należy, że niektóre odruchy ścięgniste i skórne, istniejące u dorosłego człowieka, rozwijają się powoli dopiero w biegu życia pozarodkowego, za wyjątkiem odruchu kolanowego, który już u noworodka jest b. żywy i który zatem należy do filogenetycznie bardzo starych odruchów (Bychowski). Szybkość odruchu może być wzmożona przez wprawę i do wrodzonych odruchów można się douczyć nowych. Ruchy balansowania np. jeźdźca i cyklisty odbywają się po pewnym czasie odruchowo. Według Marburga również utrata odruchów ścięgnistych powstaje wskutek zaburzenia w jądrach Deiters'a, które zatem wpływają nietylko na napięcie mięśni ocznych, lecz także i mięśni unerwianych przez rdzeń kręgowy rdzeń kręgowy. Po przecięciu ścięgien znika zupełnie skurcz odruchowy źrenicy pod wpływem światła.

Oczopląs zjawia się już u bezkręgowców. Tylko u drętwika oczatego (torpedo) i płaszczki (raja), w przeciwieństwie do innych ryb, niema

ani oczopląsu ani zmiany w położeniu głowy przy urazach błędnika, a to dlatego, że u nich głowa jest nieruchomo zrośnięta z tułowiem.

Głowa tak jak i inne, znajdujące się w równowadze chwiejnej części ciała naszego, wymaga pewnych zastosowań się ustroju do utrzymania jej w równowadze. To też wraz ze zwiększeniem ruchliwości głowy następuje zróżniczkowanie narządu statycznego: u zwierząt, u których głowa stale zrośnięta jest z tułowiem, niema jeszcze kanałów półkolistych, lecz tylko narząd statolitowy.

Ruchy głowy i oczu u niższych zwierząt zjawiają się odruchowo także pod wpływem *światła*, działającego oczywiście na błędnik. Już u dziesięcionogów zjawiają się przy każdej zmianie położenia ciała względem płaszczyzny poziomej ruchy wyrównawcze szypułek gałek ocznych. Po zniszczeniu statocyst, tych ruchów oczu zupełnie niema lub są one nieznaczne tylko. Ale i te znikają, jeśli poczernić rogówkę—dowód udziału światła w regulowaniu orjentacji. *Oświetlenie* (a zatem i brak światła) *panuje w znacznym stopniu nad napięciem mięśni, nietylko oczu, lecz zapewne i całej muskulatury* (fotoftalmostatyka). Również rak, trzymany w postawie pionowej i oświetlony z jednej strony, zaczyna wiosłować stroną odwróconą od światła, a stronę oświetloną podnosi do góry, dążąc do nastawienia na światło grzbietu.

Ruch oczu pod wpływem światła należy właściwie do dziedziny t. zw. *oczopląsu świetlnego*, który znany jest nam z jazdy koleją. Jeśli przyjrzymy się sąsiadowi, siedzącemu naprzeciwko nas, gdy patrzy się przez okno na okolicę, spostrzeżemy u niego tę właśnie postać oczopląsu. *Oczopląs kolejowy* należy do kategorji oczopląsów t. zw. wzrokowych, a według mnie jest także jednym z dowodów istnienia dróg nerwowych nietylko od ucha do oka, lecz i w kierunku od oka do ucha[1]). Co do tego, kiedy ten oczopląs zjawia się po raz pierwszy, zdania są podzielone: według Bartelsa niema go u noworodków w pierwszych dniach po urodzeniu, według Bárány'ego zjawia się on już w 8 godzin po urodzeniu. Oczopląsu tego niema u widzących połowicznie po stronie chorej, co może służyć jako sposób rozpoznawczy widzenia połowiczego. Zwykły oczopląs błędnikowy (np. kaloryczny) zostaje zahamowany przez oczopląs kolejowy. Te same ruchy oczu i głowy wywołać możemy u jaszczurki, gdy przesuwamy przed nią papier z narysowanemi linjami pionowemi. Tą samą też drogą t. j. przez przesuwanie przedmiotów wywołać można i inne objawy podrażnienia błędnika, jak to zawrót, uczucie padania, mimowolne odchylenie od zamierzonego kierunku[2]). Zawrót głowy przy patrzeniu z dużej wysokości również należy do kategorji zawrotów, powstających drogą działania wrażeń wzrokowych na błędnik.

---

[1]) Por. literat. Nr. 1 str. 8 i 9 i rozdział X pracy niniejszej.

[2]) Za pomocą oczopląsu optycznego można wykryć symulację ślepoty, bo zjawia się on nawet przy prawie dojrzałej zaćmie z bardzo nieznaczną siłą wzroku—przy rozpoznawaniu palców na odległość jednego metra. Gdy więc badany twierdzi, że nic nie widzi a jednak przy tej próbie optycznej zjawia się oczopląs, to możemy stwierdzić, że symuluje utratę wzroku

Co do oczopląsu przy obracaniu i podrażnieniu błędnika kalorycznem lub galwanicznem, dalej u górników, pracujących w kopalniach węgla i u pewnej kategorji chorych, odsyłamy czytelnika do pracy Nr. 1. str. 8—15.

X. Ruchy oczu u rozmaitych zwierząt. Teorja Heringa o skojarzonej inerwacji oczu. Cechy zewnętrzne człowieka w zależności od błędnika.

Drogi nerwowe idą od ucha nie tylko do zewnętrznych mięśni oka, co powoduje zjawianie się oczopląsu, lecz i do wewnętrznych mięśni oka, t. j. do mięśni zwężających lub rozszerzających tęczówkę. To też i zjawiska źreniczne zależne być mogą także od błędnika. *Rozszerzenie źrenic*, nadające *piękniejszy wyraz oczom*, jest zależne także i od błędnika[1]). Z bardzo ciekawym pod tym względem objawem spotykamy się u ptaków: u nich skurcz źrenicy jednej strony jest zupełnie niezależny od skurczu drugiej; oświetlenie jednej źrenicy wywołuje skurcz jej bez skurczu drugiej źrenicy. To dowodzi, że *akomodacja u nich jest również jednostronna*, a to wyłącza ideję skojarzenia oczu celem widzenia obuocznego. Tę samą jednostronną reakcję źrenicy widzimy u konia. Nawet ruchy powiek odbywają się u ptaków oddzielnie z każdej strony, przyczem ptaki dzienne podnoszą przy zamykaniu powieki dolne, a ptaki nocne, jak człowiek, opuszczają powieki górne, w wszelkim razie nie jednocześnie prawą i lewą powiekę. Oczy nocnych ptaków drapieżnych są zupełnie nieruchome, podczas gdy u człowieka mogą one poruszać się w granicy od równoległości do zbieżności. Również u kameleona jak i u niektórych ptaków nurkujących, np. u mewy i kormorona ruchy jednego oka są niezależne od ruchów drugiego, zwierzęta te mogą poruszać obydwoma oczami w rozmaitych kierunkach. U większości ptaków widzenie jest jednooczne, pole widzenia jest w obydwóch oczach rozmaite. Ptaki śpiewające, a także bociany i papugi, gdy spoglądają wgórę, ustawiają głowę tak, że jedno oko patrzy wprost do góry, a drugie (którego widzenie one tak samo zapewne neglegują jak my przy badaniu mikroskopowem lub przy oftalmoskopowaniu) wdół. Przy tem patrzeniu monokularnem ocena odległości odbywa się na podstawie wrażeń jednego oka, tu tylko narząd akomodacyjny oddaje poczucie głębokości. Sowa, której oczy patrzą więcej ku przodowi, należy do ptaków patrzących obuocznie. *Wszystkie te dane przemawiają za nieco odmiennem niż u innych zwierząt funkcjonowaniem błędników u ptaków i przeciw teorji Heringa o ruchach skojarzonych oczu* (wskutek skojarzonej inerwacji). *Dowodzą one, że ruchy oczu mogą nie być skojarzone.*

---

[1]) Po usunięciu statocyst u mięczaków, źrenica, która leży u nich poziomo przy poruszaniu się wgórę lub wdół, przyjmuje zamiast postaci biszkoptowej — eliptyczną. Ruchy jednak gałek ocznych, zdaje się, nie ulegają zmianie po tej operacji.

Przeciw teorji Heringa przemawiają również zjawiska, spostrzegane u ślepych. U nich bowiem pozycja oczu jest nieco rozbieżna, ruchy oczu, jakie wykonywują ślepi na wezwanie np. gdy oczy z silnego położenia bocznego przechodzą do położenia środkowego, są w jednem oku powolniejsze, aniżeli w drugiem. Unerwienie jest tu zatem odmienne po obydwóch stronach. Widzenie obuoczne wymaga asocjacji ruchów gałek ocznych, współdziałania ruchów źrenicznych i akomodacyjnych, współczesności ruchu powiek, czemu znowu odpowiadać muszą anatomicznie inne kombinacje położenia wewnętrzmózgowego prawych i lewych jąder motorów gałek ocznych i nerwu twarzowego. Ten brak asocjacji widzimy też przy zaburzeniach błędnikowych. Jeśli drażnić błędnik, to napięcie mięśni oka po stronie drażnionej jest silniejsze niż po stronie przeciwnej. Oczopląs nietylko bywa niekiedy silniejszy w jednem oku, niż w drugiem, lecz często i liczba wahań gałek ocznych na minutę i czas trwania oczopląsu bywają z obydwóch stron różne. Zjawisko to spotkałem silnie wyrażone w jednym przypadku rozsianego stwardnienia układu nerwowego. Lechner opisał chorego, który wykazywał ruchy oddzielnie każdem okiem, taki sam przypadek opisał Bard, a przypadków, gdzie chorzy wykonywali dowolnie oczopląs jednostronny opisano do r. 1914 — 54.

Ptaki posiadają jeszcze jedną odrębność: w tęczówce ich znajdują się mięśnie nie gładkie, lecz poprzecznie prążkowane, zamiast gładkich, jak u człowieka i u innych ssaków. Te warunki anatomiczne są niezbędne do pewnych fizjologicznych czynności ptaków: mięśnie poprzecznie prążkowane są tu niezbędne w celu szybszego ich skurczu, gdyż przy nadzwyczaj szybkiem fruwaniu konieczne jest, ażeby we właściwym czasie schwytać wyraźne obrazy na siatkówce. Ptak musi szybko akomodować, inaczej jaskółka nie schwytałaby w szybkim locie komara, a orzeł, który fruwa szybciej niż spadające ciało — pływającą blisko powierzchni wody rybę, podczas gdy u człowieka nastawienie na przedmiot bliski wynosi 1,6 sek. (skurcz), a na przedmiot daleki 0,8 sek. (rozkurcz).

Byłoby bardzo ciekawem zbadanie czynności błędnika u wszystkich wyżej wzmiankowanych zwierząt, wykazujących omówione zjawiska oczne.

Zez t. j. większe napięcie mięśni jednego oka w porównaniu z drugiem zależny jest też od błędnika, jako czynnika warunkującego stopień napięcia mięśni. „Za pochodzeniem błędnikowem tego cierpienia przemawiają także nawroty po operacji i ta okoliczność, że w połowie przypadków zeza zbieżnego u dzieci spotykamy zmiany w objawie oczopląsowym przy obracaniu." [1])

Ciekawą jest sprawa widzenia obuocznego u zezujących i zmiany, następujące pod tym względem po operacji zeza.

Z zależności zeza od błędnika wynika, że błędnik wpływa też na *wygląd zewnętrzny ludzi.* Wpływ błędnika sięga aż do poglądów naszych

---

[1]) Szwarc (p Szwarc i Hellin Nr. 1 str. 17).

na *charakter ludzi*, z którymi się stykamy. Istotnie ludzi z zezem zewnętrznym zwykliśmy uważać za ludzi przebiegłych, chytrych, zaś ludzie z zezem wewnętrznym robią na nas wrażenie ludzi skrytych, zamkniętych w sobie.

W innem jeszcze cierpieniu, analogicznem zresztą do zeza, występuje to upośledzenie wyglądu zewnętrznego w zależności od błędnika. Mamy tu na myśli *szyję skośną*. Torticollis ab aure laesa często opisywano, stwierdzono nawet w tym schorzeniu brak pobudliwości błędnika po stronie skurczu. Landolt i Cuignet nazywają przekrzywienie głowy, powstające przy porażeniu mięśni ocznych (przyczem strona przekrzywiona głowy odpowiada stronie zezującego oka)—torticollis oculare. Wymienić tu należy także *spasmus nutans* (kurczowe kiwanie głowy). „Dowodem zależności cierpienia tego od błędnika jest częste połączenie jego z innemi objawami błędnikowemi—z oczopląsem i kurczem powiek, niekiedy z wymiotami[1]).

Również inny jeszcze defekt, zależny od błędnika, wywołuje pewne upośledzenie towarzyskie, mianowicie *jąkanie się*. Jako wyraz asynergji mięśni krtaniowych, jest ono również wynikiem zaburzeń czynności błędnika. To samo tyczy się *niemoty*. Mowa bowiem zależna jest od synergji mięśni krtaniowych. Dowodzą tego przypadki powstania jąkania się i niemoty po urazach błędnika. Również u żaby *skrzeczenie* zależne jest od błędnika, gdyż po jego usunięciu żaba na zawsze skrzeczeć przestaje. Odpowiednio do tego widzimy, że ci głuchoniemi, u których czynności błędnikowe są bardziej zbliżone do normalnych, należą do rzędu mówiących wyraźniej.

Błędnik wpływa także na rytm *oddechowy*. Każdy z nas nieraz widział, jak kaczki z wyciągniętą szyją i głową grzebią w błocie, nie doznając potrzeby oddechania. Dzieje się to w zależności od błędnika. Błędnik bowiem utrzymuje u kaczek przy normalnej pozycji głowy rytm oddechowy. Przy innych jej położeniach czyli przy zmianie położenia błędników, jak np. przy zanurzaniu się w wodzie, przy wyciągnięciu szyi, ustaje ten rytm oddechowy; w tej pozycji zjawia się bezdech. Zależność odruchu tego od błędnika widoczna jest z tego, że po wycięciu błędników znika ten wpływ położenia głowy na bezdech (Huxley). Również u gołębi i żab ruchy oddechowe, po zniszczeniu drogą doświadczalną błędnika, stają się nieprawidłowe. Przyczyną tego jest zmniejszenie napięcia zwieraczy krtani (Graham Brown, Högyes, Dreyfus). Mięśnie oddechowe pozostają zatem w łączności z błędnikiem.

XI. Błędnik a jazda w samolocie.

W ostatniem dziesięcioleciu zawojowaliśmy do pewnego stopnia trzeci wymiar t. j. wymiar pionowy (samoloty), podczas gdy do tego czasu po-

[1]) Szwarc (p. Szwarc i Hellin Nr. 2 str. 1001).

sługiwaliśmy się przeważnie tylko dwoma wymiarami (kierunek naprzód i wtył, wprawo i wlewo). Podróż samolotem stawia człowieka, jako stworzonego do życia na ziemi, w zupełnie do tego czasu niezwykłe, nieznane stosunki do siły ciężkości i do przestrzeni, w warunki, wywołujące zaburzenia równowagi. Tłómaczy się to trybem życia: dla człowieka potrzeba przechylań tułowia stała się bardzo rzadką (p. str. 15 i 16—19). Nasze doświadczenia co do położenia ciał zyskaliśmy przeważnie w postawie stojącej, również i z położeniem poziomem jesteśmy oswojeni, lecz wcale nie jesteśmy w stanie dać sobie radę z głową skierowaną wdół, tembardziej zaś, gdy w samolocie znajdujemy się wysoko w powietrzu, gdy nie widzimy znanych nam przedmiotów w znanem położeniu. Gdy lotnik, po dłuższem przebywaniu pomiędzy chmurami, ujrzy znowu ziemię, wydaje mu się, że widzi kolosalną górę ze stromo spadającemi zboczami i sporo czasu mija, nim się on przekona, że owo spadziste zbocze nie jest niczem innem, jak tylko horyzontem. W chmurach jesteśmy zdani na los błędnie wskazującego kompasu siły ciężkości, lotnik szuka wtedy nieba na dole, a wioski na górze i przebywa wskutek tego chmury w najdrażliwszych pozycjach. Przy otwartych oczach, gdy się wznosimy w aeroplanie, doznajemy wrażenia, że przedmioty na ziemi oddalają się od nas, a nie my od ziemi; przy opuszczaniu się mamy wrażenie, że przedmioty te zbliżają się do nas. Nie my, lecz przedmioty jakby się poruszały. W aeroplanie z zamkniętemi oczami nie można określić, czy się posuwamy do góry czy wdół. Przy padaniu z samolotu doznajemy uczucia padania tylko przy pionowej pozycji głowy; w pozycji poziomej tego uczucia nie doznajemy. Orjentacja co do położenia aparatu w powietrzu opiera się na orjentowaniu się względem linji poziomej. Na wysokości tysiąca metrów, oprócz uczucia dążenia aeroplanu ku górze, nie mamy już poczucia pionu, gdyż wszelkie nierówności na ziemi widzimy tylko w bardzo silnem skróceniu, a znikomo mała odległość obydwóch oczu, w porównaniu do odległości od ziemi, nie pozwala na widzenie stereoskopowe. Przez ten brak widzenia stereoskopowego uczucie wysokości przedmiotów znika już na stosunkowo małej odległości od ziemi, która wydaje się płaskim pstrym dywanem. Na wysokości stu metrów odróżniamy jeszcze różnicę głębokości do 3,7 metra, na wysokości 1000 metrów już tylko różnice takie od 274 metrów, czyli że, przy mniejszej różnicy głębokości, przedmioty wydają się nam leżącemi w jednej płaszczyźnie poziomej. Zdawałoby się że lotnicy b. szybko ulegają zawrotom, tymczasem tak nie jest. Przeciwnie, nawet ci, którzy na ziemi b. łatwo ulegają zawrotom głowy, w samolocie bynajmniej tego nie odczuwają. Tłomaczy się to tem, że zawroty głowy powstają wskutek dyskoordynacji pomiędzy wrażeniami, otrzymywanemi przez oko a wiadomościami, otrzymywanemi przez błędnik. A ponieważ na siatkówce lotnika obrazy słabo tylko zmieniają swoje miejsce, zmniejsza się przeto znaczenie wrażeń wzrokowych, a zatem i przeciwieństw,

jakieby one mogły wywołać. Zawroty te powstają tylko przy pewnych sztuczkach akrobatycznych, gdy lotnik widzi, jednocześnie albo zaraz jedno po drugiem naprzemian, ziemię i skrzydła swego aparatu. To też znika orjentacja należyta w loopingu i przy locie „na grzbiecie", gdy znika poczucie góry i dołu, mogące być utrzymane tylko sztucznie. Nasze zmysły nie wystarczają do orjentowania się w aeroplanie przy wszelkich okolicznościach. Jeżeli w pozycji poziomej opuścimy głowę wdół o 30°, to już ten mały kąt wystarcza, aby nam się zdawało, że znajdujemy się w pozycji pionowej nogami do góry a głową wdół. Nie dziw więc że tembardziej w aeroplanie przy silnych pochyleniach aparatu lotnicy doznają złudzeń, powodujących upadek. Dla lotnika trzebaby dopiero było stworzyć specjalny automatyczny aparat stabilizacyjny, jako kompensatę tej nieudolności fizjologicznej, któryby działał jak statolity w warunkach normalnych, może na wzór t. zw. bąka lub za pomocą przyrządu w rodzaju klinometra, któryby ostrzegał o zmianach w położeniu samolotu. Jednoocy lotnicy mogą również dobrze orjentować się na dużej wysokości, jak i normalni.

Proponowano podczas ostatniej wielkiej wojny, wbrew pierwotnym przepisom przyjmowania do szkoły lotników tylko ludzi ze zdrowymi błędnikami, utworzenie korpusu lotników, złożonego z głuchoniemych ze zwyrodniałym błędnikiem, jako nie ulegających zawrotom głowy przy najsilniejszych przechyleniach samolotu (chyba przy zamknięciu oczu, kiedy tracą oni zupełnie orjentację). Pamiętać jednak należy, że chodzi tu nie tylko o błędnik, lecz i o słuch; tylko bowiem przy dobrym słuchu można zdawać sobie sprawę z prawidłowego działania silnika, a dobrego słuchu ludzie tej kategorji nie posiadają.

XII. Teorja Einsteina a błędnik.

A. Względność pojęć przestrzeni (czasu, spokoju i ruchu).

Z chwilą, gdy uprzytomnimy sobie, że ziemia jest kulą, jasnem dla nas się stanie, że to, co nazywamy i przyjmujemy za linję prostą, np. gdy takową rysujemy na ziemi, jest właściwie linją krzywą, cząstką bardzo dużego koła. Z tego wynika, że nasza linja prosta nie jest najkrótszą odległością dwóch punktów, że dla mieszkańców powierzchni kuli istnieje wiele najkrótszych odległości czyli dużo t. zw. prostych linji pomiędzy dwoma punktami, że suma kątów trójkąta nie równa się dwóm prostym, że linje, uważane przez nas za równoległe, przecinają się w skończoności i t. d. Postać kulista ziemi wywraca zatem nasze wyobrażenia geometryczne: znajdujące się niby na jednej linji poziomej dwa punkty ziemi już na odległości $3^1/_2$ km. od siebie różnią się w rzeczywistości aż o 1 metr pod względem wysokości.

Geometrja Euklidesa jest zatem nauką o wartości względnej, a nie absolutnej. Mogli ją uważać za absolutną dawni grecy, którzy sądzili, że ziemia jest płaszczyzną, lecz nie my. Geometrja ta jest tylko częścią, oddzielnym przypadkiem geometrji ogólnej. Absolutną wartość może mieć tylko geometrja transcendentalna, wyimaginowana, metageometrja, zawierająca naukę o przestrzeni o *n*—ilości wymiarów. Pojęcia nasze geometryczne, oparte na geometrji Euklidesa, są błędne, bo zbudowane są na błędnych oczywiście przesłankach, nietylko jakoby ziemia była płaszczyzną lecz także jakobyśmy się znajdowali w ośrodku kuli nieruchomej. Ale ziemia jest w ciągłym i to bardzo złożonym ruchu, bo nietylko obraca się dokoła swej osi, nietylko obraca się dokoła słońca, ale wraz ze słońcem obraca się dokoła innych ciał niebieskich, które, być może, same znowu obracają się dokoła innych, nieznanych nam ciał niebieskich. Linja więc, którą przyjmujemy za prostą, byłaby nią tylko tylko w danym momencie i to tylko w wyobraźni naszej, a nie w rzeczywistości. W rzeczywistości niemożebnem nawet jest wyobrazić sobie, jak skomplikowanie krzywą jest owa linja, którą zwykliśmy uważać za prostą. Ale nawet gdyby była ona absolutnie prostą na ziemi, to, spostrzegana z innego ciała niebieskiego, jako poruszającego się, okazałaby się również skomplikowaną krzywą. Te pojęcia o wymiarach nie mogły istnieć wtedy, gdy panowały pojęcia o ziemi, jako o ciele nieruchomem. Dopiero od stosunkowo niedawna wiemy, że ziemia obraca się z szybkością 30 km. na sekundę i że słońce, wbrew mniemaniu Kopernika, też nie stoi na jednem miejscu, lecz obraca się na równi z innemi ciałami niebieskimi. Kościół dopiero 100 lat temu, bo w r. 1813, skreślił z indexu librorum prohibitorum dzieła Kopernika. Zresztą, jak już zaznaczyliśmy, wszystkie nasze pojęcia o przestrzeni odnosimy do jakiejś drugiej, niewidzialnej przestrzeni, zbudowanej na podstawie poczucia ruchu naszego (por. rozdz. VII).

W rzeczywistości mamy więc do czynienia, nie jak błędnie przypuszczano, z geometrją powierzchni, lecz z geometrją mechaniczną. Każda geometrja jest właściwie kinetyczną.

Zapominamy też zwykle, że miernicze stosunki geometryczne zależne są również od czynników fizycznych, że geometrja jest częścią fizyki, na niej opartą i od niej nierozłączną. Wymiar danego przedmiotu zależny jest od temperatury: jednakowy wymiar powierzchni dwóch płyt—szklanej i metalowej—przy danej temperaturze, będzie innym dla każdej z nich przy ich ogrzaniu; dwie płyty, jedna o grubości np. 3, a druga o grubości 5 m., położone jedna na drugą, nie dadzą w sumie 8 m. grubości, lecz mniej, wskutek bowiem ucisku górnej płyty na dolną następuje spłaszczenie dolnej płyty, grubość staje się wtedy mniejszą.

Jeszcze więc bardziej rozszerzyć musimy pojęcie o przestrzeni: przestrzeń staje się właściwie pojęciem nietylko geometrycznem, nietylko mechanicznem, lecz i fizycznem. Lecz pojęcie odległości (przestrzeni) za-

leżne jest także od innych jeszcze warunków, przedewszystkiem od szybkości ruchu, t. j. od czasu. Postać jednej i tej samej linji wyda się inną obserwatorowi jadącemu pociągiem, a inną obserwatorowi, przypatrującemu się przejeżdżającemu pociągowi: kamień, rzucony przez okno na ziemię przez podróżującego koleją, wyda mu się linją prostą, a obserwatorowi stojącemu na ziemi—parabolą. Długość linji wyda się każdemu z nich inną. Gdyby ktoś jadąc areoplanem z nadzwyczajną szybkością, np. kilkuset kilometrów na sekundę, z Warszawy do Krakowa, chciał, trzymając w ręku metr, mierzyć nim odległość tych dwóch miast, to odległość ta, według jego pomiarów, mogłaby się równać, zależnie od szybkości samolotu, jednemu metrowi lub nawet być mniejszą, mogłaby być zerem. Skrócenie przedmiotu może więc powstać nietylko drogą perspektywiczną, t. j. zależnie od oka, lecz i ruch sam wpływa na wielkość wymiarów, a zatem *istnieje perspektywa szybkości*, to znaczy, iż ten sam przedmiot wygląda rozmaicie nietylko w zależności od punktu, z którego go obserwujemy, lecz nawet rozpatrywany z tego samego punktu wygląda rozmaicie, stosownie do szybkości, z jaką przedmiot lub badający go przebiega przez ten punkt.

Że z rozmaitych punktów obserwacyjnych nabieramy innego pojęcia o rzeczach, to nie powinno nas dziwić, jeśli przypomnimy sobie z fizyki, że w rozmaitych punktach kuli ziemskiej nawet waga ciał też jest rozmaita. A skoro ziemia w rozmaitych punktach obraca się z rozmaitą szybkością, nie może być też mowy o czasie absolutnym.

Właściwie niema rzeczy, będącej w jakiejkolwiek chwili w absolutnym spokoju, bo wszystkie ciała niebieskie są stale w ruchu. Jeżeli odległość między nami a jakimś przedmiotem się zmienia, to równem prawem twierdzić możemy, że my się poruszamy, a ów przedmiot jest w spokoju, jak i że ów przedmiot się porusza, a my spoczywamy, lub że zarówno przedmiot, jak i my się poruszamy; również dobrze powiedzieć można, że ziemia obraca się dokoła słońca, jak i że słońce obraca się dokoła ziemi, czyli że pomiędzy twierdzeniem Ptolomeusza a twierdzeniem Kopernika niema zasadniczej różnicy.

Ten pogląd Einsteina przypomina poniekąd teorję estetyki poety Schillera, w której, rozwijając szerzej poglądy Kanta, zwraca on uwagę na to, że jeśli my zmieniamy miejsce względem jakiegoś przedmiotu, to wychodząc z ogólnego założenia, i przedmiot ten zmienia położenie względem nas, a zatem jeżeli my badamy przedmiot jakiś, to i przedmiot ten nie pozostaje biernym względem nas.

Pojęcia więc nasze o przestrzeni (odległości) i o czasie (o ruchu) są pojęciami względnemi. Niema zatem w przyrodzie *nic absolutnego, ani spokoju ani ruchu* bezwzględnego, *oprócz bezwzględności względności*; absolutyzm istnieje tylko w wyobraźni naszej, w myślach naszych. To przypomina stare teorje greckich filozofów (Heraklita), że *panta rei* i że naj-

większy ruch jest właśnie spokojem, bo np. każdy punkt koła, które obracałoby się z maksymalną szybkością, byłby prędko z powrotem na pierwotnem miejscu, jak gdyby się on wcale nie był poruszał (Parmenides). Jeśli wyobrazimy sobie, że po stopniach, zbudowanych na kole (na podobieństwo kół parostatku), poruszających się równomiernie, wchodzi człowiek przy opuszczaniu się stopni lub schodzi przy podnoszeniu się ich, to może on uczynić to w takim tempie, że właściwie pozostaje on na miejscu, jak gdyby wcale się nie poruszał. Gdyby sen i stan przytomności interferowały nie 365 razy w ciągu roku, a miljony razy na rok, to przedmioty, przedstawiające się nam jako będące w ruchu, wydawałyby się nam znajdującemi się w zupełnym spokoju. Wogóle inaczej przedstawiają się nam przedmioty, gdy są one lub my w spokoju, a inaczej gdy są one lub my w ruchu. To, co nazywamy spokojem albo ruchem, jest więc tylko pojęciem względnem, bo jak słusznie zauważył Einstein, tylko w stosunku do błędnie uważanej za znajdującą się raz na zawsze w stanie spokoju ziemi. Albowiem ruch ziemi nigdy nie przenika do naszego spostrzeżenia, wiemy o nim, że istnieje, ale go nie odczuwamy. Wchodzi tu w grę siła ciężkości. Nasz sposób zapatrywania się na położenie przedmiotów zależny jest bowiem od tego, że stosujemy wszystko do położenia, które nazywamy prostem t. j. względem siły ciężkości.

Z tego, cośmy wyżej powiedzieli, wynika, że to co nazywamy *ojczyzną*, tyczy się tylko położenia na ziemi, lecz nie we wszechświecie, gdyż we wszechświecie stale zmieniamy nasze miejsce: być może, że w stosunku do wszechświata znajdujemy się w tej chwili w tem miejscu, gdzie niedawno była np. Francja. Dalej wynika z tego, że niema w przyrodzie pojęcia góry i dołu, bo co w jednej pozycji wydaje się dołem, w drugiej wyda się górą i naodwrót (por. roz. XI), *a więc zasada iż każdy musi być badany jego miarką, tyczy się nietylko świata moralnego, lecz i świata fizycznego.*

B. Związek teorji Einsteina z narządem błędnikowym.

Związek pomiędzy teorją Einsteina a czynnością błędnika jest, wbrew na pozór zupełnej odrębności tych dziedzin, bardzo ścisły. Teorja bowiem Einsteina mówi o względności wymiarów przestrzeni i czasu, pojęcie zaś przestrzeni oparte jest, jak to zobaczymy, na budowie błędników. Istotnie punktem wyjścia teorji Einsteina były prace jednego z najgenjalniejszych ludzi — Macha[1]), właściwego twórcy teorji względności, profesora fizyki w Hradźcu i Pradze a później filozofji w Wiedniu, który, opierając się na swych badaniach o czynności błędników, wykazał, że poczucie ruchu, a zatem czasu i przestrzeni, zależne jest od błędnika, że przeto również

[1]) Umarł w r. 1915. Zaniewidział na kilkanaście lat przed śmiercią.

teorje i pojęcia geometryczne oparte są na czynności błędników, w których trzy łuki odpowiadają wymiarom wysokości, szerokości i długości. Wrażenia, otrzymywane za pomocą błędników są jakby odbiciem fotograficznem na jednej płaszczyźnie danej części świata trójwymiarowego. Dzięki tym, stojącym pod kątem prostym jeden względem drugiego, trzem łukom półkolistym, kręgowce są w stanie poruszać się w trzech kierunkach. Zresztą wogóle, nim się zorjentujemy w położeniu, t. j. nim przełożymy położenie nasze na zewnątrz, posiadać musimy przedewszystkiem poczucie położenie ciała własnego, a to na podstawie pojęcia o przestrzeni trójwymiarowej, pojęcia, od którego, jak mówi Kant, ani na chwilę uwolnić się nie możemy, do którego sprowadzamy wszelkie nasze postrzeżenia i które powstaje w mózgu naszym właśnie dzięki tym trzem łukom. Już Cyon zwrócił uwagę na to, że idea przestrzeni jest nam wrodzoną dzięki budowie naszego ustroju (teorja natywistyczna).

Poczucie więc wewnętrzne idealnego systemu trzech współrzędnych, odpowiadających trzem łukom półkolistym t. j. przestrzeni trójwymiarowej, przyczyniło się do powstania nauki geometrji analitycznej, zapoczątkowanej przez Kartezjusza. Każdy bowiem otjatra zaraz spostrzeże, że trzem spółrzędnym Kartezjusza (które najłatwiej sobie przedstawić jako trzy, spotykające się w jednym punkcie np. w kącie pokoju, płaszczyzny dwóch ścian i podłogi i za pomocą których możemy określić położenie każdego ciała w przestrzeni) odpowiadają trzy łuki błędnika. Dlatego też przestrzeń o trzech wymiarach służy za podstawę geometrji Euklidesowej, która, jeśli przypuścić istnienie większej ilości wymiarów, byłaby tylko specjalnym przypadkiem geometrji ogólnej, opartej na ilości n — wymiarów. Aksjomaty geometryczne są nam zatem zaszczepione za pośrednictwem naszych narządów zmysłowych, t. j. błędników, i przez nie też są ograniczone. Prawda, że linja prosta jest najkrótszą odległością pomiędzy dwoma punktami, przebywa w nas w stanie ukrytym dzięki budowie naszych błędników. Wprawdzie w przestrzeni istnieje nieskończenie wielka ilość osi, dokoła których może nastąpić obracanie, podmiotowo jednak mamy do czynienia z 3 zasadniczemi osiami, z poczuciem ich 6 zasadniczych kierunków, (biorąc pod uwagę prawą i lewą stronę) tak jak istnieje wiele długości fal światła z odpowiedniemi odcieniami barw, lecz trzy tylko barwy zasadnicze (według teorji Young'a). To też do tej idealnej trójwymiarowej przestrzeni, którą sobie przedstawiamy w naszym mózgu, sprowadzamy wszystkie nasze spostrzeżenia. [1])

Podstawą naszych pojęć filozoficznych o przestrzeni i czasie nie jest tylko geometrja, mechanika i fizyka, lecz także, jak z powyższego widzimy,

[1]) Ponieważ orjentacja w konfiguracji ciał możliwa jest tylko dzięki istnieniu łuków półkolistych, wynika więc z tego, że zmysł muzykalny i zmysł matematyczny są funkcjami jednego i tego samego narządu usznego. A ponieważ architektura oparta jest na matematyce, a zatem muzyka i architektura, mówi Doniselli, są istotnie sztukami siostrzanemi.

fizjologja a właściwie psychologja, łącząca się tą drogą z filozofją. Nasze pojęcia filozoficzne muszą zatem również uledz zmianie na podstawie teorji Einsteina. Że w naszych pojęciach naukowych i moralnych tkwią błędy, to oddawna było dla nas zrozumiałe, nikt jednak dawniej nie przypuszczał, że nawet w tak ścisłej nauce jak geometrja, a zatem w całej matematyce, również tkwią błędy; sądziliśmy, że zasady geometrji są niezmienne. Z badań Einsteina okazało się, że nie tylko pojęcia przestrzeni i czasu, lecz że nawet i masa jest wielkością zmienną.

Nie wszystkie jednak zwierzęta mogą się orjentować nawet pod względem przestrzeni trójwymiarowej. Minogi posiadają tylko dwie pary łuków z każdej strony, to też orjentują się one tylko w dwóch kierunkach przestrzeni; myszy japońskie i miększyce (myxinia), mające zwykle jeden tylko łuk z każdej strony, orjentują się tylko w jednym kierunku. Czy świat nasz posiada rzeczywiście tylko trzy wymiary czy też liczba ta pochodzi od ograniczonej organizacji naszego błędnika? Czy mogłyby istnieć zwierzęta z układem np. czterech par łuków, dla których być może czworokątny system współrzędnych byłby normalnym t. j. zwierzęta rozpoznające cztery wymiary? Czy wogóle można wyobrazić sobie przestrzeń jako wielkość czwórwymiarową? Sprawy te bezwarunkowo związane są z budową naszych błędników. Nic nie przeczy możliwości istnienia takich zwierząt, którym przestrzeń przedstawiała by się jako czwórwymiarowa. Wynika to z jednej strony z istnienia zwierząt o poczuciu jednego lub dwóch tylko wymiarów, z drugiej strony z tej okoliczności, że np. my widzimy fale eteru (światła) tylko w pewnej ograniczonej liczbie i słyszymy drgania powietrza w kilku tylko oktawach, gdy natomiast są zwierzęta, mające szersze rozmiary wrażeń. Kot np. słyszy takie tony, których nie słyszy człowiek. Możemy przecież *słyszeć niewidzialne* fale Hertza (radiotelefon) *i widzieć cały szereg tonów niesłyszalnych* za pomocą figur Chladny'ego, t. j. proszków posypanych na płytach szklanych. Podobnie jak punkt szybko się przesuwający sprawia wrażenie linji, linja—płaszczyzny, a płaszczyzna — ciała o trzech wymiarach, tak samo ciało trójwymiarowe powinno w warunkach tych przedstawiać się jako ciało czterowymiarowe.

Zaznaczyć tu też musimy, że budowa naszego błędnika ma zastosowanie tylko do naszej planety t. j. tylko relatywne, względem innych zaś ciał niebieskich, obracających się w inny sposób i w innem tempie, a może i z rozmaitą szybkością w rozmaitych osiach, traci błędnik swą wartość orjentacyjną. W wszelkim razie, jeżeli na innej planecie znajdują się istoty, posiadające łuki półkoliste, kierunek tych łuków musiałby być zupełnie inny, niż u zwierząt, żyjących na ziemi.

Do przypuszczenia istnienia geometrji nieeuklidesowej mogą doprowadzić nie tylko wyżej przytoczone momenty, lecz i zaburzenia błędnika. Pojęcie bowiem o tem, co jest linja prosta, może być wskutek zaburzeń błędnikowych chwilowo albo na czas dłuższy zupełnie zmienione: pion

może się nam wydać przekrzywionym, a kąty krzyża prostokątnego — jako kąty większe lub mniejsze od 90°. Przy pewnem pochyleniu kwadratu względem naszej osi widzenia, a zatem przy skurczeniu perspektywicznem, przedstawia się on jako romb; pomimo to przy normalnych błędnikach rozpoznajemy tę postać nie jako romb, lecz jako kwadrat. Przy zaburzeniu błędnika ulegamy złudzeniu co do kierunku pionu, zatem także pod względem skurczenia perspektywicznego, a wtedy romb wydaje się nam pochylonym w kierunku płaszczyzn tak poziomej, jak i pionowej. Pojęcie więc linji prostej, jako zależne od błędnika, może być chwilowo albo na czas dłuższy zniesione wskutek zachorzeń błędnika. Kierunek linji np. poziomej lub pionowej, którą rysują chorzy przy zaburzeniach błędnika, może służyć jako miara zaburzeń błędnika (p. str. 32).

Wytworzony przez nasz błędnik idealny układ współrzędnych zostaje zmieniony nawet przez zmianę położenia głowy, bo to już wywołuje zaburzenie czynności błędników. Wtedy również zmienia się pojęcie o tem, co jest linja pionowa a co jest linja pozioma, może nawet stać się tak, że łuk półkolisty poziomy błędnika spełnia w tych warunkach czynności łuku pionowego w stosunku do poprzedniego położenia i naodwrót, jak to widzimy normalnie u flądry, która w biegu rozwoju swego staje się ze zwierzęcia symetrycznego zwierzęciem asymetrycznym. (por. rozdz. III.)

Że pojęcie przestrzeni nie jest czemś absolutnie stałem, wynika to także z tego, że „przy zaburzeniach błędnika" lub przy odmiennej budowie oczu u pewnych zwierząt „zjawia się makro—i mikropsja[1])", t. j. przedmioty przedstawiają się nam większymi albo mniejszymi, aniżeli są w rzeczywistości. Zależność pojęć przestrzennych od błędnika widoczna jest z tego, że *ocena wielkości* przedmiotów za pomocą oczu w znacznym stopniu zależna jest od napięcia mięśni ocznych zewnętrznych i wewnętrznych, t. j. od położenia oczu; napięcie zaś mięśni, jak już w pierwszym rozdziale zaznaczyliśmy, zależne jest od błędnika (por. str. 31).

Ponieważ człowiekowi z chorym błędnikiem wszystkie przedmioty wydają się pochylonemi i przekrzywionemi, niektórzy więc chorzy, mający błędnik w stanie anormalnym, inaczej zupełnie przedstawiają sobie świat, tak jak inaczej przedstawia się świat daltoniście. Wrażenie stanu spokoju otoczenia naszego może być zupełnie obalone dzięki zaburzeniom błędnika, jak to widzieliśmy w rozdziale VIII, traktującym o złudzeniach. *Złudzenia* polegają na błędnej projekcji pola widzenia na układ współrzędnych łuków błędnika, odpowiadających układowi współrzędnych Kartezjusza t. j. na idealną przestrzeń geometryczną. Nasze pojęcia o przestrzeni i ruchu są zatem w zupełności zależne od stanu naszych narządów zmysłowych. Geometrja jest zatem, jak mówiliśmy, nauką także o podłożu psychologicznem.

---

[1]) Szwarc (p. Szwarc i Hellin Nr. 1, str. 15).

Zagadnienia co do przestrzeni i czasu już od lat tysięcy zaprzątały umysły filozofów i matematyków. Lecz dopiero znajomość błędnika, jako narządu zmysłu przestrzeni i czasu, otwiera nam wrota, przez które trafić możemy do poznania nietylko życia psychicznego zwierząt, lecz wogóle wszechświata.

Widzieliśmy, że pojęcie o przestrzeni zależne jest od trzech łuków błędnika i że zatem wszelkie pojęcia, opierające się na geometrji, a więc i teorja Einsteina, biorą początek swój w czynności błędników. Ale i pod innym względem teorja Einsteina oparta jest na czynności błędnika. Mówiliśmy już o tem, że wogóle punktem wyjścia, zaczątkiem teorji Einsteina, było zaznaczone przez Macha na podstawie czynności błędnika zjawisko, że w ruchu jednostajnym prostolinijnym równomiernym, gdy nie widzimy przedmiotów, mogących służyć za podstawę porównania (np. gdyby dokoła jadącego pociągu była mgła), nie możemy stwierdzić istnienia ruchu lub spokoju, bo tylko pozorny ruch otoczenia uświadamia nas o ruchu pociągu; odczuwamy tylko ruch nierównomierny, t. j. przyspieszenie lub zwolnienie, i dopiero zmiana położenia ciała naszego, jak np. podniesienie głowy w pociągu, pozwala nam zorjentować się pod tym względem. A sprawa ruchu— to dla teorji Einsteina rzeczą podstawowa[1]).

C. Względność pojęcia czasu a błędnik.

Pojęcie ruchu w przestrzeni ściśle związane jest z pojęciem czasu. Pojęcie bowiem jednoczesności dwóch zjawisk jest inne u obserwatora, znajdującego się w spokoju niż u obserwatora, będącego w ruchu. To co dla jednego będzie jednoczesnem, drugiemu wyda się zjawiskiem niejednoczesnem. Szybkość pociągu, który mijamy, jadąc drugim, wyda się nam większą, jeśli jedzie on w przeciwną stronę, mniejszą — gdy jedzie w tę samą co i my stronę; w pierwszym bowiem przypadku w świadomości naszej sumujemy szybkość obydwóch pociągów, w drugim — wrażenie otrzymujemy na podstawie odejmowania jednej szybkości od drugiej. Przy jeździe w szybkomknącym powozie doznajemy wrażenia większej szybkości niż przy jeździe koleją, co naturalnie nie odpowiada rzeczywistości.

[1]) Niekażde nawet przyspieszenie odczuwamy. By doszło ono do naszej świadomości, musi ono wynosić około 30—40 cm., minimalnie 23 cm. na sekundę, przyczem ruchy prostolinijne odczuwamy mniej wyraźnie, niż ruchy obrotowe; najmniejsze przyspieszenie prostolinijne, by mogło być przez nas spostrzeżone, musi być trzy razy większe aniżeli przyspieszenie przy ruchu obrotowym. Według Macha przestajemy odczuwać również i przyspieszenia ruchu, jeśli są one stałe. Z tego by jednak wynikało, że zmiany w przyśpieszeniach odczuwalibyśmy przy wzmożeniu ich jako ruch w tym samym sensie, przy zmniejszeniu ich—w sensie przeciwnym, czyli że mogłoby się zdarzyć, że zdawałoby się nam, że posuwamy się naprzód, gdy na huśtawce bujamy się wtył, a wtył— gdy bujamy się naprzód, co jednak, zdaje się, niema miejsca.

Pociąg jadący z szybkością np. 20 km. na godzinę wydaje się nam posuwającym się znacznie wolniej, niż z tą samą szybkością jadący powóz; jazda na parostatku wydaje się nam mniej szybką niż w łodzi poruszanej wiosłami. Według Czermaka i Ludwiga pojęcie szybkości sprowadzić się daje, jak mówiliśmy, (rozdz. VIII), do zbieżności osi ocznych i akomodacji czyli, mówiąc na podstawie wiadomości współczesnych, do czynności błędników. Przestrzeń widzialna jest zatem w rzeczywistości podporządkowana narządowi usznemu, gdyż błędnik rządzi ruchami oczu, niezbędnemi do skierowania ich na dany przedmiot.

Z powyższych danych zrozumiemy łatwo, jak ścisły związek istnieje pomiędzy teorją Einsteina o względności przestrzeni i czasu a czynnościami błędnika. Sprawy ruchu (i jego szybkości) i spokoju, orjentacji co do kierunku ruchu i położenia otaczających nas przedmiotów i zjawisk, sprawa rozmiarów przedmiotów, sprawa złudzeń optycznych i wyobrażeniowych—wszystko to w ścisłym znajduje się związku z czynnościami błędników. Ponieważ miary przestrzeni i czasu zależne są od szybkości ruchu, więc i *światło* w tej postaci, w jakiej się ono nam przedstawia, jest zjawiskiem istniejącem, częściowo, tylko w naszej wyobraźni. Według Macha, przestrzeń i czas mogą być nazwane wrażeniem, uczuciem (Empfindung) tak dobrze jak barwy i tony.

Bliski związek między naszem pojęciem przestrzeni i pojęciem czasu, ich wspólność, widoczne są z naszych zwykłych form mowy. Mówimy zarówno „duża przestrzeń czasu" jak i „godzina drogi". *Czas* mierzymy na zegarku *odległością* na tarczy zegarowej. Stopień — pierwotnie *ruch* dzienny słońca po ekliptyce, stał się nazwą *przestrzeni* kątowej. Jednem słowem, określamy przestrzeń wyrazem czasu, a czas w terminach przestrzeni. Czyli — zjawiska współczesności (przestrzenne) i zjawiska kolejności (czasu) mogą wzajemnie się zastępować w umyśle naszym.

Pojęcie czasu wprowadził jako czwarty wymiar do teorji Einsteina, swego ucznia, na rok przed swą świercią, zmarły w 1914 r., słynny matematyk Minkowski, urodzony w Suwalszczyźnie. Świat przedmiotów ma trzy wymiary, świat zdarzeń ma jeszcze czwarty wymiar—czas. Otóż Minkowski sprowadził pojęcie czasu do pojęcia przestrzeni, uogólniając matematycznie te dwa pojęcia w ten sposób, że wskazał jak można miarą długości, służącą do mierzenia przestrzeni, mierzyć czas. Za jedność miary służy metr czasu t. j. czas, jakiego potrzebuje promień świetlny dla przebycia drogi jednego metra przestrzeni. Ponieważ światło przebiega w jedną sekundę 300,000 km., więc metr czasu = 1/300,000,000 sekundy. Gdy zatem czas może być mierzony za pomocą przestrzeni, a miara przestrzeni jest zależną od błędnika, więc i miara czasu jest zależną od błędnika. Już Cyon wyraził zdanie, że narząd błędnikowy uważać należy za ów szósty zmysł czasu.

Pomimo ogólności i niezbędności pojęcia o czasie, wykazują oddzielni ludzie znaczne różnice zmysłu czasu. Inaczej mówiąc—niema absolutnego zmysłu czasu. Dla zmierzenia pewnej przestrzeni dziecko wy-

konać musi więcej ruchów niż dorosły. Stąd ocena czasu i odległości inna jest u dzieci niż u dorosłych. Zwierzę, u którego rytmy życiowe są bardzo szybkie, jak np. komar, który wykonywa 10 — 15 tysięcy uderzeń skrzydełkami na sekundę, gdzie każde uderzenie oparte jest na oddzielnym akcie nerwowym, musi mieć inne poczucie czasu niż my. Dla komara czas, jako mierzony większą ilością ruchów, wyda się o wiele dłuższym, niż zwierzętom o ruchach powolnych.

Że zwierzęta posiadają zmysł czasu, widzimy to z tego, że potrafią bardzo dobrze ocenić czas, jeśli karmić je o jednej i tej samej porze, tak jak posiadać muszą również poczucie prawej i lewej strony (Mach.) Tak jak i ludzie, posiadają one również pojęcie o linji prostej i wiedzą, że linja prosta jest najkrótszą odległością pomiędzy dwoma punktami, jak to widzimy na polowaniu, a także u uciekających psów i koni i t. d.

Zależności poczucia czasu od narządów błędnikowych dowodzi *rytm*, bo rytm czyli uderzenie w takt, a zatem pewna miara czasu, nie jest niczem innem, jak tylko wzmożeniem i osłabieniem napięcia mięśni, zależnego, jak wiadomo, od narządu błędnikowego (por. rodz. I), z pewnem jednak ograniczeniem: posiadamy bowiem wszyscy zmysł mięśniowy, nie każdy jednak posiada muzykalny zmysł rytmu. Rytm widzimy również u zwierząt w śpiewie ptaków np. kukułki, słowika, w pianiu koguta, skrzeczeniu żaby, myczeniu krów i t. p. Nawet żyjątka jednokomórkowe wykonują ruchy rytmiczne, ich rzęski uderzają rytmicznie, nawet tętniące wakuole pracują okresowo, także podział komórek odbywa się w pewnym rytmie. Zresztą rytm panuje w każdym organizmie: oddech, serce i inne narządy, regulowane automatycznie, są tego przykładem.

Mówiliśmy w rozdziale VI o tem, że tropizm, jako poczucie siły ciężkości, jest zjawiskiem bardziej ogólnem, niżby się na pierwszy rzut oka zdawało. Jeszcze bardziej ogólne znaczenie ma *rytm*. *Rytm jest cechą każdego ruchu*, jak słusznie dowiódł tego Spencer w swoich „Pierwszych Zasadach". Jedynym warunkiem, przy którym mógłby rytm nieistnieć, t. j. jedynym warunkiem, przy którym możliwy by był ruch wieczny w przestrzeni po jednej i tej samej linji prostej, byłoby istnienie nieskończonej próżni przy nieistnieniu wszystkiego, oprócz poruszającego się ciała. Ale myśl nasza nie może sobie wyobrazić takich warunków. Ruch nie może być ani równomiernym, ani prostolinijnym, a zatem jedyną alternatywą pozostaje rytm (Spencer). Znaczenie błędnika, jako narządu, od którego zależne jest poczucie rytmu, uwydatnia się tym sposobem jeszcze silniej.

Pod względem psychologicznym zauważyć należy, że im więcej oddala się od nas rozpatrywana przez nas przestrzeń, tem mniej ją odczuwamy, wskutek coraz silniejszego zmniejszenia się punktów porównawczych. Ten fakt, że świadomość nasza przestrzeni bliżej nas leżącej jest o wiele zupełniejszą, niż świadomość przestrzeni dalej położonej, przemawia, według Spencera, przeciw poglądom Kanta na przestrzeń, jako na pojęcie

przynależne do p o d m i o t u, a nie p r z e d m i o t u. Zresztą gra tu rolę wrażliwość, której osłabienie w starości jest przyczyną, że starszemu miesiące nie wydają się dłuższemi, niż tygodnie młodzieńcowi. Natomiast ból, oczekiwanie przedłużają poczucie czasu. Dlatego też czas trwania jakiegoś wydarzenia wydaje się tem krótszym, im dłuższy czas oddziela je od teraźniejszości. Kąt widzenia staje się mniejszym. Odległość pomiędzy dwoma punktami znacznie oddalonemi od nas zawsze przedstawia się nam mniejszą, aniżeli wtedy, gdy się znajdujemy w bliskości tych punktów. Skrócenie trwania jakiegoś zjawiska istnieje narówni ze skróceniem rozciągłości. Jest to poniekąd perspektywa duchowa. Dlatego też, życie nasze gdy je sobie przesuwamy przed oczyma, nie wydaje się nam o wiele dłuższe, czy je rozpatrzymy do 30 czy do 50 lat. Jedna noc może się nam wydać całym stuleciem, a całe życie, jak to się zdarza tonącym, przechodzi przed ich oczami w ciągu kilku chwil. Ponieważ istnieją także ruchy zarówno zbyt szybkie dla naszej percepcji jak i zbyt powolne, poczucie czasu mieści się zatem tylko w granicach, odpowiadających postrzeganym przez nas szybkościom.

Kończąc na tem sprawę stosunku teorji względności do błędnika, zaznaczyć musimy, że zasługa Einsteina polega na tem, że zespolił on w jedną całość poniekąd odłogiem do tego czasu leżące, nietylko w jedną całość nie złączone, lecz nawet nie powiązane ze sobą wzajemnie, jakby nic wspólnego ze sobą nie mające: teorje Newtona, teorje Galileusza i Kartezjusza, prawa mechaniki klasycznej, zatem i prawa siły ciężkości, astronomję, naukę o nieskończoności świata, o prawach nim rządzących, teorję światła, jego istotę i szybkość, pojęcie masy, inercji i energji, prace matematyczne Lorentza, zasady geometrji t. zw. transcendentalnej w przeciwstawieniu do geometrji Euklidesowej, doświadczenia Michelsona i Fizeau, elektrodynamikę i radioaktywność, wreszcie podstawy anatomiczne i fizjologiczne złudzeń optycznych i wyobrażeniowych, pochodzących z ustroju błędników, sprowadzając pojęcie energji do pojęcia masy, pojęcie czasu — do pojęcia przestrzeni, energji do siły ciężkości, uogólniając tą drogą pojęcia masy, inercji, siły ciężkości, energji, przestrzeni i czasu. Zwrócił on uwagę na to, że czas, przestrzeń i masa zależne są od szybkości ruchu, są więc wielkością względną. Einstein dokonał więc jednego z największych i najrozleglejszych uogólnień naukowych, zbliżając nas przez to do możliwości rozwiązania zagadnień bytu świata jako uogólnienia wszystkich uogólnień.

Jeśli sądzą niektórzy, że odkrycie Einsteina tyczy się rzeczy oddawna znanych, to naturalnie jest to zdanie bardzo powierzchowne. Sam Einstein słusznie zwraca uwagę, że wszelkie wielkie odkrycia tyczyły się zawsze faktów już znanych, genjalne było zawsze tylko postawienie odpowiedniego pytania, które właśnie doprowadziło i tu do tak wspaniałych uogólnień. Słusznie też powiedział ktoś: Odkryj prawdę oddawna istniejącą, powiedz

coś, co się samo przez się rozumie, jako pierwszy, a będziesz najgenjalniejszym człowiekiem, człowiekiem o nieśmiertelnej sławie.

Widzieliśmy przeto znaczenie błędnika w sportach i sztukach pięknych— muzyce, tańcach, pływaniu, polowaniu, jeździe na bicyklu i w areoplanie, podczas jazdy powozem, tramwajem, koleją i na okręcie, przy jeździe na karuzeli lub huśtaniu się, w żonglerstwie, chodzeniu po linie, przy fruwaniu, w orjentowaniu się w przestrzeni, u ślepych, u głuchoniemych, zezujących, mających szyję skośną, w symulacji ślepoty, w życiu zarodkowem zwierząt, u raków, myszy i ptaków, kameleona, u górników, w piśmie i mowie, w teorji Einsteina, a nawet w grze wyobraźni — niema prawie dziedziny, gdzieby nikły ten na pozór narząd nie rozpościerał wpływu swego.

LITERATURA.

Hellin i Szwarc. Relations entre les affections de l'oeil et celles de l'oreille. Warszawa, Nakład. Wolnej Wszechnicy Polskiej 1922.

Hellin et Szwarc. Du rôle du labyrinthe dans la maladie de Basedow. Revue neurologique. T. 37.

Aubert. Physiologische Studien ueber Orientirung Tybinga. 1888.

Bartels. Klin. Monatssbl. f. Augenheilh T. 53 T. 65.

Brown, F. Graham. Pflüger's Arch. 1909. T. 130.

Cyon. Das Ohrlabyrinth. Berlin 1908.

Doniselli, C. La fisiologia dei labirinto e i sensi generali matematici (spatio, tempo, numero). Archivio di fisiologia, Vol. XI.

Dreyfuss. Pflüger's Archiv. 1900. T. 81.

Fano e Masini. Sur les rapports fonctionnels entre l'appareil auditif et le centre respiratoire. Archiv. ital. de Biologie 1894. T. 21.

Goltz. Pflüger's Archiv. 1870. T. 3.

Hartmann F. Die Orientirung Lipsk 1902.

Högyes. Ueber den Nervenmechanismus d. assozirten Augenbewegungen. Monatsschr. f. Ohrenheilk 1912.

Kreidl. Pflüger's Archiv. T. 61.

Lechner. 1) Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. 1914. 2) Archiv f. Ophtalmol. T. XLIV.

Mach, E Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen. Lipsk 1875.

Peters. Klin. Monatsbl. f. Augenheilh. 1912—T. 50.

Rochon-Duvignand. La vision et l'oeil des oiseaux. Bull. biol. de la France et de la Belgique. T. LIV.

Rothfeld. Neurologja polska. T. III.

Schilder. Studien über den Gleichgewichtsaparat. Wiener klin. Wochenschr. 1918.

Spencer, Herbert, The first principles.

Stein, St. Die Lehre von den Funktionen der einzelnen Teile des Ohrlabyrinths. Jena 1894.

Jean Tarneaud. Le dynamisme et la coordination des actions d'orientation et d'équilibration. Paryż 1923.

TREŚĆ.

Drukarnia Akademicka Warszawa, Al. 3-go Maja 9 Tel. 510-08.