

Etienne *Wies*
E. J. Marey.

Professor Kollegium francuzkiego, członek Akademii medycznej.

MACHINA ZWIERZĘCA.

Ruch przenośny na ziemi i w powietrzu.

przełożył

WINCENTY NIEWIADOMSKI.

z drzeworytami w tekście.

WARSZAWA

Nakładem Redakcyi Przeglądu Tygodniowego.

—
1874.

Дозволено Цензурою,
Варшава 5 Декабря 1873 года.



323719

W drukarni Przeglądu Tygodniowego w Warszawie, ulica Czysta. Nr. 2

K. 742/61

W S T Ę P.

We wszech czasach porównywano bardzo często jestestwa żyjące z maszynami, wszelako dziś dopiero możemy pojmować doniosłość tego porównania.

Fizjologowie starożytni dostrzegali bezwątpienia w organizmie zwierzęcym równie jak maszynie: dźwignie, bloki, sznury, pompy i klapy. Ruchy tych przyrządów opisane zostały pod nazwą *Mechaniki zwierzęcej* w wielu dziełach klasycznych. Wszelako te organa bierne, potrzebują siły je poruszającej—siłą tą, powiada—no jest życie wprowadzające w ruch w zwierzęciu wszystkie te mechanizmy, i mniemano że tem określeniem odgraniczone zostały nieprzebytą zaporą maszyny nieożywione od ożywionych.

W naszych czasach wypadałoby przynajmniej poszukiwać innej podstawy w podobnego rodzaju odróżnieniach, gdyż geniusz tegoczesny wytworzył maszyny, które słuszniej można porównywać z motorami¹⁾ ożywionymi. W rzeczy samej te ostatnie zużywając niewiele materiału opałowego jaki przyjmują, wywięzują siłę potrzebną do ożywienia seryi organów i dają im możność spełniania prac najrozmaitszych.

Porównanie zwierząt do maszyn, nie tylko jest usprawiedliwionem, ale nadto staje się niezmiernie użytecznem z rozmaitych punktów widzenia. Dostarcza ono szacownego środka do jasnego

¹⁾ Motorem nazywamy siłę ruch nadającą można by w naszym języku motor nazwać silnikiem. (Przyp. aut).

zrozumienia zjawisk mechanicznych, zachodzących w jestestwach żyjących, zbliżając je do podobnych zjawisk, powszechniej wszakże znanych, jakie możemy sprawdzać w funkcyjach machin, służących do codziennego użytku. Ztąd też zdarzy się nam często w ciągu tej książki poszukiwać świadectw syntetycznych w mechanice, celem wykrycia zjawiska zachodzącego w życiu zwierzęcem. Mechanik ze swej strony może korzystać z wiadomości użytecznych jakie znajdzie w badaniu przyrody, która mu nieraz okaże, że najbardziej zawiślane zagadnienia, mogą być rozwiązywane z prostotą przedziwną. Badanie wszelako mechaniki zwierzęcej przedstawia pole wielce rozległe. Każda funkcyja życiowa wymaga, że tak powiemy, pomocy przyrządów mechanicznych jej właściwych. Krążenie krwi, oddychanie i t. p. mogą i powinny być rozpatrywane oddzielnie—dlatego też ograniczymy się w tej pracy na zbadaniu jednej tylko funkcyi, w zasadzie mechanicznej, to jest ruchu przenośnego rozmaitych zwierząt.

Łatwo okazać ważność podobnego przedmiotu — ruch przenośny w rozmaitych swych postaciach, jako to: na ziemi, w wodach i w powietrzu, zawsze obudzał zajęcie. Czy człowiek próbował zużytkować o ile można najkorzystniej swą siłę poruszającą, i zwierząt — czy starał się rozszerzyć swe posiadłości, otwierając sobie drogi przez morza, lub wznosząc się w powietrze, zawsze w takich razach szukał natchnień w przyrodzie. Spodziewać się wypada że dokładniejsze poznanie rozmaitych rodzajów ruchu przenośnego zwierząt, będzie punktem wyjścia nowych zastosowań, z których wypłyną jakie nowe postępy. Wszelkie poszukiwanie naukowe, przedstawia bezwątpienia samo przez się potężną ponętę—nadzieja wykrycia prawdy jest dostateczną do wspierania usiłowań tych, którzy ją śledzą. Roztrząsanie praw przyrody, było dla ludzi dokonywających odkryć wielką i szlachetną rozkoszą. Wszelako dla ludzkości nauka jest tylko środkiem, postęp zaś celem. Okazać, że badanie może doprowadzić do jakiego użytecznego zastosowania, jest to pociągnąć za sobą na drogę poszukiwań wielu ludzi, którzyby ograniczali się śledzeniem jej zdaleka, wyłącznie tylko przez ciekawość. Nie zamierzając przytaczać tego wszystkiego co skorzystano z badań przyrody, spróbujemy tu tylko okazać, ile można zyskać jeszcze, oddając się staranniejszym studyom.

Ruch przenośny na ziemi, człowieka np. i wielkich zwierząt ssących, jest jeszcze dotąd bardzo niedokładnie znany. Gdyby nam

było wiadomem w jakich warunkach otrzymuje się maximum szybkości, siły lub pracy wytwarzanej przez jestestwo żyjące, położyloby to kres wielu sporom i wielu oplakanyim pokuszeniom. I tak, nie skazywanoby całych pokoleń ludzkich, na odbywanie pewnych cwiczeń wojskowych, które w późniejszym czasie zostaną odrzucone, jako nieużyteczne i śmieszne. Nie byłby znanym taki kraj, w którym żołnierze byliby przygniati ani ogromnym ładunkiem, gdyby postanowiono w drugim państwie, że najlepiej będzie niczem nie obciążać żołnierza. Poznanoby dokładnie w jakim ruchu zwierz pełni najlepszą posługę, czy to gdy pożądamy od niego szybkości w biegu, czy też gdy nam chodzi o to, aby ciągnął ciężary. Poznanoby wreszcie warunki uprzedzły najodpowiedniejsze do korzystnego użytkowania z siły zwierzęcej.

W tym też kierunku postęp usiłuje się przejawić—wszelako jeżeli słusznie obwiniamy jego kroki o powolność, to wypada przypisywać ją wyłącznie tylko niedokładnej znajomości mechanizmu ruchu przenośnego. Z udoskonaleniem tego rodzaju badań, użyteczne ich zastosowania, same z siebie wystąpią. Człowiek najwyraźniej szedł za natchnieniem przyrody, w budownictwie przyrządów posługujących w żegludze. Jeżeli pudło statku, jak to słusznie powiedziano, wyciosanem zostało na wzór ptaka pływającego, jeżeli wynalazek żagla jest naśladownictwem skrzydła łabędzia, wydętego wiatrem, a wynalazek wiosła naśladownictwem jego nóg błoniastych, uderzających o wodę, to najwyraźniej w tem wszystkim widzimy tylko sztukę, korzystającą z przyrody. Jest temu przeszło dwieście lat, jak Boreli, badając warunki równowagi i ruchu przenośnego ryb, nakreślił plan statku nurkowego, oparty w budowie na tejże samej zasadzie, co straszliwe *Monitory*, które ukazały się w ostatniej wojnie amerykańskiej.

W dzisiejszej sztuce żeglarskiej, kwestya dynamiczna pozostawia jeszcze wiele punktów ciemnych. Jaki kształt potrzeba nadać statkowi, aby napotkał w wodach opór o ile można najmniejszy? Jaki wybrać motor do najkorzystniejszego zużycowania siły mechanicznej? Według zdania ludzi kompetentnych w tej materii, zagadnienia tego rodzaju są zbyt złożone, aby można było oznaczyć rachunkiem warunki najprzychylniejsze budowie statków. Potrzebaż czekać dopóki empiryzm, szukając po omacku na rujnujących drogach, nie nauczy nas, w jaki sposób należy rozmotać zagadnienie, którego przecież najrozmaitsze rozwiąza-

nia ofiaruje nam przyroda? Biegli konstruktorzy probowali już naśladować motory przyrody, zaopatrując małe statki w przyrząd funkcyunujący naksztalt pletwy ogonowej ryby, wahadłujący jak ona w ruchu naprzemianległym. Chociaż przyrządy te są jeszcze niedoskonałe, przecież stanowią już silnice energicznie działające i może przyjdzie dzień, w którym zastąpią wszystkie inne dotąd używane.

Co się tyczy ruchu przenośnego w powietrzu, posiadał on zawsze przywilej wzbudzania żywej ciekawości człowieka. Ileż to razy nie zapytywano, czy ma on zawsze zazdrościć skrzydeł ptakom i owadom — czy nie mógłby również jak one odbywać podróży w szlakach powietrznych, jak je odbywa przez oceany? W rozmaitych epokach, ludzie poczytywani za powagi naukowe, wygłosili po długich obliczeniach, że zadanie to było marzeniem urojonem. Wszelako ileż to widzieliśmy wynalazków, które również uważano za niepodobne?

Niezaprzeczonem jest przecież, że wszelkie wmieszanie się matematyków bywa przedwczesnem, jeżeli zbadanie przyrody i doświadczenie nie złożą ścisłych danych, które wyłącznie mogą posłużyć za pewny punkt wyjścia w obliczeniach tego rodzaju.

Probować więc będziemy rozbioru tych szybkich akcyj, zachodzących w locie owadów i ptaków. Postaramy się następnie naśladować przyrodę i przekonamy się nieraz, że idąc za jej natchnieniami, znajdujemy najwięcej sposobności w rozwiązaniu zagadnień, jakie ona już rozwikłała.

Możemy już zapewnić, że w akcyach mechanicznych ruchu przenośnego na ziemi, w wodach i w powietrzu, nie zachodzi nic takiego, coby mogło uniknąć analizy, jaką przedsięwierzemy. Czyżby niepodobnem dla nas było odtworzenie zjawiska, którego mechanizm zrozumieliśmy? Nie posuwamy tak daleko sceptycyzmu. Zapewniano przez długi czas, że chemia tak potężnagdy chodzi o rozłożenie materyj organicznych, okaże się nieudolną w ich odtwarzaniu. Cóż się stało z tą przepowiednią zniechęcającą?

Spodziewamy się, że czytelnik, jeżeli zechce śledzić poszukiwania doświadczałne w tej książce przedstawione, wyprowadzi z nich to przekonanie, że wiele niepodobieństw, potrzebuje dziś tylko do urzeczywistnienia się, nieco czasu i wielu trudów.

Marzec 1873 r.

KSIEGA PIERWSZA.

SILY I ORGAN A.

Rozdział 1.

Sily w państwie nieorganicznym i w jestestwach organicznych.

Materyę poznajemy z jej *własności*.—Gdy materya działa wnioskujemy o istnieniu sił.—Wielość sił niegdyś przyjmowanych; dążność sprowadzenia ich do jednej siły w państwie nieorganicznym. — Niezużywalność siły; jej przekształcenia.—Sily życiowe, ich wielość przyjmowana przez starożytnych fizyologów.—Wiele sił życiowych sprowadzonych do sił fizycznych. — O prawach w fizyce i w fizyologii.—Teorya ogólna sił fizycznych.

Materyę poznajemy jedynie z jej *własności*, których nie moglibyśmy pojąć odosobnionych od materyi. Słowo *własność*, nie odpowiada niczemu w rzeczywistości, jest tylko sztucznem określeniem językowem. Podobnież wyrażenia: ciężkość, ciepło, twardość, barwa, i t. p. przypisywane rozmaitym ciałom materialnym, mają określać, że te ciała objawiają się naszym zmysłom w pewnych skutkach, które daje nam poznać codzienne doświadczenie.

Gdy materya działa, inaczej mówiąc, gdy zmienia stan, zachodzi to, co nazywamy zjawiskiem, posilkując się zaś nowem uproszczeniem językowem, nazywamy *siłą* przyczynę nieznaną, wywołującą zjawisko. Ciało spadające, rzeka płynąca, ognisko nas ogrzewające, błyskawica migocząca, dwa ciała wchodzące z so-

bą w związek, i t. d., wszystko to odpowiada objawom sił, które nazywamy ciężkością, siłą mechaniczną, ciepłem, elektrycznością, światłem, powinowactwami chemicznymi i t. d.

W pierwocinach nauki, liczbę sił pomnażano prawie do nieskończoności. Każde zjawisko odosobnione, uważanem było za objawy, siły oddzielnej; wszelako z wolna rozpoznano, że objawy najrozmaitsze mogą pochodzić z jednej przyczyny — odtąd też liczbą sił, jaką przyjmowano, uległa znacznemu pomniejszeniu.

Ciężkość i siła przyciągania sprowadzone zostały do jednej siły przez Newtona, który uznał w jabłku spadającym i w gwiazdzie utrzymywanej w swej drodze, skutki jednej przyczyny: ciążenia powszechnego. Amper sprowadził magnetyzm do objawu elektryczności. Światło i ciepło oddawna uważane są za objawy jednej siły, za ruch wibracyjny, nadzwyczajnie szybki, nadawany eterowi.

Za dni naszych przejawiał się szeroki pogląd, zmieniający jeszcze więcej stan nauki. Wszystkie siły przyrody sprowadzone zostały do jednej. Siła może przybierać wszelkie przejawy — staje się z kolei ciepłem, pracą mechaniczną, elektrycznością, światłem — daje życie związkom chemicznym lub rozkładom. Niekiedy siła zdaje się niknąć, chociaż się tylko utaja, możemy ją wynaleźć w całości i przeprowadzić znowu przez cykl jej przekształceń.

Siła będąc nierozdzielna z materią, równie jak ta nie ulega zniszczeniu, do nich obu winniśmy zastosować tę zasadę bezwzględną: nic w przyrodzie nie stwarza się i nic nie niszczy.

Za nim przedstawimy z niektórymi szczegółami to wielkie pojęcie zachowawczości siły i jej przekształceń w świecie nieorganicznym, zobaczymy czy w naukach rozpatrujących ciała organiczne, nie daje się dostrzec jakie uogólnienie podobne.

Jestestwo żyjące, w swych objawach czułości, inteligencji i własnowolności, okazuje się tak różnem od ciał bezwładnych i biernych przyrody nieorganicznej, rozród i rozwój zwierząt są w tym stopniu im tylko właściwe, że pierwsi obserwatorowie zniewoleni byli nakreślić linię graniczną oddzielającą oba te państwa przyrody.

Wymyślone więc zostały siły oddzielne, którym przypisywano każde ze zjawisk normalnych życia — inne znów siły, jak

duchów złoczynnych, zarządzały przejawami chorób, mogących dosięgać wszelką żyjącą istotę.

Wielce złożone zjawiska życia przez długi czas przeszkadzały schwyceniu węzła je łączącego, sprowadzeniu do jednej przyczyny tych skutków wielościowych i zredukowaniu w ten sposób liczby sił pierwotnie przyjętych. Człowiek w końcu przyjmuje za rzeczywistość rojenia, które sam sobie wytworzył. Zwolna pociąg do rzeczy niepojętych, wywiera nań pewien rodzaj czarów i zniewala go do odmawiania prawom fizycznym wszelkiego wpływu na jestestwa żyjące. Ten rozbijały mistycyzm przedstawił nam w końcu pewne zwierzęta, jako mogące wyłamywać się z pod wpływu siły ciężenia — według niego ciepło zwierzęce było całkiem inną istotą od cechującej nasze ogniska, a duchy subtelne nie dające się ująć, krążyły w naczyniach i w nerwach.

Czas nie wymierzył jeszcze sprawiedliwości tym wszystkim bredniom a jednak biologia, jak to możemy sprawdzić, usiłuje dziś przekształcić się równie zupełnie, jak nauki fizyczne, których rozwój tu naszkicowaliśmy. Wybrawszy za przewodnika doświadczenie, fizyologia poszukuje i znajduje siły fizyczne w wielu zjawiskach życiowych — codziennie widzi wzrastającą liczbę wypadków, do których stosują się zwykłe prawa przyrody. To co nie daje się im ująć, pozostaje dla nas nieznanem, lecz bynajmniej nie staje się nieprzeniknionem. Z pośród zjawisk życiowych, te, które możemy oceniać, należą najwyraźniej do rzędu fizyki lub mechaniki.

Znajdziemy w organizmie żywym te objawy siły, które nazywano ciepłem, pracą mechaniczną, elektrycznością, światłem, działaniami chemicznymi — ujrzymy te siły przekształcające się jedna w drugą — nie należy przecież spodziewać się na chwilę, abyśmy doszli do określenia liczebnego praw, kierujących przekształceniami tych sił. Organizm zwierzęcy nie poddaje się łatwo wymiarom ścisłym, a złożoność jego zbyt wielka, aby doprowadzić mogła do ewaluacyj, do których zresztą fizyk dochodzi z trudnością, posługując się najprostszymi maszynami.

Odpowiednio do stopnia złożoności, każda nauka mniej lub więcej zbliża się do ścisłości matematycznej, do której dojść winna wcześniej lub później. Prawo jest tylko określeniem stosunków liczebnych pomiędzy rozmaitemi zjawiskami — tem samem

praw ścisłych nie ma w fizyologii. W zjawiskach życia możebnem jest jedynie określić i przewidzieć zawczasu kierunek, w którym wytworzy się zmiana. Dotychczas fizyolog stopniowo tylko przychodzi do nabycia wiadomości, jakie posiadałby naprzykład astronom, wiedząc że siła przyciągania między dwiema gwiazdami zmniejsza się w miarę zwiększającej się ich odległości, lecz nie zdołał jeszcze oznaczyć prawa stosunku odwrotnego kwadratu z odległości. Albo lepiej jeszcze porównać można by fizyologa do fizyka któryby sprawdził, że gazy zgęszczone zmniejszają swą objętość, nie określiwszy stosunku liczebnego, zachodzącego między ich objętością a ciśnieniem. Nie ma przecież najmniejszej wątpliwości, że nie znamy żadnych stosunków liczebnych w zjawiskach życia—wszelako prędzej czy później przyjdziemy do ich wykrycia, za pomocą ścisłych metod badania, któremi będziemy się posilkować.

Gdyby fizycy ograniczali się na sprawdzeniu, że ciała przez ogrzewanie rozszerzają się, gdyby nie poszukiwali wymiaru temperatury tych ciał i objętości, jaką przyjmują przy każdej zmianie temperatury, wyrobiliby sobie pojęcie wcale niedokładne zjawisk rozszerzania się ciał w skutek ciepła. Przez długi czas fizyolog ograniczał się na zaznaczeniu, że taki a taki wpływ powiększa lub zmniejsza siłę mięśni, sprowadza zmianę w szybkości ich poruszeń, powiększa lub osłabia wrażliwość i siłę ruch nadającą. Nauka okazuje się dziś więcej wymagającą — obecnie już ściśle oznaczenie siły natężenia i trwania niektórych akcji — postaci rozmaitych ruchów — stosunki następstwa po sobie dwóch lub wielu zjawisk — dokładne oznaczenie szybkości obiegu krwi i przesyłki czynnika nerwowego czucia lub ruchu — słowem wszystkie te wymiary ściśle wprowadzone do fizyologii, dają nadzieję, że z wymierności jeszcze ściślejszych, wypłyną wkrótce prawa dokładniej określone.

W porównaniu, jakiego użyliśmy, zestawiającem siły fizyczne z ożywiającem organizm zwierzęcy, przypuszczamy, że są znane mi wiadomości zasadnicze, niedawno w nauce przyjęte, na podstawie których, wszystkie te siły sprowadzają się do jednej, a mianowicie ruchu rodzącej. Dlatego też ograniczymy się na pobieżnem naszkicowaniu nowej teorii.

Poczynając od atomu niewidzialnego, aż do ciała niebieskiego, ginącego w przestworze, wszystko ulega ruchowi. Wszystko

krąży w orbicie niezmierzonej lub nieskończenie małej. Molekuły utrzymywane w oznaczonej od siebie odległości, zależnej nawet od ożywiającego je ruchu, przedstawiają stosunki stałe, niktne jedynie w skutek przyrostu lub ubytku pewnej ilości ruchu. Najpowszechniej przyrost ruchu molekuł, powiększa ich drogi krążenia, i oddalając je od siebie, powiększa objętość ciał. Z tego też względu, ciepło występuje jako źródło ruchu. Pod wpływem jego, molekuły oddalając się coraz więcej od siebie, sprowadzają przejście ciał ze stanu stałego w płynny, a następnie w gazowy. Gazy te z kolei rozszerzają się do nieskończoności, w skutek przybytku nowych ilości ciepła. Wszelako ta siła nadająca nadzwyczajną szybkość molekułom, ta siła przyjmowana przez teorię, daje się ocenić doświadczeniem. Wymierzono jej napięcie przeciwstawiając rozszerzalności ciał przeszkodę, którą miała pokonać. W ten sposób molekuły gazów lub par, uwięzione w cylindrze machin, wywierają na jego powierzchnię wewnętrzną i tłok, ciśnienie tak znaczne, posługujące do wytworzenia pracy mechanicznej. Ta praca mechaniczna przekształca się z kolei w ciepło, gdy odwrócimy warunki doświadczenia — gdy na przykład siła zewnętrzna odpychając tłok pompy parowej, w skutek gwałtownego nacisku krępuje ruchy molekularne.

Nowa teoria wyświeciła pewne hipotezy, a z pośród nich te, które nakazywały przyjmować, ciepło utajone roztopionych lub parujących ciał — ciepło utajone rozszerzających się gazów. Usunęła niemniej inne; w ten też sposób odkrycie ciśnienia atmosferycznego, obaliło hipotezę dziś śmieszną, wstrętu natury do czerzości (próżni).

Chociaż teoria z mniejszą łatwością nagina się do wyjaśnienia zjawisk światła i elektryczności, to jednak na podstawie uderzających podobieństw, zachodzących między temi zjawiskami a ciepłem, pozwala przypuszczać że one są nie czem innem, tylko objawami ruchu. Zresztą przekształcanie się ruchu w ciepło, w elektryczność, w światło, można dowieść doświadczeniem: *okazującym przetworzenie się elektryczności stosu, w pracę mechaniczną, w ciepło, w światło i w proces chemiczny.*

Figura 1 przedstawia układ doświadczenia.

Widzimy tu rozłożone na stole rozmaite przyrządy, przez które może przebiegać prąd elektryczny rodzący się w stosie p

(zamiast jednego elementu przedstawionego w figurze, należy rozstawić seryę par Bunsena, chcąc dokładnie urzeczywistnić doświadczenie). Prąd stosu przeprowadzonym zostaje przez obiegnik eliptyczny, wyobrażony w figurze, na deszczulce prostokątnej. Obiegnik ten wyrobionym jest z grubego drutu miedzianego—drut w pewnych odstępach poprzerywany, nurza się w kubkach z rtęcią; z tych występują inne druty przeprowadzone do przyrządów przez które prąd ma przebiegać. W układzie przedstawionym w figurze I łuki metalowe, 1, 2, 3, 4, 5, łączą z sobą kubki z rtęcią i tworzą obiegnik zupełny, przez który prąd może przepływać, nie przebiegając przez przyrządy koła rozstawione.

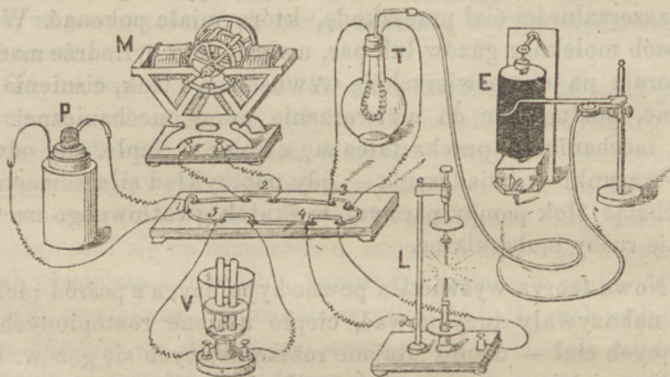


Fig. 1.

Unieśmy łuk Nr. I, prąd stosu przepływający przez ten łuk, zmuszonym jest przebieść przez obiegnik eliptyczny, nie przechodząc jednak do przyrządów otaczających. Gdy jednak usuniemy następnie łuk Nr. 2, prąd musi przepłynąć przez przyrząd M, będący motorem elektro-magnetycznym. Przyrząd ten wprowadzonym też zostanie w ruch i wytworzy pracę mechaniczną.

Usuujemy jednocześnie łuk Nr. 3, naówczas prąd musi przepłynąć również przez ciepłomierz kontrolujący. (Budowa tego narzędzia następująca: jest on rodzajem ciepłomierza Reissa złożonym ze spiralnej platynowej, przez którą prąd przechodzi, nurzającej się w balonie, napełnionym powietrzem. Pod wpływem rozgrzewania się spiralnej przez prąd ją przebiegający, powietrze

w balonie rozszerza się i przechodzi długą rurką do przyrządu kontrolującego. Ten znowu składa się z bębna metalowego, którego ścianę wierzchnią tworzy błona kauczukowa. Gdy powietrze napływa do bębna, błona jego wzdyma się i unosi drążek kontrolujący, ten zaś kreśli na walcu obrotowym E, linię krzywą, której wyniosłości i spadki, odpowiadają podnoszeniu się i obniżaniu temperatury).

Unosząc łuk Nr. 4, zmuszamy prąd do przepływu przez przyrząd L z ostrzami węgla, w których elektryczność rodzi to żywe światło każdemu dobrze znane.

Przepływając przez woltametr V, prąd sprowadza rozkład wody. Wymierza się przytem siła natężenia prądu z ilości wody rozłożonej, czyli innemi słowy z objętości wywięzującego się tlenu i wodoru. Z pomocą tych przyrządów, dostrzegamy najpierw, że elektryczność może stawać się z kolei pracą mechaniczną w motorze M—ciepłem w spiralnej ciepłomierza T — światłem między ostrzami węgla L i procesem chemicznym w woltametrze V. Poznano niemniej, że elektryczność doznawszy jednej z tych przemian, chłonie prąd, którego energia w ten sposób zmniejszoną zostaje. Gdy np. zniwalamy do spełniania pracy motor M, spostrzegamy zaraz, że przyrząd kontrolujący, zaznacza w ciepłomierzu pomniejszenie się ciepła. Powstrzymując ręką motor elektro-magnetyczny, występuje natychmiast przyrost w temperaturze linja krzywa kontrolująca ciepłik podnosi się.

Gdy pracuje motor elektro magnetyczny, spostrzegamy również zmniejszające się natężenie światła, i słabnący rozkład wody w woltametrze. Wszystkie te przecież zjawiska odzyskują swą energję pierwotną, jak tylko przerwaniem zostanie wytwarzanie się pracy mechanicznej.

W upływie tego czasu, każda siła zużywająca się w tych rozmaitych przyrządach, wydziela się ze stosu pod wpływem procesu chemicznego, t. j. przetworzenia się pewnej ilości cynku w siarczan cynku. W tenże sam sposób w ognisku maszyny parowej, ze spalania się węgla, t. j. z utleniania przetwarzającego węgiel w kwas węglany, wydziela się ciepło, przeistaczające się następnie w pracę.

Wszelako ta siła wywięzywana z ciał, była w nich zawartą, gdy cynk pozostawał jeszcze w stanie metalu, a kwas węglany w stanie węgla. Ciała te do swego wytworu zużyły pewną ilość

siły, którą ustąpiły przechodząc w stan inny. W ten też sposób potrzeba byłoby zwrócić siarczaniowi cynku i kwasowi węglanemu taką ilość elektryczności lub ciepła, jaką one wydzielili — chcąc nanowo odzyskać cynk metaliczny, lub węgiel w stanie czystości.

Według nowoczesnej teorii, siła ta, objawiająca się w danej chwili, nie zostaje stworzoną, lecz tylko uwidoczniłą, wyprowadzoną z utajenia w jakim pozostawała.

Nazywamy *napięciem* siły, zapas jej nagromadzony w ciele, wyczekujący sposobności przejawienia się. W ten też sposób sprężyna *napięta*, po upływie nieoznaczonego czasu wydaje siłę spotrzebowaną do jej napięcia, lub ciężar wyniesiony do pewnej wysokości w chwili swego spadku zwraca pracę podjętą przy jego wyniesieniu.

Rozdział II.

Przetwarzanie się sił fizycznych.

Chcąc udowodnić nieużywalność sił, potrzeba umieć je wymierzać.—Jednostki ciepła i pracy mechanicznej. — O termodynamice. — Wymiary sił w jestestwach żyjących. — Fazy po sobie następujące w przekształceniach ciał, wywidywanie się kolejne pod tym wpływem siły. — Termodynamika zastosowana do jestestw żyjących.

Dostrzegamy, że siła w rozmaitych swych przejawach, może być to utajona, to w stanie napięcia, lub działająca pod postacią ciepła, elektryczności, pracy mechanicznej.

Chcąc śledzić tę siłę w jej rozmaitych przeistoczeniach, chcąc upewnić się, że nie ginie z niej żadna cząstka, potrzeba posiadać środek wymierzania jej we wszelkich postaciach, w jakich się przejawia. Chemik może okazać nieużywalność materji, udowadniając na szalkach, że gram materji zachowuje swój ciężar, chociaż przechodzi wszelkie zmiany stanu, przez jakie go przeprowadzono. Zważmy tę materję w stanie płynnym, stałym, lub lotnym, znajdziemy zawsze wagę jednego grama pod najrozmaitszymi objętościami i postaciami.

Wymiar jest tem samem koniecznie potrzebny w rozmaitych objawach siły. Wszelka ilość ciepła, elektryczności lub pracy mechanicznej, winna być porównaną z jednostką właściwą, równie jak wszelkie wagi, które porównywane być muszą z jednostką ciężaru.

Jednostka ciepła. Uczucie ciepła i zimna, jakiego doznajemy w zetknięciu się z rozmaitemi ciałami, nie odpowiada bynajmniej

ilości ciepła, jaką też ciała zawierają. Przyrządy termometryczne nie są również w stanie wymierzać ilości ciepła, ponieważ rozmaite ciała przedstawiając naszym zmysłom i ciepłomierzowi tę samą temperaturę „mogą wydzielać ilości ciepła wielce nierówne“. Wszelako aby ogrzać jednakową wagę ciała, do jednakowej liczby stopni, potrzeba zawsze jednakowej ilości ciepła. Otóż według układu przyjętego we Francyi i wielu innych krajach, jednostką ciepła czyli *cieplikową*, jest ilość ciepła, potrzebnego do podniesienia jednego kilograma wody w stopniu zero, do stu stopni.

Jednostka pracy. Siła mechaniczna dokładniej dopiero określona została, od czasu wprowadzenia do nauki pojęcia zwanego *pracą*. Jednostką pracy mechanicznej przyjętą we Francyi jest *kilogrametr*, innemi słowy, siła potrzebna do podniesienia jednostki wagi, to jest kilograma, do jednostki wysokości, czyli do jednego metra.

Siła elektryczna, wymierza się jednym z jej skutków, t. j. rozkładem wody—udowodnionem bowiem zostało, że do rozłożenia jednakowej objętości wody, potrzeba zawsze jednakowej ilości elektryczności.

Wymiar sił będących *w akcji*, dostarcza nam z kolei środka do oznaczenia ilości siły *napięcia*, zawartej w ciele. I tak okazemy, że w jednym kilogramie węgla kamiennego i w ilości tlenu potrzebnego do przemiany tegoż węgla w kwas węglany, posiadamy w stanie napięcia 7,000 jednostek cieplikowych, gdy korzystając z całego zasobu ciepła, wywięzującego się w paleniu, zdołamy ogrzać o jeden stopień masę wody, przedstawiającą wagę 7,000 kilogramów.

Wszelako materya w paleniu nie zawsze utlenia się zupełnie, ztąd też nie wprowadza ona w działanie całkowitej siły napięcia, jaką zawiera. Jeden kilogram węgla, może np. ulegać tylko pierwszemu stopniowi utlenienia i przechodząc w tym razie w tlenek węgla, ustąpi jedynie 5,000 jednostek cieplikowych. Tenże tlenek węgla stając się z kolei kwasem węglanym utraci naówczas tylko 2,000 jednostek cieplikowych mu pozostających.

Przetwarzanie się sił fizycznych, jak już powiedzieliśmy, następuje bez żadnej straty w sile przetworzonej. Aby to okazać, potrzeba udowodnić, że pewna liczba jednostek cieplikowych

przetworzonych w pracę wyda liczbę stałą kilogrametrów — tudzież odwrotnie, że ta praca przechodząc w ciepło, zwróci pierwotną liczbę jednostek cieplikowych.

Nazywamy *termodynamiką*, naukę zajmującą się oznaczeniem stosunków pomiędzy ciepłem a pracą mechaniczną, oraz wartości *równoważnika mechanicznego ciepła*. Pojęcie to wypływające całkiem z teorii przemian sił i udowadniające, że w przetworzeniach nie tracą one ze swej wartości, słusznie poczytywanem jest za najpiękniejszą zdobycz czasów nowożytnych.

Zasada równoważności sił, przewidywana przez Sadi-Carnot'a, określona wyraźnie przez B. Mayera, udowodniona najwidoczniej doświadczeniami Joule'a, jest dziś przyjmowaną przez wszystkich fizyków. Każdy dzień dostarcza tej doktrynie nowe potwierdzenie i doprowadza do większej ścisłości w oznaczeniu równoważnika mechanicznego ciepła. Wartość dziś przyjętą powszechnie w oznaczeniu tego równoważnika, wyraża nam liczba 425—to znaczy, że potrzeba przetworzyć w ciepło 425 kilogrametrów pracy, chcąc otrzymać jednostkę cieplikową—i odwrotnie, że ciepło potrzebne do ogrzania o jeden stopień, jednego kilograma wody pozostającej w stopniu zero, będąc z kolei przetworzone w pracę, może podnieść do wysokości jednego metra, wagę 425 kilogramów¹⁾.

Wszelako w przetworzeniach termodynamicznych, winniśmy zaznaczyć pewne ograniczenie. Carnot przypuszczał, Clausius zaś okazał najjawniej, że gdy ciepło zmienia się w pracę, nie może całkowicie w nią się przetworzyć, oraz że większa część jego pozostaje w stanie ciepła, gdy tymczasem w działaniu odwrotnem, można przeistoczyć w ciepło całkowitą pracę, użytą do wywołania tego skutku. To jednak nie narusza w niczem prawa równoważności o którym mówimy, gdyż jeżeli w istocie w maszynie np. parowej, możemy pod postacią pracy, odnaleźć małą tylko część ciepła wytworzonego w ognisku, około 12% wynoszącą, niemniej przecież jest prawdziwem, że ta ilość ciepła znikłego, wy-

1) Doświadczenia Regnault'a nad szybkością dźwięku i prężnością gazów, dały dziś liczbę 439 wyrażającą prawdziwą wartość równoważnika mechanicznego ciepła.

Machiną zwierz.



ilości ciepła, jaką też ciała zawierają. Przyrządy termometryczne nie są również w stanie wymierzać ilości ciepła, ponieważ rozmaite ciała przedstawiając naszym zmysłom i ciepłomierzowi tę samą temperaturę „mogą wydzielać ilości ciepła wielce nierówne“. Wszelako aby ogrzać jednakową wagę ciała, do jednakowej liczby stopni, potrzeba zawsze jednakowej ilości ciepła. Otóż według układu przyjętego we Francyi i wielu innych krajach, jednostką ciepła czyli *cieplikową*, jest ilość ciepła, potrzebnego do podniesienia jednego kilograma wody w stopniu zero, do stu stopni.

Jednostka pracy. Siła mechaniczna dokładniej dopiero określona została, od czasu wprowadzenia do nauki pojęcia zwanego *pracą*. Jednostką pracy mechanicznej przyjętą we Francyi jest *kilogrametr*, innemi słowy, siła potrzebna do podniesienia jednostki wagi, to jest kilograma, do jednostki wysokości, czyli do jednego metra.

Siła elektryczna, wymierza się jednym z jej skutków, t. j. rozkładem wody—udowodnionem bowiem zostało, że do rozłożenia jednakowej objętości wody, potrzeba zawsze jednakowej ilości elektryczności.

Wymiar sił będących *w akcji*, dostarcza nam z kolei środka do oznaczenia ilości siły *napięcia*, zawartej w ciele. I tak okażemy, że w jednym kilogramie węgla kamiennego i w ilości tlenu potrzebnego do przemiany tegoż węgla w kwas węglany, posiadamy w stanie napięcia 7,000 jednostek cieplikowych, gdy korzystając z całego zasobu ciepła, wywięzującego się w paleniu, zdołamy ogrzać o jeden stopień masę wody, przedstawiającą wagę 7,000 kilogramów.

Wszelako materya w paleniu nie zawsze utlenia się zupełnie, ztąd też nie wprowadza ona w działanie całkowitej siły napięcia, jaką zawiera. Jeden kilogram węgla, może np. ulegać tylko pierwszemu stopniowi utlenienia i przechodząc w tym razie w tlenek węgla, ustąpi jedynie 5,000 jednostek cieplikowych. Tenże tlenek węgla stając się z kolei kwasem węglanym utraci naówczas tylko 2,000 jednostek cieplikowych mu pozostających.

Przetwarzanie się sił fizycznych, jak już powiedzieliśmy, następuje bez żadnej straty w sile przetworzonej. Aby to okazać, potrzeba udowodnić, że pewna liczba jednostek cieplikowych

przetworzonych w pracę wyda liczbę stałą *kilogrametrów* — tudzież odwrotnie, że ta praca przechodząc w ciepło, zwróci pierwotną liczbę jednostek cieplikowych.

Nazywamy *termodynamiką*, naukę zajmującą się oznaczeniem stosunków pomiędzy ciepłem a pracą mechaniczną, oraz wartości *równoważnika mechanicznego ciepła*. Pojęcie to wypływające całkiem z teoryi przemian sił i udowadniające, że w przetworzeniach nic nie tracą one ze swej wartości, słusznie poczytywanem jest za najpiękniejszą zdobycz czasów nowożytnych.

Zasada równoważności sił, przewidywana przez Sadi-Carnot'a, określona wyraźnie przez B. Mayera, udowodniona najwidoczniej doświadczeniami Joule'a, jest dziś przyjmowaną przez wszystkich fizyków. Każdy dzień dostarcza tej doktrynie nowe potwierdzenie i doprowadza do większej ścisłości w oznaczeniu równoważnika mechanicznego ciepła. Wartość dziś przyjętą powszechnie w oznaczeniu tego równoważnika, wyraża nam liczba 425—to znaczy, że potrzeba przetworzyć w ciepło 425 kilogrametrów pracy, chcąc otrzymać jednostkę cieplikową—i odwrotnie, że ciepło potrzebne do ogrzania o jeden stopień, jednego kilograma wody pozostającej w stopniu zero, będąc z kolei przetworzone w pracę, może podnieść do wysokości jednego metra, wagę 425 kilogramów¹⁾.

Wszelako w przetworzeniach termodynamicznych, winniśmy zaznaczyć pewne ograniczenie. Carnot przypuszczał, Clausius zaś okazał najjawniej, że gdy ciepło zmienia się w pracę, nie może całkowicie w nią się przetworzyć, oraz że większa część jego pozostaje w stanie ciepła, gdy tymczasem w działaniu odwrotnem, można przeistoczyć w ciepło całkowitą pracę, użytą do wywołania tego skutku. To jednak nie narusza w niczem prawa równoważności o którym mówimy, gdyż jeżeli w istocie w maszynie np. parowej, możemy pod postacią pracy, odnaleźć małą tylko cząstkę ciepła wytworzonego w ognisku, około 12% wynoszącą, niemniej przecież jest prawdziwem, że ta ilość ciepła znikłego, wy-

¹⁾ Doświadczenia Regnault'a nad szybkością dźwięku i prężnością gazów, dały dziś liczbę 439 wyrażającą prawdziwą wartość równoważnika mechanicznego ciepła.

daje w pracy liczbę kilogrametrów, odpowiadającą jak najściślej jej równoważnikowi mechanicznemu.

Zaledwie tego rodzaju dane wprowadzone zostały do nauki, gdy fizyologowie probowali ich użyć do wyjaśnienia tyle ciemnej kwestyi ciepła i pracy, wytwarzanej przez zwierzęta. Porównywanie jestestw żyjących z machinami termicznymi, przedstawiało się już naówczas niewyraźnie. Zobaczymy jakim światłem obrzuciła je nowa teoria.

Siły, jak powiedzieliśmy, wytwarzają się w łonie organizmu. Wszystkie jestestwa żyjące, wywiązują ciepło—wszystkie spełniają pracę. Wywiązanie się tych sił zachodzi w skutek chemicznego przekształcania się pokarmów.

W istocie żywej, możemy w przybliżeniu wymierzać wytworzone ilości ciepła i pracy, a nawet oznaczać ilość siły zawartej w pokarmach—dostatecznem jest w tej mierze, zastosować metody używane przez fizyków w oszacowaniu sił nieorganicznych.

I tak, człowiek pozostający przez jakiś czas w kąpieli, ustąpi w wodzie pewną ilość jednostek ciepłikowych, które łatwo przyjdzie wymierzyć. Siła człowieka lub zwierzęcia porównywana z ruchem maszyny, wyda liczbę kilogrametrów, niemniej łatwą do oznaczenia.

Wreszcie jeżeli pokarmy poddamy doświadczeniom, wykazującym stopień ogrzewalności rozmaitych materiałów opałowych, znajdziemy, że każdy z nich zawiera pewną ilość siły w natężeniu. Farre i Silbermann dostarczyli nam w tym względzie szacownych wskazówek, pracowicie zebranych. Frankland nie przestaje oddawać się tego rodzaju poszukiwaniom. Znamy już dziś siłę ciepłikową prawie wszystkich materij pokarmowych, tem samem możemy oznaczyć, jaką przy zupełnem utlenieniu wydadzą one siłę w stanie wolnym, tak pod postacią ciepła, jak i pod postacią pracy.

Wszelako jak to widzieć możemy na materiałach opałowych, z których przemysł korzysta, utlenienie ich nie zawsze bywa zupełnem węgiel kamienny w części zużyty, daje osady stałe lub gazowe, takie jak koks i tlenek węgla, które z kolei utlenione w sposób zupełniejszy, dostarczają pewną ilość ciepła. Podobnie osady z trawienia pokarmów pochodzące, zawierają w sobie siłę jeszcze nie wywiązaną. Oznaczenie tych wszystkich sił,

powinno być dokonane, jeżeli chcemy poznać to, co materye pokarmowe przechodząc przez organizm straciły ze swej siły nateżenia, a tem samem to, co winniśmy znaleźć pod postacią siły czynnej. Wydzielienia moczowe, wytwarzają również produkty niezupełnie przekształtowane, jak mocznik i kwas moczowy, zawierające jeszcze siłę nateżenia; w obliczeniach też powinniśmy zdawać sobie z nich sprawę. Wreszcie para wodna nasycająca powietrze, występując z płuc, zabiera organizmowi i z sobą unosi pewną ilość ciepła, podobnie jak to ma miejsce w kotle maszyny parowej—toż samo zachodzi i w parowaniu skórny.

Takie zawikłania w wymiarze siły przejawiającej się w jestestwach organicznych, okazują, jakie to trudności oczekują tych, którzyby chcieli poszukiwać sprawdzenia w jestestwach żyjących zasad termodynamiki — a jednak nielogicznym byłoby przyjmować bez żadnego dowodu, że w jestestwach żyjących, siły fizyczne nie ulegają prawom powszechnym. Wielu uczonych, przekonanych silnie o powszechności praw termodynamiki, usiłowało je wykryć w organizmie zwierzęcym.

J. Bédard pierwszy starał się udowodnić, że w mięśniach człowieka, ciepło może się przetwarzać w pracę mechaniczną i nawzajem. W tym celu śledził on temperaturę termometryczną dwóch mięśni kurczących się zobopólnie, z których jednak jeden tylko pracował, t. j. unosił ciężary, drugi zaś nie był zajęty żadną pracą. Wypadało spodziewać się, mniejszego przejawu ciepła w pierwszym mięśniu, gdyż pewna część ciepła wytworzona w czasie kurczenia się tegoż, musiała przeistoczyć się w pracę.

Myśl kierująca doświadczeniami Bédarda, niezaprzeczenie była wielce uzasadnioną, wszelako środki, jakimi rozporządzał, posługujące mu do oznaczenia ogrzewania się mięśnia, okazały się całkiem niedostatecznymi. Ciepłomierz przyłożony do ciała, przy poziomie mięśnia badanego, miał wymierzać ciepło wytworzone; ztąd też zmiany w temperaturze otrzymane przez Bédard'a, zachodzące w mięśniu pracującym lub niezajętym pracą, okazały się tak niewiele znaczące, że nie można było przywiązywać do nich wartości rzeczywistej.

Heidenhein otrzymał wypadki wyrazistsze, odbywając doświadczenie na mięśniach żaby, które zniewalał do kurczów speł-

niających i niespełniających pracy, badał przytem temperaturę tych mięśni za pomocą przyrządów termoelektrycznych.

W doświadczeniach swych Hirn był śmielszym, gdyż usiłował oznaczyć równoważnik pracy mechanicznej w motorach żywych.

Aby uprzystępnąć zrozumienie doświadczenia Hirna, rozbieżemy najprostszy przykład, w którym mechanik chciałby oznaczyć równoważnik termiczny pracy maszyny parowej, wiedząc ile spalił węgla kamiennego, jakie ciepło zostało wywiązane, i jaka wytworzyła się ilość pracy.

Oznaczy on najpierw ciepło, które odpowiadałoby kombusty węgla jaki spalił, sprawdzi pomniejszenie ciepła przezeń otrzymanego, co mu wskaże, że znikła pewna liczba jednostek ciepłikowych, a to zniknięcie przypisze przetworzeniu się ciepła w pracę. Owóż ponieważ zna liczbę kilogrametrów wydanych przez maszynę, wypadnie mu tylko podzielić tę liczbę, przez ilość znikłych jednostek ciepłikowych, a znajdzie liczbę kilogrametrów równoważnika termicznego pracy.

Hirn mniemał, że może oznaczyć zarazem kombustye dokonane, ciepło wywiązane, i pracę mechaniczną wytworzoną przez człowieka. Umieszczał on osobę poddaną doświadczeniu w pokoju, hermetycznie zamkniętym, zatrudnioną obracaniem koła, które mogło stosownie do woli, wytwarzać w obrocie pracę lub jej nie spełniać.

Powietrze zapełniające pokój doświadczalny — okazało w rozbiorze, jaka ilość kwasu węglanego wywiązaną została, — ztąd można było wywieść kombustye wydaną i liczbę jednostek ciepłikowych, którym taż kombustya miała odpowiadać.

Ciepło wywiązane w pokoju, ocenionem zostało zwykłemi procesami kalorymetryi — w czasie wytwarzania pracy, okazało się ono znacznie niższem od tego, jakie winno się znaleźć, odpowiednio do wydanej ilości kwasu węglanego w wydychaniu.

To zniknięcie pewnej liczby jednostek ciepłikowych, wyjaśnia się ich przetworzeniem w pracę mechaniczną.

Z doświadczeń Hirna, wypływa wartość równoważnika mechanicznego ciepła w motorach żywych — otóż cyfra otrzymana, różni się znacznie od przyjętej przez fizyków. Niezgodność ta bynajmniej dziwić nas nie powinna, jeżeli pomyślemy o wszystkich przyczynach błędów, zbiegających się w tego rodzaju doświadcze-

niach. Zachodzić może tu błąd w wydanej ilości kwasu węglanego w wyziewaniu—błąd w naturze akcyj chemicznych, wywiewających ten kwas węglany, a tem samem w ilości ciepła, mającej towarzyszyć temu wywiewywaniu się — błąd w oszacowaniu ciepła, istniejącego w pokoju kalorymetrycznym — wreszcie błąd w ilości pracy mechanicznej, wytworzonej przez osobnik poddany doświadczeniu. W rzeczy samej, jeżeli stosunkowo biorąc, łatwą jest rzeczą oceniać pracę naszych mięśni, zajętych podnoszeniem ciężaru, to przecież zachodzą inne akcje mięśniowe, stanowiące ważną sumę pracy, których dotąd jeszcze ściśle oznaczyć nie umiemy. Chcemy tu mówić o ruchach obiegu krwi, a zwłaszcza też o wytwarzanych przez przyrząd oddychalny. Do doświadczenia Hirna stosuje się to co powiedzieliśmy o wielu innych doświadczeniach fizjologii, z których usiłowano wysnuć dane liczebne. Wszelako chociaż to doświadczenie nie może dawać dokładnego oszacowania, pozwala nam zrozumieć kierunek zmian zjawisk, okazuje, że zawsze pewna ilość ciepła znika w organizmie w czasie wytwarzania się pracy zewnętrznej. Nie można było całkiem, otrzymać więcej ścisłości w wymiarze przetworzeń termodynamicznych większej części machin parowych, a jednak nikt nie zaprzeczy, że w tych motorach, ciepło i praca, zastępują się wzajemnie, odpowiednio do stosunków równoważności.

Rozdział III.

O cieple zwierzęcem.

Źródła ciepła zwierzęcego.—Teoria Lavoisier'a.—Poprawki wprowadzone do tej teorii.—Oszacowania sił zawartych w pokarmach i w produktach wydzielęń.—Trudności zachodzące w tego rodzaju oszacowaniach.—Siła ustępująca z materii pokarmowych, przeistacza się w części w ciepło, a w części w pracę.—Siedlisko kombustyj w organizmie.—Ogrzewanie się gruczołów i mięśni w czasie ich funkcyj.—Siedlisko kaloryfikacyi—Interwencya przyczyn oziębiania się.—Temperatura zwierzęca—Regulator automatyczny temperatury zwierzęcej.

Jeżeli przez długi czas przypisywano ciepłu zwierzęcemu naturę całkiem odrębną, jeżeli odpychano porównanie go z objawiającem się w państwie nieorganicznem, pochodziło to ze względu na pewne warunki, w których tkanki jestestw żyjących ogrzewają się lub oziębiają, nie pozwalając nam z łatwością zrozumieć dla czego to ciepło występuje, ani też dla czego znika.

Najprawdopodobniej zapewne będzie przyjąć, że ciepło wiąże się z wpływami pochodzenia nerwowego, gdyż w niektórych gwałtownych wzruszeniach przejmuje człowieka zimno lodowate, inne zaś wzruszenia sprowadzają mu nagle napływ ciepła ku twarzy.

Wszystkie te fakty znalazły dziś wyjaśnienie, nie naruszające w niczem powszechnych praw fizyki. Chcąc je dobrze pojąć musimy

przyjrzeć się produkeyi ciepła i jego rozprowadzaniu się w rozmaitych częściach organizmu.

Oddawna udowodnionem zostało, że pokarmy są niezbędnie potrzebnymi jestestwom żywym, do wytworu w nich ciepła jak niemniej siły mięśniowej. Osłabienie jednocześnie z wyczerpaniem sił zwierzęcia, wywołuje w stopniu wysokim oziębienie się jego ciała.

Genjuszowi Lavoisier'a zawdzięczamy porównanie organizmu żywego z ogniskiem, które spala czyli *utlenia* nieustannie, materye czerpnięte z zewnątrz, biorąc z atmosfery tlen potrzebny do tych przekształceń. Teorya ta wyszła zwyciężką ze wszech napaści jakich była przedmiotem, które osiągnęły ten tylko skutek, że szczegóły jej zyskały więcej poprawności.

Sprowadźmy do rzeczywistych wymiarów porównanie organizmu z ogniskiem rozpalonem. W jednym i w drugim, materya utleniająca się pozostaje w ustosunkowaniu z tlenem—wszelako gdy w ognisku gaz w naturze styka się z materiałem opalowym, poprzednio podniesionym do wysokiej temperatury — w organizmie przeciwnie, gaz rozpuszczony we krwi, przychodzi zetknąć się z materjami również w tym płynie rozpuszczonemi, lub pomieszczonemi głęboko w tkance organów. Krążenie krwi przeprowadza w ten sposób do wszystkich punktów organizmu, elementy potrzebne do wywiązania siły. Ciała te pozostają w zetknięciu nie oddziaływając na siebie do chwili, w której właściwa akcyja wywołuje w nich związki. Układowi nerwowemu przypada ta rola, podobna do odgrywanej przez iskrę, zapalającą ognisko lub przez lont wywołujący spalenie prochu armatniego. Po ukończonem utlenieniu się, gdy siły potrzebne do spełnienia funkcji zostały wyswobodzone, pozostają w tkance produkty będące nieużytkami, które możnaby porównać z popiołami ogniska i z gazami uchodzącemi kominem. Produkty te muszą być wydzielone. I w tym razie jeszcze krążenie krwi przyjmuje na siebie ten obowiązek. Krew rozpuszcza w sobie kwas węglany i sole, będące estatecznemi produktami utleniań organicznych, poczem niesie je w swym nieustannym obiegu, do organów wydzielających: do płuc i gruczołów. Dopóki nie przypuszczano, że ciepło i praca mechaniczna mogą się wzajemnie wyręczać, próbowano zdawać sobie sprawę, że wszelkich kombustyj zachodzących w organizmie, ozna-

czając ilość ciepła jaką zwierzę wywiązuje w danym czasie. Fizycy i fizyologowie wysilali się nad wyjaśnieniem uludnego zrównania, pomiędzy ciepłem teoretycznem, odpowiadającym kombustyom których siedliskiem jest organizm, a ilością ciepła wydzielanego przez zwierzę poddane doświadczeniu.

Podobnie jak maszyna pracująca, wydzielająca w kalorymetrze mniej ciepła, od wywieźywanego w prostem ognisku zużywającym też samą ilość materyału opałowego, — jestestwo żywe wywieźyuje tem mniej ciepła, im spełnia większą pracę mechaniczną. Widzieliśmy, mówiąc o doświadczeniach Hirna, że jedynie na podstawie różnicy istniejącej pomiędzy ciepłem otrzymanem z doświadczenia, a ciepłem oszacowanem teoretycznie, usiłują dziś oznaczyć wartość równoważnika pracy mechanicznej w jestestwach żyjących.

Jakkolwiek byłyby różnorodnemi objawy siły w organizmie, zawsze pewna część tej siły przechodzi w ciepło, udzielające zwierzętom temperaturę wyższą od cechującej ośrodek w którym żyją.

Czy można badając temperaturę rozmaitych części ciała zwierzęcego, poznać punkty w których tworzy się ciepło, i oznaczyć prawdziwe siedlisko kombustyj, sprawdzanych jedynie z wypadków wielce odległych?

Udowodnionem już dziś zostało, że płuca przez które tlen powietrza przedziera się do organizmu, nie są wcale siedliskiem kombustyj, gdyż krew występująca z tych organów bywa pospolicie zimniejszą od tej, jaka do nich napływa, w ten sposób, że gdyby wprowadzono dwa ciepłomierze lub dwie iglice termoelektryczne do serca zwierzęcia, celem zbadania temperatury krwi zwracającej się przez żyły z wszelkich części ciała do prawych komór, tudzież temperatury krwi napływającej z płuc do komór lewych, dostrzeżlibyśmy, że krew wlewająca się do komory prawej serca jest gorętszą — ciepło zatem wytwarza się głównie na drodze wielkiego obiegu krwi.

Chcemyż więcej jeszcze umiejscowić źródła ciepła? potrzeba nam w tym razie wybrać organ oddzielny, i zbadać sposobem porównawczym, temperaturę krwi, napływającej do niego przez tętnice, tudzież krwi wypływającej zeń przez żyły. W ten sposób też poznano, że mięśnie czynne i gruczoły w czasie wydzielania są organami produkcyjnemi ciepła. Ściśle też biorąc w nich to wytwarzają się najdzielniejsze akcyje chemiczne. Wszelako badając

wszystkie mięśnie lub wszystkie gruczoły w chwili ich działalności, nie możemy spodziewać się znachodzenia zawsze podniesionej temperatury w krwi, przez ich żyły przepływającej. W rzeczy samej trzeci element występuje w zagadnieniu, a tym jest ubytek ciepła, zachodzący w czasie przepływu krwi przez organ. Owóż nie wszystkie części ciała w równym stopniu ulegają ubytkom ciepła—części najbliższe jego powierzchni wystawione są największej na ponoszenie straty, przeciwnie organa głęboko ukryte, osłonięte zostają od wpływu przyczyn, wywołujących oziębienie. Gdybyśmy chcieli sprawdzić ogrzewanie się krwi w gruczołach, wypadłoby wybrać do tego badania, krew krążącą w żyłach wątroby lub nerek, to jest w organach zabezpieczonych od oziębiania się. W tych warunkach wszelkie wywieźywanie się ciepła w gruczole, wyjaśniać się winno podniesieniem temperatury krwi jego płynącej w żyłach. Przeciwnie, gdybyśmy wybrali gruczoł podjęzykowy i po obnażeniu go w chłodzie, badali temperaturę krwi żyłnej tego gruczołu, znaleźlibyśmy krew tę zimniejszą od wprowadzanej tam przez tętnice. Czy potrzeba ztąd wnosić, że nie wywiązało się wcale ciepło w tym gruczole. Bynajmniej,—wypadłoby po prostu przyjąć, że zachodzi większa strata ciepła od jego wytwarzania się.

W rezultacie ciepło zdaje się wydzielać we wszech organach, w stopniu rozmaitym, chociaż odpowiednio do natężenia akcji chemicznych w nich zachodzących. Temperatura organu wpływa koniecznie z ciepła jakie mu krew niesie, tak z wytworzonego wewnątrz niego jak i z tego które utraciła. Z tej to przyczyny niektóre żyły, na przykład członków, odprowadzają krew chłodniejszą, od cechującej odpowiednio im tętnice, gdy tymczasem inne żyły, jako to podwątrobowe, wychodząc z wątroby roznoszą krew gorętszą od wlewającej się w gruczoł wątrobowy. W zesumowaniu wszystko ulega kompensacie krew w żyłach krążąca rozgrzana przeważa w organizmie nad oziębioną w ten sposób, że wlewa się do serca o $1\frac{1}{2}$ stopnia gorętszą od krwi z niego wypływającej.

To prowadzi nas do rozpatrzenia się w kwestyi *temperatury zwierząt*.

W pośród rozmaitych gatunków zwierzęcych, niektóre z nich jakkolwiek wytwarzają ciepło, ulegają przecież zmianom w temperaturze ośrodkowej w tym stopniu, że można je nazwać zwierzę-

tami posiadającemi *krw zimną*. Nazywamy je dziś zwierzętami cechującemi się temperaturą zmienną, co jest określeniem daleko ściślejsem. Co się tyczy zwierząt posiadających tak zwaną *krw gorącą*, przedstawiają one tę własność osobliwszą, że w okolicach głębokich ich ciała, krew przejawia temperaturę prawie niezmienną, pomimo zmian zachodzących w temperaturze zewnętrznej. I tak w człowieku zeglującym od stref biegunowych do równika, znoszącym w ciągu kilku tygodni w temperaturze ośrodkowej odstęp 30 stopni, krew utrzymuje się w temperaturze pobliskiej 38 stopniom Celsjusza. Pojąć łatwo, że w pośród zmian nieustannych, zachodzących w wytworze ciepła w łonie organizmu, i zmian niemniej znaczących w przyczynach jego ubytków, podobna niezmiennosc mogła być jedynie wykazaną za pośrednictwem *regulatora* temperatury. Rozpatrzyć się nam wypada w niektórych rozwojach, przedziwnego funkcyonowania regulatora temperatury zwierzęcej.

Przemysł ludzki bardzo często musi zadość czynić potrzebom wytworzenia temperatury stałej, a przynajmniej zwyczajnie przyczyny zbytecznego oziębiania się lub ogrzewania. W łaźni nie możemy ani przejść pewnego stopnia temperatury, ani ją znacząco obniżyć. Wszelako zagadnienie to, względnie biorąc jest dość proste. W rzeczy samej łaźnia bywa zawsze gorętszą od powietrza zewnętrznego — może tylko ulegać przyczynom mniej lub więcej wpływowym w oziębianiu się, które zostają skompensowane stosownemi zmianami w produkcyi ciepła. Regulator Bunsena rozwiązuje przedziwnie to zagadnienie, regulując przyływ gazu służącego za materiał opałowy, powiększając go gdy dana przestrzeń oziębia się, zmniejszając zaś ów przyływ w razie przeciwnym.

W ekonomii zwierzęcej, dwa rzędy wpływów usiłują nieustannie zmieniać temperaturę w jej produkcyi i w ubytkach. Przyczyny straty ciepła istnieją tu jak w łaźni, którą podaliśmy za przykład. Temperatura ośrodkowego powietrza od której zabezpiecza nas odzież mniej lub więcej skutecznie — z drugiej strony parowanie mniej lub więcej ułatwione w poceniu się skórnem, odpowiednio do stanu hygrometrycznego atmosfery — działanie wiatrów lub prądów powietrznych — temperatura kąpieli w której zanurzamy ciało — wszystkie te rozmaite przyczyny, usiłują powiększyć lub zmniejszyć straty ciepła, ponoszone przez ciało. Do

tych wpływów dołączyć winniśmy pochodzące z pokarmów gorących lub zimnych przez nas przyjmowanych — wpływy powietrza gorącego lub zimnego, które w skutek oddychania wprowadzonym zostaje do naszych płuc i t. d. Wszystko to stanowi najpowszechniejsze przyczyny ubytku ciepła.

Innym wreszcie elementem zmieniającym rozprawdanie się temperatury zwierzęcej jest produkcja ciepła, zachodząca w łonie organizmu, ulegająca zmianom w skutek licznych wpływów, równie jak strata ciepła. Pokarmy przez nas przyjmowane tak swą ilością jak i jakością, oddziałują na produkcję ciepła wewnętrznego. Działalność gruczołów jednocy się z niemi w wywieraniu ciepła — toż samo zachodzi z akcją mięśniową nie mogącą się wytwarzać, jeżeli mięsień nie zostaje ogrzany.

Niezaprzeczonem jest, że w pewnych granicach zmysły nasze ostrzegają nas o potrzebie ściśnienia wytworu ciepła, lub powiększania jego działalności, odpowiednio do wpływów zewnętrznych zmniejszających lub powiększających ubytki. Ztąd też pożywienie zmienia się stosownie do klimatów, w ten sposób, że wstrzeżliwość konieczna w mieszkańcu krajów gorących, niema potrzeby przejawiania się w klimatach zimnych. Gnuśność obowiązująca w upałach dziennych pod niebem palącym, jest środkiem zmniejszającym produkcję ciepła — przeciwnie człowiek zamieszkujący północ, szuka w działalności mięśniowej środka kompensowania przyczyn zimna jakiemu ulega.

Wszelako nie tu poszukiwać nam należy prawdziwego regulatora temperatury zwierzęcej. Wola zarządza wszelkimi temi akcyami, których wpływ może być przyjaznym w uregulowaniu naszej temperatury — powszechnie jednak przyroda celem zabezpieczenia funkcji potrzebnych do życia, usuwa je z pod wpływu naszej woli. W przyrządzie to *automatycznym* znachodzimy rzeczywistego regulatora temperatury.

Przyrząd ten musi być posłuszny zarazem wpływom zewnętrznym i wewnętrznym. Powinien zatrzymywać ciepło, gdy to usiłuje zniknąć w zbyt wielkiej ilości, — z drugiej strony winien ułatwiać zachodzące ubytki ciepła, w razie gdy to wytwarza się w zbytku w łonie organizmu.

Podwójny ten cel osiągniętym zostaje, w skutek własności przyrządu obiegu krwi. Naczynia krwionośne ożywione nerwami, których działalność Klaudyusz Bernard wysledził, zwężają się pod

wplywem zimna, i przeciwnie rozszerzają się w skutek ciepła. Własność ta porządkuje zarazem krążenie krwi w każdym organie i temperaturę całej ekonomii zwierzęcej.

Wyberźmy zwierzę zabite, obieg krwi w niem jest powstrzymany, a zarazem wszystkie funkcyje zostają zawieszono. Zwierzę to umieszczone w ośrodku cechującym się niską temperaturą ostyga. Według praw fizyki najpierw utracą ciepło kończyny, członków i powierzchnia ciała, części zaś wewnętrzne pozostaną jeszcze bardzo rozgrzane, jako zabezpieczone przez liczne warstwy powierzchni, od przyczyn wywołujących stratę ciepła. Trup ten, zachowa się zupełnie tak samo jak ciało bezwładne, które będąc ogrzane następnie ostyga. Krążenie krwi w ciągu życia, stawia przeszkodę temu nierównemu rozprowadzaniu się ciepła w rozmaitych punktach organizmu. Dochodząc do części stanowiących powierzchnię ciała, krew w tętnicach płynąca, temperatury pobliskiej 38 stopniom ciepłomierza stustopniowego, ogrzewa je, gdy temperatura zewnętrzna usiłuje te części oziębici. Z drugiej znowu strony, chociaż w zwierzęciu żywym produkcyja ciepła zaczyna powiększać się, krążenie krwi przeszkadza nieograniczonemu ogrzewaniu się okolic wewnętrznych ciała, sprowadzając to ciepło na powierzchnię, gdzie też ono znika w zetknięciu z chłodniejszym ośrodkiem zewnętrznym. Obieg zatem krwi ma na celu ujednolajnienie temperatury w organizmie — wszelako to zrównywanie nigdy nie bywa zupełnem.

W rzeczy samej z wyłączeniem tego wypadku, w którym zwierzę pozostawałoby w łaźni w temperaturze 38 stopni ciepła Cels., nic nie tracąc z właściwej mu ilości ciepła, w każdym innym razie, powierzchnia ciała jest zawsze chłodniejszą od okolic głęboko ukrytych. To oziębienie się zresztą, nie przedstawia żadnych niedogodności, gdyż nie sięga do organów zasadniczych. Chociażby krążenie krwi przejawiało zawsze i wszędzie jednakową szybkość, to ujednolajnienie nie zachowywałoby w częściach głębiej pozostających, temperatury stałej im potrzebnej—dostrzegalibyśmy jedynie ciało ulegające w powszechniejszy sposób wznoszeniom się i obniżaniom temperatury, odpowiednio do tego, czy przeważałyby przyczyny produkcyi ciepła, czy też jego ubytku. Do wytworzenia niezmiennego ciepła wewnętrznego, potrzeba koniecznie, aby jakikolwiek wpływ powiększał szybkość krążenia krwi, za każdym razem, gdy organizm wydaje więcej ciepła,—lub też aby

podnoszenie się temperatury ośrodkowej, zmniejszało przyczyny oziębiania. Krążenie krwi w okolicach powierzchni ciała, przedstawia wybitnie wielce znaczną zmienność, jak to można poznać ze zmian zachodzących w powierzchowności tych okolic, które bywają to czerwone, ciepłe i wzdęte, to blade, zimne i pomniejszonej objętości, odpowiednio do większej lub mniejszej obfitości krwi w nich krążącej. Ta zmienność pochodzi z kurczenia się lub rozwalniania mniejszych gałęzi tętnic, których powłoczki mięśniowe są posłusznymi nerwom właściwym. Gdy pod wpływem tych nerwów zwanych *naczynio-ruchowemi*, naczynia pewnej części ciała, kurczą się, krążenie krwi w nich słabnie — w akcyi zaś przeciwnej, rozwalnianie się naczyń przyspiesza obieg krwi.

Owóż najpowszechniej działa sama temperatura, regulująca ten stan kurczenia się, lub rozwalniania naczyń, w ten sposób, że temperatura zwierzęca, posiada rzeczywiście *regulatora automatyicznego*.

Każdy zapewne zaobserwował wpływ ciepła i zimna, na krążanie krwi podskórne. Zanurzymy jedną rękę w wodzie gorącej, drugą w zimnej, — pierwsza zaczerwienieje, ostatnia zblednie. Następstwem więc ciepła, jest rozszerzenie się naczyń, zimna zaś ich zwężenie. Innemi słowy odpowiednio do tego, co wyżej okazaliśmy, ciepło w skutek wpływu, jakie wywiera na krążenie krwi, sprzyja zachodzącym ubytkom ciepłika, — zimno zaś działając w kierunku przeciwnym, usiłuje zmniejszyć siłę oziębiania. Nietylko wreszcie pod wpływem zmian w temperaturze zewnętrznej, wytwarzają się te skutki, gdyż zaobserwowano je również w czasie zmian zachodzących w produkeyi ciepła zwierzęcego. Ogrzewanie się organizmu towarzyszące działalności mięśni, lub wynikające z rozpoczętego trawienia napojów zbyt gorących, powiększa szybkość krążenia krwi powierzchniowego, które ów zbytek ciepła odzuca na zewnątrz — w skutek zaś osłabienia, spoczynku mięśni, rozpoczętego trawienia wody zimnej i t. d. zmniejsza się obieg krwi obwodowy, powstrzymując wpływy jej oziębiające.

Takiem jest o ile mogliśmy przedstawić w tym krótkim rozdziale, pochodzenie i rozprowadzanie się ciepła w organizmie zwierzęcym. Rola krążenia krwi w rozprowadzaniu ciepła, wymagałaby może przytoczenia więcej szczegółów — przedstawiliśmy

ją zresztą dokładniej gdzieindziej. ¹⁾ Tu badaliśmy jedynie ciepło jako objaw siły — chcieliśmy tylko uwidocznnić, że pomimo pozorów, ciepło jest jednej natury tak w świecie nieorganicznym jak i w jestestwach organicznych.

¹⁾ Physiologie médicale de la circulation du sang, Paris 1863, et Théorie physiologique du choléra, Gazette hebdomadaire de med. et de chirurg. 1867

Rozdział V.

O ruchu zwierząt.

Ruch jest najwybitniejszą cechą życia — działa na ciała stałe, płynne i gazowe. — Odróżnienie ruchów życia organicznego od ruchów życia zwierzęcego. Życie zwierzęce jedynie zajmować nas będzie. — Budowa mięśni. — Powierzchność falista włókna jeszcze żyjącego. — Fala mięśniowa. — Drgnienie i myografia. — Wielość akcyj kurczowych. — Napięcie kurczu w jego stosunkach do powtarzających się drgań mięśniowych. — Charakter włókna w rozmaitych punktach ciała.

Ruch jest najwyrazistszą cechą życia; objawia się we wszelkich funkcjach, a nawet w wielu z pośród nich stanowi główną ich istotę. Potrzeba byłoby długo się rozszerzać, chcąc przedstawić z pomocą jakiego mechanizmu krew krąży w naczyniach, w jaki sposób przedziera się do płuc i z nich z kolei uchodzi — w jaki sposób kiszki i gruczoły są nieustannie odżywiane kurczami powolnymi i przedłużającymi się. Wszystkie te ruchy odbywają się w łonie organów, nie będąc zarządzane przez wolę, a często nawet zachodzą bez wiedzy osobnika, w którym występują. Są to akcje życia organicznego.

Inne znowu ruchy, uległe są naszej woli, która porządkuje ich szybkość, energję (dzielność) i czas trwania. Takiemi są wszelkie akcje mięśniowe ruchu przenośnego i rozmaite akcje życia zależności. Zajmiemy się wyłącznie tym rzędem zjawisk, łatwiejszych w obserwacyi i w rozbiórce. Powiemy jednak, że ten po-

dział tak przedziwnie odznaczony pomiędzy akcjami życia organicznego a życia zależności, nie powinienby bezwarunkowo być przyjmowany.

Bichat, który go wprowadził, opierał się na różnicach anatomicznych i funkcyjnych, których znaczenie dziś już mniej zdaje się być ważnem, jak za jego czasów. Elementem mięśniowym życia organicznego jest według niego, włókno gładkie, posłuszne nerwom układu szczególnego, zwanego *wielkim sympatycznym*, na które wola nie wywiera żadnego wpływu. Ruchy wywołane przez tego rodzaju włókno, przejawiają się po dość długim upływie czasu, od chwili podrażnienia nerwu lub mięśnia, i trwają przez czas dość długi. Wreszcie przeznaczenie nawet tych akcyj bezwyjątkowo mających na celu utrzymanie życia osobnika, nadaje im cechę odrębną. Element mięśniowy życia zależności, składa się z włókna prążkowanego, którego akcja zarządzana przez wolę, pozostaje w zależności od nerwów, występujących bezpośrednio z mózgu, z lub rdzenia pacierzowego. Ruchy te, przejawiają się nagle, zaraz po wywołującym je podrażnieniu, trwają krótko i w pospolocie nie są koniecznymi do utrzymania życia zwierzęcia.

Chociażby to odróżnienie było dokładnem w sposób powszechniejszy, to już łatwo byłoby przewidzieć, że jest zbyt bezwzględnem i możnaby przytoczyć liczne wyjątki, odstępujące od praw anatomicznych i fizjologicznych, jakie usiłuje wyprowadzić. I tak, serce, organ bezpośrednio konieczny do życia organicznego i nieulegający władzy woli, przedstawia przecież budowę, zbliżającą go wielce do mięśni dowolnych ¹⁾. Niektóre ryby, z rodzaju lin (tinca) przedstawiają mięśnie prążkowane w kiszce grubej, jak to Ed. Weber zaznaczył. Z drugiej strony najczęściej wola nie ma żadnej władzy nad pewnemi mięśniami, które tak budową, jak i naturą nerwów je ożywiających, wiążą się z układem życia zależności. Wreszcie nawyknienie pozyskane powtarzaniem się ćwiczeniem, zdaje się rozpraszać, prawie do nieskończoności działalność woli na mięśnie.

Młode zwierzę uwidocznia niezręcznością swych poruszeń, że nie zdołało jeszcze stać się panem swych funkcyj mięśniowych

¹⁾ Mięśnie dzielono na *dowolne* i *mimowolne*, to jest na zależne lub niezależne od woli. Podział to błędny. Dziś najpowszechniej dzielimy je na *prążkowane* i *gładkie*. (Przyp. tłóm.).

zdaje się ono śledzić akcyę najprostsze, które spełnia lichy, gdy tymczasem gimnastyk, biegły fortepianista, dokonywają cudów zręczności, siły i dokładności, w których rozwoju jak się zdaje wola nie przejawia żadnego stosunku do otrzymanych wypadków. Wielu fizyologów mniema wraz z nami, że w mózgu i w rdzeniu pacierzowym istnieją ośrodki akcyi nerwowej, przyjmujące w skutek nawyknienia pewne atrybucye. Dostępują one do zarządu i porządkowania pewnych rodzajów ruchu, bez żadnego uczestnictwa tej części mózgu, która kieruje rozumowaniem i świadomością naszych działań. Pozostawmy na boku te kwestye pozostające jeszcze do zbadania, a natomiast poszukujmy w jaki sposób wytwarza się ruch w mięśniu dowolnym.

Organ rodnik ruchu, składa się z wielu elementów. Chociaż jest ograniczony, jak to przypuszczamy, wymaga przecież interwencyi włókna mięśniowego, naczyń krwionośnych przynoszących mu nieustannie elementy chemiczne, kosztem których ruch będzie wytworzony, w reszcie nerwu wywołującego we włóknie przejaw tegoż ruchu.

Gdy fizyolog chce rozbierać akcyę zachodzące w mięśniach, nie zwraca się najpierw do ruchów dowolnych, gdyż te przedstawiają zbyt wielką złożoność. Odbywający doświadczenie, odosabia mięsień i wywołuje w nim ruchy, działając na nerw doń należący za pomocą drażnień sztucznych, dowolnie stopniowanych.

Aby powziąć wyobrażenie o roli każdego z elementów przyrzędu motorowego w produkeyi ruchu, dostatecznem jest poddać operacyi łydkę żaby. Przychodzi nam z łatwością obnażyć nerw kulszowy, a obcinając go, znosimy wszelki wpływ woli na mięsień. Będzie on wówczas spełniać tylko ruchy, wywoływane drażnieniami elektrycznemi lub innemi, które oddziałają na część nerwu pozostającą z nim w związku.

Po obu stronach nerwu kulszowego, mieści się tętnica i żyła. Zaciśnięcie tętnicy powstrzyma przypływ krwi do mięśnia, przewiązanie zaś żyły sprowadzi w nim zastój krwi. Można więc w ten sposób rozpatrywać wpływy, wywierane w rozmaitych stanach krążenia krwi, na funkcyę mięśniowe. Wreszcie rozcinając skórę nogi żaby, można obnażyć całkiem mięsień, działać nań bezpośrednio wpływami zimna, ciepła, lub rozmaitych materij trujących, w skutek których akcyę mięśnia ulega zmianom. Gdy za pomocą

prądu elektrycznego drażnimy nerw żaby w ten sposób przygotowany, wywołujemy w mięśniu ruch konwulsyjny bardzo krótkotrwały, zwany przez fizyologów niemieckich. Zuckung, który będziemy nazywać *drganiem*, dla odróżnienia od kurczu rzeczywistego. Ruch ten jest zbyt szybkim, aby oko mogło objąć jego fazy — dlatego też, chcąc ocenić prawdziwe jego cechy, potrzeba nam odwołać się do narzędzi właściwych. Przyrządy kontrolujące odpowiadają wyłącznie tej potrzebie, gdyż kreślą wiernie wszystkie fazy ruchu, jaki im zakomunikowanym zostaje. Znanym jest powszechnie układ tych przyrządów, z których meteorologia oddawna użytkuje prawie wyłącznie. Wskazówki barometryczne, termometryczne, siły lub kierunku wiatru, ilości spadłego deszczu i t. d. wyrażane są w postaci linii krzywej, która odpowiednio do tego czy wznosi się lub obniża, oznacza przyrost lub pomniejszenie siły napięcia w zjawisku kontrolowanym. Czas, w ciągu którego zachodzą te zmiany, można wymierzać długością, jaką krzywizna zajmuje na papierze rozwijającym się, naprzeciw pióra wypisującego z żywością wiadomą i przedziwnie dokładną.

Zastosowanie narzędzi tego rodzaju, wprowadzonym zostało do fizjologii przez Volkmanna, Ludwiga i Helmholtza. Staraliśmy się przedstawić dokonane przez nich badania wielu zjawisk i budowę wielu narzędzi, których szczegółowy opis, nie mógłby tu znaleźć miejsca. Przyrząd kontrolujący, zastosowany do badań ruchów mięśniowych, nosi nazwę *Myografu* — wyraża on *drgnienie* mięśnia linią krzywą, która pozwala z łatwością zrozumieć jego fazy. Skreśliliśmy zresztą gdzieindziej obszernie ¹⁾ układ tego narzędzia, doświadczenia w których zostało zastosowaniem i wypadki z pomocą niego otrzymane. Z tej też przyczyny ograniczyliśmy się tu na treściwym opisie głównych wypadków *Myografii*.

Aby dokładnie pojąć funkcjonowanie tego przyrządu, spróbujmy go przedewszystkiem do zasadniczych jego elementów.

Figura 2 wyobraża mięsień łydkowy *m* żaby, ujęty w cążki utrzymujące go w zawieszeniu, za pośrednictwem kości goleniowej łączącej się z więzłem górnym. Ściętno *t* mięśnia zostało odcięte, następnie złączone drutem z drążkiem *L*, który może wznosić się

¹⁾ Du mouvement dans les fonctions de la vie, Paris, 1867 G. Baillière.

lub zniżać w obrocie około osi. Nerve n może odbierać podrażnienia elektryczne, wywołujące w mięśniu kurecz nagły, po którym następuje zwolnienie, czyli to, co nazywamy *drżaniem*. Każdy z tych ruchów mięśnia, udziela się drążkowi, który podnosi się i obniża, nadając swej kończynie ruch otrzymany.

Drążek zakończony rylcem, kreśli na walcu obrotowym krzywizny, które swem wznoszeniem się wyrażają kurecz mięśni, obniżając się zaś wskazują powrót mięśnia do jego długości pierwotnej.

Z pomocą układu, jaki obecnie nadaliśmy myografowi, można odbywać doświadczenie na mięśniu, nie odcinając go zwierzę-

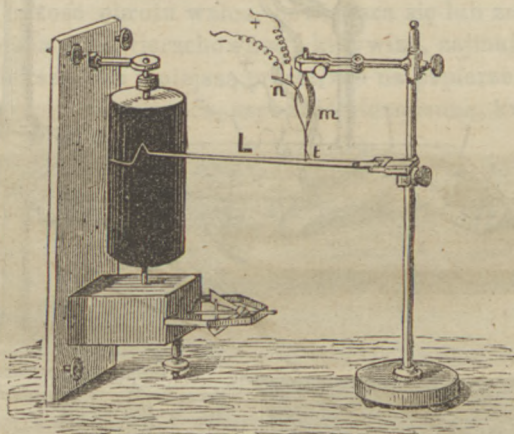


Fig. 2. Nakreślenie teoretyczne Myografu.

ciu, co pozwala pomieścić organ w warunkach normalnych jego funkcji.

Fig. 3 wyobraża żabę poddaną doświadczeniu, przytwierdzoną do deszczułki korkowej za pomocą szpilek.

Poprzednio odjęto jej mózg i rdzeń pacierzowy, aby zniwelować w niej wszelki ruch dowolny i wszelką wrażliwość. Choć zwierzę z wejrzenia wydaje się martwym, nie mniej przecież zachowuje przez kilka godzin, krążenie krwi i zdolność odbywania ruchów, pod wpływem prądów elektrycznych. Przyrząd elektryczny drażni nerw żaby strumieniem elektrycznym, płynącym z cewki indukcyjnej.

Celem skontrolowania tych ruchów i uzmysłowienia ich krzywiznami, wyrażającemi rozmaite ich fazy, przesyła się je myografowi w sposób wyżej wskazany. Odcięte ścięgno mięśnia, łączy się z jednej strony z drutem metalowym, do niego przytwierdzonym, z drugiej zaś z drążkiem przyrządu kontrolującego. Ten odbywa ruchy po płaszczyźnie poziomej, w czasie gdy mięsień nań oddziałuje. Jak tylko mięsień przestaje działać, drążek powraca za wpływem sprężyny do swego pierwotnego położenia. Na końcu swobodnym drążka, mieści się rylec kreślący na walcu

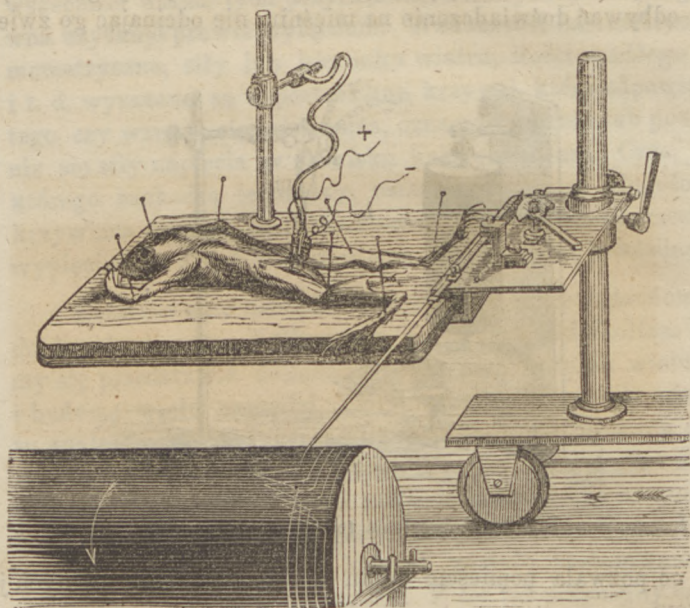


Fig. 3. Myograf Mareya.

obrotowym, powleczonym papierem poczernionym sadzą, ruchy wahadłowe, wywoływane następującem naprzemian kurczeniem się i zwalnianiem mięśnia. Gdy walec jest nieruchomy, drążek za każdym drgnieniem mięśniowem, kreśli widocznie linię prostą, wyrażającą swym rozwojem w stosunku wiadomym, rozległość kurczu mięśnia. Wielu autorów poprzestaje na tego rodzaju myografie,—z pomocą którego sprawdzają zmiany, zachodzące w napięciu akcyi mięśniowej wytwarzane przez rozmaite wpływy. Na

dając walcowi szybki ruch obrotowy, otrzymujemy krzywiznę, której wysokość wyraża rozległość kurczu, a co więcej wskazuje pochyleniami zmieniającemi się w każdej chwili, hyżość z jaką mięsień spełnia rozmaite fazy w drganiu. Wreszcie aby pozyskać bez powikłania, wielką ilość śladów po sobie następujących, umieszcza się podstawę myografu na małej kolei żelaznej, toczącej się równolegle do osi walca. Rylec wypisujący, kreśli wówczas nieskończoną spiralną na około walca, a na tej spiralnej odpowiednio do seryi drażnień elektrycznych, wytworzonych w równych odstępach czasu, występuje serya krzywizn rozsuniętych od siebie jak najregularniej (patrz fig. 5). z których każda odpowiada jednemu drgnieniu wzbudzonemu elektrycznością.

Gdy hyżość obrotu walca, powiększa się lub zmniejsza, następuje zmiana w powierzchowności krzywizn, zajmujących nieodwrotnie większą lub mniejszą przestrzeń na papierze. Jeżeli jednak nadamy obrotowi walca, szybkość niezmienną, krzywizny za-

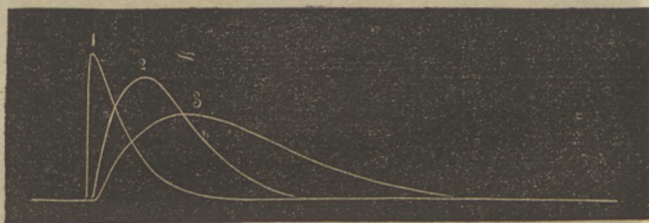


Fig. 4 Ślady drgania odpowiadające stopniowi utrudzenia się mięśnia
1. Mięsień nieutrudzony, 2. Mięsień nieco utrudzony, 3. mięsień w wyższym stopniu strudzony.

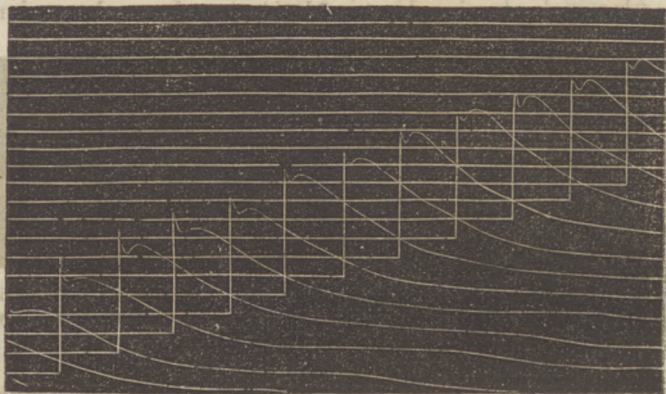
chowają jednakowy kształt, dopóki mięsień wydaje jednakowe ruchy.

Nietylko wywołujemy drgania w mięśniu, drażniąc nerw jego elektrycznością, lecz również poddając wyłącznie sam mięsień podrażnieniu elektrycznemu. Szczypanie, uderzanie, wypalanie nerwu, są niemniej drażnieniami wywołującemi drgania w mięśniu.

Charakter tych ruchów zmieniają niektóre wpływy. Strudzenie się mięśnia, oziębienie tego organu, powstrzymanie krążenia krwi wewnątrz niego, zmieniając postać drgania, zmniejsza jego energję, a powiększa czas przez który trwa zjawisko—w skutek tych wpływów krzywizna myograficzna, przechodzi przez rozmaite postacie wyrażone liczbami 1, 2, 3 w fig. 4-tej.

W pośród rozmaitych gatunków zwierzęcych, drganie przedstawia wielce zmienny czas trwania, bardzo krótki u ptaka ($\frac{2}{100}$ — $\frac{3}{100}$ sekundy) dłuższy u człowieka, więcej jeszcze dłuższy u żółwia i zwierząt ulegających snowi zimowemu. Wreszcie niektóre trucizny zmieniają cechy tego ruchu w sposób tak znaczący, że można by z postaci jaką nadają krzywiznom, wysledzić najmniejsze ślady tych trucizn, wprowadzone do obiegu krwi zwierzęcia. Z kształtów, jakie przyjmuje z kolei drganie mięśnia żaby, nakreślone w fig. 5, wnosić możemy o skutkach stopniowanego zatrutowania weratryną.

Doświadczenia tego rodzaju wykryły dopiero ten fakt: że mięsień kurczy się lub przedłuża w skutek ruchu, którego fazy zmieniają się działaniem rozmaitych wpływów, jakie zaznaczamy.



Eig. 5. Przekształcenia kolejne drgania mięśnia zatrutowanego stopniowo weratryną. U dołu z lewej strony drzeworytu, uwidocznione są pierwsze skutki zatrucia.

Gdybyśmy dalej posuwać chcieli badania tego zjawiska kurczu mięśnia, spostrzeżlibyśmy, że jest on tylko zmianą postaci organu, oraz, że pomniejszeniu się jego długości, towarzyszy zawsze odpowiadające mu wzdęcie; można by spodziewać się tego samego w tkance nie będącej widocznie ściśliwą. Najciekawszym jest wszakże sposób wytwarzania się wzdęcia. Oddawna zaobserwowano w mięśniach, jeszcze objawiających życie, że w punktach ich podrażnienia, tworzą się wydatności czyli guzy, przesuwające

się następnie wzdłuż mięśnia, w ruchu mniej lub więcej szybkim jak fala na powierzchni wody.

Aeby ¹⁾ udowodnił, że zachodzi tu zjawisko normalne i pod nazwą *fali mięśniowej* opisał ten ruch, który od punktu podrażnienia, przenosi się do obu kończyn mięśnia, z hyżością około jednego metra w sekundzie. Za pomocą przyrządów, które nazwaliś, my *cząkami* myograficznymi, można sprawdzić na zwierzęciu żywym, rzeczywistość tego przenoszenia się fal.

Gdy fala występuje w mięśniu, staje się przyczyną kurczu. Przez cały czas jej przepływu, kurcz nie przestaje się przejawiać, a gdy dosięgając kończyny włókna mięśniowego, fala ginie, wraz z nią kurcz znika.

Fakty te, podobne są do wykrytych przez mikroskop we włóknie mięśniowym, badaniem w czasie objawiania się jeszcze



Fig. 6. Powierzchnowość fal wielorakich we włóknie mięśniowym.

w niem życia. Wybierzmy wiązkę włókien mięśniowych owadu (nogi tęgopokrywych (coleoptera) odpowiadają przedziwnie tego rodzaju badaniom) i umieścmy ją pod szkłem mikroskopu. Sprawdzamy w niej najpierw istnienie pięknych, poprzecznych prążków, a dalej dostrzegamy na ich powierzchni ruch falisty, często naprzemianległy, przypominający ruch fal na powierzchni wody. Śledząc uważniej to zjawisko, spostrzegamy, że prążki poprzeczne włókna, są w pewnych punktach wielce do siebie zbliżone, w skutek czego, włókno przedstawia w profilu wzdęcie. Jest to fala uwidoczniiona w mikroskopie — zgęszczenie podłużne, którego mięsień jest siedliskiem, nadaje mu w tym punkcie większą nieprzezroczystość niż w innych miejscach.

Fala ta ciemna, przepływa wzdłuż włókna, innemi słowy, punkty cięsniej uprążkowane niezawsze są też same—zgęszczenie

¹⁾ Untersuchungen ueber die fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in der quergestreiften Muskelfasern. Braunschweig, 1862.

podłużne znika w jednym miejscu, a natomiast wytwarza się w częściach przyległych.

Ponieważ kurczeniu się mięśnia towarzyszy wzdęcie w kierunku poprzecznym, można odpowiednio do tego wzdęcia, śledzić cechy ruchu wytwarzającego się w mięśniu. Udało się nam skontrolować te zmiany w objętości mięśnia, podobnie jak zachodzące w jego długości. W tych warunkach można badać akcję mięśniową, nawet w człowieku, gdyż nie ma potrzeby kaleczenia.

Wyobrażamy sobie mięsień ujęty w płaskie krążki cążków, za każdym wzdęciem, mięsień rozsunie krążki cążków i ruch może być skontrolowany.

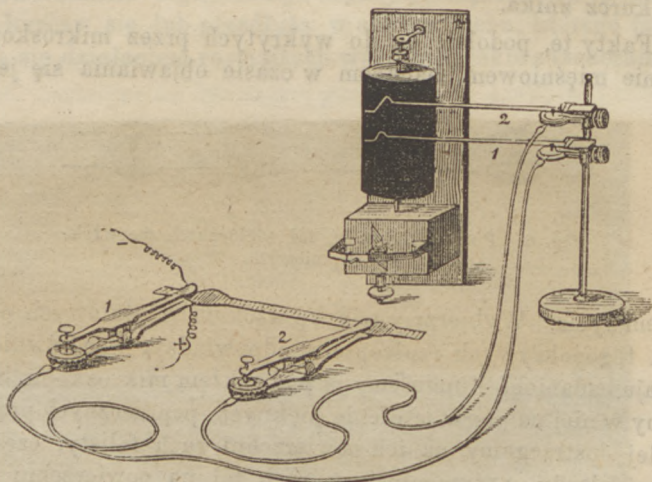


Fig. 7. Układ wiązki mięśniowej ściśniętej dwoma cążkami myograficznymi.—Cążki Nr. 1 łączą się z przyrządem elektrycznym drażniącym mięsień. Fala jest przedstawiona w chwili, gdy przepływać zaczyna przez obie cążki.

Metoda ta, pozwala badać zjawisko fali mięśniowej i szybkość z jaką ona przepływa przez całą długość mięśnia.

Fig. 7 reprezentuje wiązkę mięśniową, ujętą w obu końcach jej długości, krążkami cążków myograficznych 1 i 2. Narzędzia te urządzone są w ten sposób, że gdy ich krążki oddalają się od siebie w skutek wzdęcia mięśnia, ruch ten ciśnie na rodzaj bębna, który za pośrednictwem rurki kauczukowej, wypycha część po-

wietrza w nim zawartego, do innego bębna podobnego pierwszemu. Fig. 7 przedstawia oba tenarzędzia ustawione na podstawie. Wzdęcie się błony unosi drążek przyrządu kontrolującego, i w ten sposób daje sygnał, że mięsień wydał się w punkcie, w którym ujętym jest cążkami Nr. 1. Ślad ruchu wyrażonym zostaje krzywizną podobną tym, jakie już poprzednio poznaliśmy.

Przypuśćmy, że drażnimy mięsień elektrycznością w poziomie pierwszych cążków, otrzymamy sygnał wytworzenia się fali mięśniowej w tem miejscu; wszelako cążki Nr. 2, nie dają jeszcze sygnału.

Do funkcjonowania ich potrzeba, aby fala w przepływie swym wzdłuż mięśnia do nich dobiegła. W chwili gdy to ma miejsce, cążki Nr. 2 dają z kolei sygnał, a ze śladu poznajemy, że ów drugi ruch opóźnia się w stosunku do pierwszego o pewną

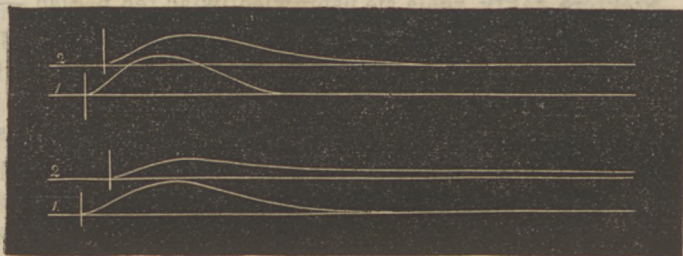


Fig. 8. Dwa ślady hyżości fali mięśniowej.

ilość czasu, którą można oznaczyć z wiadomej hyżości obrotu walca.

Wpływy zmieniające natężenie i trwanie drgania mięśniowego, zdają się zmieniać napięcie i szybkość rozchodzenia się fali. I tak dwie krzywizny dolne, przedstawione na fig. 8, okazują osłabiony przepływ fali w skutek zimna.

Doświadczenie odbyto na mięśniach udowych królika. Cążki pomieszczono w odległości o ile można jak najdalszej od siebie, to jest wynoszącej 7 centymetrów (blizko 3-ch cali polskich), drażnienie elektryczne zwrócono na *kończynę dolną mięśnia* i otrzymano dwie krzywizny górne wyobrażone w fig. 8. Odstęp rozdzielający dwie te krzywizny, wymierza czas trwania przepływu fali mięśniowej. Po oziębieniu mięśnia za pomocą lodu, otrzymano

krzywizny pomieszczone u dołu figury. Spostrzegamy w nich, że przepływ fali został osłabionym, gdyż istnieje większy przedział między temi krzywiznami niż między pierwszymi.

Produkcya siły mechanicznej w mięśniu.

Widzieliśmy, że akcye chemiczne są źródłem siły mięśniowej—zachodzi teraz pytanie, przez jakie pośredniki przeprowadzona zostaje ta siła, przed przejściem w pracę mechaniczną?

W machinach parowych, ciepło jest pośrednikiem niezbędnym pomiędzy utlenieniem węgla kamiennego, a rozwiniętą pracą mechaniczną. Wielce jest prawdopodobnem, że w mięśniu toż samo zachodzi. Akcya chemiczna wywołana przez nerw w łonie włókna mięśniowego, wywołuje w niem ciepło—to ciepło z kolei przetwarza się częściowo w pracę. Powtarzamy częściowo, ponieważ według drugiej zasady termodynamiki, ciepło nie może całkowicie zmieniać się w pracę mechaniczną.

Niektóre fakty zdają się usprawiedliwiać ten pogląd — tak np. ogrzewając mięsień, zmieniamy jego postać i spostrzegamy że kurczy się wzdymając. Skutki te znikają, gdy mięsień oziębionym zostaje.

Nietylko włókno mięśniowe, posiada wyłączną własność przetwarzania ciepła w pracę. Kauczuk np. zachowuje się podobnie—można nawet za pomocą tej materyi, naśladować do pewnego stopnia zjawiska mięśniowe. Biorąc kawałek pręta kauczukowego, niewulkanizowanego (nasiarkowanego) i rozciągając go między palcami, nadajemy mu długość 10 lub 15 razy przechodzącą pierwotną, przyczem dostrzegamy zmieniającą się postać tego pręta, który staje się białym, naksztalt perłowej macicy. Jednocześnie pręt ogrzewa się w stopniu znaczącym, i usiłuje energicznie wrócić do poprzedniego stanu w ten sposób, że wypuszczając z palców jeden jego koniec, odzyskuje natychmiast swą długość pierwotną, przyczem schodzi do właściwej mu temperatury. Według nas to ocenić się dające ciepło, znikło w skutek przetworzenia się w pracę mechaniczną. W rzeczy samej, nurzając w wodzie pręt tak rozciągnięty, w celu pozbawienia go ciepła, krzepnie on, że tak powiemy w swem wydłużeniu i nie rozwija żadnej pracy mechanicznej.

Wszelako biorąc pręt tak wydłużony i zwracając mu utracone ciepło, spostrzegamy, że odzyskuje stan pierwotny, rozwijając znaczną siłę.

Fig. 9 przedstawia pręt kauczukowy, w ten sposób rozciągnięty, a następnie oziębiony—obciążony on jest ciężarkiem, którego wcale nie usiłuje unosić. Obejmując jednak ów pręt palcami, uczuwamy, że się wzdyma i kurcząc unosi ciężarek—wytwarzatem samem pracę mechaniczną.

Ogrzewając w ten sposób pręt w rozmaitych punktach, wywołujemy serię wzdęć, z których każde podnosi ciężarek do pewnej wysokości. Wreszcie ogrzewając pręt w całej jego długości, odzyskuje on swe wymiary pierwotne, z wyjątkiem lekkiego wydłużenia, wytworzonego przez ciężarek na nim zawieszony.

Wielkie podobieństwa zbliżają te zjawiska do zachodzących w tkance mięśniowej. Identyeczność byłaby zupełną, gdyby przejawiał się przepływ fali, jaką wytwarza ciepło w pręcie kauczukowym. Przepływ ten we włóknie mięśniowem, oznacza stopniowe rozprzestrzenianie się akcyi chemicznej, wywierającej ciepło. W ten też sposób gdy zapalamy w jednym końcu odsypkę prochu, płomień rozszerza się w całej jej długości. Podobieństwa te, okazały się wielce godnymi uwagi—zdaje się, że otworzą drogę nowym poglądom na źródła pracy mięśniowej.

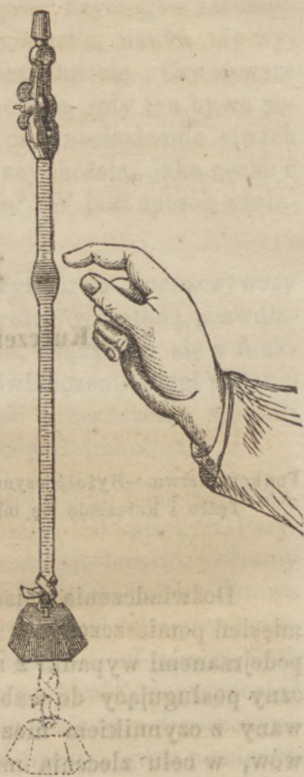


Fig. 9. Przetworzenie się ciepła w pracę w pręcie kauczukowym.

Rozdział V.

Kurczenie się i praca mięśni.

Funkcja nerwu.—Hyżość czynnika nerwowego.—Wymiary czasu w fizyologii.—
Tęże i kurczenie się mięśni.—Teorya kurczenia się.—Praca mięśni.

Doświadczenia opisane w poprzednim rozdziale okazują nam mięsień pomieszczony w warunkach sztucznych, co może czynić podejrzanemi wypadki z nich otrzymywane. Ten czynnik elektryczny posługujący do wzbudzania ruchu, czyż może być porównywany z czynnikiem nieznanym, wysyłanym przez wolę do nerwów, w celu zlecenia mięśniom akcyj jakie spełniają? Te znów ruchy sztucznie wywoływane, te krótkotrwałe drgania zawsze sobie podobne, gdy warunki w jakich pozostaje mięsień nie ulegają zmianie, w czemże mogą się zbliżać do ruchów tak rozmaitych w przejawie i trwaniu, któremi zarządza wola? Zarzuty tego rodzaju wymagają abyśmy je przynajmniej w krótkości roztrząsnęli.

Funkcja nerwu. Gdy drażniemy nerw prądem elektrycznym, nie jest bynajmniej elektrycznością zużytkowaną to, co przepływa do mięśnia i w ruch go wprowadza. Drganie wytwarza się niemniej wyraziście, gdy stawiamy zaporę wszelkiemu rozszerzaniu się elektryczności wzdłuż nerwu. Przejawia się również, gdy posługujemy się czynnikami drażniącemi całkiem innej natury, jak

naprzykład szczypaniem lub uderzaniem. Ztąd też środek drażniący, wywołuje jedynie w nerwie przejście czynnika, właściwego temu organowi. Ten czynnik nerwowy nie jestże sam przez się elektrycznością? Pomimo pięknych prac fizyologów niemieckich, a w szczególności p. Du Bois—Reymond'a, nauka nie wyzrekła jeszcze nic stanowczego w tym przedmiocie. Czy zawsze zjawiska elektryczne wytwarzają się w nerwie, gdy ten bywa podrażniony w jakikolwiek bądź sposób, i czy rozchodzenie się ich w siatce nerwowej, następuje z tą samą szybkością, jaką cechuje się przepływ samego czynnika nerwowego? W jaki sposób zdołano wymierzyć tę szybkość?

Helmholtz ośmielił się zająć tym wymiarem i oznaczywszy hyżość czynnika nerwowego, obdarzył fizyologów metodą, pozwalającą im wymierzać trwanie innych zjawisk, wiążących się z funkcją nerwową lub mięśniową. I tak doświadczenie niżej podane, z pomocą którego wymierzaliśmy hyżość przenoszenia się fali w mięśniu, jest tylko zastosowaniem metody Helmholtza.

Dla łatwiejszego zrozumienia warunków tego doświadczenia, użyjemy porównania. Przypuśćmy że pewien list spieszy z Paryża do Marsylii, oraz że zamieszkując to ostatnie miasto, jesteśmy zawiadomieni jak najdokładniej o chwili w której poczta listowa wyrusza z Paryża, nie będąc jednak uprzedzeni o jej przybyciu, lecz jedynie o czasie wydania listu w Marsylii. Z pomocą tych danych, w jaki sposób możemy oznaczyć szybkość biegu poczty? Jasną jest rzeczą, że chwila w której list zostaje nam doręczonym, nie wskazuje bynajmniej czasu przybycia poczty, gdyż pomiędzy przybyciem jej a doręczeniem listu, załatwiają się czynności przygotowawcze, jakoto uprządkowanie listów, przesyłka ich, i t. p., wymagające pewnego czasu nam nieznanego. Dla powzięcia dokładniejszej wiadomości o szybkości biegu poczty potrzeba byłoby zażądać wysłania sygnału przejazdu tej poczty przez stację pośredniczącą między Paryżem a Marsylią, przez Dijon naprzykład, — wiedzielibyśmy na ówczas, że rozdanie listów następuje o sześć godzin wcześniej po wyjeździe poczty z Dijon, niż po wyruszeniu jej z Paryża. Znając odległość kilometryczną, przedzielającą te dwie stacje, wyznajdziemy z czasu zużytkowanego do jej przebycia, szybkość biegu poczty. Przypuszczając że szybkość ta jest jednostajną, dowiemy się o godzinie przybywania poczty do

Marsylii, co nam w końcu da poznać czas, spotrzebowany na uporządkowanie listów i ich rozdanie.

Helmholtz odbywając doświadczenia z czynnikiem nerwowym ruchu, podrażnił najpierw nerw w punkcie wielce odległym od mięśnia, i oznaczył czas upływający między tem podrażnieniem wywołującym wyruszenie posłannika nerwowego, a przejawem ruchu w mięśniu. Zwracając się następnie do punktu nerwu bardzo pobliskiego mięśniowi, sprawdził, że w tych nowych warunkach, ruch występował tuż po podrażnieniu. Różnica w czasie, zaobserwowana w tych dwóch doświadczeniach po sobie następujących, wymierzała upływ czasu, w ciągu którego przenośli się czynnik nerwowy na znanej długości nerwu, a tem samem wyrażała jego żyzość. Ta zmienia się od 15 do 30 metrów w sekundzie—słabszą przejawia się u żaby, niż u innych zwierząt posiadających krew ciepłą.

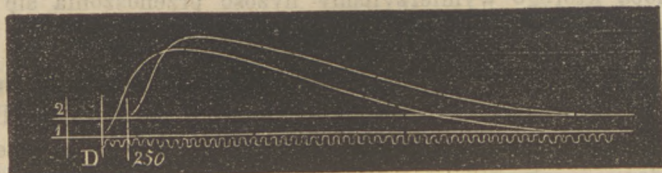


Fig. 10. Ślad żyzości czynnika nerwowego w człowieku 1. Drgnienie wytworzone gdy nerw podrażnionym został w odległości bardzo bliskiej mięśniowi, 2. Drgnienie wytworzone w skutek podrażnienia nerwu w odległości 30 centymetrów dalej. D. Wibracja dyapazonu z szybkością 250 ruchów w sekundzie, posługująca do wymiaru czasu. odpowiadającego przerwie w drganiach.

Otóż z doświadczeń Helmholtza wynika, że czas upływający pomiędzy podrażnieniem a ruchem, nie jest całkiem zajęty przesyłką czynnika nerwowego, lecz że mięsień otrzymując rozkaz przyniesiony przez nerw, pozostaje przez pewną chwilę w spoczynku, za nim rozpocznie działanie. Helmholtz nazywa to *czasem straconym*. Czas ten odpowiadałby, w porównaniu jakiego przed chwilą użyliśmy, trwaniu pracy przygotowawczej, odbywającej się między przybyciem listów, a ich rozdaniem.

Fizyologowie powtarzają z niektórymi ulepszeniami doświadczenie Helmholtza. Widzimy na figurze 10, ślady jakie otrzymaliśmy, wymierzając na nas samej żyzość czynnika nerwowego

Kontrolujemy z kolei po sobie następujące dwa drgania mięśniowe na jednym walcu, bacząc, aby nerw był podrażnionym w obu doświadczeniach w punktach różnych, lecz zawsze w jednej chwili ustosunkowanej do obrotu walca, na przykład w chwili oznaczonej, w której rylce myografu przechodzi na prostopadłą, odpowiadającą pierwotnie linjom 1 i 2. W doświadczeniu z którego otrzymano drganie linii 1, nerw został podrażnionym w odległości bardzo bliskiej mięśniowi—w kreślącym zaś drganie linii 2, nerw podrażnionym był o 30 centymetrów dalej. Ponieważ walec spełnia w obrocie ruch jednostajny, możemy oznaczyć jakiemu czasowi odpowiada odległość oddzielająca dwa drgania. Aby ułatwić wymierzenie przerwy, linje prostopadłe wskazują początek tych drgań. W figurze 10, przerwa je rozdzielająca odpowiada jednej setnej sekundy, w którym to upływie czasu czynnik nerwowy przebiegł 30 centymetrów nerwu, co odpowiada wysokości 30 metrów w sekundzie. Dla wymierzenia tego czasu, z jak największą ścisłością, posługujemy się metodą pomysłu Duhamela. Zasada się ona na kreśleniu na walcu drgań dyapazonu, zaopatrzonego w tym celu bardzo delikatnym rylcem, ocierającym się o papier uczulony.

Z metody tej użytkujemy zawsze w naszych doświadczeniach.

Powróćmy do figury 10. Gdy przerwa przedzielająca punkty w których zaczynają się przejawiać dwa drgania, odpowiadająca czasowi przebiegu czynnika nerwowego przez nerwy na długości 30 centymetrów, upływa czas daleko znaczniejszy, wymierzający się na każdej z linii 1 i 2, odstępem zachodzącym między sygnałem podrażnienia oznaczonym pierwszą z trzech prostopadłych, a pierwszym drganiem. Jest to *czas stracony* Helmholtza,—reprezentuje go w tym doświadczeniu przeszło jedna setna część sekundy. Wielu autorów przypuszcza, że wysokość czynnika nerwowego w skutek pewnych wpływów ulega zmianom,— że ciepło ją powiększa, zimno zaś i utrudzenie pomniejszają. Zdaje się nam przeciwnie, że zmienność w upływie czasu, zależy prawie wyłącznie od tych zjawisk jeszcze nieznanach, które wytwarzają się w mięśniu w ciągu *czasu straconego* Helmholtza.

Podobnie jak urzędnicy pocztowi strudzeni lub drętwiejący z zimna, stają się przyczyną opóźnień w rozesłaniu listów, co przecież bynajmniej nie wpływa na zmianę w szybkości biegu po-

czy je przywołającej, w tenże sam sposób, mięsień odpowiednio do tego czy jest wypoczęty lub znużony, ogrzany lub oziębiony, spełni z większą lub mniejszą szybkością, ruch przez nerw mu nakazany.

Zresztą wszelkie wpływy oddziaływające na zmianę chwili przejawu drgania mięśniowego, zmieniają zarazem szybkość rozchodzenia się fali wewnątrz mięśnia, co okazuje, że chodzi tu tylko o warunki przyspieszające lub opóźniające akcye chemiczne, będące przyczyną pierwotną wszelkich zjawisk.

O kurczeniu się mięśnia. Dotąd poddawaliśmy nerw jednemu podrażnieniu, któremu odpowiadał jeden ruch: *drgnienie* mięśniowe. Drgnienie to jakkolwiek krótkotrwałe, przedstawia wpływ czasu dający się ocenić—w człowieku kurcz mięśnia ukończonym zostaje w upływie 8 lub 10 setnych sekundy, następnie potrzebuje mięsień dłuższego jeszcze czasu, na odzyskanie swej pierwotnej długości—poczem jeżeli otrzymuje od nerwu nowy rozkaz, wydaje nowe drgnienie. Jeżeli jednak drażnienia nerwu następują po sobie w tak krótkich przerwach, że mięsień nie ma czasu wykonać pierwszego drgnienia, gdyż winien spełnić już drugie, dostrzegamy wtedy występujące zjawisko szczególne—ruchy te mieszą się i przechodzą w stan nieustannego kurczenia się, które przedłuża się tak długo, dopóki trwają drażnienia w krótkich przerwach po sobie następujące.

Ztąd też drgnienie jest nieczeminnem, tylko aktem pierwiastkowym funkcyi mięśniowej. Odgrywa w niej ono w pewnym stopniu tę samą rolę, co wibracya dźwięczna w złożonym zjawisku dźwięku. Gdy wola wydaje rozkaz spełnienia kurczu mięśniowego, nerw wywołuje w mięśniu seryę drgań tak sobie pobliskich, że pierwsze nie ma czasu spełnić się, gdy następne już się rozpoczyna. W ten sposób te ruchy pierwiastkowe mnożą się i łączą z sobą wytwarzając kurcze.

Już Volta w liście do Aldini'ego zaznacza ten fakt osobliwy, że żaba odbierając seryę drażeń po sobie następujących, w skutek powtarzanego dotykania dwóch metalów różnorodnych przykładanych do jej nerwu, nie objawia ruchów odpowiadających każdemu z tych dotknięć, lecz ulega pewnemu rodzajowi nieustannego kurczu. Ed. Weber okazał, że szybkie po sobie następujące prądy indukcyjne, oddziałują w tenże sam sposób, i nazwał *tężcem* (tetanos) stan mięśnia tak podrażnionego. Helmholtz zaob-

serwował że w tych warunkach nieustanne kurczenie się mięśnia, trwa jeszcze wewnątrz jego tkanki, gdyż ucho przyłożone do tegoż mięśnia słyży dźwięk, którego brzmienność dokładnie oznaczoną zostaje, liczbą drażeń elektrycznych przesyłanych do mięśnia w sekundzie.

Z pomocą bardzo czułego myografu, zdołaliśmy uwidocznic te vibracje, w mięśniach poddanych drażnieniom elektrycznym tępcowym.

Fig. 11 okazuje, w jaki sposób to zjednoczenie drgań wyrażonem zostaje w kurczu mięśniowym, pozornie nieustającym, w którym wszakże krzywizna wykrywa jeszcze ślady vibracji. Możemy wysledzić vibracje w tępcu jaki wytwarza strychnina w mięśniach zwierzęcia, równie jak w wywoływany podrażnieniem nerwu, za pośrednictwem ciepła lub czynników chemicznych.



Fig. 11. Zjednoczanie się stopniowe drgań wywołanych drażnieniami elektrycznymi, powtarzającymi się z wzrastającą szybkością.

Wreszcie kurcze dowolne zdają się być nieczem innym, tylko seryą drgań zjednoczonych, w skutek samej szybkości z jaką po sobie następują.

W rzeczy samej oddawna wiadomo, że przykładając ucho do mięśnia kurczącego się pod wpływem woli, daje się słyszeć dźwięk donośny, którego brzmienność wielu autorów usiłowało oznaczyć.

Wollaston, Haughton i doktor Collongue, zgadzają się prawie co do tej brzmienności, która odpowiadałaby od 32 do 35 vibracyom w sekundzie. Według Helmholtza liczba 32 vibracji w sekundzie jest dźwiękiem normalnym, wydawanym przez mięsień w czasie jego kurczenia się, — na podstawie odbytych przez siebie doświadczeń dotyczących tępcowości elektrycznej,

uważa on tę liczbę, za minimum potrzebne do wytworzenia stanu pozornej nieruchomości w mięśni elektrycznie tężcowionym.

Chociaż kurczenie się dowolne z pomocą myografu, nie daje żadnego śladu wibracji, nie należy się temu dziwić, ponieważ charakter główny tej akcyi, zasadza się na zjednoczeniu się z sobą drgań — wszelako istnienie dźwięku towarzyszącego kurczowi mięśniowemu, dowodzi dostatecznie złożoności tego zjawiska. Powołujemy się jeszcze na jedno świadectwo wspierające tę teorię. Gdy mięsień odbiera podrażnienia równonapięte, kurczenie się ztąd wynikające jest tem silniejsze, im częściej powtarzają się kurcze. Owóż wywołując kurcze mniej lub więcej silne w mięśniach szczękowych, mogliśmy się przekonać, że brzmienność, dźwięku mięśniowego powiększała się odpowiednio do energii siły. Można w ten sposób otrzymać odmiany *'kwinty* w brzmienności dźwięku mięśniowego.

Zobaczmy później w jaki sposób stan elektryczny mięśni kurczących się, udowadnia więcej jeszcze złożoność tego zjawiska.

W rezultacie podczas kurczu dowolnego nerwy, ruchu są siedliskiem akcyj po sobie następujących, z których każda wytwarza podrażnienie mięśnia. Ten z kolei spełnia seryę akcyj, z których każda daje byt fali mięśniowej wytwarzającej jedno drgnienie. W *sprężystości* to mięśnia szukać potrzeba przyczyny zjednoczenia się tych drgań wielorakich — gasną one jak ulegające przerwom ruchy tłoka pompy pożarnej, znikające w skutek sprężystości jej zbiornika powietrznego.

O pracy mięśni. Po okazaniu w jaki sposób wytwarza się siła mechaniczna, sprobujemy ją wymierzyć, to jest porównać ją z kilogrametrem, jednostką wymierną pracy. Jeżeli zawiesimy ciężarek na ścięgnię mięśnia zniewolonem do kurczu, otrzymamy łańcuch wymiar pracy, mnożąc ten ciężar przez wysokość do jakiej mięsień go unosi.

W motorach żywych, wymiar pracy trudniej pozyskać. Niekiedy wprawdzie posługujemy się siłą zwierzęcia w podnoszeniu ciężaru, wszelako najczęściej akcyje w których zużytkowaną zostaje siła zwierząt, mogą być tylko oszacowane w razie szerszego określenia pracy mechanicznej. I tak koń ciągnący wóz człowiek heblujący deskę i ptak uderzający skrzydłami o powietrze, spełniają pracę mechaniczną, a jednak nie unoszą ciężarów. Aby

określić powszechniej tego rodzaju wypadki, potrzeba przyjąć za wyrażenie pracy: *ilość siły pomnożonej przez przestrzeń przebieżoną*. Ilość tej siły zresztą może być zawsze porównaną z ciężarem, którego uniesienie wymagałoby równej ilości siły, w ten sposób jak to orzekliśmy odnośnie do siły pociągania lub ciśnienia, odpowiadającej od 10 do 20 kilogramom. Gdy robotnik poleruje lub obtacza walec metalowy, to jeżeli narzędzie zagłębiające się w tym walcu wrzyna się weni tylko w tym razie, gdy odbiera ciśnienie dochodzące jednego kilograma, robotnik aby dokonać pracy wyrównywającej jednemu kilogrametrowi, musi oddzielić od walca ilość wiórów długości jednego metra. Koń ciągnący wóz z siłą 20 kilogramów, gdy przebiegnie tysiąc metrów, spełni pracę odpowiadającą 20,000 kilogrametrom.

Wszelako nie daje się to jeszcze zastosować do wszelkich postaci pracy mechanicznej. Jeżeli na przykład, siła użytą zostaje do podniesienia pewnej bryły, to ilość jej potrzebna do nadania ruchu, zmieniać się będzie odpowiednio do szybkości cechującej tę bryłę. Wyobraźmy sobie gład swobodnie zawieszony na końcu bardzo długiego sznura—najsłabsze ciśnienie na tenże gład przez kilka chwil wywierane nada mu ruch, gdy tymczasem najsilniejsze uderzenie pięści nie przesunie go z miejsca widocznie. Pochodzi to stąd, że praca potrzebna do przenoszenia brył, wzrasta w stosunku kwadratu z szybkości im nadanej. ¹⁾

Siła bardzo krótkotrwała, wywarta na bryłę, wywoła tylko uderzenie niezdolne ją przenieść. Wszakże to samo uderzenie, gdy zostaje spełnione za pomocą pośrednika sprężystego, przeistacza się w akcję dłuższej trwającą, a chociaż nic nie powiększy ilości ruchu, staje się ona zdolną do wytworzenia pracy.

Ta rola sprężystości występuje w ekonomii zwierzęcej i wpływa na zużytkowanie tak krótkotrwałej akcji, jaką przedstawia tworzenie się fali mięśniowej. Tworzenie się fali, trwającej zaledwie kilka setnych sekundy, reprezentuje czas przystosowania każdego elementu siły mięśnia. Zachodziłoby za każdym przejawem nowej fali prawdziwe uderzenie, gdyby sprężystość włókna nie dosięgała tak nagłego rozwoju i nie przeistaczała tych małych kurczy przerywanych, w stopniowany przyrost napięcia, wywołujący w mięśniu działalność przedłużającą się.

¹⁾ Pracę tę wyraża $\frac{m \cdot V^2}{2}$.

Motor pracuje tylko w podwójnym warunku: rozwoju ilości siły i spełnienia ruchu. Ztąd też mięsień kurczący się, wykonywa tylko pracę zewnętrzną podczas kurczu, z ukończeniem którego jej zaprzestaje jakkolwiekby ilość siły rozwijał. Po podniesieniu ciężaru do pewnej wysokości, utrzymywanie go w tejsze nie stanowi całkiem pracy.

Wszelako w tych warunkach, dla utrzymania siły sprężystości mięśnia, zachodzą wewnątrz niego też same akcje, co podczas pracy: występują w krótkich po sobie przerwach fale mięśniowe, akcje zaś chemiczne wywiązują ciepło. Owóż ciepło to nie mogąc przetworzyć się w pracę, musi pozostawać w mięśniu i ogrzewać go silnie. To też właśnie zaobserwowano w chorobie zwanej *Tężcem*, stanowiącej nieustające natężenie mięśni, sprawdzono, że ciepło wytwarza się z napięciem zbytkowem, temperatura całego ciała, dosięga wówczas znacznie podniesionego stopnia.

Rozdział VI.

O elektryczności w zwierzętach.

Elektryczność wytwarza się prawie we wszystkich tkankach organicznych.— Prądy elektryczne mięśni i nerwów.— Prądy wydawane przez ryby elektryczne; teorie dawne, udowodnienie natury elektrycznej tego zjawiska.— Podobieństwa zachodzące między prądem przyrządu elektrycznego, a drgnięciem mięśnia.— Tężece elektryczne.— Szybkość czynnika elektrycznego w nerwach elektrycznych torpilli, czas upływający w wyładowaniu jej prądu.

Wiele tkanek zwierzęcych lub roślinnych jest siedliskiem akcyj chemicznych, z których wywiezuje się nieustannie elektryczność. Z tej przyczyny nerwy i mięśnie zwierzęcia przejawiają elektryczność dynamiczną. Matteucci wykrył kierunek, w którym wytwarza się normalnie prąd mięśniowy—Du Bois Reymond posunął bardzo daleko badania dotyczące poznania tego prądu, jego napięcia i kierunku we wszelkich punktach mięśnia! W dziełach fizyologicznych, przedstawione są długie szczegóły doświadczeń odnoszących się do tych prądów elektrycznych, nerwowych i mięśniowych — rozwój nadany tym poszukiwaniom przejawiał się tem szerszy, że można było spodziewać się wysłedzenia, w tych zjawiskach elektrycznych, najbliższej przyczyny funkcji nerwów i mięśni. Najważniejsze dla nas znaczenie elektryczności mięśniowej, ze względu na przetwarzania się jej w siłę, zdaje się nam przedstawiać znikanie stanu w mięśniu elektrycznego

w chwili, gdy tenże kurcz spełnia, lub gdy zostaje wprowadzonym w drgania tępcowe. Zda się, że naówczas akcyje chemiczne, których mięsień jest siedliskiem, zajęte są całkiem produkcją ciepła i ruchu.

Chcąc śledzić te zjawiska, potrzeba nam użyć bardzo czułego galwanometru. Przypuśćmy, że mięsień pozostaje w związku z jednym tego rodzaju narzędziem — wyda ono prąd i wywoła zboczenie igielki magnesowej o pewną ilość stopni. Gdy to zboczenie nastąpi i igielka utrzymuje się w swem nowem położeniu, dość jest wzbudzić ruch tępcowy w mięśniu, aby ujrzeć cofnięcie się igielki w kierunku zera. Du Bois Reymond nazywa to *zmiennością ujemną* prądu mięśniowego. Dostrzegamy toż samo zjawisko w kurczeniu się dowolnem mięśni.

Wyjaśnienie zmienności ujemnej jest wielce ważnem. Du Bois Reymond zaznaczywszy, że jedno drgnienie mięśniowe nie wywołuje żadnego zboczenia igielki w kierunku zera, wniósł ztąd, że pochodzi to od zbyt krótkotrwałego zaburzenia elektrycznego, któremu towarzyszy jedno drgnienie. W tępcach przeciwnie, seryi wytwarzających się drgań, odpowiada serya zmian zachodzących w stanie elektrycznym mięśnia. Wpływy ich jednoczą się, wywołując zboczenie igielki magnesowej. Zjawisko to dobrze jest znane fizykom. Wiadomo, że igielka galwanometru ulegając prądowi często przerywanemu, przyjmuje położenie stałe, pośredniczące pomiędzy zerem, a położeniem krańcowem jakieby zajmowała gdyby prąd był ciągły. W mięśniach drgających, dłużej jak np. żółwia, zachodzi zmiana wielce przedłużającego się stanu elektrycznego, dlatego też mięśnie te, za każdym drgnięciem, mogą wywoływać zboczenie igielki magnesowej. Toż samo zachodzi z ruchami serca — każdy z nich zdaje się być tylko jednym drgnięciem mięśnia sercowego, a jednak wpływa on na zboczenie igielki magnesowej, podobnie jak tępcze mięśnia zwyczajnego. Fakt zmienności ujemnej, dający się również widzieć w mięśniu kurczącym się dowolnie, jest niesłychanie ważnym. W rzeczy samej, stwierdza on teorię, porównyującą kurcz do tęcza, to jest do akcyi przerywanej lub wibrującej. Punktem od dawna spornym, odnoszącym się do tych objawów elektryczności mięśniowej, jest kwestya pozostająca do rozwiązania, czy zmiennosc ujemną, wytwarza zmiana w kierunku prądu mięśniowego, czy też chwilowe zawieszenie tego prądu. Ta ostatnia hipoteza

stała się wielce prawdopodobną, w skutek licznych doświadczeń, w których nigdy niedostrzeżono igielki galwanometru cofającej się ku drugiej stronie zera. Ztąd też zjawisko zmienności ujemnej, zdaje się udowodniać to, co zaznaczyliśmy na początku tego rozdziału, a mianowicie: że siła objawia się w mięśniach w rozmaity sposób w czasie ich działalności i spoczynku oraz że objaw pod postacią pracy mechanicznej, zastępywanem bywa objawem pod postacią elektryczności.

Ryby elektryczne. Elektryczność zwierzęca przejawia się pod postacią jeszcze ciekawszą, w prądach wytwarzanych przez niektóre ryby. Tu organa odpowiednie, przeznaczone są do wytwarzania elektryczności—wszelako budową, składem chemicznym, zależnością ich od układu nerwowego, organa te przypominają warunki przyrządu mięśniowego.

Liczba gatunków zwierzęcych, opatrzonych przyrządami elektrycznymi, niedawno jeszcze ograniczana tylko do pięciu ¹⁾, powiększoną została od czasu, gdy Ch. Robin okazał, że wszystkie gatunki Rai posiadają w stanie przynajmniej zarodkowym, przyrząd i funkcję elektryczną. Z drugiej strony rozbiór tej osobliwszej akcji, zwanej *wyładowaniem elektrycznem*, coraz bliżej był badany, w miarę jak fizycy poznawali dokładniej rozmaite właściwości czynnika elektrycznego.

W XVIII wieku opisując torpillę, powiadano „że ta ryba, za dotknięciem, wyrzuca z siebie jad, paraliżujący i odrętwiający rękę rybaka”. Muschenbroeck w ostatnim stuleciu w prądzie wyrzucanym przez torpillę, rozpoznawał cechy elektryczności. Walsch w 1778 r. dostrzegł również, że odrętwienie doznawane za dotknięciem tego zwierzęcia, nie różni się w niczem od wyładowania maszyny elektrycznej. Okazał on licznymi doświadczeniami, że w istocie ryba ta, wytwarza elektryczność. Poddając jej prądy rozmaitym próbom, udowodnił, że zachowują się podobnie jak strumienie maszyny elektrycznej. I tak przekonał, się że można bezkarnie dotykać zwierzęcia, używając pośrednictwa ciał, nie będą-

¹⁾ Do pięciu gatunków dawniej znanych należały *Raja Drętwik* (Raya Torpedo) *Węgorz elektryczny* (Gymnotus electricus) *Sum elektryczny* (Silurus electricus) *Kolcобрзuch elektryczny* (Tetrodon electricus) i *Włosoogon elektryczny* (Trichiurus electricus).

cych przewodnikami elektryczności. Co więcej wprowadził on w obieg prąd torpilli, przepływający przez szereg ludzi trzymających się za ręce—każdy z tych ludzi uczuł szczególniejsze wstrząśnienie, jakie w tenże sam sposób odbieramy z butelki lejdejskiej.

W późniejszym czasie Davy wywołał za pomocą prądu torpilli zboczenie galwanometru, namagnesował igły stalowe, pomieszczone w mosiężnej spiralnej przez którą prąd ten przeprowadzał, i rozłożył wodę słoną. Becquerel i Breschet sprawdzili też same fakty i przekonali się na drucie galwanometru, że prąd krąży od grzbietu do brzucha zwierzęcia.

Przejaw iskry pozyskany został później—Linari i Matteucci, otrzymali tę iskrę, przerywając w rozmaity sposób obiegnik metalowy, przez który przepływał prąd torpilli. Najdowcipniejszym w tej mierze jest sposób Matteucci'ego, który użył pilnika w warunkach niżej tu podanych.

Blaszkę metalową, dotykającą drutu mosiężnego, umieścił on pod brzuchem torpilli, na grzbiecie jej osadził pilnik, ulegający tarcia o koniec druta metalowego. Drażniąc w tymże czasie zwierzę, pozostające w ciemności, dostrzegał jedną lub kilka iskier, wytryskujących pomiędzy pilnikiem a drutem mosiężnym. Wytworzenie się iskry następuje prawdopodobnie wówczas, gdy obiegnik przerwany zostaje w tejże samej chwili, w której następuje przepływ prądu torpilli. Pojmujemy zatem rolę pilnika, który wytwarzając pod wpływem tarcia mosiądzu, pewną serię połączeń i przerw w obiegniku z wielce krótkimi przestankami, musi koniecznie wydawać jedną z tych przerw, zbiegającą się z wyładowaniem elektrycznem, zachodzącą w równie krótkim upływie czasu. Zaznaczamy nawiasowo, że wytworzenie się dwóch iskier w wyładowaniu torpilli, okazuje bardzo wyraźnie, że to wyładowanie trwa przez pewien czas dający się ocenić, wymierzyć, przynajmniej upływem chwili ubiegającej podczas przejścia prądu z mosiądzu na dwa zęby pilnika sobie sąsiednie. A. Moreau zdołał zebrać tę elektryczność na kondensatorze, co pozwoliło mu wymierzyć zmiany, zachodzące w napięciu prądu elektrycznego, na podstawie wskazówek elektroskopu, opatrzonego listkami złota.

Widzimy ztąd, przez jakie stopnie kolejne przechodziło rozpoznawanie zjawiska elektrycznego w torpilli—w tym względzie postępy fizyki przechodziły stopniowo do dziedziny fizjologii.

Wszelako wyładowanie się torpilli, takie jakie nam okazują doświadczenia wyżej wzmiakowane, przedstawiało się jako zjawisko powikłane, w którym skutki siły natężenia machin, zdają się łączyć ze skutkami stosów. Potrzeba na podstawie nowych poszukiwań starać się oznaczyć miejsce, jakie powinno zająć w serii znanych objawów elektryczności, wyładowanie ryb elektrycznych.

Zapatrując się z punktu widzenia fizyologicznego, zjawisko to obudza żywe zajęcie z innej jeszcze strony. Najnowsze odkrycia usiłują porównać funcję przyrządu elektrycznego, z właściwą mięśniowi. Gdy np. porównamy akcye układu nerwowego w przyrządzie elektrycznym niektórych ryb, z akcyą wywartą przez nerw na mięsień, uderzą nas podobieństwa następne:

Wyładowania elektryczne podobnie jak drgania mięśniowe, mogą się wytwarzać pod wpływem woli zwierzęcia—mogą również przedstawiać się jako zjawiska odruchowe. Podrażnienie nerwu elektrycznego wywołuje *wyładowanie*, podobnie jak podrażnienie nerwu ruchu, wytwarza *drganie* mięśnia. Rzeczywisty paraliż następuje w przyrządzie elektrycznym, gdy odcinamy jego nerw, równie jak to ma miejsce w mięśniu, któremu nerw został odjęty. Paraliż ten może być też wywołany w skutek *kuraru* chociaż ta trucizna zdaje się powolniej działać na nerwy elektryczne, niż na większą część nerwów ruchu. Wreszcie *tężec elektryczny* używając szczęśliwego wyrażenia A. Moreau, objawia się nie tylko poddając nerw torpilli drażnieniom kolejnym szybko po sobie następującym, ale nadto gdy zwierzę zatrutem zostanie strychniną, lub wszelką inną materyą *tężce* sprowadzającą. Porównać możnaby bardzo naturalnie do elementów stosu, rozmaite komórki lub blaszki przyrządu ryb elektrycznych i na podstawie tego porównania, poszukiwać: jaką jest siła elektromotora, każdego z tych małych elementów, i jakie skutki napięcia wypływają ze stowarzyszenia tych par. Oto wypadki doświadczenia, otrzymane przez Matteucci'ego.

Cząstka przyrządu elektrycznego torpilli, wprowadzona w związek z poduszczkami galwanometru, rodzi prąd w tymże samym kierunku, jaki przejawia się w przyrządzie, którego część stanowi.

Im więcej powiększamy długość pryzmatu, w ten sposób odłączonego, tem liczniejszemi są w następstwie elementy tego rodzaju stosu zwierzęcego, tem większe też jest zboczenie galwanometru w chwili wyładowania. Wywołujemy jedrażniąc nitkę nerwową, odpowiadającą drobnej cząstce przyrządu elektrycznego, pomieszczonego na poduszczykach galwanometru. Do tej chwili podobieństwo przyrządu elektrycznego ze stosem, przedstawia się przedziwnie ze względu na skutki napięcia wzrastające wraz z liczbą elementów użytych. Analogja ta sprawdza się na wszystkich rybach elektrycznych, gdy chcemy porównywać natężenie prądów otrzymywanych w rozmaitych punktach przyrządu. W torpilli znajdujemy, że wyładowania jej dochodzą maximum, gdy dotykamy obu stron jej przyrządu w części wewnętrznej, to jest w punkcie przedstawiającym największą grubość, a tem samem zawierającym największą liczbę tarcz na sobie ułożonych. W węgorzu, którego pryzmaty elektryczne, przedstawiają tak wielką długość, z powodu większej objętości elementów i większej ich liczby, prąd wydzielony jest jeszcze silniejszym. Ustosunkowanym on bywa do rozległości przestrzeni zawartej pomiędzy dwoma punktami, odbierającemi to wstrząśnienie. U sumy zachodzi toż samo, odbiera on wrażenie tem żywsze, im dotykamy punktów zwierzęcia więcej od siebie oddalonych.

Wreszcie na jednej płaszczyźnie przyrządu elektrycznego torpilli, można jeszcze otrzymywać prądy dotykając punktów niesymetrycznych, to jest punktów, w których liczba elementów stosu nie jest jednakową, z przyczyny różnic zachodzących w długości pryzmatów je składających. Ztąd też chociażby zwrot do bieguna północnego był jednakowym, na jednej płaszczyźnie przyrządu, fakt przecież różniczkowania w napięciu elektrycznem rozmaitych punktów tej płaszczyzny, wystarcza do możliwego wytworzenia prądu i oznaczenia jego kierunku.

Co się zaś tyczy źródła siły elektrycznej, nie sądzimy aby ktokolwiek dziś mógł upatrywać w nim co innego, prócz wypadku akcyj chemicznych, wytwarzanych w łonie przyrządu.

Nim jednak wyrobił się ten pogląd, fizyologowie wynajdywali liczne hipotezy, dotyczące źródła elektryczności zwierzęcej. Ztąd też gdy Du Bois Reymond okazał, że tkanka nerwowa po-

siada dość znaczą siłę elektro-ruchową, jak niemniej że w nerwach jestestw żywych, istnieje prąd krążący w kierunku niezmiennym, rozumiano, że nerwy wielkiej objętości, zwracające się do przyrządu elektrycznego ryb, przenosiły elektryczność, jak naczynia roznoszące krew do organów. Matteucci okazał, że płat mózgowy wielkiej objętości w torpilli, jest punktem wyjścia nerwów jej przyrządu elektrycznego. Zaobserwował on, że można odjąć resztę mózgu, nie pozbawiając zwierzęcia możności wytwarzania prądów elektrycznych dowolnych lub odruchowych, że jednak nie zachodzi nic podobnego, niszcząc ten płat mózgowy, który z tej przyczyny nazwał on płatem elektrycznym torpilli.

W zwierzęciu umierającym, nie dającym już żadnych prądów dowolnych, powiada Matteucci, dość jest dotknąć płata elektrycznego, aby otrzymać prądy silniejsze od tych, jakie zwierzę wytwarza pod wpływem woli, pozostając w stanie doskonałej działalności.

Jednakże przesadzano znaczenie myśli Matteucci'ego, przypisując mu to pojęcie, że elektryczność wytwarza się w mózgu torpilli i krąży przez jego nerwy. Jest to jakgdybyśmy powiedzieli, że siła ruch nadająca, tworzy się w mózgu i przechodzi do mięśni po nerwach ruchu. Elektryczność torpilli rodzi się w przyrządzie właściwym tej ryby, jak praca mechaniczna rodząca się w mięśniu. Gdy dostrzegamy wytwarzające się zjawiska elektryczności lub ruchu, nerwy ruchu lub elektryczne zajęte są jedynie przesyłką rozkazu wychodzącego z mózgu, wszelako elektryczność krążąca w tych nerwach, nie jest bynajmniej tą, jaka przejawia się z taką dzielnością w prądach wydzielanych przez przyrząd. Jest to, mówi sam Matteucci, toż samo, jak gdybyśmy mieszały skutek prochu armatniego ze skutkiem lontu, który jedynie posługiwał do wywołania wybuchu prochu.

Ztąd też najprawdopodobniejszą teorią jest ta, która porównywa nerwy elektryczne z nerwami ruchu—wyładowanie elektryczne z drgnieniem mięśniowem, a seryę następujących po sobie prądów z tężcami.

Celem sprawdzenia dokładności tej teorii, poszukiwaliśmy ¹⁾, czy nerwy torpilli przenoszą rozkaz woli z tą samą szyb-

¹⁾ Patrz, szczegóły doświadczeń w dzienniku *Journal de l'anatomie et de la physiologie*, 1872.

kością jak nerwy ruchu—czy gdy przyrząd elektryczny otrzymał rozkaz przesyłki drogą nerwu, pozostaje on przed rozpoczęciem działania podobnie jak mięsień przez chwilę nieczynnym, (*czas stracony*)—wreszcie czy wyładowanie torpilli przeciwstawione pochodzącemu z napięcia przyrządów elektrycznych, trwa przez pewien czas, podobnie jak drgnienie mięśnia.

Widzieliśmy, że ciepło, zimno, podwiązanie tętnicy, działanie niektórych trucizn, zmienia znacząco postać i czas trwania drgnienia mięśniowego. Gdyby doświadczenie okazało, że we względzie opóźnienia, czasu trwania i faz, prąd torpilli zachowuje się podobnie jak drgnienie mięśnia — gdyby z drugiej strony uwidoczniono, że jednakowe czynniki wywołują jednakowe skutki, mielibyśmy prawo jeszcze zupełniejsze, porównywać zjawiska elektryczne z cechującymi ruch. Fizyologia jednych wyjaśniałaby w wielu punktach fizyologię drugich.

Pobył kilkutygodniowy w Neapolu, pozwolił nam dopełnić tego rodzaju badań i dał wypadki jakkolwiek jeszcze niedokładne, to przecież dość wyraźnie zbliżające akcyje elektryczną do mięśniowej. Wypadki te są następujące.

1-o). Szybkość czynnika nerwowego w nerwach elektrycznych torpilli, zdaje się być widocznie tą samą, co czynnika nerwu ruchu u żaby.

2-o). Zjawisko zwane przez Helmholtza *czasem straconym*, zachodzi również w przyrządzie elektrycznym torpilli i trwa prawie przez tenże sam czas jak w mięśniu.

3-o). Wyładowanie torpilli, nie jest bynajmniej przemijającym jak w napięciu niektórych przyrządów elektrycznych, lecz przedłuża się blisko do 14 setnych sekundy, co wyrównywa prawie zupełnie czasowi, w upływie którego zachodzi drgnienie mięśnia żaby.

Nie będziemy tu wchodzić w szczegóły doświadczeń, z których otrzymane zostały te wypadki, wszelako spróbujemy w kilku zarysach wyjaśnić metodę jaką się posługiwaliśmy.

Przyrządy kontrolujące wymierzają najkrótsze upływy czasu, jak to widzieliśmy, mówiąc o oszacowaniach żywości czynnika nerwowego. Wszelako używając metody graficznej, potrzeba aby ruch wytwarzał się jednocześnie z danym sygnałem. Tak np.

w doświadczeniu Helmholtza, drgnienie mięśniowe samo zwiastuje, że rozkaz ruchu przesyłany nerwem doszedł do swego przeznaczenia.

Dla otrzymania sygnału wyładowania elektrycznego, drażniliśmy mięsień żaby, wypisujący swe drgnienie na walcu kontrolującym. Ślad skreślony przez *żabę sygnałową*, opóźniał się wprawdzie co do chwili, w której wywołaniem zostało drażnienie—wszelako opóźnienie to, przedstawia ilość znaną — łatwo więc przychodzi zdać sobie z niego sprawę,

Podajemy tu w jaki sposób postąpiono, celem wymierzenia za pomocą zwykłego myografu, czasu trwania rozmaitych akcyj poprzedzających wyładowanie torpilli.

W pierwszym doświadczeniu (fig. 12) drażniąc bezpośrednio nerw żaby, otrzymalibyśmy wymiar czasu $e g$, upływającego pomiędzy chwilą e podrażnienia, a sygnałem g danym przez żabę.

W drugim doświadczeniu, drażniąc torpillę, (zawsze w chwili e) zebralibyśmy elektryczność z jej wyładowania pochodzącą, za

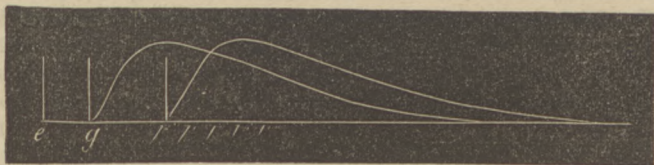


Fig. 12. Wymierzenie czasu upływającego pomiędzy podrażnieniem nerwu elektrycznego, a wyładowaniem torpilli.

pomocą drutów przewodnikowych, które otaczały nerw *żaby sygnałowej*. To dałoby drgnienie jej w punkcie t .

Różnica $g t$ wyrażałaby czas zużyty przez torpillę, pomiędzy podrażnieniem jej nerwu a wyładowaniem. Zmieniając doświadczenie, jak to czyniliśmy odnośnie do nerwów ruchu otrzymalibyśmy wymiar żywości czynnika nerwowego elektrycznego, tudzież szybkość czasu straconego w przyrządzie torpilli ¹⁾.

¹⁾ Pozbawieni przyrządów odpowiednich, zmuszeni byliśmy sami zbudować rodzaj przyrządu kontrolującego, który wymierzał krótkie upływy czasu z dość wielką dokładnością. Odsyłamy czytelnika chcącego poznać urządzenie rzeczywiste doświadczeń, do dziennika *Journal de l'anatomie, et de la physiologie* loc. cit. Fig. 12 wyobraża ślady, otrzymywane z pomocą znanych już przyrządów kontrolujących.

Wreszcie celem wymierzenia trwania akcyi elektrycznej użyliśmy metody, polegającej na zebraniu tego wyładowania, zachodzącego w wielce krótkim upływie czasu ($\frac{1}{100}$ sekundy) aby go przesłać *zabie sygnałowej* i pozyskać stopniowe zmiany chwili, w której następuje zebranie elektryczności torpilli. Spostrzegać się daje wówczas że poczynając od punktu t , można w upływie czasu odpowiadającym 14 setnym sekundy, otrzymać seryę sygnałów $zaby\ t'\ t''\ t'''\ t''''$ — wszelako po za granicą tych upływów czasu, *zaba* nie daje już ruchów, co dowodzi, że prąd wydzielający się, przestał się wytwarzać.

Nie możemy posuwać dalej porównywania akcyi elektrycznej z mięśniową, wszakże według wypadków już otrzymanych z doświadczenia, łatwo przewidzieć, że nowe analogie przejawiają się jeszcze pomiędzy temi dwoma objawami siły jestestw żyjących: pracą mechaniczną i elektrycznością.

Rozdział VII.

O maszynie zwierzęcej.

Postacie w jakich przedstawia się praca mechaniczna.—Wszelka maszyna winna być zbudowaną odpowiednio do postaci pracy, jaką ma spełniać.—Stosunki zachodzące między postacią mięśnia, a postacią pracy jaką tenże wykonywa.—Teorya Borelli'ego.—Siła właściwa mięśniom.—O mechanizmach; zmieniają one jedynie postać pracy, lecz nie powiększają jej ilości.—Konieczność ruchów na przemian po sobie następujących w motorach żywych.—Wytwór siły w motorach ożywionych.

Jeżeli rozszerzaliśmy się długo w przedmiocie pochodzenia ciepła, pracy mechanicznej i elektryczności w państwie zwierzęcem, to tylko z potrzeby udowodnienia, że siły te, są też same jakie przejawiają się w świecie nieorganicznym. Niektóre różnice pozorne musiały żywo uderzać pierwszych obserwatorów, wszelako postępy nauki uwidoczniły zawsze z coraz większą jasnością, tę identyczność nieuznaną tylko przez tych, których umysł ulega jeszcze wpływom teoryj przestarzałych.

Siła mechaniczna jaką teraz mamy wyłącznie się zajmować, badaną jest dotąd jeszcze, odnośnie do jej źródeł,—będziemy śledzić ją w przejawach prac rozmaitej natury, jakie spełnia w maszynie zwierzęcej.

We wszelkich maszynach używanych w przemyśle, potrzebne są organa, służące jako pośredniki pomiędzy siłą którą zarządza-

my, a oporami do jakich ją chcemy zastosować. Słowo *organ* jest tem właśnie jakiego używają anatomowie, celem określenia składowych części maszyny zwierzęcej. Prawa mechaniki stosują się tak dobrze do motorów żywych, jak do innych maszyn — prawda ta jednakże potrzebuje udowodnienia, gdyż podobnie jak wiele innych, przez długi czas nie była uznawaną.

O postaciach siły mechanicznej. Rozporządzając pewną ilością siły, dla jej zużytkowania potrzeba, skupić ją w warunkach zmieniających się odpowiednio do natury skutków, jakie chcemy wytworzyć.

Widzieliśmy że wymiar pracy spełnionej, jest iloczynem z oporu przez drogę przebieżoną. Podobny wymiar będąc iloczynem dwóch czynników może być stały, jeżeli oba czynniki zmieniają się względem siebie w kierunku odwrotnym. I tak, ciężar wielki podniesiony do małej wysokości, wyda też samą pracę, co ciężar mały podniesiony do znacznej wysokości.

Będą to dwie postaci różne tejże samej ilości pracy — wszelako w tych razach postać jest wagi niepospolitej. W rzeczy samej, chcąc zużytkować pracę motorową, potrzeba aby jej postać przedstawiała się tą samą, jaką cechuje się praca oporowa jej przeciwstawiona.

Gdybyśmy wybrali za siłę motorową tłok maszyny parowej, przedstawiający w przecięciu wielką szerokość a małą długość. zdolny unieść 100 kilogramów do wysokości jednego centymetra, co odpowiadałoby jednemu kilogrametrowi, — i gdyby potrzeba było z pomocą tego rodnika siły, podnieść kilogram do wysokości metra, co również reprezentuje jeden kilogrametr pracy—to siła motorowa tej maszyny nie zostałaby zużytkowaną bezpośrednio, gdyż przy końcu ruchu tłoka, ciężar kilograma nie byłby unoszonym do wysokości centymetra i $\frac{99}{100}$ rozporządzalnej siły nie byłoby zużytkowanemi.

Wszelka zatem maszyna, powinna być zbudowaną odpowiednio do postaci w jakiej przedstawi się praca oporowa, mająca być pokonaną.

Wszelako za pomocą niektórych środków sztucznych, drążków lub kółek stosownie z sobą połączonych, można przeprowadzić pewną ilość pracy z jednej postaci w drugą, i ustosunkować ją odpowiednio do oporu jej stawianego.

Wszakże będzie to przedmiotem badań następnych. Obecnie rozbierzemy tylko wypadek, w którym siła zostaje bezpośrednio zastosowaną do pokonania przeszkody, co zdarza się dość często w motorach żywych.

Zwróćmy się więc do hipotezy, w której tłok maszyny ma bezpośrednio zużytkować swą siłę motorową, dla zwyciężenia pewnego oporu — w tych warunkach budujący maszynę będzie się starał nadać powierzchni tłoka takie wymiary, aby ciśnienie na tę powierzchnię, jak najdokładniej wyrównywało oporowi mającemu się pokonać. Następnie da on długość cylindrowi taką, aby ten pozwalał tłokowi odbywać ruch najdokładniej odpowiadający powierzchni, jaką opór musi przebiegać. W tych jedynie warunkach, maszyna spełni pracę użyteczną od niej wymaganą i zużytkuje całą swą siłę motorową.

Przeciwnie, w razie gdy kilogrametr ma spełnić pracę pod postacią podnoszenia 100 kilogramów, do wysokości jednego centymetra, zbudować wypadnie cylinder tak szeroki, aby ciśnienie pary na powierzchnię tłoka, rozwinęło ilość siły odpowiadającą 100 kilogramom, a cylindrowi nadać długość taką, aby ruch tłoka dochodził tylko jednego centymetra.

Obie te postacie cylindra, nie mogą się zastępować wzajemnie, gdyż w jednym razie otrzymanoby siłę niedostateczną, w drugim przestrzeń w której poruszałby się tłok byłaby zbyt ograniczoną.

W obu razach równe są sobie sumy pracy jaką mogą wytworzyć dwie maszyny — czyli równe są iloczyny z ilości siły przez przestrzeń przebieżoną; innemislówy, iloczyny z powierzchni przecięcia cylindra przez jego długość czyli wreszcie objętości pary zawartej w każdym z dwóch przyrządów, w przypuszczeniu, że ta para pozostaje w nich w stanie jednakowego napięcia. To ustosunkowanie objętości materii pracującej ze spełnianą pracą, zachodzi we wszystkich razach przejawu siły ruch nadającej.

Dwie bryły ołowiu spadające z jednakowej wysokości, spełniają prace ustosunkowane z ich objętością, czyli co na jedno wychodzi, z ich ciężarem — dwa pręty kauczukowe jednakowej długości, będąc doprowadzone do jednakowego przedłużenia się, spełniają pracę ustosunkowaną z ich przecięciami poprzecznymi, a tem samem z ich ciężarami względniemi. Wreszcie dwa pręty jednakowej średnicy, lecz nierównych długości, doprowadzone do jednako-

wego przedłużenia, ustosunkowanego z ich długością pierwotną, wracając do swych położeń poprzednich spełnia pracę ustosunkowaną z ich długościami względnymi, czyli z ich ciężarami.

To prowadzi nas do tego wypadku, w którym mięsień stosuje się ściśle do praw powszechnych w mowie będących. Im mięsień jest grubszy to jest im powierzchnia jego przecięcia jest rozleglejszą, tem bywa zdolniejszym do wytworzenia znaczniejszej ilości siły.

Wszelako z drugiej strony, mięsień kurczy się tylko w stosunku do swej własnej długości. Można oznaczyć że przeciętnie skrócenie się mięśnia w kurczu, w razie gdy nie jest odjętym zwierzęciu, dochodzi trzeciej części swej długości w czasie spoczynku. Wypływa ztąd, że praca mięśnia będzie zarazem ustosunkowaną z długością i przecięciem poprzecznem tegoż mięśnia, czyli z jego objętością lub ciężarem.

Według tego, można odpowiednio do cech anatomicznych mięśnia, poznać siłę jaką posiada, względnie do siły innych mięśni tegoż zwierzęcia, tudzież postać pod jaką spełnia swą pracę. Materia mięśni, to jest mięso czerwone, przedstawia widocznie jednakowy ciężar gatunkowy w rozmaitych punktach ekonomii, z czego wypływa, że przeważenie jest najdokładniejszym i najszybszym środkiem, oszacowania wagi względnej dwóch mass mięśniowych i pozwala odgadnąć ilość pracy jaką zdolne są spełniać.

Co się tyczy postaci pod jaką ma spełniać się praca mięśniowa, wyprowadzić ją niemniej łatwo z kształtu mięśnia. Jeżeli ten jest grubym i krótkim, winien wytworzyć wielką ilość siły pomnożonej przez małą przestrzeń zakreslaną,—gdy zaś jest długim i cienkim zakresli przestrzeń znaczną, lecz natomiast rozwinię bardzo małą ilość siły.

Liczne przykłady wspierają to prawo zarządzające pracą mięśniową. Schylacz głowy (*cleido-mastoideus musculus*), mięsień krawiecki (*Sartorius*) ¹⁾ i wielki prost brzuszny (*rectus abdominis*), są mięśniami zakreslającemi długie zwroty—inne słowy, wielce

¹⁾ Tak nazwany z przyczyny, że krawcy biorąc miarę zginać muszą ten mięsień—zaczyna się od nateżacza powięzi szerokiej, od górnego przedniego kolca biodrowego, kończy się zaś na kłykiu piszczeli—zgina gołen a pociąga biodro na wewnątrz. (przyp. tłum.).

rozciągalnemi w ruchu,—z tą też stanowią część mięsistą bardzo wielkiej długości.

Wielki mięsień piersiowy, wielki udowy i skroniowy, są mięśniami grubemi i krótkimi, to jest zdolnemi do rozwinięcia znacznej ilości siły, lecz słabo kurczącemi się.

Borelli znał już te prawa anatomiczne siły mięśniowej, nie korzystając z pojęcia pracy, niewprowadzonego jeszcze za jego czasów do mechaniki, odróżniał przecież przedziwnie, te dwie cechy sobie przeciwstawne akcyje przejawiające się w mięśniu, odpowiednio do tego, czy jego objętość, czy też długość zajmuje przeważniejsze miejsce. I jak to zwykle bywa, że potrzeba teoryi do zadowolenia umysłu, autor ten chciał wyjaśnić te różne skutki, teorią budowy mięśni.

Wyobraźmy sobie, powiada on, łańcuszek metalowy złożony z obrączek okrągłych, sprężystych, i niech na ów łańcuszek wywartą będzie siła ciężenia. Każda obrączka wykrzywi się przyjmując postać owalną, a cały łańcuszek przedłuży się odpowiednio do liczby obrączek, to jest w stosunku do swej długości. Wracając do pierwotnego stanu w skutek sprężystości, łańcuszek ten skróci się również o ilość ustosunkowaną z jego długością. Łańcuszek Borelli'ego jest włóknem pierwotnem, które mikroskop wykrywa we wszystkich mięśniach życia zwierzęcego.

Wszelako powiada Borelli, gdybyśmy utworzyli wiązkę z wielu takich łańcuszków, każdy z nich opierać się będzie ciężeniu, w stosunku do sprężystości swych obrączek. Opór ogółowy ustosunkuje się z liczbą łańcuszków, to jest z grubością wiązki je składającej, a siła z jaką wiązka wyciągnięta powróci do pierwotnego stanu, w tymże samym przejawia się stosunku.

Dziś też nie wyjaśniamy tych zjawisk inaczej, od czasu gdy histologia wykryła w mięśniu wiązkę włókien, których akcyje jednoczą się jak ogniwa łańcuszków o których mówi profesor wszechniey neapolitańskiej. Przechodząc do innych poszukiwań, autor ten, badał wpływ kierunku włókien na siłę przez nie rozwiniętą. Zaznacza on, że mięśnie, których włókna współzbiegają się skośnie na jednym ścięgnię, jak chorągiewka pióra na jego szyjce środkowej, nie posiadają ani rozciągliwości w ruchu, ani ilości siły ustosunkowanej z ich długością i przecięciami. Nie potrzebujemy nic zmieniać w tej ocenie składu sił organu mięśniowego.

O sile właściwej mięśniom. W machinach zbudowanych przez człowieka, nie dość jest oznaczyć wymiary podłużne i poprzeczne cylindra, aby poznać jaką ilość pracy rozwinię każde poruszenie tłoka—potrzeba obok tego wiedzieć jakie jest ciśnienie pary. To ocenia się liczbą atmosfer, jakąby para uchodząc mogła znosić. Winnych razach, oznaczamy siłę pary liczbą kilogramów, wyrażających ciśnienie wywierane na każdy centymetr kwadratowy powierzchni cylindra. W każdym razie jest to rodzaj ocenienia siły właściwej pewnej objętości pary, którą należy oznaczyć. Podobnie w motorach hydraulicznych potrzeba poznać ciężar wody, lub jej ciśnienie, chcąc ocenić pracę wydawaną przez maszynę. Fizyologowie równie starali się oznaczyć siłę właściwą tkance mięśniowej rozmaitych zwierząt, i sprowadzić do jednostki w poprzecznym przecięciu mięśnia, ilość siły jaką tenże może wytwarzać. W ten sposób oznaczono, że mięsień żaby rozwijałby ilość siły dochodzącą 692 gramów (E. Weber) na jednym centymetrze kwadratowym przecięcia—że mięsień człowieka rozwinałby ilość siły 1087 gramów (Koster)—mięsień ptaka wytwarzałby siłę około 1200 (Marey), wreszcie siła mięśnia w owadzie byłaby jeszcze znaczniejszą (Plateau).

Według Strauss Durkheim'a, mięsień jelonka wagi 20 centygramów, znosiłby ciężar 7 kilogramów, licząc w to chwilę rozwiniętej siły i oporu.

Odpowiednio do tych ocen, możnaby, jak widzimy, porównywać motory żywe z maszynami pracującymi z rozmaitą siłą ciśnienia. Żaba moglibyśmy powiedzieć, pracuje z ciśnieniem przynajmniej jednej atmosfery, człowiek z ciśnieniem wyższem od jednej atmosfery. Ciśnienie byłoby silniejszym w ptaku, a jeszcze potężniejszym w owadzie.

O mechanizmach. Gdy siła mechaniczna nie może być bezpośrednio zużytkowaną nie pozostając w harmonii z postacią pracy jaką ma produkować, przemysł posiada rozmaite środki jej przetworzenia. Mechanizmy znane pod nazwą kół i drągów (dźwigni), są w każdej chwili zastosowywane do tego użytku.

W organizmie zwierzęcym znajdujemy również mechanizmy, w skutek których zachodzi zmiana w postaci pracy mięśni. Przyroda prawie wyłącznie w tym celu używa dźwigni. Układ dźwigni kostnych tworzących szkielet, jest zbyt powszechnie znany

abyśmy potrzebowali tu o nim przypominać — wszelako w tej kwestyi nawet między fizyologami wielce jest rozpowszechnionym błąd, który nieodzownie wykazać nam potrzeba.

Prawie wszystkie dźwignie istniejące w organizmie, należą do trzeciego rodzaju, to jest, że siła mięśniowa mieści się pomiędzy punktem podpory a oporem. W tych warunkach, ilość siły jaką może rozwinąć koniec dźwigni na który działa opór jest mniejszą od siły mięśnia. Wszelako droga przebiegana przez ten koniec dźwigni wzrasta proporcjonalnie, w ten sposób, że iloczyn z siły pomnożonej przez jej drogę, czyli innemi słowy praca, pozostaje tą samą.

Owóż znajdujemy w wielu dziełach klasycznych, rodzaj zarzutu czynionego przyrodzie, jakoby zużywającej niepotrzebnie z widoczną stratą, większą część siły naszych mięśni, w skutek zniewalania ich do działania na dźwignię niekorzystną. Wprawdzie dla pomniejszenia tego błędu, przyznawano najzupełniej, że ten układ wadliwy z ekonomicznego punktu widzenia, nadaje naszym mięśniom pewną kształtność, którejby nie przedstawiały, gdyby na przykład od mostka do pięści rozciągało się jedno długie pasmo mięśniowe. Te pojęcia mechaniczne i estetyczne, winny wszakże ustąpić miejsca zdrowszym poglądom. Przedewszystkiem nie należy nam zapominać, że mięsień dostarcza pracy w stosunku do swej objętości i ciężaru, a to bez względu, jakiekolwiek byłyby wymiary dźwigni do której się przytwierdza. Zadaniem tej znowu dźwigni, jest porządkowanie postaci w jakiej wytwarza się praca, wszelako w niczem ją ona nie powiększa ani ogranicza.

Podobnego rodzaju błąd bywa popełnianym w ocenie roli dźwigni, któremi się człowiek w swych pracach posługuje. W rzeczy samej, często się zdarza, że siła ludzka okazuje się niedołączną do podniesienia pewnych ciężarów — w tym razie użytkujemy z dźwigni pierwszego lub drugiego rodzaju, których ramieniowi dającemu siłę nadajemy większą długość od stanowiącego opór.

W ten sposób "użytkujemy z siły motorowej, która nie mogłaby wytworzyć siły zewnętrznej, gdyby usiłowano przeciwstawić ją bezpośrednio oporowi jaki ma pokonać. Wszelako dźwignia roznosząc rozwiniętą siłę, zmniejsza o tyleż rozległość ruchu wytworzonego — nie powiększa też w niczem pracy spełnianej przez motor.

Przed wprowadzeniem pojęcia pracy do mechaniki, gdy jeszcze nie dość pojmowano niemożliwość powiększenia za pomocą mechanizmów sumy pracy rozporządzanej, tworzone wiele poglądów fałszywych o roli mechanizmów w pewnych razach. Widząc te masy olbrzymie kamieni, zwane piramidami Egipskimi, lub te głazy ogromne, które w czasach przedhistorycznych ojcowie nasi wznosili pod nazwą *Dotmenów*, rozumiano że te prace Tytanów, udowadniały wielce posuniętą znajomość mechaniki.

W rzeczy samej, dziś potrzeba byłoby ogromnego czasu lub całej armii robotników do wykonania podobnych dzieł, przy użyciu wyłącznem siły ludzi lub zwierząt.

Nie potrzeba wyobrażać sobie, że stara Galja lub starożytny Egipt mogły pomijać w budownictwie tych dzieł, tę nieuniknioną potrzebę użytkowania z tłumu ludzi i z wielkich upływów czasu, od chwili, gdy zaczęły w pracach mechanicznych posługiwać się motorami żywymi.

Wszelako w naszych czasach zdołano postawić się w nowych warunkach, dzięki wynalazkowi machin, rozwijających pracę mechaniczną.

Do użytkowania pradawnego z motorów naturalnych, z wód bieżących i z powietrza, człowiek potrafił dołączyć motory parowe, dzięki którym trochę węgla kamiennego zastępuje pracę wielu zwierząt. Z pomocą to tej dźwigni, Egipt zdołał urzeczywistnić w kilku latach przekop międzymorza Suez, to jest przedsięwzięcie, które przed 4,000 lat wymagałoby wysiłków wielu pokoleń.

Konieczność ruchu naprzemianległego w motorach ożywionych. Gdy tłok maszyny spełni jedno poruszenie, potrzeba aby para go popychająca znalazła ujście, oraz aby tłok zwrócił się w kierunku odwrotnym, celem wykonania nowej pracy. Podobnież mięsień po ukończeniu kurczu, musi zwolnieć przed rozpoczęciem nowej pracy. Wszelako mechanicy rozumieli, że w tych ruchach naprzemianległych istnieje przyczyna straty w pracy. Aby bryła ciężka wyrzucona z pewną szybkością, mogła w kierunku odwrotnym wrócić do pierwotnego położenia, potrzeba najpierw zniszczyć siłę jaką zawiera, pod postacią, że tak powiemy, siły żywej. Podobnież członek nagle wyprostowany potrzebuje chcąc być szybko zgiętym, aby jego szybkość nabyta była najpierw zniesioną, co wymaga pewnego ubytku w pracy.

Dla uchronienia się od tych ubytków w pracy motora, mechanicy starają się o ile można korzystać z ruchu opisującego koło, w miejsce ruchu wahadłowego. W ten sposób człowiek w wynalazkach swych, czerpiąc tak często natchnienie z układów, jakich przykłady przedstawia mu przyroda, oddala się tym razem od swego wzoru. Zdaje się mu że go przewyższa i ma słuszność. Aby to lepiej zrozumieć, postąpimy najlepiej powołując się na kilka wierszy, w których L. Foucault porównywa spiralną popychającą statki, do organów służących rybom do pływania. „W maszynach naszych, pisze on, ¹⁾ liczymy pospolicie bardzo wiele części całkiem od siebie odrębnych, stykających się tylko w niektórych punktach — przeciwnie w zwierzęciu wszystkie części łączą się z sobą w jedną całość, związek tkanek zachodzi pomiędzy dwoma jakimikolwiek punktami wybranymi w jego ciele. Ztąd też potrzebuje ono funkcyi żywienia, odbywającej się nieustannie, — funkcyi której jest uległą wszelkie jestestwo żywe przez cały czas swego istnienia. Pojmujemy zresztą niemożliwość bezwzględną, w otrzymaniu ciągłego ruchu obrotowego jednej części około drugiej, trwającego nieustannie.”

Ztąd też głęboka różnica oddziela mechanizmy z których użytkuje przyroda, od wymyślonych przez człowieka. Pierwsze ulegają uwarunkowaniom odrębnym, z których drugie mogą się wyzwalać. Mięsień może tylko działać, pod warunkiem pozostawania w związku z resztą organizmu, za pośrednictwem naczyń i nerwów. Żadna część ciała, nawet kości stanowiące najmniej ożywione części, nie mogą wyłamywać się z pod tej konieczności.

Moglibyśmy znaleźć w organizmie zwierzęcym, inne jeszcze mechanizmy, których układ przypomina istniejące w maszynach wynalezionych przez człowieka, wszakże z różnicami będącemi tegoż samego rodzaju jak te, o których mamy mówić. I tak krążenie krwi otrzymuje się w istotach żywych, z pomocą prawdziwej maszyny hydraulicznej, z pompą, kłapami i przewodami. Owóż w tym zawiśłym mechanizmie, główną różnicę od maszyn zbudowanych przez człowieka, stanowi brak części od siebie niezależnych,

¹⁾ Journal des débats, 22 Październik 1845 r.

a w szczególności brak tłoka. Serce jest pozbawioną tłoka pompą, w której objętości zachodzące zmiany, następują w skutek kurczenia się samychże ścian wewnętrznych. Z wyłączeniem tej różnicy, znajdujemy zupełne podobieństwo pomiędzy przyrządem krwi zwierząt, a motorami hydraulicznymi. Funkcye klap są z jednej i z drugiej strony identyczne, pomimo pozornych różnic. Zaznaczaliśmy poprzednio w krążeniu krwi, wpływ porządkujący i powiększający pracę użyteczną pompy sercowej—a mianowicie sprężystość tętnic.¹⁾ Owóż w motorach hydraulicznych, człowiek posługuje się zbiornikami sprężystymi, gdy chce najkorzystniej zużytkować pracę pomp, i ujednolicić ruch płynu pomimo przerw zachodzących w działaniu motora. Jest to skutek porównać się dający z tym, jaki wskazaliśmy poprzednio mówiąc o sprężystości mięśni.

Wytwór siły w motorach żywych. Motory żywe i maszyny ulegają tejże samej ocenie pracy, wytwór siły w jednych daje się zastosować do drugich.

Nazywamy *koniem parowym*, lub powszechniej koniem siły motorowej, produkcję pracy zewnętrznej odpowiadającą 75 kilogrametrom w sekundzie,—rozumie się przypuszczając, że koń mógłby rozwijać jednakową ilość pracy.

Wszelako motory żywe nie mogą pracować bez przerwy, ztąd też koń parowy, reprezentowałby w końcu doby spełnioną pracę daleko wyższą od tej, jaką wytwarza zwierzę użyte za siłę motorową.

Człowiek szacowanym jest daleko niżej odnośnie do wytworu jego siły ($\frac{1}{10}$ konia parowego), a jednak jeżeli wymagamy od siły mięśniowej człowieka krótkotrwałej działalności, może ona przewyższyć siłę konia parowego. W rzeczy samej, waga człowieka często przechodzi 75 kilogramów—za każdym razem gdy ciało wznosi się do wysokości jednego metra w sekundzie, we wstępowaniu na przykład na wschody, człowiek spełnia w czasie tej sekundy, tę samą pracę co koń parowy. Jeżeli zaś przez kilka chwil może

¹⁾ Physiologie médicale de la circulation du sang.

przebiegać wschody z żyzością dwóch metrów w sekundzie, to człowiek ten rozwija pracę dwóch koni parowych.

Wreszcie w oszacowaniach pracy produkowanej przez największe lub najmniejsze zwierzęta, mamy zwyczaj wymierzać tę pracę, biorąc ją za mnożnik lub ułamek siły konia parowego.

Rozdział VIII

Hamowanie mechaniczne w ruchu — Hamowanie

Hamowanie mechaniczne

Każdy mechanizm posiada pewną ilość energii, którą można wykorzystać do wykonania pracy. W tym celu należy zastosować odpowiednie urządzenia, które pozwolą na kontrolowanie przepływu energii. W tym celu stosuje się różne metody hamowania, które pozwalają na zatrzymanie ruchu lub zmniejszenie jego prędkości. W tym celu stosuje się różne urządzenia, które pozwalają na kontrolowanie przepływu energii. W tym celu stosuje się różne metody hamowania, które pozwalają na zatrzymanie ruchu lub zmniejszenie jego prędkości.

Podstawą hamowania mechanicznego jest zmiana energii kinetycznej na inną formę energii, np. ciepło lub dźwięk. W tym celu stosuje się różne urządzenia, które pozwalają na kontrolowanie przepływu energii. W tym celu stosuje się różne metody hamowania, które pozwalają na zatrzymanie ruchu lub zmniejszenie jego prędkości. W tym celu stosuje się różne urządzenia, które pozwalają na kontrolowanie przepływu energii. W tym celu stosuje się różne metody hamowania, które pozwalają na zatrzymanie ruchu lub zmniejszenie jego prędkości.

Widoczne powiększenie, ze względu na potrzebę zwiększenia mocy, prowadzi do konieczności zastosowania odpowiednich urządzeń. W tym celu stosuje się różne metody hamowania, które pozwalają na zatrzymanie ruchu lub zmniejszenie jego prędkości. W tym celu stosuje się różne urządzenia, które pozwalają na kontrolowanie przepływu energii. W tym celu stosuje się różne metody hamowania, które pozwalają na zatrzymanie ruchu lub zmniejszenie jego prędkości.

Rozdział VIII.

Harmonja pomiędzy organem a funkcją.—Hypoteza przekształceń.

Każdy mięsień ciała przedstawia w swej postaci doskonałą harmonję z naturą akcyj jakie ma spełniać.—Jeden i tenże sam mięsień w rozmaitych gatunkach zwierzęcych, przedstawia różną postać, jeżeli funkcja jaką ma spełniać w obu gatunkach nie jest jednakową.—Odmiany mięśni piersiowych u ptaków zastosowane do rodzaju ich lotu.—zmiany w mięśniach udowych u ssących ustosunkowane odpowiednio do sposobu ich ruchu przenośnego—Czy ta harmonja jest pierwotną?—Hypoteza przekształceń.—Lamarck i Darwin.

Porównywanie machin zwykłych z motorami żywemi, okaże się użytecznem, jeżeli z pomocą niego zdołamy udowodnić, że istnieją ściśle stosunki pomiędzy kształtem organów a cechami ich funkcyj—że te stosunki porządkowane są przez prawa powszechne mechaniki w tym stopniu, iż rozpatrując układ mięśniowy i kostny zwierzęcia, można z ich kształtu wywieść wszelkie cechy funkcyj jakie toż zwierzę posiadało.

Wiadomo powszechnie, że objętość poprzeczna mięśnia odpowiada energii jego działalności — że na przykład atletę rozpoznaje się z potężnej wypukłości każdego mięśnia uwydatnionego pod skórą. Natomiast mniej pojmowano fizyologiczne znaczenie długości mięśni, innemi słowy większą lub mniejszą długość ich włókien rozciągalnych. A jednak już Borelli wygłaszał tę prawdę.

Według niego, jak to widzieliśmy, długość włókna czerwonego jest ustosunkowaną z rozległością ruchu, jaki mięsień jest zdolnym wytwarzać.

To odróżnienie między włóknem rozciągliwym czyli włóknem czerwonym, a włóknem bezwładnem ścięgną, jest niezmiernego znaczenia. Doświadczenie okazało, że mięśnie w kurczu, skracają się o ilość reprezentującą ułamek stały, w stosunku do ich długości. Nie wiele odstępimy od prawdy, oceniając na $\frac{1}{3}$ długości rozległość do jakiej mięsień skracać się może. Wszelako jakakolwiek byłaby wartość bezwzględna tego skracania się, zawsze jest ono proporcjonalnem do długości włókna czerwonego. Wypływa to nawet, z samej natury zjawisk rodzących pracę w mięśniu. I tak wszelki mięsień, którego dwa punkty przytwierdzenia są zdolne do oddalenia się od siebie dość znacznego w skutek kurczu, będzie nieodzownie mięśniem długim. Z drugiej strony wszelki mięsień mający wytworzyć ruch niewielkiej rozległości, musi być mięśniem krótkim, — bez względu jaką byłaby odległość rozdzielająca dwa punkty jego przytwierdzenia. Ztąd też zginacze palców i wielkiego palca nożnego, są mięśniami krótkimi, chociaż opatrzone są one długimi ścięgnami, doprowadzającemi aż do kłykci (Phalanges) palcowych, niewielki ruch poczęty zdala, to jest w przedramieniu lub w goleni.

Łatwo jest oszacować na trupie, rozległość ruchu [jaką może mięsień nadać dwóm swym punktom przytwierdzenia. Zginając lub prostując ~~człowieka~~ ~~człowiek~~ oznaczono dość dokładnie, rozległość zbliżania się lub oddalania przytwierdzeń kostnych jego mięśni.

Na skielecie świeżym ocenić się daje jeszcze dość dobrze rozległość tych ruchów, z rozległości linii ruchu na jaki pozwalają powierzchnie stawowe. Owóż rozpatrując się w przyrządzie mięśniowym człowieka, uderza nas nadzwyczajna długość mięśnia krakowieckiego, — łatwo przekonać się, że żaden inny mięsień nie może nadawać swym wiązadłom kostnym, tak rozległego ruchu przenośnego.

Schylacz głowy i wielki mięsień prosty brzuszny, są tem samem mięśniami najdłuższymi, — a zarazem cechującemi się ruchami bardzo rozległemi. Można by w ten sposób rozpatrywać wszystkie mięśnie organizmu, i we wszystkich dostrzegli byśmy, że długość włókien czerwonych, odpowiada rozległości ruchów jakie mięsień ma spełniać. Wszelako w tych badaniach należy mieć się

wielce na baczności, aby uniknąć przyczyny błędu w zaliczeniu pewnych mięśni krótkich do mięśni długich.

Sam nawet Borelli zaznacza tę przyczynę błędu—okazał on, w jaki sposób mięśnie *pierzaste*, czyli te których włókna mieszczą się skośnie na ścięgnię, jak pierze chorągiewki pióra na wspólnej im szypułce, będąc mięśniami krótkimi, przyjmują pozór mięśni długich. Wskazówki te są nieodzownymi, gdy chcemy oznaczyć sposób funkcyonowania rozmaitych mięśni organizmu,—one jedynie pozwalają ocenić długość rzeczywistą ich części rozciągalnych.

Jeżeli harmonja pomiędzy postacią a funkcją rozmaitych mięśni wykrywa się wszędzie w anatomii człowieka, harmonja ta więcej nas jeszcze uderza, gdy porównujemy z sobą różnorodne gatunki zwierzęce. Anatomja porównawcza wykazuje u gatunków dość sobie pobliskich, wybitną różnicę w postaci niektórych mięśni, za każdym razem gdy sposób ich funkcyonowania przedstawia różnice. Z tej też przyczyny u kangura, zwierza będącego w istocie skoczkiem, znaleziono niepospolity rozwój w objętości mięśni służących do skoku, a mianowicie w udowych, w trójgłowym goleniowym (*triceps cruralis*) i w łydkowych (*gastrocnemii*)

U ptaków funkcyja lotu spełnia się w warunkach wielce różnych w rozmaitych gatunkach—ztałd też układ anatomiczny mięśni ruchów skrzydłowych, to jest *mięśni piersiowych*, zmienia się bardzo wyraziście odgraniczając jeden gatunek od drugiego. Chcąc w tej mierze zrozumieć doskonałą harmonję, panującą między funkcją a organem, potrzeba byłoby wchodzić w długie szczegóły dotyczące mechanizmu lotu.

Czytelnik znajdzie dalej objaśnienia w tym przedmiocie,—tu ograniczymy się tylko na zaznaczeniu w kilku słowach, różnic jakie dostrzeżono w ruchach skrzydła i w postaci mięśni je wytwarzających.

Każdy mógł zaobserwować, że ptaki których skrzydła posiadają wielką powierzchnię, jako to orzeł, fregata i t. p. w uderzeniach skrzydeł zakreślają ruchy małej rozległości, co pochodzi od wielkiego oporu jaki napotyka w powietrzu skrzydło szerokiej powierzchni.

Przeciwnie ptaki opatrzone bardzo małemi skrzydłami, spełniają ruchy wielce rozległe, i w ten sposób kompensują nieco opór

stawiany im przez powietrze. Nurzyk i pingwin należą do tej drugiej kategorii.

Przypuszczając, że pierwsze z tych ptaków mają odbywać ruchy energiczne lecz niewielkiej rozległości—drugie zaś mają spełniać ruchy słabe ale znacznej rozległości, wypadnie ztąd wnieść koniecznie, że pierwsze powinny mieć mięśnie piersiowe grube i krótkie, gdy tymczasem u drugich mięśnie te będą długie i wąskie. To też w rzeczy samej ma miejsce. Możemy się o tem przekonać z prostego przyjrzenia się wymiarom mostka u tych rozmaitych gatunków, gdyż kość ta jest w pewnym stopniu miarą długości mięśni piersiowych, mieszczących się w jej dołach bocznych. Owóż ptaki szerokoskrzydłe, mają mostek szeroki i krótki—inne zaś mostek długi i wąski.

Porównywanie mięśni sobie odpowiednich, w dwóch ptakach należących do różnych gatunków, niemniej jest pouczającym z punktu widzenia nas zajmującego. Wszelako w tem porównywaniu często stawały się kłopotliwymi trudności, zachodzące w rozpoznaniu części sobie odpowiednich.

Różniczkowanie bywa niekiedy tak wybitne, że anatomicznie opisywali pod rozmaitemi nazwami to, co stanowiło jeden i tenże sam mięsień u odmiennych gatunków.

Jednakże w wielu razach byt mięśni sobie odpowiednich nie ulega żadnej wątpliwości. Przyjmowanem jest on domyślnie wskutek identycznego znaczenia pewnych mięśni w rozmaitych gatunkach. Ztąd też te właśnie mięśnie weźmiemy za przykład celem wyrowadzenia harmonii istniejącej między funkcją a organem. Itak: mięsień dwugłowy uda (biceps femoris) daje się łatwo rozpoznać u wielu ssaków—owóż zaznaczono w jego wiązadłach zwłaszcza dolnych, zmienność nadzwyczajną. U niektórych czworonogów, mięsień ten przyczepia się do goleni dochodząc prawie aż do pięty—u tych też goleni nie zachodzi nigdy na udo. U zwierząt koryzystających ze zdolności do skoku, wiązadło dolne mięśnia dwugłowego uda, jest już wyżej wzniesionem, a jeszcze więcej u małych które mogą prawie wyprostowywać goleni w jednej linii z udem, i zachowywać położenie pionowe. Wreszcie u człowieka mięsień dwugłowy uda, przyczepia się cały na wierzchu piszczeli. Gdybyśmy mogli odwołać się do kart anatomicznych Cuvier'a i Laurillart'a, okazalibyśmy, że u murzyna przyczepienie się piszczeli do mięśnia dwugłowego uda, mieści się niżej jak u człowieka z rasy

białej, zbliżając się w tej mierze do układu obserwowanego u małpy.

Porzucimy na chwilę kwestyę przedstawiającą się do rozwiązania: co wnosić wypada z tej różnorodności w więzadłach ruchomych mięśnia dwugłowego uda, ograniczając się poszukiwaniem następstw, jakie ta różnorodność może spowodować w funkcji. Jasną jest rzeczą, że podczas ruchów zginania i wyprostowywania kolana, każdy punkt kości goleniowej, opisuje naokoło tego stawu łuk koła, tem rozleglejszy im tenże jest więcej oddalonym od środka ruchu. Niemniej jest jasnem, że każdy z tych punktów oddalać się będzie mniej więcej od uda lub od kości kulszowej (ischia), odpowiednio do rozległości ruchu kolistego jaki spełnia.

A ponieważ rozleglejszym ruchom winny odpowiadać długie włókna rozciągalne, muszą tem samem istnieć różniczkowania w długości mięśnia dwugłowego uda, u rozmaitych ssaków.

Otóż to właśnie zaobserwowanem zostało. U człowieka, którego mięsień dwugłowy uda, przyczepionym jest bardzo nisko przy kolanie, a rozległość ruchów więzadła ruchomego jest niewiele znacząca — ztąd też włókno rozciągalne, przedstawi stosunkowo małą długość, ścięgno zaś zajmować będzie pewną część w rozległości mięśnia dwugłowego uda. U małpy więzadło dolne mięśnia będąc pomieszczone niżej, przejawia się tem samem ruchliwsiem. Ztąd też potrzebuje większej długości mięśnia czynnego, której zadłość czyni mniejsza długość części ścięgniowej. U czworonogów ścięgno mięśnia dwugłowego uda, nieledwie całkiem znika, i mięsień złożonym jest z włókna czerwonego, prawie w całej swej rozciągłości.

Mięsień prosty wewnętrzny uda, przedstawia też samą zmienność w więzadłach swych i w budowie. Rozpatrując jego układ u człowieka spostrzegamy zarazem, że przytwierdzenie tego mięśnia do golenia wielce jest bliskiem kolanowi — że część jego rozciągalna jest krótka, a ścięgno dość długie. Badajmy tenże sam mięsień u małpy znajdziemy jej więzadło piszczelowe, daleko więcej oddalone od kolana, a następstwem ruchów więcej rozległych jakie to więzadło wykonywa, jest to mianowicie, że włókno mięśniowe zyskuje na długości, kosztem długości ścięgna sprowadzonego do bardzo małych wymiarów.

Ta zmienność w punktach przytwierdzenia mięśnia, jest jeszcze więcej uwidoczniłą w mięśniu *półścięgniowym* (m. semitendin-

nosus) który otrzymał swą nazwę od układu istniejącego u człowieka, gdzie prawie połowę długości tego mięśnia zajmuje ścięgno. W rzeczy samej, u człowieka wiązadło dolne mięśnia *półścięgniastego* jest bardzo bliskie stawowi kolana,—natomiast u małp u których przytwierdzone jest niżej, mięsień prawie całkiem utracą swe ścięgno — a utracą je całkiem u wielu innych ssaków, jak na przykład u Koality (gatunek małp).

Możnaby mnożyć do nieskończoności przykłady, okazujące doskonałą harmonję między postacią mięśni a cechami ich funkcji. Wszędzie rozwój poprzeczny tych organów jednoczy się z siłą, podobnie jak w mięśniu trójgłowym kangura lub w żwaczach lwa. Wszędzie też długość mięśni ustosunkowaną zostaje z rozległością ruchów, jak to widzieliśmy na tylko co przytoczonych przykładach.

Czy ta harmonja ustanowioną została pierwotnie—czy też wytwarza się pod wpływem funkcji w rozmaitych jestestwach?

Czy podobnie jak widzimy wzrastające w objętości mięśnie, pod wpływem ćwiczenia energicznego sił, dostrzegamy je również nabywające większej długości pod wpływem wielce rozległych ruchów?

Czy dają się widzieć przenoszące się wiązadła ścięgnowe mięśni w skielecie, pod wpływem zmian w kierunku ciążenia mięśniowego?

Takiem jest drugie przedstawiające się zagadnienie—którego rozwiązanie powinno się znaleźć w doświadczeniu.

Hypoteza przekształceń.

Naukom przyrodniczym w naszych czasach, nadanym został popęd pod wpływem idei Darwina. Nauki te zawdzięczać go mogą jedynie poglądom znakomitego uczonego angielskiego, jeżeli te będą powszechniej przyjęte. Widzieliśmy niedawno z jaką uporczywością obrońcy doktryny panującej, odpychali hipotezę *przekształceń*. Wszelako z wystąpieniem teorii darwinowej, poczęły się długie spory — do świadectw jakie złożył niegdyś Lamarck,

mówiących o zmienności jestestw, przybyło mnóstwo innych, przedstawionych przez stronników *teorii przekształceń*. Z drugiej strony, starą doktrynę broniono z namiętnością niespodziewaną, w tym stopniu, że dziś jeszcze przyrodnicy rozdzieleni są na dwa obozy. Prawie wszyscy zajmujący się zoologią lub botaniką przeszli do jednego lub drugiego stronnictwa.

W jednym z tych obozów oszańcowala się stara szkoła, poczytująca świat organiczny prawie za znieruchomiony. Dla niej tak liczna rzesza zwierząt i roślin, jest ograniczoną do pewnej liczby *gatunków*, typów niezmiennych, posiadających władzę utrzymywania się drogą pokoleń po sobie następujących, od chwili swego poczęcia do końca wieków. Według tego stronnictwa, gatunek zaledwie ma prawo odstąpienia nieznacznie i chwilowo od typu pierwotnego. Objąsniane zmianami klimatu lub pożywienia, udomowieniem lub jakim innym wpływem zaburzającym tego rodzaju, nie wiele te znaczące odmiany zacierają się natychmiast, jak tylko gatunek wraca do warunków życia normalnego. Typ pierwotny odzyskuje wówczas swą nieskazitelność pierwotną.

W drugim obozie wyznanie wiary jest całkiem inne.

Jestestwo żyjące zmienia się nieustannie wraz z ośrodkiem przezeń zamieszkiwanym, wraz z temperaturą jaką znachodzi, z pożywieniem jakie napotyka. Nawyknięcia które przejąć jest zniewolonem aby wyżyć w nowych dla siebie warunkach, pozwalają mu nabywać zdolności właściwych, zmieniających jego organizm i kształty ciała. Ponieważ zaś dziedziczność w pewnych granicach przelewa na potomków zmiany nabyte przez przodków, *gatunek* powoli zmienia się. Lamarck jest twórcą tej *teorii przekształceń*, na którą Darwin i jego uczniowie zwrócili uwagę przyrodników. Do tych wpływów zewnętrznych mogących zmieniać gatunek zwierzęcy, Darwin dołączył przyczynę która utrzymuje i przenosi nieustannie zmiany korzystne dla *gatunku*. Przyczyną tą jest *wybór naturalny*.

Jeżeli losy przy urodzeniu obdarzyły pewne osobniki lekką zmianą, czyniącą je silniejszymi lub zwinniejszymi, odpowiednio do trafia, czyli w ogóle zdolniejszymi do utrzymania *współzawodnictwa życiowego*, osobnikom tym wyznaczoną jest tem samem rola zapłodników. Nietylko ich wyższość fizyczna powiększa prawdopodobieństwo ich długoletności, i daje im przez to samo więcej czasu do rozrodzenia się, ale nadto według Darwina samo istnienie już

tej wyższości fizycznej w zwierzęciu czyni go zdtniejszym od innych do rozplodu. W ten sposób cały gatunek doskonaliliby się nabytkami stopniowemi przymiotów nowych, za każdym razem, gdy odbierałby życie osobnik lepiej uposażony od innych reprezentantów tegoż gatunku.

Walka między starą szkołą, a stronnictwem teorii przekształceń, długo zapewne jeszcze trwać będzie, zanim jedna strona pokona drugą jakim dowodem zwyciężkim.

Każdemu znane są dowodzenia któremi posiłkują się strony, odwołując się z kolei do geologii, archeologii, zootechniki i rolnictwa. Kiedy i w jaki sposób skończy się ta walka? Nikt nie mógłby jeszcze na to odpowiedzieć. Wszelako gdybyśmy ośmielili się wróżyć o wypadku walki z obecnego położenia obu stron wojujących, przepowiadalibyśmy porażkę starej szkole. W rzeczy samej z każdym dniem widzi ona przerzedzające się szeregi swych zapasników, zniechęca się najwidoczniej i zdaje się uznawać swą niemoc w dostarczeniu świadectw naukowych osłaniając się rodzajem prawowierności, która przecież w sporze nie ma nic do czynienia.

Możnaby zdaje się obu systemom stawić jeden zarzut, to jest zbyteczne uogólnianie się w rozprawach, i niewydatnianie dostatecznie najważniejszego punktu sporu.

I tak zgodzić się wypada, że Lamarck bardzo jest niepewnym w swych wyjaśnieniach, gdy przypisuje zmiany zachodzące w organizmie żywym, warunkom zewnętrznym. Pomiędzy potrzebą objaśniającą się a wystąpieniem kształtu organicznego odpowiadającego tej potrzebie, istnieje przerwa jakiej nie zapełnia jego teoria. Powiada nam on, że gatunki zwierzęce, które dziś widzimy tak przedziwnie ustosunkowane z rodzajem życia jaki każdy z nich wie, opatrzone odpowiednio do potrzeby pazurami lub kopytami, skrzydłami lub płetwami, ostreimi zębami, lub rogami dziobami, niezawsze przedstawiały się pod tą postacią—że ulegały stopniowo rozmaitym przekształceniom, będącym dziś w zupełnej harmonii z warunkami w których żyją. Gdy jednak zażądano od niego, wskazania jednej przemiany tego rodzaju w spełniającym się rozwoju, pod wpływem zewnętrznym, autor *Filozofii zoologicznej* powołał się jedynie na zmiany niewiele znaczące, zwracając natomiast uwagę, że obserwacya naukowa nie sięga w dość odległe wieki świata. I gdy otwarto groby Memfis, okazu-

jąc Lamarckowi skielety zwierząt identyczne z temi, jakie dziś jeszcze żywi Egipt, odpowiada bez zakłopotania się: „To dla tego, że warunki w których te zwierzęta żyły naówczas, dziś jeszcze istnieją.” Odpowiedź warta zaczepki, wszelako nie więcej jest naucejną. Na podobnym gruncie możnaby spierać się do nieskończoności.

Darwin jest ściślejszym, stawając w obronie wyboru *naturalnego*. Nikt już dziś nie może nie uznawać potężnego wpływu wyboru w zboczeniach typu jestestw organicznych. Zajmujący się hodowlą wytworzyli najciekawsze przekształcenia w państwie zwierzęcem, wybierając niezmiennie na zapłodników osobniki, obdarzone w najwyższym stopniu cechami fizycznymi mającemi nadać się rasie. Wybór wytwarza w państwie roślinnem przekształcenia tegoż rodzaju, ztąd też Darwin, nie dając zbyt wiele miejsca hipotezie, mógł przypisywać rolę główną w przekształcaniu jestestw, wyborowi natury z powodów tylko co tu przywiedzionych.

Wszelako Darwin podobnie jak Lamarck, rozpatruje z punktu widzenia dość ściśnionego, przyczyny przekształceń jestestw organicznych. Każdy z obu przywódców doktryny, nadaje największe znaczenie przyczynie zmienności, jaką pierwszy wskazał.

Nowa szkoła, powodowana rozsądnym eklektyzmem, starająca się dziś przyznać udział przypadający każdemu z obu tych rodzajów wpływów, celem wyjaśnienia przez stopniowe przekształcenia zadziwiającej różnorodności jestestw, złożyła już ważne elementy na korzyść teorii *przekształceń*. Pomimo to dla niektórych uczonych, badania te wydają się małoważne. Według nich, zmienność i zmienność gatunku zwierzęcego, należy do dziedziny kwestyj nie dających się rozwiązać.

Wprawdzie gdybyśmy żądali od stronników teorii przekształceń, udowodnienia drogą doświadczalną rzeczywistości ich doktryny,—gdybyśmy naprzykład wymagali od nich, aby przetworzyli gatunek *osła* w *gatunek konia*, lub coś podobnego, zmuszeni byliby przyznać się do niemocy, i odpowiedzieć: że do tego potrzeba byłoby działania wpływów wprowadzających zmiany, i wyboru w ciągu wielu a wielu tysięcy lat. W rzeczy samej, drogą jedynie przejść bardzo powolnych, zachodzić powinnyby zmiany gatunkowe, jeżeli tylko w istocie mają miejsce. Ztąd też w braku rozwiązania doświadczalnego, hipoteza przekształceń nie może być ani udowodnioną ani odrzuconą. Uчени których

umysł przywykł do świadectw ścisłych, nie zaprzatają się podobnemi kwestyami—dla nich nie mają one w sobie nic naukowego.

A jednak nauka codziennie o podobne potraça. Gdy astronom bada wpływy mogące upowolnić ruch gwiazd—gdy przepowiada w przyszłości odległej o kilka milionów lat, pewną zmianę w orbicie ziemskiej—zwolnienie ruchu obrotowego naszej planety,—oziębienie śmiertelne wszelkich jestestw żyjących na ziemi—uczony ten bywa wysłuchanym. Gdy zaznacza przyczynę jakkolwiek bądź drobiazgową, wpływającą na upowolnienie ruchu planetarnego, każdy pojmuję, że ta przyczyna oddziałując nieustannie przez długi przeciąg wieków, pomnoży skutki upływami czasu. I nikt z powodu kilku milionów lat, nie powoła tego astronoma do usprawiedliwienia ścisłości jego dowodzeń.

Dla czegoż mielibyśmy być surowszymi względem teoryi przekształceń? Nie pozwala ona, powiedzą nam, towarzyszyć przekształcaniu się jednego gatunku zwierzęcego w drugi—zgoda; wszelako będzie nam wskazywać dążność do tych przekształceń. Jakkolwiek byłaby nieznaczącą ta dążność, to wydatniejąc coraz więcej w ciągu upływu wieków, mogłaby sprowadzić przekształcenia, o tyle zupełne jak chcemy przypuszczać.

Jednakże mamy dziś prawo wymagać od stronników teoryi przekształceń, aby nam tę dążność ujawnili—niech pozwolą nam ją poznać, pod postacią lekkiej odmiany w cechach anatomicznych osobnika uległego pewnym wpływom, których działanie rozciągające się od pokolenia w pokolenie, mogłoby wytworzyć w gatunku zmiany coraz więcej wybitniejsze. Nikt nie zaprzeczy, że cechy morfologiczne osobników, przelewają się w różnych stopniach na potomków tychże osobników—punktem pozostającym do udowodnienia, jest sposób w jaki działa przyczyna zewnętrzna, w celu nadania organizmowi pierwszego przekształcenia. Do fizjologii doświadczalnej należy, ten rodzaj poszukiwań, ona może nam dziś jedynie dostarczyć elementy rzeczywistej wartości.

W epoce Lamareka, logika naukowa nie miała wymagań zbyt surowych. Według niego, potrzeba zradzała przekształcenie organiczne przeznaczone do jej zadowolenia.

Taki a taki ptak, zmuszony szukać zdobyczy w głębiach wody, czynił w tym celu nieustanne wysilenia do wydłużenia szyi—i szyja jego przedłużyła się. Inny znowu ptak, pragnął nie wilgociąc pierza, posunąć się o ile można jak najdalej na wodach sta-

wu—wysiłki jakie czynił w celu przedłużenia nóg, nadały im stopniowo wymiary, jakie dziś przedstawiają czaple. Żyrafa poszukując pożywienia w liściach drzew, pozyskała w skutek tego ćwiczenia kręgi szyjowe długości zdumiewającej. Rozumie się Lamarck przypisywał dziedziczności, funkcję nieustannego gromadzenia na korzyść gatunku tego wszystkiego, co nabył każdy osobnik na własny swój rachunek—nie okazał wszakże tego nieznanego nabytku, pozyskanego przez samego osobnika, pod wpływem warunków zewnętrznych, i przywyknień które tenże zmuszonym był nabyć. J. Hunter w innej gałęzi naukowej, rozumował w tenże sam sposób. Aby wyjaśnić zabiżnianie się ran i zrastanie się złamanych kości, uznawał potrzebę przybytku tkanki nowej, z krwi pochodzącej, — dla czego jednak krew miała dosyłać te elementy do części ich potrzebujących? Zachodziło to, odpowiadał, iż w skutek *bodźca potrzeby!*

Poszukujemy dziś oznaczenia zależności między przyczynami a skutkami, celem zrozumienia stopniowych przejęć, jakim mógł ulegać organizm zwierzęcy lub roślinny, znajdujący się w nowych warunkach. Odgadujemy wpływ jaki wywiera funkcya na sam organ ją tworzący. Wyrażenie się treściwe i ujmujące J. Guerin'a: „*Funkcya tworzy organ*“ określa w sposób ogólniejszy tę rolę wprowadzania zmian, odgrywaną przez funkcję.

Wyrażenie to pozyska przecież znaczenie, gdy będzie poparte przykładami szczegółowemi.

Potrzeba okazać w jaki sposób kości, stawy, mięśnie, zmieniają się najrozmaiciej, w skutek różnorodnego rodzaju funkcyonowania—w jaki sposób przyrząd trawiący naginający się do wielce różnych rodzajów pożywienia, doznaje przekształceń, wprowadzających go w stosunek z nowemi warunkami jakie znachodzi.

W jaki sposób zmiana zachodząca w funkcyi krążenia krwi, sprowadza w układzie naczyniowym pewne odmiany anatomiczne, z góry przewidywane—wreszcie w jaki sposób, zmysły w skutek ćwiczenia, nabywają nowych własności, lub tracą dawne gdy pozostają w spoczynku. Te zmiany funkcyi zachodzące pod wpływem samejże funkcyi, stowarzyszają się z odmianami anatomicznemi, w przyrządzie przekształconym fizyologicznie.

Wyśledzić fakt jednego takiego przekształcenia—okazać że wytwarza się ono zawsze w pewien sposób w warunkach oznaczonych—jest pierwszym do spełnienia zadaniem. Jeżeli zaś w drugiej

fazie doświadczenia sprawdzonem zostanie, że dziedziczność przelewa choćby najmniejszą cząstkę zmiany w ten sposób nabytej, naówczas teorya przekształceń pozyska pewny, niezachwiany punkt wyjścia.

Jeżeli chcemy otrzymać rozwiązanie tej ważnej kwestyi, to zdaje się, że tylko na tej drodze wypadaloby postępować. W tym też kierunku, przejawiały się w rozmaitych latach, prace poważne. Oddawna zajmując się zagadnieniami mechaniki zwierzęcej, zniewalani nieraz byliśmy, zastanawiać się nad wzajemnymi stosunkami organów ruchu przenośnego i ich funkcjami.

Z tego też względu, spróbujemy okazać—w jaki sposób skielec i przyrząd mięśniowy pozostają w harmonii z ruchami wytwarzanymi przez każde zwierzę, w zwykłych warunkach jego istnienia.

Rozdział IX.

Zmienność szkieletu.

Powody poczytywania szkieletu za część najmniej zmienną w organizmie. Dowody spłaszczalności szkieletu podczas życia pod wpływem najbliższych ciśnień lecz długo trwających. — Źródła zagłębień i wypukłości dostrzegane w szkielecie. — Pochodzenie powierzchni stawowych. — Funkcja zarządza organem.

Ten kto bada szkielet zwierzęcia, kto trzyma w rękach te części kostne twarde jak kamień, kto wie w jaki sposób przeżyły one zniszczenie wszelkich innych organów—i w jaki sposób mogły w ciągu tysięcy wieków, przechować ostatnie ślady zwierząt znikłych, ten musi naturalnie uważać szkielet za część niewzruszoną organizmu. Szkielet ten, powie on, jest rusztowaniem ciała, a części miękkie grupują się około niego jak mogą najlepiej, mieszcząc się w zagłębieniach, rozpościerając się na jego powierzchniach, lecz w każdym razie ulegając, że tak powiemy, prawu mocniejszego i kształtując się odpowiednio do przestrzeni im wyznaczonej, pomiędzy rozmaitemi częściami układu kostnego. Choćby obserwator mało znał się na anatomii, to jednak wkrótce spostrzeże na powierzchni kości tysiące ciekawych szczegółów. Ujrzy tam liczne dołki w rodzaju komórek, zdających się być przeznaczonemi, do pomieszczenia lub osłonięcia jakiego organu znikłego. Owóż komórki te, odpowiadają wyniosłościom mięśni,

dotykających w tych punktach kości tak wydrążonych. Gdziein-
dzie znowu, głęboki i zaokrąglony rowek, przypomina żłobki na
cembrowinach dawnych studni. Sznur również przezeń przechodzi
to ścięgno mięśnia przesuwające się nieustannie wzdłuż tej kości.
Lecz oto u dwóch kończyn tego ramienia, kość wydaje się wy-
gładzoną jakby przez tarcie; z wierzchu zaokrąglą się w kulę
i wchodzi w jamę łopatkową, w której osadzoną jest jak najdo-
kładniej. Można by powiedzieć, że ruch zużył te powierzchnie we
wzajemnem ich tarciu o siebie—ramię przesuwając się we wszech
kierunkach i obracając się na około swej osi, naśladuje jakby ru-
chy z których użytkujemy chcąc otrzymać za pomocą tarcia ciało
kształtu kulistego. W ten też sposób optycy np. nadają kształt
i połysk soczewkom wypukłym lub wklęsłym. U dołu ramię
przedstawia ślady tegoż samego zjawiska—mała wyniosłość kuli-
sta, zestawia je z kością promieniową, okazując zarazem, że istnie-
ją ruchy dwóch układów; lecz oto tuż z boku napotykamys po-
wierzchnię ściętą, nakszałt rowka naokoło bloku — ta w rzeczy
samej służy jedynie do zginania i wyprostowywania kości łó-
kciowej.

Badając czaszkę, natrafiamy na nowe niespodzianki. Tu
wszelkie potrzeby zostały przewidziane. We wnętrzu jam głębo-
kich, mieści się mózg i organa zmysłów. Nerwy mają przewody
otwierające im przejście — każde naczynie pełza w brózdzie, two-
rzącej dłań kanał i rozgałęzia się wraz z małemi tętnicami, kre-
śląc wiernie ich bogate rozgałęzienia.

Gdyby kość nie była tak twardą, można by sądzić rzeczywi-
ście, że uległa ciśnieniom zewnętrznym, których jak powiadają
nosi *wyciski*. Wszelako naciskając jak najsilniej na powierzchnię
kostną, opiera się ona najzupełniej — do jej naruszenia potrzeba
byłoby użyć piły lub dłuta. W jaki więc sposób ciśnienie cząstek
miękkich, wyłobilo te rozmaite jamy niekiedy tak głębokie?

Przewidująca przyroda, przygotowała wszystko w skielecie,
aby go usposobić o ile można najlepiej, do pomieszczenia orga-
nów, którym on daje silny i niezmienny punkt podpory. Takim
jest rozumowanie bardzo naturalne tych wszystkich, którzy nie
widzieli własnymi oczyma powstających tych wykoszlawień kost-
nych i tych wyłabiających się wycisków. Anatom równie jak zoo-

log. muszą koniecznie rozumować w ten sposób. Uważają oni skielec za niezmienny element organizmu. Ztąd też upatrują w nim większą część cech gatunkowych w zoologii.

Jeden z poglądów oddawna przyjętych, staje się wielce trudnym do obalenia. I tak gdy Karol Martins, prostując a zarazem dopełniając pojęcia Vic-d'Azir'a, okazał, że kość ramieniowa (humerus) u człowieka i zwierzęcia, jest odpowiedni udowej lecz kości udowej zgiętej, odpowiednio do jej osi, w taki sposób, że kolano w tył zwrócone stawało się jakby łokciem, zoologowie odpowiedzieli, że to zgięcie było *pierwotnie nadanem*. Zamiast być skutkiem siły mięśniowej, której działanie powolne i stopniowe wygięłoby oś kości, powiadali, że ten kształt osobliwszy jest wypadkiem pierwotnego układu organizmu—gdyż zarodek przejawia się z ramieniem zgiętym, za nim funkcyja mięśniowa zostaje rozwiniętą w tym stopniu, aby mogła wytworzyć podobną zmianę w jego skielecie. Można by z większą słusnością wywieść rozumowanie wprost przeciwne. Doskonała splaszczalność układu kostnego nie ulega już dziś zaprzeczeniu.

Te organa tak spójne i tak twarde w skielecie martwym, w organizmie żywym, przeciwnie przedstawiają się wielce zmieniami. Jeżeli na kość będziemy naciskać, lub wywierać na nią ciśnienie choćby z najsłabszą siłą, byle tylko przez czas bardzo długi, spostrzeczemy wytwarzające się w niej najdziwniejsze krzywizny. Kość, jak wosk miękki, ustępuje pod naciskiem wszelkich sił zewnętrznych, i można powiedzieć o skielecie obalając zdanie, jakie przytoczyliśmy przed chwilą, że ulega ona wpływowi i innych organów, oraz, że kształt nadawanym jej zostaje przez otaczające ją części miękkie. Medycynie i chirurgii zawdzięczać winniśmy poznanie tych faktów ważnych, których liczbę łatwo byłoby pomnożyć licznymi przykładami. I tak, gdy wytwarza się tętniak aorty ¹⁾ i napotyka przed sobą mostek lub obojczyk, nie zostaje bynajmniej powstrzymany w rozwoju tą zaporą kostną, lecz przedziurawia ją w ciągu kilku miesięcy. Materya kostna, pochłonywana znika pod naciskiem tętniaka — niezaprzeczenie

¹⁾ Aneurysma, *tętniak*, guz powstały z rozszerzenia się tętnicy, najczęściej tętnicy głównej (aorty), naciskając na organa staje się niebezpiecznym.

(Przyp. tłum.)

stawia ona mniejszy opór postępowi rozszerzającego się guza, niż części miękkie, np. skóra. Wszelako to ciśnienie tętniaka, nie jest czem innym, jak tylko naciskiem krwi tętnicowej. Siła, z jaką torebka tętniakowa ciśnie na kości i dziurawi je, oddziaływa na wszystkie punkty, w których tętnica dotyka kości. Ztąd też to pochłonywanie materii kostnej zachodzi na ówczas w ten sposób, że tętnica wyżłabia sobie bródę, w której się pomieszcza z rozmaitemi swemi gałęziami, jak to można widzieć np. na stronie wewnętrznej kości ciemieniowych w czaszkach ludzkich. Do stateczną jest nawet jedna żyła, do wyżłobienia w kości bródki dość głębokiej. Rozszerzaniu się nieprawidłowemu tych naczyń, które nazywamy *żyłakami*, wytwarzającemi się pospolicie w gołeniach, towarzyszy skrzywienie przedniej powierzchni piszczeli — na kości tej wyciska się przejście żył rozszerzonych. A przecież nie powiedzą nam, że te bródki kostne, wchodzą do planu z góry nakreślonego przez przyrodę — że szkielet posiadał pierwotnie te bródki w przewidywaniu żyłaków, jakie miały się wytworzyć. Chirurdzy wiedzą wszyscy dobrze, że te bródki wyżłabiają się w kości dojrzałej, która była najzupełniej foremną, przed narodziem żyłaków. Jest to mechanizm, podobny do tworzącego wzdłuż kości dołki, któremi każdy mięsień oznacza swój wycisk, i nadającymi np. piszczeli cechujący ją kształt pryzmatyczny. Rowki, w których mieszczą się ścięgna, nie mniej ulegają krzywiznom w szkielecie. Są one przejściem ścięgna je wyżłabiającego, — wskazują jego obecność wywołującą ich utrzymanie. Niechże nastąpi wywichnięcie i zmieni stosunki kości ze ścięgnem, dawny rowek nie mieszczący nic już w sobie, wypełnia się i powoli znika, jednocześnie łączy się nowy rowek i nabiera stopniowo pożądanego głębokości, przeznaczonej do pomieszczenia ścięgna w nowym jego siedlisku.

„Wszelako powiedzą nam, powierzchnie stawowe tak doskonalej budowy, tak przedziwnie zastosowane do ruchów jakie ułatwiają, są przecież niezawodnie organami pierwotnie wykształconymi. Tu, powierzchnie kostne przyodziane są chrząstką wygładzoną, skrapianą mazią stawową (synovia), ułatwiającą jeszcze więcej ich ślizganie się — tuż około nich więzy włókniste, nie pozwalają kościom przechodzić granic ruchom ich nadanych, równie jak powierzchniom oddalać się od siebie. Przyrządu tak doskonałego,

nie mogłaby wytworzyć sama funkcy, oto świadectwo pewne przezorności przyrody i mądrości jej planów”.

Zapytajmy jeszcze chirurgii, okaże nam ona, że w skutek wywichnień dawne jamy stawowe zacierają się i znikają, gdy tymczasem w punkcie nowym, gdzie główka kości mieści się rzeczywiście, wytwarza się staw nowy, w którym po upływie kilku miesięcy niczego nie brakuje, ani chrząstek stawowych, ani mazi stawowej, ani więzów utrzymujących kości w ich wzajemnych stosunkach. Tu znowu odpowiednio do wyrażenia na które przed chwilą powoływaaliśmy się, funkcy tworzy organ.

Dotąd mówiliśmy o jamach złobiących się w kości. Wszelako istnieją jeszcze wyniosłości wydatne, napotykanne wszędzie na powierzchni szkieletu, tak zwane wyrostki (apophysis) do których każdy mięsień przytwierdzonym zostaje. Jakże przypisać ich wytwór wpływowi zewnętrznemu?

Odpowiedź jest niemniej łatwą, dość jest dla wytłumaczenia wytworu wyrostków na powierzchni kości, powołać się na wpływ przeciwny temu, o którym wiemy, że zdolnym jest wyłabić zagłębienia. Potrzeba w tym razie przyjąć, że siła pociągania wywartą została w tym punkcie kości, w którym wyniosłość znajdujemy. Istnienie sił pociągania, działających na wszystkie części szkieletu, w których przytwierdzone są mięśnie, jest najzupełniej widoczne. Jasną jest rzeczą, że napięcie tych sił, ustosunkowaniem zostaje z siłą mięśni je wytwarzających. Otóż właśnie przy więzadłach ścięgowych najsilniejszych mięśni, dostrzegamy najwydatniejsze wyrostki, co stanowi dowód, że wygórowanie kości, łączy się bezpośrednio z napięciem siły nań oddziałującej. Ramię prawe więcej wyćwiczone od lewego, nabywa wydatniejszych wyniosłości w szkielecie. Gdy sparaliżowanie członka, niszczy w nim działalność mięśni, szkielet jego nie ulega już wpływowi mięśniowemu, wówczas też wyrostki sprowadzone zostają do małych wyniosłości. Wreszcie jeżeli sparaliżowanie pochodzi od urodzenia, kość zachowuje prawie swój kształt zarodkowy, którego nie mogła zmienić funkcy.

Anatomja porównawcza, potwierdza ze swej strony to prawo powszechne, że im wyrostek jest dłuższy, tem więcej ujawnia energję mięśnia doń przyczepionego. Durand de Gros, najwidoczniej przedstawił wpływy funkcyi mięśniowej, na postać i wygię-

cie ramienia u rozmaitych gatunków zwierzęcych, kopalnych lub żyjących. Tak np. ramię u kreta, mrówkojada i u wielu ssaków, rozkopujących ziemię, jest prawie nie do rozpoznania, w tym stopniu najeżonem bywa grzebieniami i wyrostkami, z których każdy daje przyczepienie silnemu mięśniowi. Czaszka i szczeka dolna zwierząt mięsożernych przejawiają ślady silnego umięśnienia. W czasce głęboka jama, przejawia wycisk potężnych mięśni skroniowych — około jamy skroniowej, prawdziwe grzebienie były potężnymi wiązałkami mięśni; wreszcie od strony szczęki dolnej, silny i długi wyrostek wykrywa gwałtowne działanie sił pociągania, jakim ulegała szczeka w ruchach żucia. Jeżeli skutki oddziaływania mięśni na kości, powiększają się z natężeniem siły mięśniowej, nie mniejsze sprowadzają zmiany upływu czasu, w jakich to oddziaływanie zachodzi. Od dzieciństwa do starości zmiany w skielecie występują coraz wyraziściej, pozwalając do pewnego punktu, rozpoznawać wiek osobnika. J. Guerin okazał, dla czego u starca kręgi mają wyrostki dłuższe, żebra krzywizny więcej kątowne i t. p. Porównajcie czaszkę młodego goryla z czaszką osobnika dojrzałego — przedstawi wam postać tak odmienną, że jeżeli nie będziecie uprzedzeni, nie uwierzycie nigdy aby obie te czaszki należały do jednego gatunku zwierzęcego. Zaokrąglona czaszka młodego goryla, przekształca się w dojrzałym w pewien rodzaj grzebienia, podobnego temu, jaki ozdabiał starożytne hełmy — jest to wyrostek przyczepienia się mięśni skroniowych. Nieskończylibyśmy nigdy, wyliczając wszystkie zmiany, jakim ulega skielec rozmaitych gatunków zwierzęcych. Od początku do końca życia, występują zmiany coraz więcej stające się wybitniejszymi.

Medycyna w tych kwestyach z kolei dostarcza ciekawych wskazówek, pozwalając nam towarzyszyć szybkiemu rozwojowi wyrostków wielce wyrazistych, zwanych *narostami* ¹⁾. W niektórych chorobach obejmujących cały organizm, skielec pokrywa się w wielu punktach wydatnymi wyniosłościami kostnymi. Otóż

¹⁾ Wyrostki te nazwano *kościakami*, *kostniakami*, *nakostniakami*, *wyrostkami kostnymi*, *wykościnami*, odpowiadającymi w anatomii nazwie *Exostosis*, którą zdaje nam się lepiej będzie określić słowem *narost* (Przyp. tłóm.).

wszystkie prawie te guzy, rozwijają się w punktach przytwierdzenia mięśni, a wzrastając, rozszerzają się zwłaszcza w tym kierunku, w którym występuje siła pociągania mięśniowego. Krzywizna kości lub jej zgięcie w kierunku osi, jest zjawiskiem często dostrzeganem — przytoczyłem w jaki sposób Ch. Martins okazał, że u wszystkich ssaków, ramię jest wygiętem udem, którego oś wykonała półobrót około siebie samej; wygięcie to według Gegenbائera, jest mniejszem w płodzie niż u dziecka i z postępem czasu uwydatnia się jeszcze wyraziściej. W części więc sprowadzają je przyczyny, oddziaływające w ciągu życia — jeżeli wreszcie jest prawdą, że każdy płód rodzi się z wygiętem ramieniem, niemniej jest prawdziwem, że kształt ten może być uważany za skutek akcji mięśniowej, wydatniejący od pokolenia w pokolenie, u ssaków przebywających na lądzie. Powierzchnie stawowe są osobliwie zajmujące w badaniu, gdy poszukujemy wpływu funkcyi, oddziaływającej na organ. Przypuszczając, że tarcie tych powierzchni wygładziło je i nadało im krzywizny, łatwo przychodzi z ruchów będących siedliskiem każdego stawu, odgadnąć postać jaką te powierzchnie mieć winny. Ruchom rozleglejszym odpowiadać będą powierzchnie o krzywiznach najrozmaiciej ustopniowanych. Przeciwnie ruchy więcej ściśnione, przejawiają się w powierzchniach o krzywiznach odpowiadających osi tylko kilku stopniowej. Koniecznem tego następstwem będzie, promień krzywizny powierzchni stawowych bardzo krótki, gdy ruchy są wielce rozległe — bardzo zaś długi, gdy ruchy są ściśnione. Z tego punktu widzenia zbadałmy stawy nogi człowieka. Dostrzegamy przy stawie przegubowo-piszczelowym, krzywiznę dość krótkiego promienia, z powodu dość wielkiej ruchliwości nogi w części goleńiowej. Przy przegubie (tarsus) w miarę zmniejszania się ruchliwości kości, powiększa się promień krzywizny. Kość łódkowa (scaphoideum) przedstawia już powierzchnie stawowe wielkiego promienia. W stawach przegubowo-śródnóżnych (tarso-metatarsi), gdzie ruchy są bardzo ograniczone, promień powiększa się jeszcze więcej, następnie zmniejsza się znowu w stawach śródnóżnych wraz z członkami palcowemi (phalanges), pomniejszającemi się z kolei, w miejscach przedstawiających więcej ruchliwości.

Każdemu wiadomo, że gdy ruch stawowy wytwarza się tylko w jednym kierunku, powierzchnie przedstawiają krzywiznę ró-

wnież w jednym kierunku. Takiemi są powierzchnie bloczkowate, których przykładami są: staw łokciowy, wyrostki kłykciowe szczęki i t. p.

Gdy jednak ruch spełnia się w dwóch zarazem kierunkach, powierzchnie przedstawiają podwójną krzywiznę i w razie różniczkowania w rozległości ruchów, promienie tych krzywizn będą nierówne. I tak, w zapieściu (carpus) istnieją ruchy zginania i wyprostowywania dość rozległe, tudzież ruchy poboczne dość ścieśnione. Powstaje ztąd, od strony główki eliptycznej wytworzonej przez kość zapieściową, krzywizna małego promienia w kierunku ruchów zginania i wyprostowywania, gdy tymczasem w kierunku bocznym, krzywizna przedstawia koło o promieniu daleko większym. Ciekawszem bywa jeszcze porównywanie powierzchni stawowych, w rzeszach zwierząt należących do rozmaitych rzędów i gatunków.

Weźmy np. główkę ramieniową i śledźmy przemiany jej postaci w człowieku, w małpie, w zwierzętach mięsożernych i trawożernych, oraz w ptakach. Spostrzeżemy, że jednakowa rozległość we wszech kierunkach ruchów, jakie ręka ludzka może wykonywać, odpowiada najzupełniej kulistości główki ramieniowej, to jest krzywiznie jednakowego promienia we wszelkich kierunkach. Z pośród małp, te które w chodzie wspierają się zwykle na członkach przednich, mają główkę ramieniową spłaszczoną z wierzchu, jakby w skutek ciśnienia ciała. Co więcej, gdy rozleglejszemi są ruchy posługujące do chodu tym zwierzętom, krzywizna ich główki ramieniowej, przedstawia mniejszy promień w kierunku od przodu ku tyłowi. Zmiana ta występuje jeszcze wyraziściej u mięsożernych, a zwłaszcza też u trawożernych, których główka ramieniowa z wierzchu spłaszczona, posiada mały promień krzywizny, w kierunku ruchów służących do chodu jakie przejawiają się przeważnie w tym stawie.

Ptaki obdarzone są w stawie łopatki dwoma ruchami nierównej rozległości. Z pomocą jednego zwijają i rozwijają skrzydła, w skutek czego łokieć to zbliża się do ciała, to od niego odbiega naprzód bardzo daleko. Drugi ruch zwykle więcej ograniczony, spełnia się w kierunku prostopadłym do poprzedniego — on to tworzy uderzenie skrzydłowe.

Owóż tym dwom ruchom nierówno rozległym, odpowiadają krzywizny różnych promieni. Wielkiemu ruchowi zwijania i roz-

wijania skrzydła, odpowiada krzywizna promienia małego—mniej zaś rozległemu ruchowi wznoszenia i obniżania się skrzydła podczas lotu, odpowiada powierzchnia krzywizny o bardzo wielkim promieniu. Powstaje ztąd elipsa wielce przedłużona, jaką przedstawia powierzchowność główki ramieniowej ptaków, przy poziomie powierzchni stawowej. Wszelako ruchy lotu rozmaitych gatunków zwierzęcych, przejawiają rozległości wielce rozmaite. Ptaki zwane żaglówkami, spełniają bardzo małe uderzenia skrzydłowe, gdy tymczasem gołąb, w pierwszych chwilach lotu uderza jednym skrzydłem o drugie z góry i z dołu, wydając łopot dobrze każdemu znany.

Tym zmianom w rozległości ruchów, odpowiadają zmiany w główce ramieniowej, która tworząc u ptaków żaglówek powierzchnię elyptyczną, wielce podłużną, usiłuje przyjąć u gołębia postać kulista, dosięga jej prawie u nurzyka.

W rezultacie wszystkie kształty układu kostnego, przedstawiają ślad jakiegoś dziwnego wpływu, a w szczególności funkcji mięśni. Nie ma, że tak powiemy jednego zagłębienia, jednej wyniosłości w skielecie, których przyczynę nie napotykalibyśmy w sile zewnętrznej, jaka oddziaływała na materię kostną, aby ją bądź pogłębić, bądź wyprzeć na zewnątrz. Nie było więc bynajmniej przesadzoną metaforą, gdy powiedzieliśmy, że kość ulega, jak wosk miękki, wszelkim przekształceniom, jakie siły zewnętrzne nadać jej usiłują, i pomimo swej nadzwyczajnej, twardości opiera się mniej od tkanek giętszych, siłom starającym się zmienić jej postać.

A teraz czy ta nowa postać nabyta za wpływem funkcji, zniknie całkiem wraz z osobnikiem—czy nie pozostawi żadnego swego śladu, jego potomkom? Miałaby dziedziczność czynić jedyn wyjątek względem tych cech nabytych? Zdaje się to być nieprawdopodobnem, a jednak potrzeba byłoby to przyjąć, chcąc mieć prawo do odrzucenia tego, co nazywamy hipotezą przekształceń. Potrzeba byłoby przeciwstawić drugą hipotezę, obalającą prawa powszechne dziedziczności, jeżeli chcemy zaprzeczyć pewnym cechom anatomicznym prawa przenoszenia się.

Zmienność układu mięśniowego.

Powiedzieliśmy, w jaki sposób układ kostny ulega wpływom zewnętrznym, zwłaszcza też ze strony mięśni, które nadają każdej kości postać pod jaką się nam przedstawia. Wielka różnaitość w postaciach szkieletu różnorodnych gatunków zwierzęcych, wiąże się więc z różnaitością ich układów mięśniowych. Ztąd też ilekroć w różnych od siebie gatunkach zwierząt, znajdujemy w pewnych kościach rysy podobieństwa, możemy być upewnieni, że mięśnie do nich przytwardzające się, są również sobie podobnemi.

Przeciwnie, dostrzegając w jakim zwierzęciu kość kształtu odrębnego, możemy być przekonani, że ta odrębność przejawia się niemniej w mięśniach, którym ta kość służy za punkt przytwardzenia.

Jednakże jeżeli kość i mięsień zmieniają się współcześnie, jaka być może przyczyna wpływowa na nie oddziaływająca? Łatwo pojąć, że szkielet zmieniając się, przyjmuje rolę czysto bierną, że przybiera kształt nadawany mu przez mięsień. Wszelako temu mięśniowi, organowi w wysokim stopniu czynnemu, rzeczywistemu rodnikowi siły mechanicznej za wpływem której kształtuje się szkielet, cóż nadaje tę postać szczególną, jaką nam odsłania anatomja?

Spodziewamy się udowodnić, że ta siła, której ulegają kształty układu mięśniowego, należy do układu nerwowego. Natura akcyj zleczanych przez wolę mięśniom, zmienia ich objętość i kształt, w ten sposób, aby uzdolnić je do spełniania o ile można najlepiej tych akcyj. Ponieważ zaś po nad wolą panuje ta *potrzeba*, wywołująca wszelkie akcyje życia zwierzęcego, w rezultacie więc ona to, za wpływem warunków zewnętrznych w których każda istota znajduje się pomieszczoną, oddziałuje na ich kształt i porządkuje takowe odpowiednio do praw których mamy poszukiwać.

W kształcie organicznym nie zgoła nie ulega przypadkowi. Nazbyt często porównywano odmiany gatunkowe jestestw, do wytworzonych pomysłów budowniczego, który do jednego planu

wprowadza tysiące odmian szczegółowych, podobnie jak muzyk układający seryę odmian w danym mu temacie.

W przedmiocie nas zajmującym, można powiedzieć, że rozmaitość tak wielka, jaką nam odsłania przyrząd mięśniowy, tak w różnorodnych częściach ciała jednego zwierzęcia, jak i w częściach jednorodnych zwierząt należących do różnych gatunków — różnice w objętości lub w długości mięśni zachodzące, — rozkład tak nierówny włókna czerwonego czyli rozciągalnego i włókna białego bezwładnego ściętna — słowem, to wszystko, jest uległem najzupełniej prawom dynamicznym funkcji mięśniowej.

Przystosowanie postaci mięśnia do potrzeb jego funkcji.

Anatomja normalna może nam tylko dostarczać przykłady harmonii, istniejącej pomiędzy kształtem organów, a ich funkcją zwykłą. Doświadczenie jedynie daje nam poznać, czy zmieniając funkcję, można sprowadzić w kształcie organów zmiany, godzące je z nowymi warunkami, które im zostały narzucone. Łatwo nam będzie odbyć w tym celu doświadczenia. Od chwili, gdy poznamy w jakim kierunku zmiana organiczna ma wytwarzać się, aby sprowadzić przystosowanie organu do funkcji, zmiany jakie będziemy obserwowali wśród zwierząt, pomieszczonych w warunkach sztucznych funkcjonowania mięśniowego, nabędą wyrazistego znaczenia. Wszelako w oczekiwaniu urzeczywistnienia tego szerokiego planu doświadczeń, są przecież takie, z których od dziś możemy użytkować. Wszystkich tego rodzaju doświadczeń, dostarcza nam anatomja patologiczna.

Medycyna i chirurgja, dają nam wiele szacownych spostrzeżeń w tym zajmującym przedmiocie. Udowadniają nam one np., że sam ruch utrzymuje istnienie mięśnia. Spoczynek zbyt długi tego organu, sprowadza najpierw zmniejszenie jego objętości, a wkrótce potem przemianę elementów go składających.

Ciałka tłuszczowe zastępują wówczas miejsce włókna prątkowanego, tworzącego element normalny; w końcu ciała te stając się coraz liczniejszymi, obejmują w posiadanie całą materję mięśniową.

Po fazie przeistoczenia się czyli przerodzenia tłuszczowego, następuje pochłonywanie materji mięśniowej, która całkiem znika po upływie pewnego czasu.

Po fazie przeistoczenia czyli przerodzenia tłuszczowego, następuje pochłonywanie materji mięśniowej, która całkiem znika po upływie pewnego czasu.

W ten sposób, nie tylko objętość organu wzrasta i zmniejsza się odpowiednio do tego, czy potrzeby jego funkcji zwykłej, wymagają siły większej lub mniejszej, ale nadto znika on całkowicie, gdy funkcja jego zupełnie zniesioną zostaje. Obserwowano ten skutek, w sparaliżowaniach sprowadzających zupełne zniknięcie akcji nerwowej—w niektórych wypadkach zwichnień, zbliżających do siebie przyczepienia mięśnia w ten sposób, że akcja jego staje się nieużyteczną—niekiedy wreszcie w złamaniach lub w stężeńiach sustawowych (Ankylosis, zrost kości w stawie) które zniechęcają, przez niewczesne spojenie, dwie kończyny mięśnia i nie pozwalają całkiem skracać się jego włóknom.

Co jednak zachodzi, gdy mięsień nie tracąc całkowicie swej funkcji, ulega tylko zmianie w rozległości ruchów, jakie ma spełniać? W następstwie niektórych stężeń sustawowych niezupełnych, lub pewnych zwichnień, dostrzegamy, że stawy tracą w mniejszym lub większym stopniu właściwe im ruchy. Mięśnie zarządzające zginaniem i wyprostowywaniem w podobnych wypadkach, zachowują więc tylko część rozległości ruchu kurczowego im zwykłego.

Jeżeli teoria poprzednio wygłoszona jest dokładną, mięśnie te powinny pomniejszyć się w długości. Dla sprawdzenia tego faktu, musimy raz jeszcze odbyć wycieczkę w dziedzinie anatomii patologicznej. Przed dwudziestu laty, zawiązała się gorąca polemika, w przedmiocie przekształceń, jakim ulegają mięśnie osobników dotkniętych ułomnością, znaną każdemu pod nazwą *koszlawej stopy* (kuternoga). Stopa wywichnięta zostaje w ten sposób, że jej powierzchnia grzbietowa opiera się o ziemię, lub też stopa bywa tak silnie rozrosła, że chory chodzi wspierając się ciągle na jej kończynie. We wszystkich tych wypadkach, rozmaite mięśnie goleni, odgrywają rolę bardzo podrzędną—ulegają wówczas to przekształceniu tłuszczowemu, to włóknowemu. Z pośród tych mięśni, całkiem nieczynne, ulegają przerodzeniu tłuszczowemu, następnie znikają, te zaś których akcja w części zachowaną zostaje, przedstawiają tylko zmianę w ustosunkowaniu włókna czerwonego ze ścięgnem. W tych ostatnich, materya rozciągalna

zmniejsza swą długość, zastępuje ją ścięgno dochodzące w ten sposób rozwoju często niepospolitego.

Zaznaczając to przerodzenie włóknowe mięśnia, J. Guérin, upatrywał w niem dowód pomniejszenia się mięśnia pierwotnego, z którego później wytworzonem by zostało zwichnienie stopy. Znakomity chirurg prócztego sądził, że przemiana włókna była jedynie obrażeniem mięśni w koszlawej stopie. Scarpa, utrzymywał przeciwnie, że w większej części przypadków, zwichnienie stopy jest zjawiskiem pierwotnem.

Co się tyczy natury przemian mięśniowych, wszyscy dziś chirurdzy zgodnie przyjmują, że przejawiać się one mogą pod dwoma różnemi od siebie postaciami, że mięsień to ulega przerodzeniu tłuszczowemu, to przekształca się w tkankę włóknową. Pięknym pracom Cruveilhier'a zawdzięczamy głównie poznanie warunków, w których wytwarza się każda z dwóch tych przemian materii mięśniowej.

Przykład da nam sposobność bliższego zrozumienia, w jaki sposób zachowują się mięśnie, odpowiednio do tego, czy ich funkcyja zostaje zniesioną lub tylko ograniczoną w rozległości ruchu.

Mięśnie łydki czyli bliźnięce (gastroncemii), ograniczają się do dwóch — wiązadła ich i funkcyje są dość różne. Oba przyczepiają się u dołu do kości piętowej (calcaneum) za pośrednictwem ścięgna Achillesa, a tem samem w nodze są wyprostnemi (extensores) stopy. Przyczepienia jednak ich wierzchnie, są od siebie różne. Mięsień *podeszwowy* przyczepiony wyłącznie do kości goleni, odgrywa, jak to już powiedzieliśmy, tylko rolę wyprostnego stopy. Przeciwnie mięśnie *bliźnięce*, przyczepione do kości udowej (femur) powyżej kłykci (condyles) tej kości, przedstawiają drugą funkcyę, to jest zginają goleń do kości udowej.

Przypuśmy, że następuje w stopie zrośnięcie kości w sustawie (Stężenie sustawowe ankylosis) — zniszczono całkiem funkcyę kości podeszwowej, która przechodzi przez przekształcenie tłuszczowe i znika. Mięśnie bliźnięce (łydkowe) znajdują się w warunku odmiennym, gdy oddziaływanie ich na stopę zniknęło, pozostaje im jeszcze funkcyja zginania goleni do uda — mięśnie więc te doznały tylko ścieśnienia w rozległości ruchu, jaki spełniają. Owóż w tych warunkach, mięśnie bliźnięce tracą jedynie część długości swych włókien — ulegają temu, co chirurdzy nazywają

częstkowem przekształceniem włókna, to jest zmianie, która z naszego punktu widzenia, odnosi się jedynie do ustosunkowania włókna czerwonego ze ścięgnem.

Ci, którzy przywykli uważać patologię za pogwałcającą całkiem prawa fizyologiczne, zdziwią się może, widząc nas zajętych poszukiwaniem w wypadkach przemian (luxations) i stężeń sustawowych (ankylosis), dowodu istnienia prawa, porządkującego normalnie postać układu mięśniowego. Łatwem byłoby okazać, że te skrupuły nie są uzasadnione — lepiej przecież będzie powołać się na iune przykłady, osłonięte zupełnie od zarzutu, zwracanego tak często przeciw zastosowaniom medecyny do fizyologii.

I tym razem jeszcze korzystać będziemy z faktów podanych przez Guérin'a, o których mówić nam przychodzi.

Badając układ mięśniowy w rozmaitych epokach życia, znajdujemy go przedstawiającym rozmaitą powierzchowność. Zdaje się, że mięśnie mają wiek wyraziście odznaczony — że wytworzone zrazu z materji rozciągalnej, starzejąc się tracą zwolna swe włókna czerwone, które są zastępywane włóknami białemi, barwy perłowej macicy, cechującą ścięgna.

I tak przepona (diaphragma) u dziecka, jest po większej części masykularną, gdy tymczasem u starca ośrodek ścięgniasty (aponeuroticus), rzeczywiste ścięgno przepony rozszerza się kosztem włókna rozciągalnego. Zastąpienie ścięgnem włókna mięśniowego, przejawia się jeszcze wyraziściej w mięśniach goleniowych. W dzieciństwie są one stosunkowo daleko bogatsze w materję rozciągalną, niż w wieku dojrzałym. Wreszcie u starca ścięgno zdaje się opanowywać mięsień, w ten sposób, że to co pozostaje z łydki, mieści się o wiele wyżej i bardzo małą długość przedstawia. Mięśnie rowkowate lędźwiowe i grzbietowe przejawiają też samą cechę — w starości włókna czerwone są najuboższe, ścięgna natomiast najbogatsze. Owóż cóż się stanie z funkcją mięśniową, w rozmaitym wieku życia? Każdy wie, że pomijając bardzo rzadkie wypadki, w których człowiek korzysta z przywyknienia do gimnastyki, funkcya mięśnia staje się coraz więcej ścieśnioną, przynajmniej odnośnie do rozległości ruchów.

Stawy członków i stosu pacierzowego, ulegają normalnie rodzajowi stężenia sustawowego niezupełnego, wzrastającego ciągle i wpływającego na pomniejszenie giętkości trzonu.

Przypatrzcie się małemu dziecku igrającemu swobodnie—jednym ze zwykłych mu ruchów, jest bawienie się stopą — obejmować ją rączkietki i nieść do ust, zdaje się mu rzeczą bardzo naturalną i niesłychanie łatwą.

W człowieku dojrzałym siła mięśniowa dochodzi najwyższego stopnia, lecz ruchy jego nie są już tak rozległe jak w dzieciństwie—nie ma on już jak mówią, tej samej giętkości w członkach. Starzec nie może ani schylić się całkiem ani wyprostować się zupełnie—jego stos pacierzowy utracił giętkość—nogi stawiają tylko kroki drobne—nadzwyczaj trudno mu przykucnąć, a gdy np. próbuje zginać i rozprostowywać nogę, widzicie możemy, że ruchy te wielce są ograniczone.

Funkcya mięśni, zmienia się więc z wiekiem życia, a ściśnając się nieustannie, użytkuje z coraz mniejszej długości włókna rozciągliwego. W ten też sposób wyjaśnia się naturalnie przekształcenie mięśniowe, o którym mówiliśmy. Przekształcenie to polegające na przyroście elementów ścięgowych, kosztem włókna czerwonego, może być powstrzymane w wytworze z pomocą stosownego ćwiczenia, zachowującego rozległość ruchów mięśniowych.

Zwróćmy się teraz do anatomii porównawczej. Jeżeli okaże nam ona, doskonałą harmonję pomiędzy postacią mięśni w rozmaitych gatunkach zwierzęcych, a cechami funkcji mięśniowej u tychże samych gatunków, czyż nie będzie najnaturalniejszym wnioskiem, że organ ulega wpływowi funkcji?

Gdy koń wyścigowy zmienia swe kształty w skutek ćwiczenia zwanego *tresowaniem*, nie jestże widocznym dowodem wpływ funkcji na cechy anatomiczne organizmu? Gdy zaś jakiś gatunek zmieniony sztucznie w ten sposób, zwraca się do typu pierwotnego, odzyskując warunki których go pozbawiono, czyż to ma być przeciwdowodem teorii, wyznaczającej funkcji rolę przekształciciela organu? Też same fakty tłómaczą sobie przecież całkiem inaczej, stronnicy niezmienności gatunku; ci w zwrocie do typu pierwotnego, zachodzącym wówczas, gdy wpływy przekształcające istnieć przestały, upatrują dowód zwycięzki dla ich sprawy.

Cóż mamy wnioskować z takich sporów? Oto, że stronnicy teorii przekształceń, nie spełnili jeszcze swego zadania w zupełności — że potrzeba im dołączyć inne dowody do tych, jakie już

złożyli. Doświadczenie powinno tu główną odegrać rolę. Nie idzie zatem, aby teoria nie miała ważnego znaczenia—ona to w rzeczy samej, pozwala przewidzieć w jakim kierunku pewien sposób funkcyonowania winien zmieniać dany mięsień—daje ocenić prawie całą swą wartość, w wytworze przekształceń które w następstwie sprawdzone zostają. Co więcej, bez teorii zajmującej się doświadczeniem, nie umiałby najczęściej rozpoznać zmiany występującej przed nim niespodziewanie. W anatomii znachodźmy to tylko, czego poszukujemy, zwłaszcza gdy chodzi o odmiany nieznaczące, podobne tym, jakie spodziewamy się wytworzyć w organizmie zwierzęcia.

Doświadczenia pozostające do spełnienia będą długie i męczące, plan ich jednak łatwo nakreślić.

Jeżeli człowiekowi naginającemu do swych potrzeb gatunki udomowione, udało się zmienić do pewnych granic, organizację tych zwierząt, wytworzył on odmiany, że tak powiemy, przypadkowo. Zamierzając np. pozyskać konie tylko do pociągu ciężarów służyć mające, lub wyścigowe, nie miał potrzeby pomieszczać gatunek konia w warunkach całkiem sztucznych. To przecież potrzeba było zrobić, jeżeli miano na celu rozwiązać zagadnienie naukowe o którym mówimy, i posunąć do możliwej granicy zmiany w warunkach odpowiadających pracy mechanicznej zwierząt.

Człowiek użytkuje raczej ze zdolności rozmaitych zwierząt, niż stara się rozwinąć w nich nowe. Woli on pogwałcać nawyknienia zwierząt i zniewalać je stopniowo do spełniania czynności, do których organizacja ich z trudnością się nagina. Jeżeli gatunek, którego ustrój źle jest zastosowany do skoku, dla pozyskania pożywienia, przymuszany bywa wykonywać skoki do stopniowanych wysokości, to ze wszech względów wnosić można, że po upływie pewnego czasu, pozyska on zdolność do skoku. Jeżeli potomstwo tych zwierząt otrzymuje w spadku jakąś część własności przodków, to możnaby w niem jeszcze więcej rozwinąć zdolność wykonywania skoków.

Stopniując w ten sposób usiłowania wywierane na ten gatunek, nie już w celu użytkowym, którego nie mamy interesu przekraczać, lecz z zamiarem pozyskania nieskończenie więcej siły, lub większej rozległości w ruchach mięśni, można spodziewać się, że odmiana anatomiczna uwydatni się nieskończenie i że będziemy mogli otrzymać coś podobnego do tego, co dziś nazywamy przechodzeniem jednego gatunku w drugi.

To co mówimy o funkcji mięśniowej, stosować się daje do wszelkich innych. Zmieniając stopniowo warunki pokarmów światła lub ciemności, temperatury lub ciśnienia atmosferycznego w których zwierzęta żyć mają, możemy nadać ich organizmowi zmiany, podobne tym jakie sprawdzili zootechnicy pod wpływem rozmaitych klimatów, ośrodków i wyniesień, w których też same gatunki zwierzęce pomieszczone są w przyrodzie. Zmiany te wprowadzone w skutek przejść porządkowych, zwracanych zawsze w jednym kierunku, mogłyby z pewnem powodzeniem wytwarzać w organizmacyi zwierzęcej ważne przekształcenia, gdyby z pomocą wytrwałej woli gromadzono nieograniczenie wpływy, jak to czynią ci, którzy zajmują się hodowlą zwierząt, posługując się wybo-rem.

Nie posuniemy się dalej na polu hipotez, w zakończeniu odwołujemy się do gorliwości odbywających doświadczenia.

Wielu już z nich zdaje się wkraczać w tego rodzaju zadania, których niepospolite znaczenie pojmują. W rzeczy samej, odnośnie do rodu ludzkiego, jakaż kwestya przedstawia się ważniejszą od tej: *Czy nasz gatunek jest zmienny?* Czy odpowiednio do nadawanego mu kierunku, może być doprowadzonym bądź do udoskonalenia się, bądź do upośledzenia?

KSIĘGA DRUGA

FUNKCJE I RUCH PRZENOŚNY NA ZIEMI.

Rozdział I.

O ruchu przenośnym w ogólności.

Warunki wspólne wszelkim rodzajom ruchu przenośnego; porównanie Borelli'ego. — Hypoteza reakcji ziemi. — Klasyfikacja rodzajów ruchu przenośnego odpowiednio do natury jego punktów podpory w przenoszeniu się na lądzie, w wodzie i w powietrzu. — Rozdział siły mięśniowej między punkt podpory i masę ciała. — Produkcja pracy nieużytkowej, w razie ruchomości punktu podpory.

Najwybitniejszym objawem ruchu rozmaitych gatunków zwierzęcych, jest niezaprzeczenie ruch przenośny, czyli akcja, z pomocą której każde jestestwo stosownie do swej zdolności, przenosi się po lądzie, w wodach lub w przestworach powietrznych. Ruch też winien być badany w przenoszeniu się, gdyż dostrzegamy je w najrozmaitszych typach.

Rozpoczynając te badania, potrzeba najpierw skreślić cechy ogólne funkcji która ma nas zajmować, i wskazać prawa powszechne, istniejące we wszystkich rodzajach szczególnych ruchu przenośnego zwierząt. Wszelako, cóż jest trudniejszym od rozpoznania rysów wspólnych, zbliżających ku sobie akcje tak rozmaite, jak

lotu i pływania, jak biegu konia i pływania ryby? A jednak wiele kroc tego probowano. Borelli usiłował przedstawić rozmaite rodzaje ruchu przenośnego po lądzie, na podstawie różnorodnych akcyj spełnianych przez przewoźnika kierującego czółnem.

Porównanie to, może w rzeczy samej, przy dołączeniu pewnych rozwojów, wyjaśniać mechanizm głównych typów ruchu przenośnego.

Wyobraźmy sobie człowieka, umieszczonego w czółnie w poród jeziora spokojnego. W tych warunkach czółno jego, pozostawać będzie w najzupełniejszej nieruchomości. Jeżeli chcemy aby posunęło się, potrzeba mu do spełniania ruchu znaleźć to, co nazwano *punktem podpory*. Przypuśćmy że przewoźnik zaopatrzony w żerdź, zanurzy ją w wodę do głębokości w której dno napotyka — czyniąc wówczas wysilenia jakby w celu odepchnięcia tej opierającej się podpory, pozyska to, że statek przesunie się w kierunku odwrotnym.

Jeżeli przewoźnik posiada bosak zakończony hakiem, mógłby znaleźć punkt podpory w warunkach odmiennych. Zahaczając bosak o gałęzie drzew lub o występy pobraża, ciągnąc nim będzie jakby ku sobie, ciała do których go przyczepił, a gdy te ciała oprą się jego wysileniom, w takim razie statek zmieni miejsce i posunie się ku ich stronie. Oto dwa rodzaje sobie przeciwne ruchu postępowego, z podporą spoczywającą na ciałach stałych. W pierwszym usiłujemy je odepchnąć, w drugim przyciągnąć — w rezultacie otrzymuje się tenże sam skutek w obu razach.

Jeżeli jednak jezioro jest zbyt głębokie, jeżeli pobraża są zbyt odległe aby mogły ofiarować przewoźnikowi stały punkt podpory, którym przed chwilą się posługiwał — naówczas sama woda może służyć za punkt podpory.

Przewoźnik uzbrojony wiosłem płaskim, starać się będzie zepchnąć wodę na tylną część czółna — woda ustąpi temu popędowi, czółno natomiast ożywione ruchem odwrotnym, posunie się w kierunku przedniej swej części. Rudle, śruby, spiralne, jednym słowem wszelkiego rodzaju maszyny, działające z siłą popychającą w sztuce żeglarskiej, przedstawiają tę wspólną im cechę, w odpychaniu wody w tył i w wywieraniu na statek siły w kierunku przeciwnym, w skutek czego statek posuwa się.

Przypuśćmy, że zamiast w wiosło działające na wodę, przewoźnik zaopatrzonym jest w szeroką deszczułkę, z pomocą której odepchnie powietrze ku tyłowi czółna—otrzyma on również ruch postępowy na powierzchni jeziora. Posuwać się on niemniej będzie, nadając obrót szerokiej spiralnej podobnej do skrzydeł wiatraka, lub oddziałując na tylną część statku jakim potężnym wachlarzem, który wypędzi powietrze w kierunku przeciwnym temu, w jakim chce przesunąć swe czółno.

We wszelkich rodzajach ruchu przenośnego, zużytkowaną zostaje siła, która popycha w kierunku odwrotnym dwa ciała, mniejszy lub większy opór przedstawiające—z tych jedno jest punktem podpory, drugie ciałem mającym zmienić miejsce.

Starożytni nazywali *reakcją*, siłę działającą na statek—poczytywali ją za parcie występujące z ziemi, z wody lub z jakiegokolwiek innego punktu podpory, na który wywierana była siła wiosłarza. Pojąć dziś łatwo, że wielką siłę ruch nadającą, czerpie przewoźnik sam z siebie. Siła ta, może dążyć bądź do odepchnięcia od siebie dwóch punktów na które zwróconą zostaje, bądź też do zbliżenia ich ku sobie. W obu razach, jeden z punktów może być stałym, i wówczas drugi zmieni miejsce—lub też oba punkty są ruchome, a wtedy odpowiednio do różnicy zachodzącej w ich ruchomości, jeden z nich przesunie się dalej od drugiego.

Powszechna ta zasada daje się zastosować do wszelkich rodzajów ruchu przenośnego — dość nam będzie poznać główne ich cechy, w rozmaitych typach w jakich rozpatrzeć się mamy.

Najnaturalniejszą klasyfikacją zdaje się być ta, którą oparto na naturze punktu podpory. Według niej, odróżnianoby trzy główne postacie ruchu przenośnego, odpowiednio do tego czy odbywa się on *na lądzie, w wodzie lub w powietrzu*. Wszelako w każdej z tych postaci, jakąż napotykamy różnaitość mechanizmów? Jeżeli jest prawdą, że chód i pełzanie są dwoma głównymi typami ruchu przenośnego na ziemi, że pływanie odpowiada najpospolitszemu przenoszeniu się w wodzie, a lot ruchowi przenośnemu w powietrzu, niemniej jest rzeczywistym, że w pewnych ośrodkach, widzimy wytwarzanie się wielu rodzajów ruchu przenośnego. I tak chód i czołganie się, spełniają się zarazem na lądzie i w wodzie — lot następuje zwykle w powietrzu—a jednak niektóre ptaki, przejawiają lot rzeczywisty w wodzie. Wreszcie gdyby wypadało oznaczyć,

typ ruchu przenośnego, właściwy każdemu ze zwierząt, kłopot nie byłby mniejszym w ich rozklasyfikowaniu.

W rzeczy samej niektóre z nich poruszają się z równą łatwością na lądzie, jak w wodzie i w powietrzu. Wyrzekniemy się zatem poszukiwania klasyfikacji całkiem metodycznej, rozmaitych rodzajów ruchu przenośnego, jakie zamierzamy przejrzeć pobieżnie.

Ruch przenośny na lądzie. Przejawia dwa typy główne — w jednym z nich, siła usiłuje odepchnąć ziemię w kierunku odwrotnym ruchowi przenośnemu. Jest to rodzaj przenoszenia się najzwyczajniejszy — chód, bieg, skok, należą do tej pierwszej postaci ruchu. W tym celu, członki posługujące do ruchu przenośnego, złożone z seryi dźwigni ścisłych — mogą zmieniać swą długość, to jest kurczyć się w skutek zginania kątownatego stawów — i przedłużać się za ich wyprostowaniem. Gdy goleń zgięta ma dotknąć swą kończyną ziemi, a siła mięśniowa dąży do wyprostowania członka, przedłużenie jego nie może nastąpić inaczej jak za oddaleniem od siebie dwóch punktów: ziemi na której wspiera się kończyzna gołeni — i ciała zwierzęcia łączącego się z podstawą tego członka. Ziemia stawia opór, a ciało ustępując wpływowi popędu przenosi się. Niekiedy zamiast zmiany w długości, prosta zmiana kąta jaki tworzy członek motorowy z ciałem zwierzęcia, bywa przyczyną ruchu przenośnego na lądzie.

W drugim typie ruchu, to jest *w czołganiu się*, wytwarza się siła pociągania. Zwierzę czepia się jedną częścią swego ciała punktu stałego zewnętrznego, następnie pociąga całą swą masę osobnikową do spotkania się z punktem podpory. Wybierzmy ślimaka i połóżmy go na szkle bardzo przezroczystym. Po upływie kilku chwil, zwierzę zaczyna pełzać. Odwróćmy wówczas szkło a dostrzeżemy przez przezroczce kryształu, szczegóły ruchu pełzającego. Na całej wówczas długości zwierzęcia, występuje serya prążków poprzecznych, naprzemian białych i ciemnych, przezroczych i nieprzezroczystych. Prążki te przenoszą się wszystkie w ruchu ciągłym od ogona do głowy zwierzęcia — zdają się być spiralnymi śruby, obracającej się nieustannie w jednym kierunku. Śledząc jeden z tych prążków w bliskości ogona, spostrzeżemy że przenosi się on ku stronie głowy, do której dochodzi po upływie 15—20 sekund. Wszelako towarzyszy mu serya ciągła prążków, zdających się rodzić po za nim, w miarę jak ów prążek posuwa się dalej. Prążki te przypominają w wymiarach znacznie powiększo-

nych, falę mięśniową i jej pochod we włóknie kurczącym się. Za każdym razem gdy fala napływa do okolicy głowy zwierzęcia, znika tam, wytwarzając przedłużenie głowy, zsuwające się zwolnana powierzchnię kryształu, i z lekka postępujące bez wycofywania się. Zdaje się, że okolica głowy staje się punktem stałym, w zetknięciu z którym, reszta ciała jest pociągana. W rzeczy samej, w tylnej okolicy głowy zachodzi zjawisko odwrotne — każdy prądek nowy który zdaje się tam rodzić, jednoczy się z cofaniem tej okolicy, która zsuwa się, jak gdyby była pociągana przez kurec podłużny tkanki rozciąganej.

Inne rodzaje czołgania się nie mniej są ciekawe, jak zachodzące wewnątrz ciała stałego, na przykład pełzanie robaka, gdy ten odbywa drogę w jamie rurkowatej którą wyźłobił w ziemi. Część tylna jego ciała miękliwa i rozszerzalna, jest niezaprzeczenie daleko mniejszej objętości, od jamy którą chce wydrążyć, a jednak robak opiera się sile pociągania — można go rozedrzeć raczej niż oderwać. Następuje to dla tego, że w głębi ziemi przednia strona jego ciała, skurczona lecz wydęta, rozszerza się wewnątrz tego kanału, i znajduje tam punkt stały podpory. Puśćmy wówczas robaka, a spostrzeżemy że w skutek szybkiego kurczu, cała jego pozostała reszta ciała wsunie się w ziemię, pociągnięta w zetknięciu się ze stroną przednią, posiadającą punkt podpory.

Obok pełzania następuje naturalnie *pnienie* się, w którym członki przednie przyłączone do jakiej wyniosłości górującej, zginając się, unoszą resztę ciała zwierzęcia. Część tylna ciała osadza się wówczas w nowym swem położeniu, członki zaś przednie będąc oswobodzone, poszukują wyżej podpory do nowego rozwoju siły. Ilekć typów rozmaitych w obu tych rodzajach ruchu przenośnego po lądzie! Odmiany jego są tak znaczące, że chcąc powziąć o nich dokładne wyobrażenie, potrzeba byłoby opisywać rodzaj ruchu postępowego, właściwego każdemu zwierzęciu w szczególności.

Ruch przenośny w wodzie. Przedstawia większą jeszcze różnorodność. Tu ryba uderza płyn powierzchnią płaską swego ogona, tam znowu głowonóg, sepja lub meduzy, które ścieśniając żywo torebkę zapełnioną płynem, odpychają wodę w jednym kierunku, a same odepchnięte zostają w kierunku przeciwnym. Toż samo zjawisko wytwarza się, gdy mięczak zamyka żywo łupinki swej skorupy, i rzuca się w kierunku odwrotnym prądowi wodnemu jaki wytworzył.

Poczwarki szklarek, wydzielają z wnętrzości bardzo silny wytrysk płynu, i nabywają w skutek tego siły rzutu szybkiego i rozległego.

Wiosło znajdujemy u niektórych owadów, poruszających się na powierzchni wody. *Rudel* używanym bywa przez inne zwierzęta. Z tym ostatnim motorem wiążą się wszystkie te ruchy, w których płaszczyzna pochyła przesuwają się w płynie i znachodzi w oporze wody na jaką ciśnie skośnie, dwie siły złożone — jedna z nich nadaje mu ruch wypychający. Mechanizm ten wymaga pewnych objaśnień — znajdziemy je we właściwym czasie, ze wszelkimi rozwojami jakich dosięga.

Ruch przenośny w powietrzu. Z pomocą zawsze jednakowego mechanizmu, to jest przesuwania się po płaszczyźnie pochyłej, spełnia się ruch przenośny w powietrzu. W rzeczy samej skrzydło owada lub ptaka uderza o powietrze skośnie, odpycha je w pewnym kierunku, i nadaje ciału zwierzęcia ruch w kierunku odwrotnym.

Z wyłączeniem pewnych ptaków poddających w kierunku wiatru swe skrzydła rozpostarte, i w ten sposób unoszących się bez żadnego innego wysiłku, prócz kierowania skrzydłami, które to ptaki otrzymały poetycką nazwę *żagłówek*, wszelkie inne zwierzęta przenoszą się rozdzielając siłę między dwie masy nierównej ruchomości. Pojąć łatwo, że gdy jeden z dwóch punktów przyczepienia siły jest stałym najzupełniej, drugi punkt odbierze bez żadnego ubytku pracę rozwiniętą z motora. Takim jest rodzaj ruchu przenośnego, spełniający się na gruncie zupełnie stałym. Wszelako pojmujemy niemniej, że miękkość gruntu stanowi warunek niekorzystny w użytkowaniu z siły rozwiniętej, że wreszcie niezmienna ruchliwość wody i powietrza, stanowi w pływaniu i w locie warunki jeszcze bardziej niekorzystne.

Wszelako ta ruchliwość punktu podpory, zmienia się odpowiednio do żywości ruchu mu nadawanego, w ten sposób, że dane uderzenie skrzydła lub wiosła, które spełnione zwolna byłoby bezskutecznem, znajduje w samej swej żywości, warunek skutek sprowadzający.

W rozmaitych rodzajach ruchu przenośnego, opór mający się pokonać w celu przeniesienia ciała, niemniej jest zmiennym od służącego za punkt podpory. Zmienność ta pochodzi z rozmaitych przyczyn. I tak, różne gatunki zwierzęce, do spełnienia ruchów

nie potrzebują jednakowo walczyć z siłą ciężenia. W rzeczy samej, ryba posiadająca widocznie ciężar gatunkowy wody, pozostaje w niej zawieszoną, nie zużywając w tej mierze żadnej siły, a gdy chce przenieść się w jakimkolwiek kierunku, potrzebuje tylko zwyciężyć opór płynu w jakim ma drogę odbywać. Przeciwnie ptak, aby utrzymać się w powietrzu, musi rozwinąć pracę zdolną zobojętniać nieustannie działanie siły ciężenia. Jeżeli jednocześnie przenosi się, potrzebuje obok tego rozwinąć pracę użytą na pokonanie oporu powietrza.

Rozdział pracy mięśniowej między punkt podpory i masę ciała. Gdy w fizyologii chcemy ocenić pracę mięśnia, wybieramy którekolwiek z jego wiązadeł, i oznaczamy rozległość zwrotów jego kończyny ruchomej. Gdyby znano ciężar, jaki ten mięsień w ten sposób kurcząc się unosi i rozległość ruchu nadaną temu ciężarowi, posiadano by elementy wymiaru pracy spełnianej. Wszelako są to warunki prawie urojone, zaledwie przejawiające się w ruchu przenośnym po lądzie, — nie dostrzegamy ich wcale u zwierząt poruszających się w wodzie, a zwłaszcza u latających w powietrzu.

Porównajmy tylko ilość siły potrzebną do chodu po gruncie ruchomym, na piaskach dunów na przykład, z tą, jaką zużywa się przebywając grunt przedstawiający znaczny opór. Spostrzeczemy, że ruchomość punktu podpory, reprezentowanego przez piasek, niszczy część skutku wywołanego kurczeniem się naszych mięśni — innymi słowy, że potrzeba większej ilości siły do wytworzenia tejże samej pracy użytkowej, gdy punkt podpory nie wielki opór przedstawia.

To zużytkowanie pracy łatwo pojąć, a nawet wymierzyć. Gdy człowiek idąc opiera jedną stopę na ziemi, noga jej odpowiadająca, nieco zgięta, wyprostowywa się wkrótce, i odpycha jednocześnie ziemię na dół, masę zaś ciała w górę. Jeżeli grunt stawia temu naciskowi opór zupełny, cały ruch wytworzony przejawia się w kierunku trzonu ciała, który wyniesionym będzie do pewnej wysokości, na przykład do 3 centymetrów. Wszelako gdy ziemia zagłębia się na 2 centymetry pod ciśnieniem stopy, jasną jest rzeczą, że ciało unoszonem zostanie tylko do wysokości jednego centymetra, oraz że praca użytkowa ulegnie z tego powodu, ubytkowi posuniętemu do dwóch trzecich.

Zagłębianie się ziemi pod stopą, stanowi niezaprzeczenie pracę, według określenia mechanicznego tego słowa.

W rzeczy samej, ziemia ustępując reprezentuje pewien opór. Jest to ten opór, który potrzeba pomnożyć przez rozległość obniżenia się ziemi, celem znalezienia wartości pracy spełnionej w tym kierunku. Jest to jednak praca całkiem nieużyteczna w ruchu przenośnym—jest to ubytek zużytej siły motorowej.

Gdy ryba uderza wodę ogonem aby pchnąć się naprzód, spełnia podwójną pracę: jedna część jej wypędza z pewną hyżością po za rybę masę płynną,—druga popycha zwierzę naprzód, pomimo oporu płynu otaczającego. Ta ostatnia praca jest jedynie użytkowa, a byłaby daleko znaczniejszą, gdyby ogon zwierzęcia zamiast wody przed nim ustępującej, spotykał stały punkt podpory.

Czy można wymierzać ubytek siły, który ponosi praca użytkowa w ruchu przenośnym, odpowiednio do mniejszej lub większej ruchomości punktu podpory?

Jeżeli ziemia po krócej kroczy my przedstawia opór zupełnie stały, przyjmujemy że nic nie ginie z pracy mięśniowej, w każdym innym razie, gdy przenoszenie się punktu podpory następuje jednocześnie z ruchem przenośnym ciała, potrzeba poszukiwać według jakiego prawa zachodzi rozdział pracy.

Istnieje prawo wskazane przez Newtona, panujące że tak powiemy, w całej mechanice: *akcja wyrównywa reakcyi*. Czy to ma wyrażać, w przypadku nas zajmującym, że połowa pracy zostaje zużyta w kierunku punktu podpory, druga zaś połowa w kierunku ciała zwierzęcia przenoszącego się? Nie powinniśmy to mieć miejsca, jeżeli weźmiemy pod uwagę, liczne przykłady, w których siła działa jednocześnie na dwa ciała.

I tak w balistyce siła motorowa prochu, to jest ciśnienie gazów wywięzujących się w armacie, działa zarazem na pocisk i na działo, nadając dwóm tym masom, hyżości w kierunkach przeciwnych. Owóż zachodzi rozdział równy w *ilości ruchu* ($M V$) pomiędzy dwa pociski w ten sposób, że masa armaty i jej łożo, pomnożone przez ilość ruchu wstecznego jej udzielającego się, równą jest masie pocisku, pomnożonej przez hyżość siły wypychania jaką nabywa. Ponieważ działo waży daleko więcej niż kula, szybkość jego ruchu wstecznego będzie o wiele słabszą, od szybkości nadanej pociskowi. Co się zaś tyczy *pracy* rozwiniętej przez proch, oddziaływającej na armatę i kulę, rozdziela się ona bardzo nierówno między dwie te masy.

W rzeczy samej, ponieważ praca zrodzona przez siłę żywą jest proporcjonalną do kwadratu z żywości masy pozostającej w ruchu (formuła jej jest $\frac{m V^2}{2}$) obliczenie wskaże, że ta praca w razie gdyby działa ważyło 300 razy więcej od kuli, byłaby 300 razy większą w kuli niż w armacie.

Wróćmy się jeszcze do tych kwestyj, mówiąc o rodzajach szczególnych przenoszenia się zwierząt, — zaczynamy od ruchu przenośnego właściwego człowiekowi.

Rozdział II.

Ruch prętośny po lądzie (Dwunożnych).

Wybór pewnych typów, w celu zbadania ruchu prętośnego po ziemi.—Przenoszenie się człowieka.—O chodzie.—Ciśnienie wywierane na ziemię, czas jego trwania i natężenie.—Reakcje oddziaływające na ciało podczas chodu; metoda graficzna posługująca do ich badania.—Oscylacje pionowe ciała.—Oscylacje poziome.—Próba przedstawienia linii przenoszenia się kości łonowej.—Przenoszenie się ciała ku przodowi.—Różniczkowania w jego hyżości, w rozmaitych chwilach kroczenia.

Chód człowieka.

Typy ruchu prętośnego po lądzie są tak rozmaite, że potrzeba nam przynajmniej na chwilę, ograniczyć się na badaniu z pomiędzy nich najważniejszych. W przenoszeniu się dwunożów, wybierzemy za typ ruch prętośny człowieka. Koń wybranym zostanie następnie, jako najwięcej zajmujący reprezentant chodu czworonożów. Co się zaś tyczy innych zwierząt, te badane będą w sposób dopełniający, ze względu zwłaszcza na podobieństwa lub różnice, jakie przedstawia ich ruch prętośny w porównaniu z typami przez nas wybranymi.

Wielu autorów rozbięrało już ten przedmiot—od Borelli'ego do fizyologów tegoczesnych, nauka czyniła powolne postępy. Zdaje się nam, że od dziś może ona rozwiązać wszelkie kwestye ciemne, i upewnić się ostatecznie, użytkując z metody graficznej.

Z pomocą samej obserwacji otrzymać możemy tylko dane niedokładne, a często fałszywe, metoda zaś graficzna przedstawia ściśłość w analizie ruchów tyle złożonych przenoszenia się. Przekonamy się mówiąc o ruchach konia, że niezgodność panująca w tym przedmiocie okazuje jasno niedołęztwo metod dotąd używanych.

Ruch przenośny człowieka, daleko prostszego mechanizmu, jest jeszcze wielce trudnym w rozbiórce. Prace braci Weberów, poczytywane za badania najwięcej posunięte z dotąd poczynionych nad przenoszeniem się człowieka, w wielu miejscach nie są uzupełnione i zawierają wiele błędów.

Najprostszym i najpospolitszym ruchem jest *chód*, który według określenia klasyków należy do tego rodzaju przenoszenia się, w którym *ciało nie porzuca nigdy ziemi*. W biegu i w skoku przeciwnie, spostrzeżemy, że ciało odrywa się całkiem od ziemi, i pozostaje przez pewien czas w zawieszeniu.

Podczas chodu, ciężar ciała przechodzi więc naprzemian z jednego członka na drugi, a ponieważ każdy z tych członków z kolei wyprzedza swego współnika, ciało tem samem posuwa się ciągle naprzód. Akcja ta na pierwszy rzut oka wydaje się dość prostą, wszelako złożoność przejawia się wkrótce gdy zechcemy poszukiwać jakie ruchy współdziałały wytwarzając to przenoszenie się.

W rzeczy samej widzimy, że każdy ruch członków przedstawia obserwacji fazę podpory i fazę unoszenia się. W każdej z nich rozmaite stawy zginają się i prostują naprzemian — gdy tymczasem mięśnie goleniowe i udowe wytwarzające te ruchy, kurczą się naprzemian i zwalniają.

Napięcie siły ciśnienia stóp na ziemię, zmienia się odpowiednio do żywości chodu i wielkości kroków. Z drugiej strony ciało doznaje pod postacią oscylacyj peryodycznych, reakcji w skutek opierania się każdej stopy o ziemię, a rozmaite punkty ciała ulegają tej reakcji w różnym stopniu. Oscylacje występują w rozmaitych kierunkach — jedne z nich są pionowe drugie poziome, w ten sposób, że linja zakreślana w ruchu przez jakikolwiek punkt ciała, jest krzywizną wielce złożoną. Co więcej, ciało pochyla się i wyprostowuje, za każdym ruchem jednej z goleni. Spełnia ono obrót około stawu biodrowo-udowego w tymże czasie, gdy zgina się nieco odpowiednio do osi stosu pacierzowego, i gdy w skutek

akcyi mięśni lędźwiowych, miednica porusza się i oscyluje, na kształt statku okrętowego. Wreszcie członki przednie ożywiłe naprzemianglętem pochylaniem się, zmniejszają wpływy, które w każdej chwili usiłują sprowadzić ciało z linii prostej, po której chcemy kroczyć. Wszystkie te akcye zostały rozebrane z wielką przenikliwością przez jednego z naszych uczniów p. G. Carlet'a ¹⁾; z niektórych wypadków przezeń otrzymanych korzystamy.

Rozwój siły motorowej podczas chodu — jej oddziaływanie na ziemię z jednej strony — jej skutki popychania wywieranego na masę ciała z drugiej strony — oto są trzy elementy, które przedewszystkiem zajmować nas mają.

Siła motorowa. Mieści się w akcyi mięśni prostujących udo, goleń i stopę. Członek dolny tworzy w ogóle słup zgięty, którego

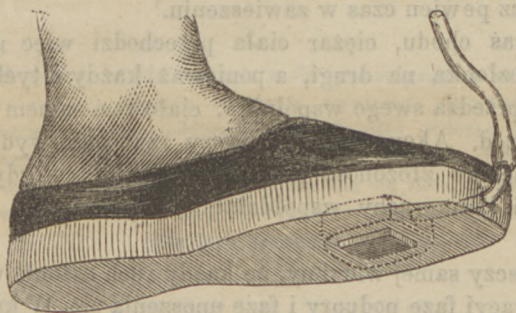


Fig. 13. Obuwie śledcze, oznaczające ciśnienie stopy na ziemię, oraz czas jego trwania i fazy.

kąty zacierają się, prostuje się on w ruchu odpychającym ziemię ku dołowi, a ciało kugorze. Oto wszystko co możemy powiedzieć w tym przedmiocie, którego dokładniejsze zbadanie wymagałoby szerokiego rozwinięcia.

Cisnienie na ziemię. Cisnienie to wyrównywające, jak to widzieliśmy wyżej, ciśnieniu w kierunku odwrotnym usiłującemu popychać ciało, winno być badaniem *odnośnie do czasu jego trwania, jego faz i natężenia*. Przyrządy kontrolujące posługują przedziwnie w tem badaniu. Przyrząd śledczy umieszczony pod podeszwą

¹⁾ G. Carlet, Etude de la marche, Annales des sciences naturelles 1872 r.

przesyła drążkowi kreślącemu ślady, sygnał oparcia się lub podniesienia stopy, a niemniej wyrazi siłę z jaką stopa opiera się na ziemi. Nazywamy ten pierwszy przyrząd *obuwie śledczem* opis jego tu podajemy.

Do podeszwy zwyczajnego obuwia, przykleja się za pomocą rozgrzanej gutaperki mocną podeszew kauczkową, grubości $1\frac{1}{2}$ centymetra (przeszło 1 cal pol.) Wewnątrz tej podeszwy, mieści się komora powietrzna, oznaczona na fig- 13 linjami kropkowanymi.

Komora ta zamknięta małą deszczułką drewnianą, wystającą, zostaje ściśnioną w chwili, gdy stopa wywiera nacisk na ziemię. Powietrze wypędzone z komory, uchodzi rurką je przepuszczającą do *bębna z drążkiem*, który kreśli w przyrządzie kontrolującym, czas trwania i fazy ciśnienia stopy.

Wyobraźmy sobie człowieka, mającego na obu stopach podobne obuwie, obchodzącego krokiem miarowym stół z ustawione-

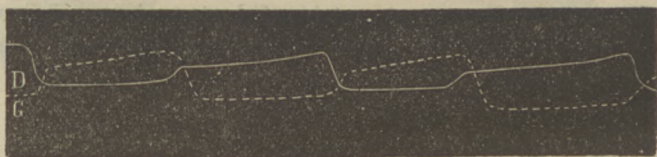


Fig. 14. Ślady opierania się i unoszenia obu stóp, w chodzie zwykłym.

mi na nim przyrządami kontrolującymi, a będziemy mieć dokładne pojęcie o układzie doświadczenia.

Przyrządy kontrolujące obecnie używane, znane są już czytelnikowi — podobne są one we wszystkim tym, które służą do badań fali mięśniowej (str. 40 fig. 7). Podstawmy w tej figurze obuwie śledcze w miejsce każdego z czązków myograficznych 1 i 2, a pozyskamy układ przyrządów, posługujących do badania *śladów stawiania nogi*, czyli opierania się stopy o ziemię.

Fig. 14 przedstawia doświadczenie odbywane w celu wyśledzenia chodu. Dwa ślady otrzymują się w skutek ciśnienia prze-rywanego stóp, wywieranego na ziemię. Stopie prawej odpowiada linja ciągła D, stopie lewej linja kropkowana G. Znając układ przyrządów, pojmujemy, że każde oparcie się stopy na ziemi, wyrażonem zostanie wyniesieniem odpowiednim krzywizny.

W rzeczy samej, ciśnienie stopy na ziemię, przygniata podszew kauczukową i zmniejsza objętość komory w niej pomieszczonej, wypełnionej powietrzem. Część tego powietrza uchodzi rurką je przepuszczającą i przepływa do bębna kontrolującego.

Spostrzegamy (fig 14), że ciśnienie stopy np. prawej, przejawia się w chwili, gdy ciśnienie stopy lewej zaczyna się pomniejszać, oraz, że w każdym śladzie, punkty podpory obu stóp naprzemian zmieniają się. Czas w ciągu którego *unosí się* każda stopa, wyrażonym zostaje linią poziomą, łączącą *minima* dwóch krzywizn, po sobie następujących.

Opierania się na ziemi stopy prawej i lewej, przedstawiają jednakowe upływy czasu, w ten sposób, że ciężar ciała przechodzi naprzemian z jednej stopy na drugą.

Co innego całkiem zachodzi u chromych—akcja kulenia wpływa głównie z różniczkowania, zachodzącego w skutek nierównego opierania się stóp o ziemię.

Istnieje wszelako chwila bardzo krótkotrwała, w której ciało zostaje opartem w pewnej części na jednej stopie, a mianowicie ta, gdy zaczyna szukać podpory dla stopy drugiej, Chwila ta odpowiada tylko $\frac{1}{6}$ części upływu czasu, w ciągu którego stopa spoczywa na podporze.

Natężenie ciśnienia stopy na ziemię.

Krzywizny chodu mogą nam niemniej wskazywać wymiar ilości siły, wywartej przez stopę na ziemię.

Obuwia śledcze tworzą rodzaj dynamometru ciśnienia—przysgniatane bywają mniej lub więcej, odpowiednio do ilości siły, jaką znoszą, a w skutek tego przesyłają drążkowi kontrolującemu, ruchy mniej lub więcej rozległe. Według tego, chcąc ocenić wysokość krzywizny wyrażającej ciśnienie wywierane przez stopę, potrzeba każde obuwie zastąpić ciężarem, odpowiadającym pewnej liczbie kilogramów. Spostrzeżemy wówczas, że gdy ciężar wynoszący np. 75 kilogramów, wystarcza do podniesienia drążka do wysokości, jakiej tenże dosięga na początku każdej krzywizny, potrzeba dodać jeszcze nowy ciężar, chcąc doprowadzić drążek do wysokości maximum, jakiej dochodzi w końcu upływu czasu, przez który stopa znajduje się na punkcie podpory.

Udowadnia to, że w chodzie ciśnienie stopy na ziemię, nie tylko odpowiada ciężarowi ciała, jaki ma stopa utrzymywać, ale nadto, że wytwarza się w danej chwili, większa ilość siły, na-

dającej ciału ruchy wznoszące się i postępowe, jakie tylko co badaliśmy.

Według doświadczeń Carlet'a, dopełniająca owa ilość siły, nie przenosiłaby 20 kilogramów nawet w chodzie szybkim, chociaż jest ona daleko większą w biegu i w skoku.

Reakcje. Pod tą nazwą określamy ruchy, jakie akcja nóg nadaje masie ciała: Ruchy te są wielce złożone, spełniają się na raz we wszelkich kierunkach, co daje linii zakreślanej w ruchu przez jakikolwiek punkt ciała, zwroty zawikłane. Jedynie metoda graficzna pozwala, przynajmniej dotąd, oceniać naturę rzeczywistą tych ruchów.

Przedewszystkiem jaki punkt wypadłoby wybrać do obserwacji ruchu przenośnego podczas chodu? Prawie wszyscy pisarze chcieli wybrać w tym celu *środek ciężkości*, to jest punkt, który

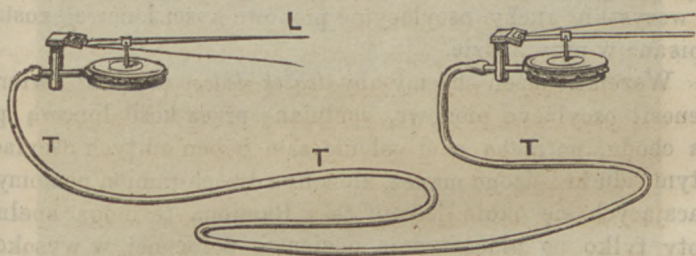


Fig. 15. Przenoszenie się ruchu oscylacyjnego w przyrządzie kontrolującym.

mieścił Borelli *inter nates et pubim* (między pośladkami a kością łonową). Wszelako jeżeli zwrócimy uwagę na ten fakt, że punkt ciężkości zmienia się jak tylko ciało ruch spełnia — że w zgięciu goleni ten punkt ciężkości przenosi się ku górze — że w tymże kierunku zmienia miejsce za podniesieniem rąk — że jednym słowem, opisuje on wewnątrz ciała wszelkiego rodzaju ruchy, jak tylko porzucamy stan nieruchomości, łatwo będzie pojąć niepodobieństwo odnoszenia do tego punktu urojonego i zmiennego ruchy reakcyi, wytworzone w skutek nacisku stopy na ziemię.

Lepiej już będzie wybrać jaki punkt trzonu kręgowego, kość łonową np. celem zbadania przenoszenia się jej podczas chodu.

Przyrządy jakimi się już posługujemy, mogą być zastosowane do badań tych ruchów przenośnych.

Wyobraźmy sobie dwa *bębny z drążkami*, łączące się długą rurką T T T. Jeżeli nadamy jednemu z drążków ruch oscylacyjny, pionowy, w ten sposób np., aby drążek L pochyłał się ku dołowi w położeniu wskazanem przez linię kropkowaną, to drugi drążek spełni ruch w kierunku odwrotnym, i zajmie położenie wskazane również przez linię kropkowaną. W tych warunkach, obniżenie się drążka wyrażonem zostanie wyniesieniem się drugiego, ponieważ ciśnienie powietrza, zachodzące w jednym bębnie, musi spowodować wzdęcie w drugim.

Gdybyśmy chcieli otrzymać z obu przyrządów ruchy jednokierunkowe, potrzeba byłoby odwrócić z nich jeden, w ten sposób, aby drążek jego mieścił się poniżej tegoż przyrządu.

Oscylacje pionowe ciała. Przypuśćmy, że jeden z drążków kreśli ślady ruchu w przyrządzie kontrolującym, koniec zaś drążka drugiego opiera się o kość łonową człowieka idącego. W tym razie, wszystkie ruchy oscylacyjne pionowe kości łonowej, zostaną wypisane w przyrządzie.

Wszelako jeżeli chcemy aby drążek *śledczy* odbierał i wiernie przynosił oscylacje pionowe, spełniane przez kość łonową podczas chodu, potrzeba nam osłonić sam bęben od tych oscylacji. W tym celu urządzono manież, złożony z dwóch ramion poziomych, obracających się około jednej osi. Ramiona te mogą spełniać obroty tylko po płaszczyźnie poziomej, położonej w wysokości kości łonowej osobnika poddanego doświadczeniu. Do jednego ramienia przytwierdzonym jest *bęben z drążkiem śledczym*. Człowiek idący, odbywa w tymże czasie drogę kołową, popychając przed sobą ramię manieżu, do którego przytwierdzono przyrząd śledzący, oscylacje pionowe kości łonowej. W ten sposób otrzymano ślad przedstawiony na figurze 16 linią O P v. Widzimy, że kość łonowa wznosi się w połowie czasu, ubiegającego w ciągu spoczywania każdej stopy na punkcie podpory, a obniża się w chwili gdy ciężar ciała przechodzi z jednej stopy na drugą. Rozległość rzeczywista krzywizny tych oscylacji, wynosi według Carlet'a, prawie 14 milimetrów.

Z resztą ruch ten zmienia się odpowiednio do wielkości kroków. Powiększa się on wraz z niemi, lecz powiększenie się to, nie pochodzi ztąd, że krzywizna posiada swe maxima więcej wyniesione, lecz z tej przyczyny, że jego minima są naówczas więcej obniżone.

Można wyjaśnić w bardzo prosty sposób te zjawiska. Gdy ciało ma porzucić punkt podpory goleni, ta pozostaje w położeniu pochylem i nawet z jej skośnego położenia, wypływa mniejsza wysokość jej kończyny górnej, utrzymującej trzon ciała. Druga goleń w tejże chwili nadchodząca aby oprzeć stopę o ziemię, jest nieco zgięta—wyprostowuje się ona natychmiast i w ten sposób unosi ciało, jakie się na niej opiera. Wszelako w tym ruchu goleń opisuje łuk koła, około stopy pozostającej na podporze. Owóz w seryi położen po sobie następujących jakie zajmuje, ciało wznosi się tem więcej, im goleń je utrzymująca zbliża się więcej do linii pionowej, i znowu obniża się gdy goleń odzyskuje położenie skośne.

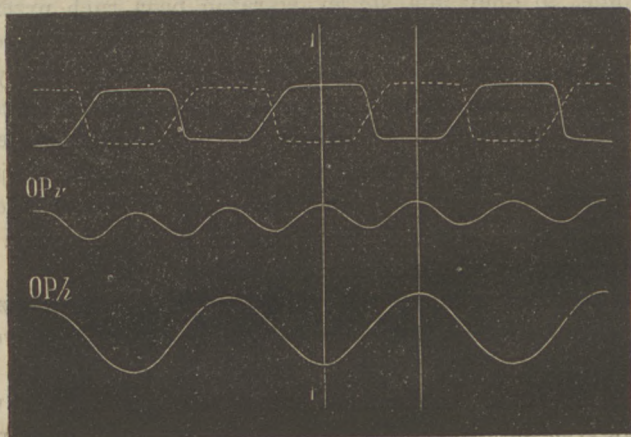


Fig. 16. Krzywizny wyższe, jedna ciągła, druga kropkowana, przedstawiają fazy spoczywania stopy na podporze i podnoszenie się stopy prawej i lewej. Przebiegając figurę z lewej ku prawej stronie, każde wygórowanie krzywizny, wskazuje początek oparcia się stopy na punkcie podpory. Część pozioma wierzchnia, odpowiada upływowi czasu, przez który stopa spoczywa na podporze i schodzi z niej przy podniesieniu się. Wreszcie część pozioma, dolna, każdej krzywizny—wskazuje, że stopa jej odpowiadająca, pozostaje w powietrzu. O P są oscylacjami kości łonowej z góry ku dołowi, to jest pionowymi. O P h są oscylacjami pobocznymi lub poziomymi. Widzimy, że dwie oscylacje w kierunku pionowym, odpowiadają jednej tylko oscylacji poziomej.

Pojąć łatwo, że rozległość ruchu w kroczeniu obniża trzon ciała, gdy goleń przyjmuje więcej skośne położenie. Wreszcie ustalenie się maxima oscylowań pionowych, wyjaśnia się tym fak-

ktem, że goleń wyprostowana pionowo tworzyć musi wysokość stałą, odpowiadającą maximum wyniesienia się ciała.

Oscylacje poziome ciała. W tymże czasie, gdy następuje ruch w kierunku pionowym, kość łonowa, będąca dla nas punktem badań przenoszenia się ciała, pochyla się naprzemian od lewej strony ku prawej i od prawej ku lewej. Dla skontrolowania tych ruchów, posługujemy się bębnum z drążkiem, ułożonym w ten sposób, że błona jego zapada i wydyma się z kolei, w skutek ruchów bocznych nadawanych drążkowi. W ciągu tego czasu drążek sprzężony kontrolujący, spełnia oscylacje po płaszczyźnie pionowej, pozwalającej jedynie kreślić je na walcu. Jeżeli wyniesienia krzywizny odpowiadają przenoszeniu się kości łonowej ku prawej stronie, to obniżania się jej, wyrażać będą ruch przenośny tejże kości od tego punktu ku stronie lewej. Doświadczenie daje krzywiznę OPh , jako ślad oscylacji poziomych. Widzimy najpierw, że te oscylacje są dwakroć mniej liczne, od zachodzących w kierunku pionowym w ten sposób, że ciało unoszonem jest ku prawej stronie w chwili maximum wyniesienia, odpowiadającego połowie czasu, przez który stopa prawa spoczywa na punkcie podpory—unoszonem zaś jest ku lewej stronie, w połowie czasu odpowiadającego stopy lewej pozostawianiu na podporze.

To oscylowanie boczne trzonu ciała, jest następstwem przechodzenia jego naprzemianległego w położenie całkiem pionowe, powyżej każdej stopy. Chcąc wytworzyć sobie pojęcie o krzywiznie rzeczywistej, zakreślanej przez kość łonową, pod wpływem obu tych kategorii oscylacji, połączonych z ruchem przenośnym naprzód postępującym, potrzeba byłoby zbudować figurę w naturze. Z pomocą drutu żelaznego, pociętego w kierunkach rozmaitych, można przedstawić dość wyraziście tę krzywiznę.

Figura 17 ma wyobrażać w perspektywie ten drut żelazny wygięty. Nie ośmielamy się jednak mieć nadziei, aby czytelnik łatwo pojął ten sposób uzmysłowienia.

W rezultacie, według formuły p. Carlet'a, krzywizna zakreślana przez kość łonową, zostaje opisana w pół cylindrze wydrążonym, od wierzchu wklęsłym, w głębi którego znajdujemy minimum na brzegach zaś tegoż kończą się linje styczne maxima.

Przenoszenie się ciała od tyłu ku przodowi. Jasną jest rzeczą że podczas chodu, ciało nie przestaje posuwać się, chociaż ruch od tyłu ku przodowi którym jest ożywione, nie zawsze jednake-

wą hyżość przedstawia. Chcąc oszacować te fazy naprzemianległe ruchu przyspieszonego i wolniejszego, potrzeba byłoby znaleźć metodę, któraby z jednej strony, wyrażała rozległość każdego ruchu w czasie chodu, z drugiej zaś strony oznaczała czas spotrzebowany na przebycie każdej z tych rozległości. Aby otrzymać obie te wskazówki, posługujemy się metodą następną. Potrzeba przedewszystkiem poznać, o jaką ilość ciało przenosi się w rozmaitych chwilach chodu. Wymiar tych rozległości otrzymuje się, wypisując krzywizny ruchu przenośnego, nie już na cylindrze obrotowym spełniającym ruch jednostajny, lecz na cylindrze nieruchomym, na którym drążki kontrolujące przesuwają się o ilość proporcjonalną do rozległości. W tym celu, umieszcza się o cylinder na tejże osi, około której obraca się manesz, w punkcie zaś stanowiącym początek jednego z dwóch jego ramion obrotowych, ustawiają się narzędzia kontrolujące. Stosunek promienia cylindra, do promienia koła przebieganego przez człowieka w czasie chodu,

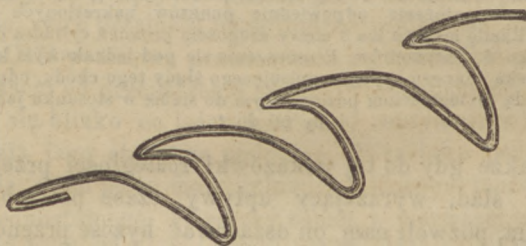


Fig. 17. Próba uzmysłowienia za pomocą pręta metalowego, powyginanego, krzywizny krętej opisywanej w ruchu przez kość łonową. Aby zrozumieć perspektywę tej figury w naturze, potrzeba przypuścić, że drut żelazny, lewą kończyną zwrócony jest do obserwatora, kończyną zaś prawą oddala się od niego. (Rozległość ruchów oscylacyjnych z powodu zbyt wielkiej rozciągłości nie daje się ściślej określić).

pozwolą oceniać z pomocą śladów, wartość rozległości przebieganych w każdej chwili. Stosunek ten wynosił 1 do 50 w naszych doświadczeniach, w ten sposób w śladzie otrzymanym, gdy między jednym a drugim punktem, znajdziemy przerwę jeden centymetr wynoszącą, odpowie ona 50 centymetrom drogi przebieżonej na ziemi przez człowieka idącego. Ta pierwsza wskazówka, miała by sama przez się dla nas tylko podrzędne znaczenie, gdyż nie daje nam nic więcej poznać, prócz wymiaru przerw, zachodzących na ziemi pomiędzy dwoma położeniami stóp. Wyciski pozosta-

wiane przez nasze kroki na gruncie miękkim, mogłyby w sposób bardzo prosty wskazać nam ten wymiar.

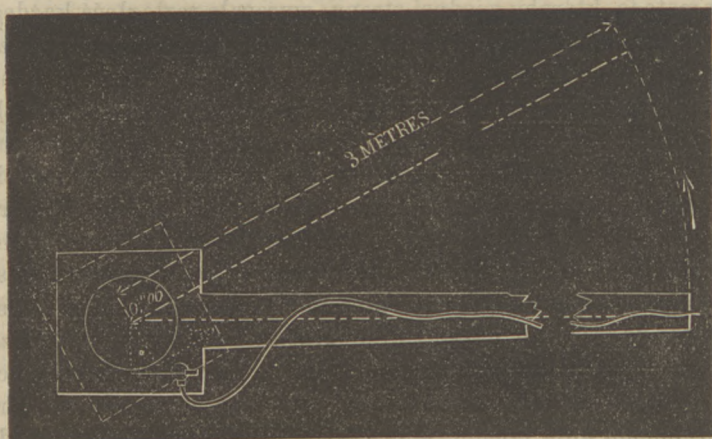


Fig. 18. Wskazująca dwa położenia po sobie następujące, ramienia maneżu i położenia odpowiednie punktów nakreślonych drążkami. Ramię maneżu ma 3 metry długości, promień cylindra długości tylko 6 centymetrów. Przenoszenie się pod jednakowym kątem, człowieka idącego i ryłka wypisującego ślady tego chodu, odpowiadać będą rozległościom pozostającym do siebie w stosunku jak liczby 50 do 1.

Jednakże gdy do tej wskazówki rozległości przebieżonych, dołączymy ślad, wyrażający upływy czasu potrzebne do ich przebieżenia, pozwoli nam on oszacować żyzość przenoszenia się ciała w każdej chwili.

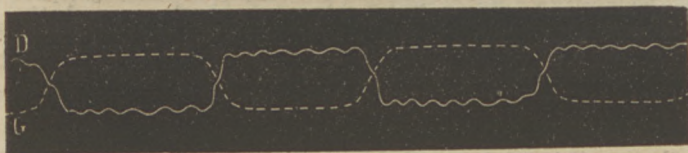


Fig. 19. D Ślad opierania i unoszenia stopy prawej, kreślony przez drążek ulegający jednocześnie 10 wibracyom w sekundzie. Widzimy, że wibracje zajmują większą długość w czasie końcowym pozostawiania stopy na podporze, wyraża to większą żyzość w przenoszeniu się ciała w tej chwili. Toż samo przyspieszenie spostrzegamy w końcu upływu czasu, przez który stopa prawa unoszoną zostaje; wyjaśnia się ono działaniem stopy lewej nogi, która w tej chwili ma porzucić swój punkt podpory.

Fig. 19 uwidocznia (linja D) ślad opierania się i unoszenia jednej nogi, tudzież wibracje dyapazonu chronograficznego jednocześnie.

nakreślane. Dla otrzymania tego śladu, potrzeba aby zbiegały się razem na jednym bębnie z drążkiem dwie rurki transmisyjne, z których jedna przesyła zmiany zachodzące w ciśnieniu, występujące w skutek funkcyi obuwia śledczego (fig. 13), druga zaś przesyła dziesięć wibracyj w sekundzie, wydawanych przez wielki dyaparon.

Fig. 20 okazuje w jaki sposób narzędzia te są ułożone.

Widzimy ztąd, że bęben ulegać będzie podwójnemu wpływowi zmian, zachodzących w ciśnieniu stopy na ziemię, tudzież w wibracjach dyapazonu, co wytwarza w śladzie jednostajnym interferencyę dwóch ruchów, dających jednocześnie określenie rozległości przebieżonej i czasu w tym przebiegu spotrzebowanego.

Dla zbadania tego śladu, rozpoznajmy najpierw krzywiznę krętą, ulegającą zarazem tak wpływowi dyapazonu, jako też obuwia śledczego prawej stopy, a w tej krzywiznie rozpatrzmy wyłącznie jej część górną, to jest odpowiadającą opieraniu się stopy o ziemię. Spostrzegamy, że w upływie czasu, przez który stopa spoczywa na podporze, rylce przebiegł na cylindrze rozległość około 2 centymetrów. Otóż ponieważ przenoszenie się rylca, jest pięćdziesiąt razy mniejszem od przenoszenia się człowieka idącego, zatem tenże posunie się blisko na jeden metr (100 centymetrów), w czasie pozostawania jego stopy na podporze. Wszelako podczas przeniesienia się o ten jeden metr człowieka idącego, tenże nie odbywa ruchu jednostajnego. W rzeczy samej, w pierwszej połowie rozległości tej drogi, dyapazon wyda około czterech wibracyj, gdy tymczasem w drugiej wytworzy zaledwie dwie i pół wibracyj. W ten sposób, stopa ciskająca ziemię z siłą wzrastającą, od początku do końca czasu, przez który pozostaje na podporze, nadaje ciału pęd, którego hyżość nie mniej jest wzrastającą.

Podczas unoszenia się stopy, linja nakreślona przez dyapazon, wskazuje też, że ciało człowieka idącego, postępuje w ruchu przyspieszonym. Pojąć to łatwo, jeżeli przypomniemy sobie, że w czasie chodu, podniesienie jednej stopy odpowiada jak najdokładniej opieraniu się drugiej. Opieranie się więc stopy lewej na ziemi, nadaje ciału człowieka idącego ruch przyspieszony, dostrzegany podczas podniesienia stopy prawej.

Metoda ta według nas, daje się zastosować we wszelkich razach, gdy potrzeba wymierzać upływy czasu, odnoszące się do rozmaitych faz ruchu.

Różnice w żywości przenoszenia się człowieka idącego, sprowadzają jednoważne następstwo. Gdy człowiek ciągnie ciężar, siła przezeń rozwijana

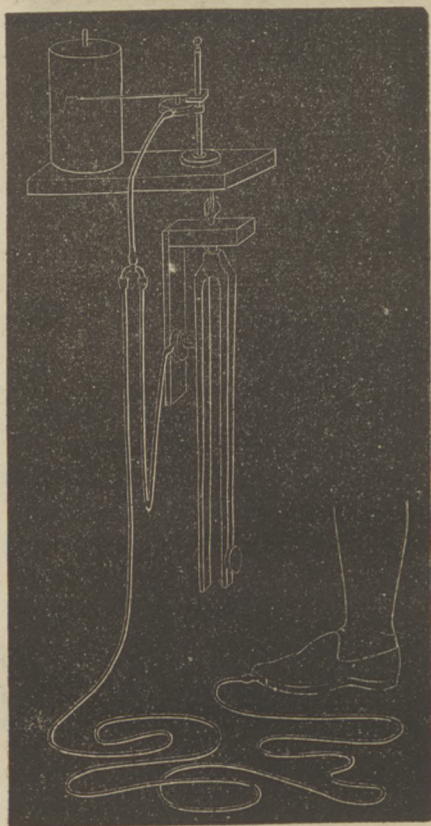


Fig. 20. Wielki dyapazon, którego wibracje w skutek ciężaru ołowianego, sprowadzone są do 10 w sekundzie, działa za pośrednictwem bębna śledczego, połączonego z jedną jego odnogą, na bęben drążkowy kontrolujący. Ten odbiera jednocześnie za pomocą rurki rozdwojonej, wpływy zachodzące tak w skutek pozostawiania na podporze stóp człowieka idącego, jako też ich unoszenia się.

nie może być niezmienną — za każdym oparciem na ziemi jednej z jego stóp, wytwarza się podwojenie energii w rozwiniętej sile pociągowej, a ponieważ to powiększenie się ilości siły, trwa przez czas bardzo krótki, w każdej więc chwili, następuje że tak powiemy, serya szarpnięć.

Owóz wiadomo, że owe szarpnięcia są wielce niekorzystnymi w prawidłowym zużytkowaniu sił mechanicznych. Wyjaśnialiśmy już wadliwości zachodzące w pracy motorów żywych, i sposób pomniejszania ich za pomocą sprężystości włókna mięśniowego.

W warunkach, w których mięsień się człowiek ciągnący ciężar, jeżeli wiąże go silny rzemień z masą ciągnąć się mającą, następują szarpnięcia, o których mówiliśmy, człowiek też idący odbiera w łopatkach uderzenia przeciwnastawne. Aby uniknąć tych wstrząśnięć przykrych, tudzież le

piej zużytkować ilość siły rozwiniętej, umieściliśmy pomiędzy wozem a rzemieniem uprzągowym, rodzaj pośrednika sprężystego, którego skutek odpowiadał naszemu oczekiwaniu.

Rozdział III.

Ruchy rozmaite człowieka.

Opis przyrządów posługujących do badań rozmaitych ruchów człowieka. Przyrząd kontrolujący przenośny.—Przyrząd śledzący reakcyj pionowych.— O chodzie.—O biegu.—Bieg cwałem.—O skoku dwiema stopami i jedną stopą.—Ilość czasu różnych ruchów.—Określenie *kroku* w jakimkolwiek ruchu.—Odtworzenie syntetyczne ruchów człowieka.

Pod nazwą ruchów, obejmujemy rozmaite rodzaje przenoszenia się postępowego zwierząt. *Chód*, o jakim mamy się rozpisywać jest jednym z ruchów człowieka, innemi są *bieg* z rozmaitą żywością, *cwał*, *skok* jedną lub obu stopami.

Chód sam w sobie uważany, zmienia się odpowiednio do natury i pochyłości gruntu — różnorodne te wpływy zajmować nas będą.

W tem nowem badaniu, niepodobna nam już używać narzędzi posługujących w poprzednich poszukiwaniach.

Ślad kołowy i poziomy, po którym poprzednio kroczył odbywający doświadczenie, winien teraz ustąpić miejsca gruntom wszelkiej natury i wszelkiego spadku. Chociaż nowe przyrządy z jakich mamy użytkować, pozostawiają odbywającemu doświadczenie więcej swobody w ruchach, to natomiast z drugiej strony są mniej uzupełnione, pod względem dostarczanych przez nie

wskazówek. Ztąd też możemy tylko od nich wymagać dwóch rodzajów wskazówek, to jest dotyczących ciśnienia stóp na ziemię, i reakcyj pionowych jakie odbiera ciało pod wpływem tych ciśnień.

Fig. 21 przedstawia człowieka w biegu, zaopatrzonego w przyrządy nowego układu.

Człowiek w biegu, którego stopy zaopatrzone są obuwie śledczem, już nam znanem, trzyma w ręku przyrząd kontrolu-



Fig. 21. Człowiek w biegu, opatrzone przyrządami kontrolującymi rozmaite ruchy.

jący przenośny—na tym kreślą się krzywizny wywoływane ciśnieniem jego nóg na ziemię.

Ponieważ cylinder tego przyrządu kontrolującego obraca się jednostajnie, krzywizny zatem będą opisywane w stosunku do czasu, nie zaś w stosunku do dróg przebieżonych, podczas każdej akcyi której odpowiadająca krzywizna nakreślona zostaje.

Aby ułatwić doświadczenie, a zarazem postawić przyrząd w możności odbywania ruchów jednostajnych, za nim tenże zaczął nie kreślić ślady na papierze, nadano mu odpowiedni układ. W tym celu końce drążków ślad kreślących, nie dotykają cylindra — aby je doprowadzić do zetknięcia się z papierem potrzeba ścinać kulę kauczukową. Gdy przestajemy cisnąć na tę kulę, końce drążków oddalają się znowu od cylindra i ślad już się nie wytwarza. W fig. 21, człowiek w biegu trzyma taką kulę w lewym ręku, naciskając ją palcem.

Wreszcie aby otrzymać ślad reakcyj pionowych, człowiek poddany doświadczeniu, utrzymuje na głowie przyrząd, którego układ przedstawia fig 22.

Jest nim *bęben drążkowy śledczy*, przytwierdzony do deszczułki, którą przylepia się woskiem w modelowaniu używanym, do głowy człowieka poddanego doświadczeniu, jak to fig. 21 uwidocz-

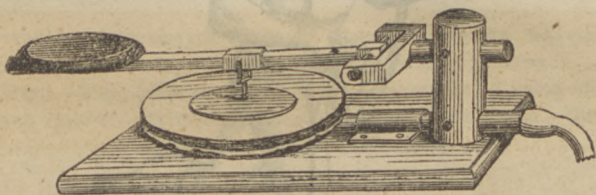


Fig. 22. Przyrząd śledczy reakcyj pionowych, podczas rozmaitych ruchów.

nia. Bęben śledczy zaopatrzony jest ciężarem, ołowianym pomieszczonym na końcu drążka bębenkowego. Ciężar ten działa siłą swej *bezwładności*. W czasie pionowego oscylowania ciała, ciężar ołowiany opiera się tym ruchom i zniewala błonę bębenkową do obniżenia się, gdy ciało unosi się — do wydęcia się zaś w chwili, gdy ciało się obniża. Z tych akcji naprzemiannych następujących po sobie, wynika dęcie przesyłające rurką drążkowi kontrolującemu krzywiznę, która wyobraża ruch oscylacji pionowej ciała. Nie będziemy tu wchodzić w szczegóły doświadczeń, które posłużyły do sprawdzenia dokładności śladów tak otrzymanych, zasadzając się one na ustopniowaniu ciężarów krążka ołowianego i na sprężystości błony bębenkowej, do chwili, w której ruchy nadawane, przyrządowi, przesyłają wierne ślady.

Nazwiemy *śladem*, każdą krzywiznę wytworzoną w skutek oparcia się stopy o ziemię, oznaczymy zaś nazwą *oscylacji* stępnej lub zstępnej, krzywiznę reakcyj pionowych jakie odbiera ciało.

I. O chodzie. Określiliśmy już cechę chodu rozpatrywanego ze stanowiska ruchu. Zasadza się on na tem, jak już powiedzieliśmy, że ciało nie porzuca nigdy ziemi, oraz na tem, że ślady bez przerwy po sobie następują, z powodu przechodzenia ciężaru ciała naprzemian z jednej stopy na drugą.

Określenie to jednak nie mogłoby być zastosowane do chodu po gruncie pochyłym, po ziemi ruchomej, lub po schodach. Zniwoleni do pobieżnego przeglądu tych ruchów odrębnych chodu, ograniczymy się tylko na podaniu śladu, odpowiadającego wstępowaniu na schody fig. 23.

Zaznaczono tu wkraczanie jednego śladu w drugi, okazujące, że każda stopa opiera się jeszcze na ziemi, gdy już druga na niej

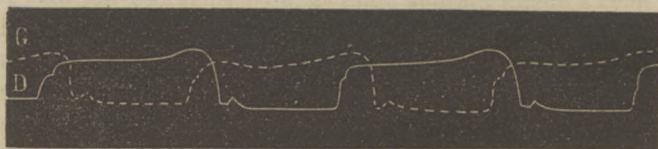


Fig. 23. Ślad chodu podczas wstępowania na schody. D ślady opierania się i umoszenia stopy prawej (linia ciągła). G, ślad stopy lewej (linia kropkowana). Widzimy że stopy opierając wkraczają się w swe ślady, tudzież że maximum ciśnienia stóp, odpowiadają końcowemu upływowi czasu, zachodzącego w ciągu pozostawiania stopy na podporze.

spoczęła, spełniając krok następny. Co więcej, dostrzeżono że właśnie w chwili podwójnego tego oparcia się stóp na ziemi, zachodzi maximum ciśnienia, wywartego przez stopę pozostającą w tyle. W rzeczy samej, w tej to chwili wytwarza się praca, polegająca na podniesieniu ciała do wysokości kroku.

Nie zaobserwowano nic podobnego przy schodzeniu ze schodów. Ślady przestają wkraczać jeden w drugi, następując po sobie prawie tak samo jak w chodzie zwykłym po płaszczyźnie.

II. O biegu. Ruch ten szybszy od chodu, równie zasadza się na spoczywaniu naprzemianglem na podporze dwóch stóp, których ślady następują po sobie w równych przerwach. Bieg przedstawia przecież tę różnicę, że w czasie jego spełniania się, ciało

porzuca na chwilę ziemię za każdym krokiem. Odpowiednio do mniej lub więcej szybkiego biegu, nadawano mu nazwy rozmaite, jako to: *kroku gimnastycznego* i *truchtu*,—te nie przedstawiają żadnej użytkowości z fizyologicznego punktu widzenia—z wyjątkiem niektórych różnic, odpowiadają w rozmaitym stopniu hyżości biegu. Aby sobie zdać sprawę z głównych cech tego ruchu, dostatecznem jest wziąć pod rozbiór fig. 24.

Opierania się stóp, przedstawiają tu większą energię niż w chodzie. W rzeczy samej, zadaniem ich nie tylko utrzymywać ciało, ale nadto popychać je z pewną hyżością w górę i naprzód.

Owóż wiadomo, że dla nadania jakiej masie ruchu wznoszącego się, nieco szybszego, potrzeba rozwinąć większą ilość siły od tej, jaka wystarcza do jej utrzymywania.

Czas przez który stopy spoczywają na podporze, jest krótszym w biegu, od upływającego przy chodzie, a krótkotrwałość ta jest proporcjonalną do energii, z jaką stopy przyniatają ziemię.

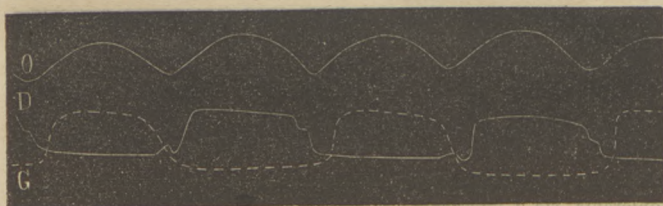


Fig. 24. Ślad biegu człowieka. D, (krzywizna złożona z linii ciągłej) przedstawia opierania się i unoszenia stopy prawej. G, (krzywizna kropkowana) wyraża akcję stopy lewej. O, reprezentuje oscylacje czyli reakcje pionowe ciała.

Dwa te elementy, siła i krótkotrwałość spoczywania stóp na podporze, wzrastają zwykle z hyżością biegu.

Odpowiednio też do wzrastającej hyżości biegu, powtarzają się częściej dotykania ziemi stopami, chociaż w pośród rozmaitych rodzajów biegu, są i takie, w których rozległość przebiegniętej drogi w danym czasie, ustosunkowaną jest raczej z wielkością kroków niż z ich liczbą.

Charakterem głównym biegu, jest jak już mówiliśmy, czas zawieszenia, w ciągu którego pomiędzy dwoma dotknięciami, ziemi stopami ciało przez chwilę pozostaje w powietrzu.

Figura 24 okazuje widocznie to zawieszenie, a mianowicie przerwami oddzielającymi krzywizny obniżające się stopy prawej

od krzywizn podwyższonych stopy lewej, i *vice versa*. Upływy tego czasu zawieszenia, zdają się ulegać nieznaczącym zmianom, wszelako jeżeli ocenimy je odnośnie do czasu, przez który wbiegu jeden krok, pozostaje w powietrzu, spostrzeżemy, że wartość stosunkowa tego zawieszenia wzrasta z szybkością biegu, gdyż jednocześnie z powiększeniem się tej hyżości, zmniejsza się czas pozostawania każdej stopy na punkcie podpory. W jaki sposób powstaje to zawieszenie ciała w powietrzu, za każdym popędem nadanym przez stopy? Na pierwszy rzut oka możnaby mniemać, że jest to skutkiem pewnego rodzaju skoku, w którym ciało, za nadanym popędem przez stopy, byłoby wyrzucane w górę tak gwałtownie, że opisywałoby w powietrzu krzywiznę, w pośrodku której dosięgałoby swego maximum odrzucania się od ziemi. Nie zachodzi przecież nic podobnego. Aby się o tem upewnić, użyjemy przyrządu kontrolującego reakcye, czyli pionowe oscylacje ciała.

W figurze 24 widzimy, (linja górna O) ślad oscylacji biegu. Owóż ślad ten wskazuje nam, że ciało spełnia każde z tych pionowych wyniesień, *podczas opierania się na punktach podpory*, w ten sposób, że zaczyna podwyższać się w chwili uderzenia stopy o ziemię i dosięga swego maximum wyniesienia, w połowie czasu przez który stopa pozostaje na podporze—że wreszcie ciało obniża się dochodząc do minimum, w chwili gdy stopa ma unieść się, w chwili poprzedzającej czas, w którym druga stopa ma spocząć na ziemi.

Stosunek ten oscylacji pionowych, odnoszących się do opierania się stóp, okazuje jasno, że *czas zawieszenia* zachodzi nie w skutek wyrzucania w powietrze ciała opuszczającego ziemię, lecz z tej przyczyny, że *nogi usuwały się od ziemi*, zginając się w tejże chwili, gdy ciało dosięgło maximum swego wyniesienia.

Spotkamy się jeszcze z temi zjawiskami, mówiąc o ruchach konia, zwanych z tego względu *ruchami niedotykającemi ziemi*, w których zachodzi podobne zawieszenie ciała.

Wpływ rozmaitych pochyłości gruntu, oddziaływa w biegu prawie w tenże sam sposób jak w chodzie, z tą tylko różnicą, że w biegu skutki jego zwykle wyraziściej uwidocznione zostają.

III O cwale. W ruchach wyżej opisanych, ruch członków bywa naprzemian porządkowym, w ten sposób, że następujące po sobie uderzenia stóp zachodzą w równych przerwach. Są to ruchy normalne w przenoszeniu się człowieka—jednakże może on naśla-

dować do pewnego stopnia, ruchem stóp tę miarowość peryodycznie nieregularną, jaką wytwarza koń w galopie. Dzieci w igraszkach swych naśladować często ten rodzaj ruchu przenośnego, *bawiąc się w konika*. Biegają naówcześnie w podskokach, wysuwając zawsze jedną nogę naprzód, jak to czyni koń galopujący. Ten ruch sztuczny, zajmującym jest z tego tylko względu, że posłuży nam do zrozumienia mechanizmu galopu czworonogów.

Kontrolując zarazem ślady i reakcje spostrzegamy, (fig. 25), że stopa pozostająca w tyle, pierwsza dotyka ziemi — że wywiera ona ciśnienie energiczne i przedłużające się, w końcu którego z kolei stopa wysunięta naprzód, dotyka ziemi w krótszym jednak czasie — poczem następuje zawieszenie ciała w powietrzu, przez czas dość długi. W ten sposób zachodzi chwila, w której obie stopy pozostają w powietrzu. W tym ruchu, reakcje odtwarzają w pewnej mierze cechy opierania się stóp — w rzeczy samej, następuje reakcja długa (linia O) w której rozpoznajemy interferen-

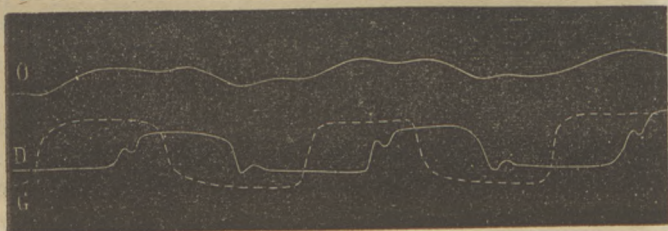


Fig. 25- Człowiek pędzący cwałem z prawej nogi. Ślady i reakcje. Uwidocznionem jest wkraczanie jednego śladu w drugi, następnie zawieszenie się ciała w powietrzu. Krzywizna O odpowiadająca reakcyom wskazuje skutek dwóch popędów po sobie następujących, nadawanych ciału przez stopy.

cyę] dwóch oscylacji pionowych, z tych druga zaczyna się przejawiać pierwszej, nim pierwsza się ukończyła. Reakcja ta daje dostrzedz spadek krzywizny, której minimum odpowiada chwili, gdy obie stopy pozostają w powietrzu.

IV. *O skoku*. Choć *skok* nie przedstawia rodzaju ruchu, któryby w przenoszeniu się człowieka, utrzymywał posuwanie się jego ciała, poświęćmy mu jednak kilka słów dla uzupełnienia serii ruchów, jakie człowiek może spełniać.

Dwie stopy zbliżone ku sobie, mogą odbywać skoki i popychać w ten sposób ciało naprzód, naśladować rodzaj ruchu przeno-

śnego właściwy niektórym ptakom, lub niektórym czworonogom jak np. kangurom.

Przyrząd przeznaczony do notowania pionowych oscylacji ciała, pomieszczony na głowie osobnika poddanego doświadczeniu, kreśli jednocześnie trzy ślady—to jest opierania się obu stóp, i reakcje, co nam uwidoczni figura 26.

Widzimy tu nadto, że maxima krzywizny reakcyj (linja R) zbiegają się z punktami podporowemi. W ten sposób, w skutek ich współenergii obie nogi uniosą ciało i pozwolą mu spaść następnie w chwili, w której zginając się sposobią się do nowej akcji.

Skok jedną stopą daje nam ślad, (fig. 27) składający się z oparcia się i uniesienia jednej stopy. Wyniesienia ciała zbiegają się razem ze śladami. Wreszcie gdy skok zaczyna słabnąć, upływ zwłaszcza czasu, przez który stopa opiera się, zostaje przedłużonym—czas zaś pozostawania ciała w zawieszeniu, prawie się nie

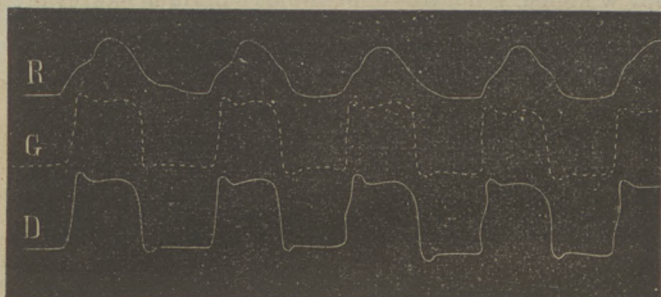


Fig. 26. Skok oboma razem stopami D i G. Linja R krzywizna reakcyj, wskazuje że maximum wyniesienia ciała odpowiada położeniu czasu, przez który stopy spoczywają na ziemi.

zmienia. U niektórych gatunków zwierzęcych, skoki po sobie następujące tworzą rodzaj właściwego im ruchu przenośnego. Zajmującym dla nas przedmiotem będzie śledzenie z pomocą metody graficznej, rozmaitych ruchów tych zwierząt.

Ilość czasu rytmu rozmaitych ruchów.

Z pośród cech rozmaitych ruchów, rytm opierania się stóp najczęściej jest uderzającym. Uderzenia stopami o ziemię, dają słyszeć odgłosy, których porządek następstwa dla wprawnego ucha jest dostatecznym do rozpoznania ruchów, rodzących się za ich wpływem. Ztąd też postaramy się odpowiednio do tego porządku następstwa, rozklasyfikować rozmaite ruchy.

Dla przedstawienia sobie każdego z tych rytmów, odwołamy się do iloczasu nut w muzyce, zmieniając go w ten sposób, aby dawał zarazem trwanie każdego oparcia się stóp o ziemię, i oznaczał stopę temu oparciu się odpowiadającą, wreszcie wskazywał czas przez który ciało pozostaje w zawieszeniu.

Ten iloczas rytmów pozyskuje się w sposób bardzo prosty, odpowiednio do śladów, wydawanych przez przyrząd. Weźmy krzywiznę odpowiadającą *biegowi* człowieka (fig. 28),

Poniżej tej figury nakreślmy dwie linje poziome 1 i 2 — będą to linijki nutowe, na których wypisze się ta muzyka tak prosta, z dwóch tylko nut złożona, nut zwanych *stopą prawą* i *stopą lewą*. Od punktu, w którym zaczyna podwyższać się krzywizna śladu stopy prawej, poprowadźmy do linijki nutowej prostopadłą a. Linja ta, oznaczy początek oparcia się stopy prawej, prostopadłą zaś b, wyprowadzona z końca krzywizny, wskaże oparcie się tej stopy w końcu. Pomiedzy temi dwoma punktami nakreślmy linję



Fig. 27. D. Sery skoków stopą prawą. Czas przez który stopa pozostaje w zawieszeniu niezmienia się, nawet wtedy gdy zmienia się upływ czasu przez który stopa pozostaje na podporze.

białą grubo odznaczoną — długość jej wyrażać będzie czas, przez który stopa prawa pozostaje na punkcie podpory.

Nakreślenie podobne na linii oznaczonej Nr. 1, da nam iloczas opierania się stopy lewej. Iloczasy stopy lewej pokratkowano, aby uniknąć zawikłania.

Wreszcie pomiędzy punktami oparcia się obu stóp mieści się *pauza*, to jest wyrażenie tej chwili biegu, w której ciało pozostaje zawieszonem nad ziemią.

Wypisując w ten sposób rytmy wszystkich ruchów człowieka, można otrzymać tablicę synoptyczną, ułatwiającą wielce porównywanie tych rytmów rozmaitych.

Figura 28 przedstawia *iloczas synoptyczny* czterech ruchów rytmicznych, regularnych obu stópna przemian je spełniających.

Linja 1, reprezentuje *iloczas rytmu kroku*. Układ figury opartym jest na następnej zasadzie. Opierania się stopy prawej oznaczono sztrychem białym, grubym, tworzącym rodzaj prostokąta, którego długość odpowiada upływowi czasu, przez który opiera się ta stopa. Do oznaczenia stopy lewej, służy prostokąt szary, pokratkowany kreskami skośnymi.

Te prostokąty białe i szare, naprzemian po sobie następujące, wyrażają, że w kroczeniu oparcie się jednej stopy spełnionem zostaje po dopełnionem oparciu się drugiej stopy, tudzież, że pomiędzy nimi nie zachodziła nigdy żadna przerwa.

Linja 2, jest iloczasem odpowiadającym *wstępowaniu na schody*. Spostrzegamy tu zgodnie z tem co przedstawiliśmy wyżej, (fig. 23), że ślady wkraczają jeden w drugi, a tem samem, że ciało przez pewną chwilę spoczywa na ziemi, jednocześnie obu stopami.

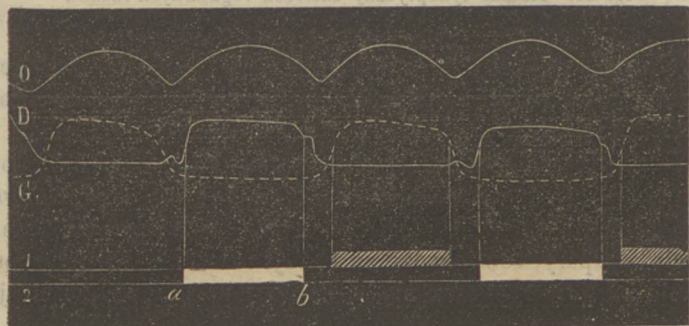


Fig. 28. Iloczas śladu biegu człowieka.

Linja 3, odpowiada *rytmowi biegu*. Po dotknięciu ziemi stopą prawą zachodzącą, w czasie krótszym od tego jaki upływa spełniając krok zwykły, dostrzegamy przerwę, odpowiadającą zawieszeniu ciała, następnie krótkie uderzenie o ziemię stopy lewej, po którym następuje nowe zawieszenie ciała i t. d.

Linja 4, odpowiada *biegowi szybszemu*; dostrzegamy w niej mniejszy upływ czasu, przez który stopa pozostaje na punkcie podpory, a natomiast większy upływ czasu w zawieszeniu ciała i szybsze następstwo ruchów.

Fig. 30 jest iloczasem *biegu dzieci w cwał*, w którym obie stopy nie spełniają jednocześnie jednakowego ruchu.

W tej figurze linja 1, reprezentuje *cwał z lewej nogi*, to jest, że lewa stopa wysuwana jest zawsze naprzód. Widzimy tu, że stopa prawa pierwsza opiera się na ziemi—że stopa lewa opuszcza się następnie i dotykając ziemi pozostaje na niej w krótszym upływie czasu, że potem ciało zawieszonem zostaje w powietrzu, a następnie stopa prawa znowu opuszcza się pierwsza, tak dalej.

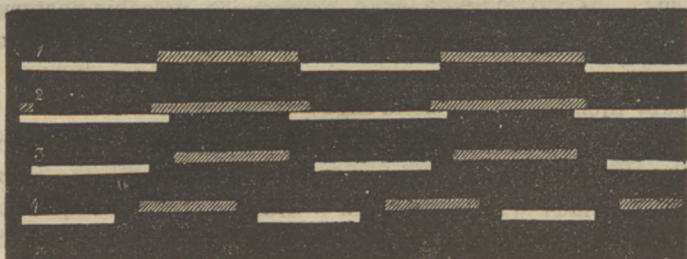


Fig. 29. Iloczas synoptyczny czterech regularnych ruchów człowieka.

Czas oparcia się jednoczesnego o ziemię obu stóp, wymierza się rozległością przestrzeni prostokąta szarego, zachodzącego na prostokąt biały.

Linja 2 jest iloczasem *cwału z prawej nogi* — innemi słowy wyraża ruch, w którym stopa prawa wysuwana zostaje zawsze naprzód i dopiero po dotknięciu lewą stopą ziemi, znajduje się na punkcie podpory, co zachodzi za każdym ruchem. W ten sposób w cwałcie ciało to zawiesza się w powieszku, to spoczywa na jednej stopie, to na obu stopach.

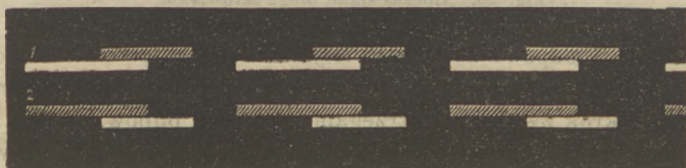


Fig. 30. Iloczas cwału. 1. cwał z lewej nogi. 2. cwał z prawej nogi.

Wreszcie iloczasy przedstawione na fig. 31, stanowią seryę skoków spełnianych obu stopami, (linje górne) tudzież seryę skoków dokonywanych na jednej tylko stopie prawej, (linje dolne).

Ten rodzaj uzmysłownienia ruchów, jest nie tyle dokładny jak krzywizny poprzednio przedstawione, gdyż nie wskazuje faz

zmian w energii, z jaką stopa naciska ziemię. Natomiast jest daleko jaśniejszym, pozwala niezaprzeczenie lepiej od poprzedniego porównywać z sobą dwa ruchy.

Zobaczmy później mówiąc o przenoszeniu się czworonogów, że zawikłane ich ruchy, zniewalają nas koniecznie użyć tego tak prostego iloczasu rytmu poruszeń.

Oznaczenie kroku w jakimkolwiek ruchu. Przyjmujemy zwykle, że *krok* składa się z seryi ruchów, zachodzących między stąpieniem jednej nogi i drugiej — czy to uważać będziemy za początek kroku chwilę, w której stopy dotykają ziemi — czy też wybieremy chwilę, w której stopy od niej się odrywają. Podobnież wymierzając krokami długość gruntu, oznaczamy pospolicie krok długością zawartą między śladami stopy prawej i stopy lewej.

Zniewoleni jesteśmy porzucić ten zwyczaj. Jakkolwiek zał nam wprowadzać nowe pojęcia w podobnym przedmiocie, początywać przecież będziemy za krok klasyczny *półkrok* — co do kroku

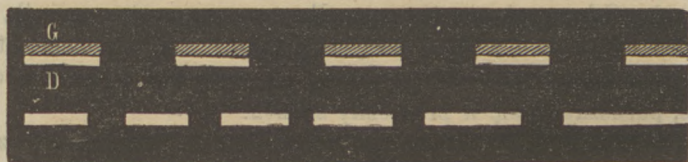


Fig. 31. (Linia górna). Iloczas seryi skoków spełnianych obu stopami. (Linia dolna), iloczas skoków spełnianych stopą prawą. Zaznaczono niezmiennosc w upływie czasu, przez który ciało w zawieszeniu pozostaje, pomimo zachodzącej zmienności w czasie spoczywania stopy na punkcie podpory.

ten nam określać będzie: *seryę ruchów spełniających się pomiędzy dwoma podobnemi położeniami jednej stopy*, pomiędzy np. dwoma następującymi po sobie stąpieniami stopy prawej, lub pomiędzy dwoma następującymi po sobie podniesieniami stopy lewej i t. d.

Podobnież rozległością jednego kroku na gruncie, będzie dla nas odległość, rozdzielająca dwa punkty naprzeciwległe obu śladów po sobie następujących, jednej i tejże samej stopy.

W ten sposób jak się zdaje, liczą kroki w Meksyku. Wreszcie ten rodzaj obliczania, strzeże jedynie od błędów, jakie łatwo możemy popełnić w pośród tyle zawikłanych ruchów chodu czworonogów.

Odtworzenie syntetyczne ruchów człowieka.

Gdy analiza jakiego zjawiska ukończoną zostaje i sądzimy, że poznaliśmy wszystkie jego szczegóły, w syntezie naówczas poszukujemy dowodów ze strony odwrotnej. Metoda taka stała się już wielką pomocnicą w sprawdzaniu naszych teoryj, dotyczących niektórych akcyj fizyologicznych, odnoszących się np. do krążenia krwi. Za pośrednictwem to odtwarzania w warunkach sztucznych ruchów i bicia serca, pulsacyj tętnicowych i t. p., okazaliśmy niegdyś ścisłość naszych teoryj, odnoszących się do natury tych zjawisk. Taż sama metoda, posłuży nam wkrótce do sprawdzenia naszych teoryj, w przedmiocie lotu owada i ptaka. Obecnie chcemy odpowiednio do danych dostarczonych przez analizę, odtworzyć chód i inne ruchy człowieka.

Każdemu znanem jest dowcipne narzędzie optyczne, pomysłu p. Plateau, który mu nadał nazwę *Fenakistiskopu*. Narzędzie to zwane również *Zootropem*, przedstawia oku seryę obrazów osób lub zwierząt, z kolei po sobie następujących w najrozmaitszych postawach. Gdy postawy te uporządkowane są w ten sposób, że przedstawiają oku z kolei wszystkie fazy ruchu, złudzenie staje się najzupełniejszem—zdaje się nam, jakgdybyśmy widzieli osoby żywe, poruszające się w przeróżny sposób.

Narzędzie to zbudowane głównie dla zabawki dzieci, przedstawia pospolicie tylko postacie śmieszne lub fantastyczne, ożywione dziwaczniemi ruchami. Zdaje się nam jednak, że umieszczając w przyrządzie figury zbudowane starannie, przedstawiające wiernie postawy, ciała stopniowo po sobie następujące, w czasie chodu, biegu i t. p., możnaby odtworzyć postacie tych rozmaitych ruchów człowieka.

P. Carlet, którego godne uwagi badania dotyczące chodu przytaczaliśmy i p. Maciej Duval, profesor anatomii w szkole sztuk pięknych, urzeczywistnili ten pomysł, i po kilku próbach otrzymali przedziwne wypadki.

P. Duval pracuje obecnie nad wydoskonaleniem swego obrazu, którzy przedstawia oku szesnaście układów ciała po sobie następujących, za każdym krokiem w rozmaitych ruchach człowieka.

Każda figura narysowaną jest przedziwnie, według wzorów, otrzymanych z pomocą metody graficznej. Ożywione odpowiednią szybkością ruchu obrotowego, narzędzie to upodobnia z przedziwną dokładnością rozmaite ruchy chodu lub biegu.

Najważniejszy przecież przymiot tego narzędzia, stanowi to, że przy nadaniu mu powolnego obrotu, otrzymujemy w wysokim stopniu upowolnienie ruchów przez nie przedstawianych, w ten sposób, że oko z jak największą łatwością objąć może te akce, których następstwo nie daje się uchwycić obserwując chód zwykły.

VI. ROZDZIAŁ IV.

Kwestya ruchów konia wywołuje wiele pytań i wiele spo-
rów, nie rozstrzygniętych dotychczas, nie wolno ze stanowiska mechaniki zwie-
rzęcej. Dla wielu specyjalistów przedmiot był wczymś niepospo-
lite, wszelako nadawanie jego znaczenia - wiodło do nieśko-
nych umiarkowań. Ten kto by miał samemu pisać dzieło o ro-
dach koni, musiałby rozstrząsać rozmaite poglądy rozwinę-
te przez bardzo wielu pisarzy. Przeglądając dzieła, w których roz-
mawiano tylko o piękności w obserwowaniu i tyle ścisłości w rozmowa-
niu, dawało się poznać, że większość autorów nie uważa-
ła się w określaniu ruchów. Nie słony podobnych obserwa-
torów, tak niepodobnaż można tylko wyłomaczyć sobie nieko-
stateczność środków, którym rozstrząsać należy te zło-
ne i sztywne ruchy konia. Trudność wyrażenia mów tymów i
użytych czasów, w ciągu których zachodzą te rozmaite ruchy.

Rozdział IV.

Ruch przeniósny czworonogów, badany na podstawie spostrzeżeń poczynionych nad koniem.

W analizie ruchów konia zmysły nie wystarczają. — Porównanie Duges'a. — Rytmy ruchów badane za pomocą ucha. — Niedostateczność języka w wyrażeniu tych rytmów. — Iloczas muzyczny. — Iloczas *klusy*, *stępa*, *truchtu*. — Tablica synoptyczna ruchów iloczasowanych, ułożona odpowiednio do określenia każdego z nich przez autorów. — Przyrządy służące do oznaczania metodą [graficzną] rytmów rozmaitych ruchów i reakcyj im towarzyszących.

Kwestya ruchów konia wywołała wiele prac i wiele sporów, nie rozpatrujących jej wcale ze stanowiska mechaniki zwierzęcej. Dla wielu specjalistów przedmiot był ważnym niepospolicie, wszelako nadzwyczajna jego złożoność, wiodła do nieskończonych sprzeczek. Ten ktoby dziś zamierzał pisać dzieło o ruchach konia, musiałby roztrząsnąć rozmaite poglądy rozwijane przez bardzo wielu pisarzy. Przeglądając dzieła, w których rozrzucono tyle bystrości w obserwacyi i tyle ścisłości w rozumowaniu, dziwić się potrzeba, że większa część autorów nie zawsze zgadza się w określaniu ruchów. Ze strony podobnych obserwatorów, taką niezgodność można tylko wytłómaczyć sobie niedostatecznością środków, któremi rozporządzano śledząc tyle złożone i szybkie ruchy konia. Trudność wyrażenia mową rytmów i wpływów czasu, w ciągu których zachodzą te rozmaite ruchy,

przyczynia się jeszcze bardziej do powikłania. Gdy koń w biegu przechodzi z jednego ruchu w drugi, gdy porusza członkami z hyżością doprowadzającą do zawrotu głowy, spełniając rytmy najrozmaitsze, czyż można ocenić i wiernie skreślić wszystkie te akoye? Podobną trudność znaleźlibyśmy, chcąc opisać ruchy palców fortepianisty, przebiegających po klawiaturze.

Wszelako w pośród tych powikłań, sama obserwacja może wprowadzić niejaki podział upraszczający badanie. I tak pewne ruchy przesyłają uszom rytm, w którym tętna następują po sobie w przerwach regularnych, inne zaś, jakoto rozmaite rodzaje galopu, przesyłają rytm nieregularny, powracający peryodycznie. Ostatnie te ruchy są dla analizy najtrudniejsze. Jeżeli jednak obserwujemy *step*, *klus* lub *trucht* konia, zwracając głównie uwagę na same tylko członki przednie lub tylne, dostrzegamy że rytm, w którym stopa prawa i lewa opiera się i unosi, podobnym jest całkiem do rytmu stóp człowieka idącego lub biegnącego z większą lub mniejszą hyżością—uderzanie stóp o ziemię następuje naprzemian z przedziwną regularnością, jeżeli koń nie kuleje na jedną z nóg poddanych obserwacyi.

Porównajmy następnie ruchy dwóch członków, przedniego i tylnego od jednej strony, spostrzeżemy wówczas, że obie nogi, na przykład od strony prawej, spełniają jednakową liczbę kroków, oraz, że gdy z nich jedna uderza ziemię w krótszym lub dłuższym odstępie czasu od drugiej, to odstęp ten utrzymuje się tak długo, dopóki trwa ruch tego rodzaju.

Dodać winniśmy, że długość kroków członka przedniego i tylnego jest jednakową, o czem mogą nas upewnić oczy, gdyż obie stopy pozostawiają zawsze na ziemi ślady, w równej od siebie odległości będące. Pospolicie stopa tylna pokrywa ślad pozostawiany przez stopę przednią jej odpowiadającą—jeżeli ślady nie osłaniają się, to utrzymują zawsze pomiędzy sobą odstępy równo odległe. W ten sposób kroki członków przednich i tylnych, przedstawiają jednakową liczbę i jednakową długość. Fakty te znane już były dawnym obserwatorom.

Dugès porównywał krocącego czworonoga do dwóch ludzi ustawionych jeden za drugim i postępujących w ten sposób, że idący z tyłu wstępował w ślady swego poprzednika. Odpowiednio do tego, jak dwaj ci ludzie stawiając jednakową liczbę kroków, spełniają nogami ruchy jednocześnie lub niejednocześnie,

tudzież do tego, jak postępujący na przodzie wykonywa ruchy wcześniej lub później od idącego za nim towarzysza, wytwarzają się będą wszelkie rytmy cechujące rozmaite ruchy konia.

Każdy mógł widzieć w cyrkach lub na maskaradach podobizny zwierząt, wytwarzane przez dwóch ludzi, osłoniętych skórą zwierzęcą, których nogi reprezentują członki czworonogów; śmieszne to naśladownictwo nabiera uderzającego prawdopodobieństwa, gdy poruszenia ludzi są o tyle zgodne, że odtwarzają rytm ruchów prawdziwego czworonoga. W badaniu śladów otrzymywanych metodą graficzną, zastosowaną do odtwarzania ruchów konia, moglibyśmy odnieść się do teorii Dugésa. Znaleźlibyśmy naówczas dwakroć powtarzające się krzywizny, jakimi cechuje się ruch przenośny człowieka. Zobaczymy później, że całą różnicą zachodzącą pomiędzy temi ruchami, stanowi sposób, w jaki uderza tylna noga konia, odnośnie do uderzeń przedniej nogi od tejże samej strony. Wszelako to oznaczenie porządku następujących po sobie uderzeń stóp, przedstawia niemałe trudności, nawet dla najbieglejszych obserwatorów. Z tego też względu usiłowano wydoskonalic środki obserwacyi, i zaradzic ubóstwu języka w wyrażaniu zjawisk dostrzeganych. I tak oddawna zamiast badać okiem rytm uderzeń, studyowano dźwięki przez nie wydawane. W rzeczy samej ucho lepiej od oka, odróżnia stosunki zachodzące w następstwie uderzeń, czyli rytmy. Aby poznać porządek w jakim każdy członek uderza o ziemię, niektórzy obserwatorowie przytwierdzali do nóg konia dzwonki, wydające rozmaite dźwięki łatwe do odróżnienia.

Najlepiej znanym punktem w ruchu przenośnym konia, jest oznaczenie przestrzeni, jaką tenże przebiega na gruncie, za każdym krokiem w rozmaitych ruchach. Oznaczano bezpośrednio tę przestrzeń odległością od siebie śladów wyciskanych stopami na ziemi. Dla łatwiejszego odróżnienia rozmaitych śladów, każdą nogę konia podkuwano w sposób odmienny. Wreszcie poszukiwano stosunku zachodzącego między wzrostem zwierzęcia, a przedłużaniem się jego nóg w rozmaitych ruchach.

W rezultacie ci wszyscy, którzy usiłowali otrzymać pewien postęp w tych zajmujących badaniach, używali ścisłych środków w obserwacyi.

Z drugiej znów strony, sposób wyrażenia zjawisk dostrzeganych, wielce zajmował rozmaitych pisarzy. Wszyscy z nich pra-

wie z wielką korzyścią używali figur. Wszelako niewiele znajdujemy zgodności w sposobie przedstawienia następujących po sobie akcyj, ruch charakteryzujących. Najwięcej udoskonalonym z tych sposobów uzmysławiania ruchu, jest dotąd jeszcze tenże sam, jakiego używali w ostatnim wieku Vincent i Goiffon¹⁾. Jest to rodzaj nuty muzycznej, złożonej z czterech linijek, służących do zaznaczenia chwili każdego uderzenia czterech stóp, i upływu czasu, przez który one po uderzeniu pozostają na podporze. Ilo-
 czas ten w pewnej mierze, podobnym jest do używanego przez nas w przedstawianiu rozmaitych rytmów przenoszenia się człowieka—
 posłuży on nam wkrótce do uzmysławienia rozmaitych ruchów konia. Nie należy jednak zapominać, że metoda Vincent'a i Goiffona, wyrażała tylko następstwo ruchów dostrzeganych okiem, lub chwytanym uchem, oraz że pozwalała na taką tylko dokładność, jaką zdołał osiągnąć obserwator. Zadaniem naszych przyrządów kontrolujących rozwiązać podwójne zagadnienie, zanalizować wier-
 nie akcje, któreby przez nasze zmysły nie mogły być dokładnie rozpoznane, tudzież wyrazić jasno wypadek tej analizy.

Przed opisaniem naszych doświadczeń, oraz zrozumienia ich użyteczności, postaramy się przedstawić treściwie stan obecny nauki, i okazać, jaka niezgodność w niektórych punktach panuje między pisarzami. Ponieważ określenia klasyczne nie zawsze są łatwe do pojęcia, dołączamy do nich iloczas każdego ruchu, spodziewając się, że ten sposób uzmysławienia, uczyni je zrozumialszemi, a przedewszystkiem łatwiejszemi w porównywaniu z sobą.

Iloczas rozmaitych ruchów konia. Zwróćmy się do porównania Dugèsa i wyobraźmy sobie konia, jakby złożonego z dwóch istot dwunożnych, idących jedna za drugą. Chodzi tu o oznaczenie sposobu, w jaki po sobie następują opierania się i unoszenia stóp, obu z tych dwunożów za każdym ruchem.

O ktusie. Wybierzmy najprostszy przykład, ten mianowicie, w którym dwóch ludzi idących krokiem wolnym, spełniają oba jednocześnie też same ruchy. Jeżeli przedstawiamy za pomocą iloczasu niżej użytego, ruchy dwóch tych ludzi, mieszcząc u

¹⁾ Memoire artificielle des principes relatifs à la fidelle représentation des animaux, tant en peinture qu'en sculpture. Alfort 1769 r.

góry iloczas należący do człowieka postępującego na przodzie, a u dołu iloczas człowieka z tyłu idącego, otrzymamy figurę następną:

Uderzenia stopy prawej i lewej zachodzące jednocześnie, tak u człowieka posuwającego się na przodzie, jakoteż u postępującego za nim, muszą tem samem być wyrażone przez znaki podobne sobie i jak najdokładniej nad sobą położone. Owóż z pośród ruchów konia, kłus właśnie odpowiada tej zgodności w ruchach przedniej i tylnej części ciała. Figura 32 wyraża iloczas kłusu konia — linia górna reprezentuje ruchy przedniej części, dolna zaś ruchy części tylnej.

Określenie klasyczne mówi w ten sposób: „kłus jest ruchem cechującym się działaniem naprzemianległym, jemu wyłącznie właściwym, dwóch nóg od jednej strony.” Pod tym względem panuje najzupełniejsza zgoda między rozmaitemi pisarzami. Dodajmy, że w kłusie, ucho słyszy tylko *dwa tętna* za każdym kro-



Fig. 32. Iloczas kłusu konia.

kiem—oba członki z jednej strony położone uderzają ziemię w jednej chwili. (W iloczasiu oba te tętna oznaczone są liniami prostopadłymi, łączącymi dwa uderzenia stóp sobie współczesne).

W kłusie opieranie się ciała nazywa się *bocznem*, z powodu że zawsze członki z jednej strony położone, dotykają ziemi jednocześnie.

O stępie. Według określenia większej części pisarzy, „ruch zwany *stępiem*, złożonym bywa z następstwa w równych przerwach czasu, czterech tętn stóp, uderzających ziemię w następującym porządku, jeżeli nogę przednią prawą uważać będziemy za działającą pierwszej od trzech innych: *stopa przednia prawa, tylna lewa, przednia lewa*, i wreszcie *tylna prawa*.”

Aby wyrazić to następstwo ruchów obu dwunogów, dostatecznem jest zmienić układ położonych nad sobą znaków tylnych, ustosunkowanych ze znakami przednimi; otrzymamy wówczas rytm wskazany przez pisarzy, zsuwając ku lewej stronie seryę

znaków stóp tylnych. W skutek czego otrzymamy figurę niżej zamieszczoną:

Widzimy tu zatem, że w stosunku do klusa, stęp zależy na uwczesnionym ruchu członków tylnych, których tętna wyprzedzają tętna członków przednich im odpowiadających, o połowę upływu czasu przez który stopa pozostaje opartą.

Iloczasy odczytują się od ręki lewej ku prawej, jak pismo zwykle — jasną jest rzeczą, że każdy znak wysunięty więcej, ku lewej stronie od drugiego, wyprzedza go w porządku następstwa. I tak w figurze 33 tętna stopy tylnej prawej, wyprzedzają tętna przedniej prawej. Wszelako ponieważ niewiele jest znaczącem, w seryi akcyj po sobie następujących w stępie, wybranie za punkt wyjścia jednej lub drugiej chwili, poczytywać zawsze będziemy za pierwsze, tętna stopy przedniej



Fig. 33. Iloczas stępu konia.

prawej. Odczytywać też będziemy iloczas mówiąc: Tętno stopy przedniej prawej (pierwsze tempo seryi) zachodzi w połowie czasu, przez który stopa tylna prawa pozostaje opartą. Ucho słyszy cztery tętna rozdzielone regularnemi przerwami czasu, (każde z nich wskazanem jest w iloczasiu linią prostopadłą).

Wreszcie w upływie czasu, w ciągu którego zachodzi stąpienie, ciało opiera się *dwakroć bocznie* (na nodze przedniej i tylnej od jednej strony) i *dwakroć w przekątni* (dwie nogi konia wzięte w przekątni, na krzyż). Łatwo jest o tem przekonać się, rozpa trzymawszy się w figurze 33, na której po pierwszym tętnie, ciało spoczywa na dwóch stopach prawych (noga z jednej strony przednia i tylna L) — po drugim tętnie ciało spoczywa na stopie przedniej prawej i na tylnej lewej (obie te nogi są względem siebie w przekątni D.) etc. Wszelako iloczas ten, wyraża tylko teorię stępu najwięcej rozpowszechnioną. Jednostajność w przerwach czasu zachodzących między dwoma tętnami, nie przez wszystkich pisarzy jest przyjmowaną.

Zobaczymy później opisując doświadczenia, że w rzeczy samej stęp może przedstawiać rytmy rozmaite.

O *truchcie*. Podczas truchtu otrzymuje się przez uwczesnienie jeszcze wyrazistsze ruchu członków tylnych, z których każdy opierać się będzie w całkowitym upływie czasu na podporze, i zacznie się unosić w chwili, w której członek przedni od tejże samej strony spełni swe tétno.

Figura 34 wyraża naprzemianległe niezależne ruchy dwóch dwunogów.

Pisarze zgadzają się też w tym punkcie, że w truchcie, członki działające razem, jednoczą się w pary przekątniowe.

Ucho słyszy tylko *dwa tétna* jak w klusie, z tą jednak różnicą, że zawsze stopa prawa ze stopą lewą, nie zaś dwie stopy od jednej strony, wydają każde tétnienie.

Iloczas okazuje również, że opieranie się ciała zachodzi zawsze w przekątni. Nie wyraża zaś tego, że pomiędzy dwoma punktami podpory po sobie następującymi, ciało zwierzęcia przez



Fig. 34. Iloczas truchtu konia.

chwilę w powietrzu pozostaje zawieszonem. Zawieszenie to pochodzi ztąd, że trucht nie jest ruchem *chodu*, lecz ruchem *biegu*, a tem samem, że do wiernego jego uzmysłowania, potrzebaby zjednoczyć z sobą dwa iloczasy biegu, podobne temu jaki przedstawia figura 28. Pominęliśmy umyślnie czas zawieszenia w iloczasy niżej zamieszczonym, mógłby bowiem tylko powikłać przedstawienie tak trudnego przedmiotu. Zresztą zawieszenie to nie zawsze istnieje, niektóre konie odznaczają się *truchtem grubym*, cechującym się rytmem na dwa tétpa i tétnami przekątniowymi.

Nie będziemy nużyć czytelnika, szczegółowem określaniem wszystkich ruchów przyjmowanych przez rozmaitych pisarzy. Ograniczamy się na przedstawieniu w tablicy synoptycznej, seryi iloczasów im odpowiadających. W tablicy tej (fig. 35) dostrzegamy, że wszystkie ruchy *grube*, mogą być uważane za wypływające z klusa, oraz że gdybyśmy chcieli wprowadzić klasyfikację metodyczną, potrzeba byłoby objąć je seryą w której klus byłby pierwszym wyrazem, a wszystkie inne ruchy otrzymywanoby za

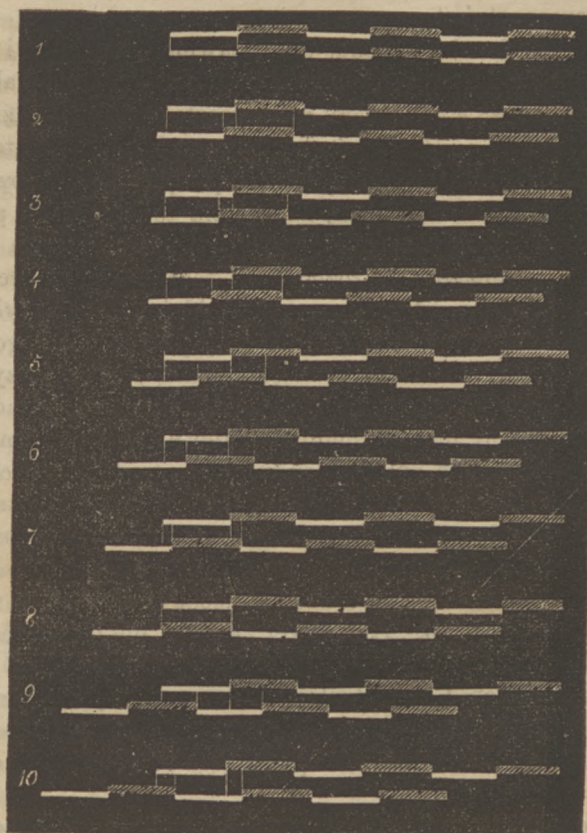


Fig. 35. Iloczasy synoptyczne ruchów konia według podług pisarzy.

- Nr. 1. Kłus przyjmowany przez wszystkich autorów.
- Nr. 2. { Kłus cięty według Merche'a.
Step wyciągnięty według Bouley'a.
- Nr. 3. { Step zwykły konia ujeżdżonego według Mazure.
Kłus cięty według Bouley'a.
Kłus zwykły według Lecoq'a.
- Nr. 4. Step normalny " "
- Nr. 5. Step normalny według Bouley'a, Vincent'a i Goiffona,
Solleysel'a, Colin'a.
- Nr. 6. Step normalny według Raabe'go.
- Nr. 7. Trucht zwany *Skroczem*.
- Nr. 8. Trucht zwykły (w figurze tej przypuszczono, że
zwierzę biegnie truchtem nie porzucając wcale
ziemi, co bardzo rzadko się zdarza. Ilozas
przedstawia tylko rytm tętn.
- Nr. 9. Ruch normalny według Lecoq'a.
- Nr. 10. Kłus zwykły według Merche'a.

pomocą uwczesnienia wzrastającego ruchów tylnej części ciała Figura 35 reprezentuje tę seryę.

W iloczasię każdego ruchu, przedstawiono na jednej i tejże samej prostopadłej, tętna stopy przedniej prawej jaką wybraliśmy za początek każdego stępa, która nam zresztą zawsze będzie posługiwać za łącznik w określaniu każdego ruchu. Tablica ta ułożona na podstawie rozmaitych *traktatów* opisujących *zewnątrzne cechy konia*, przedstawia z możliwą wiernością to, co każdy pisarz przyjmuje za składnik takiego lub takiego ruchu. Rodania pisarzy okazują nam niezgodność rozmaitych teoryj, odnoszących się do następstwa ruchów. W rzeczy samej widzimy, że z wyłączeniem kłusa, względem którego wszyscy pozostają w zgodzie, wszelkie inne ruchy określane są najprzeróżniej przez pisarzy.

I tak iloczasię Nr. 2, który według Merche'a odpowiadałby *klusowi ciętemu*, byłby idąc za opinią Bouley'a, wyrażeniem *stępa wyciągniętego*, czyli ruchu kuców normandzkich; tenże sam *ruch normandzki* według Lecocq'a, przedstawiałby Nr. 9. Zresztą widzimy że iloczasię Nr. 3, odpowiadałby według Merche'a, *zwykłemu stępowi kuca*, tymczasem Bouley uważa go za *klus cięty*, a Lecocq za *klus*, który według Merche'a byłby nie czem innym, tylko ruchem wyrażonym w iloczasię Nr. 10. *Stęp* nawet zwykły nie jest określany jednakowo przez rozmaitych pisarzy, a chociaż większa ich część jak Vincent i Goiffon, Colin, Bouley i t. d., przyjmuje w tym ruchu, następstwo tętn zachodzące w równych odstępach czasu, to natomiast Lecocq i Raabe różnią się od nich poglądem na teoryę stępa normalnego.

Niezgodność ta wyjaśnia się dostatecznie, najpierw wielce trudną obserwacją tych ruchów, wreszcie naturą *stępa*, który może przedstawiać odpowiednio do warunków, rozmaite postacie, jakie każdy autor wybrał samowolnie za typ stępa normalnego. W tej mierze każdy z nich powodował się względami teoretycznymi. Przyjmujący równe przerwy czasu, zachodzące między czterema tętnami, mniemali znachodzić w tym typie więcej jasności i wydatniejsze odróżnienie od kłusa i truchtu. Inni pisarze poszukiwali w chodzie który im służył za typ, urzeczywistnienia pewnych poglądów. Według Raabe'go maximum równowagi, otrzymuje się odpowiednio do teoryi; wówczas, gdy ciężar ciała spoczywa dłużej na dwóch członkach przekątnych, niż na dwóch członkach bocznych, ztąd też wybrał on typ, reprezentowany w ilocza-

sie Nr. 6. Przeciwnie Lecoq poczytując szybszy chód za lepszy, wybrał za typ stęp, w którym ciało spoczywa dłużej na dwóch członkach bocznych, niż na dwóch członkach przekątnych (iloczaz Nr. 4:

Jakakolwiek mogłaby być wartość tych względów, które oceniać mieliby prawo sami tylko praktycy, zdaje się nam, że fizyolog powinien przedewszystkiem zająć się poszukiwaniem faktów, i sprawdzeniem jasnem i prostem typów, jakie mu wykrywa doświadczenie.

W tym też celu odbyte zostały doświadczenia jakie podajemy, dokonane bez wyjątku za pomocą przyrządów kontrolujących.

Przyrządy służące do badania ruchów przenośnych konia.

Obuwie śledcze używane w doświadczeniach odnoszących się do człowieka, zastąpionem zostało u konia kulą kauczukową, wypchaną włosem końskim i przytwierdzoną pod kopytem zwierza do podkowry.

Obracając śrubę, przyciskamy do zelaza trzy haczyki, utrzymujące przyrząd dość silnie przyczepiony. Mocna opaska kauczukowa ścisła poprzecznie przyrząd (fig. 36), pomieszczając w jego wnętrzu kulę wypchaną włosem, która lekko odstaje od powierzchni dolnej kopyta. Gdy noga uderza ziemię, naciśnięta wskutek tego kula kauczukowa, wypycha do narzędzi kontrolujących część powietrza jakie zawierała. Gdy noga unosi się, kula odzyskuje kształt pierwotny i wciąga do swego wnętrza, powietrze wypędzone przez ciśnienie. Przyrządy te psują się bardzo prędko na bruku, lecz mogą funkcyonować bardzo długo na ziemi sztucznej w manieżach.

W doświadczeniach odbywanych na drogach zwykłych lub na bruku ulicznym, używaliśmy narzędzia którego układ przedstawia figura 37. Do goleni konia przytwierdza się w tym razie bransoletę skórzaną, związaną rzemieniami. Z przodu tej bransolety stanowiącej silny punkt podpory, pomieszczone są rozmaite części przyrządu. Z tych najpierw płaska skrzynka kauczukowa, mocno przytwierdzona do przedniej części bransolety—skrzyn-

ka ta łączy się za pomocą rury transmissyjnej, z przyrządami kontrolującymi. Wszelkie ciśnienie wywarte na skrzynkę kauczukową, nadaje ruch odpowiedniemu drążkowi kontrolującemu. Ponieważ chodzi o to, aby wszelkie ruchy stopy konia zostały wyrażone ciśnieniem, wywieranem na skrzynkę kauczukową, stąd też wszystkie te ruchy będą wskazane drążkami kontrolującymi.

W tym celu blaszka miedzi, pochylona prawie pod kątem 45 stopni, osadzona jest w górnym swym końcu na rodzaju za-

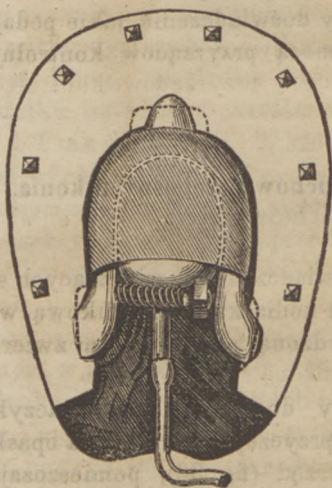


Fig. 37. Przyrząd służący do oznaczania opierania się i unoszenia kopyta końskiego.

wiaski, dolny zaś jej koniec łączy się za pośrednictwem mocnego pręcika, z powierzchnią przednią skrzynki kauczukowej, na której opiera się za pomocą płaskiego krążka. Wreszcie po pręciku równoległym do blaszki miedzi, przesuwana jest kula ołowiana, którą zniewala się do zmiany położenia, w celu powiększenia lub zmniejszenia ciśnienia wywieranego przez ten układ stawowaty na skrzynkę kauczukową.

Działanie tego przyrządu podobnem jest spełnianemu przez narzędzie przedstawione na figurze 22, posługujące do wskazywania reakcyj wytwarzających się w rozmaitych rodzajach ruchu przenośnego. Wszelako pochylanie się części oscylujących, pozwala im oddziaływać tu na błonę w ruchach obniżania się i wznoszenia stopy, oraz jej przenoszenia się poziomego.

Gdy kopyto dotyka ziemi, kula usiłuje odbywać dalej swój obieg i naciska silnie na skrzynkę kauczukową.

Gdy stopa podniesioną zostaje, bezwładność kuli wytwarza z kolei ciśnienie, za pośrednictwem mechanizmu już przez nas opisanego przy figurze 22.

Dzięki przejmości p. Pellier'a, mogliśmy odbywać doświadczenia na wielu koniach które sam dosiadał, utrzymując w ręku

przrządy kontrolujące. Gdy czterynogi konia zaopatrzone są opisanymi ampulkami kauczukowymi, przytwierdzają się do nich rurki transmissyjne o ścianach grubych, nie ulegających rozdarciu. Rurki te zwykle przymocowane do nóg zwierzęcia paskami flanelowymi, zwracają się ku wiązadłowi położonemu przy poziomie łopatki, a następnie dochodzą do przyrządu kontrolującego, już opisanego przy doświadczeniach rozpatrujących ruch przenośny dwunogów. W tym razie jednak, przyrząd kontrolujący obejmuje większą liczbę drążków. Potrzeba ich przynajmniej cztery, to jest po jednym na każdy członek — obok tego zwykle dwa inne drążki, otrzymując ruchy reakcyjne grzbietu i łopatki. W tym celu służą przrządy podobne do przedstawionego w figurze 22.

Jeździec obejmuje rękojeść przenośnego przyrządu kontrolującego, którego wszystkie drążki kreślą ślady jednocześnie, z drugiej strony ręka utrzymująca cugle, wywierać może nacisk na kulę kauczukową, w chwili gdy chodzi o to, aby ślady zaczęły się wytwarzać. Figura 42 przedstawia zwykły układ przyrządów, w chwili gdy jeździec zbiera ślady graficzne ruchu.



Fig. 36. Przyrząd śledzący ciśnienie kopyta końskiego na ziemię.

Rozdział V.

Doświadczenia dotyczące ruchów konia.

Podwójny cel tych doświadczeń i określenie ruchów z punktu widzenia fizyologicznego, i postaw ciała z punktu widzenia artystycznego. — Doświadczenia nad truchtem; ślady opierania się członków i ślady reakcyj. — Iloczas truchtu. — Ślady truchtu. — Przedstawienie konia w truchcie. — Doświadczenia nad stępem. — Iloczas tego ruchu — jego odmiany. — Ślad stępa. — Przedstawienie konia w stępie.

Cel tych doświadczeń podwójny. Z punktu widzenia fizyologicznego wymagamy od nich, aby wyrażały akcje i reakcje wszelkiego ruchu, energję i upływy czasu, w ciągu którego każdy ruch zachodzi wreszcie rytm następstw tych ruchów. Wszelako artysta niemniej jest ciekawym poznać dokładnie postawę, odpowiadającą każdej chwili ruchu, aby ją wiernie przedstawić z charakterystycznymi jej pozami. Wszystkich tych objaśnień dostarczają nam przyrządy kontrolujące — artysta nie potrzebuje się obawiać popełnienia, błędu gdy stosować będzie swój szkic do wskazówek podanych przez ślad skreślony przez narzędzie.

Znakomite dzieło Vincent'a i Goiffon'a, miało głównie na celu podanie zasad, odnoszących się do wiernego przedstawienia ruchów konia. Korzystać będziemy z niektórych szczegółów podanych w tej książce, która zdaje się nam niesłusznie zapomnianą została i prawdopodobnie nie wywarła na sztukę całego wpływu jakiego miała prawo spodziewać się. Pochodzi to niewątpliwie

z powodu pewnej niejasności w sposobie wykładu, a więcej jeszcze z tej przyczyny, że autorowie poprzestając tylko na obserwacji bezpośredniej w analizie ruchów konia, nie mogli objąć wszystkich szczegółów. Czy będziemy szczęśliwsi od nich pod względem wykładu przedmiotu? Pragnęlibyśmy mieć tę nadzieję, a przynajmniej jesteśmy pewni zupełnej ścisłości danych, jaką pozyskuje się, korzystając z przyrządów przez nas użytych.

Pułkownik Duchousset ofiarował nam swą pomoc w przedstawieniu rozmaitych ruchów konia—jego to biegłemu ołówkowi, zawdzięczamy figury przedstawione w tym rozdziale, będące wier-nem wyrażeniem iloczasu do nich dołączonego.

Czerpaliśmy również z p. Duhousset'a, niektóre szczegóły dotyczące przedstawienia ruchów.

Poznanie *śladów*, to jest wycisków pozostawianych na ziemi przez stopy konia, jest ważnem niepospolicie — pozwalają one wpraw-nemu oku rozpoznać ruch zwierza je wyciskającego.

Dla artysty ślady są nieoszacowane pod względem korzyści, pozwalają mu bowiem przedstawiać członki opierające się na ziemi, z zachowaniem rzeczywistych między niemi odległości, jakie przejawiają się odpowiednio do wzrostu zwierzęcia i żywości jego ruchów. Odsyłamy w tym przedmiocie czytelnika do dzieł Vincent'a i Goiffon'a, barona Curnieu, Colin'a i t. d., ograniczając się na wyobrażeniu, — według tych pisarzy, śladu cechującego każdy ruch.

Pierwsza serya doświadczeń, której wypadki mamy rozebrać, dopełnioną została w maneżu p. Pellier syna. Konie zaopatrzone były przy każdej nodze przyrządem śledczym, o ciśnieniu podobnem temu, jaki przedstawiony został w figurze 36. Przedstawimy najpierw doświadczenia odnoszące się do truchtu, ślady przez nie wydawane są bardzo łatwe do pojęcia. Badanie ich posłuży do urządzenia analizy innych ruchów więcej zawikłanych.

O truchcie

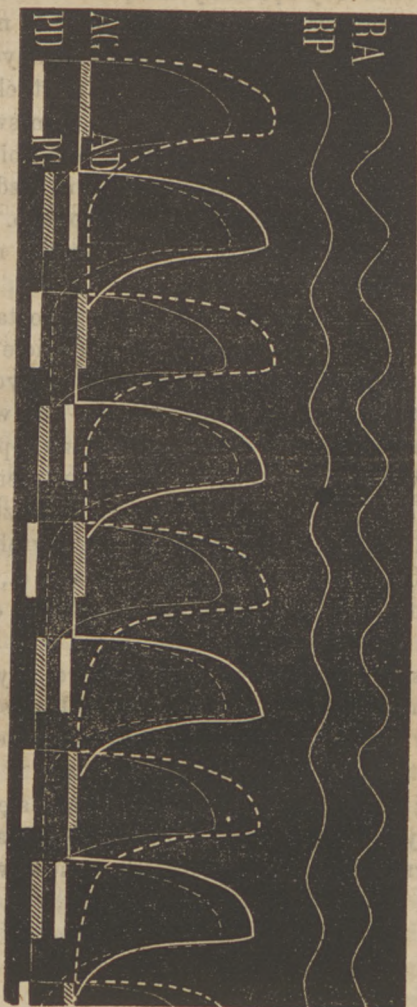
Doświadczenia nad truchtem.

Stary koń wielce pojętny dostarczył nam śladów wyrażonych w figurze 38, wskazane są w niej zarazem ślady opiera-

nia się czterech członków z ich iloczasami, z drugiej zaś strony reakcje nadawane koniowi w tym ruchu.

Rozpatrzmy się w szczegółach tych krzywizn. U góry nakreślone są reakcje łopatki, reprezentujące ruch przodu konia,

Fig. 38. Ślady graficzne i iloczasy truchtu konia. R A reakcje przedniej części ciała. R P reakcje tylnej części ciała. A D i A G krzywizny i iloczasy członków przednich. P D i P G krzywizny i iloczasy członków tylnych.



co daje linję R A, tudzież reakcje grzbietu przedstawiające ruch tyłu konia, wydające linję R P. Poniżej znajdujemy krzywizny, które wyrażają nam opierania się czterech stóp, uszykowane

są one w dwóch różnych od siebie poziomach, w górze nakreślone są krzywizny opisywane przez członki przednie, u dołu zaś krzywizny członków tylnych. W każdej z tych seryj, krzywizny stopy lewej, złożone są z linii kropkowanych, krzywizny zaś stopy prawej składają się z linii ciągłych. Linje kropkowane, równie jak ciągłe, gdy odnoszą się do członków przednich, narysowane są grubiej od tych, które wyrażają ruchy członków tylnych. Różnica ta w grubości linii niewiele widoczna w dość uproszczonych krzywiznach truchtu, jest przecież bardzo użyteczną, gdy chodzi o zrozumienie śladów ruchów więcej zawiłych.

Chwila w której krzywizna wznosi się, wyraża początek oparcia się stopy o ziemię. Chwila, w której krzywizna obniża się, oznacza wzniesienie się stopy ¹⁾. Z tych śladów widzimy, że stopy A G i P D: *przednia lewa i tylna prawa*, uderzają ziemię jednocześnie.

Obniżenie się współczesne krzywizn obu tych stóp, okazuje że ich unoszenie następuje również jednocześnie. Pod temi krzywiznami, mieści się *iloczas*, wyrażający upływ czasu, w ciągu którego opierają się na ziemi dwie nogi przekątni lewej ²⁾.

Drugie tętno znowu wydają stopy AD i PG, to jest dwie nogi przekątni prawej i tak następnie na całej długości śladu.

Doświadczenie to potwierdza dokładność teorii klasycznej truchtu, uzupełniając ją w pewnych punktach. I tak wszyscy pisarze zgodnie, wybierają za typ truchtu wolnego ten ruch, w którym cztery stopy dają słyszeć dwa tylko tętna i uderzają po kolei ziemię dwiema nogami stanowiącemi przekątnię. Przyjmują też że trucht jest ruchem *drobnym*, tudzież że w przerwie czasu, wpływającego między dwoma tętnami po sobie następującemi, zwierzę pozostaje przez chwilę zawieszonem nad ziemią.

Niezgodność jednak wszczyna się od chwili, gdy chodzi o oznaczenie upływu czasu, w ciągu którego trwa to zawieszenie.

¹⁾ Upływ czasu, w ciągu którego noga spoczywa na ziemi, przedstawia linja pozioma — nadaliśmy jednak rurce pewne zwężenie, dla złagodzenia gwałtowności uderzeń, oddziaływających na drążek kontrolujący. W skutek tego zwężenia, następuje lekkie przekształcenie krzywizny, co zresztą nie przedstawia żadnej niedogodności w badaniu tego rodzaju rytmów.

²⁾ Każde dwie nogi pozostające z sobą w przekątni określamy nazwą nogi przedniej, też przekątnię tworzącej.

I tak według Bouley'a zawieszenie to trwa krócej w stosunku do upływu czasu, przez który stopa pozostaje na ziemi. Raabe zaś utrzymuje przeciwnie, że czas spoczywania nogi na podporze jest bardzo krótki, w ten sposób że koń biegnący truchtem, byłby utrzymywanym dłużej w powietrzu niż na ziemi.

W iloczynie śladu fig. 38 widzimy, że upływy czasu, w ciągu którego stopa opiera się na ziemi, są dwakroć dłuższe od upływów czasu, przez który ciało pozostaje nad ziemią zawieszone. Doświadczenie to potwierdzałoby zatem teorię Bouley'a, wprost przeciwną teorii Raabe'go — zdaje się nam jednak, że podczas truchtu zachodzi wielka rozmaitość w upływach czasu, przez który stopy opierają się na ziemi i zawieszają w powietrzu. I tak niektóre konie w zaprzęgu, wydały ślady okazujące fazy zawieszenia za ledwie widoczne, w ten sposób, że ta postać truchta mogłaby raczej odnosić się do ruchów *grubych*, zachowując z typu rzeczywistego, tylko zupełną współczesność tętn przekątnych. Nie mogliśmy jeszcze dotąd badać koni szybko truchtujących, dostrzeżelibyśmy w nich, może dążność odwrotną, to jest przyrost czasu upływającego w zawieszeniu ciała, wytwarzający się kosztem upływu czasu, w ciągu którego stopa na ziemi spoczywa.

Poszukując oszacowania stosunków istniejących między *reakcjami* (R A i R P), a ruchami członków, spostrzegamy, że chwila w której ciało zwierzęcia obniża się w oscylacji pionowej, zbiega się jak najściślej z tą, w której stopy nie dotykają ziemi. Ztąd też czas zawieszenia nie jest następstwem tego, że ciało konia wyrzuconem zostaje w powietrze, lecz skutkiem zgięcia wszystkich czterech nóg w tej krótkotrwałej chwili. Przeciwnie maksimum wysokości wyniesienia ciała, odpowiada końcowej chwili upływu czasu, w którym członki pozostają na podporze. Odpowiednio do śladów, zdaje się, że ciało zaczyna unosić się zaraz po każdym podwójnem tętnie, przedłużając się przez cały czas, w ciągu którego opierają się stopy. Wreszcie w tejże figurze dostrzegamy, że reakcje przedniej części ciała, są wydatniejsze od reakcyj tylnej części. Fakt ten wydaje się nam niezmiennym — zresztą różnice w reakcyach są jeszcze wyrazistsze w stępie, w którym prawie zawsze przyrząd mieszczący się na łopacie, wyraża reakcje dające się ocenić, gdy tymczasem przyrząd pozostający na grzbiecie nie daje prawie żadnych.

O *truchcie skroczym*. Nazywamy truchtem wolnym taki, który przesyła do ucha dwa tętnienia wyraźne, za każdym stąpieniem — nazywamy zaś skroczym trucht, którego każde tętnienie jest jakby podwojonem, w skutek zachodzącej niewspółczesności w tętnach za każdym wyrzuceniem dwóch nóg przekątnych.

Trucht skroczy (skroczy) napotykalismy w wielu naszych doświadczeniach.

Gdy ruch ten utrzymywał się, naówczas niewspółczesność zachodziła to w tętnach, obu par nóg przekątnych, to w jednej tyl-



Fig. 39. Iloczas truchtu skroczego.

ko parze nóg — lub przeciwnie, trucht skroczy trwał tylko przez chwilę, w przejściu z jednego ruchu w drugi. We wszystkich doświadczeniach dotąd przez nas odbytych, niewspółczesność wynikała ztąd, że członek tylny opóźniał się w ruchu za przednim, odpowiadającym mu w przekątnej.

Fig. 39 reprezentuje iloczas *truchtu skroczego*; w którym pomiędzy tętnami przekątnymi zachodzą przerwy czasu, dające się

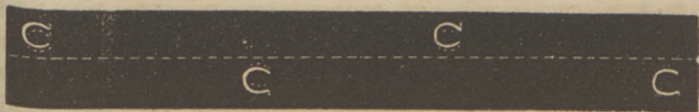


Fig. 40 Ślad truchtu według Vincent'a i Goiffon'a.

oceniac. Można o nich powziąć wyobrażenie ze skośnego kierunku linii kropkowanej, łączącej z sobą tętna dwóch nóg przekątnych.

Ślad truchtu reprezentuje fig. 40. według Vincenta i Goiffon'a. Wszystkie wyciski są podwójne, gdyż stopa tylna zawsze zajmuje miejsce opuszczone przez stopę przednią, od tejże samej strony.

W fig. 40 przedstawiono niewyraźnie te ślady na sobie spoczywające, aby uniknąć powikłania — w tymże samym celu wy-

rażono wyciski stóp przednich linjami kropkowanemi, wyciski zaś stóp tylnych linjami ciągłemi.

W trucheie wyciski stóp lewych przechodzą naprzemian jak uajdokładniej w wyciski stóp prawych. Odpowiednio do szybkości truchtu i wzrostu konia, ślad ulega znacznym zmianom w odstępach oddzielających wyciski od jednej strony.

W przedstawieniu konia truchtującego, należy odróżnić rozmaite postacie jego ruchu.

Trucht gruby i ścięty uzmysławia nam fig. 41. Znachodzimy go zwykle, gdy zwierzę ruch ten rozwijać zaczyna, albo raczej w chwili gdy z ruchu zwanego stępem przechodzi w trucht. Opierania się stóp przekątnych następują tu po sobie bez przerwy jak to widzimy w iloczasiu niżej na figurze zamieszczonym. Odpowiednio do tego iloczasu kończyny członków konia narysowane zostały.

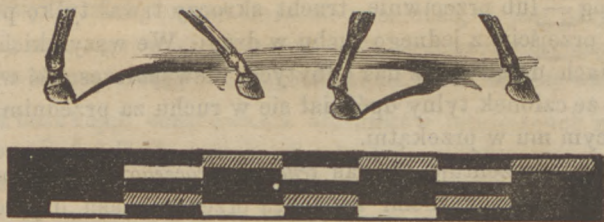


Fig. 41. Koń w trucheie grubym. Chwila odpowiadająca układowi nóg zwierza wyrażonemu na figurze oznaczoną jest w iloczasiu punktem białym.

Chwilę wybraną przez artystę wyobraża w iloczasiu punkt biały, w chwili tej jak to układ wskazuje, stopa przednia lewa porzuca punkt podpory—przednia prawa ma spocząć—tylna prawa odrywa się od podpory—tylna lewa ma spocząć. Pochylenie się nóg odpowiada każdej z faz ich opierania się i unoszenia. Odstęp w odległości zachodzącej między stopami, wskazany jest śladami obserwowanymi na ziemi. Owóz z fig. 41 widzimy, że trucht jest *cięty*, gdyż stopa tylna w punkcie dotknięcia się ziemi, nie dosięga śladu stopy przedniej od tejże samej strony.

Trucht przyspieszony i wyciągnięty, przedstawia fig. 42.

Kończyny nóg zwierzęcia narysowane tu zostały w chwili wyrażonej punktem w iloczasiu, czyli w czasie zawieszenia ciała,

to jest w chwili, gdy dwie nogi przekątni lewej mają unieść się, dwie zaś nogi prawej przekątni mają uderzyć o ziemię.

O stępie.

Doświadczenia odnoszące się do stępu.

Szczegóły, jakie rozpatrywaliśmy mówiąc o analizie śladu truchtu, ułatwiają nam rozbiór stępu przedstawionego w fig. 43. Ślad ten został otrzymany odbywając doświadczenie na tymże samym koniu, na którym pozyskano poprzednie.

Jeżeli początek każdej krzywizny przedłużymy w linii prostopadłej, to otrzymamy uderzenia z kolei po sobie następujące czterech członków. Ponieważ z grubości rylca użytego do kreślenia tych krzywizn, łatwo jest poznać stopę odpowiadającą każdej z nich, można z każdej tak przedłużonej prostopadłej, wskazać z pomocą tych początków krzywizny, stopę spełniającą w tej chwili uderzenie. Owóż porządek następstwa w uderzaniu stóp, oznaczonym jest głoskami A D, P G, A G, P D, wyrażającemi: stopę przednią prawą, tylną lewą, przednią lewą, tylną prawą, co jest porządkiem następstwa stóp, przyjętym przez pisarzy.

Pozostaje do oznaczenia, mniejsze lub większe uporządkowanie następstwa tych uderzeń, i wartość stosunkowa przerw je oddzielających. W tym celu dostatecznem jest, odpowiednio do krzywizn kontrolujących ułożyć iloczasy rytmu opierania się każdej stopy. W fig. 43 iloczas ten okazuje, że przerwa oddzielająca uderzenia stóp, jest zawsze jednakową, a tem samem, że koń opiera się w jednakowym upływie czasu, na dwóch nogach bocznych i na dwóch nogach przekątnych. Nie zawsze jednak ma to miejsce.

Aby zrozumieć położenia środka ciężkości z kolei po sobie następujące, przedstawimy w krótkości układ iloczasu nakreślonego w fig. 43. Obniżając linje prostopadłe, odpowiadające każdemu uderzeniu stóp o ziemię, poczynając od uderzenia stopy przedniej prawej, oznaczonej Nr. 1, podzielimy figurę na działki po sobie następujące, w których znajdziemy pomieszczone opierania się tak dwóch nóg od jednej strony, jak i dwóch nóg przekątnych. I tak w działce od 1 do 2, koń spoczywałby na dwóch nogach bocznych z prawej strony — od 2 do 3 na dwóch nogach przekątni

prawej, (to jest, spoczywałby na dwóch nogach, z pomiędzy których naprzód wysunięta jest prawa) — od 3 do 4 na dwóch nogach bocznych z lewej strony—od 4 do 5 na dwóch nogach przekątni lewej—wreszcie od 5 do 6 koń równie jak na początku, będzie pozostawać na dwóch nogach bocznych od prawej strony.

Doświadczenie to odnosi się całkiem do teorii klasycznej stępa, (patrz Nr. 5 w tablicy synoptycznej) chociaż niektóre konie stępują krokiem dość odmiennym.

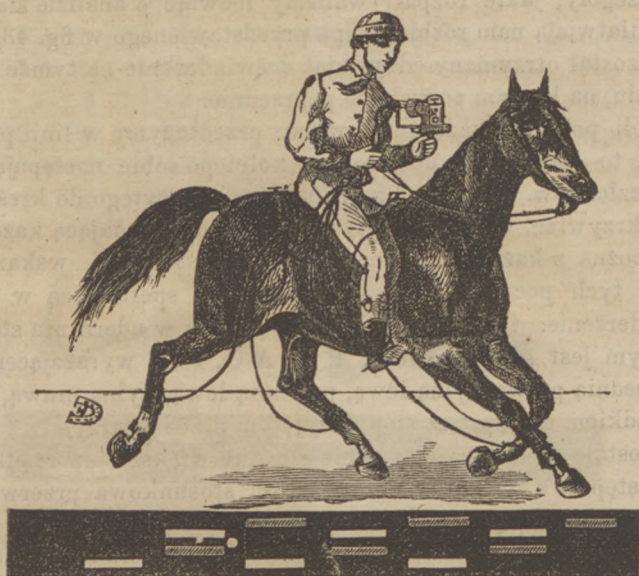


Fig. 42. Koń truchtujący — punkt biały w iloczynie odpowiada przedstawionej postawie zwierza.

Fig. 44, jest iloczynam stępa konia, którego stopy pozostają dłużej na punktach podpory bocznych, niż na przekątniowych.

W innych razach wytwarza się stosunek odwrotny w przenoszeniu się np. kroków w truchcie, znaleźliśmy zachodzący większy wpływ czasu w opieraniu się stóp przekątniowem. Aby badanie to uzupełnić się mogło dokładniej, potrzeba je odbyć w warunkach przychylniejszych od tych w jakich dotąd pozostawaliśmy. W tym celu potrzeba byłoby posiadać wiele koni, należących do ras rozmaitych i studyować ich chód wierzchem i w uprzęży—

potrzeba byłoby zmieniać ciężar przez nich unoszony, czyli siłę pociągową przez nie rozwiniętą, wreszcie odbywać doświadczenia z kolei na płaszczyźnie lub na gruncie pochyłym i t. p. Wszystko to może być tylko urzeczywistnieniem przez ludzi, dla których tego rodzaju badania przedstawiają szczególne zajęcie i pozostających w warunkach odpowiednich do ich przedsięwzięcia.

Obserwując konie w uprzęży, zdaje się nam, że przy zjeżdżaniu z góry, gdy zwierzę ma utrzymać ciężar wozu usiłujący je popychać, może ono jednocześnie opierać się o ziemię trzema nogami. Borelli upatrywał w tym razie stęp normalny, co do nas utrzymujemy przeciwnie, że w stępie odbywanym swobodnie, dwie tylko nogi jednocześnie, nigdy więcej spoczywają na ziemi.

Co się zaś tyczy reakcyj zachodzących w czasie stępu, tych nie przedstawia fig. 43. Sprawdziliśmy, że pospolicie jedynie tylko reakcje przedniej części ciała, są nieco silniejsze. Zdają się tu zachodzić bardzo słabe ruchy grzbietu, gdyż w rzeczy samej, akcja członków tylnych zależy głównie od skutku popychającego ciało naprzód, z bardzo nieznaczącym parciem ciała w kierunku pionowym. Zgadza się to z teorią dość powszechnie przyjętą, według której, członki przednie w stanie normalnym, spełniałyby tylko rolę podpór naprzemianległych w przedniej części ciała — członki zaś tylne należałyby

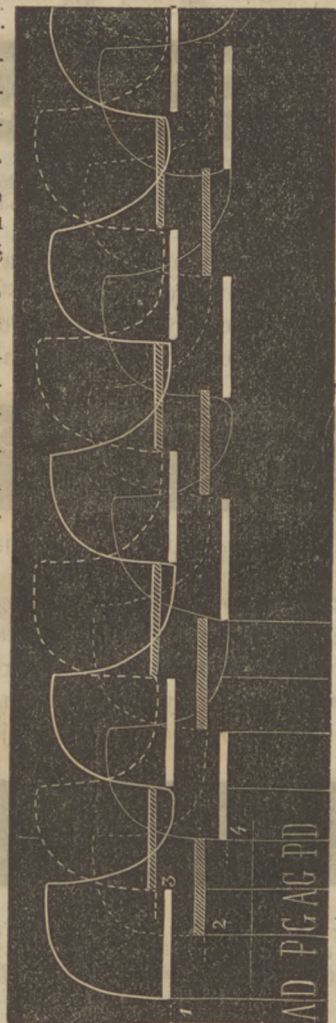


Fig. 43. Ślady i iloczasy stępu, w którym nogi konia tak boczne jak i przekątne opierają się o ziemię w równych wpływach czasu.

do akcji popychającej ciało i siły pociągania rozwiniętej przez zwierzę.

Ślad stępa według poglądu Vincent'a i Goiffon'a jest podobnym śladom truchta, z tą różnicą że przedstawia mniejszy od-

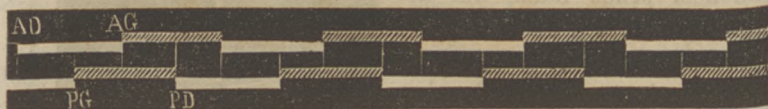


Fig. 44. Iloczas stępu, w którym nogi konia boczne opierają się o ziemię, w dłuższym upływie czasu od nóg przekątniowych.

stęp, zachodzący między dwoma wyciskami po sobie następującymi od jednej strony.

W stępie zwykłym, odległość ta wyrównywałaby wymiarowi poprzecznemu łopatki konia. Ponieważ w truchcie wyciski

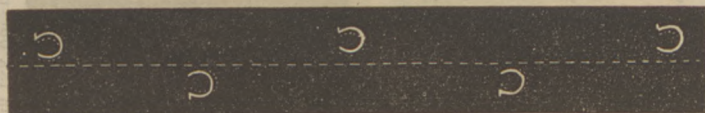


Fig. 45. Ślad stępa według Vincent'a i Goiffon'a.

kroków są podwójne, pochodzące więc od prawej stopy, zastępywane są naprzemian jak najdokładniej wyciskami lewej stopy.

Ta cecha śladu, daje się zresztą dostrzegać w pewnych warunkach szybkości ruchu, i to po gruncie płaskim. Gdy koń biegnie pod górę, wyciski jego stóp tylnych pozostają zwy-

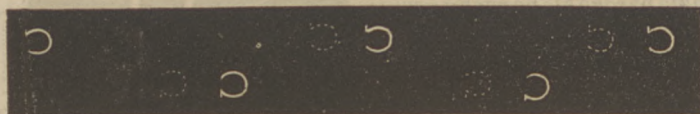


Fig. 46. Ślad klusa według Vincent'a i Goiffon'a—roźni się on tylko tem od cechującego stęp, że wyciski stóp od jednej strony nie wkraczają jeden w drugi. Stopa tylna występuje naprzód wyprzedzając wycisk stopy przedniej.

kle w tyle, po za wyciskami pozostawianymi przez stopy przednie. Przeciwnie gdy koń schodzi z pochyłości, wyciski stóp tylnych mogą wyprzedzać pochodzące od stóp przednich, co dawałoby śladowi stępa pewne podobieństwo ze śladem klusa.

Przedstawienie konia w stępie. P. Duhousset w fig. 47 przedstawił stęp konia. Chwila wybrana wyrażoną jest w iloczynie punktem.



Fig. 47- Przedstawienie nóg konia w stępie.

Nie wyliczamy tu położeń, jakie oznacza iloczyn odnośnie do każdego członka zwierzęcia w tej chwili, gdyż wymieniliśmy je mówiąc o truchcie.

Rozdział VI.

Doświadczenia dotyczące ruchów konia.

(Ciąg dalszy).

Doświadczenia poczynione nad galopem — Iloczas galopu. — Reakcyje. — Podstawy utrzymywania się tych ruchów. — Ślady galopu. — Przedstawienie konia w galopie i w rozmaitych tempach tego ruchu. — Przechodzeniu czyli przejścia z jednego ruchu w drugi. — Analiza ruchów za pomocą linijek iloczasu. — Odtworzenie syntetyczne rozmaitych ruchów konia.

O galopie. Oznaczamy tą nazwą wiele rozmaitych ruchów, których wspólną cechą to stanowi, że słyszymy tętna nieregularne, powtarzające się peryodycznie. Wielu pisarzy odróżnia trzy rodzaje galopu, stosownie do rytmu tętn nadając im odpowiednio do tego rytmu nazwy: galopu o dwóch, trzech lub czterech tempach. Najpospolitszy galop jest na trzy tempa i ten najpierw badać będziemy.

Doświadczenia odnoszące się do galopu. Fig. 48 otrzymaną została z obserwacyi konia galopującego na trzy tempa. Na pierwszy rzut oka, iloczas tego ruchu przypomina ten, jaki przedstawiliśmy mówiąc o ewale człowieka, czyli ruch naśladowany przez dzieci bawiące się w konika. Zdaje się, że możnaby otrzymać iloczas konia, zestawiając nad sobą dwa iloczasy ewalu dwunogów. W rzeczy samej porównanie w tej mierze Dugès'a, jest najzupełniej usprawiedliwionem, nawet gdy stosujemy je do galopu.

Analiza śladu. Początek figury wyobraża zwierzę zawieszone nad ziemią, potem następuje tętno *PG*, zwiastujące że no-

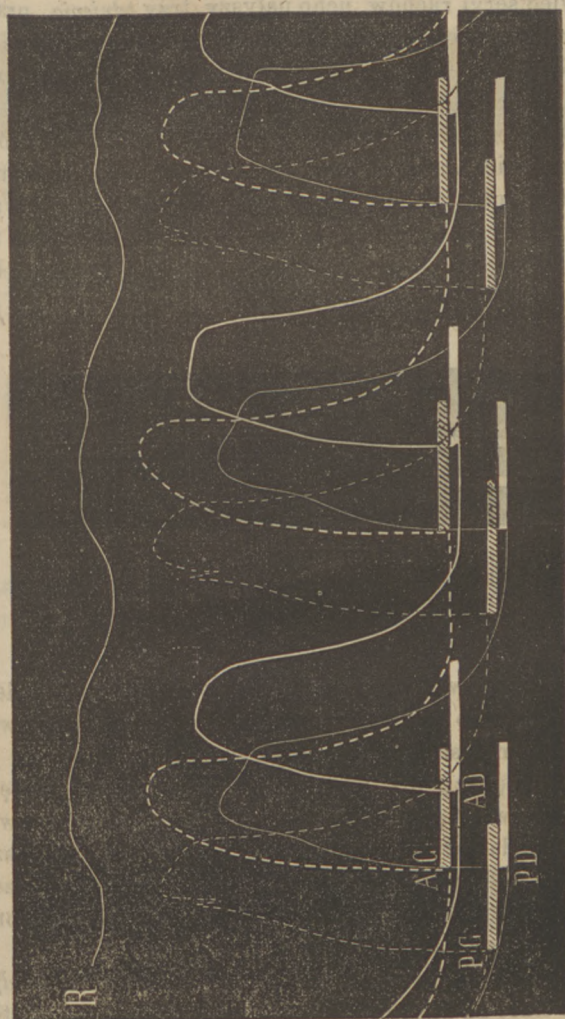


Fig. 48. Ślady i iloczasy galopu na trzy tętna. *R* krzywizna reakcji obserwowanych w łopacie. Krzywizny opierania się stóp posiadają znaczną rozległość, wyrażając energię z jaką stopy opierają się o ziemię. Koń postępujący w tem doświadczeniu, ga' opował z prawej nogi, jak to daje się widzieć w iloczasy.

ga tylna lewa dotknęła ziemi. Jest to noga przeciwną w przekątnej tej, którą koń galopujący wysuwa naprzód, spełniając naostatku tętno *A D*. Pomiędzy temi dwoma tętłami i najwyraźniej

w środku przerwy czasu je rozdzielającego, występuje tętno jednoczesne obu nóg przekątnie lewą stanowiących, Zachodzenie na siebie iloczasów $A G$, $P D$, okazuje jasno tę współczesność.

W tej więc seryi ruchów, ucho usłyszy trzy *tętnienia*, prawie w równych przerwach czasu zachodzące. Pierwsze tętnienie wytworzonem zostaje przez nogę tylną — drugie przez dwie nogi przekątnie — trzecie przez nogę przednią.

Pomiędzy uderzeniem pojedynczem nogi przedniej, tworzącem trzecie tętnienie, a uderzeniem nogi tylnej w galopie mającem po niem nastąpić, panuje przestanek, którego czas trwania widocznie wyrównywa upływowi czasu, w jakim zachodzą trzy razem wzięte uderzenia nóg. Następnie podobna serya ruchów rozpoczyna się znowu nieograniczenie.



Fig. 49. Galop na trzy tempa. *A* jest wskazówką trzech temp. *B* wskazuje liczbę stóp, na których opiera się ciało w każdej chwili galopu na trzy tempa.

Rozpatrując się w krzywiznach, dostrzegamy, że ciśnienie stóp na ziemię powinno być daleko większe w galopie niż w innych ruchach już przedstawionych, gdyż wysokość krzywizn jest w nim znacznie większą niż w truchcie, a zwłaszcza wstępie. W rzeczy samej, zwierzę musi tu nie tylko unosić ciężar swego ciała, ale nadto nadawać mu energiczne ruchy. W pierwszym też tętnie zdaje się przejawiać największa energia. W czasie tym ciało przez chwilę oderwane od ziemi, spada na nią, przy czem jedna tylko noga zatrzymuje je w tym spadku.

Chcąc zdać sobie sprawę, z następujących po sobie *podpór*, utrzymujących ciało za każdym rzutem nóg w galopie, dostatecznem jest rozdzielić czas trwania tego ruchu, na chwile z kolei po sobie następujące, w których ciało, to utrzymuje się na jednej lub na kilku stopach, to pozostaje w zawieszeniu. Iloczas przedstawiony w figurze 49, pozwala śledzić w miejscu oznaczonem głoską *A*

następstwo tętn, a przy głosce B, wskazuje porządek następstwa członków mających spocząć na podporze.

Poszukując reakcyj wytwarzających się w łopacie, dostrzega-

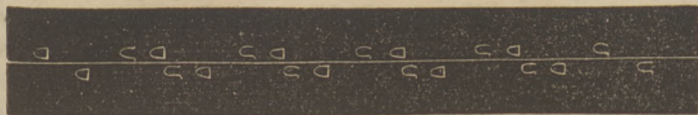


Fig. 50. Ślad galopu ciętego na trzy tempa, stopy tylne których wyciski mają postać głoski U, wyprzedzają na ziemi wyciski stóp przednich. Te ostatnie przedstawiono w kształcie głoski O.

my je przedstawione w figurze 48 (linia górna R). Sprawdzone podwyższanie się linii falistej, zachodzące w upływie całkowitego

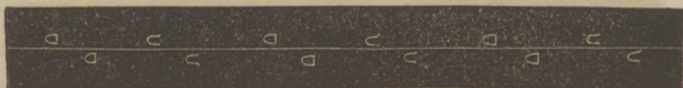


Fig. 51. Ślad galopu *Eclipse*, według Curnieu'a. Wyciski stóp tylnych wyprzedzają bardzo znacznie wyciski stóp przednich.

czasu, w ciągu którego zwierzę dotyka ziemi. W tem podwyższeniu się krzywizny, dają się widzieć skutki trzech tętn, nadają-



Fig. 52. Koń w galopie z prawej nogi na jedno tempo. Podporą wyłączną jest tu stopa lewa tylna.—Punkt biały w iloczynie odpowiada chwili, w której przedstawione są kończyny nóg konia.

ych jej potrójne falowanie. Minimum podwyższania się krzywizny, odpowiada również jak w truchcie chwili, w której stopy nie dotykają ziemi. Nie jest więc bynajmniej wyrzuceniem ciała

w powietrze, to, co tworzy czas zawieszenia w galopie. Wreszcie porównując z sobą reakcje galopu i truchtu w figurze 39 daje się widzieć, że w galopie unoszenie się i obniżanie ciała następuje mniej gwałtownie. *Reakcje* te są mniej przykre dla jeźdźca, chociaż mogą przedstawiać większą rozległość w ruchu.

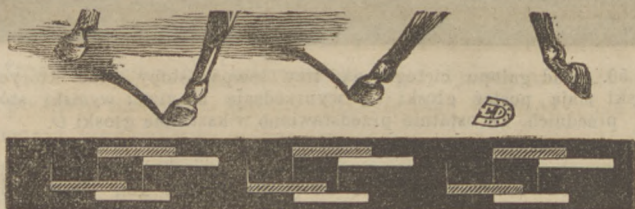


Fig. 53. Koń galopujący na dwa tempa z prawej nogi.

Ślad galopu na trzy tempa. Według Curnieu'a, ślad ten przedstawiony niżej zmienia się odpowiednio do jego hyżości. W galopie ciętym odbywającym się w maneżach, stopy tylne pozostawiają ślady po za stopami przednimi — przeciwnie w galopie szybkim występują one przed śladami stóp przednich. W ruchu maneżowym koń galopuje prawie w miejscu, gdy tymcza-



Fig. 54. Koń w galopie z prawej nogi na trzy tempa.

sem w galopie wyścigowym, za każdym rzutem ciała przebiega przestrzeń bardzo znaczna. Według Curnieu'a, słynna *Eclipse* przerzucała się w susach dochodzących 22 stóp angielskich. Oto ślad pozostawiany na ziemi w tym szybkim galopie.

Przedstawienie konia w galopie. Dla uuzmysłowienia podajemy trzy postawy nóg konia od siebie różne, odpowiadające prawie trzem tempom tego ruchu.

W figurze 52 wyobrażającej galop na jedno tempo, jedyną podporą konia jest stopa tylna. W galopie na dwa tempo fig. 53, dwie nogi przekątnej lewej spełniają uderzenie—stopa przednia prawa ma spocząć na ziemi—tylna lewa pozostaje uniesioną. Galop na trzy tempo, nakreślony równie jak inne według iloczasu Duhousset'a, przedstawia tę chwilę, w której sama tylko stopa prawa przednia, spoczywa na ziemi i ma z kolei unieść się. Kończyny nóg ten galop wyobrażające, przedstawiają się dość dziwnie, oko bowiem nie jest przywykłe do obserwowania tego tempa galopu, niezaprzeczenie bardzo krótkotrwałego. Widząc ten niezgrabny układ, mamy chęć wyrzec z Curnieu'em: „Dziedziną malarstwa jest to, co nam ono przedstawia, lecz bynajmniej nie to, co istnieje w rzeczywistości.”

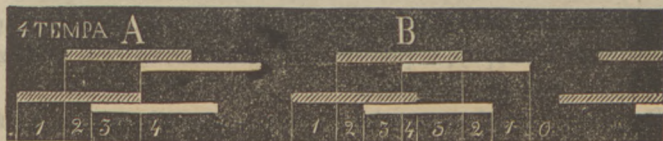


Fig. 55. Iloczas galopu na cztery tempo. A oznacza następstwo każdego tempa, B wskazuje liczbę nóg unoszących ciało w każdej chwili.

Galop na cztery tempo różni się tylko od poprzedniego tempa, że tętna dwóch nóg przekątnych, składające drugie tempo, rozdzielają się wydając tętnienia odrębne. Widzimy tego przykład w figurze 55.

Odpowiednio do tego iloczasu, ciało zrazu zawieszone, opiera się z kolei na jednej nodze, na trzech, na dwóch, na trzech, i na jednej, poczem następuje nowe zawieszenie ciała.

Galop wyścigowy. Ruch ten tak szybki, nie mógł już być badany za pomocą przyrządów, dotąd przez nas używanych. Odrębne narzędzie kontrolujące i nowe przyrządy śledcze, musiały być w tym celu zbudowane.

Dla pozostawienia jeźdźcowi obu rąk całkiem wolnych, przyrząd kontrolujący zamknięto w puszce płaskiej, przytwierdzonej za pomocą szelek do pleców jeźdźcy, jak tornister żołnierski. Nie zamierzamy opisywać szczegółowo tego narzędzia, zaopatrzonego pięcioma drążkami, kreślącymi na okopconej tafelce szklanej, ślady krzywizny akcji czterech członków i reakcy łopatki. Stopy

w tym galopie uderzają ziemię tak gwałtownie, że za pierwszym tętnem zdruzgotane byłyby przyrządy śledcze poprzednio używane. Zastąpiliśmy je odmiennym kształtem rurki miedzianej, w której porusza się tłok ołowiany, ujęty w dwie sprężyny spiralne. Wstrząśnienia nadawane temu tłokowi za każdym tętnem, wytwarzają skutek pompy powietrznej, działającej na przyrządy śledcze. Kula kauczukowa, którą można w potrzebie ścisnąć w zębach, wprawia w ruch przyrząd kontrolujący i pozwala w chwili stosownej ślad zebrać.

Dzięki uprzejmości p. H. Delamarre, który oddał do naszego rozporządzenia swe stajnie w Chantilly, mogliśmy pozyskać ślady ruchu wyścigowego. Oto iloczasy tych śladów. Widzimy że ruch ten jest rzeczywiście galopem na cztery tempa, jednakże tętna nóg tylnych następują po sobie w tak krótkich przerwach czasu, że ucho może tylko jedno tętno dosłyszeć. Natomiast tętna nóg przednich, następują w przerwach czasu daleko znaczniejszych i mogą być słyszane oddzielnie.

Drugą cechą galopu wyścigowego stanowi to, że dłuższy przestanek zachodzi w upływie czasu, przez który członki tylne spoczywają na podporze. Czas zawieszenia ciała w powietrzu, zdaje się być w tym razie bardzo krótkotrwałym.

Aby odnieść całą możebną korzyść z tych doświadczeń, potrzeba byłoby powtarzać je na bardzo wielu koniach, i poszukiwać, czy nie istnieje jaki stosunek pomiędzy rytmem tętn wybijanych stopami, a innymi cechami w tym biegu. Pozostawiamy to zadanie, ludziom zajmującym się głównie badaniami konia.

W zakończeniu nadmieniamy, że reakcje w galopie wyścigowym, odtwarzają dość dokładnie rytm tętn. I tak zaobserwowano w chwili prawie współczesnej opierania się obu członków tylnych, reakcję drgań przedłużających się, po której wytwarzają się z kolei po sobie następujące dwie reakcje mniej gwałtowne, z których każda odpowiada tętnu jednego członka przedniego.

Linia pomieszczona u góry figury 56, jest śladem reakcyj łopatki. Krzywizna ta znajdując się nad iloczasem, pozwala z położeń rozmaitych jej elementów pozostających nad sobą, rozpoznać jakiemu tętnu członków odpowiada każda reakcja.

Przejęcia zachodzące między różnymi ruchami. Niepospolitą trudność napotyka obserwator w rozpoznaniu, w jaki sposób następuje przejście jednego ruchu w drugi. Metoda graficzna, po-

daje środek bardzo łatwy wyśledzenia tych przejść, co niemałą stanowić może korzyść, w zastosowaniu tej metody w badaniach odnoszących się do ruchów konia. Dla jaśniejszego zrozumienia tego co zachodzi w przejściach, potrzeba nam zwrócić się do porównania Dugès'a i wyobrazić sobie dwóch ludzi, biegnących jeden za drugim krok w krok, w truchcie lub w galopie.

W tak utrzymywanym biegu, dwaj ci ludzie przedstawiają rytm niezmienny w stosunku do ich ruchów, w przejściach jednak

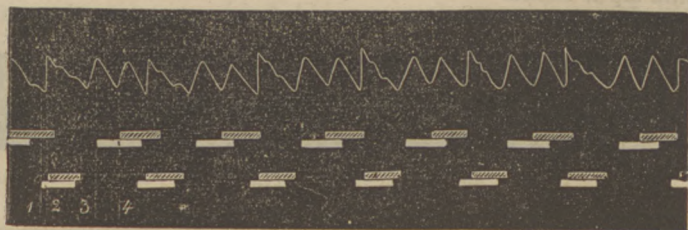


Fig. 56. Illoczas galopu wyścigowego; reakcje tego ruchu.

z jednego ruchu w drugi, człowiek biegnący z tyłu lub na przodzie, jak się zdarzy, będzie przyspieszać lub zwalniać swe ruchy, zmieniając w ten sposób rytm uderzeń stopami. Przykłady wyjaśnią to lepiej.

Główne przejścia wyobrażono w figurach 57, 58, 59 i 60. Figura 57 jest iloczasem przejścia stępa w truchcie.

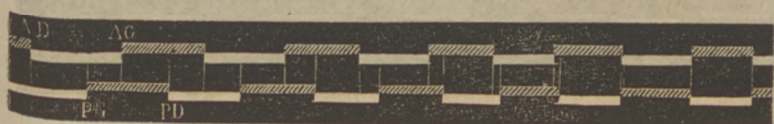


Fig. 57. Przejście ze stępa w trucht.

Główną cechą panującą w tem przejściu, niezależnie od powiększania się żywości ruchów, stanowi to mianowicie, że tętna nóg tylnych przewyższają szybkością tętna nóg przednich. Tętno na przykład lewej stopy *PG*, które podczas stępa spełnia się wiodocznie w połowie czasu, przez który członek przedni prawy *AD*, pozostaje na podporze, zaczyna stopniowo zbiegać się z początkiem opierania się stopy na podporze *AD*, a nawet z samem tętnem, gdy trucht uregulowanym zostaje.

Fig. 58, przeciwnie wskazuje *przejście truchta w stęp*. Widzimy tu zjawisko odwrotne — tętna przekątniowe zrazu współcześnie zachodzące, coraz więcej oddalają się od siebie. Linia kropkowana, łącząca tętna nóg w przekątni lewej, w początku figury jest prostopadłą, a mianowicie w części odpowiadającej ruchowi truchta; zwolna linia ta staje się skośną, wyrażając tem samem, że już współczesność nie zachodzi. Kierunek skośności tej linii wskazuje, że w przejściu z truchta w stęp, tylna część ciała opóźnia się w ruchu.

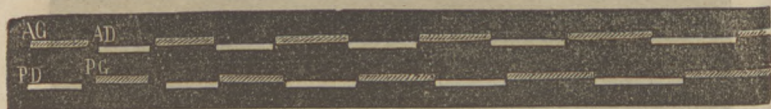


Fig. 58. Przejście z truchtu w stęp.

Przejście truchta w galop, jest wielce ciekawe — przedstawia je iloczasy w figurze 59. Widzimy w początku figury, że trucht jest nieco skroczy — linia kropkowana, łącząca tętna przekątni lewych *A G, P D*, jest już więcej skośną i wskazuje nieznaczne opóźnianie się stopy tylnej. Skośność ta ciągle powiększa się, lecz tylko odnośnie do dwóch nóg w przekątni lewej; dwie zaś nogi w przekątni prawej *A D, P G*, idą równo, nawet gdy już galop

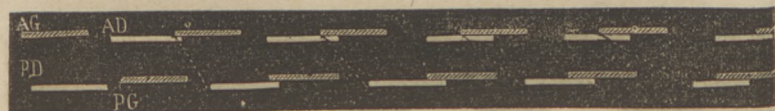


Fig. 59. Przejście z truchtu w galop.

rozwiniętym został. Przejście z truchtu w galop zachodzi nietylko w skutek opóźniania się stopy tylnej, ale nadto wysuwania się naprzód stopy przedniej, w ten sposób, że dwa tętna przekątniowe które w truchcie zachodzą współcześnie, pozostawiają między sobą większą przerwę, to jest też samą, która w galopie zwykłym tworzy długotrwały przestanek. Zmiana odwrotna wydaje *przejście z galopu w trucht*, jak to widzimy na figurze 60.

Przejście z galopu na cztery tempa w galop na trzy tempa, następuje w skutek wzrastającego wyprzedzania tętń tylnej części ciała.

Badanie syntetyczne ruchów konia. Metoda analityczna której dotąd używaliśmy celem opisania ruchów konia, może pozostawiać wiele stron ciemnych w tej kwestyi subtelnej. Spodziewamy się wyjaśnić je, za pomocą metody syntetycznej. Kreśląc na początku tych poszukiwań, tablicę synoptyczną rozmaitych ruchów, rozklastykowaliśmy ich iloczasy w seryę naturalną, w której pierwszym wyrazem jest kłus, a różnicę między jednym ruchem a po nim następującym, stanowi przodkowanie akcji członków tylnych. Przejście to właśnie zaobserwowano u zwierząt. Dromader (wielbłąd jednogarbowy) na przykład, którego ruch normalny jest kłusem urywanym ¹⁾ dostarczył nam całej seryi iloczasów, które w naszej tablicy synoptycznej oddzielają Nr. 2 od Nr. 8. Gdy nagłąc do biegu dromadera, zmusiliśmy go do truchtu, zwierzę zrazu porzuciło kłus w sposób gwałtowny, potem zaczęło biec stępem, następnie truchtem skroczym, który wkrótce zmienił się w trucht wolny.

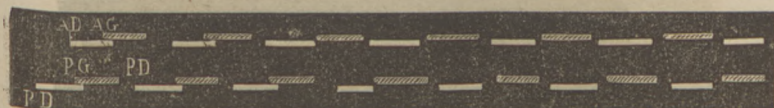


Fig. 60. Przejście z galopu w trucht.

Widzieliśmy że te przejścia w ruchach konia, następują w tymże samym porządku, gdy zwierzę przechodzi ze stępa w trucht.

Gdy koń zwalnia bieg, zmiany w jego ruchach zachodzą w porządku odwrotnym, dosięgając seryi przedstawionej w tablicy. Przodkowanie mniej lub więcej wyraziste akcji członków tylnych, wskazanem jest w tablicy zsuwaniem się iloczasu ku lewej stronie figury. To zsuwanie się urojone może stać się rzeczywiście, z pomocą małego przyrządu, pozwalającego nam w bardzo prosty sposób, zrozumieć i wyjaśnić sobie tworzenie się rozmaitych ruchów. Przyrząd ten składa się z małej tabliczki podobnej do używanej w obrachunkach, obejmującej iloczasy czterech członków na czterech małych linijkach, które mogą przesuwac się i grupować w rozmaitych stosunkach.

¹⁾ Dzięki uprzejmości p. Geoffroy, St. Hilaire, dyrektora ogrodu aklimatycznego, mogliśmy zbadać ruchy rozmaitych czworonogów, a w szczególności ruch wielkiego dromadera, będącego własnością tego ogrodu.

Figury 61 i 62 okazują układ tego małego narzędzia.

Wyobraźmy sobie deszczułkę z drzewa czarno pomalowaną, z czterema wyżłobionymi w niej wązkami rowkami, w których przesuwają się linijki naprzemian białe i czarne, lub szare i czarne, służące do oznaczenia iloczasu kłusa, podobnie jak w Nr. 1 tablicy. Jeżeli przesuniemy ku lewej stronie, dwie linijki dolne nadając im ruch współczesny, (fig. 61) wytworzymy odpowiednio do rozległości przesunięcia, jeden lub drugi iloczyn tablicy ruchów regularnych. Serya znaczków 1, 2, 3, 4 i t. d., do których wprowadzamy tętno tylne lewe, pozwala wytworzyć jakikolwiek iloczyn, bez potrzeby poszukiwania go po omacku.

Chcąc wytworzyć iloczasy galopu, potrzeba przesunąć ku sobie, linijki odpowiadające członkom przednim, w ten sposób aby na siebie zachodziły, jak to daje się widzieć w iloczynie figury 62.

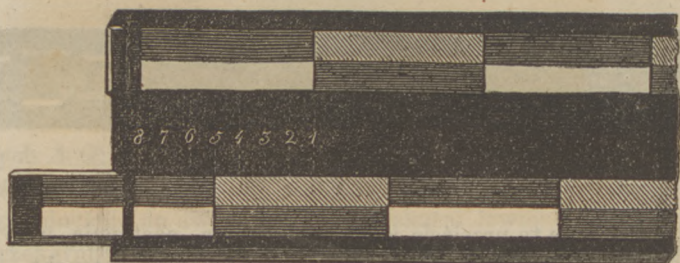


Fig. 61. Tabliczka iloczynowa, przedstawiająca rozmaite ruchy stępa.

Korzyść jaką osiągamy z tabliczki iloczynowej, łatwo ocenić. Upewniwszy się że zachodzi ruch regularny, dostatecznem jest zbadać tętna dwóch stóp, na przykład prawych, chcąc ułożyć iloczyn całkowity. W rzeczy samej odpowiednio do tego czy tętno tylne następuje jednocześnie z przedniem, czy też wyprzedza je o ćwierć, o połowę, trzy czwarte, lubo o cały upływ czasu, w ciągu którego stopa spoczywa na podporze; umieszczają się dwie linijki dolne w położeniu jakie winny zajmować, a iloczyn jest ułożonym zgodnie z naturą. Wskazuje on nam rytmy tętn, czas przez który stopy boczne i przekątniowe spoczywają na podporze, i t. d. Podobnie postępuje się z układem iloczynów galopu. Artysta chcąc przedstawić konia w jakiejkolwiek chwili ruchu, może z łatwością oznaczyć postawę odpowiednią. Układa

on na tabliczce iloczasa ruchu jaki ma koń spełniać, następnie na długości odpowiadającej w tym iloczasiu rozległości kroku, przeciągnie linię prostą do jakiegokolwiek punktu. Linia ta odpowiada pewnej chwili, w ciągu której krok spełniony zostaje. Owóż ponieważ można na długości odpowiadającej jednemu krokowi, nakreślić na linijce nieograniczoną liczbę linii prostych, wypływa stąd, że artysta w upływie czasu w którym spełnia się krok w jakimkolwiek ruchu, może wybrać nieograniczoną liczbę postaw rozmaitych. Przypuśćmy że wybór nastąpił, oraz zechodzi o ruch stępa (fig. 61), że nadto w tym ruchu malarz chciałby przedstawić chwilę oznaczoną przez linię prostą 7. Ilozas go nauczy, że w tej chwili, stopa przednia prawa dopiero co dotknęła ziemi—że przednia lewa tem samem zaczyna się unosić—

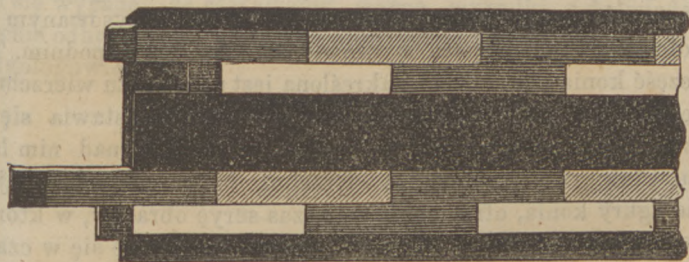


Fig. 62. Tabliczka iloczasowa przedstawiająca ruch galopu na trzy tempa.

że tylna prawa ma oderwać się od punktu podpory — wreszcie że tylna lewa dosięgnąć ma ziemi.

Aby dokładnie przedstawić zwierzę, dostatecznem będzie poznać postawę każdego członka przedniego lub tylnego, w rozmaitych chwilach ich unoszenia się i spoczywania na punkcie podpory, co względnie biorąc, rzeczą jest łatwą. W takim razie, artysta biorąc metodę za przewodnika, uniknie z pewnością wyobrażenia postaw fałszywych, które koni jakie przedstawia, czynią tak często całkiem niepodobnemi do rzeczywistych.

Figury szematyczne ruchów konia. Maciej Duval przedsięwziął z ruchów przenośnych konia, ułożyć seryę obrazów, które okazane w fenakistykopie przedstawiają zwierzę w ruchu w rozmaitych postawach.

22 922 Dowcipny ten fizyolog powziął myśl odtworzenia w postaci, że tak powiemy ożywionej, tego, co iloczas ruchów daje w stanie rytmu. Oto układ jakiego użył. Nakreślił on najpierw seryę postaw konia w rozmaitych chwilach kłusa. Szesnaście figur po sobie następujących, przedstawiają seryę położeń, jakie każdy członek z kolei przyjmuje w tym ruchu. Pasek papierowy na którym narysowane są te obrazy, pomieszczony w przyrządzie, wyobraża postacie konia kłusującego.

Owóz powiedzieliśmy, że wszelkie ruchy biegu, mogą być uważane za pochodzące od kłusa, z różnicą tylko w przodkowaniu mniej lub więcej wybitnem, akcyi członków tylnych. Przodkowanie to, p. Duval ujawnił w sposób następny w swych obrazach. Każda karta, na której odrysowana jest serya obrazów konia kłusującego, składa się z dwóch arkuszy na sobie ułożonych. Wierzchni powykrawany w ten sposób, że każdy koń narysowanym jest w połowie na tym arkuszu, w połowie zaś na arkuszu spodnim. Tyl-na część konia naprzykład, nakreśloną jest na arkuszu wierzchnim, przednia część zaś wyobrażona na spodnim przedstawia się widocznie w skutek wykroju, wyciętego w papierze nad nim leżącym. I tak przesunąć arkusz wierzchni do przerwy oddzielającej dwie figury konia, otrzymamy wówczas seryę obrazów, w których przednia część ciała przedstawi pewne opóźnienie się w czasie, w stosunku do tylnej części ciała. W ten sposób wytworzy się pod postacią figur to, co pozyskuje się pod postacią iloczasów, przesuwając o jeden stopień dwie linijki dolne tabliczki iloczasowej. Ponieważ zaś to przesunięcie o jeden stopień, każdego ruchu tylnej części ciała, daje iloczas kłusa ciętego, otrzymamy z figur narysowanych seryę położeń z kolei po sobie następujących kroku w kłusie ciętym.

Z przesuwania o większą liczbę stopni, pozyskamy seryę postaw przejawiających się w truchcie.

W każdym razie figury te pomieszczone w przyrządzie, tworzą zupełne złudzenie, przedstawiając konia biegnącego kłusem, stępem lub truchtem, odpowiednio do żądania. Wreszcie stopniując hyżość obrotową przyrządu, pozyskujemy mniej lub więcej szybkie ruchy jakie zwierzę zdaje się spełniać, co uzdolnia nie dość biegłego obserwatora, do śledzenia seryi położeń członków w każdym ruchu, i stawia go w możności badania na zwierzęciu żywem seryj ruchów, które na pierwszy rzut oka wydają się mu niesły-

chanie zawile. Spodziewamy się że te karty jeszcze nieco wadliwe, zostaną wkrótce ulepszone w tym stopniu, aby były rzeczywiście użytecznymi tym wszystkim, którzy zajmują się artystycznym odtwarzaniem konia.

Po tych badaniach dotyczących ruchu przenośnego na lądzie, winniśmy przedstawić mechanizm *przenoszenia się wodnego*. Niedawno odbyte doświadczenia p. Ciotti, wyświeciły wielce funkcję popychania, spełnianą przez ogon ryb, nie dla tego że obaliły teorię mechanizmu pływania przyjętą od czasów Borelli'ego, lecz z powodu wprowadzenia tej kwestyi na nową drogę, a mianowicie odtworzenia syntetycznego tego zjawiska. Metoda ta pozwoli niewątpliwie oznaczyć z dokładnością dotąd nieznaną, pracę motora i pracę oporową w ruchu przenośnym po wodzie. Spodziewać się wypada, że otrzymamy ważne wypadki z doświadczeń obecnie odbywanych, z których skorzystają równie mechanicy jak i fizyologowie.

KSIEGA TRZECIA.

RUCH PRZENOŚNY W POWIETRZU.

Rozdział I.

o locie owadów.

Hyżość uderzeń skrzydłowych owada podczas lotu. — Oznaczenie jej akustyczne i graficzne. — Wpływy zmieniające hyżość ruchów skrzydła. — Współczesność akcji obu skrzydeł. Oznaczenie optyczne ruchów skrzydła. — Krzywizna jaką skrzydło w ruchu zakresła. — Zmiany zachodzące w jego płaszczyźnie. — Kierunek ruchu skrzydła.

W ruchu przeniśnym po lądzie, mogliśmy wymierzać do świadczeniem ciśnienie wywierane przez stopy na ziemię, z którego wywiedliśmy napięcie reakcyj nadawanych ciału zwierzęcia. Obie te akce służyły równie dobrze do wymiarów bezpośrednich. W zadaniu mającem nas obecnie zajmować, warunki są całkiem odmienne. Powietrze daje punkt podpory skrzydłom je uderzającym, wszelako ten punkt podpory ustępuje w każdej chwili, a nawet w stosunku do hyżości z jaką przenoszonym zostaje, powietrze

stawia opór uderzeniu skrzydłowemu. Potrzeba więc w badaniu lotu, poznać ruch skrzydła ze wszelkimi fazami jego hyżości, aby oznaczyć opór stawiany przez powietrze temu organowi. Kwestye pozostające do rozwiązania, przedstawiają się w porządku następnym:

- 1) Jaka jest hyżość ruchów skrzydła u owadów?
- 2) Jakie są rozmaite położenia skrzydła, z kolei po sobie następujące, w czasie spełniania przez nie całkowitego zwrotu?
- 3) W jaki sposób rozwija się siła motorowa, utrzymująca i przenosząca ciało zwierzęcia?

I. Hyżość ruchów skrzydła u owadów. Hyżość ruchów skrzydłowych zmienia się odpowiednio do gatunków. Ucho słyszy ostre brzęczenie podczas lotu mustyków i pewnych much—brzęczenie bywa silniejszym w locie pszczoły lub trutnia, a jeszcze więcej się uwydatnia w locie gołąbków (*macroglossa stellatarum*) i sfinksów (*sphingida*). Co się tyczy innych łuskoskrzydłych, lot ich zwykle jest cichy, z tego powodu że uderzenia skrzydeł następują po sobie w powolnych upływach czasu.

Wielu naturalistów usiłowało oznaczyć hyżość z jaką skrzydła uderzają o powietrze, z brzmienności brzęczenia wydawanego przez zwierzę w czasie lotu. Wszelako chcąc aby to oszacowanie przedstawiało pewną wartość, potrzeba byłoby upewnić się dobrze, czy brzęczenie wydawane w locie, pochodzi wyłącznie z częstotliwości uderzeń skrzydłowych, podobnie jak dźwięk dyapazonu powstający w skutek częstotliwości jego wibracyj. Owóż w tym przedmiocie poglądy są odmienne. Według niektórych pisarzy, w czasie lotu wytwarza się ruch powietrza, przepływającego przez otworki dychawkowe owadu, a te ruchy powietrza naprzemian po sobie następujące wydają brzęczenie.

Nie podzielając tej opinii, przeciw której według nas, występuje wiele faktów, sądzymy jednak, że metoda akustyczna jest niedostateczną w ocenie hyżości ruchów skrzydłowych. Odrzucamy jej użycie z tej przyczyny, że brzmienność brzęczenia wydawanego przez owad w locie, zmienia się w skutek innych wpływów, nie zaś zmian zachodzących w hyżości uderzeń skrzydłowych.

Przysłuchując się brzęczeniu owada, odbywającego lot z szybkością jednostajną, rozpoznajemy, że brzmienność nie przedstawia się jednakową. Gdy owad zbliża się do naszego ucha, brzmienność wzrasta, przeciwnie pomniejsza się gdy tenże oddala

się. Coś podobnego zachodzi, gdy szybko przeprowadzamy około naszego ucha dyapazon wibrujący — dźwięk wydawany staje się mocniejszym, potem słabnie, a różnica w tych razach, dosięgać może ćwierci tonu, a nawet półtonu. Potrzeba więc byłoby mieć to na uwadze, aby owad poddany doświadczeniu, pozostawał zawsze w jednakowej odległości od obserwatora. Nieporządkowe to zjawisko, nie przedstawia zresztą żadnej trudności w wyjaśnieniu. Akustyk niemiecki Pisko wytłumaczył je przedziwnie. Bezwątpienia wibracje odtwarzają się zawsze po upływie jednakowego czasu—gdy jaka blaszka wibrująca pozostaje w niezmienniej odległości od ucha, wibracje jej dochodzą nas zawsze w jednakowym czasie, stąd też zjawisko zachodzące jednostajnie w przyrządzie, przejawia się z równą jednostajnością w naszym organie. Przeciwnie, jeżeli przyrząd zostaje do nas nagle zbliżonym, wibracja tworząca się w nim w tej chwili, przepływa mniejszą drogę dochodząc do naszego bębenka słuchowego, a tem samem, więcej jest zbliżoną do poprzedzającej ją wibracji i dźwięk zyskuje na brzmienności. Jeżeli narzędzie oddala się, wibracje następują po sobie w większych odstępach czasu i dźwięk staje się niższym. Każdy mógł zaobserwować jadąc koleją żelazną, że gdy lokomotywa w biegu wydaje świst, brzmienność jej dźwięku wzrasta w chwili zbliżania się ku nam maszyny, dźwięk zaś staje się niższym, gdy bieg wolnieje, świst wówczas szybko od nas się oddala. W rezultacie wielce jest trudnem z brzmienności brzęczenia wydawanego przez owad w locie, oznaczyć dokładnie hyżość z jaką uderzają o powietrze skrzydła. Pochodzi to w części od zmian zachodzących w brzmienności brzęczenia wytwarzającego się naówczas, które odpowiednio do szybkości lub kierunku lotu, przechodzi w każdej chwili z tonu niskiego w ostry. Prócz tego trudnem jest oznaczyć udział, jaki przyjmuje każde skrzydło w produkcyi brzęczenia. Wreszcie możnaby się zapytać, czy skrzydło owada w swych zwrotach, trzepocząc się w powietrzu, nie ulega daleko liczniejszemu wibracyom od tych, jakie spełnia za każdym dokonanym zwrotem.

Metoda graficzna, daje nam rozwiązanie proste i dokładne kwestyi nas zajmującej — pozwala nam oznaczyć prawie z jednego uderzenia skrzydła owada, liczbę ruchów spełnianych przez nie w każdej sekundzie.

Doświadczenie. Na walcu rozpościera się arkusz papieru pocerniony kopciem od świecy. Walec ten obraca się jednostajnie

około swej osi, z hyżością jednego obrotu w upływie $1\frac{1}{2}$ sekundy.

Ujmuje się naówczas delikatnymi częzkami owad, którego ru-

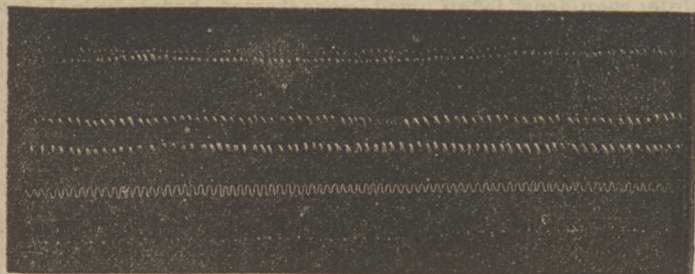


Fig. 63. Okazująca hyżość uderzeń skrzydła trutnia (trzy linie górne) i pszczoły (linia kropkowana dolna)—czwarta linia jest wytworzona przez wibracje dyapazonu, opatrzonego rylcem, spełniającym 250 wibracji podwójnych w sekundzie.

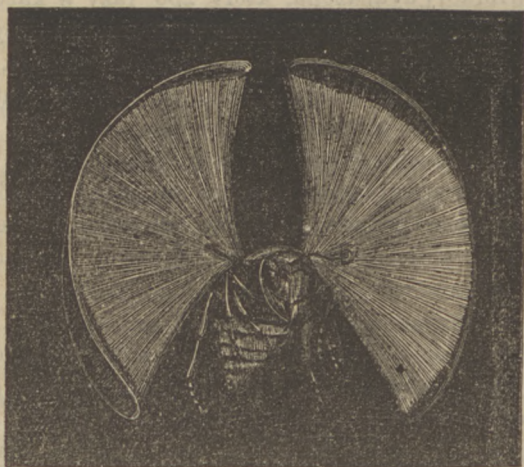


Fig. 64 Powierzchność osy, której położyono kończyny dwóch wielkich skrzydeł. Zwierzę pomieszczone w przepływie promienia słonecznego.

chy skrzydeł chcemy zbadać, a mianowicie hyżość ich uderzeń. Zwierzę pochwycone za dolną część odwłoka, umieszcza się w ten sposób, aby jedno skrzydło za każdym ruchem ocierało się z lekka

o papier poczerniony. Każde takie zetknięcie się z nim skrzydła, ściera kopeć sadzy pokrywającej papier, a ponieważ walec pozostaje w ruchu obrotowym, coraz nowe punkty nasuwają się nieustannie skrzydłu owada. Otrzymujemy w ten sposób figurę najzupełniej regularną, jeżeli owad pozostawać będzie w położeniu nieulegającym zmianom. Figury te, których podajemy kilka typów, różnią się od siebie odpowiednio do tego, czy zetknięcie skrzydła z papierem zachodziło silniej lub słabiej. Jeżeli to stykanie się było bardzo słabem, otrzymujemy seryę punktów lub krótkich kresek, jak to widzimy na figurze 63.

Wiedząc że walec spełnia jeden obrót w $1\frac{1}{2}$ sekundy, łatwo jest poznać, ile zwrotów skrzydłowych nakreśliło się w ten sposób na całym obwodzie walca. Wszelako jest jeszcze wygodniejszym i pewniejszym, obok tego użycie dyapazonu chronograficznego i przyrządu kontrolującego—pozyskujemy wtedy vibracje rylca, którym powyższy dyapazon jest zaopatrzony. Figura 63 okazuje obok śladu graficznego, wytworzonego przez skrzydło trutnia, ślady vibracji dyapazonu, który 250 razy w każdej sekundzie spełnia podwójną oscylację. Dyapazon posługujący do oznaczenia upływów czasu, odpowiadających jakiegokolwiek długości śladu graficznego, pozwala sprawdzić, że skrzydło trutnia spełniło 240 do 260 zwrotów zupełnych w sekundzie.

Wpływy zmieniające hyżość ruchów skrzydła. Znając to, co odnosi się do wpływu ciał oporowych na szybkość ruchów wytwarzanych przez zwierzęta, przychodzimy do wniosku, że skrzydło ocierające się o walec, nie przedstawia w swych ruchach normalnej hyżości, że zwroty jego są tem mniej liczne, im tarcie jest silniejszym. Doświadczenie potwierdza ten pogląd. Owad spełniający ruchy w locie, ocierając się dość silnie skrzydłem o papier, dawał 240 ruchów w sekundzie, zmniejszając zaś coraz więcej stykanie się skrzydła z walcem, otrzymano liczby coraz więcej wzrastające: 282, 305, 321. Ostatnia ta liczba ma wyraźnie wskazywać szybkość skrzydła poruszającego się swobodnie, gdyż ślad graficzny przedstawia jedynie seryę punktów zaledwie widocznych. Przeciwnie przy silniejszym ocieraniu się skrzydła o papier, spostrzegamy obniżającą się hyżość ruchów skrzydłowych do liczby 240, a nawet niżej.

Inną przyczyną zmienności zachodzącej w hyżości ruchów skrzydła owadów, jest sama rozległość tych ruchów. Winniśmy

zestawić tę przyczynę z poprzednią, gdyż wypadnie bardzo naturalnie przyjąć, że ruchy rozległe spotykają większy opór w powietrzu od ruchów wężej ściśnionych.

Ujawszy trutnia lub muchę za koniec nóżki, spostrzegamy, że zwierzę spełnia niekiedy w locie ruchy rozległe. Słyszymy naówczas brzęczenie niskiego tonu—przeciwnie, skrzydło ożywione tylko bardzo lekkim drganiem, wydaje brzęczenie w tonie bardzo ostrym. To, co ucho wykrywa odnośnie do różnic w hyżości uderzeń, jakie może nadawać zwierzę swym skrzydłom, gdy nie nie krępuje jego ruchów, najzupełniej potwierdzonem zostało doświadczeniami przez nas odbytemi z pomocą śladów graficznych. Notując chwile szerokiego lotu i drgań skrzydłowych, skontrolowane zostały te dwa rodzaje ruchów, przyczem znaleziono, że hyżość z jaką uderzają skrzydła, zmienia się w granicach wielce od siebie odległych, w przybliżeniu pozostających do siebie w stosunku cyfr 1: 3. Najmniejsza hyżość uderzeń skrzydłowych, odpowiada ruchom największej rozległości.

Różne gatunki owadów, z którymi odbywaliśmy doświadczenia, przedstawiły też wielce znaczące różnice w hyżości ruchów skrzydłowych. Staraliśmy się o ile można, porównywać z sobą te gatunki w warunkach podobnych, to jest podczas szerokiego lotu z niewielkiem ocieraniem się skrzydła o walec. Oto liczby otrzymane, wyrażające liczbę ruchów skrzydła w każdej sekundzie, u rozmaitych gatunków owadów:

Mucha domowa.....	330
Truteń	240
Pszczola.....	190
Osa.....	110
Gołąbek (motyl nagryzający przytulję).....	72
Szklarka	28
Motyl (Kapustnik).....	9

Współczesność akcji dwóch skrzydeł. Utrzymując owad w stosownem położeniu, można zniewolić go do pocierania walca jednocześnie obu skrzydłami. Widzimy naówczas ze śladu, że oba skrzydła działają współcześnie, spełniając z osobna jednakową liczbę ruchów.

Zresztą możemy przekonać się, że istnieje rodzaj nieodzownej współzależności w ruchach obu skrzydeł. Na owadzie świeżo zabitym, dostrzegamy wywołując ruchy w jednym skrzydłe, że dru-

gie od strony przeciwnej, spełnia do pewnego stopnia ruchy nadane organowi z nim współczynnemu. Oddalając jedno skrzydło od ciała zwierzęcia, drugie odsuwa się również—unosząc pierwsze w górę i drugie się wznosi. Osa nadaje się przedziwnie do tego doświadczenia.

Wszelako w locie utrzymywanym na więzi, niektóre owady mogą spełniać rozległe ruchy jednym skrzydłem, gdy drugie wydaje zaledwie małe vibracje. Mucha naprzykład, zwana ścierwnicą, spełnia zwykle ten rodzaj lotu naprzemianległego—utrzymując ją w cząstkach, rzadko bywa, aby oba jej skrzydła poruszały się jednocześnie. Niespodziewana gwałtowność tych ruchów naprzemian po sobie następujących, nagle zboczenia nadawane przez nie osi ciała zwierzęcia, nie pozwoliły nam zebrać śladu graficznego współczesnego ruchu obu skrzydeł, i dowiedzieć się, czy pomimo nierównej rozległości ruchów, współczesność utrzymuje się w tych warunkach.

Figury jakie mamy przedstawić, wykazały regularną peryodyczność ruchów w czasie lotu owada, lecz obok tego ujawnia, że ślad graficzny nie mógłby reprezentować całkowitego zwrotu skrzydła, gdyż to nie byłoby stycznem do większej części powierzchni walca. Jakikolwiek zresztą mogą być ruchy zakreślane przez skrzydło, kończyzna jego porusza się widocznie po powierzchni kuli, której promień stanowiłaby długość skrzydła, a środek jej pozostawałby w punkcie przytwierdzenia tego organu do *śródpiersia* (Mesothorax). Owóz kula może być styczną tylko w jednym punkcie do płaszczyzny, lub do powierzchni wypukłej; ztąd też otrzymujemy z seryi zwrotów skrzydłowych, tylko seryę punktów, gdy walec obrotowy styka się w jednym tylko punkcie ze skrzydłem. Ślady graficzne więcej złożone, otrzymują się jedynie w skutek zetknięć rozleglejszych, w których skrzydło zgina się i ociera o walec pewną częścią swej powierzchni lub krawędzi. Podamy w jaki sposób metoda graficzna, może posłużyć do oznaczenia ruchów skrzydła—dla jasności zaś wykładu, wskażemy najpierw wypadki otrzymane z pomocą innej metody.

II. Metoda optyczna, służąca do oznaczenia ruchów skrzydła.
Upewniwszy się raz z doświadczeń poprzednich, o regularnej peryodyczności ruchów skrzydła owadów, sądziliśmy, że można było za pośrednictwem wzroku określić naturę tych ruchów. W rzeczy samej, gdyby można było przytwierdzić do kończyzny skrzydła

blaszkę błyszczącą, to ona przebiegając nieustannie przez jedne i te same punkty w przestrzeni, pozostawiałaby ślad świetlny, który odtwarzałby figurę zupełnie regularną i wolną od krzywizn, jakie może wydawać ocieranie się skrzydła o powierzchnię walca. Zresztą ta metoda optyczna, używaną już była w podobnym celu przez Wheatstone'a, który określając za pomocą kul metalowych błyszczących, prążki wibracji złożonych, otrzymał figury świetlne, zmieniające się odpowiednio do rozmaitych kombinacji ruchów wibracyjnych.

Przytwierdzając blaszkę złota malarskiego do kończyny skrzydła osy, i wprowadzając ją w promień słoneczny, padający na zwierzę w chwili gdy lot spełnia, otrzymaliśmy obraz świetlny położenia skrzydła z kolei po sobie następujących.

W tym razie, koniec skrzydła opisuje cyfrę wielce przedłużoną ósemki, niekiedy nawet skrzydło zdaje się poruszać całkiem po płaszczyźnie, następnie widzimy rozwierające się coraz więcej obrączki końcowe tworzące ósemkę (8). Gdy otwór ten staje się szerszym, zwykle jedna obrączka rozszerza się więcej od drugiej, najpowszechniej obrączka dolna wzrasta, górna zaś pomniejsza się. Wreszcie w skutek wytworzenia się szerszego jeszcze otworu, następuje niekiedy przekształcenie się obrączek w nieregularną elipsę, wszelako przy jej końcu, zdawało się nam rozpoznawać ślad drugiej obrączki.

Sądziliśmy, że pierwsi wskazaliśmy tę postać krzywizny zakreślanej przez skrzydło owada pozostającego w ruchu, wszelako reklamacya p. J. B. Pettigrewa objaśniła nas, że autor angielski wykrył wcześniej przejaw ósemki w zwrocie skrzydła owadu, i przedstawił ją w figurach zamieszczonych w jego dziele ¹⁾. Zobaczymy później, że pomimo tej pozornej zgodności, teorya nasza różni się w zasadzie od podanej przez p. Pettigrewa.

Zmiana płaszczyzny skrzydła. Figura świetlna jaką w ruchu wydaje skrzydło wyłoczone owada, okazuje nadto, że w czasie ruchów naprzemianległych w locie, płaszczyzna skrzydła zmienia pochylenie w stosunku do osi ciała owada, tudzież że powierzchnia górna tego skrzydła zwraca się nieco ku tyłowi, gdy zwierzę

¹⁾ On the mechanical Appliances by which Flight is attained in the animal Kingdom Transactions of the Linnean Society 1867 str. 233.

wznosi się, pochyla się zaś cokolwiek naprzód, gdy owad w locie obniża się.

W rzeczy samej, jeżeli wyzłocimy znaczną część powierzchni górnej skrzydła osy, bacząc na to, aby pozłota ograniczała się ściśle do tej tylko powierzchni, spostrzeżemy, że zwierzę pomieszczone w świetle, wytworzy kształt ósemki z napięciem siły wielce nierównem w obu połowach obrazu. Cyfra wydrukowana w ten sposób: 8, wyobraża postać naówczas wytwarzającą się. Rys gruby w ósemce, odpowiada części bardzo świetlnej obrazu, rys zaś cienki odpowiada części cechującej się małym blaskiem. Widocznie przyczyną tego zjawiska, jest zmiana płaszczyzny skrzydła — zmiana w skutek której promienie słoneczne wydatniej odbijają się, gdy owad wznosi się w locie, słabiej zaś nierównie, gdy owad obniża skrzydła.

Jeżeli odwrócimy zwierzę w ten sposób, aby można było obserwować w kierunku odwrotnym figurę świetlną, ósemka przedstawi wówczas również w kierunku odwrotnym, różnice w blasku obu jej połów. Stanie się więcej błyszcząca w części, która przed chwilą przedstawiała nam blask mały—odwrotny zaś skutek przejawia się w pozostałej części. Korzystając z metody graficznej, znajdziemy nowe dowody tych zmian płaszczyzny skrzydła owadów podczas lotu. Zjawisko to niepospolite ma znaczenie, gdyż w niem zdaje się mieścić przyczyna najbliższa siły motorowej, przenoszącej ciało zwierzęcia.

Dla skontrolowania doświadczeń poprzednich, i upewnienia się jeszcze bardziej o rzeczywistości sposobu przenoszenia się skrzydeł, uwidocznionego metodą optyczną, wprowadziliśmy końiec małego rylca wewnątrz obręczek 8-ki, opisywanej przez skrzydło. Sprawdziliśmy wówczas, że wewnątrz tych obręczek, istnieją rzeczywiście miejsca swobodne w kształcie lejów, w które przedziera się rylce nie spotykając skrzydła, gdy tymczasem chcąc przejść przecięcia, w których krzyżują się z sobą obręczki ósemki, skrzydło bezzwłocznie uderza o rylce i lot przerwany zostaje.

III. Metoda graficzna używana do oznaczenia ruchów skrzydła. Doświadczenia poprzednie wyjaśniają wielce wykład śladów graficznych, otrzymywanych w skutek ocierania się skrzydła owadu o wałek poczerniony. Chociaż figury w ten sposób pozyskane są najczęściej niedokładne, możemy jednak z pomocą ich elementów

rozpierzchłych, odtworzyć figurę wskazaną nam przez metodę optyczną. Zaznaczono najpierw, że można otrzymać ślady 7 do 8 milimetrów szerokości mające, gdy skrzydło niewielką długość przedstawia, nie ścieśniając widocznie ruchów lotu. Lekkie wygięcie jakiemu ulega skrzydło, pozwala mu pozostawać w zetknięciu



Fig. 65. Ślad graficzny części środkowej zwrotu skrzydła pszczoły, okazyjący skrzyżowanie się dwóch gałęzi ósemki. Jedna gałąź przedłuża się dość nisko—wszelako ślad graficzny obrączki spodniej nie mógł się wytworzyć.

z walcem w tej rozległości — otrzymujemy więc ślad graficzny cząstkowy ruchu. Otóż jeżeli postaramy się wytworzyć zetknięcie się skrzydła z walcem w rozmaitych punktach zwrotu organu, otrzymamy seryę śladów graficznych cząstkowych, które wzajemnie uzupełniać się będą i pozwolą nam wywieść kształt, jaki

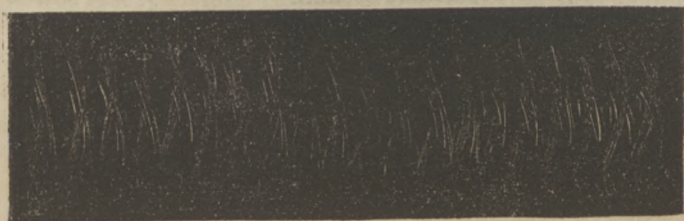


Fig. 66. Ślad graficzny części środkowej zwrotu skrzydła gołąbka nagryzającego przytulę. Rysy wielościowe, z których ten ślad graficzny jest wytworzony, pochodzą ztąd, że kończyzna skrzydła jest strzępkowaną i przedstawia wiele chropowatości.

miałby ślad graficzny całkowitego zwrotu skrzydłowego. Przypuśćmy, że krzywizna opisana przez skrzydło pozłożone, podzieloną zostaje przez linie poziome na trzy części, a mianowicie górną, utworzoną przez obrączkę wierzchnią — środkową obejmującą skrzyżowanie się dwóch gałęzi ósemki, składające rodzaj głoski X — wreszcie dolną, w której mieści się obrączka spodnia.

Kontrolując ruchy części środkowej otrzymujemy figury dość sobie podobne, w których linie pozostające w skośnem do siebie położeniu przecinają się z sobą. Taki układ linii w figurze 65, przedstawia część środkowa śladu graficznego pszczoły, w figurze

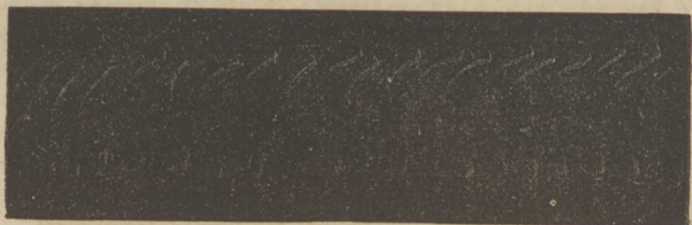


Fig. 67. Figura ta okazuje w śladzie graficznym osy, obrączkę górną i całą rozległość jednej gałęzi ósemki. Część tylko środkowa tej gałęzi jest kropkowaną z przyczyny słabego ocierania się skrzydła.

zaś 66 część środkowa śladu graficznego *gołąbka* (*motyla nagryzającego przytulę*).

Część górną zwrotu skrzydłowego, wydaje ślady graficzne, podobne do przedstawionych w figurze 67, w których wielce są widoczne obrączki wierzchnie ósemki.



Fig. 68. Ślad graficzny skrzydła osy—spostrzegamy w nim widocznie wiele obrączek dolnych. (Ten ślad graficzny otrzymano, utrzymując owad w ten sposób, że część tylna kończyny skrzydła ocierała się o walec, w skutek czego występowały ślady graficzne wielkiej rozległości).

Wreszcie ślady graficzne części odpowiadającej zwrotowi dolnemu skrzydła, tworzą obrączki podobne do powstających w części górnej. W figurze 68 widzimy wyobrażone trzy ślady graficzne, które składając w całość, można wytworzyć ósemkę.

Gdyby można było zebrać odrazu całkowity ślad skrzydła owadu, mielibyśmy figurę identyczną z tą, jaką nasz uczony akustyk Koenig otrzymał pierwszy, z pomocą pręcika Wheatstone'a, zastosowanego do oktawy, to jest opisującego ósemkę w przestrzeni. Ten kształtotyp przedstawiamy w figurze 69.

Zobaczymy że metoda graficzna, daje się zastosować w doświadczeniach służących do jej sprawdzenia, które już odbyliśmy

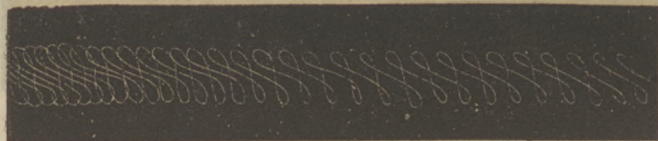


Fig. 69. Ślad graficzny pręcika Wheatstone'a, zastosowany do oktawy, to jest wibrujący dwukrotnie poprzecznie w każdej wibracji podłużnej (figura ta wyjęta z dzieła R. Koeniga). Słabnący obrót walca, wytwarza zjednoczenie się krzywizn w końcu śladu graficznego.

używając innych metod. Zmieniając odpowiednio współbieganie się z walcem obrotowym, można z góry przewidzieć jaka narysowuje się figura, jeżeli w istocie skrzydło tworzy ósemkę. Owóż otrzymując figurę zgodną z przewidywaniem, "pozyskujemy widoczny dowód rzeczywistości ruchów, jakich istnienie przyjmowaliśmy

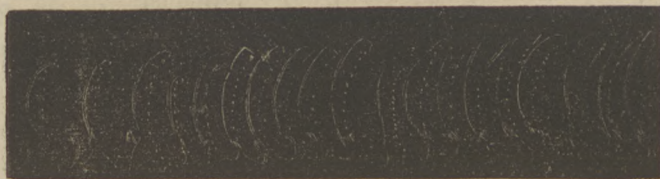


Fig. 70. Ślad graficzny skrzydła pszczoły, otrzymany z jego oscylovania po płaszczyźnie widocznie stycznej do tworzącej walca kontrolującego.

my. Przypuśćmy, że skrzydło owada zamiast dotykać walca swą kończyną jak to dopiero co widzieliśmy, dotyka go jedną swą krawędzią, i wyobraźmy sobie na chwilę, że ósemka zakreślona przez skrzydło, przedłuży się w tym stopniu, że bardzo mało oddali się od płaszczyzny, któraby przechodziła przez oś prostopadłą tej figury. Chociażby skrzydło cisnęło najslabiej na walec, zetknięcie z nim przecież będzie ciągle i ślad graficzny przedstawi

się nieprzerwany, figura jednak otrzymana nie zarysuje się już w ósemkę. Jeżeli walec nie pozostaje w ruchu, figura będzie łukiem koła, a wklęsłość jego zwróconą zostanie do punktu, z którego występuje skrzydło, czyli do punktu jak najdokładniej zajmowanego przez środek krzywizny opisanej. Jeżeli walec obraca się, figura rozwinie się jak oscylacja dyapazonu kontrolującego, w tychże samych warunkach i otrzymamy ślad graficzny mniej

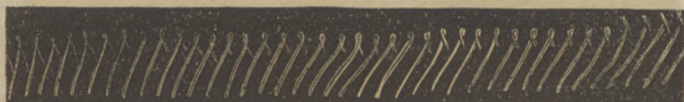


Fig. 71. Ślad graficzny osy. Zwierzę pomieszczono w ten sposób, aby koniec skrzydła dotykał walca i opisywał przedewszystkiem górną obręczkę ósemki.

lub więcej podobny temu, jaki przedstawia figura 70.

Postać ta, jaką przewidywała teoria, przejawia się zawsze, gdy płaszczyzna po której skrzydło się porusza, jest styczną do tworzącej walca.

Jednakże rozpatrując się w tych śladach graficznych, łatwo jest rozpoznać *zmiany zachodzące w grubości rysu* tych części, które zdają się ulegać ocieraniu się mniej lub więcej silnemu skrzydła o walec. W tem właśnie znajdujemy nowy dowód istnienia ruchu



Fig. 72. Ślad graficzny pręcika Wheatstone'a, zastosowanego do oktawy, opatrzonego skrzydłem osy, i pomieszczonego w ten sposób, aby kreślił głównie górną obręczkę ósemki.

ósemkowego, jak to zamierzamy okazać posługując się nowem świadectwem syntetycznem.

Weźmy pręcik Wheatstone'a zastosowany do oktawy, zaoptujemy go skrzydłem owada, zamiast w tej mierze używanego ryłka, i nakreślimy vibracje jakie spełnia. Jeżeli walec jest nieruchomym, a koniec skrzydła dotyka papieru, zwracając się prostopadłe do jego powierzchni, otrzymamy figury ósemkowe, jeżeli

zaś walec pozostaje w ruchu obrotowym, rozwiną się ósemki. Z pomocą pręcika zastosowanego do oktawy, można otrzymać ślady identyczne z temi, jakie wydaje owad—przekonać się o tem możemy z zestawienia figury 71 i 72.

Wreszcie metoda graficzna, dostarcza nam niemniej dowodu zachodzących zmian w płaszczyźnie skrzydła owada, podczas roz-

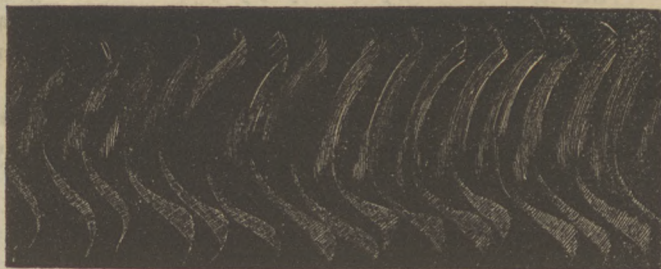


Fig. 73. Ślad ruchów tylnej krawędzi skrzydła gołąbka, ocierającej się o walec.

maitych chwil jego zwrotu. Figura 73 przedstawia ślad wydany przez skrzydło gołąbka, tak ułożone, aby dotykało walca tylną swą krawędzią. Przysuwając zwierzę do walca niezbyt blisko, wytwarzają się tylko zetknięcia urywane, następujące w chwili, gdy skrzydło zakreśla część obrączek ósemkowych, których wypukłość jest styczną do walca. Ślady ocierania się

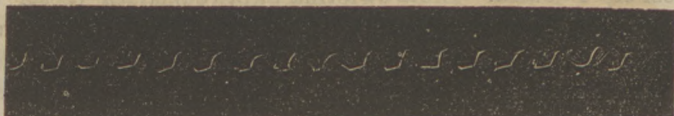


Fig. 74. Ślad graficzny skrzydła gołąbka zmęczonego—niedostrzegamy już w nim kształtu ósemkowego, lecz prostą oscylacyję wahadłową.

skrzydeł, zajmujące połowę górną figury, przeplatane są naprzemiennie temi, które zajmują dolną jej połowę. Prócz tego widzimy, że niejedna powierzchnia skrzydłowa wytworzyła te dwa rodzaje śladów, otrzymanych z ocierania się skrzydeł.

W rzeczy samej widoczną jest rzeczą, że rysy połowy górnej, z których każdy składa się z seryi kresek, wytworzyły się

przez zetknięcie się walca z wystrzępioną krawędzią skrzydła. Przeciwnie rysy w części dolnej przedstawione, pochodzą z innej powierzchni skrzydła pozbawionej strzępek, i pozostawiającej ślad bielszy z obrysami wyraźniej odznaczonemi.

Te zmiany płaszczyzny zachodzą tylko w rozległych ruchach skrzydłowych. Jest to fakt ważny w zaznaczeniu, gdyż prowadzi nas na drogę mechanizmu produkcyi tych ruchów. Figura 74 przedstawia równie jak figura 73, ruchy skrzydła gołąbka, z tą różnicą, że w skutek strudzenia się owada, ruchy straciły prawie całkiem właściwą im rozległość.

W figurze tej widoczną jest tylko serya oscylacyj wahadłowych wskazujących, że skrzydło nie zmieniając płaszczyzny, tylko

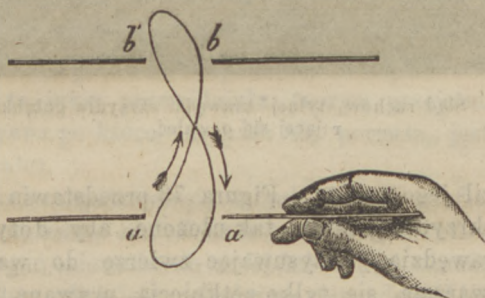


Fig. 75. Oznaczenie kierunku ruchów skrzydła owadu.

wznosi się i obniża. Linia świetlna okrawędziająca części wyższe tych krzywizn, wyjaśnia się naprzemianległym zginaniem się skrzydła, ocierającego się o papier. Okazuje też niemniej, że powierzchnia górna przedstawiała chropowatość, która pozostawiła ślad wybitny, gdy tymczasem powierzchnia dolna nie miała podobnej chropowatości.

IV. Kierunek ruchu skrzydła. Brak nam jeszcze elementu wielce ważnego, do zupełnego poznania ruchów jakie skrzydło owada spełnia w locie. W rzeczy samej metoda optyczna, przedstawiając nam wszystkie punkty zwrotu położonej kończyny skrzydła, nie wskazuje nam wcale, w jakim kierunku ten zwrot zachodzi. Jakimkolwiek będzie kierunek, w którym skrzydło porusza się w drodze swego przebiegu, obraz świetlny przez nie wydawany, będzie zawsze jednakowy. Środek bardzo prosty daje nam

rozwiązanie tej nowej kwestyi, zasadza się on na doświadczeniu niżej przedstawionem.

Figura 75 przedstawia obraz świetlny, wydawany przez skrzydło prawe w ruchach jakiegobądź owadu. Strzałki wskazują kierunek w jakim spełniają się te ruchy, których oko wysiedzić nie może. Dla oznaczenia kierunku powyższych ruchów, używamy małego pręcika szklanego wygładzonego, poczernionego kopciem od świecy, poczem utrzymując ten pręcik prostopadle do kierunku w którym porusza się skrzydło, dotykamy końcem poczernionym punktu a , to jest położonego przed obrączką dolną. Staramy się następnie wprowadzić ten koniec w środek zwrotu skrzydła, wszelako jak tylko on tam się przedrze, pręcik odbiera uderzenia od skrzydła ocierającego się o jego powierzchnię i unoszącego sadzę pokrywającą koniec pręcika. Badając powierzchnię szkła, spostrzegamy, że sadza startą jest jedynie w części górnej tej powierzchni, co okazuje że w punkcie a , skrzydło w zwrocie swym obniżało się. Toż samo doświadczenie powtórzone w punkcie a' , to jest w części tylnej zwrotu skrzydłowego, uwidocznia że pręcik ulegał ocieraniu się od spodu — innemi słowy, że w punkcie a' skrzydło wznosiło się w locie. W tenże sam sposób można sprawdzić, że skrzydło wznosi się również w punkcie b , obniża się zaś w punkcie b' .

Znamy teraz wszelkie ruchy spełniane przez skrzydło owadu w locie, równie jak podwójną zmianę płaszczyzny im towarzyszącej. Poznaliśmy tę zmianę płaszczyzny z nierównego blasku dwóch gałęzi ósemki świetlnej. Otóż można się przekonać, że w obniżającym się zwrocie skrzydła, to jest od b' do a w figurze 75, powierzchnia górna skrzydła zwraca się nieco naprzód, gdy tymczasem od a' do b , to jest w locie wznoszącym się, powierzchnia ta zwraca się nieco ku tyłowi.

Rozdział II.

Mechanizm lotu owadów.

Przyczyny ruchów skrzydła owadów.—Mięśnie zarządzają tylko ruchami wahadłowymi; opór powietrza wpływa na zmianę zwrotu skrzydła.—Odtworzenie sztuczne ruchów skrzydła owadów.—O działaniu popychającym skrzydła owadu.—Budowa owadu sztucznego, przenoszącego się poziomo. — Unoszenie się owada.

I. Przyczyny ruchów skrzydła. Ruchy te wielce złożone składają nas do przypuszczenia, że istnieje przyrząd mięśniowy również bardzo złożony. Wszelako anatomja nie wykrywa w owadzie bytu mięśni zdolnych zarządzać wszystkimi temi ruchami. Rozpoznano jedynie w mięśniach nadających ruch skrzydłu, dzwigacze i zniżacze (*levatores et depressores*); zresztą śledząc bliżej warunki mechaniczne lotu owada, spostrzegamy, że do wytworzenia wszelkich tych akcji po sobie następujących, a tak z sobą zgodnych, dostatecznym jest ruch wahadłowy naprzemiannegły nadawany przez mięśnie. Opór powietrza wywołuje wszelkie inne ruchy.

Jeżeli wyrwiemy skrzydło owadowi (fig. 76) i utrzymywać je bądziemy za rodzaj szypułki przytwierdzającej toż skrzydło do klatki piersiowej, to poddając je prądowi powietrza, spostrzeczemy, że płaszczyzna skrzydła pochyla się tem więcej, im prąd jest

silniejszy. Szypułka przednia stawia opór, natomiast żagielek błoniasty przedłużający się ku tyłowi, zgina się z przyczyny większej jego giętkości. Gdy prąd powietrza dmie na powierzchnię górną skrzydła, ta pochyla się ku tyłowi, gdy zaś dmie od dołu, powierzchnia górna zwraca się ku przodowi.

Według Feliksa Plateau, u niektórych gatunków owadów, skrzydło stawiałoby większy opór ciśnieniu powietrza działającemu od dołu ku górze, niż wywieranemu w kierunku odwrotnym.

Nie jestże widocznem, że w ruchach zachodzących w locie, opór powietrza wywrze na płaszczyznę skrzydła, też same skutki, jakie wywołują prądy powietrzne, z których użytkowaliśmy przed chwilą? Zresztą zmiany płaszczyzny, jakie sprowadzałyby w tych warunkach opór powietrza, są też same co obserwowane w locie. W rzeczy samej widzieliśmy, że skrzydło zniżające się, zwraca powierzchnię górną ku przodowi, co wyjaśnia się oporem powietrza działającym od dołu ku górze — skrzydło zaś wznosząc się,

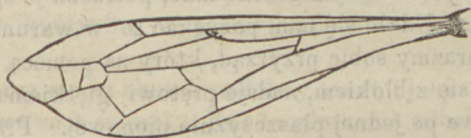


Fig. 76. Budowa skrzydła owadu.

zwraca tę powierzchnię ku tyłowi, co pochodzi z tej przyczyny, że opór powietrza działa naówczas od góry ku dołowi.

Nie mamy więc potrzeby przypuszczać odrębnych akcyj mięśniowych, sprowadzać mających zmiany w płaszczyźnie skrzydła, zresztą zmiany te dają nam z kolei klucz, ułatwiający zrozumienie ruchów skośnych i krzywoliniowych, które wytwarzają zwrot ósemkowy, zakreślany przez skrzydło owada.

Powracamy do fig. 75 — skrzydło zniżające się, zwraca się jednocześnie od tyłu ku przodowi. Otóż pochylenie się płaszczyzny skrzydła, pod wpływem oporu powietrza, sprowadza nieodwrotnie to obniżenie skośne od b' ku a. Płaszczyzna pochyła uderzając o powietrze, usiłuje poruszać się w kierunku swej własnej pochyłości.

Przypuśćmy więc, że w skutek akcyj mięśniowej, skrzydło tylko wznosi się i obniża. Opór powietrza, dzięki ciśnieniu, jakie wywierać będzie na płaszczyznę skrzydła, zniewoli organ w cza-

sie jego obniżania się do zwrotu ku przodowi. Jednakże to zбочenie nie mogłoby wytworzyć się, gdyby szypułka nie ulegała lekkiemu zgięciu. Z drugiej strony, siła wpływająca na zbaczanie skrzydła ku przodowi, musi koniecznie ulegać zmianom w napięciu, odpowiednio do hyżości z jaką organ obniża się. Ztąd też, gdy w końcowym locie zstępnym, skrzydło spełniać będzie ruch powolniejszy, spostrzegamy, że szypułka mniej zbaczając zwróci skrzydło ku tyłowi, w stosunku do linii krzywej przez nie zakreślonej. W ten sposób wyjaśnia się bardzo naturalnie wytwór gałęzi zstępnej 8-mki, jaką skrzydło opisuje. Taż sama teorya tłumaczy nam, tworzenie się gałęzi wstępnej w tej figurze.

W rezultacie rodzaj oscylacyi wahadłowej spełnianej przez szypułkę skrzydła, łącznie z oporem powietrza, wystarcza do wytworzenia tych wszystkich ruchów wykrywanych przez obserwacyę.

II. *Odtworzenie sztuczne ruchów skrzydła owadów.* Chcąc aby wnioski teoretyczne były niezachwiane, potrzeba je sprawdzić doświadczeniem. Udało się nam pozyskać to w warunkach następných. Wyobraźmy sobie przyrząd, który za pomocą korbki i koła wiążącego się z blokiem, nadaje prętowi giętkiemu szybkie ruchy wahadłowe po jednej płaszczyźnie pionowej. Przytwierdźmy błonę podobną istniejącej w skrzydłach owadu do tego pręta, który w niej reprezentować będzie szypułkę, spostrzeżemy wówczas wytwarzające się wszelkie ruchy opisywane w przestrzeni przez skrzydło owada.

Obrzucając światłem kończynę tego skrzydła sztucznego, widzimy że koniec jej zakreśla ósemkę, jak to ma miejsce ze skrzydłem rzeczywistem, sprawdzimy niemniej że płaszczyzna zmienia się dwukrotnie za każdym spełnionym obrotem, co jak nam wiadomo również przejawia się w locie owada.

Otóż w przyrządzie powyższym ruch nadawany skrzydłu, polega tylko na jego podnoszeniu się i obniżaniu naprzemianległem. Bez wpływu oporu powietrza, skrzydło musiałoby unosić się i zniżać pozostając na płaszczyźnie pionowej, opór więc powietrza wytwarza wszelkie zawilości tych ruchów. Opór powietrza tem samem zgina szypułkę skrzydła, zwracając ją w kierunku prostopadłym do płaszczyzny w której oscyluje.

Wszelako, gdy skrzydło popychanem jest za każdym spełnionym ruchem naprzemianległym ku stronie tej szypułki, jasną

jest rzeczą, że powietrze uderzane przez to skrzydło, ulegnie parciu w kierunku odwrotnym — innemi słowy, uchodzić będzie od strony krawędzi giętkiej skrzydła, wiejąc w tymże kierunku. Gdy umieścimy świecę od strony wężkiej krawędzi skrzydła, to tworzący się prąd powietrza dąć będzie silnie na płomień ustępujący temu prądowi; przeciwnie świeca pomieszczona przed szypułką skrzydłową, ujawnia ciąg powietrza w odwrotnym kierunku — płomień jej będzie silnie przez prąd powietrza pociągany.

III. O akcji popychającej skrzydła owada. Podobnie jak raca wylatująca w kierunku przeciwnym wytryskowi gazu przez nią wyrzuconego, owad posuwa się naprzód w kierunku odwrotnym ciągowi powietrza, wytworzonemu w skutek ruchu jego skrzydeł.

Każde zatrzepotanie skrzydłem uderza powietrze skośnie, i rozdziela opór tego gazu w ten sposób, że powstaje ztąd siła wypadkowa pozioma, popychająca owad ku przodowi. Ta siła wypadkowa działa tak w obniżaniu się jak i we wznoszeniu skrzydła, w tym stopniu, że oba tempa jego oscylacyi, przedstawiają akcyę równie korzystną w postępowem przenoszeniu się zwierzęcia.

Wytwarza się tu skutek podobny temu, jaki otrzymujemy w wodzie przez ruch wiosła. Każde uderzenie wiosłem, przedstawiającem płaszczyznę pochyłą do oporu wody, rozkłada ten opór na dwie siły, to jest, jedną działającą w kierunku przeciwnym ruchowi wiosła, drugą prostopadłą do kierunku tego ruchu — ta ostatnia popycha statek.

Większa część silników popychających ciała w wodzie, rozkłada w ten sposób opór płynu, w skutek ruchu płaszczyzny pochyłej. Ogon ryb wytwarza popychanie tego rodzaju, ogon boibra działa podobnie z tą tylko różnicą, że oscyluje po płaszczyźnie prostopadłej. Spiralna nawet statków, może być uważaną za płaszczyznę pochyłą, będącą w ruchu ciągłym, odbywającym się zawsze w jednym kierunku.

Gdybyśmy chcieli przedstawić płaszczyznę skrzydła z rozmaitych punktów jego zwrotu, otrzymalibyśmy figurę 77, w której strzałki wskazują kierunek zwrotu skrzydła, linje zaś kropkowane lub kreskowane wyrażają pochyłość jego płaszczyzny.

Odpowiednio do tego, dość nam będzie przedstawić figurę skreśloną przez Pettigrewa w dziele jego lot rozbierającym, aby ocenić o ile pogląd autora angielskiego różni się od naszego.

Krzywiznę opisywaną przez skrzydło, przedstawia Pettigrew na figurze 78. Cztery strzałki wskazują według tego autora, kierunek ruchu w rozmaitych punktach tej krzywizny. Owóż te cztery strzałki nakreślone są w jednym kierunku. Ten pierwszy fakt, pozostaje w sprzeczności z doświadczeniem przez nas opisanem na str. 193, z pomocą którego wysledziliśmy kierunek ruchu skrzydłowego i znaleźliśmy ten kierunek odwrotnym w obu gałęziach ósemki. Dla wyjaśnienia postaci wyrażonej tą krzywizną, p. Pettigrew przyjmuje, że w przenoszeniu się od prawej ku lewej stronie, skrzydło kreśli grubą gałąź ósemki grubszą swą krawędzią, gałąź zaś cienką opisuje krawędzią cieńszą. Skrzyżowanie się więc ósemki, wyformowanem byłoby w skutek zupełnego odwrócenia się płaszczyzny skrzydła, podczas jednej z faz jego zwrotu. Wreszcie w tem odwróceniu się płaszczyzny skrzydła,



Fig. 77. Przedstawienie zmian w płaszczyźnie skrzydła owadów.

autor upatruje akcyę podobną tej, jaką przedstawia spiralna, której osadą byłoby powietrze. Nie będziemy zaprzętać się dłużej tą teorią, poczytywaliśmy jednak sobie za obowiązek przedstawienie jej, ze względu reklamacyi jaką spowodowała.

IV. Odtworzenie sztucznego lotu owada. Dla dokładniejszego zrozumienia akcyi skrzydła owadu, i skutków oporu powietrza, zbudowaliśmy odpowiedni przyrząd. Niech czytelnik wyobrazi sobie, dwa skrzydła sztuczne złożone z szypułki sztywnej, w tył pochylonej za pomocą żagielką giętkiego, wyrobionego z błonki kiszkowej, i utrzymywanego przez delikatne szypułki stalowe. Skrzydła te pozostają na płaszczyźnie poziomej, unoszą się zaś lub obniżają za pomocą mechanizmu drążków powyginanych, nie nadających im jednak żadnego ruchu bocznego. Ruch skrzydłom nadaje mały bębenek miedziany, w którym powietrze zostaje naprzemian zgęszczane lub rozrzedzane w skutek działania pompy. Powierzchnie okrągłe tego bębna, wyrobione są z błon kauczukowych, wchodzących w związek z obu skrzydłami za pośrednictwem drążków powyginanych. Powietrze zgęszczane lub rozrzedzone w bębnie, nadaje tym giętym błonom ruchy silne i szybkie, udzielające się jednocześnie obu skrzydłom. Rurka pozioma utrzymywana w równowadze przeciwwagą, pozwala przy-

rządowi obracać się około osi głównej i służy jednocześnie do przeprowadzania powietrza z pompy do bębna motorowego. Oś stanowi rodzaj gazometru z rtęcią, za pomocą którego zamykają się hermetycznie przewody powietrzne, wpływające na swobodny obrót narzędzia w płaszczyźnie poziomej.

W ten sposób ułożony przyrząd, wskazuje mechanizm w którym opór powietrza w połączeniu z ruchami skrzydła, wytwarza postępowe przenoszenie się owadu. W rzeczy samej, jeżeli za pomocą pompy zawierającej powietrze, wprawiamy w ruch skrzydła owada sztucznego, spostrzegamy, że przyrząd przyjmuje wkrótce szybki obrót około osi. Mechanizm przenoszenia się owadu jest zatem wyjaśnionym za pomocą tego doświadczenia, po-



Fig. 78. Krzywizna zakreślana przez skrzydło, według Pettigrewa.

twierdzącego najzupełniej teorię jaką wywiedliśmy z analizy optycznej i graficznej ruchów skrzydła w locie. Moglibyśmy zapytać się, czy ruchy ósemkowe zakreślane końcem skrzydła owadu utrzymanego na więzi, wytwarzają się również gdy zwierzę swobodnie lata? Widzieliśmy że zgięcie szypułki, pochodziło głównie od siły popychającej ku przodowi owad pozostający w locie swobodnym—możnaby więc przyjąć, że szypułka skrzydłowa nie ustępuje tej sile, gdy owad pozostaje w locie swobodnym, tudzież że siła wypadkowa pozioma, przejawia się jedynie w nadawaniu całemu ciału owada popędu ku przodowi. Jeżeli, po wyzłoceniu skrzydła owada sztucznego, obserwujemy obraz świetlny, wytworzony przezeń podczas lotu, dostrzegamy utrzymującą się ósemkę w tych warunkach, rozumie się jeżeli tylko lot nie będzie zbyt szybkim. Wprawdzie, figura ta zmienia się w skutek przenoszenia się przyrządu, ulega pewnemu rodzajowi rozwoju, i przyjmuje powierzchowność ósemki rysującej się na walcu obrotowym,

nie ogranicza się jednak do prostej krzywizny wahadłowej, co by następowało gdyby szypułka ciągle pozostawała sztywną. Pojmujemy, że toż samo zachodzi w razie nieruchomości przyrządu, który nie może ulegać ruchom zmiennym, jakie mu usiłuje nadać każde uderzenie skrzydła. Owad sztuczny raz w lot puszczony, to wyprzedza to opóźnia się w ruchu, odnośnie do siły poziomej rozwijanej przez jego skrzydła. Ztąd też szypułka skrzydłowa zmuszoną jest zbaczać, ponieważ masa w ruchu będąca nie może w jednej chwili być posłuszną sile wypadkowej poziomej, jaką odbiera skrzydło z oporu powietrza. Toż samo zjawisko winno zachodzić w locie owada rzeczywistego.

V. *Unoszenie się owada.* Przyrząd poprzedni nie daje jeszcze dokładnego wyobrażenia mechanizmu lotu owada. Dla uprzyśtępnienia wykładu ruchów skrzydła, winniśmy przypuścić, że jego oscylowanie odbywa się od góry ku dołowi, czyli od grzbietu do brzucha zwierzęcia pozostającego w powietrzu w położeniu poziomem. Wszelako dość jest obserwować lot niektórych owadów, na przykład muchy domowej i wielu innych gatunków z rzędu dwuskrzydłych, aby się przekonać, że płaszczyzna w której skrzydła poruszają się, nie jest bynajmniej pionową, lecz przeciwnie bardzo bliską poziomej. Płaszczyzna ta zwraca swą ścianę wierzchnią nieco ku przodowi, otóż ta ściana wierzchnia odpowiada szypulce skrzydła. Tem samem od dołu ku górze i nieco w kierunku ku przodowi, spełnia się ruch postępowy w przenoszeniu się owada. Większa część siły rozwiniętej przez skrzydło, służy do wydania tego tylko skutku, że utrzymuje ciało owada w równowadze z akcją ciężenia — reszta pozostałej siły unosi go ku przodowi.

Zmieniając pochyłość płaszczyzny w której oscylują skrzydła, co może następować w skutek ruchów odwołka przenoszących środek ciężkości, owad jest zdolnym odpowiednio do potrzeby, powiększać siłę lotu popychającą go ku przodowi, tracić byżość nabytą, cofać się, lub wreszcie w bok się przerzucać.

Łatwo jest dostrzedz, że gdy owad błonkoskrzydły (naprzykład pszczoła) lecąc z całą byżością, spocznie na kwiatku, to wówczas płaszczyzna oscylująca jego skrzydeł, zwraca się silnie ku tyłowi. Zresztą nic nie jest tak zmiennem jak pochyłość płaszczyzny, w której oscylują skrzydła rozmaitych gatunków owa-

dów. U dwuskrzydłych ta płaszczyzna oscylująca zdaje się być bardzo bliską poziomej—skrzydła błonkoskrzydłych poruszają się w płaszczyźnie pochylającej się prawie pod kątem 45 stopni, wreszcie łuskoskrzydłe uderzają skrzydłami prawie pionowo naksztalt ptaków.

Aby ocenić ten wpływ płaszczyzny w której oscylują skrzydła, i okazać że siła czerpnięta z oporu powietrza, wydaje podwójny skutek, to jest unosi owad i zwraca go w różnych kierunkach, potrzeba nam ułożyć *schemat*, czyli przedstawić odpowiedni układ. Wypada nam przedewszystkiem w doświadczeniu umożliwić zmienianie się płaszczyzny oscylującej skrzydeł, co pozyskuje się za pomocą bębna pomieszczonego prostopadle do rurki pozostającej w położeniu poziomem, przy końcu której tenże spełnia obroty. Dla uwidocznienia zaś siły w tych nowych warunkach rozwiniętej i wywołującej unoszenie się, potrzeba nie tylko aby przyrząd spełniał prosty ruch obrotowy po płaszczyźnie poziomej, ale nadto aby mógł oscylować po płaszczyźnie pionowej jak belka szalek.

W celu otrzymania tego podwójnego wypadku, nadaliśmy stosowny układ naszemu przyrządowi.

W układzie tym zatrzymaliśmy pompę powietrzną, stanowiącą siłę ruch nadającą, równie jak słupek obrotowy, pomieszczony na gazometrze z rtęcią. Wszelako nad krążkiem zakończającym w górze ten słupek, urządziliśmy nowy staw, pozwalający rurze poziomo ułożonej do równowagi, w końcu której przytwierdzonym został owad sztuczny, oscylować po płaszczyźnie pionowej jak belka szalek. Do wprowadzenia w komunikację słupka obrotowego z rurą unoszącą owada sztucznego, służy mała rurka kauczukowa w tym stopniu giętka, że nie zawadza w niczem ruchom oscylacyjnym przyrządu.

Części jego dodatkowe stanowią: rurka szklana sprowadzająca powietrze z pompy ruch nadającej do owada, tudzież mechanizm wprawiający w ruch skrzydła. Najważniejszą z tych części jest staw, z pomocą którego nadajemy płaszczyźnie oscylacyjnej skrzydeł wszelkie możliwe pochyleń.

Przyrząd przyjmuje taki układ, że przeciwwaga pomieszczona dość blisko środka zawieszenia, nie równoważy ciężaru owada,

i zwraca go w ten sposób, że skrzydła poruszają się po płaszczyźnie poziomej gdy szypułka pozostaje w górze. Nadówczas cała siła ruch nadająca, działa od dołu ku górze, i w czasie funkcyonowania pompy owad wznosi się pionowo. Można łatwo oznaczyć ciężar unoszony w skutek uderzania skrzydeł, ponieważ przenosząc przeciwwagę, zmieniamy do woli ciężar owada, co daje nam możność oszacowania ilości siły, która rozwiniętą została odpowiednio do hyżości uderzeń skrzydłowych, lub rozległości ich ruchów. Nadając półobrót owadowi w ten sposób, aby jego skrzydła oscylując ciągle po płaszczyźnie poziomej, zwracały swe szypułki ku dołowi, rozwijamy siłę działającą w kierunku pionowym zstępnym, którą oceniamy oddalając mniej lub więcej przeciwwagę i zniewalając owad pozostający w ruchu obniżającym się do jej unoszenia. Gdy płaszczyźnie w której oscylują skrzydła, nadamy położenie pionowe, owad spełni obroty poziome około swej podpory, w podobny sposób jak w przyrządzie poprzednio opisanym. Wreszcie nadając płaszczyźnie oscylującej skrzydeł położenie skośne, jakie napotykamy po większej części u rzeczywistych owadów, czyli zniewalając szypułkę do jednoczesnego zwracania się ku górze i nieco ku przodowi, dostrzeżemy, że owad pokonywając siłę ciężenia, wznosić się będzie i spełniać w tymże czasie obroty około osi pionowej. Jednem słowem, przyrząd ujawni podwójny skutek dostrzegany w owadzie latającym, to jest w uderzeniach jego skrzydeł znajdziemy siłę utrzymującą go w powietrzu, tudzież kierującą nim w przestrzeni. Z dwóch tych sił, pierwsza jest daleko większą — ztąd też gdy owad unosi się nad kwiatem, będąc skośnie oświetlony promieniami zachodzącego słońca, możemy sprawdzić, że płaszczyzna w której oscylują jego skrzydła jest prawie poziomą. Pochylenie jej musi widocznie się zmieniać, gdy owad przerzuca się nagle w jakimkolwiek innym kierunku, jednakże wówczas oko nie może już go śledzić i sprawdzać tę zmianę płaszczyzny, do której przyjęcia upoważnia nas teorya i wyżej podane doświadczenia. Ciekawem byłoby badanie ruchów przygotowawczych, poprzedzających lot owadu. Nie mówimy tu tylko o rozwinięciu skrzydeł, jakie spełniają tęgopokrywe (na przykład żuki) przed wzleceniem, które to poruszenie rzadko bywa powolne w tym stopniu, aby je można było dostrzedz, ani też o rozpościeraniu pierwszych skrzydeł, przejawiającem się u os przed lotem. Niektóre owady, dwuskrzydłe przedstawiają

ruch wielce znaczący w obrocie skrzydła około jego szypułki, a mianowicie w chwili, gdy skrzydła rozpięte na grzbiecie i pozostające w spoczynku w pogotowiu do lotu, zwracają się na zewnątrz ku przodowi. Muchy, komary, i inne jeszcze gatunki, przejawiają ten ruch przygotowawczy, dający się bardzo łatwo dostrzec, gdy owad znużony nie ma już odpowiedniej siły do utrzymania lotu. Widzimy naówczas szypułkę skrzydła widocznie znieruchomioną, a około niej obracający się żagielek błoniasty, którego krawędź zwolna obniża się bezpośrednio ku dołowi. Przyjmując taki układ, owad potrzebuje tylko zaoscyłować skrzydłem w kierunku prawie poziomym, od tyłu ku przodowi i od przodu ku tyłowi. W braku tego obrotu, skrzydło przecinałoby powietrze tylko krawędzią, i byłoby zupełnie niezdolnem do wytworzenia lotu. U innych gatunków, jak na przykład u szklarek, cztery skrzydła spoczywając zbliżone są do siebie nad odwłokiem zwierzęcia, szypułki ich pozostają w górze i zachowują swe położenie, gdy skrzydła zwracają się ku dołowi i naprzód — tu niepotrzebnem jest żadne poruszenie przygotowawcze do lotu. U tych owadów, jak u motylów, skrzydło w ruch wprowadzone, wystarcza do spełnienia lotu przez zwierzę.

Zajmującym będzie dla nas śledzenie w seryi owadów zmian zachodzących w mechanizmie lotu.

Teorya jaką przedstawiliśmy, znajduje potwierdzenie w doświadczeniach wiwisekcyjnych, odbytych przez niektórych przyrodników na zwierzętach. Najciekawsze z tych doświadczeń zawdzięczamy profesorowi Girard'owi. Wszystkie te doświadczenia udowadniają, że skrzydło owadu do spełnienia swej funkcji potrzebuje szypułki sztywnej i żagielka giętkiego. Jeżeli za pomocą pokostu twardniejącego w czasie wysychania, nadamy sztywność krawędzi giętkiej skrzydła, lot jego zniszczymy, znosimy go również, niszcząc sztywność szypułki przedniej. Przeciwnie, ograniczając się tylko na obcięciu pewnej części żagielka giętkiego, przez odłączenie jej równoległe do krawędzi tylnej żagielka, lot będzie utrzymanym, gdyż skrzydło zachowa naówczas warunki główne funkcji, a mianowicie szypułkę sztywną i powierzchnię giętką — wreszcie u niektórych gatunków, współdział obu skrzydeł jest nieodzownie w locie potrzebny. Rodzaj pseudopokrywy skrzydłowej, tworzy w tym razie szypułkę skrzydłową, a po za nią rozpina się skrzydło błoniaste, łączące się z krawę-

dział tylną pierwszego skrzydła. To drugie skrzydło nie przedstawia dostatecznej sztywności, aby mogło korzystnie uderzać o powietrze. Obcinając pseudopokrywę tym owadom, niszczymy w nich lot, podobnie jak niszczymy go znosząc szypułkę w skrzydło doskonale wykształconem.

Rozdział III.

O locie ptaków.

Ustrój ptaka ustosunkowany z lotem. — Budowa skrzydła, jego krzywizny i przyrząd mięśniowy. — Siła mięśniowa ptaka, szybkość kurczenia się jego mięśni. — Kształty ptaka, równowaga, warunki sprzyjające krążeniu jego w powietrzu. — Stosunki zachodzące między powierzchnią skrzydeł, a ciężarem ciała ptaków rozmaitej wielkości.

Plan który był nam przewodnikiem w badaniu lotu owada, winien również być utrzymanym w odnoszących się do lotu ptaka. Za pomocą subtelnej analizy, musimy tu oznaczyć wszelkie ruchy wytwarzane przez skrzydło w locie i z tych ruchów wnioskować o oporze powietrza, służącego ptakowi za punkt podpory. Wreszcie po przedstawieniu poglądów teoretycznych, dotyczących mechanizmu lotu, zużytej pracy spełnianej przez ptaka i t. d., potrzeba nam będzie, podobnie jak w analizie lotu owada, odtworzyć te zjawiska posilkując się sztucznymi przyrządami.

Jednakże zanim przystąpimy do tych badań, korzystnem będzie przygotować do nich podaniem niektórych spostrzeżeń ogólnych nad organizacją ptaka, ustrojem jego skrzydeł, siłą jego, układu mięśniowego, warunków równowagi jaką zachowuje w powietrzu i t. d.

Ustrój ptaka. Z prostego rzutu oka na skrzydło ptaka, łatwo dostrzedz, że mechanizm jego lotu nie jest bynajmniej tym sa-

mym jakim się owad cechuje. Z dachówkowatego układu lotek wypływa widocznie, że opór powietrza może tylko działać od dołu ku górze, gdyż w przeciwnym kierunku powietrze torowałoby sobie łatwe ujęcie, odchylając długie chorągiewki piór, nie mogące je powstrzymywać. Ustrój ten dobrze znany, opisany szczegółowo przez Prechl't'a, mógłby naprowadzać na wniosek, że skrzydło mające utrzymywać ptaka w powietrzu w kierunku przeciwnym sile ciężenia, potrzebuje tylko oscylacyj po płaszczyźnie pionowej, a to powodu przewyższającego oporu powietrza od dołu ku górze nad oddziaływającym w kierunku odwrotnym.

Niesłusznie jednak autor oparł na ustroju organu lotu, całą teorię jego funkcji. Przekonamy się, że doświadczenie zaprzecza najzupełniej tym wnioskom przedwczesnym. Jeżeli rozpoznamy skrzydła ptaka nieżywego, w ten sposób, aby przyjęły położenie przedstawione w figurze 79 spostrzeżemy, że skrzydło w rozma-



Fig. 79. Krzywizny rozmaite skrzydła ptaka, w różnych punktach jego długości.

tych punktach swej długości, ujawnia zmiany w płaszczyźnie wielce wybitne.

Ku środkowi, to jest w bliskości ciała, skrzydło pochyla się silnie ku dołowi i tyłowi, przy swej kończynie zaś jest poziomem, a niekiedy odwróconem w ten sposób, że dolna jego powierzchnia wygina się nieco ku tyłowi. P. Pettigrew upatrywał w tej krzywiznie, powierzchnię lewą spiralnej — uderzony bowiem współdążnością zachodzącą pomiędzy kształtem skrzydła, a postacią spiralnej popychającej statki, poczytywał skrzydło ptaka za śrubę, której osadą byłoby powietrze. Nie mamy potrzeby obalać podobnej teorii. Zbyt jest widocznem, że typ zmienności cechującej wszelki ruch mięśniowy, nie mógłby się nagiąć do wytworzenia akcyi spiralnej popychającej statek, gdyż przypuszczając, że skrzydło obraca się około swej osi, to w każdym razie, obrót jego ograniczy się do pewnego ułamku okręgu koła — zresztą towa-

rzyszy mu obrót w kierunku odwrotnym, który w spiralnej zniszczyłby całkiem skutek wydany w ruchu poprzednim. A jednak autor angielski którego pogląd przytaczamy, był do tego stopnia przekonany o prawdziwości swej teorii, że chciał stosować ją do całego państwa zwierzęcego. Według niego, przenoszenie się we wszelkiej postaci, lądowe wodne i powietrzne, odbywało się w skutek ruchu spiralnego.

Nie wymagamy od anatomii organów lotu, nic więcej, prócz tego co może nam udzielić, to jest żądamy od niej wskazania sił, jakie ptak zdolny jest rozwinąć w locie, i kierunku w którym te siły działają.

Anatomja porównawcza wykrywa nam podobieństwo zachodzące między skrzydłem ptaka, a członkiem przednim ssących. Skrzydło w skielecie owem przedstawia równie jak i ramię ludzkie: kość ramieniową, dwie kości przedramienia ¹⁾ i rękę w stanie zarodkowym, w której znajdujemy dłoń (metacarpus) i członki palcowe (phalanges). Mięśnie przedstawiają niemniej liczne podobieństwa w zestawieniu z mięśniami istniejącymi w członku przednim człowieka. Z jednej i drugiej strony niektóre mięśnie są w tym stopniu sobie podobne z powierzchowności i z funkcji, że można je określać jedną nazwą.

W skrzydle ptaka najwięcej rozwiniętymi mięśniami są te, których akcyja zasada się na wyprostowywaniu i zginaniu ręki w przedramieniu, przedramienia w ramieniu, wreszcie na poruszaniu samego ramienia, czyli całej ręki około stawu łopatki.

Po większej części u ptaków, zwłaszcza też u gatunków większego wzrostu, skrzydło zdaje się pozostawać zawsze rozpiętym w locie. I tak mięśnie wyprostne (extensores) rozmaitych części skrzydła, służyłyby do nadawania temu organowi odpowiedniego położenia, umozębniałyby lot i w nim ptaka utrzymywały.

Co się zaś tyczy pracy motorowej, ta byłaby spełnianą przez inne mięśnie daleko silniejsze od poprzednich, a mianowicie przez

¹⁾ Kość przedramienia (antibrachii) składa się z kości łokciowej (ulna), zwanej też łusnią i z kości promieniowej (radius) nazywanej sprychą — łączą się one z sobą za pomocą stawów. Pierwsza grubsza u góry, mocniej łączy się z ramieniową, druga u dołu grubsza, silniej za to przytwierdzoną jest do stawu napięstkowego. (Przyp. tłóm.)

piersiowe. Całą powierzchnię przednią klatki piersiowej (thorax) ptaka, zajmują potężne masy mięśniowe, a szczególnie wielki mięsień, który ze względu swych wiązań któremi przytwierdza się do mostka, żeber i ramienia, podobnym jest wielce do wielkiego mięśnia piersiowego u człowieka i u ssaków. Rolą jego jest widocznie obniżać skrzydło z odpowiednią siłą i szybkością, i znajdować w powietrzu punkt podpory, potrzebny do utrzymania jakoteż poruszania całej masy ciała. Pod wielkim mięśniem piersiowym mieści się *piersiowy średni*, unoszący skrzydło — wreszcie z zewnątrz *mały piersiowy* pomocniczy wielkiego mięśnia, zwraca się od mostka do ramienia.

Ponieważ siła mięśnia jest proporcjonalną do objętości tego organu, to z uwagi na mięśnie piersiowe przedstawiające około $\frac{1}{6}$ część wagi całego ptaka, pojmujemy zaraz że tym potężnym organom przypada główna rola w locie.

Borelli z objętości mięśni piersiowych chciał wywieść siłę, do jakiej one są zdolne i wnioskował ztąd, że siła zużywana przez ptaka w locie, wyrównywa 10,000 razy wziętemu ciężarowi jego ciała. Nie będziemy wcale zbijać błędów popełnionych przez Borelli'ego; wielu pisarzy starało się je wytykać, usiłując zastąpić oszacowania fizyologa włoskiego, liczbami których dokładność nie byłaby wcale łatwiejszą do udowodnienia. Sprzeczności tak wielkie istniejące pomiędzy rozmaitemi ocenami siły mięśniowej ptaków, pochodzą ztąd, że poszukiwania tych wymiarów były przedwczesne.

W ten też sposób Navier, na podstawie obliczeń, których punktem wyjścia nie były żadne dane dostarczone przez doświadczenie, przyjmował, że ptaki wydają olbrzymią pracę mechaniczną. Według niego, siedmnaście jaskółek zużywałoby pracę jednego konia parowego. „Podobnież, powiada dowcipnie p. Bertrand, możnaby próbować udowodnienia rachunkiem, że ptaki nie mogą latać, co przecież nie mogłoby kompromitować matematyków.”

Zresztą czyż nie przyjmuje p. Cagniard-Latour na podstawie teorii, że skrzydło obniża się z osiemkroć większą szybkością od tej z jaką się wznosi. Doświadczenie jednak dowodzi wręcz przeciwnie, a mianowicie, że skrzydło ptaka z większą hyżością wznosi się niż obniża.

Ocena siły mięśniowej ptaka. Pod postacią pracy winniśmy dziś wymierzać siły mechaniczne — w tym celu potrzeba poznać

z jednej strony opór jakiego doznaje skrzydło w każdej chwili ruchu, z drugiej zaś strony drogę przebieganą przez nie przy tym oporze. Taki wymiar wymaga przedwstępного przypuszczenia, że znanym jest opór powietrza oddziaływający na powierzchnie rozmaitych krzywizn poruszających się z różną szybkością — wymaga oraz przypuszczenia, że znane są ruchy skrzydła, ich szybkość i kierunek w każdej chwili. Zagadnienie to może będzie ostatecznie z tych, których rozwiązania moglibyśmy się spodziewać. Wszelako możemy od dziś badać z innych punktów widzenia, siłę mięśni ptaka i oceniać niektóre cechy tej siły.

I tak można otrzymać drogą doświadczenia wymiar ilości siły maximum, jaką rozwijają mięśnie ptaka. Wymiar ten mógłby łatwo nieodpowiadać rzeczywistej ilości siły wytwarzającej się w locie, niemniej przecież uchroni nas od podawania ocen przesadzonych.

Gdyby oszacowania Borelli'ego, a nawet Navier'a były istotne, powinniśmy znachodzić w mięśniach ptaka bardzo wielką siłę statyczną. Doświadczenie jednak okazuje, że mięśnie ptaka nie mogą wydawać większej ilości siły od mięśni innych zwierząt.

Doświadczenie. Pierwsze doświadczenie odbytem zostało na myszoliwie ¹⁾. Ptak zakapturzony położonym został na grzbiecie, skrzydła jego przytwierdzono do stołu z pomocą worków wypełnionych siekańcem (gatunek śrutu myśliwskiego). Kaptur pograża te zwierzęta jakby w stan odurzenia, w czasie którego można na nich odbywać wszelkiego rodzaju operacje, nie wywołując w ptakach żadnego przejawu bólu. Po obnażeniu wielkiego mięśnia piersiowego i części ramieniowej, przewiązano tętnice i odłączono kość łokciową od całej pozostającej części skrzydła. Przytwierdzono następnie sznur do kończyny ramienia, a na końcu sznura pomieszczono szalki, nasypując na nie siekane. Trzon ptaka został zupełnie znieruchomiony — mięsień drażniono prądami indukcyjnymi przerywanymi, podczas których wytworzyło się kurczenie sztuczne. Naówczas jeden z pomocników posługującego

¹⁾ Myszołów (*Buteo vulgaris*) z rodziny sokołów, poluje głównie na myszy, łowy te nadały mu nazwę zoologiczną. (Przyp. tłóm.)

jących w doświadczeniu, sypał siekańce dotąd, dopóki siła kurczliwości mięśnia nie została pokonana. W chwili tej ciężar, jaki zносиło skrzydło, wynosił 2 kilogramy i 380 gramów ¹⁾. Jeżeli w tem obliczeniu zwrócimy uwagę na długość drążka wywierającego siłę tudzież opór, znajdziemy ilość siły rozwiniętej przez mięsień piersiowy, wyrównywającą w ogóle 12 kilogramom, 600 gramom, co odpowiadałoby sile pociągającej 1298 gramów, oddziałującej na każdy centymetr kwadratowy w poprzecznym przecięciu mięśnia.

Gołąb pomieszczony w tychże samych warunkach, rozwiniętość siły ogółowej, odpowiadającej ciężarowi 4,860 gramów, co odnośnie do przecięcia poprzecznego jego mięśnia, wyrównywa prawie 1,400 gramom ilości siły, jaką może wywierać każda wiązka mięśniowa na jeden centymetr kwadratowy przecięcia. Przypuśćmy że drażnienie elektryczne, użyte w tych doświadczeniach do sprowadzenia kurczu mięśni, rozwija ilość siły mniejszą od tej, jaką zarządza wola, niemniej przecież w tym razie jest prawdziwem, że te wartości niższe od otrzymywanych zwykle z działalności mięśni zwierząt ssących, pomieszczonych w tychże samych warunkach, nie upoważniają jeszcze do przyjmowania w ptaku istnienia potężnej, odrębnej siły mięśniowej.

Wreszcie jeżeli w tej ocenie wolno nam odwoływać się do praw termodynamiki, moglibyśmy twierdzić, że ptak nie powinienby rozwijać w locie bardzo wielkiej pracy. W rzeczy samej, wszelka praca może wytwarzać się tylko kosztem zużywającej się materji, jeżeli więc akcja lotu stanowiłaby znaczne zużycie pracy, tem samem możnaby było sprawdzić znaczne zmniejszenie się ciężaru ciała ptaka, powracającego z długiej podróży. Nic podobnego wszakże nie zaobserwowano. Osoby zajmujące się chowem gołębi wędrownych, złożyły nam w tej mierze objaśnienia, z których wypływa, że ptak po przelocie bez spoczynku przestrzeni pięćdziesięciu mil francuzkich, (które jak się zdaje przebiegł nie przyjmując pożywienia) waży zaledwie o kilka gramów mniej jak w chwili wyruszenia w drogę. Wypadałoby powtórzyć te doświadczenia, i pozyskać wymiary ściśle.

¹⁾ Co odpowiada prawie 5,⁸⁶ funtom pol., czyli przeszło 5 funtom i 27½ funtom. (Przyp. tłóm.)

O szybkości akcji mięśniowych w ptaku. Jednem z, najwięcej uderzających szczegółów w akcji mięśniowej ptaka, jest nadzwyczajna szybkość, z jaką siła rodzi się w mięśniach. Z pośród rozmaitych gatunków zwierzęcych, których oznaczaliśmy cechy akcji mięśniowej, ptak z wyłączeniem owadu, spełnia ruchy najszybsze, szybkość ta jest nieodzownym warunkiem lotu. W rzeczy samej skrzydło zniżające się, może w takim tylko razie znaleźć w powietrzu dostateczny punkt podpory, gdy porusza się z wielką hyżością. Opór powietrza przed płaszczyzną je odpychającą, wzrasta widocznie, w stosunku kwadratu z szybkości, z jaką przenosi się ta płaszczyzna. Nie mogłyby przydać się na nic ptakowi jego mięśnie silne, zdolne wytwarzać znaczną pracę, gdyby te mięśnie nadawały skrzydłu tylko ruchy powolne — siła ich z powodu braku oporu, nie mogłaby się rozwijać, ani żadnej pracy wytwarzać. Co innego zachodzi ze zwierzętami lądowymi, biegającymi lub pełzającymi po ziemi z mniejszą lub większą hyżością, odpowiednią naturze ich mięśni. Zwierzęta te ostatecznie użytkują zawsze ze swej siły mięśniowej, z powodu doskonałego oporu jaki znajdują w punkcie podpory. Potrzeba szybkości ruchów już rybom daje się uczuwać — woda w której pływają, opiera się im w mniejszym lub większym stopniu, odpowiednio do szybkości z jaką ogon lub płetwy ją odpychają. Ztąd też akcja mięśniowa ryb jest szybka, chociaż w daleko mniejszym stopniu jak u ptaków, które odbywają ruchy w ośrodku bez porównania jeszcze ruchliwszym.

Aby zrozumieć produkcję tak szybką ruchu w mięśniach ptaka, należy nam nie zapominać, że te ruchy wiążą się z akcjami chemicznymi, tworzącymi się w materji tychże mięśni, gdzie podobnie jak w naszych machinach rodzą ciepło i ruch. Owóż potrzeba przyjąć, że te akcje powstają i rozprzestrzeniają się łatwiej w mięśniach ptaka, niż w każdym innym gatunku zwierzęcym. W ten też sposób rozmaite rodzaje prochu strzelniczego, przedstawiają odmienne upływy czasu w którym następuje ich spalanie, a tem samem nadają wielce różną hyżość pociskom przez nie wyrzucanym.

Wreszcie *postać ruchu* przedstawia w rozmaitych gatunkach ptaków szczegóły, jakie już zaznaczaliśmy. W rozdziale VIII wskazano, w jaki sposób zmieniają się wymiary mięśni piersiowych, odpowiednio do tego, czy uderzenia skrzydła mają rozwi-

nąć więcej siły, czy też być rozleglejszemi. Nie będziemy już wracać do tego przedmiotu.

Postać ptaka. Wszyscy ci, którzy zajmują się badaniem lotu ptaków, zwracają bardzo słusznie uwagę na kształty tych zwierząt, uzdalniające je głównie do właściwego im lotu. Upatrywano w nich warunki równowagi doskonale zastosowane do ośrodka powietrznego, a niemniej oceniano dobrze znaczenie tych wielkich powierzchni tworzących skrzydła, które mogą niekiedy służyć za spadochron w bardzo powolnem obniżaniu się zwierzęcia. W innych zaś razach powierzchnie te przesuwają się w powietrzu i odpowiednio do pochylania się ich płaszczyzny, ułatwiają ptakowi obniżanie się w kierunku wielce skośnym, a nawet wznoszenie się lub krążenie z rozpostartemi skrzydłami, utrzymywanemi w tym razie w nieruchomości. Obserwatorowie posuwali się nawet do przypuszczenia, że niektóre gatunki ptaków odgrywały w locie rolę całkiem bierną, tudzież że poddając swe skrzydła pod prąd wiatru, czerpały z tego źródła siłę potrzebną do zwracania się we wszelkich kierunkach, zdolną nawet do przenoszenia ich w stronę przeciwną prądowi powietrznemu. Wydaje się nam wielce ważnem, roztrząsnąć w kilku słowach ten punkt główny teorii lotu. Równowaga utrzymująca ptaka w powietrzu, została przedziwnie wyjaśnioną — nie potrzebujemy nic dodać do spostrzeżeń poczynionych w tym przedmiocie. Przytwierdzenie skrzydła ma miejsce w najwyżej posuniętym punkcie klatki piersiowej, a tem samem gdy skrzydła rozpięte znajdują punkt podpory w powietrzu, cały ciężar ciała pomieszczonym zostaje poniżej tej powierzchni zawieszenia. Wiadomo zresztą, że w samym ciele organa najlżejsze: płuca i torebki powietrzne pomieszczone są wyżej, masa zaś trzewiowa już gęstsza znajduje się niżej, oraz że mięśnie piersiowe tak ciężkie i wielkiej objętości, zajmują punkt dolny w ustroju. W ten sposób część najcięższa, mieści się o ile można najniżej pod punktem zawieszenia.

Ptak zatem obniżający się z rozpiętymi skrzydłami, przedstawiać będzie zawsze swą stronę brzusznią zwróconą ku dołowi, bez potrzeby zajmowania się utrzymywaniem równowagi, przyjmie on to położenie biernie, jak je przyjmuje spadochron rzucony w przestrzeń, lub wolant spadający na rakiętę.

Wszelako ten spadek w pionowym kierunku należy do wyjątkowych — ptak zniżający się, jest prawie zawsze ożywiony

hyżością poziomą poprzednio nabytą. Ślizga się on w powietrzu skośnie, jakby ślizgało się wszelkie ciało lekkie, o wielkiej powierzchni, pomieszczone w warunkach równowagi, jakie przychodzi nam wskazać. P. J. Plin z badał przedziwnie rozmaite rodzaje ślizgania się mogące wówczas zachodzić, odtworzył je nawet z pomocą małych przyrządów naśladujących owada lub ptaka, pozostających w locie bez poruszania skrzydłami.

Weźmy arkusz papieru formatu kwadratowego i zegnijmy go w pół, w ten sposób, aby utworzył kąt dwójsienny wielce roz-

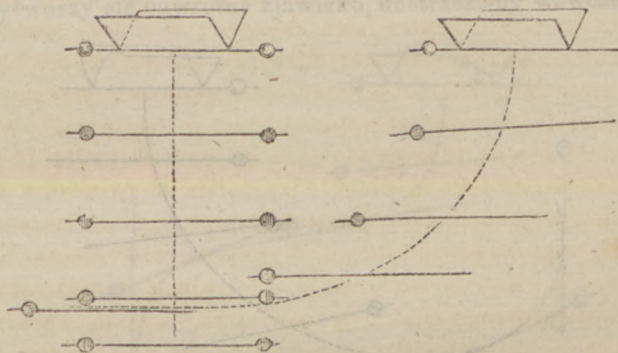


Fig. 80. Przedstawia z lewej strony przyrząd wyrażający ruch krążenia w powietrzu, równoważony dwoma ciężarkami jednakowej wagi, pomieszczonemi na końcach pręta przytwierdzonego do krawędzi kąta dwójsiennego. Przyrząd ten spada prostopadłe, jak wskazują położenia z kolei po sobie następujące pręta opatrzonego dwoma ciężarkami, z prawej strony widzimy tenże sam przyrząd opatrzonej tylko ciężarkiem. Spadek jego jest paraboliczny, jak to okazuje krzywizna oznaczona linią kropkowaną.

warty (fig. 80), poczem do krawędzi tego kąta, przytwierdźmy za pomocą kawałka wosku pręt metalowy, opatrzone na końcach dwoma ciężarkami jednakowej wagi. Zyskamy w ten sposób układ równowagi, zachowywanej przez ptaka w powietrzu. Jeżeli środek ciężkości przechodzi ściśle na środek figury, to rzucając ten przyrząd w przestrzeń, spostrzeżemy że spadać będzie po linii prostopadłej, przyczem wypukła strona kąta zwróci się ku dołowi.

Jeżeli usuniemy jeden ciężarek dla przeniesienia środka ciężkości, przyrząd zamiast spadać prostopadłe, zakresli w spadku

krzywizną skośną, ślizgając się w powietrzu w ruchu przyspieszonym (fig. 80. prawa strona rysunku).

Linia przebiegu jaką zakresli ten przyrząd w ruchu, mieścić się będzie na płaszczyźnie prostopadłej, jeżeli obie połowy przyrządu są symetryczne — w przeciwnym razie zboczy od tej strony, w której przyrząd przerzynając powietrze, znajdzie większy opór. Skutki te łatwe do zrozumienia, są identyczne z temi, jakie wytwarza w posuwaniu się statku, opór stawiany rudłowi. Mogą one również wytwarzać się w kierunku prostopadłym — w ten sposób, linia zakreslana w spadku przyrządu, może być

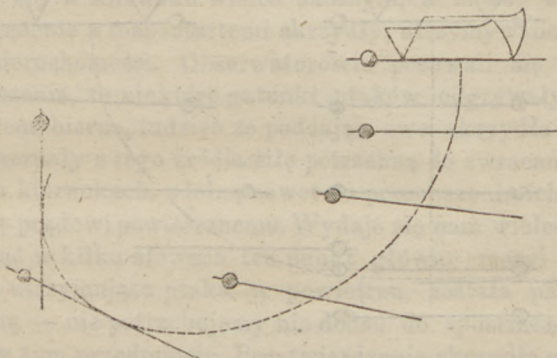


Fig. 81. Krawędzie tylne dwóch płaszczyzn kąta dwójściennego zagięte ku sobie. Po zaszłem spadku parabolicznym, przyrząd wznosi się w górę w kierunku krzywizny kropkowanej.

krzywizną wklęsłą w górę lub u dołu, odpowiednio do ruchu zachodzącego.

Wszelkie ciało lekkie będąc zgięte, usiłuje ślizgać się w powietrzu odpowiednio do kierunku jego własnej krzywizny.

Jeżeli w małym naszym przyrządzie, zagniemy krawędź tylną lub przednią płaszczyzn bocznych, spostrzeżemy, że w chwili danej spadku skośnego, przyrząd wznosi się w kierunku przeciwnym sile ciężenia, tracając wszakże bardzo prędko swój ruch przenośny (fig. 81). Ocz zaszło w tym razie?

Dopóki przyrząd przedstawiał w spadku małą hyżość, skutek jego krzywizny nie występował wyraźnie, gdyż powietrze przedstawiało opór powierzchniom, tylko w stosunku do ożywiającej je

szybkości. Gdy jednak hyżość powiększoną została znacznie, wytworzył się skutek rudla, podnosząc kończynę przednią przyrządu, i nadając jej kierunek zwrotu w górę. Naówczas ciężenie będące siłą przyspieszającą ślizganie się przyrządu w powietrzu, stało się siłą ruch opóźniającą. W miarę wznoszenia się przyrządu po spadku, tenże utracił swą hyżość i doprowadzonym został do nieruchomości. Poczem począł się ruch wsteczny, następnie zwrot w tył, w ten sposób, że przyrząd spoczął na ziemi po odbyciu oscylacyj z kolei po sobie następujących.

Wreszcie, jeżeli nadamy przyrządowi lekką wklęsłość u dołu, wytworzy się odwrotne zjawisko, dostrzeżemy wówczas w da-

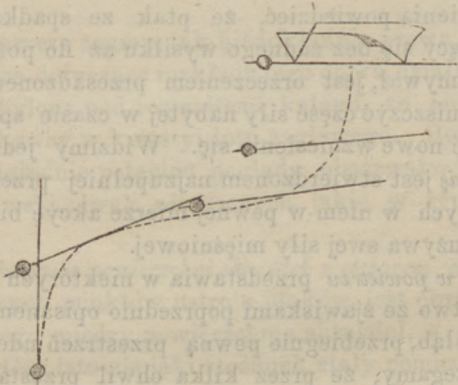


Fig. 82. Część tylna płaszczyzny kąta dwójsienne-
go zagięta ku dołowi. Po spadku parabolicznym,
przyrząd obniża się w kierunku zstępnym z wielką
hyżością.

nej chwili, jak to okazuje fig. 82, linję krzywą w przebiegu przyrządu, zbaczającą nagle ku dołowi, przyrząd spadnie wówczas na ziemię z wielką gwałtownością. W tym drugim razie, gdy wytwarza się skutek rudla, siła ciężenia ułatwia nowy kierunek przyspieszający spadek przyrządu, czyli też sama siła, która przed chwilą osłabiła wznoszenie się przyrządu ku górze.

Zwracaliśmy uwagę na te skutki, gdyż wytwarzają się często w locie ptaków. Zaznaczano je w dawnych traktatach sokolnictwa, opisujących zwroty ptaków łowczych. Nie sięgając dalej, znajdujemy w Huberze ¹⁾ opis tych ruchów krzywolinijskich u so-

¹⁾ In 8^o Genewa 1784.

kołów. Nadawano im nazwę *zwrotów*, oznaczających obniżanie się skośne ptaka, po którym następowało *wzbicie się* czyli *wzniesienie* (słowo pochodzące z łacińskiego *resurgere*). „Ptak, powiada Huber, unoszony swą własną hyżością, zostałby w spadku na ziemię zgruchotany, gdyby nie korzystał z pewnej zdolności, jaką posiadając może zatrzymać się przy rozwinięciu największej hyżości, i zwrócić się wprost w górę, do wysokości pozwalającej mu nawet wykonać drugi spadek. Ruch ten wystarcza nie tylko do powstrzymania go w upadku, ale nadto do wzniesienia się, bez żadnego wysiłku do wysokości poziomu, w którym się utrzymywał.”

Bez wątpienia powiedzieć, że ptak ze spadku przechodzi w lot, wznoszący się bez żadnego wysiłku aż do poziomu w którym się utrzymywał, jest orzeczeniem przesadzonym. Opór powietrza musi niszczyć część siły nabytej w czasie spadku, i mającej wytworzyć nowe wzniesienie się. Widzimy jednak że zjawisko *wzbijania się* jest stwierdzonym najzupełniej przez obserwatorów, upatrujących w niem w pewnej mierze akcyę bierną, w której ptak nie zużywa swej siły mięśniowej.

Krążenie w powietrzu przedstawia w niektórych razach wielkie podobieństwo ze zjawiskami poprzednio opisanymi. Gdy ptak, naprzykład gołąb, przebiegnie pewną przestrzeń uderzając skrzydłami, spostrzegamy, że przez kilka chwil przestaje niemi poruszać, i krąży w powietrzu, bądź utrzymując się na płaszczyźnie poziomej, bądź zniżając się lub wznosząc. Krążenie obniżające się trwa najdłużej — w rzeczy samej, jest ono nie czem innym, tylko spadkiem nadzwyczaj powolnym, w którym wszakże siła ciężenia ruch utrzymuje, natomiast w krążeniu poziomem lub wznoszącym się, taż siła ów ruch osłabia. W obu ostatnich postaciach ruchu, skrzydło zwracające się w kierunku mniej lub więcej skośnym, znajduje w powietrzu punkt podpory, podobnie jak zabawka dziecinna zwana latawcem, z tą tylko różnicą, że latawcowi szybkość bywa nadawaną przez pociąganie go szpagatem gdy powietrze jest spokojnem, ptak zaś w krążeniu korzysta z siły, jaką nabył bądź w spadku skośnym, bądź w skutek przedwstępnych uderzeń skrzydeł.

Nadmienialiśmy już, że obserwatorowie przyznawali pewnym ptakom zwanym przez nich żaglówkami, możność utrzymywania się i kierowania w powietrzu za wpływem jedynie wiatru. Teorya

ta zdaje się całkiem na paradoks zakrawać— w rzeczy samej trudno pojąć, aby ptak nie odbywając ruchów w prądzie wiatru, nie ulegał sile pociągania powietrza.

Jeżeli ptak niekiedy zwraca się lub krąży w kierunku przeciwnym prądowi wietrznemu, są to tylko skutki przechodnie kompensowanie ruchu, następnie szybszem pociąganiem powietrza.

Wszelako teorię *lotu żaglowego*, rozwijali z wielkim talentem niektórzy obserwatorowie, a w szczególności hrabia Esterno, autor zajmującej rozprawy odnoszącej się do lotu ptaków.

Każdy może dostrzedz, powiada ten autor, że niektóre ptaki odbywają *lot żaglowy*. Zaprzeczać temu, byłoby to odrzucać rzeczywistość.

Dotąd jeszcze znamy tak niedokładnie prawa oporu powietrza, zwłaszcza dotyczące rozkładu tego oporu, działającego na płaszczyzny pochylone pod rozmaitemi kątami, że nie możemy stanowczo wyrokować w kwestyi *lotu żaglowego*. Byłoby zuchwalstwem bezwzględnie potępiać poglądy obserwatorów, na podstawie teorii i wskazówek niepewnych jakie w tym przedmiocie posiadamy.

Ustosunkowanie powierzchni skrzydeł z ciężarem ciała. Jednym z najciekawszych punktów ustroju ptaków, jest określenie stosunku zachodzącego między powierzchnią skrzydeł, a ciężarem ciała zwierzęcia. Czy istnieje jaki stosunek stały pomiędzy tym ciężarem a temi powierzchniami? Kwestya ta stała się przedmiotem licznych sprzecznych sobie poglądów. Porównywając z sobą ptaki wielce rozmaitych gatunków, których ciężar ciała jednakową wagę przedstawia, udowodnionem już zostało, że jedne z nich mają skrzydła dwa, trzy, lub cztery razy większe od innych. Ptaki, których skrzydła mają wielką powierzchnię, najpospoliciej *w locie krążą* i te nazwano *żaglówkami*—ptaki zaś opatrzone skrzydłami krótkimi i wązkimi, najpowszechniej *w locie wiosłują*. Jednakże porównywając z sobą dwa ptaki wiosłujące, lub dwa ptaki odbywające *ruch żaglowy*, albo lepiej jeszcze, wybierając ptaki należące do jednej rodziny, różniące się tylko od siebie wielkością, znajdziemy prawie stały stosunek, zachodzący pomiędzy ciężarem tych ptaków a powierzchnią ich skrzydeł. Wszelako oznaczenie tego stosunku powinno opierać się na pewnych spostrzeżeniach, które przez długi czas uchodziły przed poszukiwaniami naturalistów.

P. Lucy usiłował oznaczyć stosunek powierzchni skrzydeł z wagą zwierzęcia, we wszelkich jestestwach latających. Następnie chcąc ustanowić jednostkę wspólną tym wszystkim zwierzętom, należącym do najrozmaitszych gatunków i cechującym się najrozmaitszą wielkością, wszelkie ich wymiary odnosił do typu idealnego, którego wagę reprezentował zawsze jeden kilogram. I tak sprawdziwszy, że komar ważący 3 miligramy, posiada skrzydła zajmujące w powierzchni 30 milimetrów kwadratowych, wnosil ztąd, że w typie komara, jeden kilogram zwierzęcia byłby utrzymywany przez powierzchnię skrzydeł obejmującą 10 metrów kwadratowych.

P. Lucy ułożywszy tablicę porównawczą wymiarów dokonanych na wielkiej liczbie gatunków zwierzęcych, znalazł liczby następujące:

Gatunki	Waga zwierzęcia	Powierzchnia skrzydeł	Powierzchnia odpowiadająca 1 kilogr.
Komar...	3 miligram.	30 milimetr. kw.	10 metrów kw.
Motyl...	20 centygram.	1663 "	8 ¹ / ₃ "
Gołąb...	290 gramów	750 centymetr. kw.	2586 centym. kw.
Bocian...	2265 "	4506 "	1988 "
Żóraw australski	9500 "	8543 "	899 "

Z porównania tych wymiarów wypływa ten fakt uderzający, że zwierzęta wielkiego wzrostu i wielkiej wagi, zachowują powierzchnię skrzydeł stosunkowo daleko mniejszą, od przedstawiającej się w zwierzętach małych. Wypadek powyższy wskazuje już że rola skrzydła w locie nie tylko jest bierną, gdyż żagiel lub spadochron muszą mieć zawsze powierzchnię proporcjonalną z ciężarem na który mają działać. Przeciwnie skrzydło ptaka, rozpatrywane z rzeczywistego punktu widzenia, to jest jako organ mający uderzać o powietrze, przedstawia jak to widzieliśmy, powierzchnię stosunkowo biorąc mniejszą od tej, jaką posiadają ptaki wielkiego wzrostu i wielkiej wagi.

Zdziwienie jakiego doznajemy w obec wypadków otrzymanych przez Lucy'ego, znika przecież gdy zwracamy uwagę na istniejący stosunek geometryczny, w którym powierzchnia skrzydeł bynajmniej nie wzrasta odpowiednio do wagi ptaka. W rzeczy

samej, biorąc dwa przedmioty jednakowego kształtu, na przykład dwa sześciany, z których jeden byłby dwakroć większym w średnicy od drugiego, to każda ściana wielkiego sześcianu będzie czterokroć większą od każdej ściany małego—waga zaś wielkiego sześcianu będzie ósmokroć większą od wagi małego. Tak więc wymiary liniowe wszelkich podobnych sobie brył geometrycznych, pozostają w pewnem z sobą ustosunkowaniu, w którym powierzchnie ich będą wzrastać w stosunku kwadratów, a wagi w stosunku sześciannów. Dwa ptaki kształtem sobie podobne, lecz z których w jednym długość linii rozpostartych skrzydeł, jest dwakroć szerszą od odpowiedniej linii w drugim ptaku, mieć będą powierzchnie skrzydeł pozostające do siebie w stosunku liczb 1 do 4, wagi zaś ciała w stosunku liczb 1 do 8.

Doktor Hureau de Villeneuve opierając się na tych spostrzeżeniach, starał się oznaczyć powierzchnię skrzydła mogącą utrzymywać w locie niedoperza, któryby ważył tyle co człowiek, i znalazł, że każde skrzydło nie miałooby w tym razie 3 metrów długości.

Hartings w znakomitej pracy dotyczącej stosunkowej długości skrzydeł i stosunkowej wagi mięśni piersiowych, u rozmaitych gatunków kręgowców obdarzonych lotem ¹⁾, okazał, że w seryi ptaków można przyjąć istnienie stałego stosunku, zachodzącego pomiędzy powierzchnią skrzydeł a wagą ciała. Jednakże potrzeba zważać na to, aby porównywane z sobą były tylko elementy dające się porównywać, to jest: długość skrzydeł, pierwiastki kwadratowe z ich powierzchni, i pierwiastki sześciennie z wagi ciała rozmaitych ptaków.

Jeżeli oznaczymy przez d długość skrzydła, przez p jego płaszczyznę lub powierzchnię, przez w wagę ciała, to możemy porównywać z sobą d , $\sqrt[3]{p}$, $\sqrt[3]{w}$.

Badając rozmaite typy ptaków, Hartings z wymiarów ich i z ciężarów otrzymał następną tablicę:

¹⁾ Archives néerlandaises, tom IV, str. 1869.

Nazwa gatunku	Waga <i>w</i>	Powie- rchnia <i>p</i>	Stosu- nek
			$\frac{V}{p}$
			$\frac{3}{V_w}$
1. Mewa srebrzysta (<i>Larus argentatus</i>)	565,0	541	2,82
2. Kaczka podgorzałka białooka (<i>Anas ny- roca</i>)	508,0	321	2,26
3. Łyska (<i>Fulica atra</i>)	495,0	262	2,05
4. Kaczka cyraneczka (<i>Anas crecca</i>)	275,5	144	1,84
5. Mewa śmieszka (<i>Larus ridibundus</i>)	197,0	331	3,13
6. Bojownik (<i>Machetes pugnax</i>)	190,0	164	2,23
7. Wodnik (<i>Rallus aquaticus</i>)	170,5	101	1,81
8. Kwiczoł (<i>Turdus pilaris</i>)	103,4	101	2,14
9. Kos (<i>Turdus merula</i>)	88,8	106	2,31
10. Szpak pospolity (<i>Sturnus vulgaris</i>)	86,4	85	2,09
11. Jemiołuszka (<i>Bombicilla garula</i>)	60,0	44	1,69
12. Skowronek (<i>Alauda arvensis</i>)	32,2	75	2,69
13. Sikora bogata (<i>Parus major</i>)	14,5	31	2,29
14. Czyż (<i>Fringilla spinus</i>)	10,1	25	2,33
15. Sikora modra (<i>Parus coeruleus</i>)	9,1	24	2,34

Do tego spisu Hartingsa dodajemy nowy, ułożony według tejże samej zasady. Wszystkie wymiary dokonane zostały na ptakach zabitych bronią palną, i w kilka chwil po śmierci. Wymierzaliśmy powierzchnię obu skrzydeł zamiast jednego tylko, jak to czynił Hartings; wprowadzenie tej zmiany którą pożytywalismy za konieczną, jest główną przyczyną różnic, jakie znajdzie czytelnik między liczbami naszymi a podanymi przez fizyologa holenderskiego. Chcąc porównywać z sobą obie tablice, potrzeba w ułożonej przez Hartingsa, podwoić liczbę wyrażającą stosunek $\frac{V_p}{3 \frac{V_w}{V_w}}$

Nazwa gatunku	Waga= <i>w</i> gr.	Powie- rchnia skrzy- deł= <i>2 p</i> cc.	Stosunek
			$\frac{V_2 p}{3}$
			$\frac{V_w}{V_w}$
1. Sęp (<i>Vultur</i>)	1663,94	3131	4,722
2. Sęp brunatny (<i>Vultur cinerus</i>)	1535,00	3233	4,929

Nazwa gatunku	Waga	Powierzchnia skrzydeł def=2 p	Stosunek
			$\frac{V_2 p}{V_w}$
	gr.	cc.	
3. Pustułka (<i>Falco tinnunculus</i>)	128,94	642	5,015
4. Pustułka mniejsza (<i>Falco tinnunculus minor</i>)	147,36	546	4,424
5. Sokół Kobek (<i>Falco Kobek</i>)	282,44	970	4,747
6. Sokół ? (<i>Falco sublatio</i> ?) ¹⁾	509,62	1684	5,138
7. Sokół Błotniak (<i>Falco palustris</i>)	203,76	1188	5,810
8. Sokół Kania (<i>Falco milvus</i>)	620,14	1904	5,117
9. Sówka (<i>Strix passerina</i>)	122,80	394	3,993
10. Sówka (<i>Strix passerina</i>)	128,94	442	4,162
11. Pokląskwa Białozytka (<i>Saxicola oenathe</i>)	56,05	125	2,922
12. Dzierlatka (<i>Alauda cristata</i>)	36,80	202	4,273
13. Wrona (<i>Corvus cornix</i>)	374,54	1156	4,717
14. Dudek (<i>Upupa epops</i>)	49,12	329	4,952
15. Szurka (<i>Merops apiaster</i>)	18,30	117	4,105
16. Zimorodek (<i>Alcedo ispida</i>)	82,89	270	3,769
17. Zimorodek afrykański? (<i>Alcedo afra</i> ?)	85,96	288	3,845
18. Gołąb z gatunku? (<i>Colomba vinacea</i> ?)	112,00	292	3,545
19. Czajka zbrojna (<i>Vanellus spinosus</i>)	159,64	636	4,649
20. Zwirowiec (<i>Glareola</i>)	95,17	343	4,056
21. Myszolów (<i>Buteo vulgaris</i>)	785,00	1651	4,405
22. Kuropatwa (<i>Perdix cinerea</i>)	280,00	320	2,734
23. Szpak pospolity (<i>Sturnus vulgaris</i>)	78,00	202	3,326
24. Sroka (<i>Corvus pica</i>)	212,00	540	3,906
25. Sroka (<i>Corvus pica</i>)	275,00	690	4,039
26. Jaskółka Oknówka (<i>Hirundo urbica</i>)	18,00	120	4,180
27. Kos (<i>Turdus merula</i>)	94,00	230	3,335

Odstępy jakie spostrzegamy w stosunku między wagą ciała a powierzchnią skrzydeł rozmaitych gatunków ptaków, bez wątpienia pochodzą po większej części od kształtu skrzydeł. W rze-

¹⁾ Znaki pytania (?) pomieszczone obok nomenklatury ptaków tu wyszczególnionych, oznaczają, że w naszej terminologii zoologicznej nazwy odpowiedniej nie posiadamy. W oryginale samym przy nazwach: *Falco sublatio* i *Alcedo afra*, pomieszczone znaki ?. Przyp. tłómacza.

czy samej nieobojętą jest rzeczą, czy powierzchnia uderzająca powietrze przedstawia maximum w pobliżu ciała, czy też w sąsiedztwie jego kończyny, dwa te punkty bowiem różnią się wielce w hyżości przenoszenia się. W powierzchniach jednakowej rozległości— opór będzie większy przy końcu skrzydła niż przy jego podstawie. Wynika ztąd, że dwa ptaki których powierzchnie skrzydeł są nierówne, mogą znajdować w powietrzu jednakowy opór, byle tylko powierzchnie te różniły się rozkładem.

Przeciwnie waga mięśni piersiowych, pozostaje w stosunku prostym do całkowitego ciężaru ptaka, i pomimo odstępów odpowiadających rozmaitym stopniom zdolności do lotu, jaką każdy gatunek jest obdarzony, widzimy, że po większej części u ptaków dochodzi ona około $\frac{1}{6}$ części w stosunku do wagi całego ciała.

W rezultacie każde zwierzę unoszące się w powietrzu, winno rozwijać pracę proporcjonalną do swego ciężaru. Dla uzyskania tego skutku, musi ono posiadać masy mięśniowe ustosunkowane z tym ciężarem, gdyż jak to widzieliśmy, ponieważ akcje zachodzące w mięśniach ptaków są zawsze jednej natury, akcje te i praca przez nie wytwarzana będą proporcjonalnemi do mas mięśniowych.

W jaki jednak sposób wyjaśnić, że skrzydła których powierzchnie zmieniają się w stosunku kwadratów z wymiarów liniowych u ptaków, wystarczają do unoszenia ciężarów, zmieniających się w stosunku sześciątów z tychże wymiarów?

Mozna udowodnić, że gdyby skrzydła tak ptaków wielkich jak i małych uderzały z jednakową hyżością, to każde uderzenie skrzydła nabywałoby hyżości, której wartość wzrastałaby wraz z wzrostem ptaka, a ponieważ opór powietrza powiększa się na każdym elemencie powierzchni skrzydła, w stosunku kwadratu z szybkości tego organu, wypadłaby ztąd odnośnie do pracy spełnianej w powietrzu, znacząca korzyść dla ptaków wielkiego wzrostu.

Wypływa ztąd, że ptaki wielkie do utrzymania się w powietrzu, nie mają potrzeby uderzać skrzydłami tak często jak ptaki małe.

Obserwatorowie dotąd nie zdołali dość ściśle oznaczyć liczby uderzeń skrzydłowych, w celu poznania, czy hyżość z jaką po

Rozdział IV.

O ruchach skrzydła spełnianych przez ptaka w locie.

Hyżość ruchów skrzydła.— Uplywy stosunkowe czasu w których skrzydło unosi się i obniża.— Określenie ich za pomocą elektryczności.— Oznaczenie myograficzne.— Krzywizna zakreślana przez skrzydło ptaka podczas lotu.— Budowa przyrządów ten ruch kontrolujących.— Doświadczenie.— Kształt eliptyczny linii jaką w ruchu zakreśla koniec skrzydła.

W uwagach ogólnych nad ustrojem ptaków, i wnioskami jakie można ztąd wysnuć, czytelnik musiał spostrzedz że wiele hipotez wymaga udowodnienia na drodze doświadczałnej. Z tego też względu, pośpieszyliśmy się z zastosowaniem do lotu ptaka metody, która nam już służyła do badania innych rodzajów ruchu przenośnego.

Hyżość uderzeń skrzydła. Metoda graficzna której bezpośrednio użycie było tak łatwem w oznaczeniu hyżości uderzeń skrzydła owadu, nie może już być zastosowaną w tychże samych warunkach do ptaka.

W tej mierze potrzeba urządzić pomiędzy ptakiem latającym, a przyrządem kontrolującym, przesyłkę sygnałów. Mamy więc przed sobą zagadnienie podobne temu, jakie rozwiązaliśmy śledząc ruch przenośny na lądzie, gdy kontrolowaliśmy hyżość i czas trwania w opieraniu się członków na ziemi. Winniśmy tu

oznaczyć wpływ czasu w ciągu którego skrzydło opiera się o powietrze, tudzież czas upływający w unoszeniu się skrzydła.

Metoda elektryczna. Telegraf elektryczny najpierw nam posługiwał.

W doświadczeniu pomieszczonym został u kończyny skrzydła przyrząd, który za każdym otrzymanym ruchem naprzemiannym przerywa lub zamyka obiegnik elektryczny. Na drodze przebiegu tego obiegnika osadzony przyrząd elektromagnetyczny, wypisuje ślady na walcu obrotowym. Ten rodzaj telegrafu zastosowaliśmy do zbadania lotu gołębia, posilkując się narzędziem przesyłającym sygnały, które później opiszemy — dwa druty elektryczne od skrzydeł poprowadzone nie pozostawały z sobą w żadnym związku.

Rylec wypisujący kreśli wówczas linię karbowaną, w poziomie której każda zmiana odpowie zmianie zachodzącej w kierunku ruchu skrzydła. Dla ułatwienia o ile można swobodnego lotu ptakowi, cienka i giętka linia obejmująca dwa druty przewodnikowe, stanowi komunikację między ptakiem a telegrafem wypisującym ślady. Oba końce drutów łączą się z małym przyrządem bardzo lekkim, spełniającym w skutek oporu powietrza rodzaj ruchu klapowego. Gdy skrzydło wznosi się — kłapa się otwiera, prąd ulega przerwie, a linia śladu telegraficznego podwyższa się. Gdy skrzydło zniża się — kłapa się zamyka, prąd podobnie zamkniętym zostaje, a ślad telegraficzny ulega obniżeniu.

Przyrząd ten zastosowany do różnogatunkowych ptaków, pozwala sprawdzić żywość ruchu skrzydeł każdemu z nich właściwą. Liczba gatunków jakie dotąd mogliśmy badać jest jeszcze dość ograniczoną. Oto liczby przez nas otrzymane:

Zwrot skrzydła w sekundzie.

Wróbel	13
Kaczka dzika	9
Gołąb	8
Blotniak	5 $\frac{3}{4}$
Sówka (Pójdźka)	5
Myszolów	3

Żywość uderzeń skrzydłowych zmienia się zresztą odpowiednio do tego, czy ptak zrywa się do lotu, czy rozwinał lot w pełni, lub wreszcie czy zamierza spocząć. Niektóre ptaki jak wiadomo,

przez pewien czas nie poruszają całkiem skrzydłami, ślizgają się wtedy w powietrzu użytkując z nabytej hyżości.

Upływy czasu w ciągu których skrzydło zniża się i unosi. Wbrew pogładowi niektórych autorów, czas w ciągu którego obniżają się skrzydła, jest zwykle dłuższym od upływającego podczas ich unoszenia się. Różnica zachodząca w dwóch tych upływach czasu, daje się zwłaszcza dostrzegać u ptaków, których skrzydła przedstawiają wielką powierzchnię, i uderzają o powietrze bardzo powolnie. I tak powyższe upływy czasu są prawie sobie równe u kaczki mającej skrzydła bardzo wąskie, nierówne są zaś u gołębia a jeszcze więcej u myszołowa.

Oto cyfry otrzymane z odbytych przez nas doświadczeń:

	Upływ całkowity czasu, w ciągu którego skrzydło zwrot spełnia ¹⁾	Upływy cząstkowe czasu: przy wznoszeniu się skrzydła	przy zniżaniu się skrzydła
Kaczka	$11\frac{2}{3}$ setnych sekundy	5	$6\frac{2}{3}$
Gołąb	$12\frac{1}{2}$ " "	4	$8\frac{1}{2}$
Myszołów	$32\frac{1}{2}$ " "	$12\frac{1}{2}$	20

Daleko większą trudność znajdziemy w tem, że nie można oznaczyć dokładnie chwili w której linia zakreślana przez telegraf zmienia kierunek. Przyciągania to silniejsze to słabsze przejawiające się w żelazie miękkim, zachodzą w upływach czasu które dają się oceniać, gdy walec poczerniony obraca się z hyżością odpowiednią do wymierzenia ruchów szybkich jakie mamy badać. Zboczenia linii kreślonej przez telegraf, stają się wówczas krzywiznami, których dokładne pochodzenie wielce jest trudnem oznaczyć. Istnieje więc pewna granica w ścisłości wymiarów dokonywanych z pomocą metody elektrycznej, wszelako można w ten sposób oceniać czas trwania ruchu dość blizki ścisłości.

Metoda myograficzna. Widzieliśmy że kurczeniu się mięśni towarzyszy wzdęcie, utrzymujące się we wszelkich jego fazach.

Kurcz więc szybki lub powolny, słaby lub silny mięśnia, towarzyszyć będzie wzdęciu, które przejawia też same cechy

¹⁾ Przez zwrot skrzydła rozumieć należy jedno jego zawahadłowanie, złożone z jednego wzniesienia się i z jednego zniżenia skrzydła, co zresztą objaśnia sam spis tu podany, gdyż dwa cząstkowe upływy czasu wyrównują całkowitemu obok nich zamieszczonemu

w szybkości lub w natężeniu kurczu. Za każdym znizeniem się skrzydła ptaka, *wielki mięsień piersiowy* ulegnie tem samem wzdęciu, które należy przesłać przyrządowi kontrolującemu.

Posiłkować się będziemy w tym celu przyrządami, które już nam służyły w ruchu przenośnym człowieka do ocen tegoż rodzaju. Wprowadzając niewiele znaczące zmiany w tych przyrządach, uzdolnimy je do wskazywania faz z kolei po sobie następujących, w kurczeniu się i zwalnianiu wielkiego mięśnia piersiowego.

Ptak w doświadczeniu odbywa lot w przestrzeni przedstawiającej 15 metrów kwadratowych w dwóch wymiarach, a w trzecim 8 metrów wysokości.

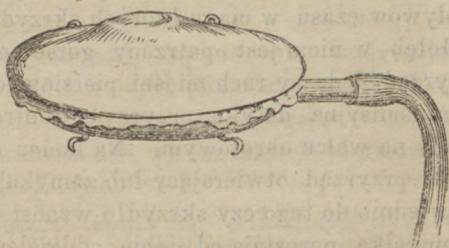


Fig. 83. Przyrząd śledzący kurczenie się mięśni piersiowych ptaka. — Ścianę wierzchnią, wypukłą, składa błona kauczukowa unoszona przez sprężynę spiralną; błona ta dotyka do mięśni. Ściana dolna styka się z gorsetem i opatrzona jest czterema małemi haczykami, wczepionemi w tkaninę i utrzymującemi przyrząd w miejscu.

Przyrządy kontrolujące mieszczą się w środku sali doświadczalnej, 12 więc metrów długości rurki kauczukowej wystarcza do ustanowienia stałej komunikacji pomiędzy ptakiem a przyrządami.

Gółębia opina się w tym razie w rodzaj gorsetu, pod którym, a mianowicie między tkaniną mocno rozciągniętą a mięśniami piersiowemi, mieści się mały przyrząd, przejmujący wzdęcia mięśniowe. Mała miednica metalowa (fig. 83) zawierająca wewnątrz sprężynkę spiralną, osłoniętą jest błoną kauczukową. Miednica w ten sposób zamknięta komunikuje z rurką transmisyjną.

Cisnienie całkowite wywierające się na błonę kauczukową, wgnięta ją, w skutek czego sprężynka ustępuje, powietrze zaś

wypędzone z miednicy uchodzi rurką. Gdy ciśnienie przestaje działać, powietrze wchodzi do miednicy w skutek sprężystości sprężyny podnoszącej błonę. W ten sposób powietrze naprzemian napływające i uchodzące, utrzymuje się w rurce, a ruch tego prądu powietrznego, przesyła przyrządowi kontrolującemu sygnały ciśnień, mniej lub więcej silnych, wywieranych na błonę miednicy.

Przyrząd kontrolujący składa się z bębna opatrzonego drążkiem, znanym już czytelnikowi. Kresli on krzywiznę wznoszącą się gdy mięsień ulega kurczowi, lub obniżającą się w czasie wolniejszego kurczu mięśnia.

W doświadczeniu tem posługuje tak telegraf elektryczny jak i metoda myograficzna, do oznaczenia hyżości z jaką uderzają skrzydła, i upływów czasu w ciągu których skrzydła wnoszą się i obniżają. Gołąb w niem jest opatrzony gorsetem, pod którym mieści się przyrząd śledzący ruch mięśni piersiowych.

Rurka transmisyjna dotyka przyrządu kontrolującego, wypisującego ślady na walcu obrotowym. Na końcu skrzydła gołębia, mieści się przyrząd otwierający lub zamykający prąd elektryczny, odpowiednio do tego czy skrzydło wznosi się lub obniża. Dwa druty obiegnika pozostają od siebie oddzielone; na drodze ich przebiegu znajdują się dwa elementy stosu Bunsena i elektromagnes opatrzony drążkiem, kontrolującym sygnały telegraficzne ruchów skrzydła.

Doświadczenie. Wypuszczamy ptaka z rogu sali przeciwległego temu, w którym mieściła się jego klatka. Ptak lecąc kieruje się zwykle ku klatce na której zamierza spocząć; w czasie trwania tego lotu otrzymujemy ślady przedstawione w figurze 84.

Ślad pozyskiwany w ten sposób, widocznie będzie przedstawiał różnicę odpowiednio do gatunku ptaka z którym odbyto doświadczenie. Wszelako w każdym ze śladów II, III, IV, V, dostrzegamy peryodyczny powrót dwóch ruchów *a* i *b* wytwarzających się za każdym zwrotem skrzydła.

Zkąd pochodzą te dwie akcyje mięśniowe?

Łatwo poznać że falowanie *a* odpowiada akcyi mięśnia unoszącego skrzydło, falowanie zaś *b* akcyi mięśnia je zniżającego.

Można to udowodnić, otrzymując jednocześnie ze śladem mięśniowym ślad ruchów skrzydła wznoszącego się i zniżającego,

jaki nam przesyła elektryczność. Dwa te ślady nakreślone ponad sobą, okazują że czas upływający w unoszeniu się skrzydła, zgadza się z czasem w którym zachodzi falowanie *a*, tudzież że upływ czasu w ciągu którego skrzydło zniża się, zachodzi współcześnie z falowaniem *b*.

Łatwo ztąd pojąć, w jaki sposób wytwarzają się falowania *a* i *b* we wszelkich śladach mięśniowych u ptaków. W rzeczy samej, przy poziomie okolicy badanej, tuż przy wyrostku mostka, istnieją dwie płaszczyzny mięśniowe od siebie różne. Pozostającą najbliższą powierzchnią, składa wielki mięsień piersiowy czyli zniżacz skrzydła—mieszczącą się zaś najgłębiej, tworzy mięsień średni piersiowy, to jest dźwigacz skrzydła, którego ścięgną przechodzi po za widełkiem mostka i przytwierdza się do główki ramiennej.

Dwa te mięśnie nad sobą położone, wzdymając się działają będą na przyrząd z którym pozostają w zetknięciu. Dźwigacz skrzydła w czasie kurczenia się ulegając wzdęciu, wyrazi swe działanie falowaniem *a*—wielki mięsień piersiowy wskaże zniżenie się skrzydła falowaniem *b*.

Można jeszcze sprawdzić dokładność tych wskazówek za pomocą bardzo prostego doświadczenia. Anatomja okazuje nam, że mięsień będący dźwigaczem skrzydła jest wązkim i rozdważy zniżacz dopiero w swej części najgłębszej, mieszczącej się w długości grzebienia mostka. Owoż gdybyśmy przesunęli więcej na zewnątrz przyrząd śledzący ruch tych mięśni, zajęłby on to miejsce, w którym zniżacz nie jest już rozdwanym przez dźwigacza; ślad też przedstawi tylko falowanie proste, odpowiadające przy *b* krzywiznom figury 84.

Ztąd okazuje się jasno, że falowania *a* i *b* śladów mięśni ptaków, z którymi odbywaliśmy doświadczenia, odpowiadają jak najdokładniej akcyi głównych mięśni, to jest dźwigaczy i zniżaczy skrzydła. Wszelako nie wypadaloby przywiązywać wielkiego znaczenia do postaci tych śladów, chcąc z nich wnioskować o naturze dokładnej ruchu spełnianego przez mięsień. Ruchy te, w rzeczy samej zdają się wkraczać jeden w drugi, w ten sposób, że kurcz w dźwigaczu skrzydła prawdopodobnie ulega nie zupełnemu zwolnieniu, w chwili gdy zniżacz działać zaczyna.

Przedewszystkiem wymagamy od tych śladów tego tylko, co mogą nam istotnie dostarczyć, a mianowicie: liczby zwrotów

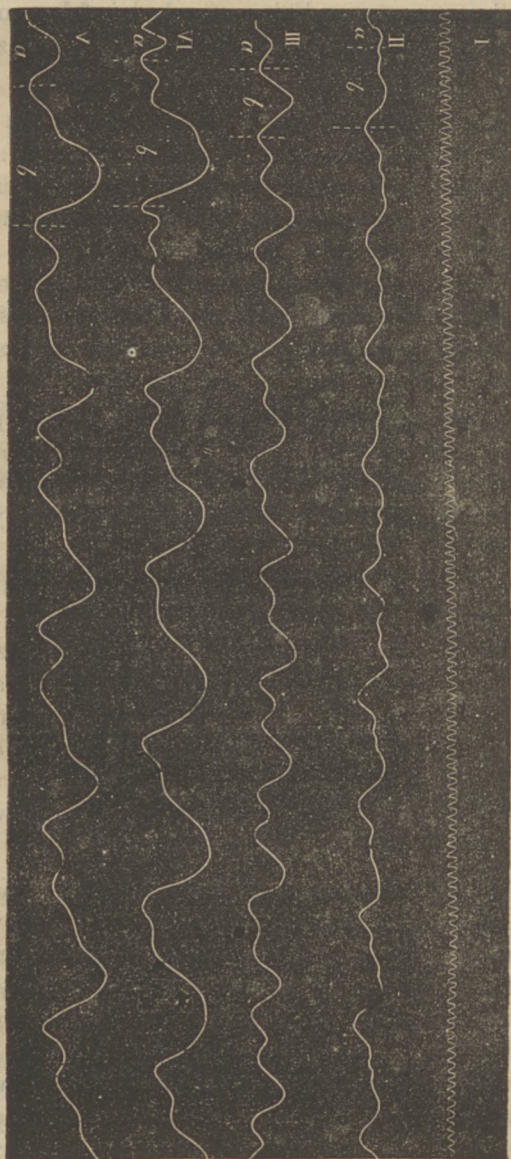


Fig. 84. Ślady myograficzne mięśni piersiowych, otrzymane w czasie lotu różnogatunkowych ptaków. — Linie I pozyskano za pomocą dyapazonu chronograficznego, wymierzającego czas upływający za każdym ruchem mięśniowym; dyapazon ten wibrował 60 razy w sekundzie. — Linia II jest śladem mięśni gołębia; ślad ten zebrany został w warunkach wyżej w tekście podanych. — Linia III przedstawia ślad kaczki dzikiej. — Linia IV wyraża ślad błotniaka. — Linia V wskazuje ślad myszówki.

skrzydła, mniejszej lub większej regularności tych ruchów, tu-

dzież jednostajności lub niejednostajności w energii rozwiniętej w każdym z powyższych ruchów.

W tych granicach ścieśniając kwestyę pozyskujemy z doświadczenia że uderzenia skrzydła ptaka różnią się od siebie rozległością i hyżością w rozmaitych chwilach lotu.

Przy wzlatywaniu w powietrze, skrzydła uderzają z mniejszą hyżością ale natomiast rozwijają większą siłę. Po dwóch lub trzech łopotach, skrzydła nabywają rytmu prawie regularnego, który tracą w chwili gdy zwierzę zamierza spocząć, jak to w figurze 85 widzimy.

Linia zakreślana przez skrzydło ptaka w locie.

Widzieliśmy mówiąc o mechanizmie lotu owadu, że najważniejszym doświadczeniem było to, które wykryło linię krzywą, zakreślaną przez kończynę skrzydła w każdym jego zwrocie. Poznanie mechanizmu lotu, wypłynęło że tak powiemy naturalnie, z tego pierwszego spostrzeżenia.

Dla zbadania lotu ptaka też samo określenie jest również potrzebnem, jednakże metoda optyczna nie daje się tu zastosować. W rzeczy samej, ruch skrzydła ptaka zbyt szybki aby go mogło oko wysledzić, nie dostarcza siatkówce wrażenia dość trwałego, któreby okazywało zupełny jego przebieg. Metoda graficzna w połączeniu z sygnałami przesłkowymi, jakich dotąd używaliśmy, wyraża tylko ruchy zachodzące w linii prostej—

do takich należą kurczenie się i przedłużanie mięśnia, oscylacje pionowe i poziome ciała podczas chodu, i t. p. Jedynie wiążąc ten

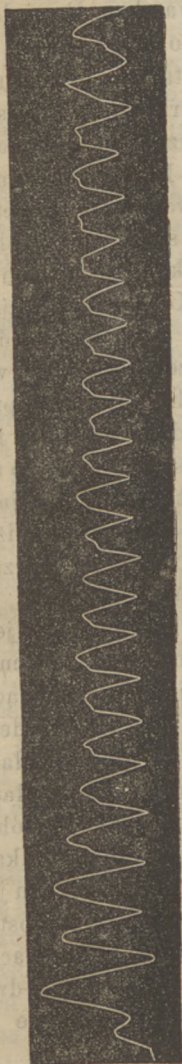


Fig. 85. Przedstawia różnice w rozległości ruchu i w hyżości uderzeń skrzydłowych gołębia podczas lotu, przebiegającego 15 metrów długości. — Z lewej strony figury, dostrzegamy wielkie ruchy wskazujące początek lotu; ślad ten pozyskanym został z pomocą walca obracającego się powolnie, co pozwoliło otrzymać wielką ilość ruchów w krótkim upływie czasu.

ruch prostoliniijny z przenoszeniem się jednostajnem powierzchni okopconej ślad przyjmującej, otrzymuje się wyrażenie hyżości z jaką ruch spełnia się w każdej chwili.

Akcyja skrzydła podczas lotu nie tylko zasadza się na tem, że skrzydło naprzemian wznosi się i obniża. Dość jest przypatrzyć się ptakowi przelatującemu nam ponad głową, aby sprawdzić, że skrzydło zwraca się niemniej od przodu ku tyłowi za każdym uderzeniem o powietrze. Z podwójnego tego ruchu musi powstawać krzywizna zamknięta którą mamy skreślić.

Udowodniono jeometrycznie, że wszelka figura płaska, to jest dająca się wpisać w płaszczyznę, może powstawać z połączenia prostokątnego dwóch ruchów prostoliniijnych. Ślady jakie otrzymał Koenig ubrajać rylcem przeciki wibrujące Wheatstone'a, figury świetlne akordów muzycznych wytworzone przez Lissajous'a przez odbicie się wiązki światła w dwóch zwierciadłach wibrujących w kierunku prostopadłym do siebie, są dobrze znanymi przykładami wytworu figury płaskiej, za pośrednictwem dwóch ruchów prostoliniijnych do siebie prostopadłych.

Ztąd też jeżeli przyjmujemy, że można przesyłać jednocześnie ruchy wznoszenia się i zniżania spełniane przez skrzydło ptaka, równie jak ruchy wytwarzane przez ten organ od przodu ku tyłowi i od tyłu ku przodowi, przypuszczając niemniej, że na rylce wypisujący mogą działać jednocześnie dwa te ruchy do siebie prostopadłe, to rylce tem samem kreślić będzie na papierze figurę najdokładniej odpowiadającą ruchom skrzydła ptaka.

Staraliśmy się przedewszystkiem zbudować przyrząd, któryby podobną drogą przesyłał jakikolwiek ruch do pewnej odległości i wypisywał go na płaszczyźnie, nie zajmując się wcale tym przedmiotem w jaki sposób możnaby tę maszynę mniej lub więcej ciężką zastosować do ptaka.

Opis tego przyrządu jest konieczny, gdyż ułatwi nam zrozumienie następnej ryciny ostatecznie uzupełnionej.

Na dwóch podstawach mocnych unoszących słupy do nich prostopadłe, osadzone są dwa pręty poziome do siebie równoległe. Są to dwa drążki glinowe ¹⁾, które dzięki przyrządom transmi-

¹⁾ To jest z metalu zwanego *glinem* (aluminium) podobnego do srebra, lekkiego i wielce wytrzymałego. Metal to bardzo drogi, funt jego kosztuje przeszło 40 rubli, Przyp. tłómacza,

syjnym jakie mamy opisać, spełniają razem jednocześnie jednakowe ruchy. Każdy z tych drążków osadzonym jest na kardanie, czyli na podwójnym stawie pozwalającym mu wykonywać wszelkie ruchy. I tak każdy drążek może zwracać się ku górze na dół, w prawą lub w lewą stronę, może swym końcem opisywać podstawę ostrokągu, którego kardany byłby wierzchołkiem; wreszcie spełniać wszelki rodzaj ruchu jaki podoba się odbywającemu doświadczeniu mu nadać.

Jeżeli chodzi o przesłanie ruchów z jednego drążka do drugiego z odległości 10 lub 15 metrów, następuje to za pomocą procesu znanego już czytelnikowi, to jest użycia bębnow i rur powietrznych.

Jeden drążek z lewej strony przyrządu położony, łączy się za pośrednictwem pręta metalowego prostopadłego z błoną bębna pod nim pomieszczonego. W skutek ruchów prostopadłych drążka, błona bębnowa z kolei to podnosząca się to zapadająca, wytworzy ruch dmuchawkowy który przenosić się będzie długą rurką powietrzną aż do błony podobnego bębna w przyrządzie położonym z prawej strony. Ten drugi bęben pomieszczony powyżej odpowiadającego mu drążka z nim połączonego, przesyłać będzie wierznie wszelkie nadawane mu ruchy prostopadłe bębnowi Nr. 1 (z lewej strony). Oba drążki wykonywać będą ruchy w jednakowym kierunku, dzięki odwrotnemu układowi bębnow. W rzeczy samej, przypuśćmy że zniża się drążek Nr. 1, w tym razie przygniata on błonę bębna pod nim pomieszczonego; wytwarza się więc prąd dmuchawkowy który uniesie błonę drugiego bębna, w następstwie czego drążek Nr. 2 obniży się. I odwrotnie drążek Nr. 1 wznosząc się wciągnie powietrze, a to wydmie błonę i uniesie drążek Nr. 2.

W przesyłaniu ruchów po płaszczyźnie poziomej, postępujemy w podobny sposób. W tym razie z prawej strony jednego drążka a z lewej strony drugiego, umieszcza się bęben, którego błona spoczywająca na płaszczyźnie prostopadłej przejawia ruch w kierunkach bocznych. Przesyłka tych ruchów odbywa się za pomocą rury oddzielnej, jak to ma miejsce w ruchach prostopadłych.

Po urządzeniu w ten sposób przyrządu, ujmując w palce koniec jednego drążka i nadając mu jakiekolwiek ruchy, spostrzegamy że drugi drążek jak najdokładniej ruchy te powtarza.

Całą różnicę między nimi stanowi to, że drążek drugi posłuszny pierwszemu spełniać będzie ruchy nieco mniej rozległe. Pochodzi to ztąd, że powietrze zawarte w rurkach i w bębnach ulega pewnemu niewiele znaczącemu zgęszczeniu, a tem samem, nie przesyła w całości otrzymywanego ruchu.

Łatwo byłoby zaradzić tej niedogodności gdyby była jedyną, uczulając przyrząd odbierający ruchy, a mianowicie umieszczając kardan nieco bliżej punktu, w którym ruch przesłany zostaje drążkowi drugiego przyrządu. Lepiej jest wszakże nie pożądać zbyt wielkiej wyrazistości ruchów mających wypisywać ślady, gdyż wówczas tarcie powiększając się pomniejszałoby siłę mającą je pokonać.

Po sprawdzeniu że przesyłka jakiegokolwiek ruchu spełnia się z pomocą tego przyrządu w sposób zadawalniający, poszukiwalishmy środka wypisania tego ruchu na płaszczyźnie. Trudność jaka się już przedstawiała przy zastosowaniu metody graficznej do badań ruchów skrzydła owadu, zachodzi tu również—wszelako tym razem nie możemy jej pominąć poprzestając na śladach cząstkowych.

Rylec drążka Nr. 2, opisuje w przestrzeni figurę kulistą która niemoże być styczną—inne mi słowy, na powierzchni okopconej niema punktu ślad przyjmującego. Potrzeba było tem samem odrzucać tę figurę na płaszczyznę, i ułożyć drążek w ten sposób, aby mógł odpowiednio do potrzeby, przedłużać się lub skracać, celem pozostawiania zawsze w zetknięciu ze zwierciadłem okopconem. Wypadek ten pozyskanym został za pomocą sprężyny, służącej za rylec wypisujący.

Fig. 86 okazuje pomieszczoną na końcu drążka powyższą sprężynę, w podstawie szeroką aby mogła opierać się wszelkiej dążności do zboczeń pod wpływem tarcia. Podstawa ryłca osadzoną jest na czopie glinowym, prostopadłym do kończyny drążka do którego przytwierdza się podstawa.

W ten sposób koniec sprężyny spełniający obowiązki ryłca, znajduje się widocznie na przedłużeniu drążka, którego ruchy będzie kontrolować. Przypuśćmy że drążek wznosi się i przyjmuje położenie wskazane linią kropkowaną w figurze 86. Przebiegając tę przestrzeń opisze on łuk koła, a kończyzna jego nie będzie już mieścić się na tejże samej płaszczyźnie co przed chwilą. Sprężystość sprężyny zwróci więc ku przodowi koniec wypisujący,

w skutek czego tenże stykać się będzie z płaszczyzną na której ma kreślić ślady.

W ten sposób drążek przedłuża się lub skraca, odpowiednio do potrzeby, a koniec jego ociera się nieustannie o płaszczyznę. Powierzchnię przyjmującą ślady składa zwierciadło dobrze wypolerowane, sprężynka zaś tworząca rylce jest tak giętą, że ośnienie sprężyste przez nią wywierane na to zwierciadło, nie spowoduje prawie żadnego tarcia.

Gdy przyrząd w ten sposób urządzonym zostanie, potrzeba jeszcze sprawdzić czy wiernie przenosi i wypisuje ruchy.

W tym celu dwa drążki przyrządów poprzednio przez nas opisanych, opatrzone są podobnemi sobie rylcami, których końce zwrócone zostają na jedno zwierciadło okopcone. Gdy poruszamy

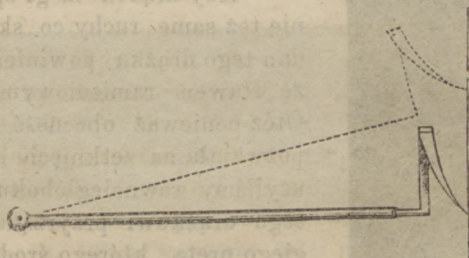


Fig. 86. Rylce sprężyste kreślący ślady na zwierciadle okopconem.

ręką jeden z tych drążków w ten sposób, aby kreślił jakikolwiek ślad, na przykład wypisywał swą nazwę, to drugi drążek winien kreślić tenże sam ślad, odtwarzać też same głoski pisma.

Zdarza się zwykle, że przesyłka ruchu nie odbywa się z równą łatwością w obu kierunkach, poznajemy to z wykrzywienia figury przesłanej, która mniej lub więcej przedłuża się w swej długości lub w szerokości. Wada ta może być zawsze poprawiona; pochodzi ona ztąd, że błona jednego z bębnow silniej jest rozpiętą od drugiej, która tem samem z mniejszą łatwością naśladuje ruchy. Po kilku wypróbowaniach nadać można bardzo prędko jednakową czułość obu błonom, o czem przekonywa, to że figura kreślona przez pierwszy drążek, jest identyczną z wypisywaną przez drugi.

Doświadczenie oznaczające graficznie linję zwrotu skrzydła. Wymieniamy tu zmiany poczynione w przyrządzie, z pomocą których możemy zastosować tę przesyłkę ruchów do badań zwrotów skrzydła w locie ptaka.

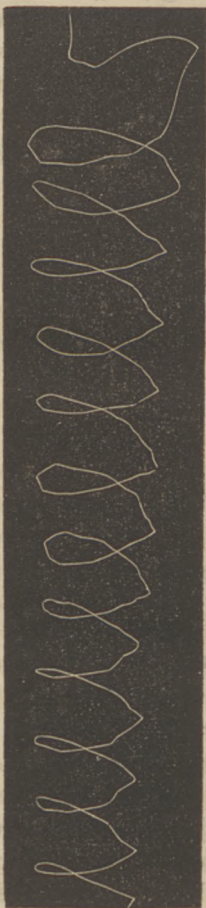
Przyrząd w tym razie powinien posiadać dość znaczną wagę; do unoszenia go wybieraliśmy ptaki większego wzrostu—silne, dorosłe myszołowy posługiwały nam w tych doświadczeniach. Z pomocą pewnego rodzaju gorsetu pozostawiającego swobodnymi skrzydła i nogi, przytwierdzaliśmy do grzbietu ptaka deszczułkę z drzewa lekkiego na której osadzał się przyrząd.

Aby drążek mógł spełniać wierne też same ruchy co skrzydło, kardana tego drążka powinien stykać się ze stawem ramieniowym myszołowa. Otóż ponieważ obecność drążków nie pozwalała na zetknięcie bezpośrednie, użyliśmy równoległoboku przesyłającego drążkowi przyrządu ruchy długiego pręta, którego środek ruchu pozostawał bardzo blisko stawu skrzydła ptaka.

Wreszcie dla pozyskania współzależności pomiędzy ruchami pręta a ruchami skrzydła myszołowa, przytwierdzaliśmy do rzekomego skrzydła, to jest do śródręcza palca u ptaka, cążki z osadą dobrze zaciśniętą i opatrzoną pierścieniem, w którym przesuwiał się pręt stalowy niżej opisany.

Nadmienić winniśmy, że od przyrządu poprowadzone są dwie rurki transmisyjne komunikujące z narzędziem kontrolującym. Po wielu bezowocnych próbach i zmianach poczynionych w budowie przyrządu, który z powodu swej wagi psuł się za każdym spełnionym lotem ptaka, udało się nam otrzymać wypadki zadawalające.

Fig. 87. Linia eliptyczna zakreślana przez koniec skrzydła ptaka.



Przez cały czas trwania lotu, drążek kontrolujący wypisywał rodzaj elipsy, która kreśliła się na blaszce odbywającej ruch przenośny od prawej ku lewej stronie. Elipsę tę wyobraża nam drzeworyt oznaczony Nr. 87.

Dla zrozumienia tego rysunku, potrzeba nam wyobrazić sobie ptaka spełniającego lot od lewej ku prawej stronie, (to jest w kierunku w jakim ślad został nakreślonym) i ocierającego kończynę lewego skrzydła o ścianę powleczoną sadzą. Ślad wypisywany w tych warunkach przez skrzydło, będzie identyczny z przedstawionym w figurze 87.

Krzywizna ta jest w istocie elipsą, rozwijaną w ruchu przenośnym blaszki ślad przyjmującej. Pomijając pewne drgania w linii—drgania pochodzące z niedoskonałości przyrządu, krzywiznę zakreślaną przez skrzydło ptaka możnaby najzupełniej porównać

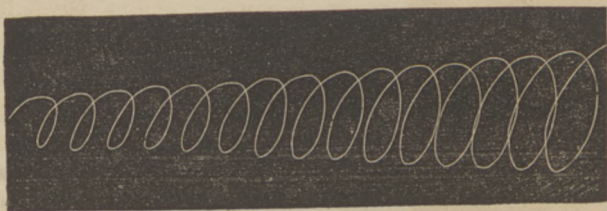


Fig. 88. Elipsa zakreślana przez pręcik Wheatstone'a, zastosowany do wrotu z walcem obrotowym, na którym wypisuje ślady.

ze śladem jaki dawałby w tychże samych warunkach pręcik Wheatstone'a wytwarzający vibracje eliptyczne, zastosowany do wrotu z walcem obrotowym. Figura 88 przedstawia ślad tego rodzaju.

Oznaczenie zwrotu skrzydła w rozmaitych fazach jego hyżości jest tak ważnem, że staraliśmy się sprawdzić kilkoma sposobami czy rzeczywiście w tym zwrocie elipsa zakreśloną zostaje.

Wszystkie nasze doświadczenia wydały zgodne z sobą wypadki. Okazały one, że ptaki różnorodnych gatunków opisują skrzydłami w locie linię eliptyczną.

Esterno ze swych spostrzeżeń wnosił już o istnieniu tej linii zakreślanej w locie przez skrzydła, a nawet zamieścił elipsę opisywaną przez skrzydło w wydanym przez siebie dziele. Wszelako według niego, wielka oś elipsy zwracała się w kierunku ku

dołowi i ku tyłowi, co sprzeciwia się wypadkowi otrzymanemu z naszych doświadczeń. Spostrzegamy prócz tego w początku i w końcu figury 87 nierówną rozległość uderzeń skrzydłowych.

Ta zmiana w rozległości ruchu zgadza się z tem, co zaznaczyliśmy w figurze 85. Okazuje ona że w pierwszej chwili lotu, skrzydła uderzając o powietrze wydają najrozleglejsze ruchy. W rzeczy samej ptak naówczas winien spełniać maximum pracy, gdyż ma wznieść się nad ziemię; następnie potrzebuje on tylko utrzymać się w tej wysokości do jakiej wzbił się w locie.

Rozdział V.

Zmiany w płaszczyźnie skrzydła ptaka, w rozmaitych punktach zwrotu tegoż skrzydła.

Nowe oznaczenie linii zakreslanej w locie przez skrzydło.—Opis przyrządów.—Przesyłka ruchu za pomocą siły ciężkości drutu.—Maneż i przyrząd zawieszający ptaka.—Przyrząd kontrolujący.—Doświadczenie dotyczące lotu gołębia.—Analiza krzywizn.—Opis przyrządów wskazujących zmiany zachodzące w płaszczyźnie skrzydła podczas lotu.—Stosunek istniejący między temi zmianami płaszczyzny a innemi ruchami skrzydła.

Nowe oznaczenie linii zakreslanej w locie przez skrzydło. Analiza jednoczesna tak zmian zachodzących w płaszczyźnie skrzydła, jak i rozmaitych faz przejawiających się w jego zwrotach, przedstawiałaby niepospolite trudności, gdybyśmy nie wynaleźli nowego układu przyrządów, pozwalającego śledzić współcześnie nieograniczoną prawie liczbę rozmaitych ruchów.

To uproszczenie metody, zasada się na użyciu drutów przesyłających ruch z jakiegokolwiek punktu do przyrządu śledczego, który z kolei przesyła go zwykłą drogą przyrządowi kontrolującemu.

Opis przyrządu. Na figurze 89 widzimy dwa bębny sprzężone z drążkami, podobne tym które już przedstawiliśmy w drzeworycie oznaczonym liczbą 15. Drążek *L* należy do przyrządu śledczego, to jest do tego, na który ma działać ruch przez nas badany.

Na osadzie tego pierwszego przyrządu, umieścimy zgięty w krzywiznę drut żelazny, z końca którego występuje rurka kauczukowa F dochodząca do drążka L . Od tegoż drążka przeprowadzonym jest sznurek jedwabny CC , z zawieszoną na nim kulką ołowianą.

Przypuśćmy że kulka znajduje się w położeniu najniższym, to jest w punkcie A —drążek L przyjmie wówczas położenie oznaczone linią kropkowaną, w przyrządzie zaś kontrolującym powietrze odepchnięte uniesie drążek L' , który ślad nakreśli.

Unieśmy teraz kulkę w wysokości oznaczonej głośką B —sprężystość rurki kauczukowej uniesie znowu drążek.

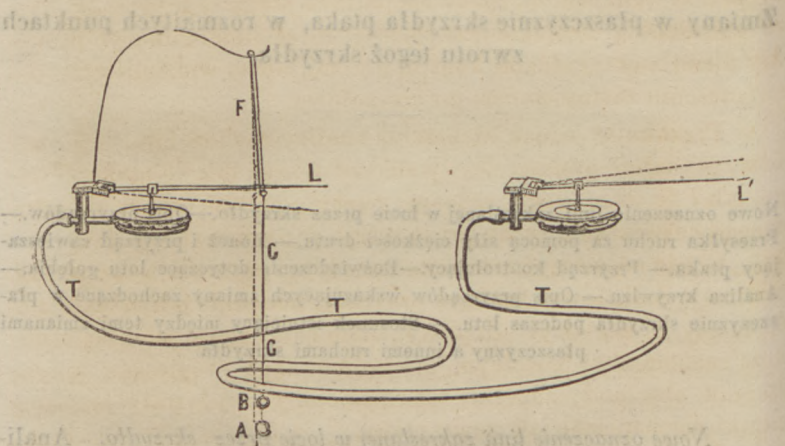


Fig. 89. Przesyłka ruchu wahadłowego za pośrednictwem siły pociągania.

W ten sposób drążek L pobudzany jest z kolei przez dwie siły— to siła ciężkości wywarta na sznurek jedwabny obniża go w skutek rozciągania kauczuku — to znowu oddziaływa kauczuk, jak tylko ciążenie przestaje swój wpływ przejawiać.

W ten sposób drążek powtarzać będzie wiernie wszelkie ruchy, jakie mu nadawać będzie kończyzna sznurka wywierającego siłę pociągającą. Drążek L' mający kreślić na walcu ruchy mu przesyłane, porusza się w kierunku odwrotnym ruchowi nadawanemu sznurkowi CC . Ślad więc będzie odwrócony— gdyby zaś nam chodziło o pozyskanie go w kierunku prostym, postrzeba by-

łoby odwrócić bęben kontrolujący w ten sposób, aby błona zwróconą została ku dołowi ¹⁾.

Z pomocą przyrządów tego rodzaju, to jest jednego ulegającego ciążeniom pionowym sznura przytwierdzonego do skrzydła ptaka, oraz drugiego podległego ciążeniom poziomym innego sznura również do skrzydła przytwierdzonego, można sprawdzać doświadczenie które nam dało linję zakreslaną w przestrzeni przez ten organ, i otrzymać w warunkach daleko większej ścisłości, krzywiznę tych ruchów. To właśnie staraliśmy się osiągnąć i dokonaliśmy z zupełnem powodzeniem jak to dalej zobaczymy.

Niestanowi to jednak jeszcze wszystkiego, co chcielibyśmy pozyskać. W tym celu możnaby zaopatrzyć ptaka w przyrządy które opisaliśmy, urządzić za pomocą rurek komunikację pomiędzy nimi a przyrządami kontrolującymi, jak to widzieliśmy w doświadczeniu zastosowaniem do myszołowa.

Poszukując jednak ulepszenia analizy ruchów lotu, usiłowaliśmy wynaleźć proces, dający się zastosować tak do ptaka żywego, jak i do wszelkiego rodzaju maszyny przeznaczonej do sztucznego odtwarzania ruchu przenośnego w powietrzu.

Chcąc odtworzyć sztucznie ruch lotu, potrzeba nam że tak powiemy, naśladować funkcję przyrody, podobnie jak artysta naśladowający jej kształty. Ztąd wypadnie nam nadać większą szybkość ruchom zbyt powolnym, upowolnić zbyt pośpieszne w tym stopniu, aby miały zupełnie też same cechy i wydawały też same skutki mechaniczne jak ruchy ptaka.

To porównanie ciągle nasuwające się wymaga pomieszczenia się w nowych warunkach. W rzeczy samej, nasze badania analityczne zwracały się dotąd do ptaka latającego swobodnie — otóż dopóki nie zdołamy naśladować najzupełniej tego lotu, z pomocą procesów mechanicznych, niepodobna nam będzie śledzenie go pozostawiać samemu przyrządowi sztucznemu — uległby on uszkodzeniom w każdym doświadczeniu.

¹⁾ Odpowiednio do tego w jaki sposób chcemy badać ruchy, potrzeba używać przyrządów tego rodzaju. Wszelako trzy drążki sprzężone są zawsze dostateczne do wysledzenia ruchów jednego punktu w przestrzeni, ponieważ każde położenie tego punktu zostaje określone, gdy oznaczamy je stosunkiem trzech osi do siebie prostopadłych.

W porównywaniu ruchów ptaka ze spełnianiami przez *szemat*, potrzeba nam tylko, aby te ruchy zachodziły w warunkach lotu swobodnego. Byleby ptak nawet krępowany w ruchach, uderzał skrzydłami w zamiarze spełnienia lotu, już jesteśmy w możności badać jego akcje mięśniowe, z ich cechami, siłą, rozległością i czasem trwania. Ptak zawieszony na sznurze i trzepoczący skrzydłami, mógłby naprzykład być porównanym z przyrządem sztucznym w podobny sposób utrzymywany.

Probowaliśmy sposobu zawieszania niezupełnego, który z jednej strony pozwalał ptakowi latać w warunkach prawie normalnych, z drugiej strony uzdolniał przyrządy sztuczne do probowania lotu, i nie było potrzeby obawiania się ich spadku, chociaż ruchy przez te przyrządy wytwarzane nie były dostateczne do utrzymania ich w powietrzu. Opis tego przyrządu zawieszającego podajemy.

Stanowi on rodzaj maneżu 6 do 7 metrów średnicy mającego, w którym ptak porusza się nieustannie, co pozwala śledzić lot spełniany w okół długotrwały.

Nadajemy maneżowi wielki promień, aby krzywizna jaką zakresła mniej zaginając się, tem samem mniej zmieniała naturę ruchu jaki ptak ma spełniać.

Ptak pozostający jakby w zaprzęgu na końcu długiego ramienia, obracającego się na czopie osadzonym w środku przyrządu, powinien o ile można być swobodnym w wykonywaniu ruchów oscylacji pionowej. Zobaczmy później, że ptak latający w powietrzu, spełnia podwójny ruch oscylacyjny na płaszczyźnie pionowej za każdym zwrotem swych skrzydeł.

Układ maneżu. Warunki tu wymagane są następne.—Przedewszystkiem pożądaną jest wielka ruchliwość w maneżu, ażeby ptak doznawał o ile można najmniejszego oporu jaki w przenoszeniu się ma pokonywać. Następnie potrzeba aby ramię maszyny było sztywnem doskonale, a to w celu przeszkodzenia powstawaniu w niem wibracji mu właściwych, któreby mogły przeistaczać ruchy spełniane przez ptaka. W maneżu tym czop stalowy osadzony na postumencie grubym, ciężkim, z żelaza lanego, mieści się na platformie stołu fotograficznego. Stół ten unosi się za pomocą żelaza osadzonego w ścianie w ten sposób, że odbywający doświadczenie, po nadaniu przyrządowi układu odpowiedniego po-

trzebie, może unosić platformę do tej wysokości, aby manież mógł obracać się swobodnie po nad jego głową.

Manież powyższy jest łukiem, składającym się z długiej deszczułki jodłowej nieco zakrzywionej. Sznur tego łuku stanowi drut żelazny, przytwierdzony w środku do klatki drewnianej przez którą przechodzi czop główny. Starac się potrzeba o zrównoważenie obu ramion przyrządu, dodając stopniowo ciężarki do ramienia niepołączonego z ptakiem użytym w doświadczeniu. Nie zachowując tej ostrożności, przyrząd w obrocie nadawałby ruchy boczne czopowi na którym spoczywa, a nawet samej podstawie.

Aby zapewnić ptakowi punkt zawieszenia pewny i zabezpieczony nie tylko od oscylacyj pionowych, ale nadto od ruchów zbaczających, każde ramię manieżu zakończyliśmy listwą drewnianą poprzeczną, u której dwóch końców przytwierdzone zostały sznury sięgające pułapu sali. W tym punkcie mieści się hak osadzony na czopie obracającym się swobodnie wraz z manieżem.

Przyrząd zawieszający ptaka. Figura 90 przedstawia szczegółowo tego zawieszenia, łączącego ptaka z końcem ramienia manieżowego, z pozostawieniem zwierzęciu o ile można swobody w ruchach.

Przyrząd kontrolujący. Rurki transmisyjne przeprowadzone przez całą długość ramienia manieżowego, dochodzą do przyrządu kontrolującego, zaopatrzonego trzema bębnami z drążkiem wypisującym ślady na walcu obrotowym. Manież spełniając obroty, okręca około swej osi rurki transmisyjne gdy przyrząd kontrolujący do którego się zwracają, nie przyjmuje udziału w ogólnym obrocie.

W przyrządzie tym walec umieszczony prostopadle nad osią manieżu, przyjmuje ślady wypisywane przez trzy drążki. Cały przyrząd spoczywa na desce obracającej się na czopie środkowym.

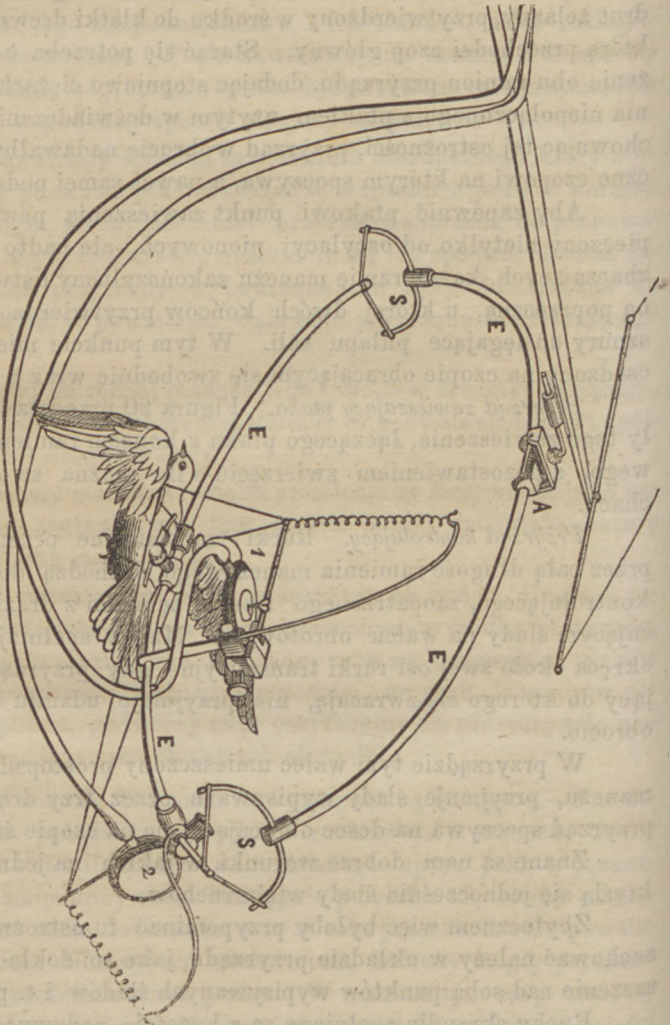
Znane są nam dobrze warunki, w jakich na jednym walcu kreślą się jednocześnie ślady wielu ruchów.

Zbytecznem więc byłoby przypominać tu ostrożności, które zachować należy w układzie przyrządu, jako to: dokładne pomieszczenie nad sobą punktów wypisywanych śladów i t. p.

Ruchy skrzydła spełniane są z hyżością nadzwyczajną, mogą też kreślić się tylko na walcu obracającym się bardzo szybko; użyty przez nas, spełniał jeden obrót w ciągu $1\frac{1}{2}$ sekundy. Krótki wielce wpływ czasu w którym wypisują się ruchy ptaka, znie

wala nas do kreślenia śladów tych ruchów w tej chwili wyłącznie, w której zwierze przedstawia zjawiska jakie chcemy śledzić, jako to: lot zupełnie rozwinięty lub słabnący, wreszcie ilość siły zużytej w zrywaniu się do lotu.

Fig. 30. Zawieszenie ptaka w manieżu. — *EEEE* elipsa metalowa mogąca swobodnie oscylovwać we wszelkich kierunkach za pomocą podwójnego zawieszania w *A*. — *SS* wieszadła kauczukowe, pozwalające połowie dolnej elipsy oscylovwać w kierunku pionowym. — Przyrząd zawieszający przyczepiony jest do grzbietu gołębia. — Bęben z drążkiem *1* odbiera ruchy spełniane przez skrzydło w kierunku pionowym. — Bęben z drążkiem *2* przyjmuje ruchy wykonywane w kierunku poziomym.



Gdyby trzy drążki ocierały się bez przerwy o walec, otrzymalibyśmy w krótkim czasie tylko jeden ślad zawikłany. Ztąd też nieodzownem jest nstawić przyrząd w ten sposób, aby

końce drążków dotykały walca w tej tylko chwili, w której zachodzi zjawisko jakie chcemy skontrolować, a następnie po jednym lub najwięcej po dwóch obrotach walca, należy przerwać stykanie się z nim drążków, aby uniknąć powikłania się śladów.

W tym celu używaliśmy układów już przytoczonych w doświadczeniach dotyczących chodu.

Śledząc lot gołębia, korzystamy z chwili w której spełnia ruch regularny, i naciskamy na kulkę kauczukową. Następuje natychmiast zetknięcie się drążków z walcem i ślad ruchu wypisanym zostaje. Po upływie $1\frac{1}{2}$ sekundy, przestajemy naciskać na kulkę, sprężyna oddala drążki, ślad kreślić się przestaje. Nabywszy nieco wprawy, łatwo jest oszacować upływ czasu, w którym walec spełnia jeden obrót i sprowadzić do tego czasu trwania długość śladu.

Długi ten opis był nieuniknionym, gdyż ułatwił nam obznajmienie się z przyrządem ze wszystkich najważniejszym, z powodu podwójnej funkcji jaką spełnia. Posłuży on nam nie tylko do analizy tych badań, ale nadto do ich syntezy, gdy chodzić nam będzie o odtworzenie ruchów lotu ptaka.

Nowe oznaczenie linii zakreślanej w locie przez skrzydło ptaka. Doświadczenie to odbywaliśmy na gołębiu. Był to samiec z rasy *gołębia rzymskiego*, bardzo silny i nawykły do lotu ¹⁾. Figura 90 wskazuje układ przyrządów przez nas zastosowanych do badań tych ruchów.

Dla otrzymania śladu ruchu skrzydła w przestrzeni, śledziliśmy bezpośrednio kość ramieniową. W tym celu kość jest otoczona drutem metalowym, który ją obejmuje nakształt pierścienia i swymi końcami swobodnymi daje zewnętrznej powierzchni skrzydła silny punkt przytwierdzenia do nowych drutów, wywierających siłę pociągania na bębny śledcze.

Gdy ruchy dwóch skrzydeł są doskonale symetryczne, zwracamy do każdego z bębnow śledczych dwa druty, poprowadzone symetrycznie od skrzydeł.

I tak bęben oznaczony cyfrą 1, mający wskazywać ruchy wznoszenia się i obniżania skrzydła, przyjmuje dwa druty, z któ-

¹⁾ Ostatni ten wzgląd jest niezmiernie ważnym gdyż większa część ptaków w klatkach chowanych, nie może służyć w doświadczeniu z powodu braku wprawy w locie.

rych każdy występuje od jednej kości ramieniowej gołębia, w odstępnie 3 centymetrów od stawu łopatki. Te druty współzbiegające się, wznosząc się dążą do złączenia się z końcem drążka Nr. 1, a z tegoż samego końca występuje linka kauczukowa ¹⁾, służąca za sprężynę działającą w przeciwnym kierunku i wznoszącą się pionowo do haczyka utrzymującego ją w górze. Widzieliśmy poprzednio (fig. 89), w jaki sposób drążek bębna śledczego odbiera w tych warunkach wszelkie ruchy wznoszenia się i obniżania, jakie spełnia kość ramieniowa ptaka.

Dwa inne druty przeprowadzone również od kości ramieniowej gołębia, występujące z tegoż samego jej punktu do którego przytwierdzały się druty bębna Nr. 1, zbiegają się z sobą podobnie i zwracając ku tyłowi dochodzą do drążka bębna Nr. 2. Ten ostatni śledzi ruchy spełniane przez skrzydło w kierunku od przodu ku tyłowi.

Oba te bębny za pośrednictwem rurek powietrznych przesyłają swe ruchy przyrządowi kontrolującemu, pamieszczonemu w środku manezu.

Doświadczenie. Upewniwszy się że końce obu tu opisanych drążków, pozostają jak najdokładniej na jednej linii prostopadłej, puszczaemy w powietrze gołębia. Zwierzę spełniając lot, w niedługim czasie pociąga w dość szybki ruch manez do którego jest zaprzężone. Odbywający doświadczenie pomieszczony w środku manezu, chcąc śledzić obrót przyrządu potrzebuje tylko postąpić kilka kroków.

W czasie tym utrzymuje on w ręku kulkę kauczukową, a naciskając ją palcami, sprowadza to, że końce obu drążków opierają się o papier poczerniony i ślad zaczyna się wypisywać.

Jak tylko lot zupełnie rozwiniętym zostanie, i zdaje się spełniać w warunkach zadawalających, naciska się kulkę kauczukową a ślad w skutek tego pozyskany wyobrazi nam fig. 91.

Objaśnienie śladów. Krzywizny odczytują się od lewej strony ku prawej, jak pismo zwykle. Krzywiznę górną kreśli kość ramieniowa ptaka, spełniająca ruchy od tyłu ku przodowi i od przodu ku tyłowi. Kierunki tych ruchów wskazują głoski *A* i *P*, wyrażające że wszelkie wierzchołki krzywizn, podobnie jak wierz-

¹⁾ W figurze 90 zastąpiono linkę kauczukową sprężyną spiralną.

chołek *A*, odpowiadają tej chwili w której linia zakreślana przez skrzydło w locie, dosięga punktu najwięcej *naprzód* wysuniętego. Przeciwnie, części dolne krzywizn, odpowiadają zawsze jak to ma miejsce w punkcie *P*, chwili gdy skrzydło dobiega granicy pozostającej *w tyle* linii przez nie zakreślanej w locie.

Linia pozioma przerzynająca tę krzywiznę, wypisaną została w doświadczeniu przedwstępnem końcem drążka, w chwili gdy skrzydła ptaka utrzymywane nieruchomo przez jednego z ludzi

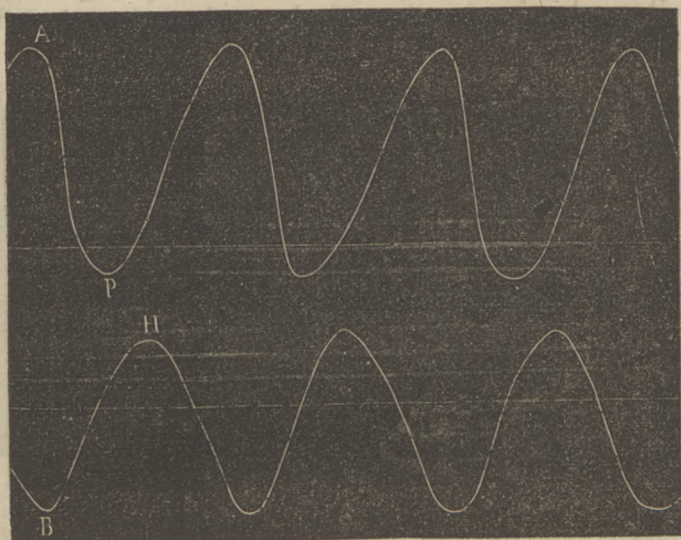


Fig. 91. Ślady ruchów skrzydła gołębia.—Linia górna *AP* oznacza ruchy od przodu ku tyłowi. — Linia dolna *HB* wskazuje ruchy od góry ku dołowi.

posługujących w doświadczeniu, mogły być uważane za rozpięte horyzontalnie, nie zwracające się ani *naprzód*, ani ku tyłowi.

Linia ta reprezentuje więc w pewnej mierze *zero* w podziałce stopni, odnoszącej się do ruchów skrzydła które zachodzą w kierunku od przodu ku tyłowi. Rozpatrzenie się w tej krzywiznie okazuje nam jeszcze, że skrzydło gołębia pozostające w ruchu, zwraca się zwłaszcza w kierunku wierzchołków, utrzymujących się w wysokościach odpowiadających punktowi *A* — innymi sło-

wy, że ruch ku przodowi jest przeważniejszym od zachodzącego ku tyłowi.

Toż samo wyjaśnienie mogłoby się stosować do krzywizny dolnej *HB*, wyrażającej ruchy spełniane przez skrzydło od góry ku dołowi.

Chcąc poznać czy w doświadczeniu obecnem, linja zakreślana w locie przez skrzydła gołębia, odpowiada istotnie wypisywanej przez myszołowa w doświadczeniu podanem w poprzednim rozdziale, otrzymaliśmy całkowitą krzywiznę jednego zwrotu skrzydła, posługując się w tym celu dwoma krzywiznami cząstkowymi figury 91. Proces ten niżej podajemy.

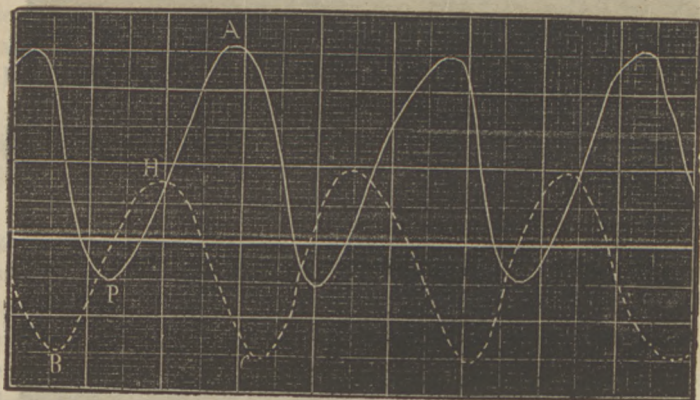


Fig. 92. Układ położonych nad sobą krzywizn poprzednich, na papierze z podziałką w milimetrach.—Obie krzywizny mają wspólną prostopadłą do osi odcinków.

Dla ułatwienia wymiaru położenia rozmaitych punktów tych krzywizn, skopjowaliśmy obie (fig. 92) na papierze z podziałką w centymetrach i w milimetrach. Z dwóch tych krzywizn jedną oznaczyliśmy linią ciągłą, odpowiadającą ruchom w kierunku od przodu ku tyłowi, wskazanym głoskami *A* i *P*, poczem odtworzyliśmy za pomocą linii kropkowanej, krzywiznę wysokości oznaczoną głoskami *H* i *B*. Oba te ślady zostały pomieszczone jeden nad drugim, w ten sposób złączyły się z sobą dwie linje wyrażające zera podziałki. Co więcej, w przekopiowaniu obu krzywizn, zachowaliśmy układ prostopadnie położonych nad sobą punktów, odpowiadających każdej z tych krzywizn. Można więc być upe-

wnonym, że wszędzie gdzie jakakolwiek linja prostopadła przecina obie krzywizny, tam przecięcia te odpowiadają położeniu jakie kość ramieniowa ptaka zajmuje w tej chwili, w stosunku do dwóch płaszczyzn do siebie prostopadłych. Przecięcie się krzywizny kropkowanej wyrazi się długością prostopadłej poprowadzonej od tego punktu do osi odcinków.

Położenie jakie w tej chwili zajmuje skrzydło w stosunku do płaszczyzny poziomej powstające z przecięcia się z krzywizną oznaczoną linią ciągłą, wyrażać będzie położenie skrzydła w stosunku do płaszczyzny pionowej.

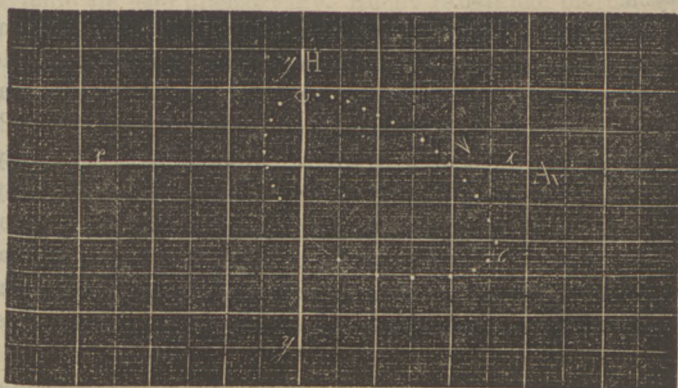


Fig. 93. Układ wytworzony według krzywizn poprzednich.—Strzałka wskazuje kierunek ruchu. — Odstęp zachodzący między punktami, wyraża szybkość ruchu skrzydła, w rozmaitych chwilach jego zwrotów.

Oznaczenie to urzeczywistnionem zostało (fig. 93) wypisaniem linii zakreslanej w locie przez skrzydło ptaka, powstającej z połączenia punktów po sobie z kolei następujących w sposób niżej podany.

Niech będą dwie linie: xx tworzące oś odcinków, i yy stanowiące oś prostopadłych. Przyjmijmy że to wszystko, co znajduje się nad linią zer w krzywiznie oznaczonej linią ciągłą, czyli to wszystko co odpowiada ruchowi w kierunku ku przodowi, kończy się z prawej strony linii y . I odwrotnie przypuścmy że to wszystko co mieści się poniżej linii zer w krzywiznie oznaczonej linią ciągłą, będzie kończyć się z lewej strony osi y . Położenie w sto-

sunku do tej osi określone zostanie linią do niej, równoległą za pomocą działek milimetrycznych.

Z drugiej strony, rozmaite wymiary krzywizny kropkowanej (to jest wyrażające wysokości osiągniętej przez skrzydło), powinny się kończyć w odpowiedniej wysokości, obliczonej powyżej i poniżej linii x , według tego, jak te punkty w krzywiznie wysokości, oddalają się o pewną liczbę milimetrów od góry lub od dołu linii zer.

Wybermy za punkt wyjścia w układzie nowej krzywizny, oznaczony głoską c w krzywiznie kropkowanej, wyrażający chwilę gdy skrzydło osiąga jednej z owych granic naprzód wysuniętych.

Punkt ten, według działki milimetrycznej, wskazuje nam, że skrzydło obniżyło się o 13 działek poniżej linii poziomej. Śledźmy prostą przechodzącą przez punkt c , do spotkania się jej z krzywizną ruchu w kierunku od przodu ku tyłowi. Przecięcie tej prostej z krzywizną, wskaże nam że skrzydło w tej chwili posunęło się ku przodowi o 26 działek. Na krzywiznie nowej, punkt a powinien więc być oznaczonym w miejscu ściśle określone c , mieszczącym się na przecięciu trzynastej działki, poniżej osi x z dwudziestą szóstą działką, z prawej strony osi y (co według naszego układu odpowiada 26 działkom od strony ku przodowi).

Aby oznaczyć drugi punkt naszej krzywizny, odczytajmy ślady działki milimetrycznej, zwracając się dalej ku prawej stronie. Wyśledzimy jak przed chwilą, przecięcie się prostej tego punktu z dwoma krzywiznami, i znajdziemy nowe położenie drugiego punktu.

Serya punktów z kolei po sobie następujących otrzymanych tą drogą, wytworzy krzywiznę wyrażającą linię zakreślaną przez skrzydło w locie. Strzałka wskazywać będzie kierunek ruchu.

Składając w ten sposób figurę całkowitą, spostrzegamy że krzywizna ta po zwróceniu się od dołu ku przodowi, wznosi się posuwając ku tyłowi.

Zestawiając tę krzywiznę z otrzymaną już przez nas za pomocą innego przyrządu (fig. 87), z doświadczenia odbytego na ptaku odmiennego gatunku, i śledząc ruch innej części skrzydła, możemy sprawdzić istnienie w nich dwóch krzywizn, wielce sobie podobnych, które okazują jasno, że w locie ptaków wytwarzają się

ruchy prawie z sobą identyczne. W rzeczy samej, z jednej i z drugiej strony, kość skrzydła opisuje rodzaj nieforemnej elipsy o wielkiej osi pochylonej ku dołowi i ku przodowi. Wykrycie tej linii krzywej tak ważne ma znaczenie, że wypada nam przebaczyć długie i nudne szczegóły doświadczeń które ją uwiarygodniły.

Zmiany zachodzące w płaszczyźnie skrzydła.

Widzieliśmy w rozdziale I, że skrzydło owada pod wpływem oporu powietrza, ulega zboczeniom zmieniającym w każdej chwili pochylenie się jego płaszczyzny. Ruchy te całkiem bierne, tworzą istotę mechanizmu lotu owada.

Skrzydło za każdym spełnieniem ruchów naprzemianległych, rozkłada opór powietrza i użycza mu siły działającej od strony szypułki, która nadto zwierzę utrzymuje w locie i naprzód je popycha. Ustrój skrzydła ptaka, nie pozwala nam przypuszczać w niem istnienia podobnego mechanizmu.

Skrzydło to w czasie wznoszenia się, nie przedstawia powietrzu płaszczyzny oporowej, z przyczyny dachówkowatości lotek, które rozwierając się ułatwiają mu przepływ. Faza więc obniżania się skrzydła, przejawia wyłącznie w locie ptaka warunki podobne tym, w jakich odbywa się lot właściwy owadom. Zresztą krzywizna opisywana końcem skrzydła ptaka, różni się dość wybitnie od zakreślonej przez skrzydło owada, a tem samem udowodnia, że z obu stron warunki mechaniczne są wielce od siebie różne.

Oznaczenie doświadczeniem rozmaitych pochyłeń płaszczyzny skrzydła, w każdej fazie jego zwrotów, było dla nas zadaniem nieodzownem. W rzeczy samej, chcąc ocenić wartość oporu jaki przedstawia powietrze w każdej chwili lotu, potrzeba koniecznie poznać dwa elementy tegoż oporu: 1) kąt pod jakim płaszczyzna skrzydła uderza o powietrze; 2) hyżość z jaką obniża się skrzydło. Nic łatwiejszego, jak oznaczenie drugich danych w tem zagadnieniu. Wyprowadzimy je gdy zechcemy z krzywizny, jaką przedstawia położenie skrzydła w każdej chwili, to jest z krzywizny której wzór daje figura 94, otrzymana z doświadczenia odbytego na gołębiu. Nierównie trudniejszym jest pozyskanie wskazówek, dotyczących zmian jakie zachodzą w płaszczyźnie

skrzydła podczas lotu. Oto mechanizm w tym celu przez nas zastosowany.

W opisie przyrządu oznaczającego ruchy kończyny skrzydła myszowa, wspominaliśmy że pręt zastosowany do ruchu kardana, którego środek obrotu jest poblizki stawowi łopatkowo-ramieniowemu, może być współzależnym z ruchami okołowymi spełnianymi przez skrzydło.

Wszelako ruch kardana posłuszny krzywiznom we wszelkich kierunkach nadawanych prętowi, nie może odtwarzać ruchów zwrotnych odpowiednich osi tego pręta.

Wyobraźmy sobie (fig. 94) przyrząd tego rodzaju, w którym można nadawać prętowi t wszelki ruch w kierunku pionowym lub poziomym; pręt w tej mierze uległy będzie najzupełniej odbieranym popędom.

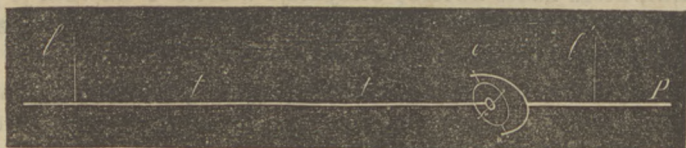


Fig. 94. Figura teoretyczna przyrządu śledzącego załamywania się skrzydła.

Ujmując wszakże ręką koniec tego pręta, przy poziomym drążku l wyprowadzonego od niego prostopadle, w celu nadania mu ruchu zwrotnego nakszałt obrotu szrubowego, spostrzegamy że kardan powstrzyma ruch a pręt oprze się wywartej nań sile.

Przypuśćmy, że po za kardanem, i na przedłużeniu pręta t mieści się inny pręt walcowaty p , przesuwany się w rurce. Pręt ten obracać się będzie pod wpływem siły zwrot nadającej, jaką wyrzemy utrzymując w rękę drążek zgięty l —jeżeli zaś pręt p opatrzony jest również drążkiem zgiętym l' , położonym na tejże samej płaszczyźnie co l , spostrzeżemy że dwa te drążki będą współzależnymi od siebie, że wszelka zmiana płaszczyzny jakiej ulegnie pierwszy drążek, przesłaną zostanie drugiemu.

W tych warunkach, gdybyśmy drążek l sprowadzili do współzależności w zmianach płaszczyzny jakim ulega skrzydło w rozmaitych fazach swych zwrotów, zmiany te byłyby komunikowa-

ne drążkowi l' , który mógłby z kolei działać na przyrząd śledczy i przysyłać mu sygnał pod postacią śladu.

Tego też środka użyliśmy w naszych doświadczeniach. Drążek l spoczywał na płaszczyźnie skrzydła ptaka, utrzymywanego w położeniu poziomem. Drążek l' również w poziomem położeniu łączył się za pomocą drutu z drążkiem bębna śledczego nad nim pomieszczonego, i ułożonego w tenże sam sposób jak w doświadczeniach opisanych w poprzednim rozdziale.

Zniewalając płaszczyznę skrzydła do pochylania się w ten sposób, aby ściana wierzchnia tego organu mniej lub więcej zwracała się ku tyłowi, otrzymywaliśmy krzywiznę obniżającą się — zwracając zaś skrzydło w tym kierunku, aby jego ściana wierzchnia występowała ku przodowi, pozyskiwaliśmy krzywiznę podwyższającą się.

Przedstawiała się jednak nam jeszcze jedna trudność. Niepodobna było przytwierdzić drążek l w punkcie pręta tt , i jednocześnie znieruchomić go w punkcie dotykającym do skrzydła ptaka. W rzeczy samej ponieważ kardan nie przedstawiał jednakowego środka ruchu ze stawem skrzydła, wypadało ztąd, że w ruchach pionowych pomiędzy skrzydłem a prętem, zachodziło ślizganie się.

Potrzeba więc było urządzić mechanizm w taki sposób, aby drążek l przytwierdzony do lotek ptaka, mógł ślizgać się swobodnie po pręcie w kierunku jego długości, a obok tego nadawał mu pod postacią zwrotu wszelkie zmiany zachodzące w pochylaniu się płaszczyzny skrzydła przesyłane mu przez pióra ptaka.

Figura 95 okazuje jaką drogą pozyskaliśmy ten rezultat.

Niech będzie pręt tt , mający śledzić ruchy okołowe spełniane przez skrzydło. Pręt ten przedstawia karby głębokie podłużne, w skutek których przecięcie poprzeczne pręta wyobraża kształt gwiazdy.

Pręt ten suwa się swobodnie w rurce obejmującej jego powierzchnię zewnętrzną.

Wszakże na jednym jej końcu osadzonem jest denko metalowe, z przewierconym otworem w postaci gwiazdy, przez którą przechodzi pręt, a każdy jego karb mieści się w odnodze otworu gwiazdowego. Otóż drążek l łączy się z tą rurką, może więc wraz z nią przesuwać się do rozmaitych punktów długości pręta, co zapewnia swobodę ruchom lotu — nie jest przecież w stanie

zmienić płaszczyzny, nie udzielając zarazem prętowi ruchu zwrotnego.

Po kilku doświadczeniach, okazała się konieczna potrzeba wprowadzenia niektórych ulepszeń w tym przyrządzie. I tak drążek *l* przejawiał dążność skręcania się, a to w skutek przenoszenia się lotek w rozmaitych chwilach lotu — zastąpiony też został jak to przedstawia figura 95, przyrządem złożonym z trzech drążków ruchomych *bbb*, obracających się na jednej płaszczyźnie około wspólnego im stawu, nakształt piór wachlarza z których każde kończyło się haczykiem. Po przytwierdzeniu rurki suwającej się na *skrzydle rzekome* ptaka, złączyliśmy koniec każdego z trzech tych piór z jedną długą lotką. Połączenie to dokonane z pomocą linki kauczukowej dało wypadki przedziwne.

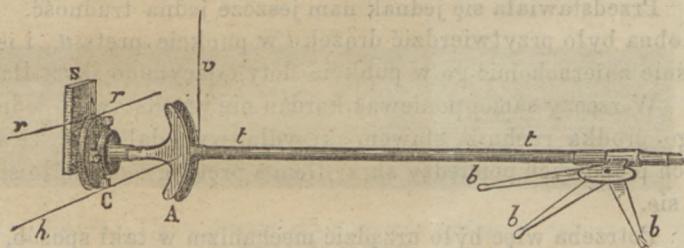


Fig. 95. Układ rzeczywisty przyrządu śledzącego ruchy skrzydła, oraz zmiany zachodzące w jego płaszczyźnie.

Z drugiej strony drążek *l'* (fig. 95) okazał się wadliwym, z przyczyny niejednostajności zachodzącej w jego akcji. Zastąpiono go blokiem o krótkim promieniu, osadzonym na samymże pręcie, przedłużonym ku tyłowi kardana. Druk *rr* komunikujący zwroty pręta, nawijał się w rowek tego bloku, który w swym obrocie wypływającym ze zwrotnego ruchu pręta, przesyłał zawsze wiernie tę zwrotność drążkowi śledczemu.

Aby zamknąć ten długi opis przyrządu, służącego do odbierania sygnałów wznoszenia się i obniżania skrzydła, ograniczymy się nadmienieniem, że przyrząd pomieszczony u podstawy drążka *tt*, miał przesyłać ruchy pionowe i poziome za pośrednictwem dwóch układów drutów.

Do przesyłki ruchów pionowych służy drut *v*, przechodzący do drążka bębna śledczego — drut zaś *h* przesyła innemu przyrzą-

dowi ruchy w kierunku poziomym, czyli ku przodowi i ku tyłowi.

Doświadczenie. Po zastosowaniu tego przyrządu do myszolowa odbywającego lot w uprząży manieżu, otrzymaliśmy jednocześnie trzy krzywizny przedstawione w figurze 96.

Z pomocą tych trzech danych, możemy złożyć nietylko linię przenoszenia się skrzydła, ale nadto serię pochyleń płaszczyzny tego organu w rozmaitych punktach jego zwrotów. Krzywizna nakreślona linią ciągłą, odpowiadać będzie ruchom spełnianym przez skrzydło w kierunku ku przodowi i ku tyłowi.

Punkt *A* i temuż odpowiednie wskazują położenie skrzydła posuniętego najwięcej ku przodowi — punkt zaś *P* oznacza położenie skrzydła, zwracającego się najdalej ku tyłowi.

Krzywizna złożona z kresek, wyraża wysokości osiągnięte przez skrzydło w przestrzeni — punkt *H* odpowiada maximum wzniesienia się skrzydła, punkt zaś *B* wskazuje największe zniżenie się.

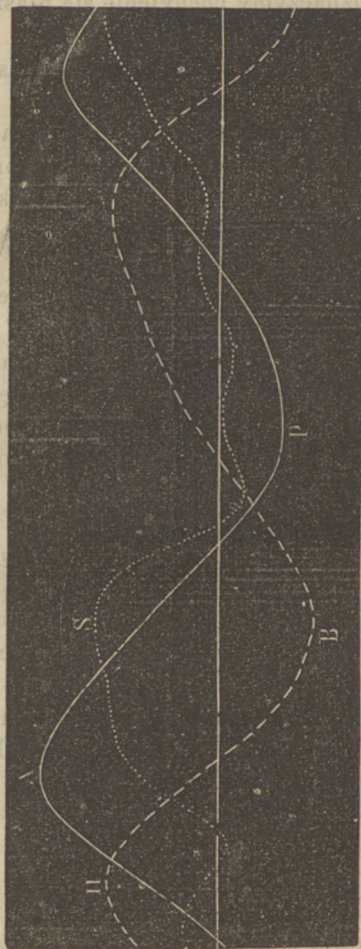


Fig. 96. Ślad jednocześnie kreślący się rozmaitych ruchów skrzydła myszolowa. — Krzywizna *AP* wskazuje ruchy skrzydła ku przodowi i ku tyłowi. — *HB* wyraża ruchy od góry ku dołowi. — Linia kropkowana przedstawia zwroty skrzydła około stawu kości łopatkowo-ramiennej. — Im bardziej podwyższa się krzywizna nad oś odcinków, tem więcej wznosi się krawędź tylna skrzydła.

Dwie te pierwsze krzywizny pozwalają już przez połączenie punktów złożyć krzywiznę zamkniętą, przedstawiającą w fig. 97, linię zakreslaną w przenoszeniu się skrzydła myszołowa ¹⁾.

Na podstawie tej właśnie linii wyrażającej przenoszenie się skrzydła, oznaczmy pochylenie się płaszczyzny skrzydła w każdej chwili jego zwrotu eliptycznego.

W tym celu potrzeba nam odnieść się do krzywizny kropkowanej S , wyrażającej zwroty skrzydła w rozmaitych chwilach jaką nam figura 96 uzmysławia. Prostopadłe dodatnie i ujemne tej krzywizny, odpowiadają stycznym trygonometrycznym kątów ²⁾, jakie tworzy skrzydło z osią trzonu ciała ³⁾.

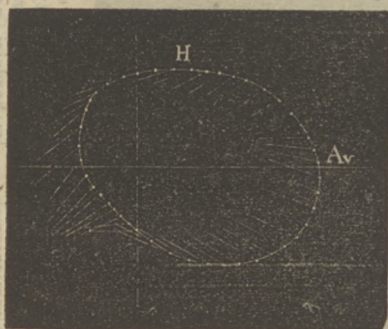


Fig. 97. Pochylania się płaszczyzny skrzydła w stosunku do osi trzonu ciała Av podczas lotu.

Pozwalają one tem samem nakreślić w figurze 97 seryę linii, z których każda swem pochyleniem się do osi poziomej, wyraża pochyłość odnośnie do poziomu, jaką przedstawiała płaszczyzna skrzydła w tejże samej chwili jego zwrotu.

Kierunek ruchu skrzydłowego odczytuje się od góry ku przodowi od głoski

H do głosek Av .

Figura 97 okazuje, że skrzydło wznoszące się w górę przyjmuje położenie pochyle, które mu pozwala przerzynać powietrze, z powodu znajdowania w niem minimum oporu—udowadnia oraz,

¹⁾ Krzywizna ta nie zawsze bywa zamkniętą—daje się to widzieć tylko wówczas, gdy lot jest najzupełniej jednostajnym.

²⁾ Potrzeba ze znalezionej kąta wyrzucić algebraicznie wartość niezmienną kąta 30 stopni, jaki skrzydło pozostające w spoczynku tworzy z poziomem.

³⁾ Nie myślimy twierdzić że oś ta będzie poziomą—przeciwnie, zdaje się ona być pochyloną w ten sposób, że dziób ptaka zwraca się nieco ku górze. Ta pochyłość osi zniewalałaby do wprowadzenia poprawki w niezależnych pochylaniach się skrzydła, w rozmaitych punktach jego zwrotu.

że przeciwnie w czasie obniżania się skrzydła, położenie jego płaszczyzny odwraca się w ten sposób, że jego ściana dolna zwróconą zostaje ku dołowi i nieco ku tyłowi. Wynika ztąd iż skrzydło obniżając się, w skutek swego skośnego położenia rozkłada opór powietrza, a unosząc ciało ptaka popycha je zarazem ku przodowi.

Dostrzegamy również że pochyłość skrzydła zmienia się stopniowo w rozmaitych fazach jego wznoszenia się i zniżania. W tej zwłaszcza ostatniej fazie, przejawia się wpływ oporu powietrza na kierunek w jakim zwraca się skrzydło.

W rzeczy samej w tej chwili w której hyzość w obniżaniu się dosięga swego maximum, spostrzegamy że krawędź tylna skrzydła wznosi się najwyżej.

W końcu swego obniżania się skrzydło zmienia nagle płaszczyznę — wyjaśnienie tego ruchu jest całkiem naturalne. Jak tylko opór powietrza zaczyna unosić pióra, te w skutek swej sprężystości wracają do zwykłego im położenia, jakie zachowują podczas fazy wznoszenia się. Sama nawet elipsa tworząca linię przenoszenia się skrzydła powinna znajdować objaśnienie w oporze powietrza. Tak odnośnie do ptaka jak i do owada, przyrząd mięśniowy nie zdaje nam sprawy ze zwrotów skrzydła. Wznoszenie się jego i obniżanie, są jedynymi prawie ruchami jakie może ten przyrząd wytwarzać. Natomiast opór powietrza podczas fazy obniżania skrzydła, wyradza za wpływem znanego już nam mechanizmu, wypukłość ku przodowi elipsy w locie zakreślanej.

Wypukłość tej elipsy ku tyłowi przejawiająca się w fazie wznoszenia się skrzydła, znajduje jeszcze wyjaśnienie we wpływie powietrza na ścianę dolną skrzydła, powietrze zwraca skrzydło ku tyłowi a zarazem je unosi. W odtworzeniu sztucznym tych rozmaitych ruchów, postaramy się udowodnić tę teorię.

Rozdział VI.

Reakcje ruchów skrzydła oddziaływające na ciało ptaka.

Reakcje ruchów skrzydła. — Reakcje pionowe u rozmaitych gatunków zwierząt; reakcje poziome, czyli zmiany w wysokości lotu; badanie jednoczesne dwóch rzędów reakcji. — Teoria lotu ptaka. — Część bierna i czynna skrzydła. — Odtworzenie mechanizmu lotu ptaka.

W badaniach nad lotem ptaka, chcąc zatrzymać plan jaki był nam przewodnikiem w poszukiwaniach odnoszących się do innych rodzajów ruchu prędośnego, wypada określić jakie są skutki tak zwanych reakcji, wytwarzających się w ciele ptaka za każdym ruchem jego skrzydeł.

Dwa skutki od siebie różne, wytwarzają się podczas lotu — z jednej strony ptak utrzymuje się w powietrzu wbrew sile ciężenia — z drugiej strony ulega on sile popychającej, która go przenosi z jednego miejsca w drugie. Czy jednak ptak unoszący się w przestworze zachowuje poziom widocznie niezmienny — czy też ulega oscylacyom w płaszczyźnie pionowej? Czy nie doznaje w skutek przerywanych uderzeń skrzydeł, seryi wzniesień i obniżień których wysokości ani rozległości oko nie może ocenić? Z drugiej strony, w przenoszeniu się poziomem, czy ptak nie jest ożywiony szybkością zmienną? Czy akcja skrzydeł nie wpływa na nadawanie w jego przenoszeniu się, ruchu przerywanego?

Kwestye te mogą być tylko rozwiązane doświadczeniem w sposób niżej podany.

Ponieważ posiadamy środek pozwalający nam przesyłać w pewnej odległości i wypisywać ruchy, gdy te wywierają ciśnienie na błonę bębna zapelnionego powietrzem, potrzeba nam tem samem starać się o sprowadzenie ruchów jakie chcemy poznać, do tego rodzaju ciśnienia.

W tym celu potrzeba, aby oscylacye jakie może ptak spełniać w płaszczyźnie pionowej, wywierały na błonę bębna ciśnienia naprzemian silne lub słabe, odpowiednio do tego czy ptak wznosi się lub obniża. W podobny sposób winniśmy postępować w poszukiwaniu zmian zachodzących w hyżości poziomej.

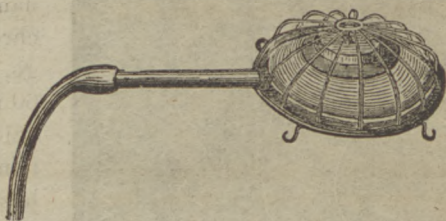


Fig. 98. Przyrząd do przesyłania przyrządowi kontrolującemu wszelkich oscylacji pionowych ptaka.

Co się tyczy *reakcyj pionowych*, kwestya została już rozwiązana z pomocą przyrządu przedstawionego w figurze 22.

Niektóre wiele znaczące zmiany poczynione w przyrządzie, pozwolą nam użyć tejże samej metody w poszukiwaniu, czy w locie wytwarzają się oscylacye pionowe.

Fig. 98 okazuje układ przez nas przyjęty. Ciężar ołowiany spoczywa tu bezpośrednio na błonie — okratowanie osłania stronę zewnętrzną przyrządu od ocierania się piór skrzydła, które nie zachowując tej ostrożności zmieniałoby niekiedy postać śladu.

Po przekonaniu się że przyrząd przesyła wiernie ruchy mu udzielane, wprowadzamy go w związek za pomocą długiej rurki z przyrządem kontrolującym, a następnie przytwierdzamy go do grzbietu ptaka wzlatującego w powietrze.

Doświadczenia odbyte na rozmaitych gatunkach zwierząt, jako to na gołębiu, kaczee, myszolowie, błotniaku i sowie, okaz-

ły że istnieją bardzo rozmaite typy lotu, różniące się napięciem siły sprowadzającej oscylacje w płaszczyźnie pionowej.

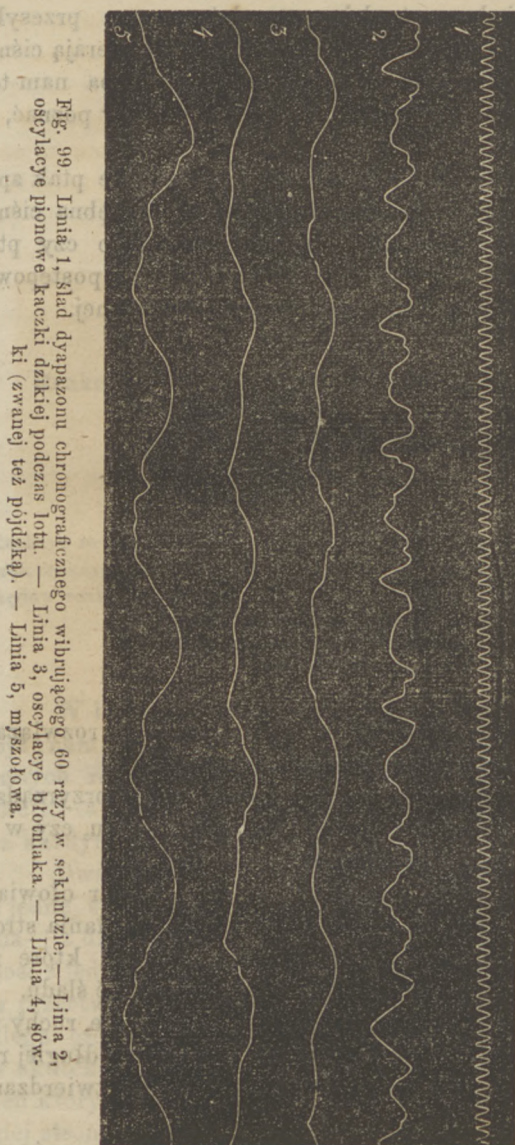


Fig. 99. Linia 1, ślad dyapazonu chronograficznego wibrującego 60 razy w sekundzie. — Linia 2, oscylacje pionowe kaczki (zwanej też pojózką). — Linia 3, oscylacje błotniaka. — Linia 4, sów-ki (zwanej też pojózką). — Linia 5, myszówka.

Figura 99 przedstawia ślady wydane przez te rozmaite gatunki ptaków.

Wszystkie te ślady zebrane na waleu obracającym się z szybkością niezmienną, i porównane ze śladami dyapazonu chronograficznego, wibrującego 60 razy w sekundzie, pozwoliły nam oznaczyć bezwzględne i względne upływy czasu, w których zachodzą oscylacje w locie tych różnogatunkowych ptaków.

Z figury tej wnosić wypada, że szybkość i rozległość oscylacji pionowych, zmienia się wielce odpowiednio do gatunku badanego ptaka. Aby lepiej poznać się z przyczyną każdego z tych ru-

chów, wypiszmy jednocześnie oscylacje pionowe ptaka i akcje

mięśni jego skrzydła. Po odbyciu tego podwójnego doświadczenia na dwóch ptakach, wielce różniących się od siebie rodzajem lotu, a mianowicie na kaczce dzikiej i myszołowie, otrzymaliśmy ślady przedstawione w figurze 100.

Linia górną śladu kaczki dzikiej przedstawia, że ptak w każdym ruchu swego skrzydła spełnia dwie oscylacje silne — jedną w *b* w chwili gdy skrzydło opuszcza się, łatwą do zrozumienia — drugą w *a* gdy skrzydło wznosi się.

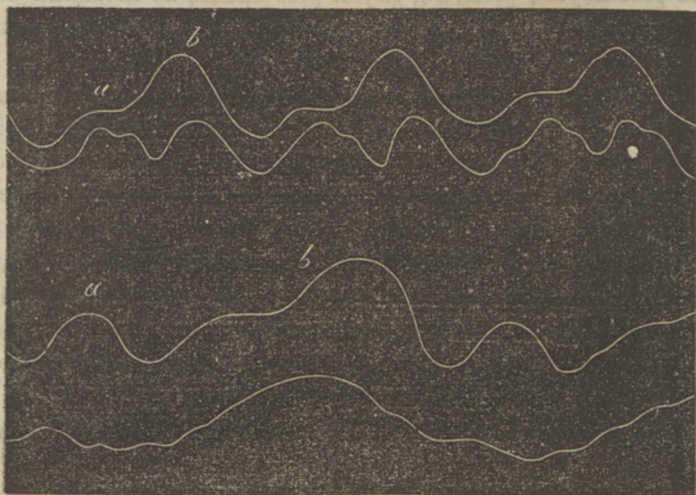


Fig. 100. W połowie górnej figury widzimy pomieszczone nad sobą ślad mięśniowy i oscylacje pionowe kaczki dzikiej. — Pod falowaniem *a* wyrażającym wzniesienie się skrzydła, spostrzegamy oscylację pionową. — Obok tego widać poniżej *b* ślad zniżacza skrzydła. — W dolnej połowie figury zebrano ślady myszołowa. — Oscylacja pomieszczona w *a*, i odpowiadająca wzniesieniu się skrzydła, jest mniej wybitną niż w śladzie kaczki dzikiej.

Aby wyjaśnić wzbijanie się w górę ptaka w czasie wznoszenia się skrzydła, zdaje się nam nieodzownem powołać się na skutek pozyskiwany z latawca o którym już wspominaliśmy.

Ptak ożywiony hyżością, poddaje powietrzu swe skrzydła pod postacią płaszczyzn pochyłych — wytwarza się naówczas skutek podobny temu, jaki dostrzegamy przy wznoszeniu się w powietrzu latawców, których hyżość nabyta przeistacza się w ruch wzbijający je w górę.

Lot myszółowa przedstawia również, chociaż w mniejszym już stopniu wzbijanie się towarzyszące unoszeniu się skrzydła.

Oznaczenie zmian zachodzących w szybkości lotu. Druga kwestya jaką mamy rozwiązać, odnosi się do określenia rozmaitych faz w szybkości lotu. Rozwiązanie jej możemy znaleźć używając teje samej metody.

Gdyby bęben obciążony ciężarem ołowianym pomieszczony był na grzbiecie ptaka, w ten sposób aby jego błona przedstawiała płaszczyznę pionową, to jest prostopadłą do kierunku lotu, przyrząd nie odbierałby oscylacyj pionowych, a tylko zachodzące od przodu ku tyłowi i od tyłu ku przodowi.

Przypuśćmy że błona bębna zwróconą została ku przodowi— jasną jest rzeczą, że gdy ptak rozwinie w locie większą hyżość, to w przenośnym ruchu przyrządu opóźniający się ciężar ołowiany, odepchnie powietrze w bębnie zawarte i wywoła podniesienie się drążka kontrolującego.

Przeciwnie za pomniejszeniem się hyżości w locie ptaka, drążek obniży się w skutek działania odwrotnego. Z doświadczeń odbytych na wyżej wymienionych gatunkach ptaków, pozyskaliśmy ślady podobne do otrzymywanych z oscylacyj pionowych.

Jeżeli rzeczywiście jak przypuszczaliśmy, oscylacje pionowe ptaka w chwili wznoszenia się skrzydła, pochodzą z przeistaczania się hyżości jego lotu, w wysokość do jakiej ptak się wzbija, to zbierając jednocześnie ślad oscylacyj pionowych ze śladem zmian zachodzących w hyżości, pozyskalibyśmy środek sprawdzający to przypuszczenie.

Owoż wypisując jednocześnie dwa rzędy oscylacyj przejawiających się w locie myszółowa, znajdujemy w nich że faza obniżania się skrzydła, wytwarza zarazem wznoszenie się ptaka i powiększa jego hyżość poziomą. Skutek ten jest koniecznem następstwem pochylenia się płaszczyzny skrzydła, w chwili jegoniżania się— znamy go już ze śladu pozyskanego z lotu owada. Co się zaś tyczy fazy wzbijania się skrzydła, sprawdzono że w czasie towarzyszącego mu niewiele znaczącego wznoszenia się skrzydeł, hyżość ptaka ulega pomniejszeniu. W rzeczy samej, krzywizna zmian zachodzących w hyżości, obniża się w chwili gdy ptak wzbija się wyżej. Znajdźmy tu więc potwierdzenie teo-

ryi poprzednio rozwiniętej, dotyczącej przemiany hyżości poziomej ptaka w ruch wzbijający go w górę.

I tak w skutek tego mechanizmu, uderzenie obniżającego się skrzydła rodzi siłę, wydającą w locie ptaka dwie oscylacje na płaszczyźnie pionowej.

To właśnie uderzenie skrzydła wytwarza bezpośrednio wzbijanie się zachodzące z niem współcześnie — pośrednio zaś wpływa na przemianę hyżości ptaka w drugą oscylację pionową skrzydeł.

Ślad współczesny dwóch rzędów oscylacji ptaka. Zamiast przedstawiania oddzielnie dwóch rzędów oscylacji jakie ptak spełnia w locie, więcej będzie objaśniającem gdy postaramy się pozyskać jedną krzywiznę, uzmysławiającą ogół ruchów spełnianych przez ciało ptaka, w czasie jego przenoszenia się w przestrzeni.

Wprowadzając pewne zmiany w metodzie, jaka nam posłużyła do otrzymania śladów zakreslanych przez kończynę skrzydła, można z pomocą niej otrzymać ślad jednoczesny obu rzędów ruchów jakie chcemy oznaczyć. W tym celu potrzeba aby dwa bębny prostokątne sprzężone, połączone były z jedną masą ubezwładnioną.

Zwróćmy się do opisu przyrządu, przesyłającego drążkowi kontrolującemu wszelkie ruchy nadawane drugiemu drążkowi. Widzieliśmy że dwa drążki sprzężone przesyłały te ruchy za pomocą rulek — oraz że wszelki ruch nadawany jednemu drążkowi wiernie był odtwarzany w tymże samym kierunku przez drugi drążek.

Obciążemy teraz jeden z tych drążków ciężarkiem ołowianym i ujmując ręką słupek przyrządu, zniewolimy go do zakreslenia jakiegokolwiek bądź ruchu, na płaszczyźnie prostopadłej do kierunku drążka. Spostrzeżemy wówczas że drążek Nr. 2, spełnia ruchy zupełnie odwrotne.

W rzeczy samej, ponieważ siła motorowa działająca na bębny bębnow, nie jest czem innem tylko siłą bezwładności ciężaru ołowianego, a ciężar ten opóźnia zawsze ruchy nadawane przyrządowi, jasną jest rzeczą że wznosząc cały układ przyrządu, ciężar ten utrzymywać będzie drążek w położeniu ku dołowi — że obniżając układ, tenże ciężar utrzyma drążek w położeniu ku górze — że zwracając układ przyrządu ku przodowi, ciężar pochyli drążek ku tyłowi, i t. d. Otóż drążek Nr. 2, spełniając jednakowe ruchy

z drążkiem Nr. 1, wyda krzywizny będące całkiem odwrotne ruchowi, jaki nadawanym będzie słupkowi przyrządu.

Po tem objaśnieniu przejdźmy do doświadczenia. W tym celu wybierzmy przyrząd poprzednio opisany, jaki przyczepialiśmy do grzbietu myszółowa lot spełniającego.

Odrzućmy pręcik odbierający ruchy skrzydła, tudzież równoległobok przesyłający je drążkowi, a natomiast pozostawmy tylko drążek łączący się z obu bębnami, i osadę przytwierdzającą cały układ przyrządu do grzbietu myszółowa. Wreszcie do tego drążka dołączmy ciężarek ołowiany i puśćmy w powietrze ptaka celem zbadania jego lotu.

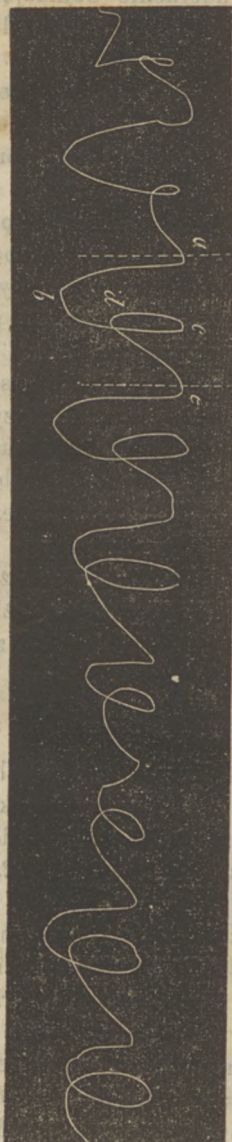
Ślad zebrany przedstawi nam figura 101. Analiza tej krzywizny na pierwszy rzut oka jest niesłychanie trudna, spodziewamy się jednak wykazać jej znaczenie.

Analiza krzywizny oscylacyj ptaka.

Krzywizna ta pozyskaną została na walcu w tychże samych warunkach jak w figurze 87, okazującej rozmaite ruchy kończyny skrzydła. Ponieważ blaszka poruszała się od strony prawej ku lewej, ślad więc odczytywać się będzie od lewej ku prawej stronie. Głowa ptaka pomieszczona tu z lewej strony — lot spełnia się w kierunku strzałki.

Możemy podzielić tę figurę na seryę działek, za pomocą linii prostopadłych przechodzących przez punkty sobie odpowiednie, bądź prowadząc te prostopadłe przez wierzchołki obrączek, bądź przez wierzchołki krzywizn prostych, jak to widzimy

Fig. 101. Ślad jednoczesny dwóch rzędów oscylacji, spełnianych przez myszółowa w locie.



w punktach *a i e*. Każdy z tych prostokątów zawierać będzie elementy dość sobie podobne, z wyłączeniem nierównego ich rozwoju w rozmaitych punktach figury — szczegól ten na chwilę pomijamy.

Widoczną jest rzeczą, że powrót peryodyczny postaci sobie podobnych, odpowiada powrotowi jednakowych faz w zwrotach skrzydła ptaka.

Działka *ae* przedstawiać więc będzie rozmaite ruchy ptaka w jednym spełnionym zwrocie.

Przypominamy że w krzywiznie przez nas rozpatrywanej, wszelkie ruchy są odwrotne tym jakie spełnia ptak w rzeczywistości. Dwie oscylacje pionowe ptaka wielka i mała, powinny tem samem być wyrażone dwiema krzywiznami z wierzchołkiem zwróconym ku dołowi.

Łatwo jest rozpoznać ich istnienie w wielkiej krzywiznie *abc* i w małej *cde*. Ptak więc wznosi się od *a* ku *b* — zniża się od *b* ku *c* — wzbija się znowu od *c* ku *d* — i opuszcza na dół od *d* ku *e*. Wszelako obie te oscylacje zachodzą jedna na drugą, co wytwarza obręczkę *cd* — oscylacja *cde* pokrywa w części pierwszą, zwracając się ku stronie głowy ptaka. Jest to dowodem że ptak w tej chwili zwraca się ku tyłowi, a przynajmniej że hyżość jego ulega pomniejszeniu, gdyż wskazówki krzywizny wyrażają stosunki odwrotne w porównaniu z ruchem rzeczywistym.

Figura ta jest więc zebraniem ogółowem tego wszystkiego, co nam okazały poprzednie doświadczenia, odnośnie do ruchów ptaka w przestrzeni. Widzimy w niej że zwierzę spełnia za każdym zwrotem skrzydła, dwa ruchy wznoszące się, po których następują obniżania się skrzydeł, oraz że oscylacje te są nierówne. Wielka, jak nam wiadomo, odpowiada obniżeniu się skrzydła — mała zaś jego wzniesieniu się. Widzimy wreszcie że w czasie wzbijania się ptaka w górę, stowarzyszonego z unoszeniem się skrzydeł, zmniejsza się hyżość jego lotu, co usprawiedliwia teorię, według której to wznoszenie się jest poczytywane za spełniające się kosztem hyżości nabytej przez ptaka.

Nie dość na tem. Figura 101 uwidocznia nam jeszcze, że ruchy ptaka są jednakowe w początku i w końcu lotu. Widzieliśmy już w figurach 84 i 87, że uderzenia skrzydeł z początku, są rozleglejszemi — tu spostrzegamy że z początku, to jest z lewej strony figury, oscylacje wytwarzane wskutek obniżania się skrzydła,

są również więcej rozległemi. Jednakże teoria pozwoliła przewidzieć, że oscylacja zachodząca w czasie wzbijania się skrzydła, jako powstająca kosztem żywości ptaka, winna tem samem być słabszą w początku lotu, gdyż ptak rozwija wówczas niewielką szybkość. Figura nam okazuje, że w istocie w ten sposób zachodzi zjawisko — że w początku lotu, druga oscylacja skrzydła (to jest składająca obręczkę) nie wiele jest wybitną.

Otóż pozyskaliśmy główne zasady na których możemy oprzeć teorię mechaniczną lotu. Z tych wszystkich doświadczeń wpływa, że podczas obniżania się skrzydła, wytwarza się cała siła ruch nadająca, która utrzymuje ptaka i służy mu do kierowania się w przestrzeni.

Teoria lotu ptaka. W tym przedmiocie, równie jak we wszelkich innych które ulegały wielu roztrząsaniom, wypowiedziano prawie wszystko, w ten sposób że nie możemy spodziewać się pozyskania z doświadczeń jakie mamy przedstawić, teorii całkiem nowej. Pierwszy Borelli wygłosił uzasadniony pogląd na mechanizm lotu ptaka. Skrzydło, powiada ten pisarz, działa na powietrze *jak klin*. Rozwijając myśl uczonego fizjologa neapolitańskiego, orzeczonoby dziś: że skrzydło ptaka działa na powietrze nakształt płaszczyzny pochyłej, aby wytworzyć na pokonanie jego oporu reakcyę, popychającą ciało zwierzęcia ku górze i ku przodowi. Teoria ta potwierdzona przez Strauss-Durkheim'a uzupełnioną została przez Liais'a, który zaznaczał podwójną akcyę skrzydła. Najpierw tę, jaka w fazie obniżania się tego organu unosi ptaka nadając mu popęd ku przodowi — a następnie akcyę skrzydła wzbijającego się, które przyjmuje kierunek nakształt latawca i utrzymuje ptaka w zawieszeniu, do chwili spełnienia się następującego po nim uderzenia skrzydła. Wyrzucano nam że zwracaliśmy się do teorii, której pochodzenie sięga przeszło dwóch wieków — przekładamy jednak starą prawdę nad błąd najnowszy. Z tego względu niech nam wolno będzie złożyć hołd geniuszowi Borelli'ego jaki mu należy się, nie przyznając sobie innej zasługi, prócz okazania doświadczeniem prawdy której się już domyślano.

Teorie wszakże na prędce budowane, wygłaszane dotąd, pomijały wiele punktów ważnych, wykrytych dopiero na drodze doświadczenia; punkty te spróbujemy uwydatnić. I tak kierunek płaszczyzny skrzydła w każdej chwili lotu, potrzebuje być po-

znanym dla wyjaśnienia reakcyj dążących zawsze do wyniesienia ciała ptaka, i wpływających to na przyspieszenie żywości jego lotu, to na jej osłabienie ¹⁾). Figura 97 okazuje te zmiany zachodzące w płaszczyźnie.

Odnosnie do reakcyj jakim ulega ciało ptaka, okazuje nam je widocznie doświadczenie, podające zarazem środek oszacowania ich wartości bezwzględnej. Widzieliśmy że te reakcyje różnią się od siebie, odpowiednio do gatunku ptaka poddanego spostrzeżeniom. Reakcyje silne i gwałtowne u ptaków posiadających małe powierzchnie skrzydłowe, są dłuższe i łagodniejsze u ptaków krążących w powietrzu. Reakcyja czasu w którym zachodzi unoszenie się skrzydła, znika prawie u tych ostatnich.

Gdybyśmy mogli porównywać przenoszenie się zwierząt po lądzie z lotem ptaków, i zestawiać skutki ruchów naprzemiannych ze skutkami ruchów jednoczesnych, moglibyśmy znaleźć pewne podobieństwa między chodem człowieka a lotem ptaka. Z jednej i z drugiej strony ciało jest ożywione ruchem przenośnym, przerywanym. Człowiek równie jak ptak unosi się, czerpiąc pracę potrzebną z siły żywej, jaką nabył w skutek wysilenia mięśniowych.

Co się zaś tyczy wymiaru pracy zużywanej w locie, potrzeba poprzednio poznać dokładnie opór jaki przedstawia powietrze, powierzchniom wszelkich postaci pochylonym pod rozmaitemi kątami i ożywionym różną żywością.

¹⁾ Winniśmy zwrócić uwagę czytelnika że pochyłości przedstawione w figurze 97, są odnoszone do linii, która prawdopodobnie nie jest wcale poziomą podczas lotu. W rzeczy samej linia ta nie odpowiada bynajmniej osi ciała ptaka, gdyż zwierzę zawieszane w maneużu za pomocą gorseta pomieszczonego w tyle jego skrzydeł, miało swój środek ciężkości wysunięty ku przodowi punktu zawieszenia, co wpływało na pochylenie głowy nieco ku dołowi. Przeciwnie w locie swobodnym oś ciała ptaka jest poziomą, jeżeli nie zwróconą ku przodowi. Sprowadzona do położenia rzeczywistego, figura 97 przedstawiałaby nowy kierunek w każdym położeniu skrzydła, zmieniającem się bezwyjątkowo o jednakową liczbę stopni. Prawdopodobnie, dostrzeglibyśmy naówczas, że skrzydło zawsze przedstawia powietrzu swą ścianę dolną, to jest mogącą wyłącznie znajdować w niem punkt podpory. Chcąc sprawdzić to przypuszczenie, potrzeba nowych doświadczeń, które wkrótce jak się spodziewamy będziemy w możności odbyć.

Znamy dotąd jedynie ruchy skrzydeł — pozostaje nam oznaczyć opór jakiego one doznają w powietrzu. W tym przedmiocie odbywamy obecnie doświadczenia. Posiadając raz oba te elementy, otrzymamy wymiar pracy, mnożąc opór znajduwany przez skrzydło w powietrzu w każdej chwili, przez drogę jaką ono przebiega. Będzie to wymierzeniem pracy spełnianej przez ptaka w powietrzu.

W przenoszeniu się poziomem ptaka, potrzebujemy tylko poznać ilość pracy równoważną oporowi jaki przedstawia powietrze od przodu ciała ptaka, i pomnożyć ją przez odległość przebieżoną. Część tego oporu, a mianowicie działającego na stronę dolną skrzydła, zostaje zużytkowaną do utrzymywania zwierzęcia w skutek akcyi, jaką porównywaliśmy z cechującą latawca. Zdaje się że ta akcyja jest najważniejszym czynnikiem w locie ptaka. W rzeczy samej, w pośród prac poczynionych nad oporem powietrza, mieści się jedna jaką zawdzięczamy p. Louvrié, która zdaje się udowodniać, że gdy skrzydło tworzy z poziomem kąt niewiele rozwarty, prawie cała praca czerpnięta z siły żywej ptaka, zużytkowaną zostaje na utrzymanie go w powietrzu. Według autora, kąt $6^{\circ},30'$ byłby najkorzystniejszym w prawidłowym zużywaniu siły żywej.

Rola tak ważna ślizgania się skrzydła w powietrzu, zdaje się zresztą być uwidocznioną układem tego organu. Skrzydło będąc z kolei organem czynnym uderzającym o powietrze, i organem biernym ślizgającym się w tym gazie, nie we wszystkich swych częściach jest równie zdolnem do tej podwójnej funkcji.

Gdy jaka powierzchnia uderza o powietrze, chcąc aby napotykała opór potrzebuje poruszać się szybko. Otoż skrzydło obracając się około punktu swego przytwierdzenia do ciała zwierzęcia, przedstawia hyżości nierówne i stopniowo wzrastające w punktach coraz więcej oddalających się od ciała. W ten sposób hyżość prawie żadna przy poziomie przytwierdzenia skrzydła, będzie bardzo wielką w kończynie jego swobodnej.

Wyobraźmy sobie skrzydło owada, równie szerokie przy podstawie jak przy jego kończynie. Szerokość ta będzie nieużyteczną w części najbliższej ciała, gdyż skrzydło w tym punkcie ma bardzo małą hyżość, aby mogło korzystnie uderzać o powietrze. Ztąd też dostrzegamy u większej części owadów, skrzydło u podstawy swej przywiedzione do silnej szypułki. Żagiel blo-

niasty przejawia się dopiero w punktach, w których szybkość ruchu zaczyna przedstawiać pewną wartość, i zyskuje ciągle na szerokości w miarę zbliżania się do kończyny skrzydła. Takim jest (fig. 102) typ skrzydła głównie czynnego, to jest służącego tylko do uderzania o powietrze.

Przeciwnie u ptaka — jedna z faz ruchu skrzydła jest w pewnej mierze bierną, to jest ściana jego dolna ulega ciśnieniu powietrza wywierającemu się gdy ptak przerzuca się szybko na-

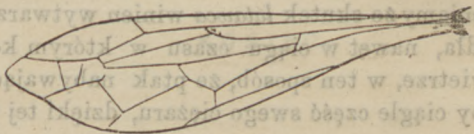


Fig. 102. Skrzydło owada.

przód w skutek nabytej hyżości. W tych warunkach całe zwierzę przenosi się w przestrzeni — wszystkie punkty jego skrzydła ożywione są jednakową hyżością. Okolice sąsielnie ciała również jak inne ulegają ciśnieniom powietrza, które na nie oddziaływa jak na *latawca*.



Fig. 103. Część czynna i bierna skrzydła ptaka.

Ztąd też podstawa skrzydła u ptaka, bynajmniej nie ograniczona jak u owada do trzonu sztywnego i obnażonego, jest bardzo szeroką, zaopatrzoną w *lotki* i *pokrywy skrzydłowe*, tworzące wielką powierzchnię na którą silnie naciska powietrze, w skutek czego działa bardzo skutecznie na utrzymywanie ptaka w locie.

Figura 103 przedstawia nam ten układ skrzydła zarazem czynnego i biernego u ptaka. Połowę wewnętrzną skrzydła pozbawioną dostatecznej hyżości w obniżaniu się, winniśmy poczy-

tywać za część bierną organu — połowę zaś zewnętrzną za część czynną, to jest uderzającą o powietrze.

W skutek większej swej hyżości kończyzna skrzydła powinna spotykać w powietrzu więcej oporu, od wszelkiej innej części tego organu, ztąd też lotki ją składające przedstawiają sztywność nadzwyczajną. Warunki hyżości malejącej wyjaśniają nam giętkość lotek, coraz więcej wzrastającą w częściach skrzydła najbliższych ciału, i wreszcie nadzwyczajną cienkość piór u podstawy, czyli w części biernej skrzydła.

Nadmieniamy że skutek *latawca* winien wytwarzać się u podstawy skrzydła, nawet w ciągu czasu w którym kończyzna jego uderza o powietrze, w ten sposób, że ptak nabywając więcej hyżości, unosiłby ciągle część swego ciężaru, dzięki tej płaszczyźnie pochylej.

Odtworzenie mechanizmu lotu, zajmuje dziś bardzo wielu poszukujących spełnienia tego zadania — nie wahamy się przyznać, że w mozolnej analizie rozmaitych akcyj lotu ptaka, wspierała nas głównie ta niezachwiana nadzieja, że zdołamy naśladować w sposób mniej lub więcej dokładny, ten typ przedziwny przenośnego ruchu w powietrzu. Z prób naszych które przerwie uległy w ciągu dwóch lat ostatnich, otrzymaliśmy już wypadki dość zadawalające.

Można było widzieć w naszej pracowni przyrządy skrzydłowe, które po przytwierdzeniu do manezu, nadawały mu dość szybki ruch obrotowy.

Było to jednakże naśladownictwo bardzo niedokładne, które spodziewamy się wkrótce ulepszyć. Młody i wprawny w tego rodzaju doświadczenia p. Alfons Penaud, otrzymał już w tej mierze wypadki pomyślniejsze. Zagadnienie przenoszenia się powietrznego, uważane niegdyś za utopię, jest dziś badaniem w sposób iście naukowy.

Plan doświadczeń mających się odbyć jest najzupełniej nakreślony. Polegać on będzie na nieustannem zestawianiu przyrządów sztucznych do lotu posługujących, z ptakiem rzeczywistym, i poddawaniu obu procesom analitycznym które tak długo opisywaliśmy.

Następnie zmieniane będą przyrządy dopóty, póki nie będą naśladować wiernie ruchów ptaka. W tym celu zamierzamy przed-

sięwziąć nowe doświadczenia — budują się już nowe przyrządy i wkrótce będą mogły funkcjonować.

Spodziewamy się że dowiedliśmy czytelnikowi, iż niema nic niepodobnego w analizie ruchów lotu ptaka — przyzna on nam niewątpliwie, że mechanika może zawsze odtworzyć ruch, którego natura jest dobrze określoną.

K O N I E C.

sięwziąć nowe doświadczenia — budują się już nowe przyrządy i wkrótce będą mogły funkcjonować.

Spodziewamy się że dowiedliśmy czytelnikowi, iż niema nic niepodobnego w analizie ruchów lotu ptaka — przyzna on nam niewątpliwie, że mechanika może zawsze odtworzyć ruch, którego natura jest dobrze określona.

K O N I E C.

