SZKICE PRZYRODNICZE.

Mc

522 812

STANISŁAW KRAMSZTYK.

SZKICE PRZYRODNICZE

Z DZIEDZINY

FIZYKI, GEOFIZYKI I ASTRONOMII.

WARSZAWA.

Wydawnictwo Redakcyi „Prac Matematyczno-Fizycznych".

SKŁAD GŁÓWNY W KSIĘGARNI GEBETHNERA I WOLFFA.

1893.

Bibl. Gł. AL. w Łodzi
Wp. 10.5.1974
Księgarnia „Antykwariat" Łódź
Kr 141/74
45.-



522.812

Дозволено Цензурою, Варшава 8 Октября 1892 г.

W drukarni J. Sikorskiego, pod zarządem A. Saladyckiego. Warszawa, Warecka 14.

SPIS RZECZY.

		Str.
	Przedmowa	I
1.	Czas	1
2.	Zagadka wnętrza ziemi	58
3.	Wymiary i budowa wszechświata według pojęć obecnych	90
4.	O ruchu gwiazd stałych	127
5.	Gwiazdy zmienne	136
6.	O ważeniu ciał niebieskich	166
7.	O wielości światów zamieszkanych	175
8.	Historya gazów i ich znaczenie w nauce dzisiejszéj	182
9.	O naturze pierwiastków chemicznych	221
10.	Energia	247
11.	Perpetuum mobile	276
12.	O wysokości atmosfery	286
13.	Balony po stuletnim rozwoju	294
14.	O przepowiedniach w nauce	313
15.	Człowiek i przyroda	337

PRZEDMOWA.

— Nie uwierzysz, mówił mi przyjaciel mój—nowelista, ile to pracy włożyć trzeba w obrobienie stylowe, jak namozolić się wypada nad wygładzeniem języka.

— Rozumiem, wiem, sam się przecież staram...

— Och, tobie to wszystko jedno, rzeczy twoich nikt nie czyta.

Nie mogę przeczyć przyjacielowi memu; pomimo to, dla tego może właśnie, przydatny będzie zbiorowy ten przedruk prac, zamieszczonych we „Wszechświecie", w „Ateneum", w „Bibliotece warszawskiej", choćby jako protest przeciw zbyt wyłącznemu rozwielmożnieniu się noweli i powieści w czytelnictwie naszém.

Umysłowe, duchowe nasze wymagania, podobnież jak i materyalne, zaspokojenia potrzebują, a począwszy od pewnéj miary dobrobytu i od pewnego stopnia wykształcenia dla jednostki zarówno jak i dla społeczeństwa znaczenia coraz większego nabierają. Śród tych potrzeb umysłowych wybitne miejsce zajmuje poznawanie otaczającego nas świata, badanie przyrody. Cywilizacya nasza przedewszystkiém na podstawie wiedzy przyrodniczéj się opiera, dzieje

jednéj i drugiéj postępują równorzędnie obok siebie. Kopernik otwiera zarówno przyrodoznawstwo nowoczesne, jak i nowożytny okres cywilizacyi. Pogląd nasz na świat w każdéj epoce zależy od współczesnego stanu wiedzy przyrodniczéj, a w miarę jéj rozwoju coraz ściśléj się z nią jednoczy; już dla tego względu znajomość zasad i rezultatów nauk przyrodniczych jest niezbędnym warunkiem ogólnego wykształcenia.

Dla ogółu wykształconego popularyzacya wiedzy przyrodniczéj, niezależnie od materyału, jaki przynosi, ma jeszcze to znaczenie, że umysł strawą naukową odżywia. Troski i drobiazgi życia codziennego coraz nas bardziéj oddalają od czasów młodości naszej, coraz bardziej zrywają węzły z tym okresem życia naszego, który nauce wyłącznie jest poświęcony,—od tej dziedziny sprawy życia potocznego coraz nas dalej usuwają. Ale i poeta, zdala od zakątka domowego, choć mu lira z rąk wypada, śpiewać nie przestaje:

„By choć w swéj piersi sprobować tchu,
„Czy po dawnemu, świeży i czysty,
„Stepowe wichru wygra poświsty".

Życie z troskami swemi i drobiazgami podobnem jest wygnaniem, na którém obumiera zwolna młodzieńcza jędrność umysłu i którą podtrzymywać nam trzeba. Zadanie to spełnia najlepiéj materyał, jaki popularyzacya wiedzy przyrodniczéj przynosi.

— Czy tylko to książka lekko pisana?

Jestto pytanie nieuniknione, — przywykliśmy lekkość uważać za główną zaletę pisarza. Piszcie lekko — mówią nam — ogół nasz nawykł do rzeczy lekkich, potrzebuje czytania lekkiego. To rzecz tak lekka — zaleca najlepiej wydawca swój nakład — że ją w łóżku przed zaśnięciem czytam. Rzekłbyś, że słyszysz ironiczną pochwałę:

„Jak ślicznie, lekko tańczysz pan".

Książce popularnéj lekkość nadać można dwiema tylko drogami, — bądź pomijając wszelkie poważniejsze sprawy nauki, bądź też traktując je w sposób pobieżny jedynie.

Jeżeli wszakże książka odzwierciadlać ma postęp nauki, która coraz głębiej w tajniki przyrody się przedziera i nie unika dróg choćby najmozolniejszych, nie można rzeczy prowadzić w sposób anegdotyczny i poprzestawać wyłącznie na drobiazgach, dlatego tylko, że łatwiéj je napisać i przeczytać.

Pobieżne znów traktowanie przedmiotu polega na podawaniu gotowych rezultatów nauki, z pominięciem dróg, jakiemi ona rezultaty te zdobywa, jakiemi do celów swych dąży. Są całe książki, głośne i chwalone nawet, które się w ten sposób z nauką załatwiają. Możemy tam lekko przeczytać, że do słońca tyle a tyle milionów mil, albo że światło czerwone jest objawem tylu a tylu trylionów drgań na sekundę, ale nie poznamy zgoła metod, które nam świadomość tę osiągnąć dozwoliły. Taka wszakże znajomość rzeczy pozorną jest tylko; nie to bowiem, co wiemy, ale jak wiemy, stanowi umysłową posiadłość naszą. Jeżeli nauki przyrodnicze, w skutek wysokiego swego rozwoju, innym gałęziom wiedzy przodują i za wzór im służą, to właśnie raczéj dzięki wyrobieniu swych metod, aniżeli osiągniętym przez siebie rezultatom.

Nie za lekkością tedy ubiegać się ma popularyzacya wiedzy, starać się jéj raczéj o dostępność należy.

Rzecz popularna od wykładu ścisłego tém się przedewszystkiém różni, że winna mieć na uwadze czytelnika, dla którego przedmiot rozważany nowym jest zupełnie i obcym. Winna tedy wątek swój snuć od początku samego i od zasad najprostszych, winna usuwać szkopuły, jeżące się w postaci terminów naukowych, a gdzie ich uniknąć nie zdoła, podsunąć winna wyjaśnienie. Wykład popularny ma być tylko tłomaczeniem, czy też przekształceniem kunsztownych form

i mozolnego języka naukowego na mowę jasną i zrozumiałą dla wszystkich.

Dostępność więc osiąga się jedynie sposobem przedstawienia rzeczy, nie omijaniem trudności, ale ich pokonywaniem. Nie treścią swoją ale formą różnić się tylko może nauka popularna od ścisłéj, a przez tę formę swoję wiąże się ona z literaturą ogólną. Jest ona nauką i literaturą zarazem; jako nauka czerpać może swój materyał z badań umiejętnych jedynie; jako literatura troszczyć się winna o sposób, w jaki swe myśli wypowiada.

Ton tylko popularności różnym być musi; brzmieć będzie inaczéj w piśmie ludowém, aniżeli w książce, dla warstw wykształconych przeznaczonéj. Na uwadze miałem tu czytelników, którym znane są już te pojęcia, co stały się udziałem życia zwykłego; te wyrazy, co weszły w skład mowy potocznéj; te wreszcie zasady, które daje szkoła, choćby w zakresie najskromniejszym wiedzę przyrodniczą traktująca.

— A czy to ostatnie słowo nauki?

I na to pytanie czekałem. Ostatnie słowo nauki ma dla nas urok szczególny, stało się frazesem ulubionym; jestto ułuda, że najnowsze odkrycie i hypoteza najświeższa za umiejętność całą starczą, że wiedzę poprzednią strącają, jak rupiecie bezużyteczne.

Ułudę tę podsyca żywy ruch nauki dzisiejszéj, szybki jéj rozwój, zdobycze olśniewające; głównie wszakże źródło jéj ztąd płynie, że do oceny postępów wiedzy zbyt słabo miarę historyczną stosujemy. Na dzieje nauki uwagę niedostateczną zwracamy. Podręczniki nauki ujmują wszystek zasób wiedzy w całokształt uporządkowany, w systemat logicznie związany. Nadaje to nauce charakter dogmatyczny; utajają się przeobrażenia, jakim ona ulega; zapominamy, że podręczniki odsłaniają nam tylko obraz bieżącego stanu nauki.

Uderzający zwłaszcza przykład takiego dogmatyzmu pozornego, w którym zaciera się żywioł historyczny, daje nam matematyka elementarna. Nie dostrzegamy zgoła roboty, która gmach ten wzniosła; każdy szczegół jest w nim tak na właściwém miejscu osadzony, że wydaje się, jakby tam wybujał sam przez się, nie domyślamy się pracy, która go tam mozolnie wtłoczyła; nie przypuszczamy, że jest tu jeszcze miejsce na poglądy rozleglejsze lub odmienne, że w inném oświetleniu całość inaczéj przedstawić się może.—Nie tak wybitnie jak w matematyce początkowéj, ale w pewnéj, mniejszéj lub większéj mierze błąd ten rodzą i usystematyzowane wykłady innych działów wiedzy. Oswajamy się z bieżącym stanem nauki i przyswajamy go sobie, wydaje się nam ostatniém słowem nauki; zapominamy, że każdochwilowy stan wiedzy rezultatem jest tylko prac ubiegłych, podstawą badań dalszych. Wiemy aż nadto dobrze, jak opornie ustępują teorye dawne; nowe poglądy utrwalają się w nowém dopiero pokoleniu, by daléj znów innym miejsca swego ustąpić.

Gdy błyskawica nagle pomroki ciemnéj nocy rozjaśnia, toczący się wóz nieruchomym się nam wydaje; aby bieg kół dojrzéć, trzeba oświetlenia trwałego. W blasku iskry elektrycznéj bieżącéj chwili nauka przedstawia się jak posąg wykończony; w pełném oświetleniu historyczném poznajemy ją jako organizm żyjący, na tle dziejowém ujawnia się w niéj żywioł zmienności.

Jest linia krzywa, spiralną logarytmiczną zwana, która się w skrętach niezliczonych wije dokoła punktu, opasuje go coraz gęściéj, zbliża się doń ustawicznie, ale dosięgnąć go nigdy nie zdoła. Taki jest los nauki, — ostatnie jéj słowo na niedoścignionym mieści się punkcie.

I luźne więc te kartki, z całości wiedzy wydarte, pełne są badań nieukończonych, pytań nierozstrzygniętych. Jak we wszelkich sprawach życia tak i w nauce dążeniem tylko

do celu, nie zaś osiągnięciem celu zadawalać się nam przychodzi. Jestto rezygnacya, którą wyraził już Seneka, gdy rozwikłać się starał zagadkę komet:

„Nadejdzie czas, gdy to, co teraz jest utajoném, długich wieków pilność na jaw wydobędzie... Nadejdzie czas, gdy potomkowie nasi dziwić się będą, żeśmy rzeczy tak jasnych nie znali.“

Słowa te służą nam dziś, jak przed dwoma tysiącami lat. Powtarzać je będzie i przyszłość daleka.

CZAS.

. . . . . W łonie słowa
Razem ze światem poczęty,
Jestem ja, czas, niepojęty . . .

Niepojęty dla poety, niepojętym jest i dla przyrodnika. Przyrodnik wszakże tém się nie kłopocze i usuwa zupełnie potrzebę definicyi; o określenie czasu zgoła się nie troszczy, — pozostawił ten mozoł filozofom. Szczęśliwe złudzenie czy rozumne zaparcie. Chłodniejszy niż poeta, znosi spokojnie okowy, które mu przyroda nałożyła, i rozerwać się ich nie sili; skromniejszy niż filozof, nie wybiega po za kresy, do których mu drogę zmysły utorować mogą. Co jest czas, nie pyta; pociąga go tylko w zakres swych rozważań, ocenia, wynajduje przyrządy do jego mierzenia, oblicza przeszłość ziemi, stara się przyszłość świata odcyfrować. Z tak rozległego obszaru, rozrzuconego po całéj dziedzinie badań przyrodniczych, wydobyć tu pragniemy kilka luźnych ustępów.

I.

Świadomość upływającego czasu budzą w umyśle naszym tylko zmiany wokoło nas i wewnątrz nas zachodzące, stosunki między rzeczami istniejące. W przestrzeni, wypełnionéj materyą jednorodną i niezmienną, pojęcie nasze czasu nie miałoby żadnego znaczenia; jest ono bowiem abstraktem tylko, oderwaniem dostrzeżeń naszych i doświadczeń. Dla tego też mówić nie możemy o czasie bezwzględnym, czyli niezależnym od wszelkiéj zmiany.

Newton wprawdzie w uwadze, która następuje bezpośrednio po określeniach podanych na początku wielkich jego „Principiów“, wyróżnia czas bezwzględny i względny, podobnie jak mówi o bezwzględnéj i względnéj przestrzeni. „Czas bezwzględny, prawdziwy i matematyczny, płynie sam przez się i dla natury swéj jednostajnie i niezależnie od jakiegokolwiek przedmiotu zewnętrznego; można go również oznaczać nazwą trwania. Czas względny, pozorny i zwykły, jest dotykalną i zewnętrzną miarą trwania, którą się posługujemy zamiast czasu prawdziwego, jak godzina, dzień, miesiąc, rok“. Mach wszakże w swéj „Historyi mechaniki“ sądzi, że Newton okazał się tu niewiernym swemu założeniu rozpatrywania rzeczywistości tylko. Czas ten bezwzględny bowiem nie ma żadnéj wartości praktycznéj ani naukowéj; nikt twierdzić nie może, by o nim cokolwiek wiedział, jestto przeto czcze wyobrażenie metafizyczne.

Pojęcie czasu osiągamy, zestawiając treść naszych wspomnień, zasób dostrzeżeń, w pamięci naszéj zawartych, z wrażeniami, jakie nam ustawicznie świat zewnętrzny przynosi. Wszelkie wyobrażenia zatém nasze o czasie odpowiadają przebiegowi zjawisk w przyrodzie. „Jeżeli twierdzimy, mówi Mach, że czas upływa w określonym kierunku, to znaczy to, że objawy fizyczne, a zatém i fizyologiczne, dokonywają się tylko w pewnym oznaczonym kierunku. Wszystkie różnice stanu temperutury lub elektryczności, wogóle wszystkie różnice poziomów, same sobie pozostawione, nie stają się większemi ale mniejszemi. Gdy rozpatrujemy dwa stykające się ciała niejednakowéj temperatury, zbiegać się mogą jedynie większe różnice téj temperatury w obszarze naszych wspomnień z różnicami mniejszemi w obszarze naszych dostrzeżeń. W tém wszystkiém ujawnia się jedynie właściwy, głęboko sięgający związek rzeczy“. Według tego zatém, dla tego tylko nie pojmujemy cofania się czasu, że rzeka wstecz nie płynie, że piec rozgrzany sam przez się nie rozpala się wyżéj, że my sami starzejemy się, a nie odmładzamy. Dla tego tylko, że ogół zjawisk w przyrodzie odwrócić się nie dozwala, wydaje się nam i czas nieodwracalnym, chwila upłyniona niepowrotną. Wyobrażenia nasze wychylać się nie mogą poza szranki przyrody, a pojęcie czasu jest wyrazem zmian w niéj zachodzących. Gdzie panuje nieruchomość zupełna, tam o czasie mowy być nie może.

Dla tego téż, jako czynnik naukowy, czas wtedy dopiero mógł wystąpić, gdy ruch stał się przedmiotem badań. Wszystko, co starożytni z mechaniki wiedzieli, tyczyło się jedynie statyki, któréj

ścisłe podstawy dał Archimedes. Skąpe wiadomości o ruchu w fizyce Arystotelesa, są wręcz błędne; według niéj ciała ciężkie opadają na dół dla tego, że szukają miejsca swego, które właśnie u dołu przypada, co téż uzasadnia pozorne dostrzeżenia, że ciała cięższe spadają prędzéj aniżeli lżejsze. Dynamika jest nauką zupełnie nowożytną, rozpoczyna się od badań Galileusza nad spadkiem ciał. W poszukiwaniach tych wybija się duch nauki nowożytnéj, który usuwa na plan dalszy pytanie, dla czego ciała spadają, a przedewszystkiem usiłuje wykryć, jak ciała spadają, poszukuje praw spadku. Prawa te obejmują zależność, jaka zachodzi między drogą przez ciało spadające przebytą, a czasem, na przebycie téj drogi łożonym, zarówno jak zależność między czasem a osiąganą w każdéj chwili prędkością. Uchwycenie tych związków (1638 r.) stanowi z różnych względów jednę z najważniejszych w dziejach nauki epok; odkrycia Galileusza otwierają nowożytny okres przynajmniéj mechaniki i fizyki, jeżeli dzieje nowożytne przyrodoznawstwa w ogólności, odnieść zechcemy do Kopernika.

Prawa wykryte przez Galileusza uczą, że prędkości nabyte przez ciała swobodnie spadające, rosną jak czasy, drogi zaś przez nie przebyte jak kwadraty z czasów; co znaczy, że gdy ciało spada przez czas dwa, trzy, cztery razy dłuższy, osiąga prędkość również dwa, trzy, cztery większą, przebywa zaś drogę cztery, dziewięć, szesnaście razy dłuższą. W tak wyrażonych prawach Galileusza, poraz pierwszy występuje czas jako czynnik zasadniczy w mechanice i fizyce, z którym one odtąd liczyć się mają bezustannie, na którym opierać mają ocenę wszelkich swych wielkości, jakie w miarę rozwoju nauki coraz się więcéj mnożą i coraz ściślejszego nabierają znaczenia. Wszystkie bowiem objawy, których badanie stanowi przedmiot fizyki i wspartych na niéj gałęzi wiedzy przyrodniczéj, są objawami ruchu, wyjaśnienie zaś ruchu wymaga ujęcia związku między masą, drogą i czasem. Są to pojęcia zasadnicze, do których sprowadzają się wszelkie ścisłe rozważania w fizyce. Jednostki zatém, przyjęte dla oceny tych trzech wielkości, są to jednostki podstawowe, zasadnicze; z nich zaś budują się jednostki dalsze, złożone, pochodne, które nam służą do wyrażenia wszelkich innych, jakkolwiek złożonych i zawiłych wielkości. Im widoczniejszą i lepiéj rozumianą stawała się wzajemna zależność sił przyrody, tém konieczniejszą okazywała się potrzeba jednolitego układu miar, aż wreszcie, po wielu mitręgach, do ostatecznego wprowadzenia go znaglił bujny rozrost badań i zastosowań

elektrycznych. W układzie tym miar, dla którego przyjęto nazwę absolutnego czyli bezwzględnego, nadaną przez Gaussa, jednostką masy jest gram, jednostką długości centymetr, jednostką czasu sekunda, a wszystkie wielkości mechaniczne i fizyczne wyrażają się i oceniają za pośrednictwem tych jednostek niezależnych. Postęp nauki znamionuje się dokładnością, z jaką wyrażać i oceniać umie rozpatrywane przez siebie wielkości: czas, wchodząc w skład pojęć i jednostek zasadniczych, stał się niezbędnym czynnikiem należytych określeń i ścisłych oznaczeń w nauce, a za jéj pośrednictwem i w technice.

W badaniach Galileusza nąd związkiem, jaki zachodzi między drogą i prędkością ciał spadających a czasem na spadek ten łożonym, tkwi téż zaród innego jeszcze szeregu rozważań, początek głębokich pomysłów, które złożyły się w matematykę wyższą, ten najdzielniejszy środek, jakim umysł ludzki rozporządza. Pierwotne mianowicie pojęcie prędkości, jakie istniało w czasach przedgalileuszowych, jest bardzo proste, jestto bowiem droga przebyta przez ciało w ciągu pewnéj jednostki czasu. Pociąg kolei żelaznéj, który przez dziesięć minut ujeżdża 9 kilometrów, pędzi z szybkością 900 metrów na minutę albo 15 metrów na sekundę; prędkość zatém oznacza się stosunkiem drogi do czasu $v = \frac{s}{t}$. Rozumienie wszakże takie służyć może tylko, gdy pociąg zdaleka od stacyi posuwa się z chyżością jednostajną; rzecz przedstawia się trudniejszą daleko do ujęcia, jeżeli rozważamy bieg pociągu wtedy, gdy ze stacyi wyrusza lub do następnéj dobiega; wtedy bowiem sunie on coraz prędzéj lub coraz wolniéj, z szybkością zatém zmienną. Nie możemy już tedy mówić o prędkości w ciągu minuty lub sekundy, jest ona bowiem inną w każdéj, by najdrobniejszéj chwili. Należy przeto brać tu pod uwagę jedynie niesłychanie drobny przeciąg czasu, maleńki jego przyrost $\triangle t$, i podobnież niesłychanie drobną cząstkę, drobny element drogi $\triangle s$, w tym czasie przez ciało przebyty, a według określenia powyższego prędkość w tym nikłym przeciągu czasu wyrazi się stosunkiem $\frac{\triangle s}{\triangle t}$. Ale i to wyobrażenie dostateczném jeszcze nie jest, nie stanowi to bowiem jeszcze prędkości w danéj chwili, o którą tu właśnie idzie. Przyjąć tedy daléj należy, że w powyższym stosunku oba wyrazy: element czasu i odpowiadający mu element drogi, maleją coraz bardziej, zmniejszają się nieograniczenie, schodzą do zera; nie znaczy to wszakże, aby z zanikaniem obu tych wielkości zmierzał do zera i samże ich

stosunek. Dąży on owszem do pewnéj oznaczonéj granicy, do pewnéj wartości, która właśnie stanowi prędkość w danéj chwili i którą oznaczamy przez $\frac{ds}{dt}$. Nowe to pojęcie zawiera w sobie i pierwotne określenie prędkości w ruchu jednostajnym, gdy jednak w tym ostatnim ruchu prędkość czyli wielkość $\frac{ds}{dt}$ jest zawsze stała, przedstawia ona w biegu zmiennym wartość coraz inną.

Zmiana, jakiej prędkość ulega, stanowi jéj przyśpieszenie. Przyspieszenie to znów może być bądź statecznie jednakie, jak to ma miejsce w biegu pociągu wyruszającego ze stacyi lub w spadku ciał zbiegających ku ziemi, bądź też wciąż zmienne, jak przy kołysaniu się wahadła. Względnie tedy do czasu zależność między prędkością a przyśpieszeniem jest takaż sama, jak w poprzedniém rozważaniu zależność między drogą a prędkością, czyli że przyśpieszenie φ w każdéj chwili wyraża się przez podobny stosunek graniczny $\varphi = \frac{dv}{dt}$. W najprostszych słowach stosunek ten oznacza przyrost, jakiego doznaje w każdéj chwili prędkość ciała; łatwo więc pojmujemy, że jest on w biegu jednostajnym równym zeru, w jednostajnie zaś przyśpieszonym ruchu ciał spadających ma wartość zawsze stałą.

W słownictwie matematyczném graniczne te stosunki mają nazwę ustaloną; mówimy, że prędkość jest pochodną drogi, tak jak przyśpieszenie pochodną prędkości, a zatém drugą pochodną drogi. Wielkości te tak są ze sobą związane, że skoro znamy prawo, wedle którego ciało drogę swą przebywa, możemy przez „różniczkowanie“ wyprowadzić jego prędkość i przyśpieszenie w każdéj chwili, jak znów znajomość przyśpieszenia dozwoli nam przez „całkowanie“ wysnuć prędkość i drogę przebytą przez ciało w danym czasie. Rozważania te wszakże nie ograniczają się bynajmniéj do pojęć mechanicznych, ale w podobny sposób rozprzestrzeniają się do wszelkich wielkości zmiennych, które wymierzać możemy, i stanowią ogólne tło zasadnicze, na jakiém rozpościera się cała wyższa analiza matematyczna.

Dodać należy, że tak rozległe rozwinięcie, a zwłaszcza sformułowanie tych pojęć zawdzięczamy dopiero Newtonowi i Leibnitzowi; nastąpiło to zatém znacznie późniéj po Galileuszu, niemniéj jednak pierwsze źródło tych odkryć tkwi już w badaniach jego nad prędkością i przyśpieszeniem ciał spadających. Nieprzerwany bowiem i jednostajny bieg czasu najłatwiéj pozwala uchwycić owe

stosunki graniczne, a następnie wyobrażenia te rozciągnąć i do innych kategoryj wielkości. W nazwie fluksyi, użytéj przez Newtona do oznaczenia owych stosunków, dla których przyjmuje się obecnie nazwę pochodnych, zdradza się wyraźnie pierwotny wywód tych pojęć z biegu, z płynięcia czasu.

W pojęciu przyśpieszenia, które Galileusz do nauki wprowadził, mieści się zarazem i dokładniejsze rozumienie siły, jako przyczyny wywołującéj ruch, a zarazem możność jéj oceny. W biegu ciał spadających, zatém w ruchu pod wpływem ziemi zachodzącym, przyśpieszenie to wynosi dziesięć (dokładniéj 9,8) metrów na sekundę. Gdyby przyciąganie ziemi działało silniéj, ciała biegłyby prędzéj; gdyby było słabsze, ruch ten byłby wolniejszym; przyśpieszenie zatém, jakie rzeczywiście nadaje ziemia biegnącym ku niéj ciałom, stanowi istotną miarę jéj przyciągania. Taż sama uwaga tyczy się wszelkich innych sił, w ogólności zatém siły i działania ich rozumieć, oceniać i porównywać między sobą możemy jedynie w związku z czasem, od niego bowiem zależą bezpośrednio pojęcia prędkości i przyśpieszenia.

Przytoczone tu przykłady starczą, by wskazać, jak zasadnicze znaczenie przedstawia czas w badaniu przyrody i w najdonioślejszych rozważaniach naukowych.

II.

Od tych wywodów teoretycznych zstępując do względów praktycznych, spotykamy się z kwestyą rachuby czasu. Z saméj natury rzeczy wynika, że przy pomiarach czasu mniéj, aniżeli przy mierzeniu jakichkolwiek innych wielkości, posługiwać się możemy jednostkami dowolnemi; przez następstwo bowiem dni i nocy, oraz przez kolejny przebieg pór roku, czyli przez objawy podwójnego ruchu ziemi, przyroda tak potężnie oddziaływa na wszelkie sprawy nasze, że okresy te, dobę i rok, narzuca nam jako naturalne jednostki czasu. Konieczność ustalenia dogodnéj i pewnéj rachuby czasu, była już w zamierzchłéj starożytności główną podnietą do rozpatrywania zawiłych ruchów ciał niebieskich.

Pozorny obrót sklepienia niebieskiego, wschód i zachód rozrzuconych w przestrzeni brył niebieskich, jest odzwierciedleniem obrotu ziemi dokoła jéj osi. W drodze swéj od wschodu do zachodu, każda gwiazda wznosi się raz na dobę najwyżéj nad poziom, przechodząc przez południk danego miejsca; dwa kolejne zatém przejścia jednéj i téjże saméj gwiazdy przez południk, znaczą czas

obrotu ziemi i obejmują dzień gwiazdowy czyli astronomiczny. Należałoby tu wprawdzie mówić nie o dniu ale o dobie, pożyteczny ten wszakże wyraz nie przedarł się z mowy potocznéj do naszego słownictwa naukowego, zapewne dla tego tylko, że oprócz dawnych greków (*νυχθήμερον*) i dzisiejszych holendrów (*etmaal*) nie mają inne narody zachodnie w swych językach terminu na oznaczenie dnia i nocy zarazem; ze szkodą więc dla ścisłości wyrażenia i z ujmą dla bogactwa języka, przywykliśmy mówić o dniu w znaczeniu doby.

Rachuba wszakże czasu według dni gwiazdowych, wystarczająca zupełnie dla astronoma, byłaby zbyt niedogodna w życiu praktycznem, które zostaje w zależności od biegu gwiazdy dziennéj, od słońca. Słońce zaś w ciągu roku ulega (pozornemu wskutek rzeczywistego ruchu ziemi) ruchowi na wschód; przeciąg zatém czasu, jaki upływa między dwoma kolejnemi przejściami słońca przez południk, musi być nieco większy aniżeli między dwoma przejściami gwiazdy stałéj, innemi słowy—dzień słoneczny jest dłuższy od gwiazdowego. W ciągu roku słońce kończy pełną swą drogę między gwiazdami, gwiazda zatém stała w zestawieniu ze słońcem zyskuje w ciągu tego czasu jeden obieg dokoła ziemi, skąd wynika, że dzień słoneczny dłuższy jest od gwiazdowego w stosunku $366^1/_4$ do $365^1/_4$; jeżeli pewnego dnia słońce przechodzi przez południk danego miejsca wraz z pewną gwiazdą, to dnia następnego opóźnia się względem niéj o 4 minuty blisko (3 m. 57 sek.) czasu gwiazdowego.

I „prawdziwy“ wszakże czas słoneczny żeby nam służył w życiu zwyczajném, roczny bowiem ruch słońca zgoła nie jest jednostajny, a to z dwu powodów. Powód jeden stanowi eliptyczność drogi ziemskiéj, skąd prędkość kątowa ziemi, a tém samém i pozorna prędkość słońca jest zmienna: największa w grudniu, gdy ziemia najbliżéj jest słońca, najpowolniejsza w czerwcu, gdy odległość ziemi od słońca jest najznaczniejsza. Ważniejszy jeszcze jest powód drugi, polegający na tém, że słońce posuwa się nie po równiku ani po równoleżniku, ale po drodze względem równika pochylonéj, po ekliptyce.

Gdyby więc zegary nasze regulowane były według prawdziwego biegu słońca, musiałyby w pewnych porach roku biedz prędzéj, w innych wolniéj, trzebaby zatém poświęcić największą ich zaletę, to jest ich chód jednostajny. Korzystniéj wypadło tedy odstąpić od rachuby czasu według słońca prawdziwego i za podstawę jéj przyjąć pewne słońce hypotetyczne, słońce „średnie“, które obiega roczną swą drogę po równiku i zupełnie jednostajnie, już

to wyprzedzając słońce rzeczywiste, już pozostając za niém w tyle. Prędkość więc, z jaką się to słońce posuwa, jest wielkością średnią ze wszystkich wciągu roku prędkości słońca prawdziwego. Południe średnie przypada, gdy przez południk miejsca przechodzi to słońce średnie, a czas upływający między dwoma kolejnemi jego przejściami, stanowi „dzień słoneczny średni". Zegary słoneczne dają nam czas prawdziwy, ale właściwe nasze zegary wskazują czas średni, który od prawdziwego w różnych porach roku rozmaicie odstępować może, a najwięcéj o 16 minut; aby zatém z obserwacyi czasu prawdziwego przejść do średniego, należy znać przypadającą na dzień każdy poprawkę, czyli tak zwane równanie czasu, które cztery razy do roku, 15 kwietnia, 14 czerwca, 31 sierpnia i 24 grudnia, schodzi do zera. W tych przeto tylko czterech dniach można zegarki swe nastawiać według zegarów słonecznych, czas bowiem średni zbiega się wtedy z prawdziwym. Natomiast, 11 lutego, w chwili południa prawdziwego, zegary wskazywać winny blisko kwadrans na pierwszą (właściwie 14 min. 34 sek. po dwunastéj), a znów 2 listopada, również w chwili południa prawdziwego, niespełna jeszcze trzy kwadranse na dwunastą (właściwie brak do południa 16 m. 18 sek.).—Południe zatém naszych zegarów, regulujące podział dziennych naszych zajęć, przyśpiesza się lub opóźnia w ciągu roku względem istotnego biegu słońca, co nie uchodzi pobieżnéj nawet uwadze ogółu; przeciąg bowiem czasu od wschodu słońca aż do południa, dłuższy być może albo krótszy aniżeli przeciąg czasu od południa aż do zachodu słońca. Zagadka ta tém się po prostu tłomaczy, że wschód i zachód według rzeczywistego dostrzegamy słońca, południe zaś oznaczamy według naszych zegarów, według słońca urojonego. Gdybyśmy południe rozumieli jako przejście słońca prawdziwego przez południk, nie byłoby żadnéj różnicy między przedpołudniowym a popołudniowym okresem dnia; południe wszakże naszych zegarów, według których bieg czasu oceniamy, przypadać może już to bliżéj wschodu aniżeli zachodu, już bliżéj zachodu aniżeli wschodu słońca, a różnica dochodzić może aż do połgodziny. W lutym, jak to widzimy z liczb przytoczonych, okres przedpołudniowy jest o pół godziny dłuższy, w listopadzie o półgodziny krótszy aniżeli okres popołudniowy. Dla tego to słyszymy o rankach dłuższych niż wieczory, lub o wieczorach dłuższych niż ranki; gdybyśmy wszakże czas mierzyli według zegarów słonecznych, różnica taka nie miałaby miejsca,—ranki i wieczory byłyby zawsze równe.

Podobnież naturalną jednostką czasu, jak dzień, jest i rok, to jest przeciąg czasu, jakiego potrzebuje ziemia do odbycia drogi swéj około słońca. Rzeczywisty ten ruch ziemi jest również dla nas niedostrzegalny i wybija się tylko w pozornym biegu słońca: rok przeto pojmować możemy jako przeciąg czasu, jaki łoży słońce na ukończenie pozornéj swéj drogi śród gwiazd. Gdyby gwiazdy widzialne były za dnia, jakby to miało miejsce w braku atmosfery, bieg słońca śród gwiazd moglibyśmy dostrzedz równie łatwo jak przesuwanie się księżyca, które się bezpośrednio uwadze naszéj nastręcza; skoro jednak gwiazdy gasną w blasku słońca, rozpoznanie jego drogi wymaga obserwacyi nieco baczniejszéj. W początkach wiosny tuż po zachodzie słońca zbliża się za niém do poziomu Aldebaran, gwiazda pierwszéj wielkości z konstelacyi Byka, dająca się łatwo po czerwoném swém świetle rozpoznać; słońce więc przypada w téj epoce na niebie nieco na zachód względem Aldebarana. W ciągu następnych jednak tygodni słońce zachodzi coraz późniéj, przesuwa się zatém ku wschodowi, przystępuje coraz bliżéj do Aldebarana, aż wreszcie zachodzi z nim razem i gwiazda przestaje być dla nas widzialną. W dalszym swym biegu słońce oddala się coraz bardziéj na wschód od wspomnianéj gwiazdy, aż po kołowéj swéj drodze znów zbliży się do niéj od zachodu i znajdzie się w témże samém względem niéj położeniu, jakieśmy pierwotnie uważali. Przeciąg ten czasu właśnie, po jakim słońce wraca do téjże saméj gwiazdy stałéj, wskazuje nam czas obiegu ziemi około słońca i nazywa się „rokiem gwiazdowym“.

W drodze téj po wielkim okręgu niebieskim bawi słońce przez jedno półrocze na półkuli nieba północnéj, przez drugie na południowéj; dwukrotnie zatém w ciągu roku przekracza ono równik niebieski w tak zwanych punktach równonocnych, znacząc tém chwile początku wiosny i jesieni. Przez zestawienie własnych swych obserwacyj z dostrzeżeniami dawniejszych astronomów poznał już Hipparch, największy z astronomów starożytnych, w drugim wieku przed Chr., że gwiazdy na wschód względem punktu wiosennego położone wciąż się od niego oddalają, a natomiast gwiazdy na zachód położone ku niemu się zbliżają. Wniósł tedy, że punkt równonocny wiosenny, a przeto téż i punkt równonocny jesienny, przesuwają się zwolna ku zachodowi, w ciągu stulecia o 1° przynajmniéj. Astronomowie późniejsi oznaczyli dokładnie, że wielkość téj „precesyi“ czyli „poprzedzania punktów równonocnych“ czyni 50,2″ rocznie czyli 1° na lat 70; na wytłómaczenie wszakże osobliwéj téj zmiany przyszło czekać dwa tysiące lat blisko. Newton

bowiem dopiero wykazał, że jest ona także odzwierciedleniem pewnego powolnego ruchu samejże ziemi, wywoływanego przez przyciąganie słońca i księżyca na równikowe jéj nabrzmienie.

Precesya wiąże się oczywiście bezpośrednio z kwestyą długości roku, skutkiem niéj bowiem obieg roczny słońca śród gwiazd nie odpowiada zupełnie ściśle powrotowi pór roku, które zależą przecież od stanowiska słońca względem ziemi, a nie od położenia jéj między gwiazdami. Początek wiosny ma miejsce dla półkuli północnéj, gdy słońce w drodze ku północy krzyżuje równik w punkcie równonocnym wiosennym; jeżeli więc, wyszedłszy z tego punktu, po okrążeniu nieba do niego wraca, napotyka go wcześniéj aniżeli gwiazdę, od któréj się przed rokiem oddaliło, punkt ten bowiem posuwa się naprzeciw słońcu o łuk wynoszący 50,2″. Różnica ta w ciągu jednego roku jest nieznaczną, na przebieżenie bowiem téj drogi słońce potrzebuje około 20 minut zaledwie, z biegiem jednak wieków różnica ta narasta i po upływie tysiącolecia wynosi już prawie dni czternaście. Od określonego wyżéj roku gwiazdowego odróżnić tedy trzeba „rok zwrotnikowy“, zatém czas, jakiego słońce potrzebuje do powrotu do tegoż samego punktu równonocnego, a że od tego roku zwrotnikowego właśnie zależy powrót pór roku, musi on być przyjęty za podstawę rachuby czasu w życiu zwyczajném; z tego więc względu należało go ocenić ze wszelką dokładnością, jaką można było osiągnąć jedynie z długoletnich dostrzeżeń. Obecnie długość roku zwrotnikowego wynosi 365,242217 średnich dni słonecznych, czyli 365 dni, 5 godzin, 48 minut, 47 sekund; mówimy—obecnie, gdyż długość roku zwrotnikowego ulega drobnéj zmianie, maleje bowiem w ciągu wieku o 0,595 sekundy. Ubytek ten nie jest wszakże stateczny, a po upływie kilku stuleci przejdzie on w drobny przyrost. W ogóle chwiejność ta roku zwrotnikowego nie przekracza 19 sekund wyżéj lub niżéj średniéj jego wartości, która przypada na rok 2270 i wynosi 365 dni, 5 godzin, 48 minut, 45 sekund.

Pomiędzy dniem a rokiem jako trzecia naturalna jednostka czasu staje miesiąc, obejmujący w pierwotném znaczeniu czas obiegu księżyca naokoło ziemi, wraz z osobliwemi odmianami, jakie od obiegu tego zależą. Istotny czas obiegu księżyca dokoła ziemi, czyli przeciąg czasu, jakiego on potrzebuje, aby wrócił do téjże saméj gwiazdy, wynosi 27 dni 8 godzin; jeżeli wszakże w pewnéj chwili ma miejsce oznaczona odmiana księżyca: nów, dajmy, lub pełnia, to po upływie tych $27^1/_2$ dni taż sama odmiana jeszcze nie wraca; postać bowiem, w jakiéj nam się księżyc przedstawia, zależy

od stanowiska jego względem słońca, a w ciągu powyższego czasu słońce także posunęło się ku wschodowi, i to o taką mianowicie drogę, że księżyc potrzebuje dwa jeszcze przeszło dni za niém pędzić, by się nam w poprzedniéj swéj fazie ukazał. Uwagę człowieka przykuwa wszakże właśnie następstwo odmian księżyca, dla tego jednostką miary czasu stać się nie mógł czas obiegu księżyca dokoła ziemi, czyli „miesiąc gwiazdowy (syderyczny)“, ale „miesiąc synodyczny“, t. j. przeciąg czasu upływający między jednym a następnym nowiem, zatém czas, po jakim księżyc wraca do poprzedniego swego względem słońca stanowiska, co wynosi 29 dni 13 godzin. Obieg księżyca jednak tak mało wiąże się z objawami przyrody ziemskiéj i z losami człowieka, że chyba tylko w praktykach religijnych szukać trzeba przyczyny, dla któréj u wielu narodów rachuba czasu oparła się na biegu księżyca.

III.

Gdyby rok zwrotnikowy składał się z całkowitéj liczby dni, nie byłoby kłopotu z urządzeniem kalendarza; obejmuje on wszakże niespełna $365^1/_4$ dnia, a do téj wielkości brak mu tylko 11 minut 15 sekund. Bezpośrednio tedy posługiwać nie może w stosunkach życia zwyczajnego, gdybyśmy bowiem zachowali $365^1/_4$ dnia, to rok, któryby się rozpoczął o północy, skończyłby się o godzinie szóstéj rano, a w ciągu roku następnego początek każdego dnia liczyćby należało od godziny szóstéj, tak jak w ciągu roku dalszego od południa. Celem więc kalendarza jest pogodzenie wymagań życia praktycznego z istotną długością roku zwrotnikowego.

Jak inne zasadnicze urządzenia społeczne, tak téż i kalendarz przeszedł do nas od rzymian, którzy go sami zawdzięczali Egiptowi. Dawni bowiem egipcyanie posługiwali się rokiem słonecznym, ale liczyli go okrągło po dni 365, chwila zatém równonocy wiosennéj opóźniała się corocznie o 6 godzin blisko; po upływie 120 lat różnica narastała już do 30 dni czyli do całego miesiąca, a w ciągu 1460 lat, mniéj więcéj, różne pory roku obiegłyby wszystkie miesiące. Zmienność ta przypadała do gustu pojęciom religijnym dawnych egipcyan, po upływie bowiem przytoczonego okresu wszystkie miesiące uświęconeby były różnemi uroczystościami religijnemi, których obchód przypadał na różne pory roku; z wymaganiami iednak bardziéj uregulowanego życia dzisiejszego stosunki takie pogodzićby się nie dały.

W pierwszych czasach istnienia państwa rzymskiego rok składał się tylko z dziesięciu miesięcy i obejmował 304 dni; Numa dodał styczeń i luty, skutkiem czego liczba dni roku wzrosła do 355. Następnie poznano niedogodność podobnego roku cywilnego, znacznie krótszego od roku zwrotnikowego, i postanowiono poprawić go przez dodawanie co dwa lata miesiąca przybyszowego, zwanego Mercedonius, który wtrącano, w dziwaczny dosyć sposób, między 23 a 24 lutego. I ten wszakże dodatek nie sprowadził pożądanéj zgody między rokiem cywilnym a słońcem, a na domiar złego decyzyę co do wprowadzania tego miesiąca dodatkowego i oznaczania jego długości pozostawiono władzy arcykapłana — pontifex maximus. Arcykapłani oczywiście nie omieszkali z władzy téj korzystać wedle swych upodobań lub swych interesów, dawało im to bowiem możność dowolnego oznaczania epoki odnawiania urzędów, co stało się źródłem zepsucia i przekupstwa. Za czasów Juliusza Cezara zamęt doszedł do tego stopnia, że święto żniw przypadało w zimie, a uroczystość zwaną autumnalia obchodzono na wiosnę. Dla zaradzenia właśnie takiemu stanowi rzeczy dyktator ten podjął reformę kalendarza, która dotąd imieniem jego jest oznaczaną.

Reforma juliańska, zaprowadzona według rady astronoma aleksandryjskiego Sozygenesa, polega na wtrącaniu co cztery lata dnia dodatkowego, przyjmuje tedy długość średnią roku po $365^1/_4$ dni; aby zaś pory roku sprowadzić na odpowiadające im daty, rok zaprowadzenia reformy, który był rokiem 709 od założenia Rzymu, albo rokiem 46 przed narodzeniem Chrystusa, przeciągnięto do 445 dni (annus confusionis). Dodać jeszcze należy, że kapłani, którzy mieli reformę tę stosować, nie zrozumieli ustanowionego prawidła i zamiast dodawać dzień przybyszowy *po* każdych trzech latach, liczyli rok przestępny *co* każde trzy lata; powstały stąd błąd poprawiono za Augusta przez wytrącenie dni nadliczonych.

Ponieważ długość roku juliańskiego obejmuje średnio dni 365,25, przechodzi więc podaną wyżéj długość roku zwrotnikowego o $11^1/_4$ minuty; różnica ta wydaje się drobną, ale nagromadzając się, czyni po upływie 128 lat całą dobę. Wypływa stąd, że chwila równonocy wiosennéj, która za Cezara przypadała 25 marca, po upływie 128 lat nastąpiła już 24 marca, potem 23 marca, a nakoniec w r. 325, w czasie soboru nicejskiego, miała miejsce 21 marca. Sobór nicejski przyjął kalendarz juliański za podstawę do oznaczania dat świąt kościelnych, a chwilę równonocy wiosennéj ustanowił na 21 marca, ale zachował i nadal długość roku o 365,25 dniach, tak, że epoka równonocy i następnie cofała się o dzień je-

den co lat 128. W końcu więc wieku szesnastego błąd wynosił już 10 dni, porównanie przeto wiosenne przypadało 11-go, a nie 21-go marca. Gdyby rzeczy biegły tak daléj, niezgodność pór roku z odpowiedniemi im datami byłaby coraz bardziéj rażącą, a uroczystość Wielkiejnocy, którą półkula północna święci powrót słońca i odzyskanie przewagi dnia nad nocą, obchodzonąby była w lecie, a następnie i w jesieni.

Na to przesuwanie się wytycznych punktów roku zaczęto zwracać uwagę w wieku XV (Piotr z Alliaco, Mikołaj Cusa); w roku 1475 papież Sykstus IV zawezwał do Rzymu w celu rewizyi kalendarza słynnego Regiomontana, nagła wszakże śmierć tego astronoma, spowodowana może otruciem, zamiar ten obaliła. W 40 lat później papież Leon X ogłosił breve, wzywające do obmyślenia sposobu naprawy kalendarza, a uznanie zjednał sobie wtedy materyał złożony przez Marcina z Olkusza, profesora akademii jagiellońskiej. Urzeczywistniony został wreszcie zamiar ten przez papieża Grzegorza XIII, który tą drogą pontyfikat swój uświetnić pragnął; wypracowany z polecenia jego przez Aloizego Lilliusa projekt reformy kalendarza rozesłany został 1577 r. do rozpatrzenia akademiom europejskim, a wreszcie powierzony umyślnie ustanowionéj komisyi, która ostatecznie uchwaliła naprawę kalendarza, od imienia papieża nazwaną gregoryańską.

Reforma ta obejmowała dwie zmiany, jedna tyczyła się błędu bieżącego, druga usuwała źródło tego nieładu w przyszłości; za długość zaś roku przyjęto wartość, podaną w tablicach alfonsowych przez nadzorcę synagogi w Toledo, rabi Izaaka Aben-Sid, mianowicie 365 dni 5 godzin 49 minut 16 sekund, co od długości roku juliańskiego odstępuje o 10 minut 40 sekund. Porównanie wiosenne sprowadzono do 21 marca przez zniesienie 10 dni, w ten sposób, że dzień następujący po 4 października 1582 r. liczono jako 15 października. Co do przyszłości zaś postanowiono, aby w każdym okresie 400-letnim usunąć trzy dni przybyszowe, a to według prawidła następnego: W kalendarzu juliańskim przestępnym był każdy rok, oznaczony liczbą podzielną przez 4, wszystkie zatém lata wiekowe, to jest o liczbach zakończonych dwoma zerami, były przestępne; w kalendarzu zaś gregoryańskim z czterech lat wiekowych po sobie idących jeden rok tylko jest przestępnym, ten mianowicie, którego liczba po odrzuceniu dwu zer podzielną jest przez 4. Według tego rok 1600 był przestępnym, lata 1700, 1800, 1900 są zwyczajne, rok zaś 2000 będzie przestępny. Usunięcie trzech lat przestępnych z okresu 400-letniego wychodzi na zmniejszenie

średniéj długości każdego roku o $^3/_{400}$, w kalendarzu zatém gregoryańskim długość średnia wynosi $365{,}25 - {}^3/_{400} = 365{,}25 - 0{,}0075 = 365{,}2425$ dni.

W porównaniu więc z istotnym rokiem zwrotnikowym rok gregoryański jest jeszcze zadługi, różnica wszakże wynosi zaledwie 0,000283 dnia, ilość tak drobną, że doba cała uzbiérać się z niéj może dopiéro po upływie kilku tysiącoleci. Pomimo to, obliczano i radzono, jakby i tę nieznaczną niedokładność usunąć; wszelkie jednak środki, któreby osiągały większą ścisłość kosztem dogodności i wytworności reguły gregoryańskiéj, sprowadzałyby niepotrzebne zagmatwanie. Rachunki Heisa wskazują, że przy zachowaniu téj reguły, dla utrzymania zgody między kalendarzem a istotną długością roku dosyć będzie wyrzucać jeden dzień przybyszowy co lat 3200, licząc od r. 3200. W ten sposób lata 3200 i 6400, które według przepisów reformy gregoryańskiéj byłyby przestępnemi, w projekcie Heisa są latami zwyczajnemi.

Rzecz wszakże godna uwagi, że persowie, którzy się również rokiem słonecznym posługują, posiadają kalendarz, bliżéj przystępujący do rzetelnéj wartości roku zwrotnikowego, aniżeli gregoryański. Kalendarz, o którym mowa, oddawna już w Persyi używany, polega na okresie 33-letnim, w którym pierwszych lat 28 liczy się jak w kalendarzu juliańskim, to jest o każdym czwartym roku przestępnym, z pozostałych zaś pięciu lat cztery są zwyczajne, a dopiéro piąty przestępny. Średnia długość roku wynosi tu dni 365,2424, co odstępstwo jednéj doby sprowadza dopiero po 4800 latach; mniejsza jednak prostota reguły pożyteczność jéj osłabia.

W dziejach kalendarza ważną rolę odgrywa i rok księżycowy, to jest rok złożony z dwunastu miesięcy księżycowych. Gdyby miesiąc księżycowy liczył okrągło dni 30 a rok słoneczny dni 360, zastosowanie obu tych jednostek do miary czasu nie przedstawiałoby żadnéj zgoła trudności. Skoro wszakże, jak widzieliśmy, miesiąc synodyczny nie dochodzi o kilka godzin do pełnéj liczby dni 30, a rok obejmuje blisko $12^1/_2$ takich miesięcy, przeto usiłowanie pogodzenia obu tych okresów prowadzi do mozolnych zawikłań, których ślady dostrzegamy i w niejednakiéj długości miesięcy naszego kalendarza.

Miesiąc księżycowy, czyli przeciąg czasu między dwoma nowiami, wynosi prawie $29^1/_2$ dni, przy posługiwaniu się przeto takiemi miesiącami liczono je naprzemian po 29 i po 30 dni. Okres wszakże $29^1/_2$ dni jest w rzeczywistości o $^3/_4$ godziny za krótki, w ciągu zatém trzech lat omyłka czyniłaby już pełną dobę, co wy-

magałoby dodatku dnia do któregokolwiek miesiąca. Nadto rok z dwunastu miesięcy księżycowych złożony obejmowałby tylko 354 dni i byłby względem roku słonecznego o 11 dni za krótki. Pomimo tak uderzającéj niedogodności był rok księżycowy w użyciu u różnych narodów starożytnych, nawet u greków a pierwotnie i u rzymian; pewne zaś praktyki religijne, z odmianami księżyca związane, zapewniają mu dotąd poważanie u narodów wschodnich. Kalendarz mianowicie turecki opiera się na czystym, bez żadnych poprawek, roku księżycowym; każdy zatém dzień nowego roku według tego kalendarza wyprzedza o 11 dni bieg słońca, a różne miesiące i różne święta w krótkim stosunkowo przeciągu czasu obiegają wszystkie pory, — święto obchodzone w lecie po niewielu już latach przypada w zimie.

Zamęt w liczeniu lat u greków został w części usunięty przez wprowadzenie okresu czyli cyklu, wykrytego przez Metona w piątym wieku przed Chr. Cykl Metona opiera się na tém zestawieniu, że w ciągu 19 lat słonecznych księżyc ulega 235 pełnym swym przeobrażeniom, mianowicie bowiem:

235 lunacyj czynią	6939	dni	16	g.	31 m.
19 lat zwrotnikowych	6939	„	14	„	27 „
19 lat juliańskich	6939	„	18	„	0 „

Na 19 zatém lat słonecznych przypada 235 miesięcy księżycowych, to jest o siedm po nad liczbę $228 = 12 \times 19$; jeżeli się zatém między 19 lat rozrzuci siedm dodatkowych miesięcy, to można w okresie tym przecięciową długość roku doprowadzić do dostatecznéj ze słońcem zgody. Liczby porządkowe każdego roku cyklu Metona, od 1 do 19, oznaczane były złotemi głoskami na pomnikach, skąd poszła nazwa liczby złotéj, dotychczas w kalendarzu kościelnym używana, a służąca do wynajdywania daty niedzieli wielkanocnéj, która właśnie od biegu księżyca zawisła.

Kalendarz religijny żydów dotąd opiera się na cyklu Metona, w okresie zatém 19 letnim przypada 12 lat zwyczajnych o 12 miesiącach i 7 lat przestępnych o 13 miesiącach; rok zwyczajny średni ma dni 354, rok przestępny średni dni 384; są wszakże i lata, mające mniéj lub więcéj o jeden dzień, skąd kalendarz żydowski ma lata sześciorakie, o 353, 354, 355 oraz o 383, 384 i 385 dniach. Przeciętna długość roku w kalendarzu tym wynosi 365,242682 dni, przystępuje przeto do prawdziwéj wartości roku zwrotnikowego bliżéj nawet nieco, aniżeli w kalendarzu juliańskim; zbytnia wszak-

że zawiłość i znaczna niejednostajność długości roku odejmuje rachubie téj czasu cechę praktyczności.

Pod względem zatém dokładności, z jaką zbliżają się do prawdziwéj wartości roku zwrotnikowego, różne kolendarze idą w porządku następnym:

Rok zwrotnikowy	365,242217	dni słon. średnich
„ perski	365,242424	„
„ gregoryański	365,2425	„
„ żydowski . .	365,24682	„
„ juliański. . .	365,25	„

We wszystkich więc tych kalendarzach średnia wartość roku jest nieco zadługa; widzieliśmy jednak, że w kalendarzu gregoryańskim potrzeba wytrącenia jednego dnia nastąpi dopiéro po kilkunastu stuleciach, a dzisiejsze pokolenie sprawą tą zaprzątać się nie potrzebuje zapewne. Nasuwa się wszakże inne pytanie, czy nie znalazłoby się tu miejsca dla drobnych ale użytecznych poprawek, któreby mogły większą jeszcze stateczność i dogodność zapewnić kalendarzowi i przystosować go lepiéj do wymagań życia praktycznego.

Wzgląd ten zachęcił zawiązane przed kilku laty w Paryżu towarzystwo astronomiczne do ogłoszenia konkursu na najlepszy projekt reformy kalendarza. Podnietę do takiego wystąpienia dało zapewne nowemu towarzystwu astronomicznemu wspomnienie pierwszéj republiki francuskiéj, która, zerwawszy węzły z tradycyą chrześciańską, ustanowiła odrębny zupełnie dla siebie kalendarz o miesiącach 30-dniowych i o pięciu dniach dopełniających, przeznaczonych na obchód święta republikańskiego, oraz o dekadach w miejsce tygodni. Mniéj radykalna rzeczpospolita dzisiejsza okazała się bardziéj umiarkowaną i w propozycyach co do reformy kalendarza. Przeciw dzisiejszemu kalendarzowi podniesiono różne zarzuty; wiele z nich uważać można wprawdzie za niedorzeczne; niektóre jednak wydają się uzasadnione, a tyczy się to mianowicie uwagi, którą jeden z autorów streszcza w ten sposób: przy kalendarzu obecnym lata idą jedne po drugich, ale nie są podobne. Znaczy to, innemi słowy, że nie ma statecznego związku między dniami tygodnia a datami roku, i trzeba się odwoływać do rachunków dość zmudnych, gdy chcemy wiedzieć, na jaki dzień tygodnia przypada oznaczona data roku; toż samo powiedzieć można o braku zgodności między dniami tygodnia a datami miesiąca. Za-

jęcia nasze ustanawiają się według dwu zasad: według dat i według dni tygodnia, pomiędzy któremi żadna nie zachodzi zależność; staje to się źródłem wielu niedogodności i częstych pomyłek. Umowy, zawarte na pewną datę, przypadać mogą na niedzielę lub inny jaki dzień niedogodny, co sprowadza zawikłanie i stratę czasu; przy rozkładzie wielu zajęć należy z góry poszukiwać, na jaki dzień tygodnia oznaczona data przypada. Przepisy administracyjne, rozkład dni targowych, rozporządzenia szkolne, zgromadzenia stowarzyszeń w oznaczonych terminach i mnóstwo tym podobnych okoliczności, wszystko to ulega nieraz zakłóceniom dla téj niezależności dat od dni tygodnia. Krótko mówiąc, niedogodność polega na tém, że każdy rok wymaga innego kalendarza.

Według tych uwag naprawa obecnego kalendarza polegać ma na tém, aby długość różnych miesięcy była, o ile można, wyrównaną, zwłaszcza zaś, aby téż same daty roku przypadały na téż same dni tygodnia, aby zatém lata po sobie idące były do siebie podobne. Osiągnięcie tego celu wymaga oczywiście pewnych odstępstw od dotychczasowych urządzeń kalendarzowych, z któremi związani jesteśmy długowiecznem nawyknieniem; należy więc baczyć, aby odstępstwa te jak najmniéj były rażące, a nowy kalendarz jak najmniéj różnił się od dawnego. Z kilkudziesięciu nadesłanych prac zadanie to najlepiéj rozwiązał projekt p. Gastona Armelin, który uzyskał pierwszą na konkursie nagrodę.

Naczelna zasada projektu tego polega na wyłączeniu jednego dnia roku z miesięcy i tygodni, rok bowiem, obejmując 365 dni, składa się z 52 tygodni i jednego dnia. Mielibyśmy zatém każdego roku jeden dzień nadliczbowy czyli uzupełniający, stojący zewnątrz tygodni i miesięcy; byłby to dzień „nowego roku“, nienoszący żadnéj innéj nazwy ani żadnéj daty. W roku przestępnym ten „nowy rok“ musiałby się składać z dwu dni, co cztery zatém lata święto to obchodzonoby przez dwa dni.

Po usunięciu tego jednego dnia, rok, według projektu p. Armelin, dzieli się na cztery równe kwartały, obejmujące po 91 dni; z trzech miesięcy, składających każdy kwartał, pierwszy posiada 31, dwa pozostałe po 30 dni,—każdy przeto kwartał zawiera dokładnie po 13 tygodni. Wypływa ztąd, że też same dni tygodnia przypadają na też same daty nietylko każdego roku, ale nadto każdego kwartału; uproszczenie to, przy oswojeniu się z nowym kalendarzem przez ciągłe go użycie, pozwoliłoby łatwo za-

chować w pamięci rozdział 91 dni w ciągu trzech miesięcy, w każdym bowiem kwartale odpowiadające sobie miesiące przedstawiają zupełną zgodność dat i dni tygodnia. Dwanaście takich miesięcy obejmują 364 dni, a dzień pozostały mieści się na początku roku i nie włącza do żadnego tygodnia ani do żadnego miesiąca. Styczeń rozpoczyna się od poniedziałku, który jest drugim dniem roku; kwiecień, lipiec i październik rozpoczynają się również od poniedziałku i, podobnie jak styczeń, liczą po 31 dni; luty, maj, sierpień i październik zaczynają się od czwartku i zawierają po dni 30; pozostałe wreszcie cztery miesiące, również 30-dniowe, zaczynają się od soboty.

Można do rzeczy téj wielkiéj wagi nie przywiązywać, pewnéj użyteczności wszakże wprowadzeniu stałego i prawdziwie wieczystego kalendarza odmawiać nie należy. Inicyatorowie mieli zamiar poddania téj kwestyi pod rozwagę umyślnie w tym celu zwołanego kongresu, prawdopodobnie jednak nie znaleźliby chętnych uczestników.

IV.

Przy obrocie swym dziennym ziemia kolejno różne swe strony ku słońcu zwraca, miejsca zatém daléj ku wschodowi położone wcześniej wschód gwiazdy dziennéj witają, aniżeli okolice bardziéj zachodnie. Dla miejscowości na jednym i tym samym południku położonych chwila południa przypada współcześnie, punkty natomiast wzdłuż równoleżnika rozrzucone mają godziny różne. Ponieważ w pozornym tym swoim ruchu słońce w ciągu doby cały okrąg o 360° obiega, co czyni 15° na godzinę, miejsca przeto, różniące się o 15° w długości geograficznéj, mają czas o godzinę różny; gdy w Warszawie południe, w okolicach Moskwy już godzina pierwsza, na zachodniéj granicy Francyi dopiero jedenasta.

Prosta ta więc zależność pozwala z różnicy czasów oznaczyć różnicę długości geograficznéj. Z biegu słońca lub gwiazd poznaje żeglarz godzinę miejsca, gdzie się w danéj chwili znajduje, a porównywając ją z godziną wskazaną przez zegar, który nastawił wedle czasu stolicy swojego kraju lub portu, z którego wypłynął, wié bezpośrednio, na ile stopni oddalił się ku wschodowi lub zachodowi, gdy znów z obserwacyi gwiazdy biegunowéj lub z położenia innych brył niebieskich poznaje szerokość geograficzną, pod jaką się znajduje. Z szerokością tylko geograficzną

AKADEMIA MEDYCZNA BIBLIOTEKA W ŁODZI

rzecz o tyle prostsza, że gdy równik, do którego ją odnosimy, jest jeden tylko i jakby przez przyrodę samą wskazany, południk każdy rościć sobie może jednakie do pierwszeństwa prawo, buta zaś narodowa nakazuje każdemu państwu posiadać własny swój pierwszy, narodowy południk, co daje powód do narad, kongresów i niezałatwionych dotąd sporów. Szczęściem nie jest to najcięższy szkopuł w waśniach międzynarodowych, a rozmaitość południków nie powoduje kłopotów zbyt wielkich; gorzéj, że dokładne oznaczenie długości geograficznéj połączone jest z trudnościami znacznie większemi, aniżeli dochodzenie szerokości.

Jak dotąd na morzu, tak dawniéj i na lądzie do oznaczania długości geograficznéj posługiwano się głównie przewożeniem zegarów; obecnie z dzielną pomocą przybył telegraf, który z mniejszym zachodem w każdéj chwili donieść nam może godzinę oddalonego miejsca. Służyć też mogą i sygnały niebieskie, czyli zjawiska astronomiczne, które dla różnych punktów ziemi zachodzą współcześnie. Zjawiskiem takiém jest przedewszystkiem zaćmienie księżyca; gdy więc, dajmy, początek pewnego zaćmienia księżyca obserwowano w Warszawie o 12 god. 12 min. 21 sek., w Paryżu zaś o 11 god. 6 min. 33 sek., to różnica obu tych miejsc w czasie wynosi 1 god. 14 min. 48 sek., zatém w długości geograficznéj 18°42′. Przy pomocy tablic astronomicznych można téż różnicę czasów dwu miejsc wyprowadzić i z obserwacyi biegu księżyca i z innych jeszcze objawów niebieskich, a chociaż wszystko to są rzeczy w zasadzie proste, nastręczają, jak nadmieniliśmy, znaczne trudności, skoro idzie o dokładność, jakiéj się nauka dzisiejsza domaga. To wszystko zaś wskazuje, jak z tego względu doniosłéj wagi czynnikiem jest czas dla astronoma, geografa i żeglarza, jak troskliwie i bezustannie z nim się liczyć muszą; w zakresie zaś tym astronomia, tak daleka w ogólnym swym charakterze od spraw ziemskich, nabiera charakteru nauki stosowanéj i nagina się do celów praktycznych.

Rozmaitość ta czasu na różnych południkach tłómaczy daléj osobliwy paradoks, który występuje przy podróżach dokoła ziemi. Jeżeli mianowicie udajemy się na zachód, napotykamy miejsca, mające czas coraz wcześniejszy; zegar nasz zatem pośpieszy już o godzinę całą, gdy oddalimy się o piętnaście stopni, czyli na każdy stopień o cztery minuty. Skoro do Nowego Yorku przybędziemy z chronometrem londyńskim, to wskazywać on będzie południe, gdy w mieście tém jest dopiero godzina 7 rano, a jeżeli

daléj znajdziemy się w San-Francisco, napotkamy tam godzinę 4 rano, gdy znów chronometr nasz wskaże południe. Gdybyśmy więc, jak to czynili pierwsi żeglarze dokoła świata, nastawiali swój zegar według miejsca, do którego przybywamy, to w miarę posuwania się ku zachodowi coraz więcéj pozostawalibyśmy w tyle co do czasu, a przy całkowitém okrążeniu ziemi odstalibyśmy o całą dobę, przy powrocie do własnego kraju znaleźlibyśmy tam datę o cały dzień późniejszą, tak że pozornie utracilibyśmy dzień jeden; oczywiście—pozornie tylko, gdyż każdy dzień przebyty w podróży był dłuższy od dnia istotnego i to o tyle razy po cztery minuty, ileśmy stopni ku zachodowi przebyli, a zatém wszystkie dnie razem były o jednę dobę dłuższe; przeżyliśmy czas jednaki, utraciliśmy tylko jeden zachód słońca. Przeciwnie, jeżeli się posuwamy kn wschodowi, naprzeciw słońca, każdy dzień staje się krótszym o tylokrotnie powtórzone cztery minuty, ileśmy w nim stopni przebyli, przy całkowitém przeto okrążeniu ziemi zyskujemy jeden zachód słońca, czyli przybywa nam dzień. Verne, umiejący korzystać z takich drobiazgów naukowych, wyzyskuje szczęśliwie tę zasadę w swojéj „podróży dokoła ziemi w ciągu ośmdziesięciu dni.“

Cesarstwo Rossyjskie i Azya wyprzedzają nas w czasie, Europa zachodnia, ocean Atlantycki, Ameryka zostają za nami w tyle; na oceanie Wielkim zatém istnieje granica oddzielająca miejsca, gdzie przeskakuje data i dzień tygodnia. Dwie przeto miejscowości sąsiednie, mające prawie jednaką godzinę, różnią się tam w swéj rachubie czasu o jeden dzień tygodnia i o jeden dzień w dacie. Data i dzień tygodnia stron tamecznych zależą mianowicie od tego, czy kultura europejska doprowadzoną została od wschodu czy od zachodu; tak np. portugalczycy i holendrzy w swych odkryciach przepływali około przylądka Dobréj Nadziei, gdy hiszpanie obrali drogę przeciwną, około Ameryki południowéj. Ztąd wypada, że wyspy zajęte przez hiszpanów pozostają pod względem rachuby czasu o jeden dzień w tyle względem posiadłości portugalczyków i holendrów. Portugalska miejscowość Macao na wybrzeżu chińskiem liczy o jeden dzień więcéj niż wyspa Luzon, położona na wschód o pół godziny tylko różnicy co do długości. O tém przekonał się w swym czasie z wielkiem zdumieniem ojciec Alfons Sanctius, który się z Manilli udał na Luzon do Macao, gdzie według swego mniemania przybył jeszcze w dzień św. Atanazego, 2 maja, przy wylądowaniu zaś poznał, że portugalczycy obchodzili już dzień Znalezienia ś. Krzyża, 3 maja. Li-

nia graniczna, oddzielająca miejsca, posiadające różne daty i różne dni tygodnia, ma przebieg nieregularny. Poczynając od bieguna południowego, sunie na brzegu wschodnim Nowéj Zelandyi, Hebryd, Nowéj Gwinei, pozostawia Filipiny na wschód, Celebes, Borneo, Formozę i wyspy Japońskie na zachód i przez cieśninę Beringa dochodzi do bieguna północnego. Jeżeli na wschód téj linii obchodzą niedzielę, to na zachód jéj przypada już poniedziałek.

Rozmaitość czasów w różnych punktach ziemi stała się téż źródłem pewnego zamętu na drogach żelaznych, których krańcowe i pośrednie nawet stacye mają często godziny dosyć różne, co zmusza podróżnych do baczenia na różnicę czasu miejscowego i czasu używanego na stacyi, a przy ożywionéj komunikacyi kolejowéj oddziaływa i na inne stosunki życia zwyczajnego. Dla tego téż w wielu krajach zaprowadzono jeden lub kilka czasów normalnych, bądź tylko dla potrzeb dróg żelaznych, bądź dla wszystkich spraw życia zwyczajnego. Takie zupełne ujednostajnienie czasu napotykamy mianowicie w Wielkiéj Brytanii, gdzie od roku 1848 na całéj wyspie uznawaną jest jedynie godzina obserwatoryum w Greenwich; we Francyi od marca 1891 r. godziną legalną w całem państwie jest paryzka. Najsilniéj wszakże konieczność uregulowania godzin uczuć się dała w Stanach Zjednoczonych, zarówno dla ożywionego ruchu na rozgałęzionéj sieci dróg żelaznych, jak i dla znacznéj rozległości terytoryum, obejmującego 60° w długości czyli cztery godziny w czasie. Z tego ostatniego względu nie można było wszakże narzucić jednéj godziny dla całego kraju; na podstawie więc układu, zawartego przez wszystkie zarządy dróg żelaznych, od r. 1885 jest w użyciu tylko pięć różnych godzin normalnych, które odpowiadają tyluż południkom, zostającym w prostéj łączności z południkiem Greenwich. Normalne te czasy oznaczone są nawet odrębnemi nazwami: *Intercolonial time*, odpowiadający długości zachodniéj 60° względem Greenwich, *Enstern time* 75°, *Central time* 90°, *Mountain time* 105°, *Pacific time* 120°; czasy te zatem opóźniają się względem Greenwich o 4, 5, 6, 7 i 8 godzin. Granice obszarów, w których różne te godziny znajdują zastosowanie, nie biegną dokładnie według południków, ale zależą od granic administracyjnych różnych stanów oraz od stosunków lokalnych. Otóż, system ten amerykański dałby się łatwo zastosować do całéj ziemi. Należałoby w takim razie powierzchnię jéj podzielić na 24 pasy czyli wrzeciona, ograniczone południkami i obejmujące po 15° długości geograficznéj; każde z tych wrzecion

miałoby czas sobie właściwy, a w każdych dwu sąsiadujących ze sobą pasach różnica czasów wynosiłaby dokładnie godzinę. Pas pierwszy rozciągałby się od 7°30′ na wschód do 7°30′ na zachód względem Greenwich, drugi obejmowałby przestrzeń od 7°30′ do 22°30′ długości zachodniéj i t. d. W praktyce granice pasów mogłyby odstępować nieco od południków, stosując się do granic państw lub prowincyj.

Rzeczywiście też sposób taki ujednostajnienia czasu przedostał się już do Europy. Na zgromadzeniu związku dróg żelaznych niemieckich i austryackich, które miało miejsce w sierpniu 1890 roku w Dreźnie, uchwalono dla całéj téj rozległéj sieci przyjęcie godziny wspólnéj, odpowiadającéj 15° długości wschodniéj względem Greenwich, przyczem wyrażono życzenie, by godzina ta stała się powszechną i jedyną i w życiu zwyczajnem. Rząd niemiecki przygotowuje nawet podobno projekt do prawa, które ma życzenie to urzeczywistnić, a tymczasem i bez sankcyi prawnéj zastosowała się do niego znaczna liczba miast Europy środkowéj, w wielu bowiem godzina 15° długości wschodniéj zastąpiła już właściwą godzinę miejscową. Godzinę tę przyjął i Kraków, a że znajduje się pod 20° długości wschodniéj względem Greenwich i ma względem normalnego południka 15° czas o 20 minut późniejszy, musiał więc zegary swe o te 20 minut cofnąć.

W ogólności południk greenwichski odniósł stanowcze już zwycięztwo nad paryzkim; Belgia nawet poświęciła godzinę brukselską, a od maja 1892 r. używaną jest w miejsce niéj na drogach żelaznych godzina greenwichska, różniąca się o 11 minut. Sprawa unormowania czasu była nawet przedmiotem obrad międzynarodowych na konferencyi w Waszyngtonie w r. 1884, a uchwałą téj konferencyi uznany został za pierwszy południk Greenwich, od którego liczenie długości ma się odbywać w dwie strony, na wschód (+) i na zachód (—), od 0° do 180°. Według tego zaś południka liczony czas przyjęto jako czas powszechny, przyczém początkiem dnia powszechnego ma być północ według czasu Greenwich, godziny zaś liczyć się mają kolejno, od 0 do 24.

Postanowienia te wszakże, zarówno co do południka pierwszego jak i co do godziny wspólnéj, w wykonanie nie weszły. Południk Greenwich nie zyskał mianowicie uznania delegatów francuskich, którzy żądali, aby południk pierwszy był zupełnie neutralnym i aby był oparty na zasadach naukowych. Według ich poglądu nie powinien on przerzynać żadnego lądu ważniejszego, aby nie wprowadzać zmiany przy oznaczaniu długości geogra-

ficznéj w obrębie jednego kraju i aby na morzu przypadał „przeskok daty", t. j. punkt, w którym okręty, podczas żeglugi dokoła ziemi, zmieniają datę. Z tego względu proponowano przyjęcie za początek długości południka, idącego przez cieśninę Beringa; nie znalazł on jednakże uznania, zarzucono bowiem, że na linii téj niema obserwatoryum, że zatém zero długości byłoby określone tylko przez fikcyę legalną, ale niestanowiłoby zgoła zera rzeczywistego. Akademia więc bolońska w inny sposób zapragnęła usunąć przedmiot tego sporu, a raczéj ułagodzić drażliwość narodową francuzów, zaproponowała bowiem południk bardziéj neutralny, któryby nie mógł budzić zawiści międzynarodowéj, a mianowicie południk idący przez Jerozolimę, gdzieby założone być mogło obserwatoryum, pod opieką państw zostające. Rząd włoski przyjął projekt ten pod swą opiekę; rzecz jednak bardzo wątpliwa, czy ma on widoki uczeczywistnienia. W każdym razie najwięcéj stronników posiada obecnie południk Greenwich, jako południk najwięcéj w żeglarstwie używany, czyli mający „największą klientelę."

Więcéj wszakże przeszkód nastręczył zamiar ujednostajnienia czasu. Oczywiście, zwolennicy godziny powszechnéj nie mogli dążyć do zupełnego usunięcia godziny miejscowéj. Przyjąwszy bowiem czas powszechny według południka Greenwich, japończyk wstawałby około godziny ósméj wieczorem, a kalifornijczyk obiadowałby o drugiéj rano,— do niedorzeczności takiéj trudnoby chyba nawyknąć. Dlatego też konferencya waszyngtońska uznała, „że dla pewnych potrzeb naukowych, jako téż dla służby wewnętrznéj rozległych dróg komunikacyi, jak dla kolei żelaznych, dla linij okrętów parowych, dla telegrafów i poczt, istnieje korzyść z przyjęcia godziny powszechnéj obok miejscowych godzin narodowych, które miałyby być daléj używane w życiu zwyczajném." I te wszakże względy praktyczne nie wydają się istotnéj wagi. Kupcowi, dajmy, otrzymującemu depeszę telegraficzną, więcéj zapewne zależy na znajomości godziny miejsca, skąd depesza ta wysłaną została, aniżeli godziny czysto abstrakcyjnéj; przy systemie bowiem obecnym wie on bezpośrednio, czy depesza wysłaną została rano, czy wieczorem, przed giełdą czy po niéj, gdy tymczasem godzina powszechna wskazówek takich nie mogłaby mu udzielać, chyba po odwołaniu się do rachunku, przy czém znów zajśćby mogła omyłka.

Korzystniejsze zastosowanie mogłaby znaleźć godzina powszechna w nauce, przy badaniu zjawisk, które wymagają obser-

wacyj współczesnych, jak np. przy objawach magnetyzmu ziemskiego albo trzęsień ziemi. I to stanowi wszakże wzgląd podrzędny tylko, dla tego też ostatecznie stronnicy godziny powszechnéj, jako główny swój argument, przytaczają dążność do ujednostajnienia, jaką na różnych polach działalności ludzkiéj obecnie spotykamy. Dążność ta wszakże mieć musi przecież swoje granice; rozpowszechnienie jednolitego układu miar i wag jest niewątpliwie rzeczą bardzo użyteczną i dogodną, ale obmyślenie jakiejś sztucznéj mowy powszechnéj jest mrzonką niedorzeczną. Wszelka nowość niekoniecznie jest postępem, a sama przyroda tworzy rozmaitość i powoduje różnice, których przełamać nie można. Zajęcia ludzkie stosują się do godziny miejscowéj i ona tylko obchodzi człowieka zwykłego, a kto obejmuje poziom rozleglejszy, nie doznaje żadnéj trudności, łącząc z godziną miejscową znajomość godziny innéj.

W każdym razie, zabiegliwa ta skrzętność koło dokładnego unormowania rozkładu czasu jest jedną z najbardziéj charakterystycznych cech życia nowożytnego; wiąże się ona bezpośrednio z udoskonaleniem i rozpowszechnieniem przyrządów, do mierzenia czasu służących. Do ich tedy historyi zwrócić się nam teraz wypada.

V.

Najdawniejszy przyrząd do mierzenia czasu stanowią oczywiście zegary słoneczne, u nas kompasami zwane. Gdy bowiem bieg dzienny słońca następstwo godzin nam znaczy, trzeba było tylko ruch ten przenieść na przesuwanie się cienia, rzucanego przez pręt w ziemi utkwiony, by obserwacyi większą nadać dokładność. Wynalazek zegarów słonecznych przypisywano filozofom szkoły jońskiéj, następcom Talesa, Anaksymandrowi i Anaksymenesowi, z szóstego wieku przed Chr., niewątpliwie wszakże znane one były dawniejszym znacznie astronomom Chaldei i Egiptu. W pierwotnéj swéj formie był to zresztą zapewne tylko słup lub filar, pionowo na płaszczyźnie poziomej wzniesiony, który oznaczał południe w chwili, gdy cień jego stawał się najkrótszym: jest to sławny gnomon astronomów starożytnych, budowany troskliwie i w skromnym swym zakresie wciąż doskonalony, zanim ustąpił w obec przyrządów astronomii dzisiejszéj.

Aby wszakże zegar słoneczny zbudować, nie dosyć jest wbić pręt pionowy w ziemię i zatoczony dokoła niego okrąg na równe

podzielić części, słońce bowiem wraz z całém niebem nie bieży dokoła linii pionowéj, ale obraca się dokoła osi, która w różnych punktach ziemi rozmaicie jest do poziomu pochyloną. Z najmniejszym tedy zachodem urządzićbyśmy mogli zegar słoneczny, ustawiając pręt ten czyli gnomon w kierunku osi świata, tj. zwracając go ku gwieździe biegunowéj; u nas pręt ten byłby pochylonym do poziomu pod kątem 52°, a cień jego, przy zmiennem położeniu słońca, na tarczy do pręta prostopadłéj co godzina obiegałby drogi równe; tarcza ta ułożonąby więc była w płaszczyźnie do równika równoległéj, a kompas taki nazwano równikowym albo równonocnym. Pomijając już wszakże niedogodność, wynikającą z pochyłego względem poziomu ułożenia tego zegara, pamiętać jeszcze należy, że słońce się wznosi na półkuli północnéj nad równik jedynie w ciągu półrocza letniego, górną zatem stronę tarczy oświeca tylko od końca marca do końca września, przez drugie zaś półrocze promienie jego padają na dolną jéj stronę, którą tedy podobnie jak górną zaopatrzyć należy w podziały, aby pręt, i ku dołowi wydłużony, mógł cieniem swym godziny w półroczu zimowem wskazywać.

By niedogodności tych uniknąć, korzystniéj jest tarczę kompasu umieszczać poziomo lub pionowo; w tym razie jednak odstępy kresek wskazujących godziny nie będą już równe, a konstrukcya takiego zegara słonecznego wymaga pewnych metod geometrycznych. Dla tego też urządzanie kompasów stanowiło niegdyś ważną sprawę astronomii praktycznéj, a na rozwiązywanie nastręczających się tu zagadnień nie skąpiono pilności. Pomimo to wszakże zegar słoneczny być może bardzo niedostatecznym jedynie przyrządem. Nie mówiąc już o tém, że daje on czas prawdziwy, a nie średni, którym się posługiwać musimy, że godziny wskazywać może tylko za dnia i przy niebie pogodném, to nadto niepodobna jeszcze oznaczyć na nim dokładnych i drobnych podziałów. Trzebaby konstrukcyi niezwykle starannéj i wielkich wymiarów tarczy, aby odczytywać na niéj dokładnie minuty. Udoskonalenie zegarów mechanicznych odebrało kompasom wszelkie znaczenie praktyczne; z chluby astronomów stały się one jedynie ozdobą parków, zanim wreszcie z motywu tego skorzystali ogrodnicy, by w wielkie cyfry, z kwiatów różnobarwnych ułożone, trawniki swe ozdobić.

Również odległą przeszłość i koniec podobnież niesławny miały i zegary wodne czyli klepsydry. W najprostszéj formie były to dwa naczynia, stożkowatéj zwykle postaci, zbiegające się zwę-

żonemi swemi końcami, gdzie przez szczupły otwór woda z naczynia górnego przepływa do dolnego. Wymiary przyrządu tak być mogą dobrane, że czas przepływu wody wynosi godzinę, kwadrans lub kilka minut tylko; po przelaniu się zaś wody do naczynia dolnego klepsydrę trzeba tylko odwrócić, by tenże sam przebieg znów się powtórzył. W tak prostém urządzeniu mogła wprawdzie klepsydra oznaczać upływ godziny, ale nie mogła służyć do wskazywania jéj części, woda bowiem nie z jednakową płynie wciąż szybkością. W miarę jak jéj ubywa, jak pod coraz słabszém pozostaje ciśnieniem, prędkość wypływu maleje; w równych przeto odstępach czasu woda w naczyniu dolném o niejednakowe wznosi się wysokości. Przy uwzględnieniu praw wypływu cieczy, które zresztą dopiero Torricelli wykazał, można wprawdzie osiągnąć znaczną dokładność zegarów wodnych, budowa ich wszakże byłaby wtedy zbyt zawiłą. Można także, przez stosowne doprowadzenie wody, utrzymywać ją w naczyniu górném wciąż na jednym poziomie, a wtedy w równych czasach do naczynia dolnego przelewać się będą równe jéj ilości; jeżeli więc naczynie to ma postać walcową, to umieszczony w niém pływak w jednakich odstępach czasu wysuwałby się w górę o jednakowe wysokości, a za pośrednictwem połączonéj z nim wskazówki wskazywałby bieg czasu.

Można téż do tego celu skorzystać z energii wypływającéj cieczy, czyli z pracy, jaką wykonywać jest w możności. Jeżeli mianowicie strumień, wypływający z pełnego wciąż naczynia, uderza koło na osi osadzone, to pod naciskiem takim koło przechodzi w obrót jednostajny, który uregulować można tak, aby się dokonywał wciągu godziny albo minuty. Zegary takie budowano rzeczywiście, a różne ich formy pod nazwą *horologium aquaticum*, *horologium hydraulicum* i t. p. opisuje słynny jezuita Kircher w wieku siedemnastym. Przy wszelkich wszakże podobnych urządzeniach nie możnaby na czas dosyć długi zapewnić zegarom wodnym biegu statecznego, niszczą go bowiem różne okoliczności uboczne, jak nieuniknione wstrząśnienia naczynia, zanieczyszczenie wody lub bezustanna zmienność temperatury.

Dziś więc zegary wodne pozostały w historycznem tylko wspomnieniu. Ostatnią rolę naukową odegrały chyba na usługach Galileusza, gdy przy doświadczeniach swych nad spadkiem ciał potrzebował oznaczać krótkie odstępy czasu. Zachował on wszakże tę ostrożność, że woda wązkim bardzo otworem wypływała z naczynia znacznych wymiarów; wtedy przez krótki czas wypływu poziom wody w naczyniu wyraźnym zmianom nie ulegał, odważo-

ne przeto ilości cieczy wypływającéj z dostatecznem przybliżeniem miarę czasu dawały. Metoda ta zresztą i dziś jeszcze może być przydatną, gdy idzie o oznaczenie stosunku dwu niewielkich odstępów czasu; wodę w tym razie korzystnie zastąpić może rtęć.

Podobneż usługi, jak klepsydry wodne, oddawały i klepsydry piaskiem suchym wypełnione; sądzono nawet, że piasek przesypuje się wciąż jednostajnie, bez względu na wysokość, do jakiéj jest usypany. Dla tego nadano zbiegającym ze sobą naczyniom postać rur walcowych, a urządzona na nich podziałka pozwalała z niejaką dokładnością oznaczać jednakie odstępy czasu.

Wraz z kompasami i klepsydra poszła w zapomnienie. Gdy niegdyś mówcy greccy według niéj długość swych mów oznaczali, dziś chyba klepsydra trzyminutowa służy do pilnowania się przy gotowaniu jajek. Możnaby powiedzieć, że na zabawkę wyszła, gdyby z niéj nie zrobiono ponurego symbolu śmierci, zkąd nawet owe złowieszcze kartki, co rogi ulic obok obwieszczeń teatralnych pokrywają, przejęły u nas nazwę tych dawnych czasomierzy.

W braku zresztą prawdziwych zegarów musiano sobie radzić i innemi prostemi środkami mierzenia czasu, niewiele jednak o nich wiemy. Przytoczyć chyba można ocenę godzin z przebiegu płonięcia świecy walcowéj, która w równych odstępach czasu o jednakie opala się długości, przyczém odpowiedni materyał wybuchowy, w oznaczonych punktach w świecę wprowadzony, służyć może do sygnalizowania oznaczonych momentów. Szczątkowym zabytkiem tego sposobu mierzenia czasu są jeszcze świeczki przy licytacyach sądowych używane.

VI.

Do jakiéj epoki odnieść należy początek dzisiejszych naszych zegarów, polegających na połączeniu kół i kółek, wprawianych w ruch działaniem spadającego ciężaru lub rozwijającéj się sprężyny—trudno powiedzieć; w każdym razie w wieku czternastym mechaniczne takie czyli kółkowe zegary posiadały już pewien stopień dokładności.

Pomysł zastosowania spadku ciężaru czyli wagi do wprawiania w ruch mechanizmu zegarowego, jest rzeczywiście bardzo prosty i dawno mógł się nasunąć; ciężar bowiem zawieszony na wale, dokoła swéj osi ruchomym, wprawia go spadkiem swym w obrót, a zarazem i osadzone na nim koło zębate, którego ruch przenosi

się na kółka dalsze i na wskazówki. Zadanie to nie przedstawiałoby więc trudności, gdyby bieg wagi dokonywał się jednostajnie; wiemy wszakże, że spada ona biegiem przyśpieszonym, wał zatém i cały połączony z nim mechanizm obracałby się coraz prędzéj, a zegar wskazywałby godziny coraz krótsze. Trudność polegała przeto jedynie na obmyśleniu środków ujednostajnienia tego ruchu. Radzono sobie bądź przez zmianę momentu bezwładności obracającéj się bryły, bądź przez zwiększanie oporu, jaki przy ruchu swym przezwyciężać musiała, co do pewnego stopnia pozwalało utrzymywać ruch jednostajny, ani dokładnie wszakże, ani na długo. W r. 1364 urządził Henryk von Wyk na gmachu parlamentu w Paryżu zegar bijący godziny, a odtąd zegary wieżowe zaczęły się mnożyć w Europie; zdaje się jednak, że zegary poruszane spadkiem wagi znane już były we Włoszech w wieku trzynastym, a są może wynalazkiem arabskim, w r. 1232 bowiem miał pewien władca wschodni przesłać cesarzowi Fryderykowi II zegar, który oceniano na 5000 dukatów. Zaczęto się niemi nawet w miejsce zegarów wodnych posługiwać przy obserwacyach astronomicznych, wymagały wszakże codziennéj regulacyi i ulegały częstemu zakłócaniu. Wszystkie stare środki mechaniczne okazywały się niedostateczne do ujednostajnienia biegu zegarów, trzeba było szukać dróg nowych, a tę pomoc pożądaną przyniosło wreszcie wahadło.

Tu znowu do Galileusza zwrócić się nam wypada.

Od niepamiętnych czasów bujał się ciężarek na sznurku, ale ruch ten powszedni nikogo nie zastanawiał, na drobne bowiem spostrzeżenia umysł genialny tylko uwagę zwrócić potrafi, a umiejętne z nich korzystanie twórczość naukową stanowi. W katedrze pizańskiéj rozbujał się świecznik kościelny na długim zwieszający sznurze--było to w r. 1583, a ruch ten obserwował Galileusz, dziewiętnastoletni wówczas student medycyny, którego samodzielność i zdolność spostrzegawcza wyrywały się po za zaklęte nieruchomością średniowieczną szranki fizyki arystotelesowéj. Obszerne z początku łuki przez świecznik zataczane zwolna malały, a młody obserwator dostrzegał, że pomimo to każde wachnięcie dokonywało się w czasie jednakim; licząc więc uderzenia swego tętna, wykrył, że rzeczywiście trwanie wachnięcia od obszerności jego nie zależy,—byleby długość wahadła pozostawała niezmienną: zarówno rozległe jak i drobne wahania dokonywają się w czasie jednakim. Taki był początek naszéj znajomości wahadła, tego przyrządu prostego, któremu w dalszym rozwoju nauki przypaść miała rola tak wybitna.

Zrozumiano też bezzwłocznie, że izochronizm ten wahadła, równoczesność jego wahań, czyni zeń pożądany czasomierz, i już sam Galileusz, a później Riccioli, Grimaldi, Mersenne, Kircher, Heweliusz, posługiwali się niém przy dostrzeżeniach astronomicznych i doświadczeniach fizycznych. Wahadło wszakże przedstawiało tę niedogodność, że nie zaznaczało czasu upłynionego, a niepotrącane na nowo rychło się uspakajało. Galileusz już przeto wpadł na pomysł połączenia wahadła z odpowiednim mechanizmem wskazówkowym, o czém w r. 1636 pisał do Laurensa Reaala, gubernatora Niderlandów; gdy wszakże przerwała się korespondencya ze stanami Holandyi, prowadzona w przedmiocie ściślejszéj metody oznaczania długości geograficznéj, nie słyszano już o czasomierzach Galileusza.

We dwadzieścia dopiero lat później zadanie to podjął Huygens, który obok Galileusza i Newtona uzupełnia trójcę twórców mechaniki nowożytnéj. Zamiast jednak urządzenie zegaru naginać do wahadła, zwrócił się on do dawnych zegarów wagowych i do nich zastosował wahadło, które równoczesnością swych wahań jednostajny im bieg zapewniło. W r. 1657 uzyskał Huygens od stanów generalnych Holandyi patent na swoje zegary wahadłowe i opisał je w rozprawie „*Horologium*“, ogłoszonéj 1658 r.

Jak zwykle wszakże, nie obyło się i tu bez sporów o pierwszeństwo wynalazku. Galileusz już nie żył od lat szesnastu, ale uczeń jego i biograf, Viviani, starał się wykazać prawa swego mistrza do tego pierwszeństwa w przedstawieniu złożoném księciu toskańskiemu Leopoldowi, w r. 1659. Viviani utrzymywał, że Galileusz od r. 1641 pracował nad udoskonaleniem swego czasomierza, że zamierzał właśnie nie używać wahadła do poruszania tego mechanizmu, ale przeciwnie, mechanizm utrzymywać w ruchu za pomocą wagi, a wahadło tak z niém połączyć, aby przez działanie mechanizmu w ustawicznym pozostawało ruchu.

Ponieważ w r. 1640 Galileusz zaniewidział zupełnie i sam robót tych prowadzić nie mógł, wykonanie powyższego planu poruczył synowi swemu, Wincentemu, który wszakże zajął się niém dopiero w kwietniu r. 1649, ale zmarł w ciągu tegoż samego roku i rozpoczętéj roboty nie dokończył. Viviani podał nawet rysunek tego zegara, a z pozostałości po Wincentym sprzedanym być miał „*un orivolo non finito di ferro col pondulo, prima invenzione del Galileo*“. Według tych danych przyjąć można, że Galileusz rzeczywiście obmyślił plan zbudowania zegara wahadłowego, ale z tego też wypływa, że otoczenie jego doniosłości pomysłu tego nie oce-

niło, inaczéj bowiem Viviani nie czekałby ze swém ogłoszeniem na pracę Huygensa, któremu tedy bezspornie przypada chwała wynalazcy naszych dzisiejszych zegarów wahadłowych.

Oprócz Galileusza jest inny jeszcze współzawodnik Huygensa, a mianowicie Jost Bürgi, którego Wolf w swéj „Historyi astronomii“ uważa za prawdopodobnego wynalazcę zegarów wahadłowych już około r. 1580. Wolf przytacza kilka dosyć chwiejnych dowodów na poparcie swego przypuszczenia, między innemi stary zegar wahadłowy, przechowywany w skarbcu wiedeńskim i uważany za dzieło Bürgiego. Podobnyż zegar znajduje się i w obserwatoryum w Cassel, gdzie Bürgi, zmarły 1632 r., ostatnie lata życia swego przepędził. Zegar ten wszakże wyrestaurowanym był w r. 1676 i wtedy dopiero zapewne opatrzony został w wahadło. Krytyka téż historyczna odparła nieuzasadnione przypuszczenia Wolfa, tembardziéj, że przypisując Bürgiemu wynalazek zegarów wahadłowych około r. 1580, należałoby mu przyznać i odkrycie zasady równoczesności wachnięć.

Nad dalszém udoskonaleniem zegarów pracował przedewszystkiem sam Huygens, którego większe dzieło „*Horologium Oscillatorium*“ (1673) szczególnie jest ważne, a to ze względu na przeprowadzone w niém badania teoretyczne nad wahadłem i wiążącemi się z niém innemi kwestyami mechaniki. Jakkolwiek w zasadzie ogólne urządzenie Huygensa przetrwało dotąd, szczegółowe zmiany i ulepszenia oddzielnych części zegarów wprowadzały się i wprowadzają bezustannie, najważniejsze zaś znaczenie mają zmiany obmyślone przez Clementa (1680), Grahama (1675—1751) i Harrisona (1693—1776).

Nie zapuszczając się zresztą w szczegółowy opis budowy zegara, winniśmy jednak przytoczyć główne zasady tego mechanizmu. Ciężar czyli waga, zawieszona na wale, wprawia w obrót wraz z tym wałem i osadzone na nim koło zębate, które powoduje ruch dalszych kół przyrządu. Byłby to, jak wiemy, ruch przyśpieszony, ale wahadło przerywa go w jednakich odstępach czasu, a tém samém ujednostajnia go i reguluje. Pośrednikiem zaś między wahadłem a właściwym przyrządem zegarowym jest wychwyt czyli kotwica, tak z wahadłem związana, że wraz z niém się kołysze, zahaczając kolejno o zęby koła na wale osadzonego.

Wahadło samo przez się długo służyćby nie mogło, z powodu bowiem tarcia na osi, na któréj jest zawieszone, i z powodu oporu powietrza, rychłoby ruch swój wstrzymało, gdyby uderzenia wychwytu o zęby koła na wale osadzonego nie nadawały mu wciąż

nowego impulsu. Waga więc opadająca stanowi siłę poruszającą dla całego systemu kół, a za pośrednictwem wychwytu podtrzymuje i kołysania wahadła; z drugiéj strony wahadło, za pośrednictwem tegoż wychwytu, stanowi regulator dla szybkości spadku wagi.

Szybkość wszakże kołysań wahadła zależy od jego długości; wahadło krótkie kołysze się szybciéj, długie wolniéj; na bieg zatém zegara wpływa temperatura, któréj wzrost powoduje wydłużenie wahadła. Zaradzić temu szkodliwemu oddziaływaniu temperatury próbował w r. 1715 Graham przez użycie wahadeł z drzewa, które się od ciepła słabiéj, aniżeli metale, rozszerza; gdy jednak sprowadzało to inne niedogodności, zamierzył osiągnąć niezmienną, czyli niezależną od temperatury długość wahadła przez stosowną kombinacyę kilku metali. Tego rodzaju kompensator wykończył wszakże dopiéro Harrison, Graham zaś znalazł również szczęśliwe rozwiązanie, złączywszy z prętem wahadła naczynie napełnione rtęcią. Te dwa rodzaje kompensatorów są dotąd najpowszechniéj używane.

Nadmienić również należy, że własność izochronizmu posiada wahadło zwykłe do pewnego tylko stopnia; skoro łuki przez nie przebiegane wykraczają po za pewną granicę, czas wachnięcia staje się już nieco dłuższy. Doskonale izochroniczném jest tylko wahadło cykloidalne, to jest wahadło, którego ciężarek przebiega nie po łuku kołowym, ale po innéj linii krzywéj, zwanéj cykloidą; w zegarze zatém, opatrzonym w wahadło tego rodzaju, nie potrzebaby się troszczyć, aby jednakowemu zawsze ulegało impulsowi. Rzeczywiście Huygens wskazał już sposób takiego zawieszania wahadła, aby ono przebiegało drogę cykloidalną, a w czasach późniejszych do pomysłu tego nieraz wracano; z powodu wszakże trudności technicznych, z jakiemi urządzenie to jest połączone, nie weszło ono w użycie.

VII.

Drugą kategoryę czasomierzy stanowią zegarki; zdrobniała nazwa nie odpowiada tu zmniejszonym tylko wymiarom, ale odmiennemu urządzeniu. W miejsce opadającéj wagi ruch mechanizmu wywołuje sprężyna, która, wyprowadzona ze stanu swéj równowagi przez nakręcenie zegarka, usiłuje do stanu tego wrócić, czém powoduje ruch połączonych z nią kółek.

Ruch ten wszakże, ciągłem rozkręcaniem się sprężyny utrzymywany, zachodziłby również coraz prędzéj; każda bowiem siła statecznie działająca, jakby przez coraz sumujące się impulsy, ruch przyśpieszony wywołuje. Potrzeba i tu zatém regulatora, któryby w jednakich odstępach czasu ciągłość tego ruchu przerywał, a regulatorem tym i tu jest wahadło. Nie wahadło zwykłe wprawdzie, kołyszące się pod działaniem siły ciężkości, niemniéj jednak kombinacya, która również ruchy wahadłowe wykonywa. Jest to bowiem małe, na osi osadzone kółko, opatrzone w bardzo cienką i spiralnie zwiniętą sprężynkę, zwaną włosem; skręty tego włosa, ze stanu równowagi usunięte, rozszerzają się i ściągają, przenosząc ruch ten na połączone z niémi kółko, które ztąd kręci się wciąż na prawo i na lewo. Balansyer ten zatém, działaniem sprężystości w ruchu utrzymywany, odegrywa zupełnie rolę wahadła i ze sprężyną poruszającą tak jest systemem wychwytów związany, że ciągłość jéj działania wciąż przerywa, sam zaś doznaje bezustannych popędów, które zapewniają jednostajność jego kołysań.

Aż dotąd zatém zupełną znajdujemy analogię w budowie zegarów wagowych i sprężynowych, w tych ostatnich wszakże nieuniknioną jest większa zawiłość. Siła bowiem ciężkości, przyciąganie ziemi, jednako zawsze na opadającą wagę działa, zkąd bieg jéj jest jednostajnie przyśpieszony; ze sprężyną inaczéj się dzieje: przez skręcenie wzbudzona w niéj sprężystość w miarę jéj rozwijania się słabnie; wywiera ona przeto na mechanizm zegara ciśnienie coraz mniejsze i powodowałaby ruch niejednostajnie przyśpieszony. Konieczne jest tu zatém urządzenie dodatkowe, któreby usuwało wpływ ciągłego słabnięcia siły poruszającéj; potrzeba pośrednika między sprężyną poruszającą a balansyerem. Pośrednikiem takim jest ślimak. Jestto stożek mosiężny, zwężający się ku górze, po którym wije się równia pochyła, ślimakowato skręcona, jak droga na górę wiodąca; gdy sprężyna rozkręca się i tém samém wprawia w obrót bęben, w którym się mieści, wtedy zarazem działa i na ślimak za pośrednictwem łańcucha, który się zwija dokoła coraz szerszych jego skrętów. Z początku więc działa na skręty niewielkie, następnie na coraz rozleglejsze, które, jakby coraz dłuższe ramiona drążka, coraz mniejszéj do obrotu wymagają siły. W ten sposób wynagradza się ciągły ubytek siły poruszającéj.

Aby otrzymać zegarki mniéj wypukłe, postarano się o wyrugowanie ślimaka i zastąpienie go innemi sposobami; zastosowano więc sprężyny niejednostajnéj grubości i szerokości, tak aby w mia-

rę ubytku sprężystości coraz dzielniejsze części na widownię występowały, ale i przy użyciu jednostajnéj sprężyny zaradziły temu stosowne systemy wychwytów.

Jak na wahadło zegarów wagowych, tak téż wpływa ciepło i na balansyery zegarków, a nawet silniéj jeszcze; nietylko bowiem wzrost temperatury działa na sprężystość drgającego włosa, ale zarazem powiększa i średnicę kółka, w którém jest on osadzony. I tu zatém, jak przy wahadłach zwykłych, trzeba było wprowadzić kompensacyę, która zresztą na podobnych mniéj więcéj zasadach polega.

Zegary sprężynowe pojawiły się w początkach wieku szesnastego, a jako ich wynalazcę wymieniają Piotra Hele z Norymbergi; wynalazca ślimaka jest nieznany. Wprowadzenie sprężyny spiralnéj czyli włosa zawdzięczamy, podobnie jak zastosowanie wahadła do zegarów wagowych, Huygensowi, a pierwszy zegarek kieszonkowy wedle jego wskazówek wyrobił zegarmistrz Turet w Paryżu 1674 r. I ten wszakże wynalazek dał również powód do zaciętego sporu, z roszczeniem bowiem do pierwszeństwa wystąpił namiętnie Robert Hooke, sławny sekretarz towarzystwa królewskiego w Londynie. Według własnego oświadczenia powziął on już w r. 1658 pomysł użycia sprężyny stalowéj, jako regulatora do zegarków, a następnie traktował z kilku uczonymi o wyjednanie na wynalazek ten patentu; zanim jednak zdołał pierwszy swój zegarek wykończyć, co nastąpiło w r. 1676, Huygens skorzystał z jego pomysłu, o którym miał się dowiedzieć od jednego z członków towarzystwa królewskiego. O ile uzasadnioném jest to wystąpienie, trudno powiedzieć; Hooke bowiem, człowiek niewątpliwie rozległéj nauki i wysokich zdolności, cechował się przedewszystkiem charakterem kłótliwym i ambicyą niesłychaną: wszystko wiedział, sobie przypisywał pierwszeństwo wszystkich niemal współczesnych mu odkryć i wynalazków, Newtona nawet oskarżał o plagiat w odkryciu praw ciążenia powszechnego.

Huygens wykazał nadto pożytek, jaki przynieść mogą podobne zegary przenośne przy oznaczaniu długości geograficznéj, zwłaszcza na morzu, a z tego względu parlament angielski wyznaczył nagrodę 20000 funtów za takie udoskonalenie tych zegarów, aby przy ich pomocy można było długość geograficzną oznaczać z błędem, nie przechodzącym pół stopnia. Połowę téj znacznéj nagrody osiągnął znany nam już Harrison dopiero w r. 1764, gdy, wprowadziwszy kompensacyę i inne ulepszenia, dostarczył admiralicyi brytańskiéj chronometr, przedstawiający pożądaną ścisłość,

a od owego czasu sztuka wyrabiania dokładnych chronometrów tak się rozwinęła, że, zdaje się, doszła już do granicy dla biegłości człowieka dostępnéj.

Dobry zegar nie powinien rzeczywiście dawać błędu większego nad pół sekundy na dobę, czyli przekraczającego drobny ułamek $\frac{1}{172800}$, a tanie nawet zegarki błądzą zaledwie o dwie lub trzy minuty na tydzień, dokładność ich zatém wynosi $\frac{3}{10000}$. Wyborne chronometry dochodzą ścisłości $\frac{1}{432000}$, w ciągu doby bowiem dają różnicę, nie przechodzącą piątéj części sekundy. Aby podobną osiągnąć ścisłość przy ocenie długości lub masy, trzeba przyrządów wyjątkowéj dokładności przy szczególnéj baczności i wprawie; przy zwykłém mierzeniu i ważeniu popełniamy błędy wielokrotnie większe. Długość, masa i czas stanowią, jak zaznaczyliśmy wyżej, wielkości zasadnicze, do których sprowadzają się wszelkie pomiary, ale czas mierzymy z najznaczniejszą dokładnością i największą łatwością. Jestto wielkość, która nas widocznie najbliżéj dotyczy, niewielu bowiem tylko dźwiga przy sobie łokieć, a nikt prawie nie zabiera ze sobą wagi i gwichtów; z zegarkiem tylko nie rozstajemy się nigdy, jest on najbliższym towarzyszem naszym i doradcą wiernym. Posiadanie zegarka jest marzeniem chłopca i stanowi nagrodę jego pilności; czeladnik z terminatora wyzwolony chlubi się nim wobec towarzyszy, jako dowodem swéj rządności, a skromny, srebrny zegarek studenta ileż to razy od głodu i chłodu ratuje swego właściciela. Pozór życia mający mechanizm zegarka budzi podziw dziecka; ale téż—rzecz dziwną zaiste—z całego zastępu przyrządów, którym nas postęp techniki obdarzył, jest on najmniéj może znany, a mechanika i fizyka szkolna nie zadają sobie nawet trudu, by wyjaśnić tę gmatwaninę kół i kółek, co przecież istotny ich tryumf stanowią.

VIII.

Unormowanie stosunków w wielkich ogniskach działalności ludzkiéj wywołało potrzebę zaprowadzenia dokładnéj obsługi czasu, polegającéj na tém, aby wszystkie zegary miejskie jednaki czas wskazywały. Obecnie, gdy telegraf elektryczny w jednéj chwili roznosi wieści w najodleglejsze okolice ziemi, urządzenie takie tru-

dności nie przedstawia; w saméj téż rzeczy rozsyłanie godziny albo regulowanie zegarów stanowi poniekąd rodzaj telegrafii. Jeden bowiem zegar normalny wywołuje ruch wskazówek na setkach tarcz zegarowych, po całém mieście rozrzuconych; cel ten osiągnąć się daje w ten sposób, że zegar normalny w oznaczonych odstępach czasu, co minuta zwykle, zamyka automatycznie prąd elektryczny, który, rozbiegając się po drutach, wzbudza elektromagnesy i powoduje tém na połączonych z niemi tarczach przeskok skazówki minutowéj o jednę kreskę podziałki. System ten wszakże nie jest wolny od niedogodności, druty bowiem w miastach łatwo uszkodzeniu ulegać mogą, a niekiedy i elektryczność atmosferyczna przeszkadza należytéj działalności prądu galwanicznego. Dla tego téż korzystniejszém okazało się pozostawienie zegarów niezależnych, które tylko co godzina albo i raz na dobę za pośrednictwem prądu elektrycznego doprowadzają się do zupełnéj zgody z zegarem normalnym.

Ze szczególną zwłaszcza starannością system przesyłania godziny rozwinięty jest w Stanach Zjednoczonych, stanowi to nawet jedno z głównych zadań obserwatoryum waszyngtońskiego. Godzina z Waszyngtonu przesyla się codziennie do głównych portów atlantyckich. Poczynając od trzech minut przed południem aż do chwili południa przesyła się czas co sekunda, a na każdéj stacyi elektromagnes, wzbudzony prądem nadsyłanym, odtwarza każde uderzenie chronometru, znajdującego się w sali obserwatoryum stołecznego; w kilku zaś miastach w chwili południa, pod wpływem prądu, spadają w widocznych punktach osadzone kule. Prąd również poprawia, w południe, trzysta lub czterysta zegarów rozrzuconych po szkołach, ministeryach i zakładach publicznych Waszyngtonu. W podobnyż sposób obserwatoryum w Neufchatel przesyła codziennie godzinę do głównych ognisk fabrykacyi zegarów w Szwajcaryi.

Przy usługach wszakże, jakie nam elektryczność na wszelkich polach oddaje, byłoby dziwném, gdyby li tylko w roli pośrednika przy mierzeniu czasu występować mogła. Rzeczywiście téż posiadamy i prawdziwe zegary elektryczne, zegary zatém, gdzie elektryczność jest sama motorem i zastępuje działanie wagi lub sprężyny. Wobec jednakże doskonałości zegarów mechanicznych zegary elektryczne donioślejszego znaczenia zdobyć nie mogą, a lubo w pewnych szczególnych przypadkach użyteczne, stanowią wogóle przyrządy ciekawości raczéj, aniżeli istotnego pożytku praktycznego.

IX.

Jakkolwiek nikłym ciągiem czasu wydaje się nam sekunda, przy wielu badaniach naukowych a nawet i w celach praktycznych zachodzi potrzeba ujmowania drobnych jéj części, setnych, tysiącznych. Na zegarze zwyczajnym sekundy dzielić nie można, chociaż bowiem wszystkie wachnięcia są między sobą izochroniczne, każde oddzielnie wszakże ma przebieg wcale niejednostajny; trzebaby więc radzić sobie użyciem wahadła krótkiego, którego ruchy dokonywają się bardzo szybko, jak to ma miejsce w znanych taktomiarach muzycznych, gdzie nawet przesuwanie ciężarka pozwala wahadło takie dowolnie skracać i wydłużać, a tém samém szybkość jego kołysań zmieniać. Gdy wszakże idzie o czasy bardzo drobne, wahadła musiałyby być nader krótkie, a jak łatwo pojąć, różne względy kładą rychło kres zbytniemu jego skracaniu.

Trzeba więc było szukać metod innych, a chociaż przyrządy do celu tego służące są często bardzo zawiłe, polegają w ogólności na prostych zasadach. Wyobraźmy sobie walec, uczerniony sadzą i który za pomocą mechanizmu zegarowego obraca się, dajmy, raz na sekundę; pręcik, dotykający tego walca, ściera przy obrocie sadzę i kreśli na nim linię, stosowne zaś urządzenie pozwala pręcikiem tym tak manewrować, że w żądanéj chwili może on być do walca zbliżanym lub od niego oddalanym. W ciągu całego obrotu pręcik oczywiście opisze na walcu pełny okrąg, przez dziesiątą zatém lub setną część sekundy nakreśli tylko dziesiątą lub setną część okręgu, z długości tedy linii na walcu wypisanéj odczytujemy długość czasu obserwacyi. Przez zwiększanie wymiarów walca i przez podwyższanie szybkości jego obrotu mamy nieograniczoną prawie drogę ujmowania by najdrobniejszych cząstek czasu; idzie więc o to tylko, aby pręcik dokładnie zaznaczał początek i koniec obserwowanego zjawiska, a do należytego posłuszeństwa znaglamy go dobrze za pośrednictwem prądu galwanicznego.

Chronoskop tego rodzaju jest naczęściéj używany, nie brak wszakże przyrządów, polegających i na odmiennych zasadach. Metody doświadczalne tak dalece się rozwinęły, a na usługi mają narzędzia tak doskonałe i tak starannie wyrobione, że nauka podjąć zdołała badania, które niezbyt dawno mrzonkami tylko wydawać się mogły. Szybkość światła, którą poznano z obserwacyj astronomicznych, jest tak wielka, że wydawało się niemożebném, by ją potrafiono drogą doświadczalną ująć; a wszakże już przed kilku dziesiątkami lat Fizeau i Foucault obmyślili metody, które dozwo-

liły zadanie to szczęśliwie rozwiązać, chociaż milę geograficzną światło przebiega w czasie krótszym nad jednę czterdziesto-tysiączną część sekundy. Wheatstone, później Casin i Lucas, dochodzili, jak długo trwa przebieg iskry elektrycznéj, a doświadczenia wykazały im ledwie stutysiączne i milionowe części sekundy. Wiadomo, że są ciała, posiadające zdolność fosforescencyi czyli świecenia po poprzedniém wystawieniu ich na światło: Becquerel okazał, że własność ta zgoła nie jest rzadką i przypada przeważnéj ilości ciał, trwa jednak tak krótko, że uchodzi zwykłym dostrzeżeniom, w wielu bowiem razach nie przenosi trzechsetnéj części sekundy.

Podobneż badania napotykamy obecnie już nietylko w fizyce, ale w innych dziedzinach wiedzy przyrodniczéj. Chemik wyczytuje czas przebiegu procesów chemicznych i oznacza szybkość rozchodzenia się fal, przez eksplozyę wzbudzonych. Artylerzysta wykrywa szybkość biegu kuli armatniéj lub czas, przez jaki w lufie bawi, a fizyolog ocenia czas, jaki upływa, zanim wrażenie na zmysł wywarte do mózgu dobiega.

Po przykłady czasów tak drobnych, sięgnąć możemy i do fotografii. Aby uchwycić szczegóły na powierzchni słońca występujące, trzeba było jak najbardziéj zredukować czas wystawienia płyty fotograficznéj, inaczéj bowiem, pod bezpośredniém działaniem promieni słonecznych, ulega ona tylko jednostajnemu sczernieniu; głośny astronom francuski, Janssen, zdołał aparat swój tak urządzić, że czas ten zeszedł do $\frac{1}{3000}$ części sekundy, a w ten sposób odfotografował nietylko plamy słoneczne, ale i szczegóły budowy chromosfery, czyli najgłębszéj warstwy słońca, dostrzeżeniom naszym jeszcze dostępnéj.—Fuzya fotograficzna Mareya, za pomocą któréj badacz ten ruchów zwierzęcych chwyta obrazy konia w biegu lub ptaka w locie, daje dwanaście obrazów na sekundę, czas zaś wystawienia płyty wynosi ledwie $\frac{1}{720}$ sekundy, a Muybridge podaje nawet, że do ujęcia obrazu zwierzęcia w biegu starczyła mu dwutysiączna część sekundy.

A wreszcie, gdy chwila jest już tak niewypowiedzianie drobną, że doświadczenie bezpośrednie żadną miarą ująćby jéj nie zdołało, nastręczają się drogi pośrednie, teoretycznie uzasadnione i niewątpliwe. Światło podobnie jak głos jest objawem drgania; ale gdy struna brzmiąca wydaje na sekundę 16 do 70000 drgań, ciało świeci wtedy dopiéro, gdy cząstki jego dokonywają na sekundę 400 do 800 trylionów drgań. Drganie zatém, które wzbudza

w nas poczucie czerwieni, trwa ledwie $\frac{1}{400000000000000}$, wrażenia zaś fioletu doznajemy, gdy drganie wynosi tylko $\frac{1}{800000000000000}$ część sekundy. Ułamki tak drobne wydają się fantastyczne, odcyfrowane wszakże zostały z rzetelnością niekłamaną; podobnéj pewności nie znajdziemy już na nieszczęście, gdy od tych chwilek nikłych zwrócimy się do okresów olbrzymich, odnoszących się do czasu istnienia i rozwoju naszéj bryły ziemskiéj.

X.

Więcéj, aniżeli jakakolwiek inna gałęź wiedzy przyrodniczéj, wpływowi legend biblijnych uległa geologia; jakkolwiek bowiem przez dni z powieści hebrajskiéj o stworzeniu świata rozumiéć zaczęto długie okresy, to wszakże na tle tém wyrosła teorya przewrotów czyli katastrof w dziejach rozwoju ziemi. Poglądom tym początek dał mianowicie Cuvier, gdy w szczątkach istot niegdyś na ziemi żyjących poznał dokumenty do odczytania jéj dziejów posłużyć mogące. Widząc, że badane przezeń skamieniałości dawnych istot kręgowych niepodobne są do istot dzisiejszych, a nadto, że i szczątki w różnych piętrach ziemi zagrzebane są różne jedne od drugich, podzielił cały bieg dziejów ziemi jakby na odrębne okresy, odgraniczone między sobą stanowczo potężnemi katastrofami, których groza całą powierzchnią globu naszego wstrząsała, sprowadzając zgubę wszystkiego na niéj życia. Każdy okres dziejów ziemi posiadał właściwy sobie świat organiczny, a po każdéj jego zagładzie nowy znów akt stworzenia nowe istoty do życia powoływał; wyjątkowo chyba tylko wytrwały jakiś gatunek zdołał ujść zniszczeniu i śród przeobrażonéj przyrody byt swój utrzymał. W teoryi téj przeto oddzielne okresy mają znaczenie dawnych dni biblijnych, ale dnie te, w ciągu których przemijały długie szeregi całych pokoleń istot żyjących, urastać już musiały w długie ciągi czasu, w całe setki tysięcy i miliony lat.

Hypoteza przewrotów takich ustąpić wszakże musiała, skoro Lyell wykazał, że cały ogół przeobrażeń, jakim ziemia w stopniowym swym rozwoju ulega, wyjaśnić się daje na podstawie dotąd jeszcze zachodzących objawów i sił obecnie jeszcze występujących; przeobrażenia zatém, jakie dokonywały się na powierzchni

globu naszego, nie odbywały się przez nagłe i powszechne przewroty, ale były następstwem zmian powolnych i drobnych, które nie przerywały zgoła ciągłości życia organicznego. Rzecz jasna, że wobec tych nowych poglądów na historyę ziemi rozsunąć się jeszcze musiał obszar czasu, potrzebnego do wytworzenia jéj skorupy; trzeba już bowiem było całych setek milionów lat, aby przez sumowanie zmian tak nikłych i niedostrzegalnych, jakie się i za naszych czasów dokonywają, wyjaśnić rozwinięcie się potężnych pokładów i ich przeobrażanie, powstawanie i zagładę pasm górskich. Czas stał się sprzymierzeńcem geologa, jako czynnik dowolny, jako jedyna zmienna niezależna, którą w spekulacyach swoich bezwzględnie mógł rozporządzać. A zaiste, rachunek geologów nieledwie skromnym okazać się musiał, gdy wystąpiła i teorya descedencyi, wyprowadzająca wszystek świat dzisiejszy istot żyjących ze wspólnego początku również drogą stopniowych i nieznacznych tylko przeobrażeń, i biologija bowiem, tak samo jak geologia, na odparcie nastręczających się w teoryi rozwoju istot trudności za każdym razem działanie czasu na pomoc powołać może.

Długością okresów istnienia ziemi geologia rzeczywiście rozporządzać może dowolnie, nie posiadamy bowiem zgoła sposobów, któreby nam chronologię ziemi z przybliżoną choćby dokładnością odczytać dozwoliły. Przyjrzyjmy się jednak środkom, któremi zadanie to zaatakować przynajmniéj próbowano.

W duchu dzisiejszych poglądów swoich, że przyczyny powodujące przeobrażenia skorupy ziemskiéj działały zawsze z jednakiém natężeniem, wnioskuje geologia o przeszłości z tego, co się dzieje obecnie. Do takiego zaś wnioskowania nadaje się najdogodniéj narastanie pokładów osadowych.

Wielkie rzeki przy corocznych swych wylewach pozostawiają zawsze na obszarach zajmowanych przez wezbrane wody pewien osad; powolne narastanie takich napływów zauważono już dawno, a następnie zapragnięto obliczyć czas, jakiego rzeki do ich wytworzenia potrzebują. Jako taki utwór napływowy słynie zwłaszcza od wieków delta nilowa. I dziś jeszcze Nil wylewa jak w czasach starożytnych i dziś jeszcze pozostawia swój muł użyzniający, skutkiem czego pola zalewane w górę narastają.

Delta nilowa ma postać trójkąta, którego wierzchołek przypada obok Kairu, w pobliżu piramid i dawnego Memfisu, podstawa zaś długim łukiem opiera się o morze; odległość od Kairu do Burlos nad morzem wynosi 23 mile geograficzne, odległość mię-

dzy dwoma skrajnemi ujściami rzeki około 40 mil, powierzchnia przeto całéj delty około 400 mil kw. Wylewy Nilu następują głównie skutkiem wzbierania dopływów jego przebiegających Abisynię,—rzeki te podczas tamecznéj pory dżdżystéj, od połowy czerwca do września, dochodzą znacznéj potęgi, gdy w ciągu miesięcy pozostałych prawie wysychają. Gdy zatém dopływy te schodzą do skromnych rozmiarów, Nil czerpie swe wody głównie z wielkich jezior Wiktoryi i Alberta, oraz z dopływów Białego Nilu, ale w połowie czerwca następuje przybór, a Egipt Dolny ulega zalewom. Atbara, zwana też Czarną Rzeką, sprowadza znaczną ilość mułu, który na delcie osiada. Oba zatém jeziora równikowe podtrzymują Nil, dopływy abisyńskie powodują wylewy. Przebieg taki trwa już przez cały ciąg czasów historycznych; po zdobyciu Egiptu pisał Amru do kalifa Omara, że kraj daje na przemian obraz pola zamulonego, morza wody słodkiéj i rozkosznego ogrodu.

Naukowe badania delty nilowéj datują od czasu pamiętnéj wyprawy Bonapartego 1798 r., w któréj uczestniczył zastęp uczonych. Pod warstwą mułu napotkał Girard gruboziarnisty piasek morski; na tym więc pokładzie, w obrębie ograniczonym skałami wapiennemi, składał Nil muł swój w ciągu wieków i wypełnił dawną zatokę morską, któréj ostatnie ślady widzimy jeszcze w lagunach.

Gdy wylewy roczne rzeki odegrywały tak ważną rolę w gospodarstwie kraju, od najdawniejszych już czasów na stan wód uwagę zwracano i wysokość jéj odczytywano na wodoskazach umyślnie wzniesionych. Dno rzeki podnosi się według tegoż samego prawa, któremu ulega podnoszenie się czyli narost delty; jeżeli więc wodoskaz pozostaje przez czas długi nienaruszonym, dojść musi wreszcie do tego, że wskazywany przezeń najwyższy stan wód wznosić się musi znacznie ponad najwyższy stan wód w czasach dawniejszych.

Gdyby Nil corocznie osadzał warstwę wyraźną, gdyby, innemi słowy, osad mułu rzecznego posiadał budowę wyraźnie warstwową, możnaby łatwo z ilości warstw takich odczytać liczbę lat i ciąg czasu oznaczyć. Tak jednak rzeczy się nie mają; gdzieniegdzie tylko po bokach delty, gdzie wiatr znosi piasek pustyni, napotkać można warstwy piasku ułożone naprzemian z warstwami mułu, zresztą delta nilowa nie okazuje uwarstwowania wyraźnego; przy pomocy warstw tedy odczytać czasu nie można i należy

odwoływać się do wodoskazów, których znaczenie zrozumiał właśnie Girard.

Girard zbadał wodoskaz pod Kairem i odkrył też inny, stary wodoskaz nilowy obok Elefantyny, ten sam, który opisany był przez Strabona; wyryty jest on na murze, obok wschodów prowadzących do Nilu. Przy najwyższéj jego kresie wypisaną jest cyframi greckiemi liczba 24, oznaczała ona tedy w miarach egipskich wysokość wielkich wezbrań za Ptolemeuszów. Stare te znaki porównał Girard ze śladami, jakie pozostawiały na murze wielkie wylewy w czasach ostatnich, skąd okazała się różnica 2,41 metra; o taką więc wysokość podnieść się musiało dno Nilu od urządzenia wodoskazu. Czasu, kiedy wodomiar ten założony został, nie można było wprawdzie oznaczyć, znajduje się wszakże na nim napis, zawierający nazwisko Septymijusza Sewera (193—211); napis ten umieszczony został zapewne dla oznaczenia wylewu, który sięgał już wyżéj ponad kresę, wskazaną liczbą 24. Jeżeli przyjmiemy, że napis ten pochodzi z r. 200, to podwyższenie dna Nilu obok Elefantyny wynosi na stulecie 0,152 metra.

Inny wodoskaz nilowy, w Kairze, na wyspie Rudah, stanowi kolumna marmurowa w czworokątnym basenie, który się łączy z rzeką. Kolumna ta, odbudowana przez kalifów w połowie wieku dziewiątego, podzielona jest na 16 odstępów, z których każdy posiada długość 0,541 metra. Różnica między pełnym wylewem z roku 1800 a wylewem z czasów założenia wodoskazu wynosiła 1,149 metra, co daje na podwyższenie się dna rzeki pod Kairem 0,120 metra na stulecie. Girard oznaczył średnią z obu wykrytych w ten sposób liczb i przyjął, że wielkość ta, mianowicie 0,126 metra, daje podnoszenie się dna Nilu w ciągu stulecia; przyrost przeto delty w kierunku pionowym zachodzi w tymże samym stosunku. Girard rozpatrzył nadto różne stare pomniki Egiptu, odkopał zamulone ich fundamenty, zmierzył wysokość okalających je nasypów i na podstawie powyższéj liczby 0,126 metra oznaczył czas, kiedy pomniki te wzniesione zostały. Według tych obliczeń czas zabudowania Teb przypada na rok 2960 przed Chr., założenia pomników Luksorskich na r. 1400 przed Chr.

W czasach późniejszych podobne poszukiwania prowadzono na rozleglejszą skalę, rozkopywano deltę w różnych miejscach, wiercono w niéj otwory świdrowe. Podczas podobnych robót, dokonywanych w roku 1851 i 1854 pod kierunkiem Hekekyana Beja, w obecności Hornera, napotkano w różnych głębokościach liczne skorupy naczyń z gliny palonéj; pod Heliopolis znaleziono je w głę-

bokości 60 stóp ang., a Karol Lyell, przyjmując, że grunt w ciągu stulecia narasta o 6 cali, obliczył wiek tych skorup na lat 12000. Podobneż odłamki znalazł Linant Bej prawie w samym wierzchołku delty w głębokości 72 stóp ang., gdy zaś tu przyrost stuletni oceniono tylko na dwa cale i trzy linije, trzeba było skorupom tym przypisać starość 30000 lat.

Na podstawie tedy tak wątłych dowodów chciano utrzymywać, że przed dwunastu i trzydziestu tysiącami lat żył już człowiek i dosięgnął tego stopnia kultury, który się cechuje sztuką wyrabiania naczyń glinianych. Oskar Fraas wykazał jednak, że ze skorupek takich niepodobna wysnuwać wniosków tak daleko sięgających; w Egipcie bowiem zawsze wykopywano studnie i kanały do znacznéj głębokości, szczątki przeto naczyń rozrzucone po ziemi łatwo dostawać się mogły do takich dołów, zwłaszcza, że drogi wiodły wzdłuż kanałów, a podróżni zabierali ze sobą dzbanki do wody. Podobnież i Maks Eyth, naczelny inżynier za Halima-paszy, poznał liczne ślady dawnych robót, mających na celu sztuczne nawadnianie kraju, któryby bez takich środków żyzności swéj utrzymać nie mógł, gdyż po opadnięciu wód wezbranych muł wysycha szybko i twardnieje tak dalece, że bez wód sztucznie doprowadzanych nie mógłby być uprawianym; częste zaś zmiany w biegu tych kanałów utrudniają obliczanie wieku opadów wodnych. Przesycona bowiem mułem woda nilowa składa w różnych miejscach bardzo różne jego ilości; gdzie ziemia jest zagłębiona a woda płynie spokojnie lub zatrzymuje się w miejscu, tworzy się osad silny; gdzie natomiast postarano się o to, aby odpływ jéj zachodził szybko, nie pozostawia prawie wcale osadu.

Zresztą, rachunków, odnoszących się do przyrostu napływów w pewném miejscu delty, nie można rozciągać do całéj jéj powierzchni, zarówno bowiem obserwacye wodoskazów jak i zamulanie pomników, których czas wzniesienia jest znany, wskazują, że narost osadów w różnych punktach jest niejednaki. Obok wyspy Elefantyny w ciągu 1700 lat grunt miał narosnąć o 9 stóp, pod Tebami o 7, pod Kairem o 5 stóp i 10 cali tylko, a w pobliżu ujść przyrost jest jeszcze słabszy. Gdy niegdyś delta węższą była, musiała być też odmienną i grubość pozostawianéj przez rzekę warstwy. Wszystko to osłabia wiarogodność rachunków, wyprowadzających długość czasu z grubości pokładów.

Podstawę do podobnego obliczenia daje nam oznaczona przez Girarda wysokość narostu gruntu 0,126 metra w ciągu stulecia czyli 1,26 *m* na 1000 lat; obliczenie to odnosi się w szczególności

do okolic Kairu, gdzie pokład mułu, spoczywający na podstawie piaszczystéj, wynosi 8 metrów; wypada stąd, że utworzenie całéj delty, licząc od jéj wierzchołka pod Kairem, trwało lat 6350.

Kjerulf podaje inne jeszcze obliczenie, oparte na ilości mułu unoszonego przez rzekę, oraz na rozległości i głębokości delty. Delta nilowa, jakeśmy wyżéj przytoczyli, jest u podstawy szeroką na mil 40, gdy odległość wierzchołka od téj podstawy czyni mil 23; powierzchnia jéj wynosi zatém 264960 milionów stóp kwadratowych, (26000 milionów metrów kwadr.). Jeżeli daléj głębokość jéj ocenimy na 10 metrów czyli 31,8 stóp, to objętość całéj delty nilowéj okazuje się równą 8425728 milionom stóp sześc. (260000 milionów metrów sześc.). Z drugiéj strony, według Ehrenberga, który rozpatrywał wodę nilową, sprowadzoną przez Lepsiusa z epoki wezbrania, ilość części stałych, jaka z Nilu w ciągu sekundy opada, wynosi 130,9 stóp sześc., co na rok czyni 2064 milionów stóp sześc., licząc tylko czas przyboru wody. Wszystka przeto masa, stanowiąca deltę nilową, zniesioną być mogła w ciągu

$$\frac{8425728}{2064} = 4082 \text{ lat.}$$

Do obliczeń tych Kjerulf nie przywiązuje wprawdzie wielkiéj wagi, ale wysnuwa z nich wniosek, że czas, w ciągu którego utworzyła się delta nilowa, nie przekracza 4000 do 6000 lat. Rachunek ten jednak krytyki wytrzymać nie może: ocena ilości mułu unoszonego przez rzekę jest zbyt pobieżna, nie bierze się pod uwagę ilości osadu przeprowadzanego przez rzekę do morza, a przyrost mułu pod Kairem nie zawsze zapewne wynosił 1,26 metra na tysiącolecie. Można łatwo i inne niemniejszéj wagi przytoczyć zarzuty, dosyć jednak powtórzyć słowa wspomnianego wyżéj inżyniera Eytha: „Fellah, który brzeg swéj łąki tamą otacza, może wciągu jednego roku dodać kilka tysięcy lat do mozolnych obliczeń uczonych europejskich“.

Bardziéj jeszcze uderzający przykład tych trudności przedstawia nam inna delta, która także była przedmiotem wielu badań, mianowicie delta olbrzymiéj Missisipi, któréj nazwa w języku indyan rodzicielkę wód ma oznaczać.

Każdy z jéj dopływów, Red River, Arkansas, Missuri, Ohio, sam przez się stanowi już wielką rzekę; materyał, jaki one sprowadzają, zabiera Missisipi i buduje z niego deltę przy swém ujściu do zatoki Meksykańskiéj. Powierzchnia jéj większą jest od po-

wierzchni delty nilowéj w stosunku 4 : 3, a posuwanie się jéj w stronę morza jest też widoczniejsze, aniżeli jakiegokolwiek innego podobnego utworu napływowego. Odwoływano się do niéj nieraz, jako do chronometru ziemi.

Przyjmując rozległość jéj na 13600 mil kw. ang., głębokość na $^1/_{10}$ mili ang. czyli 528 stóp, a ilość mułu, sprowadzanego przez rzekę w ciągu roku, na 3.702.758.400 stóp sześciennych, obliczył Karol Lyell wiek téj delty na lat 67000. Według innych danych rzeka unosić ma większą ilość wody, aniżeli dawniéj przyjmowano; zwrócono też uwagę, że pewna ilość mułu sunie po dnie rzeki, należy ją przeto dodać do materyału bujającego w wodzie,—z tego względu sądzi Lyell, że możnaby ten obszar zredukować do połowy, to jest do 33500 lat, w ogólności jednak liczby pierwszéj nie uważa za przesadzoną, a nawet w słynném swém dziele „O starożytności człowieka" zaokrągla ją do 100000 lat. Ponieważ nadto, pod Natchez, w górze doliny Mississipi, w pokładach dawniejszych aniżeli napływy delty, napotkano kości ludzkie, skłania się Lyell do wniosku, że człowiek w Ameryce północnéj żył już przed stu tysiącami lat, współcześnie z wygasłym mastodonem.

Obliczenia Karola Vogta sięgają daléj jeszcze; na podstawie otworu świdrowego, wywierconego pod Nowym Orleanem, przyjmuje on, że głębokość pokładów stanowiących deltę wynosi 600 stóp, stąd zaś wyprowadza, że tworzenie się téj delty obejmuje okres 126000 lat; a że i tu, w pewnéj głębokości, znaleziono czaszkę ludzką, ma ona świadczyć o istnieniu człowieka przed 51900 laty.

Błyskotliwym tym jednak liczbom przeciwstawić nam teraz wypada rachunki o wiele skromniejsze, przeprowadzone przez inżynierów Humphreya i Abbota, którzy w r. 1851—61 zajmowali się opracowywaniem planu ochrony wybrzeży od niszczących je zalewów. Badania ich wykazały przedewszystkiém tę ważną okoliczność, że pokłady napływowe w całéj delcie i w dolinie rzeki nie mają zgoła tak znacznéj głębokości, jaką im przypisywano poprzednio, wspierają się bowiem na warstwie gliny dawniejszego pochodzenia. Pod Nowym Orleanem napotkano w głębokości 41 stóp warstwę przepełnioną muszlami morskiemi, było to więc dno morskie, po którém rospostarł się muł rzeczny. W innych punktach delty natrafiono na te obce pokłady już w głębokości 20 stóp. Grubość zatém pokładów napływowych, oceniana poprzednio na $^1/_{10}$ mili ang., zredukowaną została do 20—40 stóp zaledwie.

Ocena ilości materyału sprowadzanego przez rzekę wymagała znacznéj staranności, w różnych bowiem odległościach od dna rzeki ilość ta dosyć jest różną. Z licznego szeregu dostrzeżeń wnioskują wspomnieni autorowie, że 1500 części wody na wagę unoszą 1 część mułu; ponieważ zaś ciężar właściwy tego mułu czyni 1,9, przeto na objętość przypada jedna jego część na 2900 części wody rzecznéj.

Ponieważ daléj, Mississipi unosi rocznie do morza 19500000000000 stóp sześc., na zasadzie przeto powyższego stosunku ocenić można ilość mułu bujającego w rzece, do czego wszakże dodać należy jeszcze i materyał tłoczący się po dnie i po bokach rzeki, a który, według oceny tychże autorów, wynosi około $^1/_9$ części ilości cząstek w rzece zawieszonych. Rezultat rachunku tego uczy, że wszystek materyał przez rzekę w ciągu roku doprowadzany utworzyłby potężny słup, mający za podstawę 1 kwadratową milę ang., a sięgający w górę na 250 stóp.

Aby przy pomocy tych danych obliczyć wiek delty, znać należy rozległość zajmowanéj przez nią przestrzeni, oraz grubość stanowiącego ją pokładu; obie te liczby podać wszakże można tylko z przybliżeniem. Humphrey i Abbot przyjmują rozległość 12300 mil ang., a średnią głębokość 50 stóp; ostatnia ta liczba większą jest od przytoczonych wyżéj rezultatów sondowań, a to ze względu na większą głębokość skrajnych okolic delty, gdzie się ona w morze wysuwa. Powyżéj obliczony słup roczny mułu, wznoszący się 250 stóp na podstawie jednéj mili kwadratowéj, utworzyłby powłokę grubości 50 stóp na przestrzeni pięciu mil kw., dla wypełnienia przeto całéj delty potrzeba było 12300 : 5 = 2460 lat.

Humphrey rachunek taki przeprowadził i na innéj jeszcze podstawie, opierając się mianowicie na widocznym przyroście delty, który przy różnych ujściach jest nieco odmienny, średnio jednak wynosi 262 stóp rocznie. Ślady dawnego wybrzeża morskiego pozwalają wnosić, że Mississipi pracę swą nad usypywaniem delty rozpoczęła pod Plaquemine, w oddaleniu 226 mil ang. od obecnego (1861) swego ujścia, taka zaś rozległość przy wzroście rocznym 262 stóp utworzyć się mogła wciągu 4400 lat.

Oba te obliczenia, jak to autorowie ich sami uznają, same przez się wartości nie mają żadnéj; prowadząc wszakże do kilku tysiącoleci tylko zamiast całéj setki tysięcy lat, niweczą tém samém i znaczenie tych liczb wielkich. Napływy zatém rzeczne są to chronometry zbyt niepewne, by z nich odczytywać można było czasy dziejów ziemi. Tem trudniéj nadaćby się mogły do tego osa-

dy morskie, które pod wpływem mnóstwa różnorodnych czynników z biegiem czasu ulegają znacznéj zmienności; wszelkie więc usiłowania, dążące do oznaczenia czasu z grubości pokładów geologicznych, uważać można za daremne.

XI.

Inna metoda dochodzenia długości najnowszych przynajmniéj okresów geologicznych posługuje się drogą niejako wręcz przeciwną: zamiast obliczać przeciąg czasu potrzebny do utworzenia pewnego pokładu, stara się ona oznaczyć szereg lat, konieczny do jego zniszczenia. Szczególniéj téż zwracano pod tym względem uwagę na działanie wodospadów.

Najwięcéj znany przykład przedstawia wodospad Niagary, a w szczególności stopniowe jego cofanie się z biegiem czasu. Rzeka Niagara sprowadza wody z jeziora Erie do jeziora Ontario, które przypada o 100 metrów niżéj w odległości 32 mil ang. Po opuszczeniu Erie Niagara płynie najpierw po wyżynie, z któréj następnie rzuca się z wysokości 54 metrów do głębokiego parowu o spadzistych ścianach: parów ten—mówią—rzeka sama sobie wyżłobiła. Wyspy i skały dzielą wodospad na dwie części. Część większa, mająca 339 *m* szerokości, położona od strony Kanady nosi nazwę podkowy, a to z powodu półkolowego zakrzywienia brzegu skały, z któréj spada; część druga, zwana amerykańską, posiada szerokość tylko 195 *m*. Ściana skalista, obok któréj woda się rzuca, składa się w górnéj swéj części z grubego pokładu (25 *m*) twardego wapienia syluryjskiego, pod którym spoczywają łatwo niszczące się warstwy marglu i gliny łupkowéj, a niżéj jeszcze piaskowiec, stanowiący dno parowu. Potężny rzut wody spłókuje margiel i glinę, podmywając pokład wapienia, który pozbawiony w ten sposób podparcia, załamuje się i opada bryłami w przepaść. Wodospady zatém cofają się wstecz ku jezioru Erie, a w dalekiéj przyszłości, gdy spód parowu dobiegnie dna jeziora, wspaniałe wodospady ulegną zupełnéj zagładzie.

Rzecz jasna, że objaw ten zachęca do obliczeń długości czasu; można się bowiem domyślać, że parów, którym rzeka płynie, w ten sam sposób wyryty został, jak i teraz wstecz się wydłuża, a ruch obecny daje miarę szybkości, z jaką postępowała i dawniéj cała ta robota.

Okolice Niagary niezbyt dawno zajęte zostały przez osadników; w końcu zeszłego stulecia w lesistych tych stronach polowali jeszcze indyanie na bawoły. Od osadnika, który 40 lat przeżył w pobliżu wodospadów, dowiedziano się, że w ciągu tego czasu przesunęły się one o 120—140 stóp, co czyni około trzech stóp rocznie; następnie jednak przyjął Lyell mniejszą szybkość tego cofania się, około jednéj stopy czyli $^1/_3$ metra. W takim razie potrzebowała Niagara 36000 lat, aby poniżéj wodospadów wyżłobić jar, długi na 9—10 kilometrów, a jeżeli cofanie to i nadal w równéj mierze postępować będzie, jar ten wydłuży się aż do jeziora Erie.

Kjerulf, który, jakeśmy już wyżéj widzieli, nie godzi się z obliczeniami prowadzącemi do liczb tak wielkich, nie ufa także i chronometrowi Niagary. Przytacza, że Niagara pracowała dawniéj w węższém korycie, gdy obecnie działalność jéj obejmuje większą przestrzeń, ściera bowiem szerszy daleko brzeg skały; znajduje nadto dowody, że w czasach, które nastąpiły po okresie lodowym, gdy topniała powłoka lodowa Ameryki, Niagara pędziła znaczniejsze ilości wody, cofanie wodospadów musiało prędzéj zachodzić, a wreszcie nastąpić też mogła i katastrofa nagła, spowodowana trzęsieniem ziemi, któréj śladu dopatrzeć się nawet można, następstwa zaś katastrofy takiéj w jednéj chwili dorównać mogły rezultatom pracy, dokonywanéj przez rzekę przez kilka tysiącoleci. W ogólności jednak geologowie, chociaż za ścisłością obliczeń tych nie obstają, widzą w tém dowód, jak olbrzymiego czasu dla ujawnienia swych działań wymagają erozye, których skutki należą do najnowszych okresów dziejów ziemi. A tam, gdzie działanie dokonywa się z natężeniem mniejszém, aniżeli przy potężnych wodospadach, rachunek podobny prowadzić musi do rezultatów bardziéj jeszcze uderzających. Okazują te w szczególności rachunki, przeprowadzone przez Heima nad erozyą w obszarze szwajcarskiéj rzeki Reuss. Od czasu uregulowania biegu téj rzeki w r. 1851, nie pozostawia już ona żadnych rumowisk w swéj dolinie, ale sprowadza je wszystkie do jeziora Czterech kantonów (Vierwaldstättersee), do którego uchodzi; staranne zaś badania, prowadzone od tego czasu, wykazały, że ilość materyału, jaką rzeka corocznie do ujścia swego znosi, obejmuje 150000 metrów sześc. Ponieważ daléj obszar, z którego rzeka wspomniana materyał ten zbiera, obejmuje 825 kilometrów kw., z każdego przeto kilometra kwadratowego porywa ona 182 metry sześc., co odpowiada spłókaniu 1 milimetra w ciągu $5^1/_2$ lat, albo jednego metra przez 5500 lat.—Ślady dawnych ograniczeń doliny są dotąd widoczne i pozwalają ocenić

obszar przez działanie wody wymulony, na podstawie zatém wyżéj osiągniętéj skali oblicza Heim wreszcie, że na dokonanie całéj téj roboty, na wyżłobienie doliny, potrzebowała rzeka 1151 tysiącoleci.

Rezultaty podobnych rachunków upoważniają oczywiście geologów do wniosku, że do wymulenia dolin drogą erozyi trzeba było czasów niezmiernie długich. A przecież dostrzegamy koło siebie rezultaty działań o wiele jeszcze potężniejszych, które tedy wedle wszelkiego prawdopodobieństwa dokonywać się téż musiały w ciągu czasu o wiele dłuższego. Wielkie wulkany nie wytworzyły się skutkiem pojedyńczego wybuchu, ale są wynikiem długiego szeregu następujących po sobie wybuchów. Jeżeli zaś dla zbudowania góry, jak Etna, trzeba było niezliczonych chyba wybuchów, cóż sądzić można o olbrzymich wulkanach hawajskich, wznoszących się od dna morskiego na 10,000 metrów w górę i utworzonych przeważnie z cienkich warstw zeszklonéj lawy, rozlanych jedne nad drugiemi. Pod działaniem wód i powietrza wulkany ulegają stopniowéj zagładzie, pozostawiając w swych szczątkach i ruinach wymownych świadków téj roboty niszczącéj, która zapewne ciągnąć się musiała dłużéj, aniżeli pierwotne narastanie wulkanu do olbrzymich wymiarów. Tak samo zresztą i całe pasma gór, według pojęć w geologii dzisiejszéj panujących, są następstwem powolnego marszczenia się, fałdowania skorupy ziemskiéj, i tak samo są na pożerającą je walkę z czynnikami zewnętrznemi wystawione: według Heima szczyty Alp centralnych wznosiły się dawniej o 1000 albo 2000 metrów może wyżéj aniżeli za czasów naszych, a cały ich ogrom dzisiejszy jest już połową tylko masy pierwotnie wzniesionéj. Jakżeż długo trwać musiało wytwarzanie się takich potężnych pasm górskich, jak długo ich niszczenie i ścieranie! A przecież wszystkie te objawy, o których tu mówimy, są dziełem najnowszego tylko okresu geologicznego, ostatniéj doby dziejów planety naszéj.

Na wszystkich tych chronometrach wszakże odczytać można tylko, że biegną one już od czasów niezmiernie dawnych: dokładnéj, albo choćby przybliżonéj ich tylko oceny podać nie mogą. Widzieliśmy, jak znaczne sprzeczności zachodzą przy odcyfrowywaniu jednego i tegoż samego zjawiska; niemniéj uderzający przykład podobnych różnic przedstawia inny jeszcze objaw, który również sławiono jako chronometr geologiczny, a mianowicie powolne wynoszenie się lądu skandynawskiego. Odkąd sławny Svedenborg złożył królowi szwedzkiemu powinszowanie, że panuje nad krajem,

który się kosztem morza powiększa, starano się wykryć skalę tego podnoszenia się lądu, ale gdy badacze jedni wnosili stąd, że ruch ten już od pół miliona lat zachodzi, widzą tu inni ślady działalności sięgającéj wstecz ledwie o dwa dziesiątki tysiącoleci.

XII.

Do powyższych, czysto geologicznych metod rachuby czasu w dziejach ziemi, przybyła jeszcze w ostatnich czasach metoda, którąby nazwać można astronomiczno-geologiczną; powołuje ona bowiem na pomoc wielkie okresy astronomiczne, na których znaczenie zwrócił uwagę szczególniéj Adhémar. Okresy te tyczą się zmienności mimośrodu drogi ziemskiéj, oraz obiegu punktu przysłonecznego i odsłonecznego.

W punkcie przysłonecznym swéj drogi, czyli poprostu najbliżéj słońca, znajduje się obecnie ziemia w tym czasie, gdy na półkuli północnéj panuje zima, a na południowéj lato; po téj zaś części swéj drogi, która przypada bliżéj słońca, ziemia bieży prędzéj, aniżeli po części od słońca bardziéj oddalonéj,—wypada ztąd, że półrocze zimowe dla półkuli północnéj trwa nieco krócéj, aniżeli letnie, gdy dla półkuli południowéj stosunek jest wręcz przeciwny. Korzystne to wszakże położenie półkuli północnéj nie jest niezmienne, punkt bowiem przysłoneczny przesuwa się po ekliptyce i na jéj obieżenie potrzebuje około 21000 lat; po upływie zatém połowy tego okresu, za lat 10500, półkula południowa doznawać będzie przyjaźniejszych warunków klimatycznych, a po dalszych 10500 latach korzyść ta przejdzie znów na rzecz półkuli północnéj.

Poglądy Adhémara rozwinęli głównie Croll i Schmick; pierwszy za następstwo tych okresów astronomicznych uważa przedewszystkiém peryodyczną zmianę temperatury na jednéj i drugiéj półkuli, drugi wiąże je z kolejném gromadzeniem się przeważnéj masy wód koło jednego lub drugiego bieguna, zaczém idą kolejne zmiany klimatu.

Ponieważ zmiany te zachodziły i w przeszłych czasach istnienia ziemi, rzecz naturalna, że skorzystano z nich, by wyjaśnić tą drogą owo zagadkowe zniżenie temperatury w pewnéj epoce istnienia ziemi, w tak zwanym okresie lodowym, znamionował się bowiem obfitém rosprzestrzenieniem lodów, czego dowody wykazała geologia. W takim razie jednak okres lodowy nie obejmował całéj naraz ziemi, ale przypadał naprzemian na półkuli północnéj lub

południowéj, a nadto objaw ten powtarzać się musiał za każdym obiegiem punktu przysłonecznego, mniej więcéj zatém co lat 21000. Okres lodowy nie jest przeto, według tych poglądów, zjawiskiem przypadkowém, jednokrotném, ale objawem peryodycznym, powtarzającym się statecznie w dziejach ziemi, a każda półkula przechodzić już musiała cały szereg takich okresów lodowych.

Są rzeczywiście pewne wskazówki, które uważać można za ślady okresów lodowych już w najdawniejszych formacyach skorupy ziemskiéj; śród różnych pokładów mianowicie występują niekiedy bryły im obce, przypominające niejako dzisiejsze głazy narzutowe, co do których przyjmuje się pospolicie, że przeniesione zostały przez lody. Dowody tego rodzaju nie mogą być oczywiście dosyć przekonywające, a peryodyczność okresów lodowych pozostaje wątpliwym jeszcze domysłem; pomimo to próbowano już zastosować przytoczone wyżéj okresy astronomiczne do celów chronologii ziemi, a najdaléj w tym kierunku posunęli się Blytt (1876) i Mayer-Eymar (1884).

Ten ostatni przyjmuje, że w tworzeniu się skorupy ziemskiéj rozróżnić należy piętra, odpowiadające okresom obiegu punktu przysłonecznego, obejmujące zatém po 21000 lat dziejów ziemi, a od początku epoki trzeciorzędowéj naliczył on takich pięter piętnaście. Wynika ztąd, że ciąg czasu, jaki od téj doby geologicznéj do czasów naszych upłynął, obejmuje około 315000 lat.

Blytt, opierając się na innych dostrzeżeniach i rozumowaniach, o wiele obficiéj szafuje podobnemi piętrami, a tém samém i latami. W pewnym profilu utworów trzeciorzędowych, odsłoniętym przy budowie kolei pod Méry-sur-Oise, dojrzał on szereg warstw, odpowiadający 47 obiegom punktu przysłonecznego; w systemacie zaś Mayera temuż samemu układowi warstw odpowiadają dwa tylko piętra, dwa obiegi punktu przysłonecznego; znaczy to innemi słowy, że jeden i tenże sam ustęp dziejów ziemi według jednego z tych badaczy trwać miał ledwie 42000, według drugiego milion z górą lat.

Różnica ta starczyć może zapewne za dowód, że i tego chronometru astronomiczno-geologicznego odczytać nauka dzisiejsza nie może, albo téż, że odwoływanie się do niego jest nieuzasadnione i niewłaściwe.

XIII.

Niepomyślne te próby odcyfrowania wieku ziemi nie przeszkadzają geologom rozpościerać dziejów naszéj planety na tle nieo-

kreślonego i dowolnie długiego przeciągu czasu; w ostatnich wszakże czasach nasunęła się wątpliwość, czy w spekulacyach tyczących się dziejów ziemi możemy tak dowolnie rozporządzać nieograniczonością czasu. Jeden z najznakomitszych mianowicie fizyków dzisiejszych, William Thomson, opierając się na argumentach porządku fizyczno-astronomicznego, kładzie poważne swe veto przeciw téj dowolności, wykazując, że od wytworzenia się skorupy ziemskiéj, a przynajmniéj od chwili, gdy stała się ona zdolną do przyjęcia istot żyjących, upłynęło nie więcéj nad dziesięć, lub co najwyżéj piętnaście milionów lat.

Fizyk angielski opiera swe wywody również na podstawie objawów, jakie nam dzisiejszy stan ziemi przedstawia; objawy jednak, jakie rozpatruje, nie są drobne i szczegółowe, ale przedstawiają charakter ogólny i powszechny za jeden bowiem argument służy mu ciepło wewnętrzne ziemi, za drugi zwolnienie obrotu dziennego ziemi pod działaniem przypływów morskich, a dalsze poparcie znajduje nawet w promieniowaniu słonecznem.—Zobaczmy, w jaki sposób każdy z tych różnych zgoła między sobą objawów do jednakiego wyniku prowadzi.

Pierwszy swój dowód czerpie Thomson z objawów ciepła wewnętrznego naszéj planety, o którém świadczy przyrost temperatury, jaki napotykamy w miarę zagłębiania się w ziemię [1]). Skoro zaś wnętrze ziemi posiada temperaturę wyższą, ciepło przepływać ztamtąd musi bezustannie ku zimniejszéj jéj powierzchni, zkąd rozchodzi się w przestrzeń światową; ziemia przeto i obecnie jeszcze traci ciepło w pewnym stosunku, który oznaczyć i obliczyć można. W takim razie, na podstawie znanych praw fizycznych, można też z teraźniejszego rozkładu temperatury wywnioskować, jak ciepło rozłożone było w ziemi przed stu tysiącami lub przed milionem lat, tak samo, jakbyśmy na podstawie obliczeń matematycznych przepowiedzieć mogli, jaki będzie rozkład ciepła w przyszłości. Przeprowadzone dotąd badania wskazują, że temperatura ku wnętrzu ziemi wzrasta przecięciowo o 1°F na każde 100 stóp ang., a na podstawie téj, drogą wyżéj wskazaną, doszedł Thomson, że przed dziesięciu mniéj więcéj milionami lat ziemia właśnie co skrzepła, albo też poczynała krzepnąć, i że następnie, po upływie niewielu stosunkowo tysięcy lat, zakrzepła powierzchnia ziemi tak dalece już zastygła, że w niektórych przynajmniéj miejscach była

[1]) Ob. „Zagadka wnętrza ziemi".

już przydatną na siedlisko istot żyjących, jakie obecnie znamy. Temperatura bowiem powierzchni, w pewnych przynajmniéj okolicach, nie przenosiła już tego stanu ciepła, jaki teraz zwierzęta i rośliny znoszą łatwo w stronach zwrotnikowych, przyrost zaś temperatury w głąb' ziemi mógł wtedy wynosić 1° na każde sześć lub dziesięć cali, coby nie przeszkadzało utrzymywaniu się życia roślin. W przeszłości odleglejszéj, jak uczy tenże sam rachunek, powierzchnia ziemi musiała być ciekłą i rozżarzoną do silnéj białości, zgoła nieprzydatną do utrzymywania życia jakichkolwiekbądź istot. Wynika z tego zatém, że najniższe nawet organizmy nie mogły się ukazać na ziemi przed dziesięciu lub co najwyżéj przed piętnastu milionami lat.

Drugi swój argument opiera Thomson na spostrzeżeniu, że obrót dzienny się zwalnia, co innemi słowy znaczy, że długość doby wzrasta. Zdumiewający i niespodziany dla nas ten objaw wyczytano w ruchach księżyca; przez zestawienie, mianowicie, dawnych jego zaćmień z obserwacyami nowszemi poznano, że ruch naszego satelity stopniowo się przyśpiesza, chociaż przyrost ten szybkości jest drobny, wynosi bowiem tylko 12 sekund na stulecie. Spostrzeżenie to wywołało długą dyskusyę astronomiczną i matematyczną, z któréj się wreszcie okazało, że na karb ruchu samego księżyca przypada część tylko tego przyśpieszenia, reszta jest następstwem zmniejszania szybkości obrotu ziemi. Skoro bowiem szybkość ta maleje wciągu wieków, czyli skoro wzrasta długość dnia, która stanowi jednostkę czasu, czas przez nas liczony ciągle opóźniać się musi; księżyc więc bieży pozornie coraz prędzéj, gdy w saméj rzeczy to ziemia coraz powolniéj wiruje. Zwalnianie szybkości obrotu ziemi jest zresztą bardzo nieznaczne, wynosi bowiem, wedle rachunków Adamsa, godzinę ledwie na 16000 lat, fakt ten jednak obecnie zaprzeczeniu już ulegać nie może.

Przyczyną tego powolnego zmniejszania się szybkości obrotu ziemi jest działanie przypływów morskich. Pod wpływem przyciągania księżyca i słońca woda oceanu wznosi się i rozlewa kolejno w różnych punktach globu, jakby przyciąganiem tém powstrzymywana, ziemia przeto ustawicznie wiruje wewnątrz téj masy ciekłéj; sprowadza to bezustanne tarcie, opór ciągły, który osłabia energię obrotu ziemi dokoła jéj osi. Dopóki więc przypływy i odpływy morza istnieć będą, szybkość obrotu ziemi ustawicznie zmniejszać się musi.

Wypływa ztąd tedy daléj, że w przeszłości ziemia wirować musiała prędzéj. Dajmy, że od czasu zakrzepnięcia powierzchni

ziemi upłynęło lat tysiąc milionów; w takim razie rachunek uczy, że planeta nasza wirować wtedy musiała co najmniéj dwa razy prędzéj aniżeli obecnie, czyli że doba trwała wówczas 12 tylko a nie 24 godzin. W takim jednak razie nastręcza się nam inna niemożebność. Wiadomo bowiem, że następstwem osiowego obrotu ziemi jest jéj podbiegunowe spłaszczenie; przy ruchu tedy dwa razy szybszym wzbudzałaby się na równiku siła odśrodkowa czterokrotnie większa, a ztąd i spłaszczenie ziemi musiałoby być o wiele znaczniejszém, aniżeli jest obecnie.

Skoro zaś ziemia tak słabe tylko posiada spłaszczenie, w czasie przeto, gdy powierzchnia jéj krzepła, wirować ona musiała z prędkością niewiele tylko większą niż obecnie; a że, daléj, szybkość obrotu ustawicznie maleje, epoka skrzepnięcia bryły ziemskiéj przypadać mogła stosunkowo niezbyt dawno; na podstawie zaś rachunku swego wykazuje Thomson, że mogło to mieć miejsce przed dziesięciu milionami lat niespełna.

Trzeci swój argument, jak powiedzieliśmy, czerpie Thomson z promieniowania słonecznego i z idącego za tém stygnięcia naszéj gwiazdy dziennéj; kładzie on wszakże na rzecz tę nacisk znacznie mniejszy, aniżeli na dwa dowody poprzedzające, nie wydaje się ona bowiem równie ścisłą. Słońce mianowicie, rozsyłając swe promienie, ulega stygnięciu; możnaby sądzić, że dawniéj, gdy było znacznie gorętszém, obdarzało ziemię ciepłem sowiciéj niż obecnie, ale téż jest prawdopodobne, że silniejszy wtedy żar słońca powodował wytwarzanie się z jego powierzchni znaczniejszych ilości par, które, wzbijając się w górę, oziębiały się i tworzyły potężne obłoki, pochłaniające znaczną ilość promieni. Z tego zatém powodu ilość promieni cieplikowych dobiegających niegdyś do ziemi może nie była większą, aniżeli obecnie, czyli, że ziemia po wszystkie czasy otrzymywała od słońca jednakową ilość ciepła; gdy bowiem było ono gorętszém a tém samém znaczniejsze ilości ciepła wysyłało, zarazem téż rozchodzeniu się dalszemu swych promieni silniejsze stawiało przeszkody; przyjąć więc można, że słońce zawsze jednostajnemu ulegało stygnięciu.

Przez wzajemne uderzenie się materyałów, z których wytworzyło się słońce, wzbudziła się zapewne niezmierna ilość ciepła; pomimo to jednak i w przypuszczeniu nawet, że stygnięcie słońca dokonywało się jednostajnie, rachunek prowadzi do wniosku, że słońce zaopatrywać mogło ziemię nie dawniéj, jak od piętnastu lub dwudziestu milionów lat choćby tą tylko ilością ciepła, jaką jéj obecnie nadsyła.

Ostatni ten dowód, jak powiedzieliśmy, uważa Thomson za słabszy od dwu pierwszych, popiera jednak wnioski, do których one powiodły dwiema, zgoła różnemi i niezależnemi między sobą drogami. Wszystko to razem prowadzi do twierdzenia, że ze względów fizycznych można co najwyżéj przyjąć około dziesięciu milionów lat na okres, w ciągu którego zaszły na powierzchni ziemi wszelkie zmiany, od czasu pojawienia się na niéj najniższych form organicznych.

Jakkolwiek wnioski swych badań wypowiada Thomson ze wszelką stanowczością, nie oddziałały one dotąd zgoła na poglądy geologów. Dzieje rozwoju ziemi podobnie jak i rozwoju istot na niéj żyjących obywają się dotąd bez chronologii czas jest w nich czynnikiem nieokreślonym, którego pod istotną uwagę dotąd nie biorą. Ale jak legendy odnoszące się do pierwotnego bytu człowieka wtedy dopiero w poważną historyą rodu ludzkiego przechodzą, gdy mogą się na chronologii oprzeć, tak samo i geologia zdobędzie może kiedyś środki, które jéj pozwolą dokładniéj mierzyć rozległe obszary jéj czasów.

XIV.

Jeżeli tyle szkopułów napotykamy przy rachubie czasów minionych, to trudności jeżą się więcéj jeszcze, gdy od przeszłości wzrok ku przyszłości odwrócimy, chcąc odgadnąć, jak długo jeszcze ziemską naszą bryłę darzyć będzie słońce dostatecznym zasobem ciepła i światła, by życie na niéj istnieć i utrzymywać się mogło. I tu jednak wydobyła nauka niejakie wskazówki, by na nich domysły swe oprzeć, a w kwestyi téj pójdziemy znowu za Thomsonem, który poglądy swe w téj kwestyi wypowiedział przed kilkunastu laty w odczycie publicznym.

Rozsyłając na wszystkie strony przestrzeni promienie ciepła swego, traci słońce bezustannie olbrzymie zasoby energii. Z przeprowadzonych niegdyś przez Pouilleta badań nad natężeniem promieniowania słonecznego oceniono, że ciepło przez słońce w ciągu każdéj sekundy wysyłane odpowiada pracy, wyrażającéj się przez niezmierną liczbę 476 sekstylionów (476 z 21 zerami) koni parowych, a proces ten trwa w tymże samym stosunku od kilku albo i wielu milionów lat. Jakże zdołamy proces ten wytłomaczyć?

Na podstawie przeprowadzonych dotąd badań naukowych wiemy w ogólności, że słońce składa się z masy ognisto-płynnéj, która ulegać musi stopniowemu oziębianiu, choćby może otrzymywała niekiedy drobny dopływ nowéj energii przez przypadkowo spadające meteory. W ogólności znaną jest teorya Helmholtza, mająca za sobą znaczny stopień ścisłości naukowéj i przy pomocy któréj objawy bytu słońca śledzić można aż do czasów przedhistorycznych. Teorya ta da się treściwie w następujący sposób przedstawić.

W pewnym czasie, który przypada w przeszłości już prawie niedościgłéj, wytworzyło się ciepło słoneczne przez skupienie części materyi, przyciągniętych ku sobie z przestrzeni światowéj pod wpływem działania siły ciężkości; części te materyi przez swe złączenie utworzyły masę dzisiejszego układu słonecznego. Żar potężny téj masy, jaki powstał przez wzajemne uderzenia tych części, zmniejszał się przez stopniowe oziębianie, a w skutek tego masa mogła się ściągać i objętość swą zmniejszać.

Teorya Helmholtza opiera się niezbędnie na przypuszczeniu, że masa słoneczna pozostaje dotąd w stanie płynnym, gdyż ciało stałe, choćby do najwyższéj jasności rozżarzone, musiałoby po krótkim czasie utracić żar swój na powierzchni i przybrać powłokę ciemną. Powierzchnia bowiem tego ciała stałego otrzymywaćby mogła ciepło z warstw głębszych jedynie przez przewodnictwo, a dopływ taki nie wynagradzałby ubytku, powodowanego stygnięciem powierzchni. Przy masie płynnéj, natomiast, substancya zewnętrznych warstw słońca, która ciepło wysyła, gęstniejąc przy stygnięciu, musi się cofać ku wnętrzu, podczas gdy gorętsza substancya płynna pędzona jest z wnętrza i wydostaje się na powierzchnię. Straszliwe to prądowanie, utrzymujące się bezustannie w olbrzymiéj, ognisto płynnéj masie słonecznéj, stanowi podstawę dzisiejszéj fizyki słońca, która się coraz więcéj rozwija przy pomocy badań spektralnych.

Aby powziąć dokładniejsze wyobrażenie o ilości ciepła, jaka bezustannie doprowadzana jest do powierzchni słońca i w przestrzeń wysyłana, należy wyżéj podaną olbrzymią liczbę 476×10^{21} koni parowych podzielić przez wielkość powierzchni słońca $6{,}1 \times 10^{18}$ metrów kwadratowych, a wypadający ztąd iloraz 78000 koni parowych daje nam wielkość promieniowania słonecznego w ciągu sekundy z każdego metra kwadratowego, wyrażoną w jednostkach mechanicznych.

Wyobraźmy sobie ośm machin parowych, każdą o sile 10000 koni, któreby nakładem wszystkiéj swéj pracy wprawiały w ruch

koło łopatkowe, umieszczone w cieczy zapełniającéj koryto o przecięciu jednego metra kwadratowego: metr kwadratowy cieczy, w tak niesłychany sposób wzburzonéj, wysyłałby też samą ilość ciepła, co każdy metr kwadratowy powierzchni słońca.

Natężenie to promieniowania słonecznego pozwala obliczyć, że idące za tém ściąganie się promienia słonecznego wynosi około 35 metrów rocznie, co w ciągu dwu tysięcy lat czyni dziesięciotysięczną część jego długości. Jeżeli więc promieniowanie słońca jest obecnie takiém samém, jakiém było przed 20000 lat, to promień słoneczny musiał być podówczas o jednę odsetkę większy.

Jeżeli zaś działalność słoneczna w takiém samém, jak obecnie, natężeniu promieniowania utrzymywać się ma jeszcze przez dwadzieścia milionów lat, to promień słoneczny zmniejszyłby się przeszło o połowę. Dodać wszakże należy, że w takim razie gęstość słońca byłaby wtedy jedenaście razy większą od gęstości wody, czyli wyrównałaby gęstości ołowiu, nie mogłoby przeto już zachodzić prawidłowe zagęszczenie, jak to ma miejsce co do gazów. Należy więc przyjąć, że w przyszłości ilość ciepła wysyłanego przez słońce zmniejszy się nader znacznie, zwłaszcza przy zmniejszeniu powierzchni promieniującéj.

Wskazana tu ocena promieniowania słonecznego polega, jak powiedzieliśmy, na dawniejszych obserwacyach Pouilleta. Dokładniejsze pomiary natężenia tego promieniowania przeprowadził niedawno Langley na górze Whitney w Kalifornii, w wysokości około 15000 stóp ang. nad poziomem morza. Na podstawie tych obliczeń przyjąć należy, że ciepło wysyłane w ciągu sekundy przez jeden metr kwadratowy powierzchni słońca wyraża się przez 133000 koni parowych, zamiast podanéj wyżéj liczby 78000, co znaczy powiększenie w stosunku 1 : 1,7. Skoro zaś słońce przez promieniowanie traci więcéj ciepła, aniżeli w powyższych obliczeniach przyjmowano, przeto też i otrzymane z rachunków tych długości czasów skrócić należy w stosunku 1 : 1,7. Zamiast więc obliczonych wyżéj dwudziestu milionów lat, wypada, że promieniowanie słońca, niezbędne do utrzymania życia na ziemi, trwać może jeszcze przez dwanaście milionów lat tylko. Uwzględniając zaś inne jeszcze okoliczności, a zwłaszcza to, że wnętrze słońca posiadać może gęstość większą, i że promieniowanie w czasach ubiegłych odbywać się mogło z żywością odmienną, przypisuje Thomson słońcu nie więcéj nad jakie dwadzieścia milionów lat działalności w czasach ubiegłych i pięć do sześciu milionów lat w przyszłości.

Cokolwiekbyśmy o ścisłości obliczeń tych mniemali, nie może to uwłaczać bynajmniéj saméj ich zasadzie. Zanim zaś, w miarę oziębiania słońca, zamrze przyroda ziemska, o wiele wcześniéj zapewne ród ludzki znajdzie kres bytu swego; a wtedy téż dopiero uleczą się choroby jego i rany ukoją, bo jeżeli według zasady Hippokratesa „*quod medicamenta non sanant, ferrum sanat, et quod ferrum non sanat, ignis sanat*, to zapewne nad medykamenty wszelkie nad żelazo i nad ogień, czas najdzielniejszym jest lekarzem.

ZAGADKA WNĘTRZA ZIEMI.

Mozolna praca człowieka nad odsłonięciem tajników przyrody stawia nam przed oczy i urzeczywistnia legendową walkę tytanów z synami Saturna. Walkę tę zuchwały ród Japeta zwycięzko prowadzi: wydarł już Jowiszowi niebo jego błękitne, a Neptunowi niezmierzone i niezgłębione morze. Niebo rozbił i w nicość rozwiał, a złote gwiazdy rozrzucił w przestrzeń, zmierzył ich odległość, odcyfrował skład ich i budowę; morze przepłynął i z najgłębszych toni wydobył twory tajemne, dziwaczniejsze nad fantastyczny orszak Neptuna. I tylko Pluton, ponury bóg podziemi, urąga wszelkim zamachom, zawistnie broni dostępu do swego dziedzictwa i strzeże go od oczu ciekawych. Aż do nieskończoności rozejrzał człowiek przestrzeń ponad sobą, a tuż pod nim, w najbliższém jego sąsiedztwie, istnieje świat tajemny, na całą wieczność dlań niedostępny. Otwartym bojem nie zdoła on pokonać zagadki wnętrza ziemi, ale wezwał do pomocy matematykę i geodezyę, astronomię i fizykę, chemię i geologię, by na téj podstawie oprzéć gmach hypotetycznych domysłów. Gmach to wprawdzie wątły, ale tak położony fundament jego dosyć jest bezpieczny, by zachęcił do rozejrzenia szczegółów wzniesionéj dotąd budowy.

I.

Skoro do wnętrza ziemi sięgnąć mamy, uprzytomnić sobie przedewszystkiém należy odległość, jaka nas od środkowego jéj punktu dzieli. Gdy bezpośrednie wysondowanie téj odległości

jest rzeczą niemożliwą, daje się ona obliczyć ze znanéj długości południka ziemskiego, jako koła wielkiego opasującego naszą planetę. Sprawa pomiarów ziemi, rozpoczęta przez Eratostenesa w Aleksandryi na 200 lat przed nar. Chr., a dotąd bynajmniéj nieakończona, łączy się w pewnym punkcie, jak to zobaczymy, i z kwestyą, która nas teraz zajmuje; odbieglibyśmy jednak od naszéj rzeczy zadaleko, gdybyśmy o tę kwestyą potrącać chcieli (1), przytoczymy więc tylko, że od bieguna środek ziemi oddalony jest prawie na 856½ mil geogr. Nie ze wszystkich jednak punktów powierzchni ziemi do jéj środka równie jest daleko,— ktoby tam zapragnął dotrzeć nie od bieguna, lecz od któregokolwiek punktu równika, musiałby przejść 859½ mil geogr., zatém o 3 mile więcéj. Te trzy mile stanowią to, co podbiegunowém spłaszczeniem ziemi nazywamy. Łatwo wszakże widzieć, że sama ta długość trzech mil nie może stanowić miary spłaszczenia ziemi, ani nawet o wielkości jego pojęcia nam nie daje. Jestto bowiem wielkość względna; gdyby ziemia była mniejsza, różnica trzech mil między promieniem równikowym a biegunowym miałaby znaczenie donioślejsze; gdyby wzrosła do wymiarów znacznie większych, trzy te mile stałyby się drobnostką podrzędną. Stosunek tylko powyższéj różnicy do istotnéj wielkości ziemi, a raczéj do jéj promienia, wyrazić nam może wielkość spłaszczenia ziemi. Według tego wynosi ono zatém $\frac{3}{860}$, t. j. nieco więcej nad $\frac{1}{300}$; znaczy to, mówiąc językiem jak najzwyklejszym, że od bieguna do środka ziemi jest o $\frac{1}{300}$ bliżéj aniżeli od równika.

Ułamek ten wszakże, jak to już z liczb wyżéj podanych wypływa, daje tylko przybliżoną wielkość spłaszczenia ziemi. Łatwo dziś wprawdzie powtarzać, że ziemia ma postać kuli pod biegunami spłaszczonéj, trzeba jednak było geniuszu aż takiego Newtona, by wnieść z pewnych objawów, że odstępuje ona od prawidłowéj formy kuli. A i dotąd jeszcze, pomimo niezmordowanych i długoletnich wysileń spłaszczenia tego z zupełną dokładnością oznaczyć nie zdołano, jakkolwiek nie poprzestano na bezpośrednich geometrycznych pomiarach ziemi, ale poradzono się i wahadła, które pod biegunem, już dla bliższego sąsiedztwa ze środkiem ziemi, kołysze się nieco prędzéj aniżeli na równiku. Odczytano nawet wpływ spłaszczenia ziemi i w pewnych nieprawidłowo-

(1) Metodę, historyą i stan obecny pomiarów ziemi opowiedział autor broszurze „O postaci i ciężarze ziemi" (Warsz. 1885).

ściach w obiegu księżyca, który w ruchu swoim pod bezpośrednim wpływem planety naszéj zostaje. Trudności, z jakiemi zadanie to walczyć musi, pozwalają dziś z dostateczną pewnością tyle tylko powiedzieć, że spłaszczenie to nie jest większe nad $_{289}^{1}$ ani też mniejsze nad $_{294}^{1}$. Pytanie zaś o naturze wnętrza ziemi łączy się ściśle z wielkością jéj spłaszczenia.

Podane wyżéj wymiary promienia ziemskiego już same wystarczają, by wykazać niemożebność bezpośredniego dotarcia daleko w głąb ziemi: dosyć powiedzieć, że największa głębokość, do jakiéj człowiek dotąd przeniknął, czy to w kopalniach, czy za pośrednictwem otworów świdrowych, czy wreszcie przy wywiercaniu studzien artezyjskich, nie przenosi 1300 metrów, a zatem pięciotysięczną ledwie część promienia ziemskiego. Kto zeskrobał ostrożnie cieniutką powłokę dyni lub pomarańczy, albož wie cokolwiek o budowie tych owoców, o układzie tych nasion? Taki to nieznaczny naskórek ziemi odsłonięto dotąd ledwie tu i owdzie. A jednak, kto zwiedził choćby Wieliczkę tylko, już zrozumie łatwo ogrom pracy, jaki długie pokolenia łożyć musiały na przekopanie tych jam podziemnych, olbrzymich względnie do sił naszych, a mikroskopowo drobnych odnośnie do objętości całéj bryły ziemskiéj.

A nawet, pomimo całego rozwoju dzisiejszéj techniki, nie jest prawdopodobném, by granice te człowiek mógł kiedykolwiek znacznie przekroczyć; coraz wzrastające ciśnienie, trudności dostarczania powietrza i tym podobne względy stawiają nieprzebytą tamę dalszemu posuwaniu się górnictwa do głębszych pokładów.

Niedawno obiegał pisma pomysł pewnego amerykanina, by wszystkie mocarstwa połączyły swe siły i nakłady na przekopanie szybu w głąb ziemi, któryby wreszcie do jéj środka sięgnął. Wartość takiego projektu łatwo ocenić, choć pomysłowy amerykanin miał na zawołanie i siłę dostateczną, pragnął bowiem, by na ten cel wszystkie państwa zaofiarowały swe wojska. Chciał on może tylko wszystkie armie w głąb ziemi zakopać.

Bo chociażby mógł kto roić, że przeszkody, o jakich wspomnieliśmy, zdoła przezwyciężyć przyszły rozwój naszych środków technicznych, to zawsze nieprzebytą zaporę stawiać będzie wysoka temperatura, już w niezbyt stosunkowo znacznéj głębokości panująca.

II.

Wiadomo powszechnie, że wpływ promieni słońca, którym powierzchnia ziemi i otaczająca ją atmosfera wyłącznie ciepło swe zawdzięczają, w głąb' ziemi daleko nie sięga. Termometry zapuszczane w ziemię okazują w głębokościach coraz znaczniejszych coraz słabszy ruch roczny. Z licznych w téj kwestyi badań szczególniéj wymowne są rezultaty otrzymane przez Forbesa w Anglii, który w trzech miejscowościach, różniących się naturą gruntu, osadził termometry w głębokości trzech, sześciu, dwunastu i dwudziestu czterech stóp angielskich; przebieg roczny temperatury, pomimo rozmaitości gruntu, okazał się wszędzie dosyć zgodnym, — w głębokości trzech stóp różnica między najwyższym a najniższym stanem termometru w ciągu roku wynosiła 8°C. w głębokości sześciu stóp 5,5°, w głębokości dwunastu stóp niespełna 3°, a wreszcie w głębokości 24 stóp termometr przez rok cały okazał przeskok ledwie o 0,8°.

W ogólności, już na kilka stóp pod powierzchnią ziemi ustaje różnica między temperaturą dnia i nocy, a w odległości nieco znaczniejszéj, kilkudziesięciu mniéj więcéj stóp, termometr nie okazuje już żadnéj zmiany nawet w ciągu roku całego. Czy to powierzchnia ziemi rozgrzewa się działaniem promieni letnich, czy to ścina ją mróz zimowy, w głębokich piwnicach temperatura panuje stale jednaka, bez względu na uderzające przeobrażenia, jakie następstwo różnych pór roku na powierzchni ziemi powoduje; promienie słoneczne, pochwycone i pochłonięte przez wierzchnie pokłady ziemi, nie dochodzą już do téj „warstwy obojętnéj", któréj stateczna zawsze temperatura odpowiada mniéj więcéj średniéj temperaturze położonéj nad nią miejscowości.

Istnienie téj warstwy obojętnéj zdradził termometr umieszczony w piwnicy obserwatoryum paryskiego, w głębokości 28 metrów, który od stu lat z górą okazuje niezmienną temperaturę 11,83°; trudniéj jednak powiedzieć, w jakiém mianowicie oddaleniu od powierzchni warstwa obojętna przypada. Niewątpliwie, w różnych stronach ziemi mieści się ona w rozmaitéj głębokości; tam, gdzie w ciągu roku temperatura ulega słabszym kołysaniom, gdzie obszerność roczna jéj zmian jest mniejsza, czyli, innemi słowy, gdzie odskok między temperaturą lata i zimy jest niewielki, wpływ promieniowania słonecznego ustaje także w niewielkiéj głębokości; tam zaś, gdzie kołysanie roczne temperatury okazuje obszerność znaczną, chwiejność jéj ujawnia się w głębszych zna-

cznie warstwach skorupy ziemskiéj. Wypływa już stąd, że w stronach równikowych warstwa obojętna znajduje się daleko bliżéj powierzchni, aniżeli w strefach biegunowych. Według Boussingaulta, w okolicach zwrotnikowych Ameryki południowéj już w głębokości połowy metra ustają wszelkie zmiany temperatury; według późniejszych wszakże dostrzeżeń i w tamtych nawet krajach zstępować trzeba o 5 metrów, aby osiągnąć warstwę obojętną. Znaczna różnica obu powyższych danych wskazuje już, jak niepewne są jeszcze wiadomości nasze o przebiegu pod powierzchnią ziemi téj warstwy obojętnéj. W każdym razie obniża się ona coraz więcéj, w miarę, jak zbliżamy się ku biegunom, a tam, gdzie temperatura średnia opada niżéj zera, wierzchnie pokłady są do znacznéj głębokości zlodowaciałe. Świadczy o tém wymownie słynny szyb Szergina, wybity w Jakucku w Syberyi. Robotę rozpoczęto w r. 1828, a w r. 1837 doprowadzono ją do głębokości 116½ metrów, nie dosięgnięto jednak jeszcze granicy zlodowaciałego gruntu, a temperatura wynosiła tam—0,6°C. W roku 1844 temperaturę téj studni badał dokładnie Middendorff z polecenia akademii petersburskiéj i przekonał się, że średnia temperatura roczna Jakucka—10,15°C występuje już w głębokości 6 metrów, odtąd zaś temperatura wzrasta statecznie, ale jeszcze na dnie studni wynosi—3°. Z rachunków, opartych na podstawie swych dostrzeżeń, wywnioskował Middendorff, że kres przemarzłego gruntu przypadać może dopiero w głębi 186 do 196 metrów; prawdopodobnie jednak jest to liczba zbyt wielka, inna bowiem studnia w tamtych stronach wykopana dotarła do wody w głębokości 126 metrów.

Zmiany temperatury, na powierzchni ziemi zachodzące, w głąb' jéj nietylko słabiéj, ale i późniéj przenikają. W przytoczonych wyżéj obserwacyach Forbesa w gruncie ze skały porfirowéj utworzonym najniższa temperatura w głębokości 3 stóp zachodziła nie w styczniu, ale w połowie lutego; w głębokości 6 stóp termometr zeszedł najniżéj w połowie marca, w głębokości 12 stóp około 20 kwietnia, a wreszcie termometr najdaléj zapuszczony, do 24 stóp, przeszedł przez stan swój najniższy dopiero w połowie lipca. Potrzeba było zatém aż półrocza, aby w gruncie tym chłód zimowy przeniknął warstwę 24 stóp ang. Tak samo bracia Aubel nad morzem Białém w początkach sierpnia 1873 r., w czasie dnia gorącego, w głębokości jednego metra pod gruntem pokrytym roślinnością napotkali warstwę lodową. Opie-

szałość ta ruchu ciepła tłomaczy się słabém przewodnictwem materyałów tworzących skorupę ziemską.

To jednak, co tuż pod powierzchnią ziemi zachodzi, jest raczéj jeszcze rzeczą meteorologii i nie waży zgoła w kwestyi, która nas teraz zajmuje; idzie nam raczéj o to, co się dzieje po za ową warstwą obojętną.

Już słynny jezuita Atanazy Kircher, autor osobliwych dzieł naukowych z wieku siedemnastego, dowiedział się od górników freiberskich, że przy schodzeniu w głąb kopalni napotykamy gorąco coraz wyższe. Donoszą o tém i inni owocześni pisarze, a wkrótce potwierdzono należycie, że poczynając od warstwy obojętnéj, temperatura ku dołowi wzrasta. Dziś rzecz ta należy do najwięcéj rozpowszechnionych wiadomości naukowych, ale naprawdę po nad to ogólnikowe uzasadnienie samego faktu wiele więcéj o nim nie wiemy; niepodobna zwłaszcza określić dokładnie, w jakim stosunku, albo raczéj według jakiego prawa wzrost ten zachodzi.

Przenoszenie termometrów do kopalń, zapuszczanie ich w otwory świdrami ziemnemi wiercone, albo rozmieszczanie ich w tunelach, nie powinnoby przedstawiać znacznych kłopotów, ale działają tu różne okoliczności wikłające. Przedewszystkiém nasuwa się tu pod uwagę samo ukształtowanie czyli pochylenie powierzchni ziemi. Gdy bowiem przebijamy w ziemi otwór pionowy, to w ogólności nie posuwamy się w kierunku do powierzchni ziemi prostopadłym, w jakim przecież oddalanie się od niéj mierzyć należy; wzgląd ten okazał się zwłaszcza widocznym przy oznaczaniu temperatur w długich tunelach, które dla potrzeb dróg żelaznych pod wysokiemi górami przekopano. Przy porównywaniu daléj termometrów w różnych głębokościach potrzeba zważać, by termometry te przypadały na jednéj linii pionowéj, a z tego względu korzystnie się zalecają szczególnie obserwacye w otworach świdrowych.

Przy badaniach dawniejszych poprzestawano w ogólności na umieszczaniu termometru w powietrzu; temperatura jednak powietrza wypełniającego kopalnię dosyć znacznie odstępować może od temperatury jéj ścian, o którą przecież głównie tu idzie. Z tego względu nie można téż posługiwać się i wodami, które się w kopalniach napotykają, jakkolwiek na pozór dane tą drogą otrzymywane wydawać się mogą wiarogodne,—nie wiadomo bowiem, z jakiéj zbiegają one wysokości i przez jakie kanały podziemne przepływają, zanim na jaw występują. Tak np. w tunelu góry Cenis,

w odległości 500 metrów od bramy południowéj, temperatura powietrza wynosi 10,5°, gdy skała posiada temperaturę 14,2°; starać się tedy należy o wprowadzanie termometrów w otwory wybijane w samych skałach. Ponieważ nie pomijano żadnéj okoliczności przyjaznéj, któraby nam dostęp do dalszych warstw ziemi otwierała, starano się też korzystać i z wyświdrowanych studzien artezyjskich, sprowadzających nam wodę z dość znacznych głębokości; rezultaty jednak tych dostrzeżeń nie mogą dawać wskazówek zupełnie pewnych. Woda bowiem gorąca, gdy się wzbija w górę, oziębia się, a tém samém staje się cięższą, po części zatém opada znów ku dołowi i mięsza się niżéj z wodą wytryskującą; wskutek tego rozwija się pewien proces obiegu czyli cyrkulacyi wody, który nie pozostaje bez wpływu na temperaturę wody wypływającéj.

Aby rezultaty obserwacyj takich ująć w sposób wyraźny i jasny, najlepiéj jest oznaczać odległość, o jaką w głąb' ziemi wstąpić trzeba, aby temperatura wzrosła o jeden stopień Celsiusa. Odległość tę nazwano stopniem albo lepiéj gradientem geotermicznym. Na nieszczęście jednak dane otrzymane w rozmaitych miejscach okazują tak znaczne między sobą odstępstwa, że niepodobna wydobyć z nich pewnéj liczby oznaczonéj, któraby mogła dać choćby przybliżone pojęcie o ogólném wzmaganiu się temperatury głębszych warstw ziemi; zadowolić się musimy tedy tylko przytoczeniem niektórych z osiągniętych rezultatów.

Z dawniejszych nieco prac zalecają się dokładnością badania Reicha w kopalniach saskich; z wielu szczegółowych oznaczeń, które się silnie między sobą różnią, wypływa, że średnia wartość stopnia geotermicznego wynosi tam około 40 metrów, aby zatém dostrzedz podwyżkę 1° C trzeba tam schodzić o 40 metrów.

W kopalniach znów pruskich stopień geotermiczny wynosi średnio 54,25 m., ale waha się on w rozległych bardzo granicach, bo między 15,5 a 115,5 m. W kopalniach angielskich i amerykańskich stopień taki wynosi 53 m., przy chwiejności od 19 do 86 m Według nowszych badań w Wielkiej-Brytanii, dokonywanych staraniem przyrodniczego „Stowarzyszenia brytańskiego", w kilku kopalniach stopień ten wynosi 26,6 m., 34,1 m. i 42,1 metrów. Na Uralu wykazano 24,8, w studniach artezyjskich w Wiedniu, Rochelle i Epinay 25,4 m., 24,6 m. i 22,9 m. Ze starannych obserwacyj w tunelach gór Cenis i Św. Gotarda na stopień geotermiczny wypada 35 m.

Tę też ostatnią liczbę podaje się zwykle jako średnią wartość stopnia geotermicznego, chociaż, jak widzimy, wielkiego znaczenia

do niéj przywiązać nie można i przyznać należy, że nie znamy zgoła prawa, według którego wzrost ciepła w ziemi zachodzi. Tak znaczną zresztą rozmaitość, jaka się okazuje z różnych obserwacyj, rzucać trzeba na karb rozmaitych wpływów lokalnych. Ujawnia się tu zapewne różna zdolność przewodnictwa cieplikowego skał rozmaitych, co dostrzedz już można nawet w położeniu warstwy obojętnéj. Tak naprzykład w kilku kopalniach w Kornwalii napotkano śród lepiéj przewodzących pokładów miedzi temperaturę wyższą, aniżeli w kopalniach cyny. Pewien wpływ przypada daléj i ciśnieniu, jakiém ugniatane są badane pokłady; gdzieindziéj na podwyższanie lub obniżanie temperatury kopalni oddziaływać może przepływająca w jéj pobliżu cieplejsza lub zimniejsza woda. Lokalne wzmożenie się ciepła w innych znów kopalniach może być następstwem pewnych działań chemicznych, dokonywających się w sąsiedztwie w łonie ziemi. Wogólności też obserwacye prowadzone w kopalniach węgla wykazały tam stopnie geotermiczne mniejsze, aniżeli w kopalniach metali. Tłomaczy się to tém, że w formacyach węglowych zachodzi często zmiana rożnych skał — łupków, piaskowców i gniazd węglowych; wszystkie te pokłady posiadają przewodnictwo słabe, a przy przejściu z jednego środka do innego ciepło nowy jeszcze opór znajduje; ciepło zatém przenikające z wnętrza ziemi będzie tu okazywało gęstsze stopniowanie, aniżeli w pokładach jednostajnych, lepiéj je przeprowadzających.

Dla uzmysłowienia rozkładu ciepła wewnątrz ziemi możnaby użyć metody podobnéj do téj, jaką się posługuje klimatologia dla wskazania rozkładu ciepła na powierzchni ziemi, przez kreślenie na kartach dobrze znanych linij izotermicznych, t. j. linij łączących miejsca, które posiadają jednakową temperaturę średnią. Tak samo możnaby wyobrazić sobie, że poprowadzono powierzchnie przez wszystkie punkty, które w głębi ziemi jednakową wykazują temperaturę; powierzchnie takie jednakowego ciepła wewnątrz ziemi nazwano izogeotermami albo chtonizotermami, — ale na nieszczęście, jak to łatwo wnieść można z niedostatecznej znajomości naszéj tych stosunków, posiadamy raczéj nazwę tylko, aniżeli rzecz samą. Jakkolwiek jednak nie znamy choćby z niejaką dokładnością przebiegu owych powierzchni chtonizotermicznych, tyle przynajmniej powiedzieć o nich można, że biegną za załamaniami gruntu, czyli, innemi słowy, rozciągają się one mniéj więcéj równolegle do powierzchni ziemi, wraz z jéj wygięciami podnoszą się i obniżają, lubo i pod tym względem ude-

rzające zachodzą odstępstwa. Krzywe te powierzchnie jednakowéj temperatury ziemi okazują wogóle słabsze wygięcia, aniżeli profil ziemi, pod znacznemi mianowicie wyniosłościami podnoszą się stosunkowo słabo tylko. Dokładne badania Stapffa w tunelu Ś. Gotarda wydały nawet rezultat niespodziany, że mianowicie właśnie pod najwyżéj wzbijającemi się szczytami chtonizotermy nie wznoszą się tu w górę, ale owszem obniżają się nieco, czyli innemi słowy pod szczytami górskiemi stopień geotermiczny posiada większą wartość: należy zagłębić się w ziemię daléj, aby dostrzedz wzrost temperatury o 1°; tak np. u północnego wejścia do tego tunelu stopień ten wynosi tylko 20,5 metrów, a pod szczytem Cima Boita-Misura przenosi 62 metry.

Bardziéj jeszcze uderzające rezultaty okazały się w tunelu Mont-Cenis, gdzie pod najwyżéj sięgającemi zakrzywieniami powierzchni ziemi stopień geotermiczny dochodzi aż 300 metrów. W odległości mianowicie 5000 m. od bramy południowéj tunelu temperatura skały wynosi 27,5°, w odległości zaś 6450 m. 29,5°; piérwszy z tych punktów przypada w odległości 910 m., drugi w głębokości 1609 m. pod powierzchnią ziemi, — jakkolwiek zatém zakrzywienie profilu ziemi na téj odległości czyni blisko 700 m, temperatura różni się tylko o 2°. Objaw ten przypisać zapewne należy oziębiającemu wpływowi gór sięgających po za granicę śnieżną, a tém samém pokrytych wiecznemi lodami; aby dostrzedz podniesienie się temperatury podziemnéj, trzeba tu zstępować znacznie niżéj, aniżeli pod innemi miejscami powierzchni ziemi, które w normalnych warunkach pozostają.

Z tego zapewne powodu temperatura tunelów nie jest tak wysoka, jakby to odpowiadało znacznéj głębokości, w jakiéj one przypadają, w każdym jednak razie pod górami bardzo wysokiemi panowałoby już ciepło stosunkowo dosyć wysokie; według oceny przybliżonéj wnieść można, że w środkowéj części tunelu projektowanego pod górą Montblanc temperatura byłaby nieco wyższą nad 50°. Jakkolwiek zaś białko mętnieje czyli zaczyna się ścinać dopiéro przy 60°, a ludzie w spokoju znosić mogą bardzo wysokie gorąco, gdy przy tém powietrze jest suche, to wszakże praca robotników w takim tunelu, gdzie nadto powietrze przejęte jest parą, byłaby już przy 40° zmudną i niebezpieczną. Wzgląd ten nie pozwala dobrze tuszyć o projektach tunelów w Szwajcaryi zachodniéj.

To tylko zaprzeczeniu ulegać nie może, że tuż pod samą powierzchnią ziemi chtonizotermy okazują wykrzywienia słabsze,

aniżeli jéj profil, a ztąd wnosić wolno, że w głębokościach znaczniejszych wpływ powierzchni ziemi coraz staje się słabszy, a daléj jeszcze ku środkowi ziemi rozkład wewnętrznego jéj ciepła jest już prawidłowy i nie ulega zakłóceniu wpływów zewnętrznych. Tak daleko wszakże bezpośrednie dochodzenia nasze nie sięgają, bo, jak przytoczyliśmy już wyżéj, największa głębokość, do jakiéj człowiek wedrzeć się zdołał, wynosi około 1300 m. zaledwie, Najgłębsze studnie artezyjskie (Grenelle pod Paryżem, St. Louis) nie dochodzą 600 metrów; co do kopalń, to za najbardziéj pogłębione uważają się słynne kopalnie Kutnéj Hory w Czechach, schodzące obecnie do 1152 m. Nieco głębsze są otwory świdrowe; słynny otwór w Sperenberg w Marchii Brandeburskiéj sięga do 1272 m., głębszym jest jednak otwór wywiercony pod Lieth w Holsztynie do 1339 metrów. Względem załomów górskich niżéj jeszcze, jak widzieliśmy, przypadają tunele, ale tu téż warunki zewnętrzne najsilniéj wiklający swój wpływ ujawniają.

III.

O tém więc, co daléj wewnątrz naszéj ziemi się dzieje, możemy jedynie wnioskować na podstawie tego ubogiego żniwa, które zdołano zebrać w cieniutkiéj warstwie, badaniom naszym dostępnéj. Skoro zaś tu wszędzie napotykamy stateczny wzrost temperatury, nie trudno się zgodzić, że i głębiéj, przy dalszém posuwaniu się ku środkowi ziemi, ciepło jéj również się wzmaga i dochodzi wreszcie do wysokości bardzo znacznéj, dla któréj oceny wszakże brak nam jakkolwiek wiarogodnych wskazówek. Olbrzymi ten żar wnętrza ziemi nie opiera się zresztą pojęciom, które zkądinąd spekulacye naukowe rozpowszechniły i utrwaliły; kosmogonia bowiem dzisiejsza tworzenie się i rozwój ziemi tłomaczy w podobny sposób, jak i wszelkich innych brył światowych, w przestrzeni rozrzuconych, przez skupianie pierwotnéj materyi kosmicznéj, która stanowiła może mgławicę podobną do utworów, jakie w dalekich stronach nieba i obecnie teleskop obficie nam wykazuje. Pod nazwą Laplace'owéj teoryi tworzenia się światów hypoteza ta znaną jest wszystkim, a nowsze postępy nauki i wzmożone środki badań, chociaż namnożyły nieco trudności, jakie są jeszcze do pokonania, w ogólności wszakże przyczyniły się raczéj do jéj poparcia, aniżeli jéj ujmę istotną przyniosły.

Ciepło, wytworzone wskutek zagęszczania się mgławicy, z któréj się nasz układ słoneczny wyłonił, dotąd obficie nagromadzone jest w słońcu; podobnémże, lubo drobném słońcem płomiennem była i ziemia nasza, ale z powodu nieznacznych swoich wymiarów zastygła i dawno już na powierzchni zakrzepła, gdy tysiąckrotnie z górą od niéj większy Jowisz, jak się zdaje z pewnych dostrzeganych na nim objawów, przedstawia jeszcze ślady pierwotnego swego żaru, a olbrzymie słońce przez pierwsze dopiéro fazy tego procesu stygnięcia przechodzi. Twarda skorupa, utworzona z materyałów słabo tylko przeprowadzających ciepło, która ziemię ze wszech stron ujęła, chroni od dalszego ziębnięcia wewnętrzne jéj masy; żar zatém, który się dotąd w głębi ziemi kryje, a o którym nam opowiada wzmaganie się temperatury w kopalniach, jest ochronioną pozostałością tego ciepła pierwotnego, związanego z dziejami samegoż tworzenia się ziemi naszéj, zarówno jak i innych ciał niebieskich. Jedném słowem, tedy, olbrzymie ciepło wnętrza ziemi razić nie będzie stronników kosmogonii Laplace'a, przynosi im owszem poparcie poważne.

Pomimo to nie brakło nigdy i przeciwników ciepła wewnętrznego, którzy wprost zaprzeczali temu statecznemu wzrostowi temperatury w warstwach dalszych, bezpośrednim naszym obserwacyom niedostępnych. Najsilniejszy argument, jaki na poparcie swego zaprzeczania podają, polega na pewném dostrzeżeniu, o którém nie wspomnieliśmy wyżéj. Okazało się mianowicie, że stopień geotermiczny, czyli, powtarzamy, odległość, o jaką zejść należy, aby dostrzedz podniesienie się temperatury ziemi o 1° C, w różnych głębokościach bardzo jest różny, a w ogólności w głębokościach coraz znaczniejszych coraz się większym staje. Okazują to zwłaszcza obserwacye przeprowadzone w przytoczonym już wyżéj otworze świdrowym w Sperenberg:

Głębokość w metrach	Temperatura dostrzeżona	Stopień geotermiczny
26,7	9° C.	20,2 m.
313,9	23,2°	32 „
627,7	33°	31,4 „
941,6	43°	64,1 „
1268,6	48°	

Poznano to i w niektórych innych zagłębieniach, a lubo pewne nieprawidłowości i zboczenia usprawiedliwiają poniekąd sce-

ptycyzm, w ogólności jednak fakt ten jest niewątpliwym. Otóż, wydawać się mogło, że okoliczność ta pozostaje w sprzeczności z pojęciem o rozpaleniu wnętrza ziemi, w miarę bowiem zbliżania się do ogniska centralnego wzrost temperatury winienby się dokonywać coraz szybciéj, stopnie geotermiczne winnyby coraz bardziéj maleć, nie zaś wzrastać. Nic tedy dziwnego, że przeciwnicy ogniowego początku ziemi, zwolennicy dawnego neptunizmu geologicznego, pochwycili ten szczegół, któryby mógł zwycięstwo na ich stronę przechylić. Ciągłe to powiększanie się stopnia geotermicznego przybrali nawet w formułę algebraiczną i wydobyli stąd wniosek, że w pewnéj, niezbyt zresztą znacznéj odległości dalsze wzmaganie się temperatury wewnątrz ziemi zakończyć się musi, że nawet daléj jeszcze nastąpić winien zwrot, a temperatura statecznie już ku środkowi ziemi spadać będzie. Ciepło zatém, które termometry zdradzają w kopalniach naszych, miałoby być jedynie objawem warstw wierzchnich naszéj bryły ziemskiéj; aby zaś wytłomaczyć zagadkowe jego pochodzenie, odwoływano się do ciśnień i powodowanego przez nie tarcia, a więcéj jeszcze do działań chemicznych, wywiązujących się w sąsiedztwie powierzchni ziemi pod wpływem przedzierających się tam części składowych atmosfery.

Niedostateczność jednak takiego tłomaczenia źródła owego ciepła podziemnego łatwo było wykazać; mogą wprawdzie zachodzić, jakeśmy zresztą wyżéj już nadmienili, objawy lokalne, wikłające normalny przebieg zjawiska, ale nie wystarczają one do wyjaśnienia powszechnego i statecznego wszędzie wzrostu temperatury warstw głębszych. Język matematyczny wymowny jest wprawdzie i pewny, ale do rezultatów rzetelnych o tyle tylko prowadzi, o ile z dokładnych podstaw wychodzi; nie dosyć zaś znamy prawo przyrostu temperatury podziemnéj, by je w rzetelną formułę algebraiczną ująć się dało, a tém samém wnioski o dalszym przewrocie i obniżaniu się temperatury od pewnego punktu są zbyt wątpliwe, by zburzyć mogły pojęcie o olbrzymiém cieple wnętrza ziemi.

Postarano się nawet doświadczalnie odtworzyć proces stygnięcia ziemi. Znakomity geolog Bischoff odlewał kule ze stopionego bazaltu, mające 0,75 metra średnicy, a po upływie 48 godzin od chwili odlewu oznaczał rozkład temperatury w rozmaitych punktach wnętrza tych brył, zkąd okazały się rezultaty następne:

1) w środku temperatura . . . . . 193°
2) w odległości 0,114 metra od środka . . 170°

3) w odległości 0,185 metra od środka . . 156°
4) „ 0,247 „ „ „ . . 137°

Widzimy ztąd, że różnica między punktami 1 i 2, na odległości 0,114 m. wynosi 23°, co czyni 0,0052 na 1° C.; różnica między 2 i 3 wynosi 14° na 0,071 m. czyli 0,0051 na 1°, wreszcie między 3 i 4 wynosi 19° na 0,062 m. czyli 0,0032 na 1°. Odległość przeto, o jaką od powierzchni kuli ku jéj środkowi posuwać się trzeba, aby dostrzedz przyrost temperatury o 1° C., co odpowiada właśnie geotermicznemu stopniowi ziemi, wzrasta ku środkowi kuli, a mianowicie w stosunku liczb 32 : 51 : 52.

Nie dosyć na tém, William Thomson, jeden z tych mężów, którym Anglija przodownicze swe dzisiaj stanowisko w nauce zawdzięczą, stopniowe stygnięcie ziemi wziął pod rozwagę z punktu teoretycznego; przyjąwszy mianowicie pewien stan pierwotny rozpalonéj bryły ziemskiéj, wyprowadził, jakim być musi rozkład w jéj wnętrzu ciepła po upływie stu milionów lat od owéj chwili początkowéj,—w założeniu tém, które odpowiada mniéj więcéj prawdopodobnym warunkom rozwoju ziemi, okazało się również dobitnie, że w bryle takiéj tylekroć wspomniany stopień geotermiczny również ku środkowi wzrastać będzie. Ostatecznie zatém w dzisiejszym stanie wiadomości naszych nie mamy usprawiedliwionego powodu do powątpiewania o olbrzymiém cieple wnętrza ziemi.

Zresztą pogląd taki jest już bardzo dawny, bo chociaż filozofowie greccy niewiele o wewnętrznéj budowie ziemi spekulowali, napotykamy jednak wzmianki o ogniu centralnym, a kościelni znów pisarze średniowieczni w głębi ziemi także mieścili płomienie piekielne. W kierunku jednak naukowym, w wieku ośmnastym dopiéro zaczął się ustalać pogląd, że tylko najbardziéj zewnętrzne warstwy naszéj planety zastygły, a pod tą cieńką, zakrzepłą skorupą cała pozostała masa znajduje się dotąd w stanie ognistopłynnym.

IV.

Pojęcie to o ognisto-płynném wnętrzu ziemi dotąd najbardziéj jest rozpowszechnione; skoro bowiem zgadzamy się na tak wysoką temperaturę, to na podstawie najwyklejszych doświadczeń przyjąć nam daléj wypada, że w żarze tym najtrudniéj nawet topliwe metale muszą już stopieniu ulegać. Wnioskowanie takie wszakże

zbyt jest pośpieszne, gdyż zapominamy o odrębnych warunkach, w jakich ciała te daleko we wnętrzu ziemi się znajdują,—mówimy tu mianowicie o olbrzymiém ciśnieniu, jakie je tam ugniata. W sprawie topienia się ciał ciśnienie stanowi czynnik tak silnie wikłający, że dotąd dostatecznie rozgmatwać tego nie zdołano.

Gdy ciało stałe ogrzewamy, cząstki jego rozsuwają się a objętość wzrasta,—ciepło walczy ze spójnością, a gdy ją doszczętnie prawie pokona, cząstki zyskują swobodę, charakteryzującą stan ciekły. Przebieg taki pozwala wnosić, że przy przejściu ciała ze stanu stałego do ciekłego objętość jego ulega powiększeniu i najczęściéj może tak właśnie rzeczy się mają. Nie zawsze jednak, a najlepszy przykład takiego wyjątkowego zachowania się przedstawia nam lód w postaci kry po wodzie płynący. Skoro się na jéj powierzchni unosi, znaczy to, że jest od niéj lżejszy, że zatém woda przy marznięciu objętość swoję powiększa, a lód topniejący ściąga się, kurczy. Woda marznąca rozrywa nietylko tkanki roślin, ale i naczynia żelazne, w których jest zamkniętą.

Sądzono niezbyt jeszcze dawno, że lód jedynie w tak wyjątkowy zachowuje się sposób; poznano jednak, że i kawały żelaza pływają po stopionéj masie tegoż metalu, a zapewne i lawa podobnąż posiada własność. W kwestyi téj, która wymaga wielu jeszcze dokładniejszych badań, dziś przeto tyle tylko powiedzieć możemy, że pod względem objawów swego topienia się ciała dają się podzielić na dwie grupy: jedne, przechodząc w stan ciekły, rozszerzają się, inne wtedy objętość swą zmniejszają.

Otóż na ciała jednéj i drugiéj kategoryi znaczne ciśnienie działać musi w sposób wręcz przeciwny. Ciało, które się przy topieniu rozszerza, gdy jest silnie uciśnięte, przechodząc w stan ciekły, walczyć musi z przeszkodami znaczniejszemi; ciepła potrzebuje nietylko do zniszczenia swéj spójności, ale i do wykonania pracy zewnętrznéj, do usunięcia przeszkód, tamujących mu możność większego rozprzestrzenienia się; dla tych przeto ciał ciśnienie powstrzymuje, opóźnia topienie, punkt ich topliwości podnosi się, topią się dopiéro w temperaturze wyższéj, aniżeli w warunkach normalnych. Zupełnie inaczéj dzieje się z ciałami, zachowującemi się na podobieństwo lodu,—tu ciśnienie, sprowadzając ciało do mniejszéj objętości, wspiera niejako przechodzenie w stan ciekły, punkt topliwości się obniża, ciało topi się już w temperaturze niższéj aniżeli w okolicznościach zwykłych.

Jak powiedzieliśmy, bardzo niedostatecznie znamy dotąd zachowanie się pod tym względem różnych ciał, a pomimo całéj po-

tęgi środków pomocniczych, jakiemi obecnie nauka doświadczalna rozporządza, niepodobna się zbliżyć do ogromu warunków, które w przyrodzie zachodzą. Czyż wiedzieć możemy, co się dzieje z ciałami, gdy ich temperatura wynosi dziesiątki tysięcy stopni, ale zarazem poddane są olbrzymiemu ciśnieniu ugniatających je warstw wierzchnich? W każdym razie, polegając na wysokiéj temperaturze wnętrzą ziemi, nie mamy jeszcze stanowczéj zasady do twierdzenia, że musi być ono utworzone z materyałów płynnych,—owszem, nie brak wskazówek, które za stałym jego stanem przemawiają.

Sto lat niezadługo upłynie od chwili, gdy Cavendish, „najbogatszy z uczonych i najuczeńszy z bogatych", pierwszy planetę naszą zważył, albo, co na jedno wychodzi, średnią jéj gęstość oznaczył; kwestya ta odtąd zwracała zawsze uwagę badaczy, którzy bądź posługiwali się wytworną metodą Cavendisha, bądź téż obmyślali metody inne, stanowiące nawzajem pożądaną dla siebie kontrolę, a w ten sposób tak napozór niedostępne zadanie z zupełną nieledwie ścisłością rozwiązane zostało. Jakkolwiek rzecz ta w bezpośrednim jest związku z kwestyą tu roztrząsaną, opis tych metod i ich historya zajęłyby zbyt wiele miejsca, byśmy je tu rozwijać mogli [1]); poprzestać musimy jedynie na nadmienieniu, że różnemi drogami oznaczona gęstość średnia ziemi wynosi 5,6, co w języku zwykłym znaczy, że jest ona 5,6 razy cięższą od równie wielkiéj bryły, utworzonéj z wody.

Liczba ta, chociaż sama przez się nie wydaje się zbyt wielkiéj wagi, prowadzi jednak bezpośrednio do ważnego wniosku co do materyałów składających wnętrze ziemi. Rzeczywiście, o ile znamy powierzchnię ziemi i tuż pod nią mieszczące się pokłady, widzimy, że pominąwszy już wodę oceanów, zajmujących $^3/_5$ części powierzchni całego globu, resztę stanowią piaski, gliny, wapienie —wogóle materyały, których gęstość średnia względem wody nie przechodzi $2^1/_2$; skoro zaś gęstość średnia całéj bryły ziemskiéj przenosi 5, wynika ztąd wniosek oczywisty, że we wnętrzu jéj nagromadzone być muszą materyały cięższe, metaliczne prawdopodobnie. Wrócimy niżéj jeszcze do kwestyi rozkładu gęstości wewnątrz ziemi, a teraz zaznaczamy tylko, że właśnie to przeświadczenie o stopniowym jéj wzroście ku środkowi ziemi rzuciło domysł, iż jądro jéj stałe i sztywne być musi. W bryle ciekłéj, jako w cie-

[1]) Ob. wyżéj już przytoczone dziełko: „Opostaci i ciężarze ziemi".

le złożoném z cząstek swobodnie ruchliwych, ciśnienia zupełnie inaczéj rozkładać się muszą, aniżeli w bryle zakrzepłéj, stałéj, gdzie mniejsza swoboda cząstek osłabia wzajemne ich ciśnienie. W walcu z cieczy utworzonym ciśnienie wzrasta coraz ku dołowi i łatwo być może obliczoném; warstwa stała mogłaby się utrzymywać w sposób taki jak kopuła, nie ugniatając pokładów niższych. Przypuszczając zupełną płynność wnętrza ziemi, obliczyć można, że ciśnienie, jakiemuby w tym razie poddane były warstwy centralne, przechodziłoby półtrzecia miliona atmosfer,—sam ogrom téj liczby stanowić już może poniekąd szkopuł dla hypotezy, która do niéj prowadzi; w bryle stałéj natomiast warstwy mogą się równoważyć, nie wspierając wszystkiéj swéj masy na warstwach głębszych, skąd ciśnienie w środku ulega zmniejszeniu.

V.

Pierwszy wszakże istotny argument na korzyść stałéj przeważnie masy ziemi przedstawił geolog angielski Hopkins w roku 1840, odwołując się do dawno znanego astronomom zjawiska poprzedzania punktów równonocnych czyli precesyi. Punkty równonocne są to te punkty na niebie, w których równik niebieski przecina się z ekliptyką, czyli z drogą, po któréj słońce w pozornym swym rocznym biegu sunie; w punktach tych znajduje się słońce w początku wiosny i w początku jesieni. Już na 200 lat przed Chr. poznał Hipparch—a daje to dowód wysokiego stanu astronomii starożytnéj,—że punkty równonocne nie zajmują na niebie niewzruszonego stanowiska, ale posuwają się naprzeciw słońca o pewną drogę, bardzo zresztą drobną, wynoszącą bowiem w ciągu roku niespełna jednę minutę miary łukowéj, 50,24″, wskutek czego każda następna wiosna rozpoczyna się o 20 minut wcześniéj, zanim słońce wraca do tegoż samego na niebie miejsca, jakie zajmowało w początku wiosny poprzedzającéj; czyli, używając określeń pospolitych, rok zwrotnikowy jest krótszy od roku gwiazdowego. Jakkolwiek jednak szczegół ten od dawnych znany jest czasów, wytłómaczyć można go było dopiéro, gdy pozorny ruch słońca ustąpił miejsca ruchowi ziemi i gdy w ciążeniu powszechném Newtou wykazał przyczynę wszystkich ruchów niebieskich. Według nauki Newtona tedy, gdyby ziemia była doskonałą i jednostajnie uwarstwowaną kulą, zjawisko podobne zgołaby nie występowało, wywołuje je zaś przyciąganie słońca i księżyca, wywierane na równikowe wypuklenie ziemi, stanowiące jakby otaczający ją pas, co

ostatecznie powoduje osobliwy ruch osi ziemskiéj, wskutek którego wykonywa ona bieg, przypominający stożkowate kołysanie się wirującego bąka. Ruch ten jest zresztą bardzo powolny, bo pełny swój obieg kończy oś ziemska ledwie w 26000 lat, zdradza się to zaś pozornym ruchem bieguna niebieskiego, a tém samém i przesuwaniem punktów równonocnych.

Otóż do tego zjawiska poprzedzania punktów równonocnych odwołał się Hopkins, by wykazać, że ziemia w przeważnéj przynajmniéj części stałą być musi. Dowiódł on mianowicie, że gdyby ziemia utworzoną była z masy ciekłéj, cieńką tylko skorupą otoczonéj, precesya występowałaby inaczéj, aniżeli to rzeczywiście ma miejsce, i wniósł na podstawie swoich rachunków, że zesztywniała skorupa ziemi sięgać winna co najmniéj do $^1/_4$ lub $^1/_5$ części jéj promienia. Zaprzeczono jednak słuszności wywodów Hopkinsa, polegających zresztą na nieprawdopodobném przypuszczeniu, że między twardą powłoką a płynném wnętrzem zachodzi nagły przeskok, gdy raczéj przyjmowaćby należało, że przejście jest tu pośrednie, przez pewien stan wpółpłynny, lepki, ciastowaty; w tym ostatnim zaś razie cała sferoida zachowywałaby się jak jedna całość, gdy Hopkins przypuszczał zupełnie swobodną ruchliwość ciekłego wnętrza wzdłuż stałéj skorupy.

Poznano wreszcie, że precesya sferoidy ciekłéj nie różniłaby się wcale od precesyi podobnéjże sferoidy stałéj, że zatém całe to zjawisko do rozstrzygnięcia spornéj kwestyi, która nas teraz zajmuje, nadawać się nie może; natomiast inny matematyk, G. H. Darwin, okazał, że do tego rozstrzygnięcia posłużyć mogą objawy nutacyi. Nutacya zaś polega również na pewném kołysaniu osi ziemskiéj, które występuje jako pewna nierówność w przebiegu precesyi i posiada okres 18½-letni; jest ona wynikiem przyciągającego wpływu księżyca na spłaszczoną ziemię i sprawia, że oś ziemska nie opisuje w ciągu wieków prawidłowego stożka, jakby się to działo jedynie pod wpływem saméj precesyi, ale powierzchnię nieco pofalowaną. G. H. Darwin jest także stronnikiem poglądu o zesztywnieniu przeważnéj części ziemi, wogólności jednak mozolnych dochodzeń na téj drodze za ukończone uważać nie można; niedawno matematyk belgijski Folie w pewnych, drobnych zresztą szczegółach precesyi i nutacyi dostrzegł dowód istnienia jądra płynnego pod stałą skorupą ziemi.

VI.

Astronomia, która tak doskonale pod obserwacyę i rachunek pociągać może by najdrobniejsze ruchy i zboczenia, na szalę obchodzącéj nas sprawy i inne jeszcze kryterya rzuca, a mianowicie spłaszczenie ziemi, oraz przypływ i odpływ morza, chociaż i oba te względy do stanowczego rozwiązania również doprowadzić dotąd nie zdołały.

Wspomnieliśmy już wyżej, że pierwszy domysł spłaszczenia ziemi rzucił Newton, skoro dobiegła go wieść przyniesiona przez żeglarzy, że zegary przewożone na okrętach spóźniają się w okolicach równikowych. Znaczy to innemi słowy, że wahadła, które bieg zegarów regulują, w tamtych stronach dokonywają kołysania swe wolniéj, zkąd wynika bezpośrednio, że siła ciężkości działa tam słabiéj, aniżeli na biegunach. Ponieważ zaś siedliskiem niejako siły ciężkości ziemi jest jéj środek, wnieść wolno, że ku temu punktowi jest od biegunów bliżéj, aniżeli od równika. Ale i przyczyna tego odstępstwa od prawidłowéj formy kulistéj nie pozostała ukrytą. Jak kula gliniana, obrająca się na kółku garncarskiém, wskutek działania wzbudzającéj się przytém siły odśrodkowéj doznaje spłaszczenia, tak téż temuż samemu losowi uledz musiała ziemia, również dokoła swéj osi wirująca. Natężenie zaś siły odśrodkowéj zależy bezpośrednio od szybkości ruchu wirowego, znana przeto prędkość obrotu dziennego ziemi daje możność teoretycznego obliczania jéj spłaszczenia. Zanim więc jeszcze wysłańcy akademii paryskiéj pobiegli do Peru i Laponii, by z pomiarów przeprowadzonych w tak odległych między sobą stronach spłaszczenie to wydobyć, Newton na zasadzie powyższych rozumowań i rachunków obliczył, że wynosi ono $\frac{1}{232}$. Inny znakomity matematyk i fizyk ówczesny, Huygens, podzielając pogląd Newtona, przeprowadził również podobne obliczenia, otrzymał wszakże liczbę bardzo od powyższéj odmienną, $\frac{1}{589}$. Różnica ta ztąd pochodzi, że Newton przyjmował ziemię jako bryłę jednorodną, Huygens zaś wyobrażał sobie masę ziemi skupioną głównie koło środka, czyli gęstość jéj na powierzchni niesłychanie drobną w porównaniu z gęstością w środku.

Widzimy ztąd, że teoretycznie obliczane spłaszczenie ziemi prowadzi do wyników różnych, stosownie do tego, jak pojmujemy wewnątrzną jéj budowę, rozkład gęstości w jéj łonie. Obie po-

wyższe liczby odstępują znacznie od istotnego spłaszczenia ziemi, które, jakeśmy wyżéj przytoczyli, z dostateczną znane jest pewnością; odwołać się przeto należy do innego rozkładu gęstości ziemi.

Rzecz jasna, że cząstki cial uciskanych skupiają się, że gęstość ich wzrasta w miarę, jak powiększa się wywierane na nie ciśnienie. W jakim jednak stosunku ściściwość ta zachodzi, jaka istnieje zależność między gęstością ciał a ciśnieniem, wiemy to jedynie co do gazów, które pod ciśnieniem 2, 3, 4 razy większém posiadają téż i gęstość 2, 3, 4 razy znaczniejszą, co znaczy, że gęstość jest do ciśnienia proporcyonalną. Dla ciał stałych i ciekłych, których budowa wewnętrzna jest zawilsza, zależność powyższa nie łatwo da się uchwycić i poprzestawać musimy jedynie na domysłach, na przypuszczeniach. Gazy ulegają w jednakowy zawsze sposób ciśnieniu, ciała zaś ciekłe i stałe opierają się mu tém silniéj, im więcej już są ściśnięte; dla tego téż Laplace, idąc śladem wielkich swoich poprzedników, Daniela Bernoulliego, Legendre'a, Biota, przyjął w swych rachunkach, że przyrost ściśliwości płynu jest proporcyonalny do kwadratu z gęstości, wywołanego tém ciśnieniem. Hypoteza ta dotąd najczęściéj służy za podstawę przy rozpatrywaniu gęstości warstw, składających bryłę ziemską. Nie zamyka jednak drogi matematykom do innych przypuszczeń, któreby mogły prowadzić do jak najzupełniejszéj zgody między teoretycznie obliczoném a rzeczywiście poznaném spłaszczeniem ziemi.

Zmarły w r. 1883 profesor w Montpellier, Edward Roche, który bardzo starannie przeprowadził ten szereg badań w ostatnich czasach, przyjmuje inny rozkład gęstości wewnątrz ziemi, — według poglądu tego uczonego gęstość maleje w stosunku kwadratów odległości od środka. Rachunki na téj zasadzie przeprowadzone uczyniły go stanowczym „rygidistą", tj. stronnikiem stałego wnętrza ziemi, wykazały mu one bowiem, że hypoteza bryły płynnéj pod niezbyt grubą, stwardniałą skorupą nie może się pogodzić z istotną wielkością spłaszczenia naszéj planety, znaną nam z dochodzeń bezpośrednich; jakkolwiek więc przyjmuje, że była ona niegdyś w stanie płynnym, to wszakże względy astronomiczne skłaniają go do uznania, że obecnie stanowi już masę zakrzepłą.

Hypotezę tę poddaje tedy Roche dalszemu rozpatrywaniu matematycznemu, przyjmując przytém, dla udogodnienia i umożebnienia swych rachunków, że w przeważnéj swéj części stanowi ziemia bryłę jednorodną. Hypoteza taka może się wydawać zbyt

krańcową, zwłaszcza, odkąd badania chemiczne ciał niebieskich nauczyły, że w skład ich wchodzą pierwiastki rozmaite; Roche wszakże uważa za rzecz prawdopodobną, że rozmaite okolice pierwotnéj mgławicy, z któréj się układ słoneczny wyłonił, przedstawiać mogły pewne odrębne, właściwe sobie cechy, że zatém w każdéj planecie materyały pewne mogą znacznie nad innemi przeważać. Według tego i ziemia byłaby utworzoną z jednéj, naczelnéj niejako substancyi, którąby właśnie stanowiła owo przypuszczalne jądro jednorodne, a rachunki, lubo nam jéj natury odsłonić nie mogą, pozwalają przynajmniéj gęstość jéj ocenić.

Bryła ta jednorodna otoczona jest powłoką, utworzoną z materyałów lżejszych, które się wydzieliły przy tworzeniu się ziemi, podobnie jak substancye cięższe zająć musiały miejsce koło samego środka ziemi. Natura warstwy zewnętrznéj nie jest dla nas zupełnie zagadkową; jak wspomnieliśmy wyżéj, gęstość jéj względem wody ocenia się zwykle na $2\frac{1}{2}$, najbardziéj jednak skrajna, cieńka i zupełnie wierzchnia powłoka, utworzona z materyałów dobrze znanych, ma gęstość z pewnością nie większą nad 2, pokłady zatém dalsze posiadać muszą gęstość nieco wyższą, około 3; można więc przyjąć, że są one utworzone głównie z law i bazaltów, którym właśnie gęstość taka przypada.

Znajomość ta gęstości warstw zewnętrznych ziemi pomnaża liczbę czynników wiadomych, z których wysnuwa Roche gęstość swojéj hypotetycznéj, jednorodnéj bryły wewnętrznéj; inne dane do obliczeń tych stanowią spłaszczenie ziemi, w każdym razie większe od $\frac{1}{295}$, oraz wielkość precesyi punktów równonocnych. Z rachunków tych wypływa tedy, że bryła rzeczona posiada względem wody gęstość 7,6, a stanowi kulę zajmującą 0,82 całego promienia ziemskiego. Zkąd znów wynika daléj, że warstwa zewnętrzna, któréj gęstość oceniono na 3, posiada grubość $^1/_6$ części promienia ziemskiego. Pomimo téj stosunkowéj cieńkości, z powodu większéj rozległości zewnętrznych warstw kuli, objętość jéj czyni $^4/_9$, tj. prawie połowę całego globu ziemskiego i zawiera czwartą część wszystkiéj jego masy. Na bryłę wewnętrzną, która zajmuje połowę objętości ziemi, przypada tedy $^3/_4$ jéj masy; gęstość zaś jéj, wynosząca nieco więcéj nad 7, każe się domyślać, że składa się ona z materyału metalicznego, a w szczególności z żelaza, którego gęstość najbliżéj liczby téj przypada. Wniosek ten ostatni razić nas nie może, gdy zważymy, że żelazo stanowi pierwiastek obficie występujący we wszystkich ciałach niebieskich; zresztą i magnetyczne własności ziemi są może ze składem tym w związku, żela-

zo bowiem, jak wiadomo, stanowi najsilaiéj magnetyczną substancyę.

Koło samego środka ziemi, jak widzieliśmy, nagromadzone są według hypotezy Roche'a materyały najcięższe; rachunki jednak wskazują, że zajęty przez nie obszar zgoła jest nieznaczny a o gęstości ich także nie wiele powiedzieć on umie; przypuszcza wszakże, że prawdopodobnie wynosi ona około 10 lub 12, co stanowi wielkość pośrednią między gęstością srebra i ołowiu.

Ażeby wreszcie uzupełnić obraz wewnętrznéj budowy naszéj planety, tak odcyfrowany czy raczéj skreślony przez Roche'a, dodać należy, że nie upiera się on przy absolutnéj stałości zewnętrznéj powłoki bazaltowéj; sądzi owszem, że począwszy od pewnéj głębokości może się ona utrzymywać w stanie ciekłym, czém tłomaczyć by się dały niektóre objawy geologiczne. Pozostaje wszakże znów niewiadomém, czy masa ta ciekła stanowi jakby warstwę oddzielającą powłokę skrajną od bryły środkowéj, czy téż nagromadzoną jest tylko w zbiorowiskach, w jeziorach, po okolicy téj śródziemnéj rozrzuconych. Wewnętrzna ciężka bryła metaliczna zbliża się składem swoim do aerolitów żelazistych, powłoka zewnętrzna odpowiada meteorytom zwykłym, kamienistym.

Hypoteza matematyczna Roche'a przedstawia pewną analogię do poglądów, jakie wyznaje znaczna liczba geologów dzisiejszych; zanim się im jednak przyjrzymy, należy nam załatwić się z jednym jeszcze argumentem porządku astronomicznego.

VII.

Argument ten stanowi zjawisko przypływu i odpływu morza. Wiadomo dziś dobrze, że przyczyną tego ruchu wód morskich jest przyciąganie słońca i księżyca, któremu ulega łatwo ruchliwa masa wody. Jeżeli jednak i stała skorupa bryły ziemskiej również podobnemu ulega wpływowi, jeżeli i ona okazuje pewien przypływ i odpływ, to ruchy oceanów są słabsze, aniżeliby to miało miejsce, gdyby ziemia bezwzględnie sztywną była, dostrzegamy bowiem wtedy nie całkowity ruch wody, ale tylko różnicę między tym ruchem a ruchem lądów. Jeżeli mianowicie wnętrze ziemi jest ciekłe, jeżeli pod niezbyt grubą, stałą powłoką rozlewa się masa ognisto-płynna, to przypływy jéj wywierałyby na skorupę nacisk potężny, wystarczający do jéj przełamywania i przedzierania, i już dawniejsi fizycy, jak Ampère i Poisson, dla omi-

nięcia téj trudności przyjmowali, że bryła ziemska krzepnąć zaczęła od środka, że zatém musi już być w całéj swéj masie stała.

Dokładniéj okoliczność tę wziął pod rozwagę matematyczną William Thomson; obliczył on w szczególności, że niezbyt gruba skorupa ziemska, choćby posiadała zbitość stali, ulegałaby jeszcze ruchom, o których mowa, a wysokość przypływu wynosiłaby ledwie $^2/_3$ zmian, jakie rzeczywiście w poziomie wód dostrzegamy; naciskowi mas płynnych mogłaby się ledwie oprzeć skorupa zesztywniała, o grubości co najmniéj 200 lub 300 mil geograficznych, wynosząca zatem trzecią, mniéj więcéj, część całego promienia ziemskiego. Thomson nie poprzestaje jednak na tém i przyjmuje, że wszystka masa ziemi jest już zakrzepła, że stanowi nawet bryłę bardziéj zesztywniałą, bardziéj zbitą, aniżeli szkło, tak oporną prawie jak masa stalowa; a chociaż już w niezbyt znacznéj głębokości masy podziemne rozpalone są do białości, to pozostają jednak stałe, ciążące bowiem na nich olbrzymie ciśnienie podwyższa tak dalece temperaturę ich topliwości, że żar ten do stopienia ich nie wystarcza.

Ze zdaniem Thomsona nauka dzisiejsza liczyć się przywykła, ale na nieszczęście, na wysokość przypływu wód morskich działają okoliczności uboczne, które utrudniają dokładne zestawienie wywodów teoretycznych z isotnemi dostrzeżeniami; wywiera tu wpływ najpierw niejednostajny na powierzchni ziemi rozkład lądów i mórz, a daléj — spadek deszczów, tajanie lodów, nacisk wiatrów, dla tego też i Thomson sam oczekuje rozstrzygnięcia w dosyć odległéj dopiero przyszłości. Oprócz jednak przypływów zwykłych, które, zgodnie z dziennym obrotem ziemi, dwukrotnie w ciągu doby po sobie następują, obrót księżyca naokoło ziemi powoduje również pewne przypływy i odpływy, a raczéj pewne nieregularności przypływów zwykłych, które się ujawniają dwukrotną w ciągu miesiąca peryodycznością. Tak samo wreszcie i zmiana położenia ziemi względem słońca w ciągu roku wywołuje znów inną, półroczną okresowość przypływów i odpływów. Oba te rodzaje przypływów, już z powodu dłuższego czasu, potrzebnego do ich wytworzenia, słabiéj daleko wikłającym tym zakłóceniom ulegać muszą, do nich przeto przedewszystkiém odwołać się trzeba w spornéj kwestyi co do stałości lub płynności wnętrza ziemi. W ostatnich latach prowadzono staranne badania wysokości przypływów w rozmaitych portach, ale jak twierdzi Zöppritz, który wszystkie ztąd otrzymane dane starannie zebrał, nigdzie nie zdołano dostrzedz owych półmiesięcznych lub półrocz-

nych przypływów. Skoro zaś rozważania teoretyczne konieczność takich przypływów dowodnie wykazują, brak ich, jak sądzi Zöppritz, tem się tylko da wytłómaczyć, że i podłoże, na którém się wody oceanu rozlewają, że i dno morskie wraz z wodą podobnym przypływom ulega, że zatém dalej ziemia nie jest dosyć zesztywniałą, by oprzeć się mogła przyciągającym wpływom księżyca i słońca.

Zöppritz wnioskuje tedy, że zebrane przez niego szczegóły przywracają znów siłę dawnym poglądom o płynności wnętrza ziemi. Za stanowcze wszakże wywodów jego również uważać nie można, opierają się bowiem temu badania G. H. Darwina, który dowiódł, że choćby cała ziemia posiadała płynność stopionéj lawy, a była otoczona skorupą grubości około 100 kilometrów, ulegałaby przypływom równie silnym, jak i wody oceanów. Na powierzchni takiéj przeto bryły i dobowe, dzienne przypływy zgołaby uczuć się nie dawały. Skoro zaś przypływy takie niewątpliwie istnieją, to chociaż przypływy półmiesięczne i miesięczne dostrzedz się nie dają, ziemię — mówi G. H. Darwin — za bryłę stałą uważać należy.

Tak więc i ten trzeci wzgląd astronomiczny do rozstrzygnięcia spornéj kwestyi dotąd doprowadzić nie zdołał, jakkolwiek z rozważań powyższych wynika, że powody astronomiczno-matematyczne za skrzepnięciem przeważnéj części ziemi przemawiają, a wielu wybitnych fizyków współczesnych poglądowi temu hołduje.

VIII.

Z zakresu tych prac wspomnieć nam tu jeszcze wypada o rozprawie d-ra Ludwika Birkenmajera („Studya z dziedziny fizyki teoretycznéj. I. O wewnętrznym ustroju ziemi". Lwów 1879), tém więcéj, że nasuwa ona pod uwagę naszą jednę jeszcze okoliczność, o któréj nie wspominaliśmy dotąd, mianowicie działanie siły ciężkości wewnątrz ziemi.

Punkt umieszczony zewnątrz ziemi ulega przyciąganiu wszystkiéj masy, jakby skupionéj w jéj środku. Jeżeli jednak wyobrazimy sobie punkt umieszczony wewnątrz kuli wydrążonéj, to przyciąganie całéj takiéj warstwy kulistéj na punkt ten wewnętrzny, jak to jeszcze Newton okazał, będzie żadne, przyciągania różnych jéj części bowiem nawzajem się znoszą. Punkt za-

tém materyalny, znajdujący się wewnątrz ziemi, ulega przyciąganiu téj tylko jéj części, która zamknięta jest w powierzchni kulistéj, przez tenże punkt przechodzącéj, cała zaś warstwa zewnętrzna działania nie wywiera żadnego, czyli, krótko mówiąc, punkt znajdujący się wewnątrz ziemi ulega jedynie wpływowi jądra wewnętrznego.

Jakkolwiek więc, zapuszczając się wewnątrz kuli, zbliżamy się do jéj środka, mimo to natężenie przyciągania słabnie, a w samym środku, w samém siedlisku całego tego działania, schodzi do zera. Przebieg tak prosty mógłby wszakże mieć miejsce jedynie tylko w kuli jednorodnéj, czyli utworzonéj z masy wszędzie jednakowéj. Wewnątrz ziemi stosunki być muszą bardziéj zawiłe, głębsze jéj bowiem warstwy utworzone są z materyałów gęstszych; gdy więc zagłębiamy się w ziemię, zatraca się wprawdzie działanie warstw skrajnych, ale natomiast znajdujemy się w odległości mniejszéj od mas gęstszych, wywierających działanie przeważne, co stratę z zyskiem wynagradza. Dlatego to siła ciężkości aż do pewnéj głębokości wzrasta wewnątrz ziemi, dopóki nie zajdziemy tak głęboko, że strata warstw zewnętrznych przeważać zacznie,— znajdziemy się wtedy w okolicy, gdzie siła ciężkości dochodzi najwyższego swego natężenia, swego maximum, by odtąd znów maleć, dopóki w samym środku ziemi nie zejdzie do zera. W jakiéj zaś głębokości, w jakiéj odległości od powierzchni ziemi maximum to siły ciężkości przypada, zależy to oczywiście od tego, jak rozłożoną jest gęstość wewnątrz bryły ziemskiéj. Wiemy zaś, że kwestya ta jest zagadkową i że pod tym względem skazani jesteśmy na domysły tylko.

Otóż dr Birkenmajer wyraża w pewien sposób ogólny zależność gęstości od ciśnienia i rozbiera szczególne przypadki, o ile się one do rachunku nagiąć dają. W każdym oddzielnym z takich przypadków głębokość, w jakiéj siła ciężkości osiąga swe maximum, będzie odmienną: gdyby przyrost gęstości wewnątrz ziemi zachodził w sposób, jak to przyjmował Laplace, miałoby to miejsce w odległości około 188 mil geograficznych, gdyby zaś działo się to według hypotezy Roche'a, odległość ta byłaby nieco mniejsza, około 157 mil geograficznych.

Z drugiéj strony dane astronomiczne, o których mówiliśmy wyżéj, pozwalają ocenić z pewném przybliżeniem grubość zestywniałéj skorupy ziemskiéj,—z zestawienia zaś tak otrzymanych rezultatów okazuje się, że grubość téj skorupy jest dosyć blizką głębokości, w jakiéj siła ciężkości największe swe natężenie osiąga.

Zbliżenie to, sądzi dr Birkenmajer, nie może być przypadkowém, i stara się je w następny wytłómaczyć sposób. Gdy krzepnięcie ziemi wskutek stygnięcia rozpoczęło się na jéj powierzchni, to bryły zakrzepłe, stając się cięższemi wskutek zmniejszenia objętości, opadały w otaczającéj je cieczy, ale zejść mogły najgłębiéj do tych tylko warstw, gdzie działanie ciężkości jest najsilniejsze. Tu więc gromadziły się masy przeprowadzone w stan stały i od téj okolicy rozpoczęło się formowanie zakrzepłéj, zesztywniałéj skorupy ziemskiéj, któréj grubość wynosi tedy przynajmniéj 200 mil geograficznych.

Inni autorowie przyjmują ruch mas zakrzepłych aż do środka ziemi; dr Birkenmajer zwraca tedy uwagę na pomijaną dotąd okoliczność, która wszakże prowadzi za sobą pewne trudności i wymaga dokładniejszego rozważenia. Skupianie się mas ciężkich dokoła środka stanowi bowiem podstawę zarówno i rozbieranych wyżéj teoryj matematycznych, jak i poglądów geologicznych, do których teraz zwrócić się nam wypada.

IX.

Bezpośrednim badaniom geologicznym dostępne są oczywiście wierzchnie tylko pokłady ziemskie, z których o ustroju warstw głębszych bardzo nieliczne tylko wskazówki wydobyć można; klucza zatém do odcyfrowania téj zagadki szukać trzeba w geogonii, w historyi tworzenia się i rozwoju ziemi, jakkolwiek dzieje te hypotetyczny jedynie charakter przedstawiać mogą. Początkowym punktem wyjścia tych dziejów, jak już wiemy, jest pierwotna mgławica Laplac'ea i na téj téż podstawie opierają się domysły geologów, które tu przytoczymy pokrótce, według jasnego przedstawienia prof. Lasaulx. Możemy tu zresztą pominąć najbardziéj bajeczny wstęp tych dziejów, gdy ziemia jeszcze masę gazów jedynie stanowiła; uważmy ją w téj chwili, gdy przez ściąganie się i ciśnienie téj masy przeszła już w bryłę ciekłą, dokoła któréj szeroko rozlegała się jeszcze atmosfera rozżarzona,—stan ten odpowiadał mniéj więcéj okresowi, w jakim obecnie słońce pozostaje. Ciekła ta masa ziemi nie przedstawiała jeszcze wyróżnienia oddzielnych materyałów, była to jednostajna mniéj więcéj mięszanina, „magma", wedle przyjętego w ostatnich czasach terminu, z któréj dopiéro następnie wydzielić się i wyodrębnić miały oddzielne substancye chemiczne i mineralne, stanowiące obecnie części składowe bryły

ziemskiéj. Wyróżnianiu takiemu przeszkadzała poprzednio ruchliwość masy ciekłéj, ciągłe w jéj łonie prądowania; przy przejściu dopiéro ze stanu ciekłego do stałego dokonywać się mogło indywidualne grupowanie pierwiastków i ich związków, krzepnięcie zaś téj ognisto-płynnéj sferoidy rozpocząć się mogło tam, gdzie temperatura najwięcéj się obniża, zatém na jéj powierzchni, wciąż przez promieniowanie stygnącéj. Owa ciekła mięszanina wszelakich stopionych materyałów posiadać musiała ciężar właściwy pośredni, była cięższą od materyałów lżejszych, a lżejszą od materyałów cięższych, w skład jéj wchodzących; gdy stygła, ze wspólnéj téj masy wydobywały się najpierw te materyały, które mogą już w tak wysokiéj krzepnąć temperaturze, czyli, innemi słowy, substancye najtrudniéj topliwe.

Nie znamy wprawdzie warunków, przy jakich się cały ten przebieg dokonywał, a w szczególności nie wiemy, pod jakiém odbywał się on ciśnieniem, od czego właśnie ta temperatura krzepnięcia zależy; przypuścić jednak możemy, że wysokość tego ciśnienia w jednakowy mniéj więcéj sposób na wszystkie oddziaływała materyały, a zatém z płynnéj, ognistéj mięszaniny wyosabniać musiały się te ciała, które i ze zwykłych naszych doświadczeń znamy jako najtrudniéj topliwe. Do ciał zaś takich, jak wiadomo, należą najpierw metale ciężkie, jak iryd, platyna, nikiel, mangan, kobalt, miedź, żelazo, złoto, srebro, a daléj metale lżejsze: glin, wapń, magnez, oraz pierwiastek niemetaliczny, krzem, rozprzestrzeniony bardzo silnie na ziemi w postaci krzemionki i krzemianów, czyli związków z ostatnio wymienionemi i niektóremi innemi pierwiastkami. Wszystkie zatém trudno topliwe substancye podzielić się dają na dwie grupy, na ciała ciężkie, metale, których ciężar właściwy przenosi liczbę 7, oraz na ciała lekkie, jak krzemionka i krzemiany, których ciężar właściwy wynosi około 3. Ognisto-płynnéj zaś mięszaninie przypisać wypada, jak już nadmieniliśmy, pewien pośredni ciężar właściwy, około $5^1/_2$, co odpowiada właśnie znanéj nam obecnie średniéj gęstości ziemi. Gdy więc na powierzchni stopionéj masy gromadziły się żuzle zakrzepłe, jedne z nich, lżejsze, pozostawały w górze, tworząc wyspy, gromadzące się i zbijające zwolna w skorupę, która się właśnie z krzemianów składa; cięższe zaś, metaliczne bryły zatapiały się w głąb', dążąc aż do środka bryły ziemskiéj. Na drodze téj przybywały wprawdzie do okolic gorętszych, gdzie znowu stopnieć mogły, ale zarazem téż dostawały się i pod ciśnienie większe, które

w ogólności powrotowi do stanu ciekłego przeszkadzało, a bryły te zakrzepłe stopniowo gromadziły się koło środka.

Proces przeto krzepnięcia bryły ziemskiéj dokonywał się z dwu stron współcześnie, zarazem grubiała i skorupa na powierzchni i narastały bryły stałe u środka; jakie wszakże zachodziły tu kombinacye, jak się ustanawiały stopy metaliczne i związki chemiczne, określić nie jesteśmy w możności. W miarę jednak, jak działanie to coraz daléj postępowało, gęstość pozostałéj mięszaniny zbliżała się coraz bardziéj do gęstości oddzielnych składowych jéj części, wydzielanie tych substancyj dokonywało się trudniéj, a proces krzepnięcia zachodził wolniéj.

W ten sposób nabieramy wyobrażenia, że między stałém jądrem a stałą skorupą ziemi przetrwała stosunkowo cieńka warstwa pośrednia, a na podstawie doświadczeń geologicznych możemy nawet o jéj naturze wyrobić sobie pojęcie. W warstwie téj bowiem zawierać się muszą zarówno krzemiany i metale ciężkie, czyli ogniwa górnego i dolnego zakrzepu, i to w takiéj kombinacyi, aby ich ciężar właściwy zajmował miejsce pośrednie. Warunkom zaś tym odpowiada najbliżéj grupa minerałów oliwinowych, których ciężar właściwy wynosi od 3,2 do 4,3, a skład chemiczny również wymaganiom powyższym odpowiada. Tym sposobem dochodzimy do wniosku, że skały oliwinowe we wnętrzu ziemi odgrywają ważną rolę, jak to inną zupełnie drogą wywnioskował Daubrée, opierając się na budowie aerolitów i na zestawieniu ich z głębokiemi pokładami ziemi. W meteorytach mianowicie oliwin stanowi stateczną część składową, na ziemi zaś napotyka się w bazaltach i innych skałach wybuchowyah, zajmujących dolne obszary skorupy ziemskiéj.

Z wywodów powyższych nie wypływa wszakże koniecznie, aby ta warstwa pośrednia między skorupą zewnętrzną a stałém również jądrem ziemi dotąd w stanie ciekłym pozostawać jeszcze miała, i ona bowiem z biegiem czasu zwolna zakrzepnąć również mogła. Zdawałoby się wprawdzie, że objawy wulkaniczne na powierzchni ziemi występujące, a ujawniające się przedewszystkiém wypływem płynnéj lawy, same już stanowią dowód istnienia pod wierzchnią powłoką ziemi roztopionéj dotąd masy. Dawno już jednak przebrzmiały te pierwotne poglądy plutoniczne, według których wulkany stanowić miały jakby klapy bezpieczeństwa, które, dając ujście rozhukanym falom ognistym wnętrza ziemi, chronić miały okolicę sąsiednią od trzęsień. Obecnie wiadomo, że trzęsienia rozchodzą się z miejsc niezbyt pod powierzchnią ziemi zagłę-

bionych i niekoniecznie wiążą się z działalnością wulkaniczną; lawa zaś, lubo w stanie ciekłym z wulkanów się wydobywa, niekoniecznie już w głębi ziemi ciekłą być musi.

Chociażby bowiem ziemia zupełnie już zakrzepła, to w każdym razie, według wywodów powyższych, pośrednia warstwa oliwinowa najpóźniéj w stan stały przeszła i składa się z materyałów najłatwiéj topliwych, które przez niewielki przyrost temperatury znowu w stan płynny przejść mogą. Nadto jednak do utrzymywania ich w stanie stałym przyczynia się i ciśnienie warstw górnych, co wogóle na utrudnienie topienia wpływa. Skoro więc w jakikolwiek sposób w pewném miejscu ciśnienie to ulega osłabieniu, masy przemocą niejako tylko dotąd w stanie stałym utrzymywane, rozpływają się znów i tworzą ciekłe lawy. Powód zaś do takiego przechodniego zmniejszania się ciśnienia nastręczają rozliczne fałdowania i przesuwania się górnych pokładów ziemi, co znów jest w związku ze ściąganiem się skorupy, z wytwarzaniem się gór na ziemi. Geologiczne te sprawy jednak bliżéj nas tu zajmować nie mogą;—szło nam tylko o wskazanie możliwości, że i hypotezy stwardniałéj zupełnie bryły ziemskiéj z objawami wulkanizmu nie zostają w sprzeczności.

Powrót zresztą téj lub owéj części warstwy pośredniéj do stanu ciekłego łatwiéj jeszcze pojmować możemy, jeżeli wyobrazimy sobie, że nie zakrzepła ona dokładnie, ale że pozostaje w stanie lepkim, ciastowatym, półpłynnym niejako, który poprzedza zupełne skrzepnięcie. Na stan ten przechodni nie zwracano dotąd wogóle dostatecznéj uwagi. Przechodzenie ciał ze stanu stałego do ciekłego przywykliśmy oceniać według najłatwiéj nastręczających się uwadze naszéj objawów topienia lodu; przejście to dokonywa się tu rzeczywiście dosyć nagle, trudno zauważyć jakiś stan przechodni między lodem a wodą, między ciałem stałém a ciekłém. W innych jednak razach zachodzi tu wyraźne stopniowanie, ciało stałe nie zamienia się jakby jednym zamachem w ciecz swobodnie płynną, rozpływa się zwolna, przechodząc przez pewien stan lepkości, ciągliwości, jest jakby półpłynném; stan ten pośredni u różnych ciał trwa krócéj lub dłużéj, jak to dostrzedz można dobrze na siarce lub selenie. W szczególności, co nas tu głównie obchodzi, okazują to lawy płynące, które są tak spoiste, że opierają się wtłoczeniu w nie obcych ciał, a głazy stosunkowo od nich cięższe unoszą się na ich powierzchni; pomimo to płyną i poruszają się z pewną prędkością. Bardzo łatwo więc zgodzić się możemy na przypusz-

czenie, że pośrednia warstwa oliwinowa ziemi utrzymuje się w takim właśnie spoistym, lepkim stanie.

Na stan ten przejściowy, półpłynny niejako, fizycy w ostatnich dopiéro czasach bliższą nieco uwagę zwracać zaczęli. Werner Siemens, badając zachowanie się i powolne krzepnięcie szkła stopionego, rozpatrzył to powolne przechodzenie ze stanu doskonale płynnego w stan ciastowaty, który się utrzymuje pod najsilniejszém ciśnieniem; na podstawie zaś tych poszukiwań zarzuca on Thomsonowi, że w znanych nam już dochodzeniach matematycznych przyjmował nagłą i stanowczą granicę między twardą skorupą a płynném wnętrzem, gdy w naturze w ogólności przejście to dokonywa się tylko zwolna i stopniowo.

Okoliczność tę należy tedy uwzględniać w hypotezach o wewnętrznym ustroju bryły ziemskiéj; rzeczywiście też zarówno i rygidyści, jak i wiscydyści, jak Hennesy nazywa stronników stałości i płynności jądra ziemi, pod skorupą zewnętrzną mieszczą taką magmę, czyli warstwę masy plastycznéj, która dobrze się nadaje do wyjaśnienia objawów wulkanicznych. Aż do granicy, w któréj się magma ta rozpoczyna, liczyć należy grubość skorupy ziemskiéj, dla obliczenia jéj jednak brak nam istotnych wskazówek geologicznych. Na podstawie nader słabo ledwie znanego prawa przyrostu temperatury podziemnéj obliczył Henrich, że w głębi 84000 metrów panować musi temperatura 2500°, w któréj wszystkie już nam znane substancye ziemskie stopieniu ulegać muszą. Brano pod uwagę przewodnictwo materyałów, składających skorupę ziemską i niektóre inne dane geologiczne, a ztąd różni różnie oceniali jéj grubość, ale ocena taka dostatecznego uzasadnienia przedstawiać nie może.

Geolog kroacki Pilar, który całą naukę o objawach podziemnych objął oddzielną nazwą abyssodynamiki, przemawia za płynnością jéj wnętrza i przyjmuje, że grubość skorupy stanowi około $^1/_{50}$ do $^1/_{40}$ części całego promienia ziemskiego, co najwyżéj zaś wynosi 120 kilometrów. Główny jednak nacisk w teoryi swéj kładzie on na to, że grubość skorupy w różnych miejscach zgoła nie jest jednakowa, czyli że powierzchnia lawy roztopionéj w różnych punktach niejednakowo blizko do powierzchni ziemi przystępuje. Powierzchnię tę, która przebiega przez najwyższe wyniesienia się tych mas ciekłych, nazywa on ryakohypsą, a położenie jéj ma zostawać w związku z rozmaitém natężeniem działalności wulkanicznéj w różnych miejscach ziemi.

X.

Jakkolwiek mówiliśmy już o stałym, płynnym i półpłynnym stanie wnętrza ziemi, nie wyczerpaliśmy wszakże wszystkich możliwych domysłów. Pozostał bowiem jeszcze lotny, gazowy stan materyi.

Może się wprawdzie zupełną wydawać niedorzecznością przypuszczenie, że wnętrze ziemi wypełnione być może gazem, który przecież pod olbrzymim naciskiem, jakiby tam panował, lotności swojéj utrzymywaćby nie mógł i musiałby uledz skropleniu. Doświadczenia przecież Cailleteta, Picteta, Wróblewskiego i Olszewskiego przekonały, że najoporniejsze nawet gazy, które niedawno trwałemi nazywano, ulegają wreszcie przemocy i zamieniają się w ciecze,—jakżeżby oprzéć się mogły naporowi w łonie ziemi?

Cokolwiek jednak sądzilibyśmy o takiéj hypotezie gazowego jądra ziemi, tak pośpiesznie odpierać jéj nie można, skraplanie bowiem każdego gazu dokonać się może jedynie poniżéj pewnéj, oznaczonéj temperatury. Andrews mianowicie wykazał, że dla każdego gazu istnieje pewna temperatura krytyczna, powyżéj któréj żadne wysilenie, żadne, choćby największe ciśnienie, jakkolwiek znacznie mogłoby objętość jego zmniejszyć, nie będzie wszakże w stanie gazu tego w ciecz zamienić. Przyczyna tego osobliwego zachowywania się gazu na tém polega, że przez ściskanie go rozwija się ciepło, które się skraplaniu sprzeciwia; aby gaz zatém w ciecz zamienić, nie wystarcza samo poddawanie go znacznym ciśnieniom, ale potrzeba jeszcze koniecznie oziębić go poniżéj owéj temperatury krytycznéj, która zresztą dla każdego gazu jest inna. Dla gazów najwybitniejszych, jak dla wodoru, przypada ona bardzo nizko, około 200° niżéj zera; dla gazów innych temperatura krytyczna jest wyższa, ale i pary wodnéj nie można skroplić, nie można jéj w wodę zamienić, skoro ogrzana jest wyżéj 580°. Rozumie się, że dla ciał trudno topliwych i trudno lotnych granica ta sięga wyżéj jeszcze, zapewne jednak tak wysoka temperatura, jaka w łonie ziemi panować może, przewyższa punkty krytyczne wszelkich znanych nam ciał;—z tego więc względu hypoteza gazowego jądra przeszkody nie napotyka.

Nie jest to nawet pomysł nowy, już bowiem Franklin wyobrażał sobie ziemię wypełnioną wewnątrz płynem sprężystym czyli gazem; do poglądu tego, który przyjął także i Chladni, skłaniał

Franklina ten wzgląd, że na zasadzie prawa Mariotte'a o zależności między gęstością gazu a ciśnieniem, jakie on znosi, obliczyć można, że już w niewielkiéj stosunkowo głębokości gazy przyjmować muszą gęstość przechodzącą gęstość platyny lub irydu, ściśnięta przeto taka masa gazu całą skorupę łatwo na sobie unosić może. Leslie znów, w duchu widocznie ówczesnéj fizyki, zastąpił gazy „płynami nieważkiemi", którym przypisywano większą jeszcze aniżeli gazom sprężystość, czyli siłę repulsyjną, co według świadectwa Humboldta w sferach nienaukowych dało powód do rojeń fantastycznych. Przypomniano sobie może dawny pomysł Halleya, że ziemia jest wydrążona i we wnętrzu swém mieści planetę, któréj ruchy powodują zmiany w natężeniu magnetyzmu ziemskiego.

Z pisarzy nowszych w podobnym duchu przemawia znany filozof angielski Herbert Spencer, który wypełnia wnętrze ziemi parami o wysokiéj bardzo prężności; mało wszakże zwracano uwagi na hypotezę tę, aż wreszcie znalazła ona godnego przedstawiciela w osobie Rittera, który na zasadach teoryi mechanicznéj ciepła przeprowadził dokładne badania nad konstytucyą gazowych ciał niebieskich. Wiadomo, że gdy pewna ilość powietrza powiększa swą objętość, temperatura jéj opada, jak to się dzieje np. z prądami wznoszącemi się w górę w atmosferze naszéj. Ritter rozpatruje tedy kulę gazową, któréj temperatura maleje od środka ku powierzchni według tego samego prawa, jakby to miało miejsce gdyby pewna masa tego gazu wznosiła się w tymże kierunku, oziębiając się wskutek samego rozprzestrzeniania. Kula taka stygnie przez promieniowanie, przez wysyłanie ciepła w przestrzeń, ale wskutek tego ściąga się zarazem, co znów powoduje przyrost temperatury, który ową utratę zewnętrzną ciepła pięciokrotnie wynagradza. W bryle takiéj, objętości naszéj ziemi, gęstość gazu około środka przechodzi 143 razy gęstość wody, panuje tam ciśnienie wyrównywające trzem milionom atmosfer, a temperatura dochodzi 100000°. Przypominamy sobie, że olbrzymie i przerażające takie ciśnienie stanowiło jeden z powodów, dla których wielu badaczy zarzuciło hypotezę wnętrza ciekłego i skłoniło się do pojęć o zupełném zakrzepnięciu ziemi. Zresztą o własnościach gazu, pozostającego w okolicznościach tak odrębnych od warunków, w jakich się obserwacye nasze obracają, nie umielibyśmy wiele powiedzieć; to tylko twierdzić można, że zachowuje on zawsze zasadniczą własność gazów, to jest rozprzestrzenianie się, zdolność zapełniania wszelkiéj próżni, która mu się otwiera.

Pomysły Rittera zyskały rozgłos, gdy je rozwinął Zöppritz na zjeździe geografów niemieckich w r. 1882. Ritter zresztą w poszukiwaniach swoich nie wychodzi po za obręb gazowego wnętrza ziemi, Zöppritz uzupełnia te wywody i prowadzi aż do obecnéj powierzchni ziemi. W miarę, jak wydobywamy się z wnętrza téj ogólnéj masy gazowéj, jak temperatura jéj się obniża, wyosabniają się z niéj odrębne pierwiastki, utrzymując się jeszcze w stanie lotnym, dopóki temperatura nie opada poniżéj ich punktów krytycznych; wtedy obezwładnione dotąd ciśnienie władzę swą odzyskuje i roztacza się warstwa ciekła. Im bliżéj dochodzimy do powierzchni, tém więcéj ciecz ta na czystości traci, staje się mętną, spoistą, ukazują się w niéj bryły zakrzepłe, i stopniowo, bez gwałtownego przeskoku, przechodzi wreszcie w skorupę zesztywniałą, któréj powierzchnię człowiek zamieszkuje. W przebiegu tym odnajdujemy znowu ową półpłynną warstwę pośrednią, która tedy, jak się okazuje, równie dobrze pogodzić się może z wnętrzem gazowém, jak z jądrem ciekłém lub stałém.

Z przedstawienia powyższego widzimy, że obecna nasza znajomość wnętrza ziemi przedstawia się w zarysach bardzo skromnych, a daleka chyba dopiéro przyszłość zdoła wygładzić sprzeczności, któremi się jeżą poglądy dzisiejsze. Zbyt długo zatrzymywałem tu może uwagę czytelnika nad sprawą, o któréj naprawdę nic nie wiemy. Niech mnie jednak usprawiedliwi to, że więcéj pisze się o rzeczach, których także nie rozumiemy lepiéj, choć dzieją się na powierzchni ziemi i w blasku dnia jasnego.

WYMIARY I BUDOWA WSZECHŚWIATA

WEDŁUG POJĘĆ OBECNYCH.

„Świat zdawał się mniejszym... Cały obszar znanéj ziemi, cały świat cywilizowany rozciągał się od wybrzeży atlantyckich po Wisłę.“ Temi słowy rozpoczyna Szajnocha piękną swą opowieść o dziejach Jadwigi i Jagiełły i ujmuje niemi wybornie charakterystyczny rys umysłowości średniowiecznéj, jakby zasklepionéj w obrębie ścieśnionym, ograniczonym.

Wraz z rozwojem umysłowym człowieka szedł zawsze i wzrost ziemi, usuwanie się, rozszerzanie znanych, dostępnych mu granic. Starożytność skupiała się nieledwie u wybrzeży morza Śródziemnego, w wiekach średnich o Azyi rzadki tylko podróżnik fantastyczne przynosił wieści. Odkrycie Ameryki rzuca blask na początek dziejów nowych, a za naszych dopiero dni zapełnia się karta Afryki. Ale i dziś jeszcze długi ten proces odkrywania coraz nowych na ziemi dziedzin zgoła się nie ukończył: okolice biegunowe, wnętrze Australii odgraniczone są jeszcze nieprzebytemi zaporami.

A podobnie jak ziemia, wzrastał świat cały. Złudzony błękitem atmosfery, nakrył człowiek pierwotny całą przestrzeń światową sklepieniem kryształowém, do którego przytwierdził złote gwiazdki, i, jak dzisiaj dzieci, sądził niemal, że sięgnąć po nie zdoła; błąd zaś ten podsycała długo ułuda wzroku, która pozornemu firmamentowi nadaje postać nad nami spłaszczoną, a rozpościerającą się daleko na boki. Zwolna wszakże odległość sklepienia niebieskiego wzrastała stopniowo do setek, tysięcy, milionów mil

aż nakoniec, jakby pułap w dusznéj sali, wydało się ono człowiekowi ciężkiém, rozbił je, rozwiał w nicość, a gwiazdy po bezmiernéj rozrzucił przestrzeni i gubi się dziś w pytaniu, gdzie światu całemu kresy oznaczyć? Czy wszechświat jest w przestrzeni skończony, czy téż bez granic się rozpościera?

W pytaniu tém streszcza się poniekąd najwyższe zadanie astronomii, a odpowiedzieć na nie stanowczo dziś nie jest ona w mocy; rozpatrzeć tu tylko możemy, czy do rozstrzygnięcia go posiada pewne wskazówki.

I.

Świat, powiedzieliśmy, był drobnym. Potomkowie Noego budowali wieżę, by do nieba dotrzeć, a wedle powieści Homera Wulkan z Olimpu przez Jowisza strącony przez dzień cały spadał, zanim się na ziemię dostał; ocena zaś téj odległości wypada tem mniejszą, że Homer nie wiedział zgoła o biegu przyśpieszonym ciał spadających. I późniejsi nawet filozofowie greccy, Arystotelesa nie wyłączając, skromne bardzo mają pojęcie o oddaleniu ciał niebieskich.

U schyłku dopiero wieków starożytnych, gdy astronomia zajaśniała dziś jeszcze olśniewającym nas blaskiem, słuszniejsze nieco poglądy rozwijać się zaczęły. Arystrach wnosi, że słońce 19 razy jest od nas bardziéj aniżeli księżyc oddalone (właściwie 400 razy), a z obliczeń Hipparcha wypływa, że odległość słońca wyrównywa 1200 promieniom ziemi, co czyni około miliona mil. Jeżeli wymiary te tak dalekie są od istotnych, winić nie można metod przez tych genialnych astronomów użytych, ale niedokładność narzędzi, jakiemi się posługiwać mogli. Nie lepsze wszakże były one i za Kopernika jeszcze; i dla tego téż twórca astronomii nowéj w tém samém, co Hipparch, oddaleniu od ziemi mieści słońce.

Dla czego do oznaczenia odległości słońca konieczna jest jak największa doskonałość narzędzi, zrozumiemy łatwo, skoro przypomnimy sobie drogę, która do celu tego prowadzi. Wyobraźmy sobie dwu obserwatorów, umieszczonych na końcu jednéj średnicy ziemskiéj i kierujących wzrok swój ku tarczy słonecznéj; gdy za kierunkiem, w którym wzrok ich biegnie, poprowadzimy linie proste, utworzy się nam trójkąt, mający za podstawę średnicę ziemską a wierzchołek w słońcu. Ponieważ długość podstawy téj

znamy, gdy zdołamy przeto wyznaczyć kąty tego olbrzymiego trójkąta, proste zasady geometryi pozwolą nam obliczyć długość boków pozostałych, zatém właśnie szukaną odległość słońca. Cała tedy trudność polega na oznaczeniu tych kątów, a w szczególności kąta przy wierzchołku. Otóż kąt ten jest niewypowiedzianie drobnym, wynosi bowiem zaledwie koło 17 sekund, t. j. prawie dwudziestotysięczną część kąta prostego; pokusić się o wymierzenie takiego drobiazgu można było dopiero przy pomocy najmisterniejszych narzędzi mierniczych, w połączeniu z doskonałemi przyrządami optycznemi.

Kąt ten, a raczéj jego połowa, nosi słynną w astronomii nazwę paralaksy słońca; paralaksa ta, któréj wielkość wynosi zatém około $8\frac{1}{2}$ sekund, wskazuje zmianę, jakaby zaszła w położeniu słońca dla obserwatora, któryby z powierzchni ziemi przeszedł do jéj środka. Oznaczyć go można oczywiście z obserwacyj prowadzonych w różnych punktach powierzchni ziemi, ale i dziś jeszcze zadanie to do najtrudniejszych w astronomii należy. Szczególną dogodność nastręcza po temu rzadkie zjawisko przejścia Wenery przed tarczą słoneczną, i dla tego to nie szczędzono nakładów i mozołów na liczne wyprawy, podjęte w różne strony ziemi w r. 1874 i 1882 w celu obserwacyi tego zjawiska, które powtórzy się znowu dopiero w roku 2004.

Wyniki ostatnich tych postrzeżeń dotąd w rezultat ogólny ujęte jeszcze nie zostały; niepewność jednak, o usunięcie któréj idzie, jest bardzo nieznaczna; według bowiem danych dotychczasowych odległość średnia słońca zawiera się między 20 075 000 a 20 167 000 mil geograficznych (po 7420 metrów). Niepewność ta zgoła nie jest większą od pomyłki, jakąbyśmy popełniali, oceniając odległość Warszawy od Krakowa o dwie niespełna wiorsty błędnie. Jeżeli astronomia tak żywo troska się o usunięcie niepozornéj téj drobnostki, znaczy to, jak pewne są jéj metody, z jaką ufnością na wynikach jéj badań polegać można.

W miarę, jak powiększała się w oczach człowieka odległość ziemi od gwiazdy dziennéj, wzrastały w odpowiednim stosunku i wszystkie wymiary układu słonecznego. Starożytni już astronomowie umieścili planety w należytym porządku, wedle oddalenia ich od ziemi. Kepler wszakże dopiero wykazał wzajemną zależność, jaka zachodzi między czasem obiegu planet dokoła słońca a odległościami ich od niego; skoro tedy wiemy, jak daleko od ziemi do słońca, możemy bezpośrednio i wszystkie inne planety w należytych umieścić odległościach. Neptun, krążący na kre-

sach układu słonecznego, przypada w odległości 600 milionów mil od słońca, cały zatém znany system słoneczny zajmuje w przestrzeni obszar o średnicy 1200 milionów mil.

Jakkolwiek Kopernik w kwestyi wymiarów świata stał jeszcze w ogólności na stanowisku astronomii starożytnéj, to wszakże samo uruchomienie ziemi, wprawienie w obrót planet dokoła słońca, odosobniło silniéj układ słoneczny od gwiazd stałych. Za wzorem poprzedników swoich pozostawił je jeszcze Kopernik na jednéj sferze kryształowéj, w jednakowéj od słońca odległości, ale, jakby dla układu swego więcéj potrzebując miejsca swobodnego, musiał sferę tę gwiaździstą przenieść znacznie daléj. Skoro bowiem ziemia nie jest nieruchomo do stałego przykuta miejsca, ale położenie swe w ciągu roku w przestrzeni zmienia, przebiegając olbrzymie przestworza, to bieg jéj winien odzwierciedlić się w ruchu gwiazd, podobnie jak przed oczyma podróżnika przesuwają się drzewa poblizkie. Kopernik pojmował to dobrze, że bezpośrednim wynikiem obrotu ziemi około słońca winna być zmiana roczna w położeniu gwiazd na niebie, — dowodu tego wymagano na poparcie jego nauki. Dowodu tego jednak nie było, bo gwiazdy latem i zimą, przy każdém położeniu ziemi, stałe swe, niezmienne na niebie zatrzymują stanowisko. Na szczęście brak ten ruchu pozornego gwiazd nie zraził zgoła myśliciela, o rzetelności swych zasad ściśle przeświadczonego; tłomaczył on to słusznie znaczną odległością gwiazd stałych, tak, że w obec niéj cała nawet średnica drogi, po któréj ziemia się dokoła słońca toczy, punkt zaledwie stanowi. Wiemy jednak, że za czasów Kopernika oddalenie słońca oceniano zaledwie na milion mil; gdyby miano pojęcie o istotnéj odległości, możeby i stronnicy nowéj téj nauki zawahali się wobec przypuszczenia tak olbrzymich wymiarów świata, do których umysły ówczesne przygotowane jeszcze nie były. I właśnie brak tego pozornego ruchu gwiazd, który być winien odzwierciedleniem istotnego biegu ziemi, głównie skłonił Tychona Brahe do zarzucenia nauki Kopernika, do unieruchomienia poruszonéj już przez genialnego męża ziemi.

Podobnie, jak nazywamy paralaksą zmianę w położeniu ciała niebieskiego dla obserwatora, który zmienia stanowisko na ziemi, tak téż i zmianę w położeniu gwiazdy, powodowaną przesuwaniem się ziemi w przestrzeni, nazwano paralaksą roczną. Dziś pojmujemy, że ani Kopernik, ani najbystrzejszy obserwator z czasów przedteleskopowych, Tycho Brahe, paralaksy téj dopatrzéć nie zdołali, i długo bowiem po nich usiłowania najznakomit-

szych astronomów, rozporządzających narzędziami coraz dokładniejszemi, coraz potężniejszemi, były płonne. Rozwiała się ułudna sfera kryształowa, na któréj gwiazdy stale miały być rozmieszczone, domyślano się, że są one rozrzucone w przestrzeni w nader różnych od nas odległościach, poznano istotną odległość ziemi od słońca, wiedziano, że w ciągu półrocza względem poprzedniego swego położenia przesuwa się ona o 40 milionów mil, ale ani jedna gwiazdka ruchu paralaktycznego nie zdradziła. W pojęciach tedy człowieka świat urastał do wymiarów niepojętych, nieskończonych; najbliższą nawet gwiazdkę trzeba było mieścić w odległości takiéj, wobec któréj przesunięcie się ziemi o dziesiątki milionów mil, o całą średnicę jéj drogi, pozostaje drobiazgiem bez znaczenia, jest zerem, jest niczém.

Zawody wszakże nie zwykły łamać wytrwałości badaczy, niepowodzenia poprzedników służą dla ich następców za wskazówki, jak metody badań doskonalić, ulepszać. Dokładność obserwacyj astronomicznych wzrastała statecznie; narzędzia coraz dzielniejsze pozwalały ujmować na niebie kąty coraz drobniejsze, położenie gwiazd na kuli niebieskiéj oznaczano ze ścisłością coraz większą. Ludzie tylko z trudnościami obserwacyj umiejętnych nieoswojeni zwykli spostrzeżeniom swoim zupełną przyznawać pewność, wrażenia swe zmysłowe za bezwzględne kryteryum prawdy uważać, — przy użyciu wszakże najprostszych choćby przyrządów mierniczych poznajemy łatwo, że ocena nasza przybliżoną tylko być może. Przybliżenie to jednak wzrasta z doskonałością narzędzi i wprawą obserwatorów. Najznakomitszy z astronomów starożytnych, Hipparch, mógł położenie gwiazd oznaczać zaledwie z przybliżeniem połowy stopnia, błąd mógł dochodzić długości średnicy tarczy słonecznéj lub księżycowéj. Tycho Brahe w drugiéj połowie wieku 16-go, lubo nie posiadał jeszcze lunet, przybliżenie to sprowadził do jednéj minuty miary kątowéj; w wieku 18-ym narzędzia astronomiczne były już tak udoskonalone, że błąd mógł być sprowadzony do jednéj sekundy, — pomimo to paralaksy żadnéj gwiazdy wykryć jeszcze nie zdołano.

W zeszłém stuleciu tedy, lubo odległości ani jednéj gwiazdy stałéj nie wymierzono, pojmowano już, do jakich olbrzymich rozmiarów przestrzeń światową rozsunąć należy; wiedziano, że nie ma ani jednéj gwiazdy tak blizkiéj, aby wskutek rocznego obiegu ziemi przesunęła się pozornie choćby o jednę sekundę tylko. W bieżącém stuleciu doskonałość narzędzi astronomicznych wzrosła tak dalece, że z dostateczném przynajmniéj przybliżeniem po-

zwalają oceniać dziesiąte części sekundy miary kątowéj, i przy ich téż pomocy udało się nakoniec w r. 1837—8 Besslowi wykazać pierwszą paralaksę gwiazdy stałéj. Upatrzył on mianowicie gwiazdę, oznaczoną w katalogach nazwą 61 gwiazdozbioru Łabędzia, która posiada bardzo wyraźny ruch własny, o czém niżéj będziemy mieli sposobność wspomnieć; ruch ten pozwalał wnosić, że gwiazda ta względnie dosyć musi być blizką, bliższą przynajmniéj, aniżeli otaczające ją sąsiednie gwiazdki, winna tedy wyraźniejszemu niż one ulegać ruchomi paralaktycznemu, a tém samém zmieniać w ciągu roku swe względem nich położenie. Domysł ten okazał się zupełnie uzasadnionym. Przy pomocy najdokładniejszego przyrządu mierniczego, jakim astronomia rozporządza, zwanego heliometrem, zdołał Bessel wymierzyć, że różnica skrajnych jéj odległości od kilku gwiazdek sąsiednich wynosi w ciągu roku 0,7″. Taką jest tedy różnica położeń gwiazdy rozpatrywanéj z dwu przeciwległych punktów orbity ziemskiéj; gdy więc za podstawę obierzemy nie średnicę, ale promień drogi ziemskiéj, otrzymamy jako wielkość paralaksy rocznéj uważanéj tu gwiazdy połowę powyższego kąta, t. j. 0,35 sekundy, blisko milionową część kąta prostego! Przesunięcie to wynosi mniéj, aniżeli trzytysięczną część średnicy tarczy księżyca, — może to być wskazówką, jak dalece posuniętą jest obecnie dokładność narzędzi mierniczych, potęga teleskopów i ścisłość obserwacyj astronomicznych; pojmujemy téż, dla czego usiłowania dawniejszych astronomów, od Kopernika począwszy, nie mogły się uwieńczyć pomyślnym skutkiem.

Wielkość paralaksy rocznéj prowadzi bezpośrednio do oznaczenia odległości gwiazdy; znajduje się ona bowiem w wierzchołku trójkąta, którego podstawą jest linia wynosząca 20 000 000 mil, to jest odległość ziemi od słońca, a którego dwa drugie boki zbiegają się ze sobą w tak niewypowiedzianéj dopiero dali, że zawierają między sobą ów drobniutki kąt, 0,35″. Rachunek na zasadzie téj przeprowadzony, uczy, że odległość téj gwiazdy, 61-éj Łabędzia, przechodzi przeszło 400 000 razy promień drogi ziemskiéj, czyli że oddaloną jest od nas z górą na 8 trylionów (8 z dwunastu zerami) mil geograficznych. Wielkości téj wyobraźnia nasza ująć, odczuć nie zdoła; światło, które, jak wiadomo, ubiega na sekundę przeszło 40 000 mil, potrzebuje 6½ lat, aby drogę tę przebyło, — znaczy to, że gdy na gwiazdę tę spoglądamy, nie dostrzegamy obecnego jéj stanu, ale widzimy, jaką była przed sześciu laty, a gdyby w téj chwili nastąpił na niéj gwałtowny ja-

kiś wybuch płomienisty, któryby jasność jéj nagle wzmógł, otrzymalibyśmy o tém świadomość dopiero za sześć lat; gdyby dziwnym jakimś przewrotem w téj chwili zgasła, świeciłaby nam sześć lat jeszcze.

W tymże samym czasie, kiedy Bessel oznaczał paralaksę 61 Łabędzia, inny, niemniéj zasłużony astronom, Struve, obrał za przedmiot podobnych poszukiwań jednę z najświetniejszych gwiazd nieba, Węgę czyli α Lutni (Liry), — paralaksa jéj okazała się jeszcze mniejszą, tak, że chociaż Wega jest prawie 100 razy jaśniejszą od 61 Łabędzia, jest przeszło dwa razy bardziéj od nas odległą.

Gwiazda, któréj paralaksa wynosiłaby jednę sekundę, oddaloną by od nas była na 206 265 promieni drogi ziemskiéj; wielkość tę przyjmuje się zwykle za jednostkę do oceny odległości gwiazd, a na przebycie téj drogi światło potrzebuje półczwarta roku. Według tego 61 Łabędzia odległą jest od nas na dwie, Wega na pięć takich jednostek. Wogóle nie poznano dotąd żadnéj gwiazdy w odległości jednéj podobnéj jednostki, a najbliższą ze zbadanych okazała się wspaniała gwiazda półkuli południowéj, α Centaura, któréj paralaksa wynosi 0,8″, lubo według innych badań jest znacznie mniejszą.

Obecne przyrządy astronomiczne, jak powiedzieliśmy wyżéj, pozwalają, z dostateczną przynajmniéj ścisłością, oceniać kąty większe od 0,1″, ocena kątów mniejszych zgoła jest niepewną; dla tego też za wiarogodne uważać można pomiary odległości tych tylko gwiazd, których paralaksy przechodzą tę granicę. Gwiazd takich znamy dotąd kilkanaście, — pomiędzy niemi trzy tylko, α Centaura, Syryusz i Wega należą do świetniejszych gwiazd nieba, u innych gwiazd pierwszéj wielkości paralaksa dostrzedz się nie dała.

Do powyższych kilkunastu gwiazd, których paralaksa nie jest mniejszą od 0,1″, dalsze badania dodadzą zapewne tę lub ową jeszcze, w porównaniu wszakże z całym zastępem gwiazd, zdobiących niebo nasze, ilość ich pozostanie bardzo nieznaczną. Wszystkie inne nie przedstawiają żadnéj paralaksy, rozrzucone są w odległościach, których pomiar jest już zupełnie niemożebnym, droga ścisłego badania zgoła nas tu opuszcza. Nie opuszcza nas jednak pragnienie wiedzy, ciekawość tych niepojętych przestrzeni, którą podsyca codzienny widok nieba usianego gwiazdami. Gdy z pod nóg naszych usuwa się grunt bezpieczny ścisłych, umiejętnych badań, czyż nie stać nas choćby na domysły

czy nie ma choćby wskazówek, któreby przybliżony przynajmniéj wysnuć pozwoliły pogląd na rozkład tych słońc dalekich, na ich uporządkowanie we wszechświecie? Myśl ludzka wybiega chętnie poza szranki, które jéj ścisła wiedza stawia, a zagadka budowy świata tak jest dla niéj ponętną, że najznakomitsi astronomowie nie wahają się ze szczupłych danych pozytywnych, któremi nauka dzisiejsza rozporządza, snuć hypotez o rozległości i budowie świata całego. Zanim wszakże pójdziemy za nimi, wypada nam się jeszcze rozejrzeć po niebie z naszego ziemskiego zakątka.

II.

W miarę jak usuwały się granice świata, jak wymiary jego wzrastały, wzrastała téż i ilość gwiazd świat ten zapełniających. Z widokiem nieba gwiaździstego człowiek zapoznał się nader dawno: gdy koczowniczy jeszcze wiódł żywot, tam tylko jedyne w podróżach swych znajdował drogoskazy. Najdawniejsze zabytki piśmienne ludzkości, roczniki chińskie, papyrusy egipskie, napisy asyryjskie, biblia hebrajska, pieśni Homera, podają dowody znacznie posuniętéj znajomości nieba, która musiała być owocem długowiecznych poprzednich dostrzegań, a dziś niepodobna nam powiedzieć, kiedy to poznał człowiek zasadnicze na kuli niebieskiéj zachodzące objawy. Od całego zastępu gwiazd, które za niezliczone uważał i które statecznie w jednakim porządku wschodziły i zachodziły, odróżnił kilka gwiazd błędnych czyli planet i poznał, że te w bliższym do ziemi zostają stosunku, zapamiętał wzajemne położenie gwiazd na niebie, połączył je w figury mniéj lub więcéj dowolne, w konstelacye czyli gwiazdozbiory, i umieścił je nieruchomo na sferze jakby kryształowéj, z któréj obrotem przesuwały się dokoła ziemi. Dawno także zaczęto oceniać względny blask gwiazd i podzielono je w sposób również dowolny na sześć stopni czyli wielkości, a nakoniec, przed upływem jeszcze wieków starożytnych, zaczęto spisywać ich wykaz czyli katalog, odnosząc położenie ich do pewnych linij na niebie obmyślanych, w podobny mniéj więcéj sposób, jak położenia miejsc na ziemi oznaczamy przez ich długość i szerokość geograficzną. Pierwszy katalog, przygotowany przez Hipparcha w drugim wieku przed narodzeniem Chrystusa, zestawiony w Almageście Ptolomeusza, służył na cały ciąg wieków, aż do Tychona Brahe, którego obserwacye kończą właściwie dzieje astronomii przedteleskopowéj.

Wtedy dopiero, gdy wzrok ludzki szklane wziął skrzydła, bogactwo nieba ukazało się w pełni, sklepienie przedstawiło się rzeczywiście jakby usiane gwiazdami, a owa smuga jasna, co jako droga mleczna w niezbyt prawidłowym pasie ciągnie się przez konstelacye, okazała się zbiorowiskiem nieprzejrzanéj ilości gwiazd; jak w piaskowcu drobnoziarnistym na jednostajném tle, w którém oddzielnych ziarnek rozróżnić nie można, większe tylko wybijają się gruzełki, tak i w smudze téj świetlanéj jaśniejsze tylko gwiazdy nieuzbrojonemu ukazują się oku. Podział gwiazd na rzędy czyli wielkości zachowano i dla gwiazd teleskopowych, ale z mniejszą zgodnością; bo gdy jedni za przykładem Herschla liczą je aż do dwudziestéj, inni za Struvem ciągną ten podział tylko do dwunastéj, lub za Argelanderem do czternastéj wielkości.

Przy pomocy teleskopów i doskonalszych narzędzi miernicznych katalogowanie gwiazd odbywało się i odbywa dotąd coraz gorliwiéj; ścisłe wszakże oznaczenie miejsca danéj gwiazdy jest tak mozolne i wymaga takiego nakładu czasu, że dotąd, pomimo gorliwych prac Bradleya, Bessla, Argelandera, Airego, W. Struvego i innych, znamy dokładnie położenie około 30000 zaledwie. Oczywiście, daleko większą jest liczba gwiazd, których położenie oznaczono w przybliżeniu jedynie; ze spisów tego rodzaju najważniejsze jest olbrzymie dzieło Argelandera, przedstawiające dokładny obraz statystyki nieba, obejmuje ono bowiem 324198 gwiazd na półkuli północnéj i o 2^0 na południe równika; mieszczą się tam wszystkie gwiazdy aż do 9-téj i znaczna liczba 10 wielkości. W katalogu tym położenie gwiazd oznaczone jest tak, że błąd nie przechodzi jednéj minuty łuku niebieskiego, gdy w spisach najdokładniejszych ścisłość dochodzi do jednéj sekundy. Są zresztą katalogi gwiazd prowadzone ze ścisłością niejako pośrednią (około 2″), a obecnie astronomowie pracują nad doprowadzeniem do niéj wszystkich gwiazd objętych wykazem Argelandera. Podobną pracą dla południowéj półkuli nieba zajmuje się Gould w Cordobie. Obecnie, od r. 1891, do pomocy przy katalogowaniu gwiazd wezwano fotografię, co całą tę pracę niesłychanie ułatwi i przyspieszy.

Nakoniec postarano się oznaczyć ze wszelką możliwą dokładnością położenie około 400 gwiazd najświetniejszych w różnych okolicach nieba, tak że ścisłość dochodzi tu połowy lub $^2/_3$ sekundy,—gwiazdy te, zwane podstawowemi lub fundamentalnemi, służą za punkt wyjścia przy obserwacyi innych.

O oznaczeniu położenia milionów gwiazd słabszych, począwszy od 10 wielkości, nie ma wcale mowy, a sama nawet ich ilość

w nader przybliżony sposób da się ocenić. Na całém niebie znamy 19 gwiazd pierwszéj, 65 drugiéj, 200 trzeciéj wielkości i t. d.; wypada ztąd, że każdy następny rzęd wielkości obejmuje trzy razy więcéj gwiazd, aniżeli poprzedni. Przypuszczając, że stosunek ten, który zachowuje się aż do 9 wielkości, istnieje i dla gwiazd słabszych, wniesiono, że trzynastéj wielkości jest około 20, czternastéj około 60 milionów gwiazd. Ocena ta, jak widzimy, nader jest dowolną; gdy jednak wobec liczb tak olbrzymich zważymy, że oko nieuzbrojone na całém niebie dostrzedz może jedynie około 6000 gwiazd, a z jednego miejsca na ziemi nie widzimy ich więcéj nad 4000, to naiwnemi niemal wydawać się muszą porównania pisarzy starożytnych, którzy na oznaczenie ilości niesłychanie wielkiéj odwołują się do gwiazd na niebie; zestawienie to uczy wyraźnie, jak dalece rozwinęła się w ciągu wieków i sama zdolność obserwacyi.

III.

Wzrok nasz ma bardzo ograniczoną moc oceny odległości przedmiotów, traci ją zupełnie, gdy przedmioty zbyt są dalekie, a wszystkie ciała niebieskie mieści na jednéj sferze. Karta nieba, globus niebieski dają tylko obraz pozorny téj sfery, ale o istotnym rozkładzie gwiazd w przestrzeni zgoła nas nie uczą.

Aby położenie gwiazdy w przestrzeni oznaczyć, nie dosyć zauważyć kierunek, w którym z naszego przedstawia się stanowiska, ale trzeba znać i jéj odległość; widzieliśmy zaś, że zdołano zmierzyć odległość kilkunastu gwiazd zaledwie. Przy jednakiém między sobą oddaleniu gwiazdy bliższe wydawać się muszą bardziéj rozproszone, dalsze bardziej skupione; nie umiemy nawet powiedzieć, czy gwiazdy o blasku wyższym są rzeczywiście większe, czy silniejsze ich światło bliższemu tylko przypisać należy sąsiedztwu. Dwie gwiazdy, położone na linii przez oko nasze przechodzącéj, wydadzą się tuż obok siebie umieszczone, choć w rzeczywistości niepojęta oddzielać je może przestrzeń, tak jak w czasie zaćmienia słońca otaczającą je koronę przypisywać moglibyśmy księżycowi; podobnież i gwiazdy ujęte w jednę konstelacyę mogą być w istocie daleko bardziéj między sobą rozsunięte, aniżeli gwiazdy na sklepieniu znacznie jedna od drugiéj odległe. Przy każdem spojrzeniu na niebo uderza nas bezład fantastyczny, w którym próżno silimy się dopatrzeć jakiegokolwiek porządku. Uwagę naszą zatrzymuje wszakże droga mleczna i uczy, że w tym pasie niebieskim gwiazdy silniéj są skupione; dla tego to droga mleczna stała się osią wszelkich dumań nad budową świata.

Że droga mleczna jest zbiorowiskiem gwiazd, wiedziano to od chwili, gdy siłę wzroku naszego wzmógł teleskop, a Kepler widział w niéj jakby pierścień olbrzymi, wypełniony gwiazdami, którego mniéj więcéj środek zajmuje słońce; zestawiając wszakże rozkład gwiazd na niebie i względną ich jasność, którą podówczas oceniano nader dowolnie, bez pomocy przyrządów fotometrycznych, wniósł, że wzajemna odległość gwiazd jest znacznie mniejszą, aniżeli odległość ich od słońca, tak że to ostatnie przypada w pośrodku pustéj stosunkowo przestrzeni. Pogląd zatém Keplera nadaje słońcu jeszcze pewne odrębne stanowisko; w miarę wszakże, jak ustalało się pojęcie o zupełnéj spółrzędności gwiazd i słońca, nasuwały się łatwo hypotezy, oparte na analogii względem naszego układu słonecznego.

W budowie naszego systemu planetarnego napotykamy pewną uderzającą okoliczność, która przemawia silnie za ścisłém pokrewieństwem słońca i planet dokoła niego krążących i popiera domysł o wspólnym początku wszystkich tych brył. Okoliczność ta tyczy się mianowicie położenia ich dróg; planety nie obiegają słońca we wszelkich możebnych kierunkach, ale krążą niemal po jednéj płaszczyźnie, w różnych od słońca odległościach; drogi ich zajmują jakby płaską smugę, cały układ słoneczny da się ograniczyć dwiema, nader blisko względem siebie położonemi płaszczyznami.

Otóż widok, jaki nam niebo gwiaździste przedstawia, łatwo nasuwa domysł, że i gwiazdy nie są jednostajnie w przestrzeni rozrzucone, ale że podobnież wypełniają przeważnie wąską, płaską tylko warstwę. Skoro bowiem wiemy, że droga mleczna stanowi gęste skupienie gwiazd, przyjąć łatwo możemy, że w tym kierunku gwiazdy obficiéj daleko, aniżeli w innych, są nagromadzone; a że pas ten mleczny mniéj więcéj jednostajnie niebo dokoła obiega, wypada przeto słońce umieścić w pobliżu środka téj płaskiéj, soczewkowatéj warstwy. Jeżeli tedy wzrok nasz zwraca się w kierunku krawędzi téj smugi, widzimy tam nieprzeliczoną moc gwiazd, gdy w kierunku do niéj prostopadłym niewielka tylko ich ilość nam się ukazuje.

Na ugrupowanie to gwiazd, które jest podstawą i najnowszych na budowę świata poglądów, poraz pierwszy, jak się zdaje, zwrócił uwagę w połowie zeszłego stulecia autor angielski Wright. Pomysł ten rozwinął Kant i przyjął za podstawę swéj teoryi nieba, a wywody podobne daléj jeszcze posunął Lambert i przedstawił

zupełny, wykończony system świata, oparty na analogii do naszego układu słonecznego.

Lambert zestawia ciała niebieskie w systemy coraz obszerniejsze: stopień pierwszy stanowi planeta z krążącemi dokoła niéj księżycami, słońce ze swemi planetami tworzy system wyższy, drugorzędny. Każda gwiazda jest słońcem i wraz z orszakiem swych planet, dla nas niewidzialnych, przedstawia układ słoneczny, równorzędny naszemu. Układy te wszakże nie są bezładnie rozproszone, ale zostają ze sobą w związku, tworząc grupy wyższe, które w teleskopach naszych okazują się jako zbiorowiska gwiazd, a niezmierzona ich ilość tworzy naszą drogę mleczną i wszechświat cały. Być wszakże może, że droga mleczna nie jest jeszcze najwyższém zestawieniem, mogą być inne drogi mleczne, drogi dróg mlecznych, lubo z powodu swéj odległości pozostają dla nas niedojrzane. Świat tedy ciągnie się do nieskończoności, przestrzeń bez granic wypełniona jest bryłami niebieskiemi, a wszystkie te światy, wszystkie te układy utrzymują się wzajemném ciążeniem, podobnie jak ciała układu słonecznego, i podobneż wykonywają obroty. Jak planety górują wielkością i masą nad księżycami swemi, a słońce nad planetami, tak téż, prowadząc daléj ten wątek na analogii osnuty, przyjmował Lambert dla każdego zbiorowiska gwiazd bryłę olbrzymią, około któréj toczą się oddzielne układy słoneczne, t. j. słońca ze swemi planetami. Ale tu już cała ta budowa uderza o szkopuł ciężki; olbrzymie te gwiazdy, słońca centralne, byłyby zapewne nietylko większe od gwiazd zwykłych, ale zarazem odpowiednio jaśniejsze, i pomimo odległości wyróżniałyby się śród innych blaskiem swoim. Na niebie wszakże nie widzimy zgoła świateł tak potężnych, któreby przypuszczenie to usprawiedliwiały, chybabyśmy zgodzili się z Lambertem, że słońca te centralne, pomimo wielkiéj swéj masy, są bryłami ciemnemi. Dziś wiemy wprawdzie, że istnieją bryły niebieskie znacznych, słonecznych wymiarów, a pomimo to ciemne, a raczéj blasku stosunkowo słabego, jak np. ciemny towarzysz Syryusza, którego istnienia domyślał się Bessel na zasadzie pewnych nieprawidłowości w ruchach gwiazdy, i który rzeczywiście w kilkanaście lat późniéj dostrzeżony został przez Clarka; pomimo to wszakże trudno przypuszczać, iżby w przestrzeni istnieć miało mnóstwo olbrzymich i ciemnych brył, dokoła których krążyłyby systemy słoneczne.

W hypotezie téj zresztą i sam ten bieg gwiazd nie więcéj był uzasadnionym, w połowie bowiem zeszłego stulecia o własnych ruchach gwiazd nic prawie jeszcze nie wiedziano,—gwiazdy zajmują

na niebie niezmienne względem siebie położenie, wydają się nieporuszonemi, *stałemi*. Na to jednak można było odpowiedzieć, że są one tak odległe, lub też ruchy ich są tak powolne, że człowiek w ciągu krótkiego życia swego ruchów tych dostrzedz nie może, będą je wszakże mogły poznać następne pokolenia przez porównanie swych dostrzeżeń z obserwacyami czasów dawniejszych. Domysł ten rzeczywiście w zupełności się potwierdził, jak to będziemy mieli sposobność poznać następnie; ruchy gwiazd wszakże odbywają się w różnych kierunkach i nie są zgoła tego rodzaju, by potwierdzić mogły przypuszczenie o ich wspólnych obrotach, jak to wyobrażali sobie Kant i Lambert.

Musiały tedy rozwiać się i te hypotezy śmiałe, jakky gmachy potężne, zbudowane na wątłéj podstawie, nieoparte na dokładnych badaniach, a wysnute jedynie z analogii do naszego układu słonecznego. Ale właśnie ta analogia do rzeczy w ogólnych zarysach powszechnie znanych, dostępność tego poglądu nadała mu pewien powab i przyczyniła się do jego rozpowszechnienia. I dziś jeszcze na budowę świata zapatrujemy się w ogólności jako na zestawienie brył planetarnych i słonecznych, wiążących się w koła coraz szersze, aż do nieskończoności: świat cały przywykliśmy uważać jako zbudowany według planu układu słonecznego.

Pogląd ten tém łatwiéj się utrzymuje, że nauka późniejsza nie zdołała się zdobyć na równie rozległą teoryę ładu we wszechświecie; pojmujemy to dziś wszakże, że teorya taka wymaga przedewszystkiém zarówno znajomości rozkładu gwiazd w przestrzeni światowéj, jak i ruchów, które one w przestrzeni téj odbywają.

IV.

Zadanie jest tak olbrzymie, badania tak mozolne, rezultaty osiągnięte tak wątłe, że samo ich zestawienie i przedstawienie napotyka istotne trudności. Secchi wyznaje, że nie ośmieliłby się na czele rozdziału umieścić napisu: „budowa świata“, gdyby się nie mógł na przykład wielkiego Herschla powołać.

Jak Kopernik otwiera ten okres astronomii, który miał na celu zbadanie i wyjaśnienie ruchów planetarnych, a który błyszczy świetną plejadą nazwisk takich, jak Kepler, Newton, Laplace, Leverrier, tak początek astronomii gwiazd stałych wiąże się z nazwiskiem Williama Herschla. Biedny nauczyciel muzyki, organista w Bath, umiał zaoszczędzić chwilkę wolnego czasu i poświęcił ją

nauce; teorya muzyki doprowadziła go do matematyki, matematyka do optyki. Zamilowanie astronomii, króre odziedziczył po ojcu, również muzyku, skłoniło go do zastosowania własną pracą zdobytéj wiedzy do budowy narzędzi optycznych, gdy się zaś nauczył szlifować potężne zwierciadła kuliste i zbudował pierwszy olbrzymi teleskop, stał się astronomem praktycznym, a na téj drodze nie miał sobie równych między swymi poprzednikami, z następców nikt go nie przewyższył.

Niezwykły ten człowiek pierwszy zapragnął wedle planu należycie obmyślanego rozpatrzéć rozkład gwiazd w przestrzeni, ilość ich ocenić. O zliczenie wszystkich, które nam teleskop odsłania, o rozejrzenie każdéj z osobna pokusić się niepodobna. Jak o głębokości i ukształceniu dna morskiego wnosimy jedynie z sondowania dokonywanego w obranych punktach, tak Herschel, niby sondę, zapuszczał teleskop na niebo wzdłuż obranego na niém pasa i za każdym razem liczył gwiazdy, które mu się ukazywały w polu widzenia. Teleskop, którym się posługiwał, obejmował przestrzeń wyrównywającą około czwartéj części tarczy księżyca. Sondowanie to nieba miało wykazać i głębie przestrzeni światowéj, teleskop jednak bezpośrednio wskazówek żadnych udzielić nam nie zdoła, bo wszystkie gwiazdy wydają się jakby w jednéj odległości, jakby na jednéj sferze rozmieszczone. Jeżeli w którymkolwiek kierunku wzrok nasz dostrzega gwiazd więcéj, jeżeli przy pewném położeniu teleskopu w polu jego widzenia więcéj chwytamy tych ciał niebieskich, aniżeli przy inném nastawieniu, to zgoła rozstrzygnąć jeszcze nie potrafimy, czy w okolicy téj gwiazdy są bardziéj skupione, występują obficiéj, czy też przestrzeń w kierunku tym daléj jest bryłami światowemi wypełniona, czy mamy tu grubszą warstwę gwiazd. Otóż Herschel w wywodach swych pierwotnych oparł się na drugiém przypuszczeniu i przyjął, że gwiazdy jednostajnie są w przestrzeni rozłożone, że między niemi jednakie mniéj więcéj wszędzie zachodzą odległości; gdzie zatém w polu widzenia teleskopu więcéj mu się gwiazd przedstawiło, gdzie ich więcéj naliczył, tam granicę świata widzialnego daléj mieścił.

Gdy obserwator wsrok swój przez lunetę w przestrzeń niebieską zapuszcza, to obszar, który okiem obejmuje, rozszerza się na wszystkie strony coraz więcéj, w miarę, jak odległość wzrasta; gdy dwa razy daléj wzrok sięgnie, sięga też dwa razy daléj w górę i na dół, na prawo i na lewo, obejmuje tedy obszar ośm razy większy. Gdy więc w pewnéj okolicy nieba Herschel naliczył

ośm razy więcéj gwiazd, aniżeli w innéj jego stronie, wniósł na podstawie swego przypuszczenia o jednostajnym rozkładzie ciał niebieskich, że cały układ gwiazd w kierunku pierwszym rozciąga się dwa razy daléj, aniżeli w drugim.

Otóż w różnych okolicach nieba rezultat tych obliczeń okazał się nader różnym, w jednych miejscach w drobném polu widzenia teleskopu ukazywały się setki gwiazd, gdy gdzieindziéj kilka zaledwie naliczyć się ich dało. Wpływ drogi mlecznéj występuje tu bardzo wyraźnie, — w stronach od smugi téj najdalszych gwiazdy są najmniéj liczne, a ilość ich wzrasta w miarę, jak się ku niéj zbliżamy. Dla mieszkańca półkuli północnéj zakrytą jest w znacznéj części okolica południowa drogi mlecznéj, zbadał ją wszakże w podobny sposób syn Williama, John Herschel, na południowym krańcu Afryki, — a rozkład gwiazd na niebie południowém okazał się podobnym.

Droga więc mleczna stanowi pas nieba najgęściéj usiany gwiazdami, a obfitość ich maleje w miarę, jak wzrok przesuwamy coraz daléj w jednę i drugą jéj stronę. W przypuszczeniu tedy, że gwiazdy w rzeczywistości jednostajnie są w przestrzeni rozrzucone, wniósł Herschel, że cały ich układ ma postać jakby soczewki spłaszczonéj, która w kierunku drogi mlecznéj sięga pięciokrotnie daléj, aniżeli w kierunku do niéj prostopadłym. Słońce nasze wraz ze swemi planetami mieści się gdzieś w okolicy środka tego olbrzymiego przestworza,—gdy spoglądamy tedy ku brzegom téj warstwy soczewkowatéj wzrok nasz przebiega grubsze pokłady świateł niebieskich, widzimy wtedy szeroką smugę pierścieniowatą, t. j. drogę mleczną, w kierunku zaś do niéj prostopadłym dostrzegamy tylko rzadkie i rozrzucone gwiazdy.

Według poglądu tego gwiazdy jedne dla tego tylko nam się słabszemi i drobniejszemi od innych wydają, że mieszczą się daléj; porównawcza tedy ocena ich blasku pozwala wnosić o ich odległości. Przyjąwszy więc za jednostkę średnią odległość gwiazd pierwszéj wielkości, wniósł Herschel, że średnia grubość całéj warstwy gwiazd wynosi około 155, a średnica jéj 850 takich jednostek.

Na zasadzie tych poglądów polega znana ocena wymiarów całego świata widzialnego, według któréj światło dla przebieżenia od jednego krańca drogi mlecznéj do drugiego potrzebuje około 14000 lat, czyli 7000 lat dla dojścia od najdalszych gwiazd układu do nas, którzy jesteśmy umieszczeni mniéj więcéj w po-

środku systemu. Ocena ta, jak widzimy, niezbyt uzasadniona, wypływa z przypuszczenia, także zresztą dosyć dowolnego, że gwiazdy pierwszéj wielkości przypadają od nas średnio w odległości, którą światło przebiega w ciągu lat 16,—ostatni ten domysł opiera się na znajomości paralaksy niektórych z tych gwiazd.

Liczby te zestawić tylko należy ze znaną szybkością światła, 42000 mil na sekundę, aby pojąć, jak daleko przypadają krańce świata, do których sięgają najpotężniejsze nasze teleskopy. Przypomnijmy sobie jednak, że cała ta ocena polega na nader dowolném przypuszczeniu, że gwiazdy w jednostajnych rozrzucone są w przestrzeni odległościach. Sam Herschel, w miarę jak prace jego coraz większy krąg obejmowały, jak obserwacye coraz więcéj faktów mu odsłaniały, poznawał, że pogląd jego o takim rozkładzie ciał niebieskich nie da się pogodzić z rzeczywistością. Przedewszystkiém silny szkopuł przedstawiały gwiazdy podwójne, t. j. gwiazdy, które oku nieuzbrojonemu lub opatrzonemu słabą tylko lunetą wydają się zwykłemi, pojedyńczemi gwiazdami, ale które za pomocą silniejszych narzędzi optycznych okazują się złożonemi z dwu nader blizkich gwiazdek. Zbliżenie ta mogłoby zapewne być tylko przypadkowém, optycznem, t. j. pozornem,— w rzeczywistości gwiazdy takie mogłyby być nader odległe między sobą, a wydają nam się tak obok siebie położone dla tego tylko, że przypadają na jednéj linii widzenia, że mieszczą się w jednéj linii prostéj, do oka naszego wiodącéj. Tak można było mniemać zapewne, dopóki ilość znanych gwiazd podwójnych była nieznaczną; gdy jednak, dzięki przedewszystkiém usiłowaniom samego Herschla i jego syna, zaczęto je liczyć na tysiące (dziś znamy ich około 11 000), trzeba było wnieść, że gwiazdy takie nie są pozornie tylko w polu lunety zbliżone, ale że między niemi zachodzi związek istotny, fizyczny, że stanowią one jakby układ dwu słońc. Domysł ten stał się prawdą niewątpliwą, odkąd poznano, że gwiazdy takie odbywają drogi dokoła wspólnego środka ciężkości,—niewątpliwie tedy mieszczą się w nader blizkiém stosunkowo sąsiedztwie. Poznano téż podobne gwiazdy potrójne, poczwórne, wielokrotne, tworzące zatém grupę liczniejszą gwiazd niezbyt od siebie odległych. Ztąd już wynika, że ilość gwiazd dostrzeżonych w danym kierunku nie może być wskazówką głębi przestrzeni światowych.

Pomysł jednostajnego rozmieszczenia ciał niebieskich w przestrzeni soczewkowatéj napotyka i innego rodzaju trudności. Tak np. występuje w drodze mlecznéj kilka miejsc postaci okrągłéj

lub owalnéj, które zgoła gwiazd nie zawierają, przedstawiają się tedy jako ciemne plamy na świetlnéj téj smudze; plamy te są tak wyraźne, że nie uszły nawet uwagi żeglarzy angielskich, którzy je nazwali worami węgla. Jedna z nich mieści się w okolicy Krzyża południowego, inna znów w gwiazdozbiorze Łabędzia, śród najbogatszych w gwiazdy okolic drogi mlecznéj; trzebaby tedy przyjąć, że cały pokład gwiazd, w najgrubszéj swéj części, jest w tych miejscach jakby przebity olbrzymim tunelem, w którym ani jedna gwiazdka się nie ukazuje.

Ciemnych tych miejsc nie należy łączyć ze szparą drogi mlecznéj, która się ciągnie na wielkiéj jéj przestrzeni, tak że w znacznéj swéj części wydaje się ona rozdwojoną; zgodziwszy się tedy nawet na budowę soczewkowatą układu drogi mlecznéj, nie można jéj przypisać zupełnéj prawidłowości, — wyobrażać sobie należy brzegi téj soczewki jako rozszczepione, rozsunięte, tak że przecięcie jéj w kierunku grubości, według wyobrażenia Johna Herschla, miałoby mniéj więcéj postać głoski>—.

Gdy tedy pierwotnie obrana droga sondowania nieba okazała się zawodną, Herschel zwrócił się do innéj metody, która rzucić miała pewniejsze światło na wzajemne odległości gwiazd i na ich rozkład w przestrzeni. Metodę tę stanowiła porównawcza ocena ich blasku.

Herschel mianowicie oparł się tym razem na przypuszczeniu, że gwiazdy w ogólności jednakiego są blasku, że jednaką mniéj więcéj posiadają wielkość, — tém przeto każda słabszą, tém drobniejszą nam się przedstawia, im daléj się od nas znajduje; a jeżeli nawet od reguły téj liczne mogą być odstępstwa, to w każdym razie da się ona odnieść do całych grup ciał niebieskich, że zatém średnia odległość gwiazd piątéj np. wielkości jest znaczniejszą niż czwartéj, i to w stosunku, który da się oznaczyć z porównania ich blasku.

I w tém wszakże ograniczeniu pogląd ten trudno za uzasadniony uważać. Nasz przecież układ słoneczny złożony jest z brył nader różnych wymiarów, począwszy od drobiazgów meteorycznych do Jowisza, którego objętość przewyższa ziemię naszę tysiąc razy, i do słońca, milion razy od niéj większego. Analogia pozwala nam wnosić, że podobne stopniowanie ma miejsce w całéj przestrzeni światowéj, a w takim razie dla czegóż koniecznie gwiazdy słabiej świecące mają być odleglejszemi, czyż nie mogą to być rzeczywiście bryły mniejsze, aniżeli gwiazdy jaśniéj błyszczące?

To, co obecnie wiemy o paralaksach, a zatém o istotnych odległościach gwiazd, domysł ten potwierdza. Z kilkunastu gwiazd, których paralaksę znamy z dostateczną pewnością, trzy tylko, jakeśmy widzieli, należą do świetniejszych, u innych gwiazd pierwszéj wielkości paralaksy dotąd dopatrzeć nie zdołano, trzeba je tedy uważać za bardziéj oddalone aniżeli gwiazdki słabsze, których odległość wymierzyć się dała. Najbliższą nas okazała się gwiazda półkuli południowéj, α Centaura,—oddalenie jéj przechodzi 265,000 razy odległość ziemi od słońca, wynosi tedy przeszło 4 tryliony (4 z dwunastu zerami) mil. Gdyby słońce przeniesione zostało na miejsce α Centaura, świeciłoby około 70 000 000 razy słabiéj, niż obecnie. Z dokonanych wszakże dotąd pomiarów fotometrycznych wypada, że światło, które otrzymujemy od α Centaura, jest tylko 20 000 000 razy słabsze od światła słonecznego, należy wnieść przeto, że gwiazda ta posiada blask trzy razy większy aniżeli słońce nasze, że zatém prawdopodobnie i wymiary posiada znaczniejsze.

Jeszcze bardziéj uderzającym okazuje się rachunek podobny co do najświetniejszéj gwiazdy naszego nieba, Syryusza. Odległość jego przenosi milion z górą razy odległość naszą od słońca, a w takiém oddaleniu to ostatnie byłoby już gwiazdką bardzo słabą. Istotny blask Syryusza przewyższa prawdopodobnie kilkaset razy blask słońca, a jeżeli przyjmiemy, że jasności gwiazdy odpowiadają jéj wymiary, powiedzieć możemy, że powierzchnia Syryusza przewyższa kilkaset razy powierzchnię słońca, a tém samém w przestrzeni przez niego zajętéj pomieściłby się mogło kilka tysięcy brył wielkości naszéj gwiazdy dziennéj. Natomiast znów gwiazda przeszło dwa razy niż Syryusz nas bliższa, zwana 61-ą gwiazdozbioru Łabędzia, stanowi gwiazdkę zaledwie 6 wielkości i od naszego słońca jest prawdopodobnie bryłą znacznie mniejszą.

Wobec tych wywodów pojmujemy, że badania Herschla, oparte na przypuszczeniu jednakowéj wielkości, jednakiego blasku gwiazd, nie mogły do pomyślnego rezultatu doprowadzić. Wymiary świata według téj metody okazały się większemi, aniżeli wysnute na podstawie sondowania nieba; na zasadzie rachunków swych przypuszczał Herschel, że najdalsza okolica drogi mlecznéj, do któréj teleskop jego sięga, obejmuje gwiazdy 900 razy daléj położone, aniżeli gwiazdy pierwszéj wielkości, a światło na przebieżenie przestrzeni, oddzielającéj od nas te gwiazdy dalekie, wymaga około 14 000 lat, dwa razy zatém więcéj, aniżeli wykazała metoda pierwsza. I ta liczba wszakże pozostaje ułudną, skoro

nie umiemy rozstrzygnąć, czy słabą jasność tych gwiazdek przypisywać mamy ich większéj odległości, czy téż mniejszym wymiarom.

Zmiana metody nie wywołała istotnéj zmiany w poglądach Herschla na budowę drogi mlecznéj czyli układu gwiazd. Ostatecznych wyników długoletnich swych poszukiwań nie wypowiada on jasno, i zdaje się, że nie zdołały go one do stanowczych doprowadzić wniosków. U schyłku więc życia pozostał on w ogólności na takiémże stanowisku, na jakiém i dziś jeszcze, niestety, znajduje się nauka w lat siedemdziesiąt po śmierci tego zasłużonego męża.

V.

Dzięki coraz obszerniejszym spisom gwiazd i coraz dokładniejszym kartom nieba następcy Herschla rozporządzali materyałem bogatszym, a jakkolwiek, powtarzamy, istotny rozkład gwiazd w przestrzeni światowéj bardzo jeszcze jest zagadkowym, zdaje się wszakże, że rozstać się należy z pomysłem o zupełnéj spółrzędności gwiazd, o ich jednostajnéj wielkości i o ich jednostajném rozmieszczeniu.

Wiemy już, że większa obfitość gwiazd w okolicy drogi mlecznéj zależeć może bądź od tego, że pokłady ciał niebieskich w okolicy téj są grubsze, że w kierunku tym wymiary świata sięgają daléj, bądź téż od tego, że gwiazdy nietylko pozornie, ale i rzeczywiście są tu silniéj skupione, są tu gęściéj rozłożone.

Rozstrzygnięciem téj wątpliwości zajął się Struve; oczywiście jednak, ponieważ zgoła brak nam tu pewnych wskazówek, oprzéć się wypada na prawdopodobieństwie. Struve więc, podobnie jak Herschel, jasność gwiazd przyjął w ogólności za miarę ich oddalenia; w tém przypuszczeniu, biorąc za punkt wyjścia liczbę gwiazd każdéj wielkości, obliczył względną ich odległość, przyjmując raz, że gwiazdy rozmieszczone są w przestrzeni jednostajnie, powtóre zaś, że gęstość ich pozorna, jaką na sklepieniu dostrzegamy, jest oraz gęstością ich istotną. Z rachunków tych wypadło, że w pierwszym przypadku gwiazdy 9 wielkości znajdowałyby się od nas 20 razy, w drugim zaś 33 razy daléj, aniżeli gwiazdy pierwszéj wielkości. Jeżeli jednak przypisujemy gwiazdom jednostajną wielkość, to względną ich odległość ocenić możemy metodą fotometryczną, t. j. na zasadzie natężenia ich światła;

obliczenie to uczy znów, że gwiazdy 9 wielkości przypadają w ogólności 34 razy daléj aniżeli pierwszéj wielkości, i poznajemy łatwo, że rezultat ten zgadza się lepiéj z drugiém, aniżeli z pierwszém z dwu powyższych przypuszczeń, a to upoważnia do wniosku, że gwiazdy nietylko pozornie, ale rzeczywiście gęściéj są w pobliżu drogi mlecznéj skupione.

Według tego uważa Struve, że cały system gwiazd składa się z pokładów czyli warstw biegnących równolegle do drogi mlecznéj; w płaszczyźnie głównéj czyli środkowéj są one ułożone najgęściéj, a w pobliżu środka téj warstwy mieści się i nasze słońce. Po obu jéj stronach gwiazd jest coraz mniéj, ubytek ten wszakże jest stopniowy, tak, że górnéj ich granicy oznaczyć nie zdołamy, podobnie jak to ma miejsce z atmosferą naszą, o któréj wiemy wprawdzie, że w miarę oddalania od powierzchni ziemi staje się coraz rzadsza, powiedzieć wszakże nie umiemy, gdzie się ona kończy zupełnie.

Zasada fotometryczna, do któréj odwołał się Struve, polega wprawdzie jeszcze na przypuszczeniu, że ocena blasku gwiazd różnéj wielkości daje pojęcie o ich odaleniu, do podobnegoż wszakże wniosku o gęstszém ich skupieniu w okolicach drogi mlecznéj prowadzą i uwagi oparte na ruchu własnym gwiazd, którym wypadnie nam się jeszcze zająć.

William Herschel przy sondowaniach swych nieba brał pod uwagę ogół dostrzeżonych gwiazd, nie uwzględniając ich wielkości; John Herschel, prowadząc podobne obserwacye na Przylądku Dobréj Nadziei, rozróżniał gwiazdy rozmaitych klas, a dokładniéj zestawienia te przeprowadził Argelander w wywodach opartych na podstawie spisanego przez siebie katalogu. Z wykazów tych wypływa różnica w rozkładzie gwiazd mniejszych i większych; cośmy dotąd mówili o silniejszém skupieniu w okolicy drogi mlecznéj, odnosi się przedewszystkiém do gwiazd słabszych, większe natomiast, aż do 6—7 wielkości, rozrzucone są po niebie dosyć jednostajnie. W tych okolicach nieba, gdzie obfitość gwiazd jest największa, jest też największy stosunek ogółu gwiazd do gwiazd świetniejszych; tak np. w saméj drodze mlecznéj wszystkich gwiazd (raczéj do 10 wielkości, dokąd sięgają katalogi Argelandera) jest 89 razy więcéj aniżeli gwiazd 1—6 wielkości, w stronach od drogi mlecznéj najdalszych (około jéj biegunów) zaledwie 39 razy więcéj. Z wykazów Argelandera wypływa daléj, że w jednakich odstępach od drogi mlecznéj, ale w różnych kierunkach, w różnych pasach nieba prostopadle do niéj prowadzonych, rozkład

gwiazd także nie jest jednostajnym, wyróżnić się dają pasy bogatsze i uboższe w ciała niebieskie.

W rozkładzie najświetniejszych gwiazd nieba inną jeszcze odrębność od gwiazd słabszych dopatrzyli Secchi i Gould, to mianowicie, że gwiazdy rozłożone są na niebie symetrycznie nie tyle względem drogi mlecznéj, ile raczéj względem pewnego pasa jasnych gwiazd, który ku drodze mlecznéj, według Goulda, pochylonym jest na 19° i przecina ją w gwiazdozbiorach Kassyopei i Krzyża Południowego. Gwiazdy pierwszych czterech wielkości tém są obfitsze w każdéj okolicy, im mniejszą jest jéj odległość od tego pasa. W powszechnym przeto systemie gwiazd wyróżnić można grupę niezbyt liczną gwiazd jasnych, w skład któréj wchodzi i nasze słońce.

Wogóle bowiem w całéj przestrzeni zajętéj przez gwiazdy nie są one rozmieszczone jednostajnie, ale raczéj skupiają się w grupy, oddzielone pustemi stosunkowo przerwami. Ogół tych grup stanowi układ drogi mlecznéj; przyjąć możemy wprawdzie z dostateczną pewnością, że układ ten zajmuje przestrzeń mającą postać płaskiego stosunkowo kręgu, którego wysokość nie przechodzi zapewne ósméj części jego szerokości, ale nie możemy rozstrzygnąć, czy gwiazdy wszędzie przestrzeń tę wypełniają, czy raczéj rozmieszczone są dokoła w formie pierścienia, albo wreszcie, czy grupują się w kilka takich pierścieni. Newcomb znów wyobraża sobie układ gwiazd rozpostarty w kierunku dwu płaszczyn, przecinających się w postaci płaskiego $\times$; grupa, w skład któréj wchodzi nasze słońce, przypada w pobliżu punktu skrzyżowania. W samym środku układu mieścić słońca nie można, w różnych bowiem kierunkach gęstość gwiazd jest różna; nie przypada ono też i w głównéj płaszczyźnie drogi mlecznéj, gdyż ta ostatnia nie tworzy na niebie koła wielkiego, ale zajmuje koło małe, oddalone mniéj więcéj o 5° od równoległego koła wielkiego, to jest przechodzącego przez środek pozornéj kuli niebieskiéj.

VI.

Wywody, o których mówiliśmy dotąd, polegają w ogólności na przypuszczeniu jednakiego blasku lub też jednakowego rozmieszczenia gwiazd w przestrzeni; widzieliśmy wszakże, że pogląd taki słabo albo raczéj wcale uzasadnionym nie jest, a nawet dostrzegliśmy niejakie wskazówki, które w ugrupowaniu gwiazd

słabszych pozwalają dostrzegać pewną odrębność od gwiazd większych, jaśniejszych. Różnice te silniéj wypływają z badań astronoma amerykańskiego Proctora, opartych na podstawie zgoła odmiennéj, na faktach, które astronomom dawniejszym wcale nie były znane. Mówimy tu o ruchu własnym gwiazd stałych,—a rzecz ta, bez względu nawet na teoryę Proctora, dosyć jest ważna, aby się jéj bliżéj nieco przyjrzéć.

Wiemy dziś dobrze, że gwiazdom stałym nazwa ta zgoła nie przysługuje, a używać jéj można tylko dla zaznaczenia różnicy od planet; jeżeli zaś pozornie zajmują niezmienne na sklepieniu niebieskiém położenie, to pochodzi jedynie od ich niezmiernéj odległości. Że księżyc przesuwa się na niebie, dostrzeżemy łatwo, porównywając położenie jego na niebie względem gwiazd sąsiednich w ciągu dwu następujących po sobie nocy; przebiega on bowiem około 10000 mil dziennie, a jest odległy od nas tylko na 50000 mil. Aby dostrzedz ruch planet, choć one szybciéj się poruszają, czekać trzeba dni kilka lub kilkanaście, odległe są bowiem od nas na miliony i dziesiątki milionów mil, ale jakżeż zdołamy poznać ruch gwiazdy oddalonéj od nas na tryliony mil; choć się przesunie na setki, tysiące i miliony nawet mil, to zmieni swe położenie względem nas zaledwie o długość niedostrzegalną. Żywot jednego człowieka jest zbyt krótkim, aby zmianę taką dostrzedz, a cały ciąg dotychczasowego istnienia człowieka nie wystarcza, aby w skutek tego ruchu widok nieba gwiaździstego zmienił się dla nas. Porównywając jedynie ścisłe obserwacye dawniejszych astronomów z dostrzeżeniami dzisiejszemi, dojść można, czy gwiazdy na swych miejscach pozostają, czy téż zmieniają na niebie swe położenie. Taką, statystyczną niejako drogą, już przed stu laty Tobiasz Mayer poznał ruch około 80 gwiazd; obecnie, dzięki pracom Argelandera i Mädlera, ocenić można liczbę gwiazd, posiadających niewątpliwie ruch własny, na 4,000. Wskutek ruchu tego zmieniają one na niebie w ciągu roku położenie swe w ogólności zaledwie o drobny ułamek sekundy, nader niewielka ich liczba przesuwa się więcéj niż o jednę sekundę, a największy ruch roczny wynosi 7″.

Badania powyższe wszakże o biegu gwiazdy wtedy tylko świadomość dać nam mogą, gdy przesuwa się ona niejako poprzecznie względem kierunku, w którym ją widzimy, ale że nie mamy wcale możności oceny, czy gwiazda znajduje się bliżéj nas czy daléj, przeto téż nie wiemy zgoła, czy ona ku nam się zbliża, czy téż oddala,—ruchu ku nam zwróconego zgoła znać nie możemy;

dzięki jednak metodom analizy spektralnéj i on nie uszedł baczności ostatnich czasów. O ruchu bowiem gwiazdy świadczy promień jéj światła, rozszczepiony w pryzmacie na składowe swe barwy. Skoro gwiazda ku nam się zbliża, lub od nas oddala, linie ciemne, przerzynające barwne jéj widmo, nie pozostają na swych miejscach, ale przesuwają się ku jednemu lub drugiemu jego końcowi, w stronę fioletu lub czerwieni. Przesunięcie to wprawdzie niesłychanie jest drobne, Huggins wszakże, Vogel, oraz astronomowie z Greenwich nietylko zdołali je dopatrzéć, ale nawet dokładnie ocenić, a na téj zasadzie obliczyli szybkość gwiazd tak sunących; zgodność osiągniętych rezultatów przemawia za ich wiarogodnością. W ten sposób poznano ruch około czterdziestu gwiazd: Syryusz np. oddala się od nas z szybkością 50, Wega zbliża się z szybkością 75 kilometrów na sekundę [1]).

Wskutek ruchów tych wszakże widok nieba gwiaździstego nie prędko wyraźnéj zmianie ulegnie. Zapewne, zbliżająca się Wega z czasem stanie się gwiazdą jaśniejszą, oddalający się Syryusz słabszą, ale znana szybkość ruchów pozwala wnosić, że zmiany te zaledwie po upływie stu tysięcy lat z górą wyraźne się staną.

VII.

Otóż, rozejrzawszy ruchy gwiazd, wyprowadził z nich Proctor wnioski bardzo zajmujące,—stanowią one dlań dowód, że odległość gwiazd drobnych znacznie dotąd przeceniano.

Zestawił on mianowicie ruchy tysiąca z górą gwiazd 1—6 wielkości i zebrał je w dwie grupy, zaliczając do pierwszéj gwiazdy 1, 2 i 3, do drugiéj 4, 5 i 6 wielkości. Porównanie to nauczyło, że przecięciowa szybkość gwiazd słabszych nie ustępuje zgoła szybkości jaśniejszych. Gdyby gwiazdy świetniejsze były zarazem bliższe nas, to pozorne ich ruchy, jakeśmy to rozważyli wyżéj, musiałyby być dla nas szybsze, aniżeli gwiazd dalszych, chybabyśmy się odwołali do nieprawdopodobnego przypuszczenia, że rzeczywiście gwiazdy tém chyżéj po drogach swych suną, im daléj od nas przypadają. Skoro się tedy okazuje, że w ogólności gwiazdy jaśniejsze z biegiem czasu zmieniają położenie swe na niebie w stopniu nie większym, aniżeli gwiazdy słabsze, to téż niepodobna tych ostatnich mieścić w odległościach wielokrotnie większych, czyli, innemi słowy, różnica w blasku gwiazd raczéj od istotnéj ich wielkości, aniżeli od oddalenia ich zawisła.

---

[1]) Aby nie zrywać jednolitości opowiadania, pomijamy tu dokładniejszy wywód téj ciekawéj metody, przenosząc go do oddzielnéj noty „O ruchach gwiazd".

Na poparcie poglądu swego powołuje się Proctor i na inną jeszcze, niemniéj wymowną okoliczność.

Jeżeli weźmiemy pod uwagę kierunki, w których różne gwiazdy biegną, to nietrudno dojrzéć, że na niebie występują grupy gwiazd, rozrzuconych po znacznéj nawet przestrzeni nieba, a posiadających ruch wspólny, t. j. w jednakim kierunku; rzecz ta staje się zwłaszcza wyraźną, gdy na kartach nieba ruchy gwiazd oznaczymy strzałkami. Tak np. w gwiazdozbiorze Byka znaczna ilość gwiazd posuwa się wspólnie ku wschodowi, o 10″ mniéj więcéj w ciągu stulecia; tak samo z pomiędzy siedmiu głównych gwiazd Wielkiéj Niedźwiedzicy pięć posiada ruch wspólny ku zachodowi, inne znów gwiazdy w sąsiedztwie téj konstelacyi dają się ująć w inną grupę. W gwiazdozbiorach Raka i Bliźniąt znajdujemy kilkadziesiąt gwiazd sunących ku południo-wschodowi w znacznéj części po linijach niemal równoległych.

Objawy te wspólnego ruchu nazywa Proctor prądem gwiaździstym (*star-drift*) i uważa gwiazdy należące do jednego prądu za związane między sobą pewnym węzłem fizycznym, stanowiące pewną grupę istotną, nietylko optyczną. Gwiazdy pozornie na niebie zbliżone mogą być w rzeczywistości nader między sobą odległe, ruch ten wspólny każe się wszakże domyślać pewnego między niemi związku, zmusza nas do wniosku, że gwiazdy do jednéj takiéj grupy należące nie mogą być zbyt między sobą odległe. Prąd zaś taki, grupa taka obejmuje gwiazdy nader różnéj jasności, nie możemy przeto gwiazd słabszych mieścić gdzieś niewypowiedzianie daleko po za świetniejszemi, a blask ciał niebieskich nie może być miarą, wskazówką ich odległości. Dla tego też Proctor przypisuje drodze mlecznéj wymiary daleko mniejsze, aniżeli badacze poprzedni.

Dokładne karty nieba wskazują, że gwiazdy jaśniejsze występują po brzegach drogi mlecznéj, stanowią jakby jéj słupy graniczne; rozkładu takiego uważać niepodobna za przypadkowy, między gwiazdami jaśniejszemi przeto a drobnemi, które ów szlak niebieski tworzą, zachodzić musi pewien związek, nie można tych ostatnich odsyłać w dal niezmierzoną.

Dla wyjaśnienia wreszcie różnych szczegółów drogi mlecznéj, jéj miejsc jaśniejszych i bledszych, jéj rozdwojeń i przerw zupełnie ciemnych, przyjmuje Proctor, że stanowi ona układ gwiazd wężowo zwinięty, którego skręty przypadają już to bliżéj, już daléj od nas, pozostawiając między sobą i przerwy zupełnie puste,—tam

więc ukazują się owe otwory, któremi przeglądamy w bezgwiaździstą przestrzeń światową.

Oczywiście, obmyślać można różne systemy podobnych skrętów, które jednakowo dobrze nagiąć można do wytłomaczenia szczegółów, w przebiegu drogi mlecznéj dostrzeganych, — a to wszystko uczy, jak niepewne są jeszcze wiadomości nasze o jéj budowie i wymiarach.

VIII.

Wywody Proctora stanowią jakby zwrót w poglądach na bezmiar wszechświata. Pojęcie to, jak widzieliśmy, rozwijało się zwolna, granice świata usuwały się coraz daléj, aż nakoniec pojęcie wszechświata przywykł łączyć człowiek z pojęciem nieskończoności; nowe badania wszakże cofają się na téj drodze i bezgraniczności kres znów wskazują. Opierając się na zasadach wyżéj przytoczonych, przyjmuje Secchi, że światło potrzebuje dziesięciu tysięcy lat, aby dobiegło do nas od najdalszych gwiazdek drogi mlecznéj, dających się dostrzedz przez najpotężniejsze teleskopy nasze, które przecież nie przenikają całéj grubości téj warstwy gwiazd; pomimo to, mówi, nie możemy świata nieskończonym nazywać, żadna bowiem rzecz złożona z części określonych i oddzielonych nie może być nieskończoną. Proctor redukuje znacznie wymiary drogi mlecznéj, — skoro wszakże nasuwa się do rozstrzygnięcia pytanie, czy świat ten cały skończony jest czy nieskończony, świadectwo drogi mlecznéj zgoła dostatecznem nie jest, odwołać się trzeba i do owych świetlnych obłoczków, rozmaitéj wielkości i różnego blasku, rozrzuconych po niebie, jakby odłamki olbrzymiéj smugi drogi mlecznéj, które charakteryzuje tak dobrze nazwa mgławic.

Przed wynalezieniem teleskopu nie znano ani jednéj podobnéj formy, jakkolwiek dobre oko dostrzedz ich może kilkanaście; dziś znamy ich około 6000, odkrytych i spisanych głównie przez Herschlów. W miarę, jak teleskopy coraz potężniejsze mnożyły liczbę tych dalekich utworów, rozstrzygały i zagadkę ich istoty. Wykazały mianowicie, że podobnie, jak droga mleczna, stanowią one zbiorowiska gwiazd, tak dalekich, drobnych i skupionych, że wywierają wrażenie zaledwie jasnego obłoczka.

Przez chwilę zdawać się mogło, że wszystkie mgławice dadzą się w ten sposób na zbiorowiska gwiazd rozwiązać, że jeżeli

nie rozwiązane, to przynajmniéj są rozwiązalne. Nadzieja ta okazała się zawodną, znaczna bowiem ilość wielkich i świetnych mgławic rozwiązać się nie dała, tak że od zbiorowisk gwiazd odróżnić należy mgławice właściwe; w ogólnéj liczbie mgławic pierwszych jest daleko więcéj, drugie zalecają się osobliwém bogactwem form, a niemniéj znaczne różnice zachodzą i co do ich wielkości.

Podział mgławic na dwie te, zupełnie odrębne grupy ostatecznie potwierdził spektroskop,—poznano bowiem, że mgławice właściwe, nierozwiązalne, dają widmo złożone z jasnych linij, których bywa niekiedy jedna tylko, najczęściéj trzy. Analiza spektralna uczy, że właściwe takie widmo linijne, widmo złożone z prążków jasnych, jest widmem gazu płonącego; w ten sposób potwierdzonym został dawny domysł, że mgławice te stanowią masy gazu płonącego, materyę pierwotną, ze skupienia któréj tworzą się światy. Mgławice rozwiązane, zbiorowiska gwiazd, dają widma ciągłe, odpowiadające widmom słońca i gwiazd. Napotykają się także formy, przedstawiające jakby gwiazdy osłonięte powłoką obłoczkowatą, — widzimy tu tedy może początki skupiania téj pierwotnéj substancyi gazowéj, a odpowiednio temu widmo ich składa się ze słabego widma ciągłego i kilku linij jasnych. W liniach tych Huggins i inni badacze rozróżnili głównie widma wodoru i azotu, z tych przeto gazów przeważnie składają się mgławice.

Jakkolwiek ta różnica widm—ciągłego i linijnego—jest bardzo wymowna i przekonywająca co do dwojakiéj natury mgławic, to wszakże przed kilku laty astronom angielski Stone zwrócił uwagę na to, że i widmo linijne może być widmem zbiorowiska gwiazd, otoczonego wielką, wspólną atmosferą, podobnie jak słońce nasze otoczone jest powłoką gazową. W niesłychanéj odległości, w jakiéj się zbiorowiska te znajdują, światło oddzielnych gwiazd słabnie, a my dostrzegamy światło saméj ich powierzchni, to jest owéj powłoki. Pogląd ten wszakże nie znalazł stronników i nie wzbudził wątpliwości co do istnienia rzeczywistych mgławic, utworzonych z substancyi gazowéj.

IX.

Nie zdołano dotąd wyznaczyć paralaksy ani jednéj mgławicy, nie umiemy tedy nic pewnego o odległości ich powiedzieć,

a tém samém pozorna ich wielkość, jaką na niebie zajmują, zgoła o istotnéj ich rozległości nas nie uczy; domysły przeto, hypotezy, bujniejsze tu jeszcze aniżeli w przedmiocie gwiazd właściwych znajdują pole. Zagadka główna streszcza się w pytaniu, czy mgławice przypadają jeszcze w obszarze zajętym przez nasz układ gwiazdowy, czy téż wybiegają daleko poza jego kresy,— czy z systematem drogi mlecznéj wiążą się w jednę całość, czy téż tworzą odrębne zgoła światy, tonące w niepojętych głębiach przestrzeni.

Rzecz jasna, że idei nieskończoności wszechświata przyniosły one pożądane poparcie; w mgławicach bowiem, które za pomocą potężnych teleskopów rozwiązać się dały w zbiorowiska gwiazd, widziano układy, odpowiadające drodze mlecznéj, którąby także skupiła się w mgławicę tylko, gdybyśmy się jéj z nieskończonéj odległości przyjrzéć mogli. W mgławicach nierozwiązanych można było dostrzegać zbiorowiska dalsze jeszcze, które i w najdzielniejszych przyrządach astronomicznych słabemi się tylko obłoczkami wydają, — a w dalszym ciągu pogląd ten wiódł tatwo do systematów coraz wyższych, mielibyśmy tedy właśnie owe drogi mleczne mgławic, czyli drogi dróg mlecznych, o których mówiła dawna hypoteza Lamberta.

Odkąd jednak spektroskop udowodnił, co dawniéj domysłem tylko być mogło, że istnieją prawdziwe mgławice utworzone z gazu płonącego, z substancyi pierwotnéj, ginie téż potrzeba usuwania podobnego obłoczka na odległość niedoścignioną, dla tego tylko, że teleskop nie zdołał go na zbiorowisko gwiazd rozwiązać, —mogą to być owszem utwory stosunkowo dosyć nas bliskie.

Na poparcie ostatniego tego poglądu przytacza Klein także dowód zaczerpnięty z ruchów mgławic podwójnych, które stanowią utwory, odpowiadające znanym nam już gwiazdom podwójnym. Otóż w niektórych takich mgławicach podwójnych dostrzeżono ruch, zdradzający podobny obieg wspólny, jak i w gwiazdach podwójnych. W jednéj takiéj parze, odkąd ją dostrzeżono, odległość wzajemna obu jéj części zmniejszyła się o kilkanaście stopni, zkąd wnosić można z dostatecznem prawdopodobieństwem, że czas ich obiegu wynosi około tysiąca lat. Okres ten może się nam niepojęcie długim wydawać tylko, gdy go skalą stosunków ludzkich mierzyć zechcemy, w astronomii nie może on uderzać. Czas obiegu niektórych gwiazd podwójnych wynosi całe setki lat, a nie mamy nawet potrzeby aż do nich po przykłady sięgać, skoro i ostatnia planeta naszego układu na od-

bycie drogi swéj dokoła słońca 165 lat łoży. Widzimy więc, że ruchy mgławic podwójnych uważać można za równorzędne z innemi odpowiedniemi ruchami astronomicznemi, a i to zapewne nakazuje raczéj zaliczać je do naszego układu gwiazdowego, aniżeli wyznaczać im miejsce gdzieś w dalszéj, tajemniczéj przestrzeni.

Niejakie zresztą wskazówki podaje i sam ich rozkład na niebie. Jakkolwiek mgławice rozrzucone są po całém sklepieniu, a na półkuli południowéj stosunki niezupełnie odpowiadają północnéj, dostrzedz jednak nietrudno, że mgławice istotne unikają sąsiedztwa drogi mlecznéj, a skupiają się przeważnie u jéj biegunów, w miejscach najbardziéj od niéj odległych; mgławice natomiast rozwiązane, zbiorowiska gwiazd zatém, napotykają się właśnie jéj w pobliżu. Rozkład taki przypadkowym być nie może; gdyby zbiorowiska te stanowić miały oddzielne drogi mleczne, byłyby raczéj jednostajnie po całém niebie rozrzucone.

Wszystkie te uwagi prowadzą tedy do wniosku, że zarówno gwiazdy jak i mgławice wypada zaliczyć do ogólnéj, jednéj grupy ciał niebieskich, która w drodze mlecznéj najwybitniejszy swój wyraz znajduje. Kosmogonia dzisiejsza przywykła uważać cały nasz system słoneczny za wytwór jednéj pierwotnéj mgławicy; stan obecny nieba pogląd ten potwierdza, stawiając nam przed oczy materyę światową w różnych stadyach rozwoju — od mgławic do słońc i planet. Znamy mgławice, w których występuje jakby częściowe dopiero skupienie; na tle jasnego obłoczka ukazują się gwiazdki, dokoła których dostrzegamy często przerwy owéj pierwotnéj substancyi, jakby zużytéj na materyał do wytworzenia tych gwiazd. Wspomnieliśmy wyżéj, że na skrajach drogi mlecznéj grupują się licznie większe gwiazdy; podobnie i w wielu mgławicach gwiazdki ukazują się dokoła ich brzegów, lub otaczają wytworzone w nich przerwy, — rodzące się gwiazdki szerzą spustoszenie w substancyi mgławic.

I droga mleczna przedstawia niewątpliwie ślady takiego stopniowego skupiania; składające ją gwiazdy nie wypełniają jéj jednostajnie, ale wszędzie okazują dążność do łączenia się w grupy gęstsze, oddzielone przestrzeniami mniéj lub więcéj prożnemi. Nie wszędzie nawet skupianie tak daleko już zaszło, bo Secchi napotkał w niéj miejsca dające widma linijne, przestrzenie zatém zajęte jeszcze substancyą gazową, pierwotną. Pas drogi mlecznéj wskazuje kierunek, w którem zagęszczanie materyi pierwotnéj przedewszystkiem się rozwijało, pozostawiła ona tylko strzępy na niebie, które w sąsiedztwie jéj przetworzyły się już w zbio-

rowiska gwiazd, gdy w okolicach dalszych zachowały jeszcze początkową naturę mgławic.

O kosmogoniczne te teorye potrąciliśmy zresztą mimochodem tylko, łatwo bowiem unieśćby nas mogły po za zakres, któryśmy sobie na teraz wyznaczyli — i tak aż nazbyt rozległy; widzimy jednak, że i one nagiąć się dają do poglądu, naznaczającego światu wymiary skończone. Poza naszą drogą mleczną nie mamy już innych dróg mlecznych, nie jest ona już odłamkiem nieskończoności, stanowi wszechświat cały, mgławice są tylko jéj odrywkami, szczątkami.

Ograniczenie to świata niewątpliwie niełatwo da się pogodzić z powszechném wyobrażeniem o nieskończoności przestrzeni; spekulacye jednak geometryi nowéj stawiają umysłowi naszemu szkopuł jeszcze cięższy, gdy zgoła o skończoności przestrzeni mówią. Przestrzeń, uważa Riemann, jeden z najgenialniejszych matematyków ostatnich czasów, pojmować musimy wprawdzie jako nieograniczoną, nie możemy bowiem wyobrazić sobie miejsca, któreby ze wszech stron nie miało przestrzeni; nie idzie jednak za tém, aby miała być nieskończoną. Jakkolwiek trudno to pojąć, możemy dla przykładu przytoczyć powierzchnię kuli, która nie przedstawiając granic żadnych, jest przecież skończoną, obejmuje tylko ograniczoną liczbę jednostek, cali kwadratowych dajmy i na któréj posuwając się w niezmiennym kierunku, wracamy ostatecznie do punktu wyjścia.

O abstrakcyjném takiém pojęciu przestrzeni, sprzeczném z jéj wyobrażeniem, do którego prowadzi nas zwykła obserwacya zmysłowa, mówiono wiele w ostatnich czasach; w mozolne te dziedziny wszakże nie mamy potrzeby się zapuszczać, idzie nam tu o świat materyalny, a nie o kwestyę przestrzeni.

Przeciwko nieskończoności świata postawiono argument dostępniejszy. Gdyby on był nieskończonym i nieskończoną ilością gwiazd zapełniony, kula niebieska w całéj swéj rozciągłości musiałaby jaśnieć blaskiem słonecznym; to wszakże miejsca nie ma, a teleskopy wykazują na niebie obszary zgoła niemal wolne od gwiazd i zupełnie ciemne, nie można tedy ilości gwiazd za nieskończoną uważać. Wielu wprawdzie astronomów dla ocalenia idei nieskończoności, dla pogodzenia faktów obserwowanych z wynikami swych teoryj o odległości gwiazd, przyjmowało, że światło z tych dalekich stref przybywające słabnie silniéj, aniżeli według znanego prawa kwadratów z odległości; znaczy to, że ulega w drodze pewnemu przytłumieniu, pochłanianiu. Trzebaby

tedy w dalszym ciągu przypuścić, że promienie napotykają na drodze swéj ciała ciemne, przez które niepodobna im się przedrzeć. Trudno wszakże byłoby nam zgodzić się na olbrzymie jakieś, a ciomne bryły, obficie w przestrzeni rozrzucone; łatwiéj zapewne możnaby pojąć przypuszczalną tę substancyę pochłaniającą w postaci pyłu kosmicznego, który wszakże, podobnie jak pył atmosferyczny, światło przytłumia. ale nie gasi go całkowicie. Hypoteza ta absorbcyi światła staje się atoli zbyteczną, skoro nie mówimy już o jednostajnym rozkładzie gwiazd w każdém miejscu przestrzeni, skoro świat fizyczny jako ograniczony uważamy.

Bardziéj jeszcze bezużytecznem będzie pytanie, czy poza naszym światem nie istnieją światy inne, zapełniające obcą nam przestrzeń, ożywiające nieznane nam niebo? Światy wszakże takie pozostać muszą całkiem dla nas tajemnicze. Jeżeli bowiem odległości księżyców od planet są drobne względem odległości planet od słońca, tak samo znów jak te ostatnie są nieznaczne względem odległości słońc między sobą, tak też należy przyjąć, że świat taki, odrębny od naszego układu gwiazdowego, mieściłby się zapewne w odległości, wobec któréj znikłyby wymiary drogi mlecznéj; i te jednak już wymiary przechodzą obszar działalności najsilniejszych naszych teleskopów, w jakiż sposób moglibyśmy dojrzéć bryły tylekroć daléj umieszczone? Domysły przeto o niedojrzanych tych światach są czcze zupełnie, tém bardziéj bezużyteczne, że świat widzialny przedstawia materyał aż nazbyt bogaty dla badań naszych. Jakkolwiek bowiem, przypomina słusznie Secchi, świat nasz uważać będziemy za ograniczony, jest on jeszcze o wiele zawielkim, abyśmy go pojąć zdołali.

Próżno też usiłowalibyśmy rozstrzygnąć dziś pytanie, czy cały świat ten, dostępny wzrokowi naszemu, stanowi całość ograniczoną, czy jest on ogniwem tylko nieskończonego łańcucha światów. Nie można nawet powiedzieć, by pod tym względem toczyły się istotne spory; wszystkie bowiem wnioski nasze o budowie wszechświata tak są jeszcze niepewne, na tak niedostatecznéj jeszcze podstawie faktów oparte, że inaczéj niż domysłami nazywać ich niepodobna. Nie należy jednak z tego względu stawiać zarzutów astronomom, którzy się w hypotetyczną tę dziedzinę wdzierają, boć odcyfrowanie istotnéj budowy świata jest ostatnim i najwyższym celem wszelkich dociekań astronomicznych.

X.

Nie sama wszakże tylko budowa świata, nie sam tylko rozkład gwiazd w przestrzeni stanowi ów ład, o którym tu mówimy, zależy on i od ruchów, którym ciała niebieskie ulegają, podobnie jak nazwą systemu słonecznego obejmujemy nietylko uporządkowanie planet i ich księżyców, ale i linie, po których one drogi swe toczą.

Wiemy już, że gwiazdy, pozornie zajmujące stałe na niebie położenie, w rzeczywistości ulegają ruchom. I choćby nawet do wniosku tego nie doprowadziło nas porównanie dzisiejszych z dawniejszemi spisami gwiazd, ani też metody oparte na zasadach analizy spektralnéj, niepodobnaby nam było istnieniu ruchów tych przeczyć, inaczéj bowiem, pod przemożném działaniem ciążenia powszechnego, wszystkie te niezliczone słońca zbiegłyby się ku wspólnemu środkowi. Ruch tylko, który bryły te ożywia, chroni je od téj zagłady.

Jestto taż sama zasada, którą znamy w biegu księżyca dokoła ziemi, w biegu planet dokoła słońca. Taż sama siła, która jabłko z drzewa oderwane na ziemię ściąga, utrzymuje i księżyc w statecznym jego dokoła nas obiegu, a jeżeli na głowy nasze nie spada, to dla tego, że ruch jego własny z przyciąganiem ziemi walczy: obie te siły w takim zostają stosunku, że księżyc, spadając wciąż ku ziemi, stoczyć się na nią nie może, ani też, uchodząc od niéj, odbiedz zupełnie nie zdoła. Gdyby gwiazdy rzeczywiście stałe, nieporuszone, były, trzebaby chyba odwołać się do znanéj bajki o trumnie Mahometa, zawieszonéj w powietrzu między dwu magnesami; skoro jednak układ światów utrzymuje się w równowadze dynamicznéj, ruchoméj, to stateczność jego przedewszystkiém od rodzaju tych ruchów zależy.

W systemach pierwotnych Kanta i Lamberta, zbudowanych na analogii do naszego układu słonecznego, gwiazdy odbywały drogi swe dokoła słońc centralnych na wzór księżyców krążących około planet i planet obiegających słońce; były to więc systemy wyższe, trzeciorzędne lub dalsze jeszcze, w których gwiazda każda, podobnie jak ziemia nasza, posuwała się po drodze niezmiennéj, a trwałość całego układu zachowywałaby się przez czas nieograniczony.

Śmiałych tych hypotez nie potwierdziły jednak badania późniejsze, a o ile dziś znamy ruchy ciał niebieskich, nie wskazują one

bynajmniéj, by świat cały urządzony był na wzór naszego zakątka słonecznego.

Widzieliśmy już poprzednio, że gdyby istniało owo słońce centralne, kierujące ruchami słońc całego układu, to musiałoby ono masą swoją niewypowiedzianie nad niemi górować. Istnienie jednak bryły takiéj do utrzymania układu nie jest niezbędném, gwiazdy bowiem krążyć mogą dokoła pewnego punktu środkowego, dokoła wspólnego swego środka ciężkości, chociaż punkt ten nie jest zajęty bryłą tak górującéj masy. Nad wyszukaniem takiego punktu pracował długo Mädler i z kombinacyi ruchów gwiazd wywnioskował, że przypada on w konstelacyi Plejad, złożonéj z licznych ale drobnych gwiazdek,—największa z nich, Alcyona, miała być owém słońcem centralném, i dotąd jeszcze często skromnéj téj gwiazdce tak wybitne przyznaje się stanowisko, lubo Peters i inni astronomowie bezzasadność przypuszczenia tego dowodnie wykazali.

Że gwiazdy nie krążą dokoła pewnych stałych środków ciążenia, przekonywa najwyraźniéj rozmaitość i nieprawidłowość własnych ich ruchów. Lubo widzieliśmy, że w różnych okolicach nieba dają się wyszukać grupy gwiazd, których ruchy rzeczywiście pewną zgodność kierunków okazują, to jednak pomiędzy ruchami różnych grup niepodobna żadnéj dopatrzeć łączności, a i oddzielne gwiazdy jednéj podobnéj grupy nie przedstawiają prawidłowości takiéj, którąby ujawniać się musiała przy ruchach kołowych, jak u planet układu słonecznego.

Wybija się wprawdzie w ruchach gwiazd pewna prawidłowość ogólna, ale nie wynika ona zgoła z własnego ich biegu, a jest tylko odzwierciedleniem ruchu naszego układu słonecznego. Ponieważ słońce nasze jest tylko jedną z milionów gwiazd, przeto, jak wszystkie one, posiada téż ruch swój własny, w którym oczywiście cały orszak jéj planet udział przyjmuje. Ruchu tego, jak zresztą każdego innego ruchu ziemi, zgoła nie czujemy, odzwierciedla się on jednak w ruchach gwiazd, tak jak o obrocie dziennym ziemi daje nam świadectwo wschód i zachód gwiazd, obrót pozorny sklepienia niebieskiego. Ruchy przeto gwiazd nie przedstawiają się nam w zupełnéj czystości, są częściowo zamaskowane ruchem naszego słońca, ale z obserwacyi znacznéj liczby gwiazd udało się go należycie wyróżnić.

Dzieje się tu toż samo, co z przechodniem na ożywionéj ulicy; widzi on w ogólności daleko więcéj osób dążących naprzeciwko niego, aniżeli idących z nim razem w jednym kierunku, a gdy po-

za nim tłum napozór coraz się bardziéj skupia, rozstępuje się przed nim ustawicznie. Tak samo i słońce nasze jest wędrowcem śród niezliczonego zastępu gwiazd; gwiazdy, ku którym się zbliżamy, rozstępują się przed nami, te zaś, od których się usuwamy, zbiegają się ku jednemu punktowi. Tą drogą już W. Herschel, zdołał wyznaczyć punkt na niebie, ku któremu zwraca się bieg słońca,—punkt ten przypada w gwiazdozbiorze Herkulesa, a badania Argelandera, oparte na daleko obfitszéj podstawie faktów, rzecz tę potwierdziły. Bieg tedy słońca naszego tłomaczy nam dostatecznie tę pozorną prawidłowość w ruchach słońc innych.

Hypotezę owych mniemanych słońc centralnych, owych przypuszczalnych środków ciążenia całego układu gwiazd, zachwiały zwłaszcza najnowsze badania téj sprawy. Poznano mianowicie, że niektóre gwiazdy posuwają się z szybkością nadzwyczajną, tak wielką, że ruchu ich przemódz nie zdoła zapewne przyciąganie wszystkich gwiazd znanych,—biegną one tedy niezależnie od całego układu.

Aby usprawiedliwić wniosek tak osobliwy, wypada nam odwołać się do mniéj zawiłych objawów siły ciążenia. Uważmy kamień spadający z wieży,—wiadomo, że prędkość, jaką mu ziemia nadaje, zależy od wysokości, z któréj zbiega. Kamień spadający z wysokości 5, 20, 45, 80 metrów przybywa na ziemię z szybkością 10, 20, 30, 40 metrów; nawzajem znów kamień wyrzucony w górę siłą, któraby mu nadała szybkość pierwotną 10, 20, 30 40 metrów na sekundę, zdoła się wznieść na 5, 20, 45, 80 metrów. Im znaczniejszą jest ta nadana mu chyżość, tém na większéj przestrzeni zdoła on pokonać przyciąganie ziemi, tém wyżéj wzbije się w górę. Rachunek na zasadach tych oparty uczy, że bryła wyrzucona z szybkością 11 kilometrów na sekundę (t. j. 20 razy większą, aniżeli chyżość kul armatnich), pokona zupełnie wpływ ziemi, wydostanie się poza sferę jéj przyciągania, a pochwycona przez słońce, jeżeli w szczególnym przypadku nań nie spadnie, toczyć się będzie wciąż koło niego. Gdyby pierwotna ta szybkość przechodziła 44 kilometry na sekundę, to nawet przyciąganie słońca nie zdołałoby powstrzymać téj bryły, któraby w takim razie wydostała się w przestrzeń światową i wskutek bezwładności posuwała po linii prostéj przez czas nieograniczony. Im daléj od słońca przebiegałaby taka bryła, tém mniejsza chyżość wystarczyłaby do pokonania jego wpływu,—na kresach układu słonecznego, w odległości Neptuna, bryła biegnąca z szybkością ośmiu tylko kilometrów na sekundę jużby mu się oprzeć zdołała, a w odległości, w któréj

przypada najbliższa gwiazda, do pokonania wpływu słońca wystarcza szybkość niedorównywająca 100 metrom na sekundę: kamień wyrzucony z procy pobiegłby tam już w przestrzeń nieskończoną, a daléj jeszcze piłka, ręką dziecka rzucona, jużby doń nie wróciła.

Uwagi te odnieść łatwo do gwiazd. Pozorny ruch gwiazdy o istotnéj jéj szybkości nauczyć nas wprawdzie nie może, dopóki nie wiemy, jak daleko ona od nas przypada; znamy wszakże oddalenie pewnéj liczby przynajmniéj gwiazd, bieg więc ich istotny łatwo obliczyć możemy, i w ten sposób właśnie poznano, że niektóre suną w przestrzeni z szybkością, która w zdumienie nas wprawia.

Najbardziéj uderzający przykład tak znacznego ruchu przedstawia gwiazdka zaledwie 6 wielkości, zwana 1830 Groombridge (nazwa ta odnosi się do spisu gwiazd kołobiegunowych, sporządzonego przez Groombridge'a w początkach bieżącego stulecia). Paralaksa roczna téj gwiazdy, wyznaczona przez różnych astronomów, wynosi 0,1", co znaczy, że oddaloną jest na 1748000 promieni drogi ziemskiéj (po 150 milionów kilometrów), ruch zaś jéj własny wynosi siedem sekund w mierze kątowéj. Łatwy rachunek nauczyć nas tedy może, że w ciągu roku przesuwa się ona w przestrzeni o długość równą około 60 promieniom drogi ziemskiéj, zkąd wypada, że na sekundę przebiega około 300 kilometrów.

Liczby wyżéj przytoczone uczą jasno, że wobec szybkości tak niesłychanéj wpływ przyciągający słońca, a tak samo i każdéj innéj gwiazdy, jest po prostu żaden, ale nawet działanie wszystkich gwiazd, całego układu drogi mlecznéj, gwiazdy tak szybko biegnącéj powstrzymać nie zdoła.

Gdybyśmy znali masy wszystkich brył niebieskich i rozkład ich w przestrzeni, możnaby dokładnie obliczyć przyciąganie ich na jakikolwiek punkt dany. Okoliczności tych nie znamy, poprzestać tedy musimy na ocenie przybliżonéj. Ilość gwiazd dostrzeganych przy pomocy najpotężniejszych teleskopów oceniać można na 80 milionów, dla przeprowadzenia jednak rachunku, o którym tu mówimy, podnosi Newcomb liczbę tę do 100 milionów; przyjmuje on daléj, że masa każdéj z nich jest przecięciowo pięciokrotnie większą od masy naszego słońca, i że rozrzucone są po przestrzeni, któréj średnicę światło przebiega w ciągu 30000 lat. Otóż rachunek taki wykazuje, że bryła spadająca z odległości nieskończenie wielkiéj ku środkowi takiego układu nabiera prędkości 40 kilometrów na sekundę; nawzajem więc bryła, wyrzucona z punktu tego w jakimkolwiekbądź kierunku z szybkością 40 kilometrów, przeszłaby

niepowstrzymana cały ten układ gwiazdowy i bezpowrotnie wybiegła w dal nieskończoną.

Ale szybkość tak obliczona stanowi zaledwie ósmą część szybkości gwiazdy 1830 Groombridge; rachunek ten zatém, jak widzimy, prowadzi bezpośrednio do wniosku, że gwiazda ta nie toczy się po drodze zamkniętéj, na wzór planet układu słonecznego, ale sunie w jednym wciąż kierunku, nie ulegając zgoła przyciąganiu światów, śród których przebiega, obca im, nie wiążąc się z niemi w jeden wspólny, fizyczny układ.

Przywykli do pojęć o bezwzględnéj stateczności wszechświata, oswojeni z myślą, że w budowie jego zachowane są warunki trwałości, że każda gwiazda ma sobie wytkniętą drogę niezmienną, niełatwo pogodzić się zdołamy z rezultatami takiego rachunku. Przeciwstawić możemy jednak mu ten tylko zarzut, że ogół gwiazd i sumę ich mas oceniono tu zbyt słabo,—może wymiary świata są rozleglejsze, a słońc w nim wielokrotnie więcéj, aniżeli nas uczą obserwacye bezpośrednie i badania astronomów. Choćby wszakże i tak było, to tak szybko sunąca gwiazda, ani powstrzymać się, ani z kierunku swego wyraźnie zbić się nie może, dopóki nie przejdzie najdalszych kresów, do których teleskopy nasze sięgają, a na przebieżenie téj drogi niezmiernéj, pomimo olbrzymiéj swéj szybkości, potrzebuje całych milionów lat. Czy zaś wtedy, pod wpływem nieznanych nam zgoła sił, wróci do pierwotnych swych miejsc, czy téż i daléj biedz będzie po niezależnéj swéj drodze, odpowiedzieć niepodobna.

A nie jest to jedyna gwiazda, ożywiona ruchem tak potężnym. Schönfeld przytoczył przed laty kilku ich spis i uważa również za rzecz nader wątpliwą, czy gwiazdy te krążą w ogóle po jakichkolwiek zamkniętych drogach, czy kiedykolwiek wracają w pobliże miejsc, które przebiegały poprzednio, podobnie jak owe meteory ukazujące się w układzie słonecznym, o których wyraźne świadectwa nam mówią, że biegną po drodze hyperbolicznéj, zatém otwartéj, jakby prostolinijnéj. Znamy układy gwiazd podwójnych, potrójnych, które krążą po drogach statecznych dokoła wspólnego swego środka ciążenia, gdzie astronom wyczytać może w tych odległych stronach niebieskich działanie téj saméj siły ciążenia, która w prawidłowym biegu utrzymuje i nasz układ planetarny; w większych wszakże grupach nie zdołano stateczności takiéj wykazać, a gwiazdy tak szybko biegnące wikłają pojęcia nasze o ogólnéj harmonii biegów niebieskich. Jaką rolę odegrywają one w budowie całego systemu, zkąd przybywają i dokąd dążą, o ile wnioski z nich

wysnute dadzą się odnieść i do innych, napróżno silonoby się dziś odpowiedzieć.

Śród mnóstwa niejasności i niepewności pojęcia nasze o ładzie wszechświata wcale ustalone być nie mogą. Powtarza się tu toż samo, co w każdym ustępie dziejów wiedzy. Zanim nauka zdoła owładnąć całym szeregiem zjawisk i szczegóły podporządkować pod prawa ogólne, każdy fakt nowo poznany, każdy krok naprzód mnoży trudności, wikła zasady, które niegdyś wydawały się proste i jasne. Nie możemy już dziś, jak w dawnych hypotezach Kanta i Lamberta, w ogólnym układzie słońc widzieć obraz powiększony systemu słonecznego. W ruchach gwiazd nie możemy dziś dopatrzeć téj prawidłowości, która nas zachwyca w biegu planet, i skłonnibyśmy raczéj byli porównać je do biegu komet, tych gości zagadkowych, którzy raz nam się ukazawszy, nigdy już nie wracają, biegnąc samopas w przestrzeni, po drogach niemal prostolinijnych, dopóki wpływ któregokolwiek słońca nie nada im kierunku nowego. A jak zasób ruchu unoszącego kometę chroni ją od spadku na słońce, tak téż bieg własny gwiazd strzeże je w ogólności od katastrofy wzajemnego uderzenia.

Wymiary świata tak są olbrzymie, gwiazdy w tak wielkich przestrzeniach rozrzucone, że pomimo tak szybkiego ich ruchu, gdybyśmy po upływie całego dziesiątka tysięcy lat na niebo spojrzeć mogli, w ugrupowaniu gwiazd i gwiazdozbiorów ledwobyśmy zmianę wyraźną dostrzegli; pomimo więc wszelkiéj nieprawidłowości, która nam się w ruchach wszechświata przedstawia, istnieć on może bezpiecznie przez czas tak długi, że żywot człowieka, pokoleń, całéj ludzkości wreszcie, chwilkę tylko znikomą stanowi. Z myślą wszakże o wiecznéj trwałości świata układ taki pogodzić się nie da, wobec wieczności bowiem lat miliony są chwilką również drobną, jak i dzień jeden, a brak ten stateczności i harmonii w mechanizmie świata nosi w sobie zarody ostatecznéj zagłady.

Choćby wszakże wnioski te, oparte na słabo dotąd zbadanych ruchach brył niebieskich, były błędne, zaprzeczać im z tego tylko względu, że nie zapewniają one wiecznego bytu świata, nie mamy powodu. Dawno już bowiem zrozumiano, że widok dzisiejszy nieba jest fazą tylko jedną jego istnienia. Bryły niebieskie ulegają przeobrażeniom stopniowym, mają historyę swego rozwoju, podobnie jak drobna ziemia nasza, któréj dzieje odczytuje geolog ze śladów w skorupie jéj przechowanych. Pytanie o początku i końcu świata należy do innéj kategoryi hypotez, opartych na badaniach innego zgoła rodzaju, o które tu potrącać nie będziemy; uczą

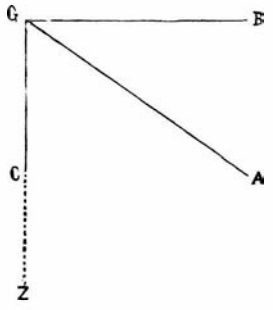
one jednak wyraźnie, że warunki fizyczne bytu jego zapewniają mu trwałość tylko ograniczoną. A skoro tak jest, możemy pogodzić się i z tym poglądem, że olbrzymi mechanizm świata nie jest urządzony na całą, nieskończoną wieczność: zanim się wyczerpie i zużyje, wcześniéj już może wygasną i zamrą bryły niebieskie, które dziś stanowią źródła światła i życia.

Kończymy na tém rys wiedzy dzisiejszéj o budowie wszechświata. Jeżeli wydaje nam się ona słabą jeszcze i zarodkową zaledwie, to nie zapominajmy, że początek téj gałęzi nauki sięga w rzeczy saméj zaledwie o lat sto wstecz, a nigdzie czas nie jest tak niezbędnym sprzymierzeńcem człowieka, jak przy badaniu olbrzymich zjawisk niebieskich. Sięgając w nieskończoność, stajemy u granic wiedzy, podobnie jak dotykamy przeciwległego jéj krańca, gdy wdzieramy się w nieskończenie drobny świat atomów. W granicach tych ruchy nauki są mozolne, zdobycze jednak wiedzy przekonywają, że nie są one dla umysłu ludzkiego niedostępne.

O RUCHU GWIAZD STAŁYCH.

Rozważania nasze nad budową wszechświata polegały w znacznéj części na znajomości ruchu gwiazd; należy nam przeto jeszcze rozejrzeć dokładniéj drogi, które znajomość tę osiągnąć dozwoliły.

Zestawienie ścisłych obserwacyj astronomów dawniejszych z dostrzeżeniami dzisiejszemi, jak już wiemy, wykazało wprawdzie, że gwiazdy, stałemi zwane, położenie swe w rzeczywistości zmieniają, porównawcze to badanie ujawnić nam wszakże może pozorny jedynie tylko ruch gwiazd na sferze niebieskiéj. Oko bowiem nasze mieści uludnie wszystkie ciała niebieskie w jednakiéj od nas odległości, na pozornem sklepieniu niebieskiém; chociaż więc, jak to wskazuje załączona rycina, gwiazda G przesuwa się



w jakimkolwiek kierunku GA w przestrzeni, to ulegamy złudzeniu, że przenosi się ona w kierunku GB na sklepieniu niebieskiém, czyli, mówiąc ściśléj, dostrzegamy tylko rzut istotnego jéj ruchu na

sklepienie niebieskie. Téj zaś części składowéj ruchu, która w kierunku GC, ku ziemi zwróconym, przypada, znać nie możemy; wzrok nasz bowiem, nie mając możności oceny, czy gwiazda bliżéj czy téż daléj się od nas znajduje, nie dostrzega téż, czy ona się ku nam zbliża, czy téż od nas oddala.

Tam jednak, gdzie teleskop nam usług swoich odmawia, przybywa z pomocą spektroskop; przyrząd ten, któremu astronomia tyle usług zawdzięczą, okazał się przydatnym i w zadaniu, które nas teraz zajmuje, zdołał bowiem ująć i ocenić ruch gwiazdy, wprost ku nam zwrócony.

Aby zrozumieć, w jaki sposób widmo gwiazdy ruch jéj własny wykazać nam może, odwołać się musimy do analogii, jaka zachodzi między objawami światła i dźwięku.

Wedle pojęć powszechnie dziś przyjmowanych, uzasadnionych zresztą całym ogółem zjawisk znanych, światło, podobnie jak głos, jest objawem drgania. Jak struna brzmiąca pozostaje w ciągłém drganiu, które się nawet dostrzedz daje, tak téż cząstki ciała świecącego ulegają żywemu niesłychanie ruchowi, dla nas wprawdzie niewidzialnemu, co się wszakże dostatecznie tém poprostu tłómaczy, że ani drobnych tych cząstek, ani odstępów między niemi nie widzimy. Dopóki drgania struny są bardzo wolne, nie sprawiają wrażenia głosu; przy 30 drganiach na sekundę słyszymy ton nader nizki, który się podwyższa w miarę, jak szybkość drgań wzrasta; przy 5000 drgań następuje kres tonów używanych w muzyce, a przy 40000 drgań na sekundę przestajemy je słyszeć. Jestto granica drgań głosowych, a wysokość tonu jedynie od szybkości ich zależy.

Zupełnie tak samo, z pominięciem jedynie różnic drugorzędnych, zachowują się i ciała świecące. Cząstki wszystkich ciał pozostają w ruchu niewypowiedzianie żywym,—dokonywając w ciągu sekundy całe tryliony drgań. Dopóki liczba ta nie przechodzi 200, 300, 400 trylionów ciało nie świeci, ruch ten zdradza się wszakże wysyłaniem promieni ciepła; gdy szybkość wzrasta, gdy dochodzi 430 trylionów, drgań na sekundę, ciało zaczyna świecić barwą czerwoną; a w miarę, jak częstość drgań rośnie daléj jeszcze, do promieni czerwonych przybywają żółte, zielone, niebieskie, przy 800 trylionach fioletowe; tu zachodzi kres promieni widzialnych, a szybsze jeszcze drgania objawiają istnienie swe działaniami jedynie chemicznemi. Podobnie przeto jak ton, tak i barwa podwyższa się w miarę wzrostu szybkości drgań: wysokość, powiedzieć można, jest barwą dźwięku, tak samo jak barwę nazwać mo-

żna wysokością światła, rozumiejąc tę wysokość w kierunku od czerwieni do fioletu.

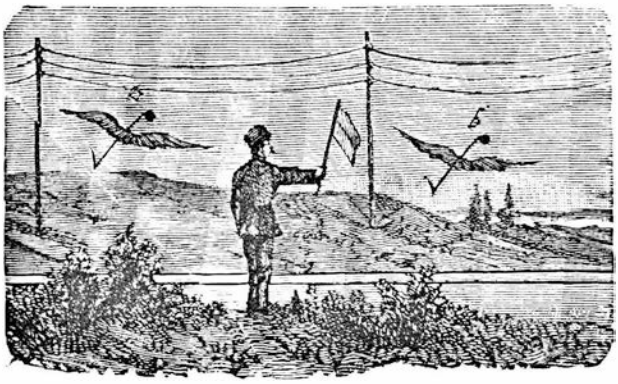
Wyobraźmy sobie teraz, że struna brzmiąca nie pozostaje w spoczynku, ale że ku nam się zbliża. Drgania jéj następują w jednakich odstępach czasu, odległość jednak między nią a nami zmniejsza się ustawicznie, dobiegają tedy częściéj do ucha naszego; a ztąd w ciągu sekundy uderza ucho większa liczba drgań i jakkolwiek struna wydaje ton statecznie jednaki, słyszymy ton wyższy. Ton więc ciała brzmiącego podwyższa się, gdy ono ku nam się zbliża, a dla téj saméj przyczyny ton ciała oddalającego się będzie się zniżał. Toż samo zjawisko zachodzi oczywiście i wtedy, gdy ciało to pozostaje w spoczynku, a słuchacz do niego się zbliża, lub od niego oddala.

Na zasadę tę zwrócił uwagę pierwszy Doppler w rozprawie „O świetle barwném gwiazd podwójnych", wydanéj w Pradze 1842 roku. Dla potwierdzenia jéj słuszności przeprowadził Buys Ballot szereg doświadczeń na drodze żelaznéj między Utrechtem a Maarsen. Obserwator nieruchomo na drodze stojący słyszał ton trąby sygnałowéj, umieszczonéj na lokomotywie przebiegającego pociągu; albo téż, przeciwnie, obserwator znajdował się na pociągu, podczas gdy trębacz obok toru drogi żelaznéj ton jednostajny wygrywał. Pomimo szumu szybko biegnącéj lokomotywy można było zauważyć podwyższanie się tonu, gdy odległość między słuchaczem a źródłem głosu malała; gdy natomiast odległość ta wzrastała, następowało zniżanie tonu.

Szybkość głosu w zwykłéj temperaturze wynosi 340 metrów; dajmy, że pociąg przebiega 14 metrów na sekundę, zatém z szybkością, która stanowi $^1/_{24}$ szybkości głosu. Gdy przeto źródło dźwięku zbliża się ku słuchaczowi, wywołane przez nie drgania dobiegają do ucha o $^1/_{24}$ częściéj, na każde 24 drgań przybywa jedno, częstość drgań wzrasta w stosunku 24:25; przestanek taki muzyka nazywa półtonem małym,—ton więc podwyższa się o półton mały. Gdy znowu pociąg, unoszący źródło głosu, od słuchacza się oddala z tąż samą szybkością, częstość drgań maleje w tymże stosunku, ton zniża się o półton mały.

Podwyższanie się to i zniżanie tonu uzmysławia na załączonéj rycinie krzyżyk i bemol. Gdy maszynista na lokomotywie będący słyszy ton *c*, dróżnik słyszy ton *cis* w czasie zbliżania się, ton *ces* w czasie oddalania się od niego pociągu. Gdy lokomotywa ze świstem koło nas przebiega, zauważyć można łatwo wyraźne

obniżenie się tonu w chwili, gdy zbliżający się pociąg oddalać się od nas zaczyna. Spadek wysokości tonu jest znaczniejszy, gdy znajdujemy się sami na pociągu, podczas gdy lokomotywa pociągu biegnącego w stronę przeciwną świst wydaje. Przy szybkości pociągów, jakąśmy wyżéj za przykład obrali, przeskok wysokości wynosiłby cały ton [1]).



Po tém, cośmy wyżéj powiedzieli o analogii objawów światła i dźwięku, barwy i wysokości, wnieść możemy bezpośrednio, że zasada Dopplera da się słowo w słowo odnieść do ciał świecących. Gdy więc ciało świecące zbliża się ku nam z dostateczną szybko-

---

[1]) Z powodu znaczenia, jakie zasada Dopplera zyskała w astronomii, obmyślono, dla jéj potwierdzenia, doświadczenia ściślejsze, które nietylko demonstrują podnoszenie się i zniżanie tonu, ale okazują zgodność rachunku z dostrzeganą zmianą wysokości tonu. Rachunek prowadzi do różnych formuł w przypadku, gdy się źródło głosu porusza, lub gdy sam obserwator zmienia swe położenie. Dopóki szybkość ta jest nieznaczną w porównaniu z szybkością głosu, różnica powyższa ginie, występuje dopiero przy szybkości większéj. Tak np. gdy słuchacz zbliża się do ciała brzmiącego z szybkością równą szybkości głosu, ton podwyższa się o oktawę, gdyby zaś źródło głosu zbliżało się do słuchacza z takąż samą szybkością, ton byłby niejako nieskończenie wysokim, wcaleby go zatém nie słyszano. Przy oddaleniu się znów źródła głosu od słuchacza z szybkością, z jaką głos biegnie, ton spada o oktawę, gdy przy oddalaniu się słuchacza z takąż szybkością, drgania ciała brzmiącego wcale go już nie dochodzą.

ścią, barwy jego podwyższają się, to jest przesuwają w stronę fioletu, gdy się od nas oddala, barwy zniżają się, to jest przechodzą w stronę czerwieni. Bezpośrednia obserwacya barw zmian takich wszakże okazaćby nam nie zdołała; choćby się bowiem czerwień zamieniła na barwę żółtą, to znów promienie ciemne, cieplikowe, szybciéj oko uderzając, stałyby się widoczne, wywoływałyby w oku naszém wrażenie czerwieni; podobnie na drugim końcu widma barwa fioletowa stałaby się niewidzialną, ale promienie błękitne wywierałyby wrażenie fioletowych,—w ogólnéj tedy barwie ciała nie zachodziłaby żadna zmiana.

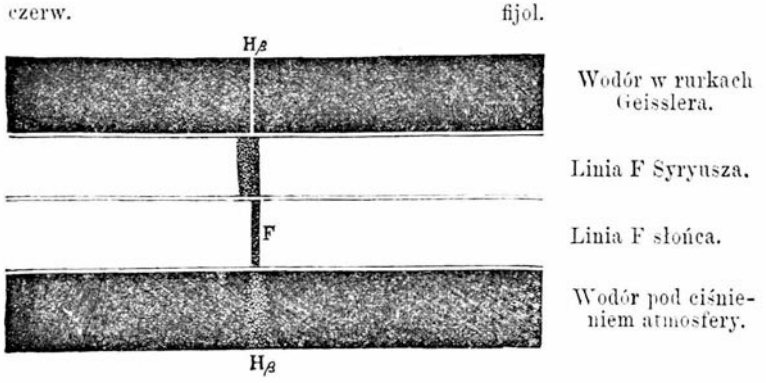
Ale tu właśnie analiza spektralna z pomocą nam przychodzi, przesunięcie się bowiem barw zdradzi się natychmiast zmianą w położeniu linij ciemnych. Gdy gwiazda ku nam się zbliża, linia np. D w jéj widmie, znajdująca się w barwie żółtéj, z powodu zmiany odcienią téj barwy, wyda się nam przesuniętą w stronę fioletu; gdy gwiazda się oddala, linia ta znajdzie się przemieszczoną w stronę czerwieni.

Jakkolwiek prostą w zasadzie jest ta metoda, w przeprowadzeniu przedstawia znaczne trudności już dla tego, że szybkość własna gwiazd nader jest drobna w porównaniu z szybkością światła, że zatém podwyższanie się barw czyli raczéj przesuwanie się linij ciemnych jest bardzo nieznaczne i da się ocenić jedynie przy pomocy spektroskopów potężnie rozszczepiających, dających widmo bardzo długie i przy pomocy nader dokładnych przyrządów mierniczych, pozwalających oznaczyć drobne ułamki milimetra.

Przyrządy Secchi'ego nie odpowiadały jeszcze wymaganiom takim, dla tego też usiłowania jego, aby tą drogą ruch gwiazd wykazać, nie zostały uwieńczone pomyślnym rezultatem. Huggins dopiero, rozporządzając doskonalszemi środkami badań, był na drodze téj szczęśliwszym. Za przedmiot swych badań obrał jednę z najświetniejszych gwiazd nieba, Syryusza, i uwagę zwrócił na bardzo wybitną, ciemną linię, występującą w zielonéj części widma téj gwiazdy. Jestto taż sama linia, którą w widmie słonecznem oznaczamy głoską F, a która jest jedną z linij wodoru Hβ. Szło tu tedy o porównawcze zestawienie tych linij przy jednakiém umieszczeniu spektroskopu, a załączona rycina daje nam rezultat mozolnych tych badań Hugginsa.

W górnym rzędzie téj ryciny, oznaczone mamy położenie linii Hβ w widmie wodoru, rozżarzonego w rurze Geislera, zatém przy nader silném rozrzedzeniu tego gazu; w dolnym rzędzie znaj-

dujemy tęż samą linię, tak jak się przedstawia w widmie wodoru, świecącego pod zwykłem ciśnieniem atmosferycznem. Powyżéj przedstawioną jest linia F widma słonecznego, a nad nią rozpatrywana właśnie ciemna linia widma Syryuszowego: Widzimy tu, że względem trzech pierwszych linij ta ostatnia przesuniętą jest cokolwiek w stronę czerwieni.



Przesunięcie się linii F w widmie Syryusza względem téjże linii w widmie słonecznem, oraz względem linii Hβ wodoru.

Dostrzegamy jednak zarazem, że wydaje się ona szerszą, aniżeli jasna linia Hβ. Rozszerzenie takie linii zachodzi często przy powiększaniu ciśnienia, pod jakiém gaz zostaje, mogła się więc budzić wątpliwość, czy przesunięcie się to nie jest jedynie tylko objawem podobnego rozszerzenia. Huggins wszakże, podobnie jak Lockyer i Frankland, przekonał się, że przy powiększaniu gęstości wodoru linia Hβ rozszerza się w obie strony jednakowo, a środek jéj zachowuje położenie niezmienne. Rozszerzenie to ma miejsce i w widmie Syryusza i prawdopodobnie ma tęż samą przyczynę,— ale również niewątpliwie cała ta linia, względem téjże linii w widmie rozżarzonego wodoru oraz w widmie słonecznem, ulega przesunięciu ku czerwieni, zkąd wniosek bezpośredni, że Syryusz oddala się od ziemi.

Huggins nadto oznaczył dokładnie wielkość tego przesunięcia,—wyrównywa ono $^1/_4$ odległości, jaka zachodzi między dwiema liniami D (należałoby raczéj powiedzieć między dwiema częściami składowemi linii podwójnéj D). Długości fal świetlnych, odpowia-

dających tym liniom, różnią się o 0,000 000 436 milimetra: przesunięcie się zatém linii F w widmie Syryusza odpowiada powiększeniu długości fali świetlnéj o 0,000 000 109 milimetra. Obserwacya ta łatwo posłużyć już może do oznaczenia szybkości, z jaką Syryusz od nas odbiega, a rachunek przeprowadzić się daje w takiż sam sposób, jak poprzednio oznaczyliśmy podwyższanie się tonu przy ruchu ciała brzmiącego.

Długość fali światła zielonego w miejscu, gdzie linia F przypada, wynosi 0,000 486 5 milimetra, skrócenie przeto fali zachodzi w stosunku 0,000 000 109 : 0,000 486 5. Fale świetlne są to fale rozbiegające się w eterze, wypełniającym przestrzeń światową i wywoływane są przez drgania ciała świecącego, podobnie jak ciało brzmiące powoduje fale w otaczającem powietrzu. Im zaś drgania są szybsze, tém fale są krótsze; powyższy zatém stosunek wydłużenia się fali stanowi zarazem stosunek zmniejszania się ilości drgań, które zachodzi wskutek oddalania się od nas Syryusza.

Stosunek ten więc 0,000 000 109 : 0,000 486 5 czyli $^1/_{4463}$ wskazuje, jaką część szybkości światła stanowi szybkość Syryusza. Po nieważ zaś szybkość światła w okrągłéj liczbie wynosi 300 000 kilometrów, przeto Syryusz oddala się od nas z szybkością 300 000 : 4463 t. j. 67 kilometrów na sekundę.

Rachunek ten wydać się może czytelnikowi nieco mozolnym; byłoby zapewne rzeczą najłatwiejszą pominąć go zupełnie i poprzestać na przytoczeniu gotowéj już liczby 67 km. Umysłu naszego wszakże nie zadawala sama znajomość faktu, ale świadomość dróg, które do celu tego prowadzą. Zresztą całe to obliczenie jest tylko odwróceniem rachunku poprzedniego, tyczącego się podwyższania tonu; tam bowiem znaną nam była szybkość pociągu, a szukaliśmy, o ile wskutek szybkości téj wysokość tonu wzrasta; tu natomiast znamy zmianę wysokości barwy, a dochodzimy szybkości gwiazdy.

Nie koniec wszakże jeszcze tego rachunku; w tak obliczonéj bowiem szybkości 67 km. ma udział i ruch ziemi, zarówno w skutek biegu rocznego dokoła słońca, jak i w skutek przesuwania się w przestrzeni całego układu słonecznego. Z dwu tych ruchów pierwszy tylko jest nam dobrze znany i możemy go wytrącić. W czasie obserwacyi Hugginsa ziemia oddalała się w swéj orbicie od Syryusza z szybkością 19 km., na ruch przeto Syryusza pozostaje 67 – 19 t. j. 48 km. Szybkość ta jest wypadkową własnego ruchu Syryusza i ruchu naszego układu słonecznego, którego, jak

już powiedzieliśmy, dobrze nie znamy; poprzestać więc nam wypada na świadomości, że odległość między Syryuszem a ziemią naszą co sekunda wzrasta o 48 kilometrów.

Badania swoje rozciągnął Huggins i do kilku innych gwiazd; prowadzili je następnie Vogel i Lohse w astrofizycznem obserwatoryum w Potsdamie, najrozleglejsze wszakże w przedmiocie tym prace prowadzone są w Greenwich. Do badań tamecznych służy spektroskop, zbudowany według wskazówek Christiego i Hilgera, który przy silném rozszczepieniu daje dostateczną jeszcze pełnię światła. Pod uwagę bierze się pospolicie linie b i F w widmach gwiazd; przesunięcie jednéj i drugiéj linii prowadzi w ogólności do rezultatów zgodnych, tak np. z przesunięcia się linii b wypada, że Arktur zbliża się do nas z szybkością 75 km na 1", z przesunięcia się zaś linii F wypada szybkość 70 km. Zgodność ta przemawia za dokładnością metody, lubo niekiedy różnice wypadają większe. Badania zresztą przedstawiają znaczne trudności, mogłyby się lepiéj powieść w obserwatoryach, znajdujących się w warunkach korzystniejszych, jak w Nicei lub w Algierze.

Wogóle zbadano dotąd tą drogą ruch około stu gwiazd. Do zbliżających się ku nam należą: Arktur (z szybkością 70 kilometrów), Wega (75), Polluks (67), δ Łabędzia (64), δ Niedźwiedzicy Wielkiéj (85); do oddalających się zaś: ∂ Oryona (34), Kastor (44), β Oryona (27), Procyon (74), pięć gwiazd Niedźwiedzicy Wielkiéj z jednaką szybkością 30 km. Zgodność ruchu tych ostatnich pięciu gwiazd uważaną być także może za dowód wiarogodności rezultatów, otrzymanych drogą badań spektralnych,—widzieliśmy bowiem i poprzednio, że gwiazdy te Niedźwiedzicy posiadają wspólny ruch własny. Pięć znów gwiazd w Oryonie nie okazuje żadnego ruchu własnego, przyjąć tedy można, że posiadają one ruch wspólny z naszym układem słonecznym.

Wyniki badań Hugginsa, Vogla i Lohsego, oraz astronomów z Greenwich są w ogólności dostatecznie zgodne; jedynie tylko co do Syryusza znajdujemy szczególną osobliwość. Z badań Hugginsa, jak wiemy, wypadało, że gwiazda ta się od nas oddala, według ostatnich dostrzeżeń w Greenwich okazuje się, że zbliża się do nas z szybkością 32 km. na sekundę: rozstrzygnięcie téj wątpliwości wymaga przeto dalszych badań.

Wogóle zresztą dotychczasowe rezultaty tych badań za przybliżone jedynie uważać można; nie będzie wszakże zbyt śmiałą nadzieja, że spektroskop posłuży do dokładnego poznania własnego

ruchu gwiazd. Wskutek tych ruchów jednak widok nieba nieprędko wyraźnéj zmianie ulegnie. Gwiazdy zbliżające się stawać się będą zapewne z czasem jaśniejszemi, oddalające się słabnąć będą. Szybkość ich wszakże, jakkolwiek znaczna w porównaniu z szybkością ruchu ziemi około słońca, wynosi tylko w ogólności dziesiątki kilometrów na sekundę, co stanowi ledwie miliony kilometrów rocznie; skoro zaś odległość gwiazd od nas wynosi całe tryliony mil, trzeba przeto setek tysięcy lat, aby zmiany w ich jasności dostrzedz się dały.

GWIAZDY ZMIENNE

I NOWE ICH TEORYE.

I.

Niebo jest dla nas symbolem spokoju, spokój ten wszakże pozornym jest tylko. Nie wszystkie bowiem gwiazdy jednostajnie zawsze świecą,—znaczna liczba tych słońc dalekich posiada blask zmienny, płoną one już to słabiéj, już silniéj, zdradzając niejednostajnością swego blasku, że i wśród niezmierzonych przestrzeni niebieskich ruch i życie wre również potężnie, jak w naszym układzie słonecznym. Niekiedy zaś, jakby objaw gwałtownego a osobliwego przewrotu, ukazuje się na sklepieniu nowa, zagadkowa gwiazda, i ginie znów w ciemnéj otchłani, z któréj się wynurzyła. Śród wszystkich zjawisk wszechświata najwspanialszém może i najpotężniejszém jest właśnie to powstawanie nowych słońc, wobec których ziemia nasza nieznacznym jest drobiazgiem. I w dawnych tedy, przedteleskopowych czasach, gdy o obszarach świata i o wielkości gwiazd nader skromne miano pojęcie, ukazywanie się nowych tych świateł, jako widoczny objaw tajemniczéj siły tworzenia z niczego, wywoływało zdumienie i przestrach, a zdarzenia te zapisywano w rocznikach narodowych.

Wypadek taki wywarł nawet silny wpływ na rozwój astronomii; jeżeli bowiem rzetelne jest świadectwo Pliniusza, to ukazanie się nowéj gwiazdy w r. 125 przed Chr. skłonić miało Hippar-

cha, którego nieledwie ojcem astronomii nazwać można, do spisania pierwszego katalogu gwiazd, a to w tym celu, by następni obserwatorowie mogli się przekonać, czy nietylko nowe gwiazdy się tworzą, ale czy i dawne giną, i czy posiadają one jaki ruch własny. Gwiazda Hipparcha jest najdawniejszym tego rodzaju tworem, o którym wieść nas doszła. W wiekach średnich znajdujemy wzmianki o chwilowych gwiazdach u pisarzy chrześciańskich i arabskich, ale najobszerniejszy ich wykaz przechowali nam chińczycy, którzy z niezmordowaną wytrwałością notowali wszelkie niespodziane na niebie zjawiska, jak nowe gwiażdy, komety, kule ogniste, i od początku naszéj ery aż do schyłku niemal wieków średnich pozostawili nam najpewniejsze i najbogatsze co do téj rzeczy materyały. Możność korzystania z nich zawdzięczamy encyklopedyi chińskiéj Matuanlina, ułożonéj około r. 1300 po Chr., a przełożonéj przez Edwarda Biota, syna znakomitego fizyka, Jana Chrzciciela Biota.

Zarówno wszakże europejskie, jak i chińskie kroniki istotnéj korzyści nauce nie oddają, a to z powodu niedokładnego oznaczenia położeń tych nowych brył niebieskich; niewiele ściśléj przechowano i daty tych objawów, co utrudnia zestawienie różnych źródeł. Nie brak zresztą w tych wieściach i przesady średniowiecznéj; tak np. astronomowie arabscy z czasów kalifa Almamuna wspominają o gwieździe, która w pierwszéj połowie dziewiątego stulecia błyszczeć miała tak silnie, jak księżyc w czasie pierwszéj kwadry, a osobliwsza jeszcze jest wzmianka chińska o gwieździe w wieku szesnastym, tak wielkiéj, jak słońce! W ogólności jednak ukazywanie się gwiazd nowych jest zjawiskiem dosyć rzadkiém, bo z czasów przedteleskopowych, według źródeł europejskich, znamy tylko siedem takich dostatecznie pewnych przypadków, a doliczyć się ich można szesnastu, gdy dodamy do tego spisy chińskie.

Żadna wszakże z tych „nowoutworzonych“ gwiazd nie pozostała na firmamencie; po pewnym czasie, po kilku miesiącach w ogólności, każda gasła. Ale gasła może tylko dla oka nieuzbrojonego, teleskop zapewne dozwalałby dostrzegać ją dłużéj; może téż zniknięcie jéj było tylko pozorne, może każda z owych gwiazd nowych była tylko rozpłomienioną na chwilę drobną gwiazdką, która znów do skromnego swego wróciła stanu i dotąd na niebie miejsce swoje zajmuje. Potężne dzisiejsze narzędzia mogłyby zapewne wątpliwość tę rozjaśnić, gdyby dawni obserwatorowie byli w możności pozostawienia nam dokładnych danych o położeniu

ciał niebieskich. W katalogu Ptolemeusza wszakże błędy dochodzą 10 minut w łuku, to jest stanowią niemal trzecią część tarczy księżyca, a najznakomitszy z obserwatorów przedteleskopowych, Tycho Brahe, zdołał dokładność w oznaczaniu miejsca gwiazdy posunąć zaledwo tak daleko, że błędy jego wynoszą jednę lub dwie minuty. Dziś katalogi gwiazd wtedy dopiero nazywamy dokładnemi, gdy błędy nie przewyższają jednéj sekundy, lubo w wyjątkowych razach ścisłość tę posunąć można aż do 0.1 sekundy.

Otóż gwiazdy drobne, od dziesiątéj wielkości i słabsze, teleskopom tylko dostępne, tak obficie są po niebie rozrzucone, że niepodobna rozstrzygnąć, czy jakaś gwiazdka, któréj położenie różni się o kilka minut od miejsca, gdzie ukazała się niegdyś pewna gwiazda nowa, jest z nią identyczna, czy też przedstawia odrębną bryłę niebieską.

Pierwszą dokładną obserwacyę zjawiska nowéj gwiazdy zawdzięczamy dopiero sławnemu przeciwnikowi Kopernika, Tychonowi. „Gdym wrócił z podróży po Niemczech — opowiada on w swych Progymnasmatach—bawiłem w dawnym klasztorze Herritzwodt, u swego wuja, Steno Bille, a pracownię swą chemiczną opuszczałem dopiero wieczorem. Pewnego wieczora — 11 listopada 1572 r.—gdy zwróciłem wzrok na dobrze mi znane sklepienie niebieskie, dostrzegłem ze zdumieniem, którego opowiedzieć nie zdołam, w pobliżu zenitu, w konstelacyi Kasyopei (znany gwiazdozbiór w północnéj okolicy nieba, łatwy do rozpoznania z postaci przypominającéj głoskę W), promienistą gwiazdę niewidzianéj jeszcze wielkości. Żywo wstrząśnięty tém zjawiskiem, nie wierzyłem własnym zmysłom. Aby się przekonać, że nie ulegam złudzeniu, i by zebrać świadectwa osób innych, wezwałem swych robotników z pracowni i rozpytywałem wszystkich przejeżdżających wieśniaków, czy podobnie, jak ja, widzą nagle rozpłomienioną gwiazdę. Następnie dowiedziałem się, że w Niemczech furmani i inne pospólstwo dopiero zwrócili uwagę astronomów na to wielkie zjawisko na niebie, co wtedy wznowiło zwykłe drwiny z ludzi uczonych, jak to ma miejsce i przy ukazywaniu się poprzednio niezapowiedzianych komet. Nowa gwiazda nie posiadała ogona, ani też nie była otoczona obłokiem, zupełnie podobna do innych gwiazd stałych, ale iskrzyła się silniéj jeszcze, aniżeli gwiazdy pierwszéj wielkości. Blaskiem górowała nad Syryuszem, nad Wegą i nad Jowiszem. Porównać można ją było jedynie do Wenery, gdy przypada najbliżéj ziemi, gdy tylko czwarta jéj część jest oświetlona. Ludzie, obdarzeni bystrym wzrokiem, dostrze-

gali podczas pogody nową gwiazdę za dnia, nawet w godzinach południowych. W porze nocnéj, przy niebie zachmurzoném, gdy wszystkie inne gwiazdy były zakryte, widziano ją kilkakrotnie wskróś chmur niezbyt grubych. Odległości od innych gwiazd Kasyopei, które wciągu całego następnego roku starannie mierzyłem, przekonały mnie o jéj zupełnéj nieruchomości. Już jednak w grudniu 1572 r. blask jéj począł słabnąć, gwiazda stała się równą Jowiszowi; w r. 1573 świeciła już słabiéj aniżeli Jowisz. Następne oceny fotometryczne wykazały, że w lutym i marcu dorównywała gwiazdom pierwszego rzędu, w kwietniu i maju gwiazdom drugiego, w lipcu i sierpniu trzeciego, w październiku i listopadzie czwartego rzędu. Przejście od stopnia piątego do szóstego miało miejsce od grudnia 1573 do lutego 1574 r. Podczas następnego miesiąca nowa gwiazda znikła bez śladu dla oka, świeciła zaś na niebie przez siedemnaście miesięcy".

Widzimy więc, że blask gwiazdy malał stopniowo; w jaki sposób poprzednio się wzmagał, nie wiemy, przyjąć wszakże można z pewnością, że nastąpił dosyć nagle, inaczéj bowiem gwiazda byłaby niewątpliwie przed epoką najwyższéj swéj jasności dostrzeżoną. Tycho zanotował też i zmiany barwy, jakim ona ulegała: z początku, przez dwa miesiące, gdy gwiazda błyszczała tak silnie, jak Wenus, była białą, następnie stała się żółtą, potém czerwoną, na wiosnę porównywał ją Tycho do Marsa, a daléj do Betejgezy w Oryonie i do Aldebarana. W maju odzyskała w sposób uderzający barwę białą, w styczniu 1574 r. stała się jakby zamgloną i migotała silnie aż do swego zaniku.

W ostatnich czasach odszukał d'Arrest, w niewielkiéj odległości jednéj minuty od miejsca wskazanego przez Tychona, drobną gwiazdkę jedenastéj wielkości; ze względów wszakże wyżéj przytoczonych niepodobna wyrzec z pewnością, czy jest to ów gość niebieski z r. 1572.

Z tą gwiazdą Tychonową złączono w osobliwy sposób legendę, o któréj w ostatnich czasach znowu dosyć prawiono. W roku mianowicie 1264, według pewnéj notatki kronikarskiéj, błyszczéć miała jasna gwiazda między Cefeuszem a Kasyopeą, w téjże saméj zatém okolicy nieba, co i gwiazda Tychonowa; a tenże sam kronikarz przytacza mniéj jeszcze pewną wiadomość, że w téjże stronie ukazała się gwiazda w r. 945. Opierając się więc na tych niejasnych i pobieżnych wzmiankach, zestawiono je z obserwacyą Tychona i przypuszczono, że są to objawy jednéj i téjże saméj gwiazdy, która się ukazuje mniéj więcéj co lat 300 do 320. Li-

cząc zaś okresy te wstecz, natrafiono na początek ery chrześciańskiéj, wywnioskowano więc, że taż sama gwiazda świeciła i w owym czasie, że była to słynna gwiazda betleemska. Rozumowanie takie wystarczyć może zapewne tylko dla ludzi niezbyt wybrednych w wyborze argumentów; różne jednak pisma zapowiadały na rok 1891 powrót téj „gwiazdy betleemskiéj“, upływało bowiem właśnie lat 319 od obserwacyi Tychona, to jest okres takiż sam, jaki oddziela dwa przypuszczalne zjawienia się téj gwiazdy w r. 945 i 1264. Dotąd na urzeczywistnienie się téj zapowiedzi czekamy napróżno, nieraz zapewne jednak jeszcze przyjdzie się nam z legendą tą spotkać w pismach codziennych.

Jak Tycho, tak wkrótce potém i genialny jego następca w obserwatoryum praskiém miał sposobność obserwowania nowéj gwiazdy. Gwiazda ta, związana z nazwiskiem Keplera, została wszakże po raz pierwszy dostrzeżona nie przez tego wielkiego astronoma, ale przez ucznia jego, Jana Brunowskiego, dnia 10 Października 1604. Wydała mu się większą od wszystkich gwiazd pierwszéj wielkości, jaśniejszą niż Jowisz i Saturn, ale słabszą niż Wenera. Inny obserwator, Herlicius, twierdzi, że widział ją już 27 Września. Świetnością nie dorównywała gwieździe Tychonowéj, za dnia nie zdołano jéj nigdy dojrzeć, iskrzyła się wszakże daleko silniéj, czém wzbudzała podziw dostrzegaczy. Gdy była blisko poziomu, iskrzenie jéj połączone było z żywemi barwami; gdy wznosiła się wyżéj, a wpływ atmosfery dostrzeżeń nie mącił, była biała. W początkach stycznia błyszczała jaśniéj niż Antares, gwiazda pierwszéj wielkości w gwiazdozbiorze Niedźwiadka, nie tak wszakże silnie jak Arktur w Wolarzu, który obok Wegi w Lirze jest najświetniejszą gwiazdą północnéj półkuli nieba. W końcu marca opisuje ją już Kepler jako gwiazdę trzeciéj wielkości, od listopada 1605 do lutego 1606 była niewidzialną z powodu sąsiedztwa słońca, w początkach zaś marca znikła bez śladu. Obecnie znajdujemy gwiazdkę 11—12 wielkości, odległą aż o trzy minuty od miejsca, zajętego przez gwiazdę Keplera, wątpliwość przeto co do identyczności jest tu większa jeszcze, aniżeli w przypadku poprzednim.

W wieku siedemnastym miały zresztą miejsce trzy jeszcze podobne zdarzenia niebieskie; nowe te gwiazdy nie przechodziły wszakże trzeciéj wielkości i ogólnéj uwagi nie zwróciły. Następnie, przez półtorasta z górą lat nie dostrzeżono podobnego zakłócenia ładu niebieskiego, dopiero w r. 1848 ukazała się gwiazdka szóstéj, a w r. 1860 siódméj wielkości. Ale najważniejszém

tego rodzaju zjawiskiem w naszém stuleciu, a które z różnych względów za epokowe uważać można, jest zjawienie się gwiazdy drugiéj wielkości w gwiazdozbiorze Korony północnéj, w maju 1866 r. Dorównywała ona jasnością Perle, najświetniejszéj gwieździe téj konstelacyi, która się łatwo od sąsiedztwa swego wyróżnia kołową swą postacią. Kto pierwszy nową tę gwiazdę dojrzał, rzecz to nierozstrzygnięta; w sporze wszakże o drobne to pierwszeństwo idzie nie o nazwisko przypadkowego obserwatora, ale o zbadanie, czy gwiazda nagle w pełnym się blasku wynurzyła, czy też światło jéj przez kilka dni stopniowo się wzmagało. Schmidt w Atenach, który właśnie tę okolicę nieba dla innych celów przeglądał, zapewnia, że 12 maja przed godziną 10 wieczorem nie było w tém miejscu gwiazdy nawet 4-éj wielkości, a tegoż samego jeszcze wieczora dostrzegło ją przynajmniéj pięciu astronomów jako gwiazdę 2-éj wielkości. Prawdopodobnie więc ukazała się nagle w pełnéj okazałości, poczém bladła szybko; już po dwu dniach zeszła do trzeciéj, po czterech do czwartéj, a 19 maja była już ledwie szóstéj wielkości, zstąpiła zatém do rzędu gwiazd najsłabszych, okiem nieuzbrojoném jeszcze widzialnych, i ukryła się przed wzrokiem, niewspartym potęgą lunet.

Ukazanie się téj gwiazdy chwilowéj nazwaliśmy zdarzeniem epokowém, ona bowiem dopiero nauczyła przekonywająco, jak trzeba rozumiéć to tworzenie się nowych słońc. Gdyby wystąpiła w czasach dawnych, przedteleskopowych, trzebaby ją było uważać za utwór nowy, który się z otchłani nieba równie tajemniczo wynurzył, jak w niéj się rozwiał; zjawiła się wszakże w czasach wysoko już posuniętéj znajomości nieba, w czasach, gdy posiadamy spisy gwiazd, nietylko gołém okiem widzialnych, ale i drobniejszych, których istnienie pozostałoby na zawsze dla nas tajemniczém, gdyby wzrokowi naszemu w pomoc nie przybył teleskop. Na zasadzie zaś tych spisów możemy dziś ze wszelką pewnością powiedzieć, że „nowa“ ta gwiazda zgoła nie była nową, zapisaną już bowiem była w olbrzymim katalogu Argelandera i błyszczała statecznie na niebie, jako gwiazda 9—10 wielkości, zbyt zatém drobna, by ją oko nieuzbrojone dojrzéć zdołało. Nie rozwiała się téż w nicość, lecz wróciła tylko do pierwotnego, skromnego swego stanu, i znów jako gwiazda 9-éj wielkości pozostała na swojém miejscu. Nie jest to więc słońce nowe, przez jakąś igraszkę przyrody na czas krótki do życia powołane, ale tylko słońce, na chwilę rozjaśnione, rozpłomienione.

W dziesięć lat później powtórzyło się podobne zjawisko. W r. 1876, mianowicie, dnia 24 listopada, dostrzegł Schmidt nową gwiazdę w gwiazdozbiorze Łabędzia na drodze mlecznéj. W chwili ukazania się swego była 3-éj wielkości, w początkach 1877 r. była już dla oka nieuzbrojonego niedostępną, a obecnie widzianą być może przez najsilniejsze tylko teleskopy. I przed zabłyśnięciem swém chwilowém była ona niewątpliwie gwiazdką również drobną, niezaznaczoną w katalogach; najobszerniejszy bowiem spis Argelandera obejmuje jedynie gwiazdy 9-éj a niewszystkie już 10-éj wielkości. Jakkolwiek przeto wypadek ten nie tak dobitne, jak poprzedni, rzuca światło na sprawę tych zjawisk niebieskich, niemniéj wszakże nikt już dziś nie wątpi, że ułudne powstawanie gwiazd nowych polega jedynie na wzmaganiu się blasku gwiazdek, stale na niebie błyszczących.

Pewność tę zawdzięczamy zarówno teleskopowi, który rozszerzył granice świata, wzrokowi naszemu dostępnego, jak i dokładnym narzędziom mierniczym, pozwalającym oznaczać położenie ciał niebieskich z nieznaną dawniéj ścisłością. Nietylko jednak teleskop w pomoc nam tu przybył; ukazanie się dwu tych gwiazd, w Koronie północnéj i w Łabędziu, miało miejsce już za czasów spektroskopu, który pozwala nam czytać w rozszczepionym promieniu światła i o naturze ciała niebieskiego bezpieczne wnioski wysnuwać. Spektroskop nietylko potwierdził, co nam teleskop wskazał, ale odsłonił nadto, jak zobaczymy, źródło blasku tych gwiazd nagle rozpłomienionych.

Najnowsze wreszcie tego rodzaju zjawisko nastąpiło w r. 1885, lubo w warunkach nieco odmiennych, była to bowiem gwiazda rozżarzona nagle na tle mgławicy. Mgławice, jak wiadomo, są to utwory obłokowate, mające wejrzenie jakby odrywków drogi mlecznéj, rozrzucone po całém niebie, ale widzialne jedynie przez silne teleskopy. Kilka z nich tylko dojrzéć można słabo okiem nieuzbrojoném w czasie nocy ciemnych i pogodnych, a do tych najokazalszych utworów tego rodzaju należy rozległa mgławica w gwiazdozbiorze Andromedy, gdzie właśnie ukazała się gwiazda, o któréj teraz mówimy. Dostrzegł ją Hartwig w Dorpacie dnia 31 sierpnia 1885 r. w pobliżu tak zwanego jądra mgławicy, to jest jéj części środkowéj, najbardziéj skupionéj i najświetniejszéj; jak się wszakże okazało następnie, widziano ją już d. 19 sierpnia około północy. Nie była to zresztą gwiazda jasna, w chwili największego swego blasku doszła zaledwie 6,5-éj wielkości, osiągnęła zatém ten jedynie stopień jasności, jaki posiadają najsłabsze, gołém

jeszcze okiem widzialne gwiazdy. W kilka dni późniéj osłabła już do 8-éj, w połowie października do 11-éj wielkości, a wreszcie wróciła mgławica do zwykłego swego wejrzenia, nowa zaś gwiazdka znikła. Barwa jéj, z początku pomarańczowa lub czerwonawa, przeszła następnie w niebieskawą, a daléj w białą. Ukazanie się téj gwiazdy na tle wielkiéj mgławicy Andromedy nasuwało domysł, że jest ona z tą mgławicą związana fizycznie, że jest jakby objawem jéj zgęszczenia; według wszakże badań Trouvelot'a oraz Hasselberga przypuszczenie to okazało się nieuzasadnioném. Nowa bowiem gwiazda przedstawiała zarysy wyraźne, niezamglone, znajdowała się zatém prawdopodobnie bliżéj nas, aniżeli mgławica, i tylko na jéj tło się rzucała.

Gwiazda z r. 1885 zamyka dotychczasowe dzieje gwiazd nowych; rozchodziły się wprawdzie w ostatnich latach kilkakrotnie wieści o ukazaniu się gwiazdy w téj lub owéj okolicy nieba, były to wszakże spostrzeżenia błędne, zbyt pośpiesznie przez autorów rozgłaszane.

II.

Właściwe gwiazdy zmienne nie mają dziejów tak dawnych, bo w szesnastym wieku nic jeszcze o nich nie wiedziano. W roku 1596 dopiero, 13 sierpnia, dostrzegł proboszcz Dawid Fabricius, uczeń Tychona, w gwiazdozbiorze Wieloryba gwiazdę drugiéj wielkości, któréj nigdy nie widział i która w katalogach nie była zaznaczona. W październiku tegoż roku gwiazda znikła, a Fabricius nazwał ją „gwiazdą cudowną“ (Mira Ceti). W r. 1603 dostrzegł w témże samém miejscu w gwiazdozbiorze Wieloryba gwiazdę czwartéj wielkości i na kartach, które wydał, oznaczył ją głoską *o* (*o*-mikron). W sześć lat późniéj zobaczył znowu Fabricius swą gwiazdę i obserwował ją przez miesiąc, nie domyślając się, że ulega ona zmienności peryodycznéj. Następnie jednak o osobliwéj téj gwieździe nie słyszano, aż w r. 1638 dostrzegł ją znów Holwerda; była wtedy jaśniejszą od gwiazd trzeciéj wielkości, ale wkrótce zaczęła słabnąć, a w lecie 1639 r. już jéj Holwerda widzieć nie mógł. W listopadzie tegoż roku wynurzyła się znowu, a odtąd nie ulegało już wątpieniu, że istnieją gwiazdy, świecące blaskiem zmiennym, już słabiéj, już silniéj. „Cudowna wieloryba“ żywo zaciekawiała astronomów dawniejszych i nowszych, a z obfitego materyału dostrzeżeń oznaczono, że okres jéj

zmienności wynosi 331 dni i 8 godzin; przez większą część tego okresu pozostaje dla oka nieuzbrojonego niewidzialną, ale i w ciągu czasu, gdy jest widzialną, jasność jéj nie jest jednaką, niekiedy bowiem dochodzi do 2-éj, a niekiedy do 4-éj tylko wielkości; Argelander sądzi nawet, że z tym krótkim okresem wiąże się inny jeszcze, obejmujący 88 lat. Przy najświetniejszym swym blasku jest żółtą, przy słabym czerwoną.

„Cudowna“ ta gwiazda niedługo pozostała jedyną w swym rodzaju, w témże samém bowiem siedmnastém stuleciu odkryto trzy jeszcze inne gwiazdy zmienne, a najważniejszą z nich jest β Perseusza, przez Arabów Algol zwana, mieszcząca się w głowie Meduzy. Jako gwiazda bardzo jasna, znana była ona oddawna, dopiero jednak w r. 1669 poznał Montanari, że błyszczy ona niejednostajnie, zwykle bowiem świeciła mu tak silnie jak gwiazdy Niedźwiedzicy Wielkiéj, a wtedy niespodzianie przedstawiła mu się w blasku zaledwie gwiazdy z Plejad. Sto lat wszakże jeszcze z górą upłynęło zanim, w r. 1782, poznał Goodrike, że zmienność téj gwiazdy przebiega zgoła inaczéj, aniżeli Cudownéj Wieloryba, cechuje ją bowiem uderzająca prawidłowość. Pospolicie jest Algol gwiazdą drugiéj wielkości i jasność tę zachowuje przez dwie doby i $11^1/_2$ godzin, następnie słabnie przez $4^1/_2$ godziny i schodzi do czwartéj wielkości; w tym stanie pozostaje zaledwie przez 7 lub 8 minut, poczém równie szybko wraca do swego maximum. Cały w ogóle okres obejmuje 2 doby, 20 godzin, 49 minut, a że w ciągu tego czasu właściwa zmienność trwa tylko przez siedem godzin, tłómaczy to, że tak długo ukrywać się mogła przed bacznym wzrokiem astronomów.

Dopiero, gdy w końcu zeszłego wieku znajomość nieba stała się pełniejszą, pomnożyła się i liczba znanych gwiazd zmiennych, tak, że dotąd naliczono ich z górą 150, a ilość ta wzrasta niemal corocznie. Wielu astronomów nie skąpiło pracy na oznaczenie epoki najsilniejszego i najsłabszego ich światła, długości okresu, obszaru téj zmienności i całego wreszcie przebiegu tego zjawiska, a za radą Argelandera zgodzono się gwiazdy zmienne oznaczać wielkiemi głoskami łacińskiemi, począwszy od R, umieszczanemi przed nazwą gwiazdozbiorów, w których się gwiazdy te znajdują. Spis gwiazd zmiennych sporządzili astronomowie Winnecke i Schoenfeld, co do nieba zaś południowego najwięcéj wiadomości zebrał Gould. W długim tym spisie napotykamy znaczną rozmaitość, zarówno co do długości okresu i stopnia zmienności, jako téż i co do prawidłowości jéj przebiegu. W ogóle jednak dają się gwiazdy te podzielić

na dwie grupy, których najwybitniejszemi przedstawicielkami są właśnie dwie najdawniéj odkryte i wspomniane wyżéj gwiazdy zmienne. Grupa pierwsza obejmuje gwiazdy, zachowujące się jak Algol, to jest okazujące zmienność regularną, w któréj wszystkie szczegóły powtarzają się zawsze jednakowo. Do grupy téj należy niemal połowa wszystkich gwiazd zmiennych; najkrótszy okres, dwudniowy, posiada S Wagi, ale większa ich część odbywa swe przeobrażenia w ciągu czasu dłuższego, wynoszącego około 300 dni, jak np. R Kruka, o okresie 319-dniowym, odkryta przez Karlińskiego w r. 1867, nawet w nasilniejszym swym blasku niewidzialna gołém okiem. Na uwagę zasługuje między innemi β Liry, która przy peryodzie 12-dniowym posiada dwa maxima i dwa minima, co zresztą okazują i inne, lubo nie tak wyraźnie. Zauważono téż, że w ogólności przyrost światła przechodzi znacznie prędzéj, aniżeli ubytek jego, i że w stanie największości lub najmniejszości gwiazda przedstawia blask prawie stateczny.

Niektóre z gwiazd zmiennych o krótkim bardzo okresie, a między niemi właśnie Algol, stanowią dział odrębny, cechujący się tém, że czas zmienności ogranicza się do kilku godzin zaledwie, przez dłuższy zaś daleko ciąg czasu są one stateczne. Cały okres zmienności gwiazdy T Cefeusza, odkrytéj przez Ceraskiego 1880 r., wynosi zaledwie trzy godziny niespełna.

Nazwaliśmy gwiazdy powyższe prawidłowo zmiennemi; prawidłowości téj nie można wszakże brać w znaczeniu ścisłém, bo trwanie okresu u wszystkich ulega pewnéj chwiejności, ale niejednostajność ta jest nieznaczną wobec zupełnéj nieregularności drugiéj grupy gwiazd, nieprawidłowo zmiennych; o wielu z nich wiadomo zaledwie, że blask ich nie jest stateczny, szczegóły wszakże tego przeobrażenia zgoła są nieznane.

Do najosobliwszych należy gwiazda η Okrętu Argo na półkuli południowéj nieba; w czasach dawniejszych notowali ją różni astronomowie, zwiedzający strony południowe, jako gwiazdę czwartéj, drugiéj lub pierwszéj wielkości. Za pobytu J. Herschla w Ziemi Przylądkowéj świeciła pierwotnie jako gwiazda 1—2 wielkości, w r. 1837 wzmogła się tak dalece, że zaledwie dwie gwiazdy na całém niebie przewyższały ją swym blaskiem; następnie zmalała, ale w r. 1843 powiększyła szybko swój blask tak, że dorównała niemal Syryuszowi. Od tego czasu słabła bezustannie, zeszła do 7-éj wielkości i ukryła się zupełnie przed wzrokiem nieuzbrojonym.

Gdyby wypadek ten zaszedł za czasów przedteleskopowych, mielibyśmy legendę o gwieździe wygasłéj, podobnie jak za następ-

nym przyrostem blasku mogłaby się stać gwiazdą nową; stanowi ona przeto jakby przejście od właściwych gwiazd nowych do zmiennych. Żadna z tych ostatnich nie góruje nad nią blaskiem, gdy dochodzi najświetniejszego swego stanu, niektóre jednak przewyższają ją obszarem zmienności.

Widzimy, że ogólnych cech gwiazd zmiennych trudno się dopatrzyć. Zwrócono uwagę na to, że w sąsiedztwie drogi mlecznéj przytrafiają się one częściéj, aniżeli w oddalonych od niéj stronach nieba; przypisać to wszakże zapewne należy temu, że w téj okolicy gwiazdy są w ogólności najobficiéj rozrzucone. Ważniejszą okolicznością jest to, że znaczna większość zmiennych posiada barwę czerwoną, któréj powodem prawdopodobnie jest wspólna przyczyna. Algol tylko i inne z téjże grupy gwiazdy świecą światłem żółtém lub żółtawo-białém.

Niewątpliwie téż daleko więcéj jest na niebie gwiazd zmiennych, aniżeli ich dotąd znamy, a Gould sądzi nawet, że należałoby tu zaliczyć może przeważną ilość ciał niebieskich, tylko że u wielu chwiejność blasku bardzo jest nieznaczna.

W każdym razie na polu tém dużo jeszcze do zrobienia pozostaje, a że obserwacya gwiazd zmiennych do łatwiejszych prac astronomicznych należy, stanowić może stosowne zajęcie nietylko dla astronomów z powołania, ale i dla amatorów astronomii. Idzie tu przedewszystkiém o jak najdokładniejsze porównanie jasności obserwowanéj gwiazdy z sąsiedniemi, a niewiele od niéj różniącemi się natężeniem światła. Pisma astronomiczne często podają wskazówki, ułatwiające prowadzenie tych dostrzeżeń.

III.

Zawiłe i różnorodne objawy, jakie zmienność gwiazd przedstawia, nie dozwalają nam objąć całego ogółu tych zjawisk jedną wspólną teoryą, dlatego téż astronomowie zestawiają wszystkie gwiazdy zmienne w pięć następnych kategoryj:

1) Gwiazdy nowe, czyli czasowe, jak gwiazda Tychona, albo gwiazdy z r. 1866 i 1876.

2) Gwiazdy o znacznych i nieprawidłowych zmianach blasku, o okresach kilkomiesięcznych lub kilkoletnich, jak „cudowna“ Wieloryba.

3) Gwiazdy o zmienności słabéj, któréj przebieg jest nam w ogólności nieznany, jak np. α Oriona.

4) Gwiazdy jednostajnie zmienne, o okresach krótkich, jak β Liry.

5) Zmienne o okresie również krótkim i prawidłowym, ale wyrażniające się tém, że sama zmiana, to jest słabnięcie i przyrost blasku, ogranicza się do kilku godzin zaledwie.

Każda z tych grup stanowi dla nas jakby oddzielną zagadkę, a dla ich rozwiązania odwołać się musimy do analogii. Analogia bowiem, zestawiając i łącząc zjawiska odległe, dzielną nieraz pomoc badaniu naukowemu daje; ona to przenosi myśl Newtona od jabłka spadającego do księżyca biegnącego koło ziemi, obok zjawisk światła nastręcza uwadze fizyka bardziéj dotykalne objawy głosu, wiedzie nas w ogólności od rzeczy znanych do nieznanych. Nieraz nadużywana, gdy się nią posługujemy jako drogą dowodzenia, nieocenioną jest zawsze, gdy myśl badacza na właściwe tory prowadzi.

W zadaniu, które nas zajmuje, zjawiska analogiczne przedstawiają się nam w naszym układzie słonecznym, i sama bowiem bryła słoneczna i krążące dokoła niéj planety również pewne zmienności blasku okazują. Bryły te zaś są nam lepiéj znane, aniżeli owe słońca odległe, są bardziéj dostępne teleskopowi i spektroskopowi,—są one od nas oddalone na miliony tylko, a nie na tryliony mil.

Najlepiéj znaną przyczyną, wywołującą zmienność blasku w naszym układzie słonecznym, są niewątpliwie zaćmienia. Gdy między słońcem a ziemią przesuwa sią księżyc, powstrzymuje on promienie naszéj gwiazdy dziennéj i światło jéj osłabia lub przytłumia zupełnie. Zaćmienia więc mogą również dawać powód do zmniejszania się blasku gwiazdy, gdy przyjmiemy, że dokoła niéj krąży ciemny towarzysz, zakrywający ją w stałych odstępach czasu i sprowadzający tym sposobem częściowe jéj zaćmienie.

Inne źródło chwiejności światła słonecznego przedstawia nam rozwój plam na słońcu. Na nieszczęście, bardzo nam jeszcze daleko do dokładnéj ich znajomości, jak w ogóle do teoryi, którąby należycie obejmowała cały ustrój słońca i wszystkie na powierzchni jego zachodzące objawy; jakiekolwiek jednak o ich naturze miéć będziemy pojęcie, — czy to będą chmury, unoszące się nad jaśniejącą powierzchnią jądra słonecznego (Kirchhoff), czy stygnące i krzepnące na ognisto - płynnéj bryle żużle (Zöllner), czy masy par, wyrzucane z wnętrza słońca i rozlewające się nad fotosferą (Secchi), czy wiry, ściągające do głębi słońca zimniejsze materye z górnych jego stref i sprawiające przez to przytłumie-

nie jego światła i ciepła (Faye, Langley), czy zagłębienia fotosfery, których przyciemnienie tłómaczy się pochłanianiem promieni przez wypełniające ją pary i gazy (Young), czy jakiekolwiek zresztą inne o istocie ich pojęcie mamy,—to zawsze pojmujemy, że epoce największéj obfitości plam odpowiada najsłabsza jasność słońca, a największy blask jego przypada na chwilę najmniejszego ich rozwoju. Chwiejność ta światła słonecznego jest wprawdzie tak nieznaczna, że dostrzedz jéj nie możemy, ale w każdym razie zgodzić się musimy na taką zależność jasności słońca od rozwoju plam, chybaby silniejszy rozwój światła w epoce ich największéj obfitości wynagradzał ubytek, przez nie wywołany. Powiększenie się zaś to blasku słonecznego może być następstwem wzmożonéj działalności procesów słonecznych; w czasie bowiem silniejszego rozprzestrzeniania się plam częstszemi są téż i wyskoki czyli protuberancye, niewątpliwie wybuchy warstw głębszych, rozjaśniające górne, ciemniejsze okolice słońca, choć na ogólną jasność słońca mają one wpływ również nieznaczny, jak i plamy, z któremi w ścisłéj zostają zależności.

Dla przedmiotu, który nas tu zajmuje, szczególnéj jest wagi, że staranne obserwacye w ciągu zeszłego i bieżącego stulecia wykazały niewątpliwą peryodyczność plam słonecznych. Przez dwa lub trzy lata są one większe i częstsze, następnie maleją i w sześć lub siedem lat dochodzą swego minimum; przerwy te nie są zupełnie stateczne, ale w każdym razie czas ich przyrostu trwa krócéj znacznie, aniżeli ich słabnięcia, przeciąg zaś całego okresu wynosi średnio lat $11^1/_9$, oprócz czego, zdaje się, że przyjąć należy i okres dłuższy, 55-letni.

Innego jeszcze rodzaju zmienność przedstawia nam w układzie słonecznym Japet, ostatni z księżyców Saturna. Blask jego ulega nader stałemu i znacznemu wzmaganiu się i słabnięciu; gdy znajduje się na zachód swéj planety jest jasny, tak, że należy do najjaśniejszych z pomiędzy ośmiu satelitów Saturna i daje się dostrzedz przy pomocy słabéj nawet lunety; gdy natomiast ma położenie wschodnie, jest znacznie słabszy i wymaga silnéj już lunety. Dla wytłomaczenia osobliwéj téj rozmaitości blasku odwołać się wypada do dwu przypuszczeń: raz, że jedna strona tego księżyca jest jasna a druga ciemna, czyli raczéj, posiada daleko mniejszą zdolność odbijania światła; powtóre zaś, że podobnie, jak to ma miejsce z naszym księżycem, czas obiegu Japeta dokoła planety schodzi się z czasem obrotu dokoła osi, czyli, że ku swéj plane-

cie zawsze jedną zwraca się stroną. Podobne zresztą zmiany światła okazują i księżyce Jowisza, w szczególności zaś czwarty.

Wogóle tedy w naszym układzie słonecznym napotykamy cztery źródła zmienności blasku: zaćmienia, obroty brył niejednostajnego z różnych stron swoich blasku, prawdopodobne zaciemnienie przez rozwój plam i możliwe rozjaśnienie przez wybuchy czyli protuberancye.

IV.

Przytoczyliśmy tu zjawiska, w układzie słonecznym zachodzące, dla wyjaśnienia bowiem zmienności gwiazd odwołano się w ogólności do tychże samych czterech powodów.

Co się przedewszystkiém zaćmień tyczy, to tą tylko drogą wytłomaczyć można zmienność gwiazd, należących do grupy olgolowéj. Secchi badał widmo Algola w różnych stopniach jego jasności i nie zdołał w naturze światła najmniejszéj wykryć różnicy; jeżeli fakt ten zestawimy z tym szczególem charakterystycznym, że cały przebieg jego zmienności ogranicza się do kilku zaledwie godzin, pojmiemy łatwo, że niejednostajność blasku téj gwiazdy da się najlepiéj wytłómaczyć, gdy przyjmiemy, że dokoła niéj krąży ciemny towarzysz, zakrywający ją w stałych odstępach czasu i sprowadzający tym sposobem częściowe jéj zaćmienie. Rozumie się, że towarzysz ten ciemny, aby w takiéj od nas odległości wywoływać mógł zaćmienie gwiazdy, musiałby w stosunku do tamtéj gwiazdy posiadać wielkość bez porównania znaczniejszą, niż planety słoneczne względem swéj gwiazdy naczelnéj; przypuszczenie to wszakże nie może przedstawiać trudności istotnych, odkąd wiemy, że z Syryuszem związana jest ciemna gwiazda, przewidywana przez Bessla, obliczona przez Petersa, a dostrzeżona nakoniec przez Clarka w styczniu 1862 r.; ciemność tę zresztą w znaczeniu tylko względném rozumieć tu należy, według Auwersa bowiem, towarzysz Syryusza, przy masie dwa razy od niego mniejszéj, świeci przeszło 5000 razy słabiéj. Podobnegoż rodzaju gwiazdą podwójną jest prawdopodobnie i Procyon. Tego właśnie rodzaju musiałby być i towarzysz Algola; aby zaś zaćmienia te zdarzać się mogły, droga téj ciemnéj gwiazdy winnaby przechodzić przez linię od nas do niéj wiodącą. Pickering nawet zadał sobie pracę obliczenia drogi téj podwójnéj gwiazdy zmiennéj, — wywody te były najzupełniéj hypotetyczne, nowe

wszakże badania domysł ten w świetny sposób potwierdziły: hypotetyczny, przypuszczalny towarzysz Algola został istotnie odkryty, znamy dziś jego wymiary, jego drogę, stosunki jego względem gwiazdy głównéj. Gdzież więc jest ten teleskop olbrzymi, gdzież są te szkła potężne, co dozwoliły wzrokowi astronoma przedrzeć się przez niezmierzoną przestrzeń wszechświata i ukazały mu tę ciemną bryłę w blasku słońca dalekiego tak dokładnie, że mógł wszystkie szczegóły jego biegu odczytać? Nie — nie posiadamy przyrządu tak potężnego i nigdy zapewne posiadać nie będziemy,—towarzysz Algola został odkryty, choć daléj pozostaje niedostrzeżony, choć go wzrok ludzki, nawet „szkiannemi skrzydłami“ zbrojny, nigdy zobaczyć nie zdoła. Odkrycie to zawdzięczamy metodom analizy spektralnéj, które tak niespodzianą dały pomoc przy badaniu ruchów ciał niebieskich.

Rozpatrując mianowicie widmo Algola, astronomowie potsdamscy, Vogel i Scheiner, z przesuwania się w niém linij ciemnych poznali, że w czasie poprzedzającym najmniejszość blasku téj gwiazdy oddala się ona od naszego słońca, po tém zaś minimum do niego się zbliża. Okazuje to więc niewątpliwie, że Algol krąży po pewnéj drodze zamkniętéj, a czas jego obiegu zgadza się z okresem zmienności jego światła, musi to zatem być gwiazda podwójna, co znaczy, że posiada ciemnego towarzysza, który się wraz z gwiazdą główną dokoła wspólnego środka ciężkości porusza. Z obserwacyj tych okazało się nadto, że Algol biegnie po swéj drodze z szybkością 5,7 mil na sekundę, a stąd, w związku z przebiegiem zmienności światła, można było drogę tę oznaczyć; Vogel tedy ocenił, że średnica gwiazdy jaśniejszéj wynosi 230 000, słabszéj 180 000, szybkość satelity 12 mil na sekundę, masy obu tych brył czynią $^4/_9$ i $^2/_9$ masy słońca, odległość zaś ich środków 700 000 mil. Tak blisko więc ze sobą sąsiadują, że przy pomocy dziesięciokrotnie nawet silniejszych przyrządów, aniżeli dzisiejsze potężne refraktory, i choćby towarzysz był gwiazdą jasną, nie możnaby ich rozdzielić.

Odkrycia te posłużyły znów Wilsingowi za podstawę do dalszych wywodów teoretycznych o właściwościach fizycznych systemu Algola. Olbrzymiego, w porównaniu z planetami słonecznemi, towarzysza gwiazdy Algol nazwaliśmy ciemnym; nie możemy jednak twierdzić stanowczo, by gwiazda ta w saméj rzeczy zupełnie była ciemna, — znaczy to tylko, że świeci nierównie słabiéj, aniżeli sam Algol. Widzieliśmy wyżéj, że cały okres zmienności téj gwiazdy rozpada się na dwie części: w ciągu pierwszéj

części okresu zachowuje ona blask stateczny, istotna zaś zmienność światła przypada na część drugą, trwającą zaledwie kilka godzin. Obserwacye gwiazdy podczas jéj stateczności nie wykazały żadnéj zmiany, któraby przechodziła 0,02 stopnia wielkości, co jest już granicą ścisłości, z jaką jasność gwiazd oceniamy; wnieść ztąd można, że jeżeli towarzysz wysyła światło, blask jego nie może przechodzić $^1/_{50}$ światła gwiazdy głównéj, inaczéj bowiem i zakrycie gwiazdy ciemniejszéj przez jaśniejszą musiałoby również wywoływać pewien ubytek światła. Ubytek taki dostrzegł rzeczywiście niedawno Plassmann; wypada więc ztąd, że towarzysz ten nie jest bryłą zupełnie ciemną, a jeżeli się spostrzeżenie to potwierdzi, będzie można na téj zasadzie i jasność gwiazdy słabszéj oznaczyć.

W każdym zaś razie towarzysz ten wysyła i promienie odbite, ulegać więc musi fazom czyli odmianom, na wzór naszego księżyca; rachunek wszakże uczy, że okoliczność ta zmienności światła całego systemu powodem być nie może, choćby nawet ciemna ta gwiazda posiadała jak najznaczniejszą zdolność odbijania światła. Właściwa zatém zmienność jest następstwem jedynie przyćmienia gwiazdy jaśniejszej przez ciemniejszą, co zachodzi w sposób taki, jak zaćmienie obrączkowe słońca, przy którém położenie centralne księżyca trwa tylko kilka minut. Rachunek jednak niezupełnie tu odpowiada dostrzeżeniom; dla osiągnięcia przeto zgodności przyjmuje Wilsing, że skrajna strefa Algola świeci słabiéj aniżeli część środkowa, w stosunku prawie 4 : 3; przypuszczenie to zaś uzasadnić można tém, że według Vogla podobnie dzieje się i z naszém słońcem. Dla wyjaśnienia wreszcie pewnéj drobnéj niesymetryczności, jaką dostrzeżono w blasku światła przed i po jego minimum, przyjmuje tenże autor, że droga towarzysza nie jest kołowa, ale eliptyczna, o mimośrodzie 0,11, co stanowi wartość pośrednią między wydłużeniami dróg ziemi i Wenery. W ten więc sposób wszystkie szczegóły zmienności téj ciekawéj gwiazdy podwójnéj dają się wyjaśnić przez zasady, które i dla słońca przyjmujemy.

Wyjaśnienia te wszakże nie obejmują jeszcze wszystkich okoliczności. Okres zmienności, czyli odstęp czasu między dwiema następującemi po sobie najmniejszościami blasku, dobrze jest znany z licznych, jak powiedzieliśmy, dostrzeżeń; jeżeli więc Algol jest istotnie gwiazdą podwójną, to okres ten winien być niezmienny, jest to bowiem czas obiegu dwu brył, jeden układ składających. Obserwacye wszakże wniosku tego nie potwierdzają.

W katalogu swoim gwiazd zmiennych okres zmienności Algola podał astronom amerykański Chandler średnio na 2 doby 20 godzin 48 minut 55,495 sekund; w pewnych jednak czasach okres ten był o 4 sekundy dłuższy, w innych znów czasach o tyleż krótszy, a nadto zmienność ta okresu ze swéj strony zachodzi również w sposób peryodyczny i na ukończenie pełnego przebiegu wymaga 130 lat. Argelander już starał się okres ten wraz z jego chwiejnością ująć w formułę algebraiczną, dla niedostatecznéj wszakże w czasach poprzednich liczby dostrzeżeń celu tego dopiąć nie zdołał. Zestawił wszakże dostrzeżenia, z których się wyraźnie okazuje że okres zmienności Algola jest chwiejny, wynosił on bowiem:

w r.	1874	— 68 godzin	48 min.	55,42	sek.
„	1793	„	„	57,74	„
„	1818	„	„	58,19	„
„	1842	„	„	55,18	„
„	1849	„	„	54,86	„
„	1858	„	„	53,15	„
„	1865	„	„	53,81	„

Z liczb tych wyczytujemy jasno, że od końca zeszłego wieku długość okresu zmniejszała się, z początku zwolna, następnie szybciéj, poczém znów rozpoczął się przyrost.

Okres ten zmienności, jak już wiemy, jest to czas obiegu obu brył składających system Algola; skoro zaś okres ten jest niejednostajny, możnaby przypuszczać, że zachodzi tu pewne działanie zakłócające na wzór tego, jak w układzie naszym pod wpływem słońca bieg księżyca już to się przyspiesza, już zwalnia; stosunki wszakże w układzie Algola zachodzące, a mianowicie znaczna wielkość zakłócenia i długotrwałość jego w zestawieniu z czasem obiegu obu brył, dałyby się trudno wyjaśnić istnieniem takiego ciała zakłócającego. Dlatego też prawdopodobniejszym wydał się domysł, że chwiejność ta okresu nie jest istotną, ale pozorną tylko, czyli innemi słowy, że czas obiegu obu gwiazd Algola jest w saméj rzeczy stateczny, a tylko dla pewnéj przyczyny ubocznéj nam się zmiennym wydaje.

Przyczynę tę rzeczywiście odsłonił w r. 1892 Chandler. Dzieje się tu toż samo, co z przyspieszaniem i opóźnianiem zaćmień księżyców jowiszowych, które przed dwustu już z górą laty posłużyło Römerowi do oznaczenia szybkości światła. Przyspie-

szenia te i opóźnienia tłomaczą się, jak wiadomo, tém, że zaćmienia księżyców Jowisza zachodzą w różnych od ziemi odległościach. Gdy Jowisz znajduje się bliżéj ziemi, światło wynurzającego się z cienia księżyca dobiega do nas w czasie krótszym; gdy przypada w odległości większéj, światło na dojście do nas potrzebuje czasu dłuższego.

Dajmy więc, że okres zmienności Algola jest stateczny, ale że on się ku nam szybko zbliża; wtedy przy każdéj następnéj najmniejszości światło téj gwiazdy dla dojścia do nas potrzebuje krótszego czasu, aniżeli przy najmniejszości poprzedzającéj, a mianowicie o 1 sekundę mniéj przy każdem zbliżeniu się o 42000 mil, liczba ta bowiem wyraża szybkość światła. W tym więc razie jest okres pozorny krótszy od rzeczywistego. Jeżeli znów Algol również się szybko od nas oddala, promienie wysyłanego przezeń światła mają do przebieżenia drogę coraz większą, każda następna najmniejszość dla nas się opóźnia, okres pozorny staje się dłuższym od istotnego.

Chwiejność zaś okresu Algola zachodzi rzeczywiście w taki sposób prawidłowy; nie można więc powątpiewać, że Algol wraz ze swym towarzyszem do nas naprzemian się zbliża i od nas oddala, czyli że wraz z nim krąży po drodze zamkniętéj dokoła pewnéj bryły centralnéj, nam dotąd nieznanéj. Rachunki zaś dokładne wykazują, że droga ta jest prawie kołowa, a płaszczyzna jéj pochylona jest o 20° względem linii idącéj od Algola do ziemi.

Z różnicy między największém przyspieszeniem a opóźnieniem minimów blasku wypływa daléj, że średnica téj drogi przechodzi 38 razy odległość ziemi od słońca, dorównywa zatém średnicy drogi Urana. W średniéj od ziemi odległości przypadał Algol w r. 1804 i w r. 1869, w pierwszém z tych położeń od nas się oddalał, w drugiem zbliżał; pełny zaś obieg trwa lat 130, a w marcu 1902 gwiazda ta znajdować się będzie w największém do nas zbliżeniu. Prędkość biegu jest niewielka, wynosi bowiem tylko 4 kilometry na sekundę, trudno będzie zatém ruch ten gwiazdy wykazać drogą spektrometryczną, czyli z przesunięcia się linij ciemnych.

Tak świetnym rezultatem swych badań nie zadowolnił się wszakże astronom amerykański, ale potwierdził go zgoła inną jeszcze metodą. Jeżeli bowiem rzeczywiście Algol krąży w przestrzeni niebieskiéj jako jasna planeta pewnego słońca centralnego, to ruchy jego dokoła położenia średniego zdradzić się winny

w licznych obserwacyach téj gwiazdy. Położenie gwiazd zaczęto z dostateczną ścisłością oznaczać od połowy zeszłego stulecia; trzeba więc było zebrać wszystkie od tego czasu dane, tyczące się położenia Algola, by z nich drogę jego określić. Zadanie takie wymaga znacznéj pracy, a dotąd przeprowadził je jedynie Auwers, który metodą taką wykazał, że Syryusz i Prokyon krążą po drogach zamkniętych, czyli że są gwiazdami podwójnemi. Różne spisy, czyli różne katalogi gwiazd nie przedstawiają jednakiéj dokładności, w każdym tkwią pewne błędy, które pod uwagę brać należy, a różni obserwatorowie nie budzą jednakiéj ufności. Należało zatem starannie roztrząsnąć dane, zebrane z trzydziestu siedmiu katalogów; praca wszakże powiodła się zupełnie, okazało się bowiem, że różne położenia, jakie Algol w różnych czasach zajmował, przypadają na wązkiéj elipsie, któréj oś wielka przedstawia nam się pod kątem 2,7 sekundy, w takiéj zatém wielkości, w jakiéj wydawałby się nam człowiek średniéj wysokości, znajdujący się od nas w odległości stu kilometrów. Elipsa ta jestto rzut na sklepienie niebieskie drogi kołowéj, jaką wykazały badania poprzednie; wiemy zaś, że średnica ta obejmuje 38 promieni drogi ziemskiéj, czyli wyrównywa 760 milonom mil geograficznych. Skoro zaś długość ta przedstawia nam pozorną wielkość 2,7″, można już więc stąd obliczyć istotną odległość Algola, a rachunek wykazał, że odległość ta przenosi 2,9 miliona razy długość promienia drogi ziemskiéj. Paralaksa roczna Algola wynosi 0,7 sekundy.

Gwiazda, którą Algol obiega w ciągu lat 130, jak powiedzieliśmy, jest dotąd nieznana. Jakkolwiek prawdopodobnie posiada ona wielkość znaczniejszą, aniżeli Algol, jest wszakże gwiazdą „ciemną“, czyli raczéj świeci blaskiem bardzo słabym; być może jednak, że potężne refraktory dzisiejsze dozwolą ją dojrzeć, zwłaszcza, gdy badania Chandlera wskazały, w jakim kierunku obok Algola szukać jéj należy.

Metoda ta wszakże nie samemu tylko Algolowi wyłącznie służyć może, ale zyska zapewne zastosowanie ogólniejsze. Dotąd wykryto dziesięć gwiazd, które, jak Algol, blask swój zmieniają również prawidłowo i w podobnież krótkich okresach; niektóre zaś z nich zdradzają podobnąż chwiejność w okresach swéj zmienności, w odstępstwach czasu od jednego minimum do następnego. W ogólności więc gwiazdy należące do „typu Algola“, są to gwiazdy podwójne, których zmienność jest następstwem przysłonięcia bryły jaśniejszéj przez ciemnego towarzysza; gdy zaś nadto

okres zmienności nie jest jednostajny, mamy gwiazdę, co najmniéj, potrójną. Taką zapewne jest w szczególności gwiazda zmienna Y Łabędzia, która wraz z ciemnym swym towarzyszem krąży jeszcze dokoła trzeciéj bryły i obiega ją w ciągu $2\frac{1}{2}$ lat, opisując przytém drogę o promieniu większym, aniżeli odległość Saturna od słońca.

Zdumiewające więc rezultaty badań Chandlera otwierają nową drogę astronomii gwiazd stałych. Odkąd lunecie przybyły w pomoc przyrządy astrofizyczne, spektrometr, fotometr, aparat fotograficzny, znajomość nasza tych brył dalekich z każdym rokiem pełniejszą się staje.

V.

Inne gwiazdy, również prawidłowo zmienne, należące do czwartéj grupy według zestawienia Pickeringa, nie dają się już wytłomaczyć przez przypuszczenie krążących dokoła nich ciemnych satelitów. Do tego przypadku odnieść się daje hypoteza, pomyślana jeszcze w wieku siedemnastym, obrotu gwiazd niejednakowo ze wszech stron jasnych; gwiazda taka, obracając się dokoła osi, przedstawia nam już to świetniejszą, już ciemniejszą swą stronę, zkąd wypływa zmienność peryodyczna o okresach krótkich. Hypotezę tę najdokładniéj rozwinął również Pickering: przypuszczając, że gwiazda po różnych swych stronach niejednakiéj jest jasności, że, daléj, posiada postać elipsoidalną, i przyjmując oś jéj najkrótszą za oś obrotu, wyprowadził wzory, okazujące dostateczną zgodność z prawami zmienności kilku gwiazd, jak β Liry, δ Cefeusza i innych; tą drogą, przypuszczenie to, dawniéj luźne, nabrało pewnego prawdopodobieństwa.

Co do innych, nie tak prawidłowo zmiennych gwiazd, analogia ze zjawiskami słonecznemi nasuwa łatwo hypotezę plam, rozwijających się silniéj w więcéj lub mniéj statecznych odstępach czasu. W 1667 r. tłómaczył już tą drogą Bouillaud zmienność „cudownéj“ Wieloryba, a nie można powiedzieć, iżby od tego czasu rzecz ta ściśléj uzasadnioną została. Jedynie tylko analiza spektralna mogłaby nas nauczyć, czy światło tych gwiazd ulega zmianom tylko ilościowym, czy téż widmo w różnych ich stanach zgoła odmienne przedstawia cechy; badania te wszakże wymagają dłuższego czasu, aniżeli upłynął od początku badań spektralnych. Hypoteza plam znajduje silne poparcie w téi

okoliczności, że przejście od najsłabszego do najsilniejszego blasku dokonywa się w ogólności prędzéj, aniżeli słabnięcie światła; tenże sam szczegół przedstawia nam rozwój plam na słońcu, a chociaż wytłomaczyć go nie umiemy, to zawsze prawdopodobną jest tu wspólność przyczyny. Wyobraźmy sobie słońce przeniesione na odległość choćby najbliższéj gwiazdy, a przedstawi się nam jako gwiazdka niezbyt jasna, słabo zmienna, o okresie jedenastoletnim; okres rozwoju plam mógłby się przedstawić w okresie jéj zmienności, bylebyśmy uchwycić mogli drobne różnice jéj blasku. A ileż to może świeci gwiazd na niebie, na których rozwijające się plamy wywołują zmiany, ale tak nieznaczne, że ich dotąd dostrzedz nie zdołano?

W przedmiocie tylko gwiazd nowych oddał nam spektroskop ważniejsze usługi. Jakkolwiek w czasach, gdy nauka posługiwała się już tym przyrządem, trzy tylko ukazały się gwiazdy nowe, wyniki badań są tu niewątpliwe. Widmo gwiazdy z r. 1866 rozpatrywał Huggins i dopatrzył w niém jakby kombinacyę dwu widm,—na tle bowiem zwykłego widma absorbcyjnego, jakie okazuje słońce i przeważna część innych gwiazd, wybijało się kilka linij jasnych, których położenie wskazywało wyraźnie, że stanowiły one widmo płonącego wodoru. Analogia więc do protuberancyj słonecznych łatwo się tu narzuca i śmiało przyjąć możemy, że na gwieździe téj nastąpił wybuch tak olbrzymi, że powierzchnię téj słabo świecącéj gwiazdy nagle rozpalił i rozjaśnił Potężnemi więc tylko rozmiarami góruje zjawisko to nad zwykłemi objawami słonecznemi, a w miarę jak nikły ślady tego niepojętego zaburzenia, gwiazda bladła i wróciła nakoniec do zwykłego swego skromnego blasku.

Wspaniałość tego olbrzymiego zjawiska grozą nas przejmuje. Wyobraźmy sobie planetę, krążącą dokoła słońca, które się tak dalece rozpłomienia, że jasność jego stokrotnie się wzmaga; przypuśćmy, że na planecie téj, jak na drobnéj naszéj ziemi, w całéj pełni kwitło życie organiczne, a pojmiemy, że jedna chwila tak niesłychanego podniecenia żaru sprowadza nieuniknioną zagładę bytu. Ale i gwiazdy w szczuplejszym zakresie zmienne stanowią także słońca o bardzo niejednostajnéj temperaturze, a czy pod wpływem ich promieni życie rozwijać się i utrzymywać może, jest rzeczą więcéj niż wątpliwą. Nie każde z tych słońc olbrzymich, które nam się gwiazdkami tylko wydają, rozlewa dokoła siebie tak dobroczynne światło i ciepło, jak nasza gwiazda dzienna. Nikt dziś zapewne utrzymywać nie zechce, aby nasza tylko zie-

mia była siedliskiem życia i działalności, ale podobnież twierdzić nie możemy, aby każda planeta była zamieszkaną, aby promieniami każdego słońca życie się karmiło.

Nie możemy też w tém miejscu pominąć uwagi, że jakkolwiek światło szybkim jest gońcem, bo na sekundę 42 000 mil ubiega, przybywa jednak do nas od gwiazd po latach i stuleciach całych zaledwie. Nie widzimy nigdy nieba, jakiém jest, ale jakiém było,—każdą zaś gwiazdę w innéj epoce, zależnie od jéj odległości. Widok, jaki nam niebo w każdéj chwili przedstawia, mówi Arago, opowiada nam zamierzchłe dzieje gwiazd. Gdy ukazanie się gwiazdy nowéj donosi nam o strasznéj katastrofie, jakiéj gwiazda ta uległa, był to wypadek dawno miniony. Gwiazda Korony północnéj z r. 1866 dawno już wróciła do normalnego swego stanu, gdy o gwałtownem na niéj zaburzeniu wieść nas dopiero doszła. Gdy Vogel badał w r. 1889 widmo Algola, rozpatrywał właściwie promień światła przez gwiazdę w r. 1843 wysłany, światło bowiem łoży lat 46 na przebieżenie oddzielającéj ją od nas odległości.

Pojmujemy jednak, przeczuwamy raczéj, że olbrzymie owe przeobrażenia gwiazd, które się nam w ich zmienności ujawniają, nie mają zapewne charakteru jakiejś przypadkowości, nie są to wyjątkowe zdarzenia; tak powszechne i rozległe przewroty ściśle łączyć się muszą z ogólnemi warunkami bytu i rozwoju światów. Z tego stanowiska rozpatrzył je mianowicie Ritter, który do objawów kosmicznych szczęśliwie umiał stosować zasady mechanicznéj teoryi ciepła.

Wywody Rittera wiążą się z zasadami kosmogonii Laplace'a, która wyprowadza bryłę słoneczną i inne światy ze skupienia pierwotnéj mgławicy. Jakkolwiek daleko w pewnej bryle słonecznéj posunął się proces tego skupienia, cząsteczki jéj substancyi, pierwotnie gazowéj, zostają pod współdziałaniem dwu równoważących się sił: ciążenia, które je usiłuje sprowadzić do środka, i ciepła, które dążeniu temu przeciwdziała. Ciepło, które się skutkiem tego skupiania wytwarza, w każdéj chwili wystarcza właśnie do zrównoważenia siły ciężkości. Proces ten zgęszczania się masy gazowéj kiedyś skończyć się musi; gwiazda stygnie przez promieniowanie, ale ciążenie nie wytwarza już nowego zasobu ciepła. Powierzchnia jéj pokrywa się żuzlami, skorupą; słońce zastyga i ulega przeobrażeniom, w których wyprzedziły ją drobniejsze planety, które przebyła i ziemia nasza w stopniowym swym rozwoju.

W przestrzeniach niebieskich snuć się może mnóstwo gwiazd nawpół lub zupełnie wygasłych, a rozpłomienienie takiego słońca zamarłego stanowi dla mieszkańców światów dalekich zjawisko nowéj gwiazdy. Rozpłomienienie zaś takiéj bryły wygasłéj nastąpić może, gdy na nią inne ciało niebieskie spada. Z różnych bowiem względów przyjąć możemy, że przestrzeń światowa wypełniona jest pewnym środkiem, eterem, który ciałom niebieskim stawia w biegu ich opór. Z powodu oporu tego planeta zwalnia szybkość swego biegu, ulega silniéj przyciąganiu swego słońca, okrąża je drogą coraz bliższą, spada na nie nakoniec, łącząc się znów z bryłą, od któréj się pierwotnie oddzieliła. Jeżeli budowa naszego układu słonecznego wydaje się nam niezachwianą, to dlatego tylko, że obserwacye nasze obejmują okres niesłychanie krótki.

Przyjąwszy raz możliwość takiego uderzenia się dwu brył niebieskich, pojmujemy łatwo, jak nowe słońce do życia powołaném zostaje. Ruch całych mas przechodzi w ruch najdrobniejszych ich cząstek, uderzenie wytwarza ciepło, na grobie dawnych światów nowy płomień się wzbudza. Wskutek niesłychanego rozwoju ciepła zrywa się równowaga, utrzymująca objętość gwiazdy, a olbrzymie masy oddalają się od środka; przy takim rozroście temperatura wewnętrzna zniża się i dochodzi kresu, gdy się znów ustala równowaga między ciążeniem a działaniem ciepła. Ruch cząstek wszakże tu się nie zatrzymuje, z powodu bowiem bezwładności masa słoneczna posuwa się daléj, a temperatura jéj daléj słabnie. Ale wtedy ciążenie odzyskuje swą władzę, osłabia i znosi ruch rozbieżny, masa zatrzymuje się, aby biegiem, najpierw przyśpieszonym a następnie opóźnionym, znów odwrót swój rozpocząć, a po peryodzie skupiania znów rozszerzanie następuje. Jest to jakby olbrzymi ruch wahadłowy, wywołany przez rozpętane żywioły, co długo uśpione, w starym, zaskorupiałym kryły się świecie. W rytmicznym tym ruchu temperatura tworzącego się słońca wzmaga się i słabnie naprzemian, rozjaśnia się ono i zaciemnia kolejno, a my dostrzegamy gwiazdę zmienną.

Gwałtowne te zmiany światła znamionują więc tylko młodzieńczy okres bytu gwiazdy; w miarę, jak daléj skupienie jéj posępuje, kołysania stają się słabszemi, a drobna jéj zmienność ledwie dopatrzyć się daje.

Prawdopodobieństwo rozległéj téj i śmiałéj hypotezy moglibyśmy ocenić jedynie przez zgodność jéj z faktami zaobserwo-

wanemi. Ritter wyprowadza wprawdzie twierdzenia, okazujące zależność okresu zmienności gwiazdy od jej gęstości; gęstość wszakże różnych gwiazd jest zgoła nieznana, nie mamy tedy możności potwierdzenia wywodów jego i zestawienia ich z rezultatami obserwacyi. Hypoteza ta pozostaje przeto jedynie ciekawym przykładem, jak teorya mechaniczna ciepła zastosować się daje do olbrzymich objawów kosmologicznych, do ostatecznych zagadnień bytu wszechświata.

VI.

Widzieliśmy, że teorye gwiazd zmiennych wiążą się bezpośrednio z tém, co wiemy o objawach w sąsiedztwie naszém, w układzie słonecznym zachodzących; im lepiéj przeto objawy te poznajemy, tém téż dokładniéj rozumiéć możemy przyczyny, zmienność gwiazd wywołujące; na podstawie odkryć nowych, w układzie słonecznym dokonanych, snuć możemy nowe analogie o dalekich bryłach słonecznych.

Otóż dwa lata ostatnie przyniosły nam wiadomości zgoła niespodziane o dwu planetach, najbliższych słońca: o Merkurym i o Wenerze. Opierając się na dawnych dostrzeżeniach, przyjmowano dotąd ze wszelką pewnością, że planety te wirują dokoła swych osi z prędkością takąż samą prawie, jak nasza ziemia, że doba na obu tych bryłach planetarnych trwa mniéj więcéj 24 godziny, a ztąd wyprowadzono wnioski, że warunki fizyczne tych światów zbliżone są bardzo do ziemskich. Tymczasem, zasłużony badacz meteorytów i Marsa, astronom medyolański Schiaparelli, poświęciwszy od lat kilku uwagę swą Merkuremu, doszedł do wniosków zgoła odrębnych. Merkury, mianowicie, wiruje czyli obraca się dokoła swéj osi bynajmniéj nie jak ziemia, ale jak księżyc. Jak towarzysz nasz obiega drogę swą wokoło ziemi, zwracając ku niéj zawsze tęż samą stronę i téż same plamy, tak téż Merkury, tocząc się po swéj drodze dokoła słońca, przedstawia mu zawsze tęż samą półkulę swéj powierzchni. Zachowanie się to księżyca, jak wiemy, ztąd pochodzi, że kończy on swój obrót osiowy w tymże samym czasie, co i obieg dokoła ziemi; gdy dokoła swéj osi obróci się o kąt pewien, obiegnie dokoła ziemi kąt jednakiéj wielkości, zkąd właśnie wypływa, że ku nam statecznie jednę i tęż samą swą stronę zwraca. Tak samo zatém dzieje się i z Merkurym: wykonywa on swój obrót osiowy w ciągu tegoż samego zupełnie czasu, co i obieg

dokoła słońca, doba jego wyrównywa jego rokowi, czyli trwa bez mała 88 dni naszych.

Zachodzi nadto i dalsza jeszcze analogia między obu temi brylami. Obrót ich osiowy jest mianowicie zupełnie jednostajny, gdy tymczasem obieg dokoła środka ciążenia dokonywa się po drodze eliptycznéj; ruch ich zatém jest szybszy, gdy się znajdują w punktach bliższych ogniska swego ruchu, zwalnia się zaś, gdy po wydłużonéj swéj drodze od niego się oddalają. Ztąd to pochodzi, że dostrzegamy z ziemi wązkie pasy po jednym i drugim brzegu ukrytéj dla nas strony księżyca. Podobnaż więc libracya, czyli ważenie się, występuje i na Merkurym, ale że eliptyczność, czyli raczéj mimośród jego drogi jest cztery razy większy, aniżeli drogi księżyca, ztąd i ważenie się to jest tam silniejsze; pasy jego powierzchni, które kolejno do słońca się zwracają i od niego odwracają, są tam znacznie szersze, aniżeli na księżycu.

Księżyc nasz wszakże, zwracając ku ziemi stale jednę swą stronę, wysuwa kolejno ku słońcu wszystkie swe okolice, a dzień i noc trwają tam po czternaście dni naszych. Inaczéj zaś zupełnie dzieje się na Merkurym. Tam jedna zawsze tylko półkula widzi słońce, druga—z wyjątkiem wąskich pasów, o których była mowa, jest od niego wiecznie odwrócona. Jedna bez przerwy i wytchnienia wystawiona jest na jasność oślepiającą i na żar dziesięciokrotnie silniejszy, aniżeli upały naszych okolic zwrotnikowych; druga pogrążona jest w nocy najczarniejszéj i w zimnie, właściwém przestrzeni światowéj, o którém mrozy nawet stron podbiegunowych dać nie mogą wyobrażenia. Sprzeczności te łagodzi może nieco wpływ atmosfery, która ciepło słoneczne tak po powierzchni planety rozprowadza, że osłabia nieco nadzwyczajny nadmiar żaru i chłodu, ale w każdym razie widzimy, że warunki fizyczne świata tego są zupełnie odrębne od objawów naszéj bryły ziemskiéj.

Dziwić się zaiste można, że tak długo utrzymywały się błędne pojęcia o obrocie osiowym Merkurego, to wszakże tłómaczy się dostatecznie trudnością obserwacyi téj planety; Kopernik na łożu śmierci utyskiwał, że nigdy jéj nie widział. Ponieważ opisuje ona szczupły jedynie okrąg dokoła słońca, nie oddala się na niebie nigdy dosyć daleko od jaśniejącéj bryły słonecznéj, by mogła być rozpatrywana przy pełnéj ciemności nocy. Poszczęścić się przeto mogą rzadko tylko obserwacye podczas zorzy, przed wschodem lub po zachodzie słońca; planeta wtedy znajduje się zawsze blizko poziomu i tak silnie poddana jest niepokojowi i zmiennemu załamywaniu światła w dolnych warstwach powietrza, że przedstawia

najczęściéj w lunecie to niepewne i iskrzące wejrzenie, które się nazywa migotaniem. Schiaparelli przekonał się jednak, że można planetę obserwować i przy pełnym blasku dziennym, w obecności zawsze blizkiego słońca i przez atmosferę zawsze rozjaśnioną, a przy wytrwałéj cierpliwości mógł powierzchnię planety widzieć dokładnie przeszło 150 razy i otrzymał zadawalniające rysunki plam, na powierzchni téj występujących. Położenie zaś właśnie tych plam wykazało mu, że czas obrotu osiowego planety schodzi się z jéj obiegiem rocznym, gdy nieliczne i niedostateczne obserwacye dawne, prowadzone przy pomocy teleskopów niedokładnych, wydały rezultaty tak dalece błędne.

Nietylko wszakże co do Merkurego, ale i co do bliższéj nas Wenery wiadomości nasze również były dotąd niedokładne. Przyjmowano dotąd w ogólności, że czas obrotu Wenery również niewiele odstępuje od 24 godzin; Schiaparelli wszakże, na podstawie zarówno krytycznego rozbioru spostrzeżeń dawnych, jak i własnych pewnych obserwacyj, wnosi, że plamy na powierzchni Wenery zachowują położenie prawie niezmienne względem linii, oddzielającéj część przez słońce oświeconą od części ciemnéj jéj tarczy: wypływa ztąd, że obrót planety identyczny jest z ruchem téj linii, który odbywa się dokoła osi prostopadłéj do drogi planety i w ciągu okresu równego czasowi obiegu planety dokoła słońca, t. j. w ciągu 254,7 dni. Przypuszcza jednak Schiaparelli, że może zgodność ta nie jest zupełna, tak, że obrót osiowy Wenery od czasu jéj obiegu dokoła słońca odstępować może o kilka tygodni mniéj lub więcéj; w ogólności wszakże czas obrotu osiowego nie jest krótszy nad sześć, ani dłuższy nad dziewięć miesięcy. Rzecz ta wymaga więc dalszych jeszcze badań.

Że księżyc nasz, odkąd pamięć ludzka sięga, zawsze ku nam tęż samą połowę zwraca, świadczą i dowody historyczne, a jedno dzieło Plutarcha ma tytuł: „O twarzy, jaką na tarczy księżyca widzimy“. Zgodność obrotu osiowego i obiegu dokoła ziemi wydawała się igraszką natury, uważano to za osobliwość, naszemu tylko towarzyszowi właściwą. Poznano jednak, że i księżyce Jowisza ku centralnéj swéj planecie zawsze tęż samą stronę zwracają; jest to rzecz przynajmniéj prawdopodobna co do trzech pierwszych, co do czwartego zaś niewątpliwie stwierdzona przez Auwersa i Engelmanna. Tenże sam fakt dawniéj już wykrył William Herschel co do Japeta, ósmego i najdalszego księżyca Saturna.—Dowiadujemy się obecnie, że tak samo zachowują się i planety najbliższe słońca.

Objawy te zatém nie są bynajmniéj wyjątkowe, ale owszem powszechne w przyrodzie. Dokumenty więc te przyłączyć należy do świadectw, niezbędnych przy badaniu kosmogonii ciał niebieskich; w szczególności zaś, w związku z opowiedzianemi tu odkryciami, tyczącemi się gwiazdy Algol, upoważniają do nowych poglądów na istotę gwiazd zmiennych. Poglądy takie rozwinął zwłaszcza dokładnie Wilsing, należy nam przyjrzéć się jeszcze tedy tym wywodom teoretycznym.

VII.

Powodzenie, jakie sprzyjało w ostatnich latach badaniom Algola, ośmielić nas może do dalszych, choć więcéj hypotetycznych wniosków; sprobujmy więc odcyfrować przyszłe losy gwiazdy, któréj stan obecny tak dobrze poznaliśmy.

Kosmogonia dzisiejsza, ogólnemi prawami przyrody uzasadniona, wykazuje, że gwiazdy, starzejąc się, stygną, a w miarę zniżania się temperatury atmosfery ich gęstnieją i silniéj pochłaniają, zatrzymują promienie światła. Pod wpływem przyciągania towarzysza na powierzchni Algola zachodzą przypływy atmosferyczne, a ztąd zwrócona ku nam strona téj gwiazdy pokryta być może naprzemian już to bardzo wysoką, już nizką atmosferą, która tedy, stosownie do swéj rozległości, przez pochłanianie promieni rozmaicie nam światło przytłumiać może. Choćby w atmosferze takiéj pochłanianie było dwieście razy słabsze, aniżeli w ziemskiéj naszéj atmosferze, jużby blask gwiazdy okazywać musiał znaczną chwiejność, a to niezależnie od zmiany blasku, pochodzącéj z zakrywania gwiazdy przez ciemnego towarzysza. Stosunki takie nie zachodzą jeszcze na Algolu, ale zdradza je teleskop u gwiazd zmiennych, które, według charakteru widma swego, należą do klasy trzeciéj gwiazd stałych, albo, mówiąc w ogólności, do gwiazd czerwonych. W rozległych i gęstych atmosferach gwiazd takich panuje prawdopodobnie temperatura tak nizka, że wytwarzać się już mogą związki chemiczne, wywołujące znaczne pochłanianie; pomiędzy zaś temi gwiazdami czerwonemi, jak wspominaliśmy wyżéj, znajduje się znaczna liczba zmiennych, o okresach krótszych lub dłuższych,—w wielu więc razach przyczyną zmienności tych gwiazd być mogą olbrzymie przypływy i odpływy atmosferyczne, wywoływane przez krążące dokoła nich bryły.

Nie jest to zresztą hypoteza nowa, rozwinął ją już dawniéj Klinkerfues, nie miała jednak powodzenia, uważano bowiem za rzecz nieprawdopodobną, żeby istnieć mogły gwiazdy podwójne, tak blizkie, by czas ich obiegu wynosił rok niespełna, albo kilka dni zaledwie. Zarzut ten wszakże upada, skoro wiemy, że Algol stanowi układ gwiazdy podwójnéj o obiegu trwającym nie więcéj nad kilkadziesiąt godzin. Chwiejność zaś blasku takiéj gwiazdy zmiennéj stawać się może znaczniejszą jeszcze, gdy towarzysz dąży po drodze silnie eliptycznéj; wtedy bowiem może niekiedy do gwiazdy głównéj bardzo się blizko przysuwać, a w takich razach, działaniem wzmożonego przyciągania, wywołać może nawet z wnętrza gwiazdy głównéj wybuchy znacznych ilości gazów gorących, przewyższających znacznie rozżarzeniem swojém zwykłą temperaturę jéj powierzchni. Wybuchy więc te rozjaśniać mogą powierzchnię gwiazdy tak silnie, że gwiazda słaba i oku nieuzbrojonemu niedostępna staje się nagle widoczną i ukazuje się jako gwiazda nowa. Gwiazdy nowe z r. 1866 i 1877 przedstawiały w widmie swém linie jasne, zdradzające takie wybuchy gazów; przypuszczać więc można, że tu zaszły właśnie zjawiska, o jakich mowa,—przyciąganie wywarte przez towarzysza gwiazdy wystarczało do wywołania tak potężnych wybuchów mas rozpalonych z wnętrza tych brył.

W ogólności wszakże objawy te nie dochodzą potęgi tak straszliwéj, zmienność gwiazdy zależy tylko, jak powiedzieliśmy, od przypływów i odpływów atmosferycznych. Fala mianowicie przypływu, zwrócona ku towarzyszowi gwiazdy, z powodu silnego pochłaniania promieni sprowadza najmniejszość blasku; jeżeli więc przypuszczalny towarzysz gwiazdy „cudownéj Wieloryba“, należącéj właśnie do trzeciego typu gwiazd, przypada na linii łączącéj gwiazdę tę z ziemią, przedstawia się nam ona w najmniejszości swego blasku; gdy zaś, po obieżeniu czwartéj części swéj drogi, towarzysz ten znajduje się po boku gwiazdy głównéj, widzimy ją w maximum jéj jasności. Różne zresztą szczegóły drugorzędne, różne objawy, zakłócające przebieg zjawiska, dają się również w sposób naturalny, bez zbytniego naciągania, hypotezą tą wyjaśnić.

Jeżeli wszakże zgadzamy się, że na gwiazdach tych zachodzą bezustannie przypływy i odpływy mas atmosferycznych, to prowadzą nas one do dalszych jeszcze wniosków, gdy zestawimy je z przypływami i odpływami wód morskich na ziemi. Gdy planeta nasza dokoła swéj osi wiruje od zachodu ku wschodowi, fale przypływu, utrzymywane przyciąganiem księżyca, posuwają się

w stronę przeciwną od wschodu ku zachodowi; ziemia przeto ustawicznie wiruje wewnątrz téj masy ciekłéj, jakby w pierścieniu, a powstające ztąd tarcie stawia jéj opór i wywołuje wzbudzanie się ciepła, co znów nastąpić może jedynie nakładem energii obrotu ziemi około jéj osi. Dopóki więc przypływy i odpływy oceaniczne istnieć będą, szybkość obrotu ziemi ustawicznie zmniejszać się musi, czyli, innemi słowy, powiększać się będzie długość doby. Jakkolwiek wniosek ten wydaje się osobliwym, potwierdziły go niewątpliwie obserwacye bardzo dokładne, przyrost bowiem długości dnia wyczytano w pozornem przyśpieszeniu biegu księżyca. Wpływ ten księżyca na naszą ziemię jest wprawdzie bardzo drobny, a pochodzące ztąd zwalnianie biegu ziemi wywołuje, według rachunków Adamsa, przedłużenie się doby o godzinę zaledwie w ciągu 16000 lat, natomiast wszakże potężne być musiało podobne oddziaływanie ziemi na księżyc. W czasach, gdy zakrzepły nasz towarzysz pokryty był wodą, albo raczéj, gdy jeszcze ognistopłynną masę tworzył, po stronie ku ziemi zwróconéj podnosić się musiały olbrzymie i burzliwe fale przypływu, które szybkość jego ruchu obrotowego osłabiały i zwalniały, aż wreszcie księżyc w walce téj uległ zupełnie i zwrócił ku nam statecznie jednę i tęż samą swą stronę; odtąd bowiem fala przypływu przestała go dokoła okrążać i nie tamowała już daléj jego obrotu osiowego. Tak się tłómaczy zagadka, dlaczego blady towarzysz ziemi jedną wiecznie twarzą na nas spogląda, a toż samo i dla téjże saméj przyczyny dzieje się, jak widzieliśmy, i z księżycami innych planet układu słonecznego. Ale temuż samemu losowi ulegają i planety same pod wpływem słońca. Merkury i Wenus już teraz jedną swą stroną ku słońcu zawisły, a w dalekiéj, niedojrzanéj wzrokiem ludzkim przyszłości, toż samo nieuniknione przeznaczenie oczekuje i ziemię naszą.

Skoro więc objawy te tak powszechne są w naszym układzie słonecznym, działać téż muszą i na dalekich od nas gwiazdach, tam zwłaszcza, gdzie oddziaływające na siebie bryły są tak ku sobie zbliżone, jak obie gwiazdy, stanowiące układ Algola. U wielu więc takich gwiazd podwójnych obrót osiowy gwiazdy jaśniejszéj mógł już tak dalece uledz zwolnieniu, że wyrównywa czasowi obiegu ciemnego towarzysza, albo raczéj czasowi obiegu obu części składowych około wspólnego środka ciężkości; na gwiazdach więc takich przypływ atmosfery utrzymuje się już niezmiennie po jednéj ich stronie. Badania zaś widmowe uczą, że atmosfery gwiazd trzeciego typu są co do swych własności zbliżone do plam słonecz-

nych, tam zatém ciemne miejsca istnieją już niezmiennie w jednéj okolicy, gdy druga strona gwiazdy, wolna od przypływu, osłonięta atmosferą mniéj rozległą, świeci blaskiem jaśniejszym. Obrót przeto osiowy gwiazdy, w warunkach takich zostającéj, będzie powodem jéj zmienności; jest to również hypoteza dawniejsza, o któréj mówiliśmy wyżéj, a która tym sposobem zyskuje uzasadnienie ściślejsze.

Różne dawne hypotezy, przyjmowane dla wyjaśnienia zmienności gwiazd—zaćmienia, plamy, wybuchy, rozmaita jasność różnych okolic gwiazdy — nie okazywały żadnéj między sobą łączności; widzimy, jak na podstawie rozważań Wilsinga dają się one sprowadzić do jednéj zasady ogólnéj.

Przedstawiliśmy tu splot faktów i hypotez w historycznym ich rozwoju. Postęp nauki polega zarówno na coraz obfitszym zasobie coraz lepiéj poznanych faktów, jak i na doborze hypotez, które coraz ściślejszym cementem w jednę je całość spajają.

O WAŻENIU

CIAŁ NIEBIESKICH.

Powiedziano słusznie, że rozwój nauki cechuje się jéj postępami w sztuce mierzenia i ważenia. Zdanie to wydać się może nieuzasadnioném i paradoksalném nawet, o ile nie odstępujemy od znaczenia, jakie wyrazom tym w życiu powszedniém nadajemy, jeżeli mamy na myśli przykładanie łokcia lub rzucanie ciężarów na wagę. Aby jednak słuszność zasady powyższéj ocenić, dosyć przypomnieć sobie mierzenie i ważenie wielkości takich, które względnie do zwykłych naszych stosunków i do uzdolnienia zmysłów naszych przywykliśmy uważać za nieskończenie wielkie lub nieskończenie małe. Pomiar długości fal świateł różnobarwnych lub oznaczanie ciężaru atomów i cząsteczek przedstawiają nam przykłady takiego rozpatrywania ilości niewypowiedzianie drobnych; z wielkościami przechodzącemi potęgę naszéj wyobraźni ma przedewszystkiém do czynienia astronomia, gdy stara się oznaczyć odległość światów dalekich lub ich ciężar ocenić. W obmyśleniu metod wiodących do tych celów najwybitniéj ujawnia się potęga myśli ludzkiéj, w ich przeprowadzaniu—doskonałość środków, jakiemi nauka rozporządza.

Dwa te zadania astronomii, któreśmy tu przytoczyli, wydają się tak zuchwałe i dla ogółu zdala od spraw nauki stojącego tak do rozwiązania niemożebne, że ludzie nawet do tak zwanych sfer

wykształconych należący rezultatom tym nauki nie wierzą, a na mozoły w tym celu łożone z ironią spoglądają. Jak wszakże pojęcia te błędne są i nieuzasadnione, wskazały nam już rozważania o wymiarach świata; rozpatrzmy więc jeszcze metody, które dają nam możność ważenia ciał niebieskich, jakkolwiek wybitnie matematyczny charakter tych badań pozwala nam tylko w najogólniejszym je szkicu zarysować.

Przedewszystkiém wszakże pewnego usprawiedliwienia, albo raczéj wyjaśnienia wymaga tytuł na czele wypisany,—co pojmować mamy przez ważenie ciał niebieskich.

Przez ważenie rozumiemy pospolicie dochodzenie ciężaru ciała, słuszniéj wszakże powiedziećby należało, że oznaczamy masę ciała. Ciężar i masa stanowią dwa wyrazy, które w wielu razach mają znaczenie pokrewne, można nawet często brać jeden za drugi, jak to w życiu zwykłém pospolicie się dzieje, niemniéj jednak wyrażają one pojęcia odrębne.

Ciężar ciała nie jest jego własnością istotną, jestto raczéj objaw wpływów zewnętrznych na nie wywieranych,—a w szczególnych naszych ziemskich warunkach ciężar ciała jest następstwem działania ziemi, jest objawem siły, którą nazywamy siłą przyciągania ziemskiego, lub krócéj siłą ciężkości. Kamień, który na ręce naszéj kładziemy, ciśnie ją, bo jest ku ziemi pociągany; cisnąłby ją bardziéj, co znaczy, posiadałby ciężar większy, gdyby ziemia przyciągała silniéj, posiadałby ciężar mniejszy, gdyby przyciągała słabiéj. Ciężar jednego i tegoż samego ciała zresztą w różnych punktach kuli ziemskiéj nie jest jednaki, siła bowiem odśrodkowa, wywoływana przez obrót dzienny ziemi, osłabia działanie ciężkości; na biegunach, gdzie siła odśrodkowa nie występuje zgoła, ciężkość ujawnia najsilniéj działanie swoje, traci zaś najwięcéj na równiku, gdzie siła odśrodkowa dosięga wartości największéj. Dlatego też ciało każde przenoszone od bieguna ku równikowi staje się coraz lżejszém. Stawałoby się również coraz lżejszém, gdybyśmy je unosić mogli coraz daléj od powierzchni ziemi, a w przestrzeni światowéj, zdala od ziemi i tak daleko od wszelkich innych ciał niebieskich, aby na nie wpływu wyraźnego wywierać nie mogły, nie miałoby żadnego zgoła ciężaru, nie wywierałoby już żadnego ciśnienia na rękę, aniby talerza wagi nie przechyliło.

Ciężar więc ciała jest wielkością zmienną, zależną od okoliczności, ale masa jego jest niezmienną; jest ona zawsze jednaką, gdziekolwiek ciało się na ziemi znajduje, lub gdziekolwiek przenie-

sionoby je w przestrzeń światową. Masa bowiem ciała jestto ogół cząstek w ciele zawartych, jestto, jak powiedzieć można, ilość jego materyi; jestto rzeczywiście fizyczne znaczenie tego pojęcia, które mechanika w matematyczny więcéj sposób pojmuje. Poznajemy więc różnicę, jaka zachodzi między pojęciem ciężaru i masy ciała; jeżeli zaś pospolicie o rozróżnianiu tém zapominamy, to dlatego, że w jedném miejscu na ziemi wielkości te są proporcyonalne,—ciało mające dwa razy więcéj masy ma też i ciężar dwa razy większy. Przy ważeniu zaś, przy porównywaniu ciężarów za pomocą wagi, mamy właśnie zawsze ciała obok siebie umieszczone, na które ziemia w jednakowy działa sposób; jeżeli więc jedno jest od drugiego dziesięć razy cięższe, mamy też i masę dziesięciokrotnie większą. Jest tu więc proporcyonalność tylko, a nie równość, i to proporcyonalność pod tym tylko warunkiem, że ciała rozważane w jedném się miejscu na ziemi znajdują.

I rzeczywiście, za pomocą wagi, masy raczéj ciał ze sobą porównywamy, aniżeli ich ciężary. Skoro zważymy dziesięć kilogramów cukru, wiemy, jaką ilość materyi téj posiadamy i jaką mieć będziemy, gdziekolwiekbyśmy cukier ten przewieźli. Istotne też potrzeby zwykłego, praktycznego życia na uwadze mają masy ciał a nie ich ciężary; kilogram zaś, który zwykle pojmujemy jako jednostkę ciężarów, jest w tém znaczeniu jednostką służącą do porównywania masy ciał, jestto masa czyli ilość materyi, zawarta w jednym decymetrze sześciennym wody dystylowanéj w temperaturze 4° C.

Zatrzymaliśmy się nad tym ustępem, by wskazać, co astronomia rozumie przez ważenie brył niebieskich,—może tu oczywiście być mowa tylko o masie olbrzymich tych i dalekich ciał, a nie o ich ciężarze; możemy mówić, ile kilogramów ma słońce, kilogram wszakże będzie tu jednostką tylko masy nie zaś ciężaru.

Uwagi powyższe otwierają nam wszakże poniekąd i drogę do właściwego naszego zadania,—wszelkie bowiem metody do oznaczenia mas planet wiodące opierają się na zasadach ciążenia powszechnego.

Ciężar ciała, jak powiedzieliśmy wyżéj, jest objawem siły ciężkości, albo innemi słowy przyciągania ziemi. Gdy ciało na podporze spoczywa, wpływ przyciągania ujawnia się ciśnieniem, jakie ciało wywiera na utrzymującą je podstawę; ale gdy ciało to nie jest podparte, pod wpływem przyciągania spada, a szybkość tego spadku znów może być miarą powodującéj go siły przyciągania. Sko-

ro zaś słońce większą niż ziemia wywiera siłę przyciągania, w pobliżu jego powierzchni zatém znajdujące się ciało spadałoby prędzéj niż na ziemi. Według zasadniczego prawa Newtona przyciąganie przez ciało wywierane proporcyonalne jest do jego masy, stosunek zatém szybkości ciał spadających na słońce i na ziemię mógłby nam dawać zarazem i stosunek ich mas.

Z doświadczeń na ziemi prowadzonych znamy dobrze szybkość, z jaką ciała swobodnie puszczone na powierzchnię jéj spadają. Wiemy mianowicie już od czasów Galileusza, że jak pod wpływem każdéj siły ciągłéj, czyli działającéj ustawicznie a nie chwilowo tylko, ciała biegną ku ziemi ruchem przyśpieszonym, coraz prędzéj, a w szczególności, że prędkość ich co sekunda wzmaga się blizko o 10 metrów, albo dokładniéj o 9,7807 m. Ta ostatnia liczba, czyli przyśpieszenie nadawane przez przyciąganie ziemi, jest zresztą słuszną o tyle tylko, o ile znajdowalibyśmy się pod równikiem i na powierzchni morza. W większych szerokościach geograficznych jest ona nieco większa i wzrasta zwolna w miarę, jak się do bieguna zbliżamy. Aby więc rachunek powyższy przeprowadzić, trzebaby nam tylko znać jeszcze podobneż przyspieszenie, jakieby pod wpływem przyciągania słońca osiągały ciała na powierzchnię jego spadające. Niestety jednak, nie możemy się na słońce przenieść i doświadczeń ze spadkiem ciał powtórzyć tam nie możemy, bezpośrednią zatém tą drogą nie zdołamy oznaczyć natężenia przyciągania słonecznego.

Jeżeli jednak nie widzimy ciał spadających na słońce, to znamy wszakże ciała spadające ku słońcu,—a ciałem takiém jest przedewszystkiém ziemia nasza. Gdyby nie ulegała przyciąganiu słonecznemu, wskutek bezwładności pobiegłaby po linii prostéj i od dziennéj naszéj gwiazdy oddalalibyśmy się wciąż do nieskończoności; pod wpływem jednak przyciągania słońca odchyla się ona ku niemu wciąż od kierunku prostolinijnego tak, że toczy się dokoła niego po drodze statecznéj. Ciało swobodnie puszczone spada na ziemię po linii prostéj, kula wystrzelona z armaty przebiega drogę skrzywioną i spadnie tém daléj, im z większą siłą była wyrzucona. Gdybyśmy mieli do rozporządzenia siłę dostatecznie wielką, moglibyśmy kulę wyrzucić tak, aby ruch jéj nadany przezwyciężył przyciąganie ziemskie, a kula odbiegłaby w przestrzeń i nie wróciłaby do nas; możnaby jednak dobrać siłę, którąby w takim do siły ciężkości pozostawała stosunku, że kula aniby od ziemi odbiedz zupełnie, ani spaść na nią nie mogła, a kula taka, jakby nowy satelita ziemski, biegłaby już ustawicznie wokoło ziemi, wracając stale do

punktu, z którego wyrzuconą została. Bieg téj kuli, spadek jéj ciągły ku ziemi, mógłby nam oczywiście dawać miarę przyciągania ziemskiego,—a w takim właśnie stosunku zostaje względem słońca ziemia nasza, albo jakakolwiek inna zresztą planeta; w ten sposób znamy natężenie przyciągania słonecznego zarówno dobrze, jak i siły ciężkości na ziemi, a ze stosunku tych sił wyprowadzimy stosunek masy słońca do masy ziemi.

W rachunku tym uwzględnić wszakże należy jeszcze, że ciało spadające na ziemię jest w bezpośredniém sąsiedztwie jéj powierzchni, w odległości jednego jéj promienia od środka, który jest jakby siedliskiem siły ciężkości, gdy ziemia od słońca w bardzo znacznem stosunkowo przypada oddaleniu. Natężenie zaś przyciągania zależy i od położenia ciała, a mianowicie słabnie w stosunku kwadratów z odległości,—ciała umieszczone 2, 3, 4 razy daléj przyciągają się z siłą 4, 9, 16 razy mniejszą. Wypływa ztąd przeto, że obliczenie masy słońca o tyle tylko może być dokładném, o ile dobrze znamy odległość ziemi od słońca. Pomimo najgorliwszych wszakże usiłowań co do téj ostatniéj wielkości panuje jeszcze niejaka, nieznaczna zresztą, niepewność, a wskutek tego podobnaż niepewność tkwić musi i w oznaczeniach masy słońca.—Widzimy téż z tego, jak dokładne wymierzenie odległości słońca od ziemi, czyli, innemi słowy, paralaksy słońca, wiąże się z wielu innemi zadaniami, a to tłomaczy usilność, jaką astronomowie łożą na wyrugowanie z téj liczby owéj niewielkiéj niepewności, jaką dotąd jest jeszcze zakażona.

Nieco odmienna metoda oznaczenia masy słońca, a raczéj znowu stosunku jéj do masy ziemi, polegać będzie na odwołaniu się do biegu księżyca naokoło ziemi. Księżyc bowiem ulega przyciąganiu ziemi, jak ziemia przyciąganiu słońca; chociaż na głowy nasze nie spada, niemniéj jednak opada wciąż ku ziemi: w rachunku przeto, którego zasady opowiedzieliśmy wyżéj, zastąpić on może ciało spadające na powierzchnię ziemi z nieznacznego od niéj oddalenia. Ale znowu, co mówimy o naszéj ziemi i jéj księżycu, toż samo da się odnieść bezpośrednio do innych planet i do krążących wokoło nich satelitów, w ruchu bowiem każdego księżyca wybija się wpływ przyciągania rządzącéj nim planety, za znajomością zaś siły przyciągania danéj planety idzie bezpośrednio znajomość jéj masy w stosunku do masy słońca lub ziemi.

Metoda ta wprawdzie stosować się może do tych tylko planet, dokoła których krążą księżyce, ale zasada ciążenia powszechnego nie odstępuje nas i w tym razie, gdy planeta bez podwładnego so-

bie towarzysza po drodze swéj krąży. Rachunki tylko w tym razie są o wiele mozolniejsze, a ich wyniki często mniéj pewne. Wpływ bowiem przyciągania planety nie ogranicza się tylko do ciał bezpośrednio na niéj się mieszczących lub do ulegających jéj satelitów; sięga on daléj w przestrzeń światową i ujawnia się w ruchu planet dalszych. Ztądto w drogach planet zachodzą zawikłania czyli perturbacye, każda planeta zbija się mniéj lub więcéj z prawidłowéj swéj drogi eliptycznéj, jakąby sunęła statecznie, gdyby jedynie władzy słońca posłuszną być miała. Zboczenia te są drobne wprawdzie, ale nie uchodzą bacznéj uwadze astronomów; skoro zaś wielkość tych zboczeń z obserwacyj jest znaną, można z nich wywnioskować o wielkości powodujących je przyczyn. Przyczynami temi są wpływy planet sąsiednich, a gdy ich odległości są znane, wskazaną jest metoda obliczenia ich mas. Jest ona wszakże ciężkiemi najeżona trudnościami, a zwłaszcza wtedy niezupełnie pewna, gdy masa planety wikłającéj jest małą w porównaniu z masą planety, któréj drogę zakłóca. Tak było z Marsem, gdy masę jego obliczano na podstawie perturbacyj wywoływanych przezeń w biegu ziemi; gdy jednak w r. 1877 Hall odkrył dwa jego księżyce, istne drobiazgi układu słonecznego, masę tę obliczono o wiele łatwiéj i dokładniéj.

Jakkolwiek zresztą pobieżnie o rachunkach tych mówić tu możemy, dodać nam wypada, że w rzeczywistości podstawą ich jest trzecie prawo Keplera, które jest bezpośrednim wynikiem Newtonowéj zasady ciążenia powszechnego, a według którego kwadraty z czasów pełnego obiegu planet dokoła słońca są proporcyonalne do sześcianów z ich średnich odległości od słońca; przyczém dodać należy, że tenże sam związek zachodzi téż i w biegu księżyców około planet. Ale zasada ta, przez Keplera drogą obserwacyj wyczytana, jest przybliżoną tylko, zachodzi tam bowiem jeszcze czynnik zależny od mas brył niebieskich, a który uszedł uwagi Keplera dlatego tylko, że masy planet w porównaniu z masą słońca są bardzo drobne i w przybliżeniu czynnik ten schodzi do zera. W ściślejszéj zaś swéj formie trzecie prawo Keplera daje dogodną drogę do obliczania mas brył do układu słonecznego należących.

W porównaniu z masą słońca masy wszystkich planet rzeczywiście są bardzo drobne; jeżeli bowiem masę ziemi przyjmiemy za 1, to masa słońca wyrazi się liczbą 324 439, czyli, innemi słowy, słońce jest 324 439 razy cięższe; największa z planet, Jowisz, ma masę, przechodzącą 308,99 razy masę ziemi.—O ile słońce góruje nad wszystkiemi bryłami, od niego zależnemi, okazuje następne

zestawienie masy słońca i ośmiu wielkich planet, z którego wypływa ciekawy rezultat, że każde z tych dziewięciu ciał jest cięższe od wszystkich, które są od niego mniejsze. W zestawieniu tém masa słońca wyrażona jest przez liczbę tysiąca milionów, a masy planet przez odpowiadające im liczby stosunkowe.

Masa Merkurego	200
Masa Marsa	309
Masa Merkurego i Marsa .	509
Masa Wenery	2 353
Masa Merkurego, Marsa i Wenery	2 862
Masa ziemi	3 060
Masa czterech planet . . .	5 922
Masa Urana	44 250
Masa pięciu planet	50 172
Masa Neptuna	51 600
Masa sześciu planet . . .	101 772
Masa Saturna	285 580
Masa siedmiu planet . . .	387 352
Masa Jowisza	954 305
Masa wszystkich planet . .	1 341 657
Masa słońca	1 000 000 000

Widzimy z tego, że masa wszystkich planet nie wynosi ani $^1/_{700}$ części masy słońca, a Jowisz jest $2^1/_2$ raza cięższy od wszystkich innych planet. W każdym razie zestawienie to nie ma żadnego uzasadnienia teoretycznego i przypisywać mu można — jak dotąd przynajmniéj — znaczenie przypadkowe tylko. Zresztą masy Neptuna, Urana i Wenery nie są jeszcze znane z dostateczną pewnością, a jeżeli badania dalsze wykryją w nich pewne różnice, ugrupowanie powyższe okazać się może błędném.

Liczby wyżéj przytoczone są stosunkowe tylko, a metody, o których mówiliśmy, rzeczywiście pozwalają ocenić jedynie stosunki masy słońca i brył planetarnych do masy ziemi. Ale téż badania astronomiczne nie potrzebują iść daléj, z badań bowiem ziemskich masę własnéj naszéj planety znamy dobrze. Odbieglibyśmy zbyt daleko od właściwego naszego zadania, gdybyśmy tu opowiedzieć chcieli długą historyę ważenia ziemi; przytoczymy tylko, że

gęstość ziemi względem wody wynosi około 5,56. Ponieważ zaś wymiary ziemi są znane i objętość jéj w metrach sześciennych wyrazić możemy łatwo, możemy również łatwo ciężar jéj czyli masę ocenić w kilog., a to daje olbrzymią liczbę 5 875 000 000 000 000 000 000 kg. t. j. 5 875 z 18 zerami, czyli blizko 6 sekstylionów kilogramów; gdy zaś tę liczbę pomnożymy przez 324 439, t. j. przez stosunek masy słońca do masy ziemi, otrzymamy masę słońca również w kilog. wyrażoną: 1 903 500 000 000 000 000 000 000 000 kg., t. j. blizko 2 z 30 zerami, prawie 2 noniliony kilogramów.

Liczby tak wielkie przedstawiają małe wszakże dla nas znaczenie, przechodzą bowiem naszą możność oceny wielkości.

Do wszelkich zresztą wniosków, jakiebyśmy z danych powyższych snuć mogli, liczby stosunkowe wystarczają zupełnie. Dla przykładu obliczmy natężenie siły ciężkości na powierzchni słońca. Mogłoby się zdawać, że będzie ono na słońcu 324 439 razy większe aniżeli na ziemi; ale należy pamiętać, że promień słońca jest 109 razy większy, aniżeli promień ziemi, a ztąd natężenie siły ciężkości będzie tam $(109)^2$ razy słabsze, czyli ostatecznie działa $324\,439 : (109)^2$, t. j. około 27 razy silniéj aniżeli na ziemi. Silny zatém nawet człowiek jużby nie dźwignął tam ciężaru kilkufuntowego, a zapewne niemógłby i własnemi poruszyć nogami—stanąłby tam jak przykuty do miejsca, choćby inne warunki pozwoliły istocie ziemskiéj na słońcu przebywać. Ciało, które, spadając na ziemi, przebiega w ciągu pierwszéj sekundy blizko 5 metrów, na słońcu przebiegłoby 135 metrów, a przy dłuższym czasie spadku różnica byłaby więcéj rażąca. W podobny sposób obliczać możemy natężenie siły ciężkości na każdéj planecie; na Jowiszu przechodzi ona niespełna trzykrotnie siłę ciężkości na ziemi, choć olbrzymia ta planeta 309 razy jest od ziemi cięższa.

Zasada ciążenia powszechnego nie ogranicza się jednak do naszego li tylko układu słonecznego, ujawnia się ona i w ruchach gwiazd dalekich, oddzielonych od nas niezmierzonemi przestrzeniami. Nie widzimy wprawdzie planet krążących wokoło tych słońc dalekich, ale znamy gwiazdy podwójne, stanowiące jakby systemy słońc złożonych, krążących dokoła wspólnego środka ciężkości. Wzajemny obrót słońc takich ulega również prawom Keplera, można więc masy ich obliczać na podstawie zasad, które stosują się do naszego układu słonecznego,—do tego celu wszakże znać trzeba istotne odległości dwu takich słońc jeden system stanowiących. Za pomocą lunet dostrzegamy łuki, przez gwiazdy te przebiegane, ale aby ztąd odległości ich istotne oznaczyć, trzeba znać oddalenie

ich od ziemi, czyli ich paralaksę roczną. Wiemy wszakże, że zdołano dotąd wyznaczyć paralaksę bardzo niewielu tylko gwiazd, między któremi kilka ledwie jest podwójnych. Do tych należy świetna gwiazda półkuli południowéj α Centaura. Paralaksa jéj wynosi 0,8″, a wzajemna odległość składowych jéj części 0,22″; ztąd wypada, że istotnie odległość ta wyrównywa 27 promieniom drogi ziemskiéj czyli 4030 milionom kilometrów, a że daléj czas ich pełnego obiegu wynosi lat 88, obliczono, że wspólna ich masa czyni 0,8 masy słonecznéj. Gwiazda p gwiazdozbioru Wężownika składa się również z dwu gwiazd, rozmieszczonych w odległości nieco większéj, których masa przenosi blizko trzykrotnie masę naszego słońca. Syryusz, najświetniejsza gwiazda naszego nieba, posiada jako towarzysza gwiazdę słabszą, już niewidzialną gołém okiem, a obrót obu tych brył dokoła wspólnego środka ciężkości wynosi lat 49; przez porównanie rozległości orbit opisanych przez obie te gwiazdy można było oznaczyć nawet położenie wspólnego ich środka ciężkości, a tém samém ogólną masę tego potężnego układu podzielić między obie części składowe. Z rachunku, przeprowadzonego przez Auwersa, okazuje się, że Syryusz jest od naszego słońca cięższy 13,8 razy, a towarzysz jego 6,7 razy. Gwiazda η znanéj konstelacyi Kasyopei ma masę 8-krotnie większą od masy słońca, z czego na masę gwiazdy naczelnéj wypada $6^1/_2$, na jéj towarzysza $1^1/_2$ mas słonecznych. W ostatnich czasach wreszcie zdołano téż obliczyć masę słynnéj gwiazdy podwójnéj 61 Łabędzia, skoro poznano czas obiegu obu składowych jéj części; wynosi on mianowicie 783 lat, na podstawie więc znanéj paralaksy téj gwiazdy wnosi Peters, że masa jéj czyni blizko połowę masy słońca naszego.

Nie potrzebujemy dodawać zresztą, że liczb tych nie można uważać za zupełnie dokładne; chociaż wszakże z bezmiernéj ilości gwiazd po przestrzeni światowéj rozrzuconych zdołano ocenić z pewném przybliżeniem masę kilku zaledwie, ale już i te nieliczne rezultaty przekonywają nas, że dalekie te bryły słoneczne posiadać mogą wymiary bardzo różne, że są już większe już mniejsze od naszego słońca. Rozmaitość tę zresztą poznaliśmy już, rozpatrując pojęcia o budowie wszechświata.

O WIELOŚCI
ŚWIATÓW ZAMIESZKANYCH.

Ilekroć wybiegamy myślą poza ciasne szranki ziemi i rozglądamy się po rozległych przestrzeniach świata, nasuwa się nam pytanie, czy życie wyłącznym tylko planety naszéj jest objawem, czy téż rozkwita ono i na innych, dalekich od nas bryłach, czy i tam zwłaszcza przebywają istoty rozumne, które nas może wyprzedziły na drodze rozwoju umysłowego i lepiéj niż my znają tajniki nieba gwiaździstego.—Pytanie to wiąże się niewątpliwie z filozoficznemi i religijnemi poglądami ogółu, gdyż odpowiedź na nie określa stanowisko człowieka śród stworzenia. Odpowiedzi téj domaga się ogół od astronomii, a wielu ludzi sądzi nawet, że dopatrywanie dowodów istnienia życia na innych bryłach niebieskich jest celem poszukiwań teleskopowych. Astronomia wszakże odpowiedzieć może dziś nie więcéj, aniżeli niegdyś Fontenelle ciekawéj margrabinie, dopytującéj o mieszkańców innych planet: „Nie znam ich, pani i nic o nich powiedzieć nie mogę“. Tak dalece zresztą nie ma nawet astronomia widoków, aby kiedyś, choćby w dalekiéj przyszłości, w sposób pewniejszy odpowiedzieć zdołała, że pytanie to przestało uwagę astronomów ściągać; duch bowiem nauki nowoczesnéj wzdraga się rozstrzygać spekulacyami kwestye, do których badanie umiejętne dostępu nie znajduje. Pomimo to nauka nie odmawia wskazówek, które mogą spekulacyom takim drogę torować, ograniczając zarazem pole dociekań fantastycznych przegrodami,

z faktów dokładnie poznanych zbudowanemi. Ponieważ zaś zasób tych faktów wzmaga się wraz z postępem nauki, przeto też i pogląd nasz na wielość światów zamieszkiwanych ulegać może z biegiem czasu pewnym przeinaczeniom.

Dopóki, zgodnie z pojęciami starożytnemi i z legendą hebrajską o stworzeniu świata, ziemia za środkowy i najcelniejszy jego punkt była uważaną, dopóki ona była wyłącznym celem stworzenia, a słońce, księżyc i gwiazdy służyły jedynie do przyświecania jéj za dnia lub w nocy, nikt jeszcze w tych bryłach świecących nie mógł widzieć światów zamieszkiwanych. Dopiero, gdy ze zwycięztwem astronomii Kopernikowéj ziemia zepchniętą została z naczelnego swego stanowiska i planety uznano za równorzędne jéj światy, zaczęły się snuć rojenia o ich zaludnieniu, a jednym z pierwszych, co je oparł na balaście naukowym, był nie kto inny, jak wielki Huygens, jakkolwiek, rzecz jasna, wywodów tych „o ziemiach niebieskich“ nie można stawiać obok innych genialnych jego dzieł. Przed nim już zresztą jezuita Atanazy Kircher opisał „podróż po niebie“, kreśląc fantastyczne rysy roztaczających się przed nim krajobrazów. Najpiękniejsze oczywiście widoki napotkał na Wenerze, gdzie bogini miłości siedlisko swe obrała: po całéj planecie rozlewa się łagodne światło, różane wonie upajają zmysły, szum zefirów plącze się ze szmerem strumyków, a wszystko wokoło połyskuje blaskiem złota i klejnotów. Na krańcach znów układu słonecznego, na Saturnie, który wtedy jeszcze uważany był za najdalszą planetę systemu, przeraziła podróżnika straszna pustynia, ponury, smutny grób, siedlisko śmierci. Z tego rodzaju fantastycznych utworów największy wszakże rozgłos zyskały Fontenelle'a „rozmowy o wielości światów“, wydane przed dwustu laty, które długo znajdowały chętnych czytelników, chciwych wiadomości o rozmaitych narodach, żyjących na tych dalekich od nas i różnych między sobą światach. Wogóle zaś dochodzi Fontenelle do wniosku, że na planetach żyją niewątpliwie istoty do ludzi podobne, na księżycu być może, ale na słońcu nie ma ich z pewnością. I dziś zresztą, gdy o kwestyi téj mowa, pogląd taki najczęściéj jeszcze usłyszéć można.

Dwa były zwłaszcza względy, które najsilniéj uwagę ogółu i myślicieli na kwestyę zaludnienia światów niebieskich zwracały; z jednéj strony występowała zasada celowości w przyrodzie, z drugiéj szło o pogodzenie pojęć religijnych z poglądem, który w ogólnéj budowie świata nadawał ziemi znaczenie podrzędne.

W najprostszéj, naiwnéj niejako swéj formie zasada celowości głęboko rzeczywiście zakorzeniła się w umyśle ludzkim, człowiek bowiem nawykł zapatrywać się, że wszystko, co go otacza, ku jego potrzebom i wygodzie jest przeznaczone. W miarę wszakże jak poznawał, że światełka po niebie rozrzucone są to bryły nietylko ziemi jego dorównywające, ale że nawet wielokrotnie, niepomiernie wymiarami swemi ją przenoszą, trudno przychodziło mu już to pogodzić z myślą, że służyć mają one jedynie do rozjaśniania dni jego i nocy, a wtedy celowość przyrody, którą do siebie wyłącznie stosował, przeniósł i na inne światy niebieskie i wszystkie je zaludnił istotami rozumnemi. „Do czegóż, pyta się Bode w początkach bieżącego stulecia, służyćby miały wszystkie te nocne blaski, gdyby istoty rozumne korzyści z nich nie ciągnęły". Wyznawcy takiego pojmowania przyrody nie chcieli nawet przypuszczać, ażeby jakakolwiek bryła niebieska odłogiem leżała, bezludna, martwa i pusta. Fischer w swych rozważaniach nad kometami (1787) sądzi, że i te nawet luźne utwory w pewnych warunkach być mogą odpowiedniém dla ludzi siedliskiem. Nie pominięto i słońca, mogą być bowiem istoty duchowe, ogniste, które w płomieniach słonecznych poruszać się i żyć mogą, jak my w atmosferze naszéj, a Swinden, aby inaczéj z żaru słońca skorzystać, wysyła tam potępieńców.

Łatwiéj zresztą przyszło poradzić sobie z zaludnieniem słońca, gdy zaczęto je uważać za bryłę złożoną z jądra ciemnego, a otoczonego tylko jaśniejącą powłoką. Hypoteza ta, która nieledwie do dni naszych dotrwała, miała głównie na celu wytłomaczenie plam słonecznych; posługiwano się nią również od biedy dla wyjaśnienia niezrozumianego przez naukę dawniejszą objawu, że na wysokich górach, w blasku promieni słonecznych, spoczywają wieczne śniegi,—przyjmowano bowiem, że promienie słońca, choć świecą, same przez się, nie grzeją, a własność tę zyskują dopiero przez zetknięcie z ziemią. Pod taką zaś jasną, a niepalącą atmosferą słońca, łatwo już mieścić było na powierzchni jego istoty żyjące; był to nawet argument, z zasady celowości czerpany, którym popierano teoryę ciemnego jądra słonecznego i który przyczyniał się do utrzymania długiéj jéj żywotności, Brewster nawet i Arago w ten sposób o zaludnieniu słońca trzymali.

Z pojęciami religijnemi kwestya wielości światów zamieszkanych wiąże się również licznemi węzłami, a ztąd nie brakło usiłowań, by z tą nową hypotezą pogodzić zasady teologiczne. Tego rodzaju prac teologiczno-przyrodniczych najwięcéj ogłosili pisarze

angielscy, którzy często, przy całéj głębokości naukowéj umysłu swego, okazują skłonność do mistycyzmu. Najbardziéj może o to pogodzenie kłopotał się Brewster, który teoryę wielości światów uważał za konieczność zarówno dla filozofa jak i dla chrześcianina; w książce Flammariona „O wielości światów zamieszkanych“ wyczytać można, jak dalece obłąkał się ten znakomity badacz, starając się różnemi hypotezami wyjaśnić zbawienie światów pozaziemskich.

Powiedzieliśmy, że kwestya zaludnienia światów niebieskich przekracza granice dla nauki dostępne i obracać się jedynie może w sferze rojeń i domysłów dowolnych. I te rojenia wszakże godzić się winny z zasadami i wynikami nauki. Dopóki o budowie i składzie chemicznym światów tych nic jeszcze zgoła nie wiedziano, łatwo było rzeczywiście wszystkie je obdarzać życiem, na wszystkich mieścić istoty rozumne; można było przypuszczać istnienie tworów, tu obywających się bez powietrza, a tam znów znoszących dobrze żar płomienny. I dziś pochlubić się wprawdzie nie możemy, by tajemnice budowy światów już się dla nas rozwarły; dzięki jednak analizie spektralnéj wiemy przynajmniéj tyle, że wszechświat cały, w najdalszych nawet, przyrządom naszym dostępnych jeszcze obszarach, z jednakich zbudowany jest materyałów, że wszystkie bryły niebieskie jednakim ulegają prawom i w dziejach swego rozwoju jednakie przebiegają przeobrażenia. Zasadę tę w bardzo ogólowy wprawdzie dotąd tylko sposób ująć umiemy, analogie i zgodności, o których tu mówimy, tyczą się rysów bardzo grubych zaledwie; niemniéj jednak cały zasób dotychczasowy naszéj wiedzy kosmogonicznéj daje się dobrze w ramy tego poglądu ująć, a żadne szkopuły istotnego znaczenia na zawadzie mu nie stają. W takim zaś razie wolno nam wątek analogii snuć daléj jeszcze i przyjąć, że we wszechświecie całym życie w podobnych mniéj więcéj występować tylko może okolicznościach. I na własnéj naszéj ziemi widzimy zresztą, że życie rozwijać się może tylko w pewnych, ograniczonych warunkach, które ścieśniają się tém więcéj, im wyższych form życie to sięga. A gdyby powierzchnia globu naszego uległa znacznym przeobrażeniom, gdyby została zalana wodą lub pozbawiona atmosfery, gdyby temperatura jéj opadła do stanu okolic podbiegunowych, albo wzrosła do żaru równikowego, życie wygasłoby na niéj zupełnie, albo przynajmniéj obniżyło się w stopniu swego rozwoju.

Jakkolwiek rozumowanie to dowolne jest i wątłe, spekulacye o zaludnieniu brył niebieskich tym tylko punktem w rezulta-

tach badań naukowych podporę znajdować mogą. Jeżeli więc z tego stanowiska rozpatrzymy ogniwa naszego układu słonecznego, to, pomijając ognistą bryłę słoneczną, nie znajdujemy i na księżycu najniezbędniejszych warunków życia. Nie posiada on bowiem wody i powietrza, a jeżeli istnieje tam atmosfera jaka, to tak słabéj gęstości, że uchodzi zupełnie środkom naszego badania. Znamy wprawdzie jednę tylko stronę tego towarzysza ziemi; co jednak mówiono o odmiennych warunkach drugiéj jego półkuli, któreby umożebniały na niéj życie, jestto tylko czczém rojeniem fantazyi i nie zasługuje na żadną uwagę. Oprócz wszakże ziemi krąży dokoła słońca siedem jeszcze innych planet wielkich, które można było niegdyś uważać za bryły zupełnie równorzędne i budową swoją odpowiadające ziemi; obecnie jednak, o ile badania teleskopowe i spektralne powierzchnię ich poznać nam dozwoliły, wiemy, że przedstawiają charakter bardzo różnorodny. Cztery mianowicie, olbrzymie i w znaczniejszych około słońca odległościach krążące, mają zapewne budowę odrębną zupełnie od ziemi naszéj, a gęste ich atmosfery, przeładowane zawsze chmurami i obłokami, nie dozwalają nam nigdy istotnéj ich powierzchni dojrzeć. Jeden tylko Mars, blizki nasz sąsiad, przedstawia dosyć cech wspólnych z ziemią, by go, opierając się na analogii, za świat zamieszkany uznać można było. Z daleko już mniejszém prawdopodobieństwem możnaby to twierdzić o sąsiadującéj również z nami, ale bliższéj słońca Wenerze, jeżeli zwłaszcza rzetelném jest dostrzeżenie Schiaparellego, że planeta ta jedną swą stroną bezustannie jest ku słońcu zwrócona, gdy drugą noc wieczna zalega, o czém mieliśmy sposobność wspomnieć, mówiąc o gwiazdach zmiennych. W każdym razie, powtarzane niekiedy zdanie, że mieszkańcy okolic podbiegunowych Wenery znaleźliby odpowiednie dla siebie warunki w strefach zwrotnikowych naszéj ziemi, podobnie, jak zwrotnikowa ludność Marsa czułaby się dobrze w naszych stronach podbiegunowych,—jest zgoła nieuzasadnione i zbyt ryzykowne.

Świat wszakże astronomii dzisiejszéj nie ogranicza się bynajmniéj do naszego układu słonecznego; pojmujemy obecnie, że gwiazdy na nocném niebie błyszczące są to wszystko słońca, a teleskopy wykazują je nam tak obficie, że o dokładném ich policzeniu ani marzyć nie można. Skoro zaś wszystkie te nieprzeliczone bryły za słońca równorzędne z naszém uważać mamy, nasuwa się téż domysł, że są to ogniska centralne, dokoła których, jak w naszym układzie, krążą systemy planet. Na nieszczęście teleskopy rozstrzygnąć tego pytania nie mogą, najbliższe bowiem nawet

gwiazdy stałe są już zbyt odległe, by owe bryły planetarne dostrzedz się kiedykolwiek dały, dlatego też i tu na pośrednich tylko wskazówkach poprzestać musimy. Wskazówki zaś, jakie obecnie posiadamy, nie potwierdzają zgoła, ażeby wszystkie gwiazdy typowi naszego słońca odpowiadały. Od czasu mianowicie Herschla znamy gwiazdy podwójne i wielokrotne, stanowiące jakby systemy słońc, krążących po drogach ekscentrycznych dokoła wspólnego środka ciężkości; badania coraz liczniejsze i teleskopy coraz potężniejsze mnożą ustawicznie ilość tych gwiazd podwójnych, które są może obfitsze, aniżeli gwiazdy pojedyńcze, jak nasze słońce. Jest więc rzeczą bardzo prawdopodobną, że układy planet, biegnących po drogach kołowych lub prawie kołowych, śród gwiazd wszechświata wyjątek może raczéj, aniżeli ogólne prawidło stanowią. Jak więc twierdzić nie możemy, ażeby na każdéj bryle planetarnéj naszego układu słonecznego wrzało życie, tak też zapewne śród milionów słońc nie każde promieniami swemi działalność życiową budzi.

Do podobnego wniosku prowadzi zresztą i inny jeszcze argument, na który uwagę zwraca Newcomb. Argument ten stanowią dzieje ziemi naszéj. Jako planeta okrąża zapewne ziemia nasza słońce już od dziesięciu milionów, albo i więcéj lat, a człowiek zamieszkuje ją prawdopodobnie zaledwie od kilkunastu albo, co najwyżéj, od kilkudziesięciu tysięcy lat. Cywilizacya zaś jego, któréj śladów w dziejach rodu ludzkiego dopatrzyć możemy, datuje dopiero od pięciu lub sześciu tysięcy lat. Gdyby więc, mówi Newcomb, co dziesięć tysięcy lat tylko zwiedzał ziemię anioł, poszukujący na niéj istot rozumem obdarzonych, toby tysiąc razy lub więcéj przybywał na nią napróżno. Opierając się znów na téj analogii, przyjąć winniśmy, że podobnego doznalibyśmy rozczarowania, gdybyśmy mogli przenosić się z jednéj planety na drugą i z jednego układu słonecznego na inny. Śród tysięcy światów na jednym ledwie napotkaćbyśmy może zdołali objawy życia, a zwłaszcza życia umysłowego, bo i na ziemi przecież o wiele dawniéj rozwinęło się życie roślinne i zwierzęce, aniżeli ukazał się człowiek. W ogólnéj historyi bytu ziemi dzieje rodu ludzkiego krótki tylko ustęp stanowią, rozrzucone zaś w przestrzeni niebieskiéj światy przedstawiają niewątpliwie rozmaite stany swego rozwoju, a gdy na jednym z nich życie zamiera i gaśnie, budzi się i rozwija może na innym.

Rozumowania powyższe nie przedstawiają oczywiście cech ścisłości i do jakkolwiek pewnych wniosków nie upoważniają. Na

podstawie ich tyle wszakże przypuszczać można, że niewielka tylko stosunkowo ilość planet przez istoty rozumem obdarzone jest zaludniona. Nie znaczy to wszakże, ażeby ziemi wyjątkowe przypadało w całéj przestrzeni świata stanowisko. Jeżeli bowiem zważymy, że słońca w wszechświecie rozrzucone na miliony i setki milionów liczyć wypada, to w obszarach tych, których granic ująć nie możemy, ilość planet zamieszkanych być może olbrzymią. Nie możemy tylko twierdzić, jak to mniemali stronnicy idei celowości w przyrodzie, ażeby objawy życia inteligentnego ogólném były prawidłem natury.

HISTORYA GAZÓW

I ICH ZNACZENIE W NAUCE DZISIEJSZÉJ.

I.

„Stan trzeci był niczém, powinien być wszystkiém". Pamiętne te słowa, któremi Sieyès tak silnie rozbudził pragnienia pokrzywdzonych warstw społeczeństwa ludzkiego, odnieść możemy bez zmiany i do trzeciego stanu skupienia ciał, do stanu lotnego.

Gazy były również niczém dla nauki, obecnie są wszystkiém; na wszelkich polach badań fizycznych i chemicznych odgrywają przeważną rolę.

Były niczém: oprócz powietrza atmosferycznego nieznane zgoła, nie istniały dla nauki tak dalece, że sama ich nazwa jest pochodzenia nowoczesnego, powstała bowiem dopiero na początku wieku siedemnastego, gdy fizyka scholastyczna rozpadała się w gruzy, a rojenia alchemiczne ustępowały ściślejszym badaniom jatrochemicznym. Utworzył ją słynny w dziejach chemii Jan Baptysta van Helmont:

„Gas et Blas nova quidem sunt nomina, a me introducta, eo quod illorum cognitio veteribus fuerit ignota: Attamen inter initia physica Gas et Blas necessarium locum obtinent".

„Blas" miał to być czynnik, czyli raczéj podnieta zewnętrzna, która, wiejąc od gwiazd, sprowadzała zamianę gazu w parę i w wodę. Wraz z pojęciem tém i wyraz rychło zaginął, nazwa wszakże gazu, wyprowadzona z holenderskiego „gahst", co znaczy duch, utrwaliła się w nauce i przeszła do mowy potocznéj. W pochodzeniu więc nazwy gazu zdradza się stare mniemanie o powinowactwie duszy ze stanem powietrznym, lotnym, tak jak chemicy dawni na oznaczenie wszelkiéj łatwo ulatniającéj się substancyi używali pozostałéj dotąd nazwy spirytus, jak to w języku naszym okazuje pokrewieństwo wyrazów dech i duch. W każdym razie nazwa gazu szczęśliwie utworzoną została, gdy nawet i u nas nie targnęli się na nią rzekomi obrońcy czystości języka, którzy z takiém wysileniem pracują nad wyplenieniem z naszego słownictwa naukowego terminów greckich i łacińskich.

W czasach, gdy Helmont pisał, ani fizyka, ani chemia gazów w istocie rzeczy nie istniała. Fizycy starożytni nie znali gazów odrębnych od powietrza, które było tedy jedynym przedstawicielem swego typu, nie umieli nawet wyróżnić od niego pary. W układzie żywiołów czyli elementów Arystotelesa powietrze było żywiołem, łączącym w sobie sprzeczności gorąca i wilgoci, tak jak ogień był żywiołem gorącym i suchym, woda zimnym i wilgotnym, a ziemia wreszcie zimnym i suchym. Pojęcia te, które się nam tak osobliwe wydają, wypływały stąd, że Arystoteles, jak i inni filozofowie starożytni, do wyjaśnienia objawów przyrody nie dążył drogą obserwacyi i doświadczenia, ale usiłował ją ująć przez spekulacye czysto logiczne. Zmysły nasze, a w szczególności dotyk, zdradzają nam w ciałach cztery zasadnicze uczucia, czyli własności materyi: ciepło i zimno, suchość i wilgoć. Cztery te własności, łącząc się po dwie, dają sześć kombinacyj; ponieważ wszakże sprzeczności bezpośrednie, t. j. ciepło i zimno oraz suchość i wilgoć, wiązać się ze sobą wprost nie mogą, z możliwych zatém sześciu pozostają tylko cztery kombinacye, cechujące cztery wyżéj wymienione substancye elementarne czyli żywioły, z których się budują wszystkie ciała ziemskie.

Spekulatywne to wnioskowanie zaszkodziło wszakże nietylko chemii, ale i fizyce powietrza. Według bowiem Arystotelesa są te żywioły zależnie od swéj natury ciężkie, lub lekkie. Ziemia jest żywiołem bezwzględnie ciężkim, ogień bezwzględnie lekkim, woda zaś i powietrze są tylko względnie ciężkie, lub lekkie, stosownie do tego, jak z innemi elementami występują. Woda

nie jest więc ciężką względem ziemi, ani powietrze względem wody, dlatego też woda nie może wywierać ciśnienia na ziemię, a powietrze na ziemię i na wodę. Aby więc wyjaśnić działanie ssące, czyli podnoszenie się wody w rurze, z któréj powietrze zostało usuniętém, wprowadzić musiał Arystoteles osławioną obawę próżni, horror vacui, chociaż posiadał świadomość o ciężarze powietrza i próbował je nawet ważyć. Arystoteles bowiem góruje nad poprzednikami swymi o tyle, że nie odwraca się od rzeczywistości i zbiera dostrzeżenia; gdy wszakże o tłomaczenie ich idzie, zachowuje metodę filozofowania na podstawie zasad z góry przyjętych. Nieszczęśliwa zaś obawa czczości uczyniła czczą wszelką naukę o powietrzu przez cały ciąg panowania fizyki arystotelesowéj.

Najwspanialszy okres fizyki powietrza w starożytności przypada na epokę aleksandryjską, gdy w połowie drugiego stulecia przed Chr. Ktezibios, a więcéj jeszcze uczeń jego Heron zasłynęli, jako wynalazcy różnych przyrządów, polegających na prężności powietrza, a które Heron opisał w dziele swém „Spiritualia seu Pneumatica". Należą tu: pompa ssąco-tłocząca, wiatrówka, bania Herona, wytrysk Herona, eolipila, wprawiana w ruch działaniem pary lub powietrza rozgrzanego. Chociaż jednak obaj ci mechanicy greccy, jak i następnie Witruwiusz w Rzymie, tak dobrze prężność powietrza do potrzeb praktycznych stosować umieją, teoretycznéj mechaniki gazów zgoła nie wytworzyli.—Następnie, aż do końca wieku szesnastego, napotykamy u różnych pisarzy, jak u Mikołaja de Cusa, u Leonarda da Vinci, zaledwie pewne wzmianki o ciężarze powietrza, a Hieronim Cardanus, sławny matematyk i pogromca scholastyków w wieku szesnastym, ocenia, że jest ono pięćdziesiąt razy lżejsze, aniżeli woda, chociaż przyznaje, że liczba ta nie jest dokładną. U samego zatem schyłku fizyki dawnéj najelementarniejsze nawet ustępy nauki o gazach nie były jeszcze zapisane.

II.

Zwyczajna wszakże pompa, znana, jak widzieliśmy, Ktezibiosowi, a może i jego poprzednikom, któréj działanie tłomaczono zasadą obawy próżni, doprowadzić miała do wielkiego odkrycia ciśnienia atmosferycznego. Celu tego nie osiągnął jeszcze twórca fizyki nowoczesnéj, ale utorował przynajmniéj do niego drogę,

jakkolwiek o rzecz tę potrąca pośrednio tylko, mówiąc o wytrzymałości belek i ciał w ogólności, któréj poświęca dzień pierwszy i drugi swoich „Discorsi". Dziwną wydawać się nam może ta uboczna wzmianka przy odrębnéj zgoła nauce o wytrzymałości ciał, ale wypływa to ztąd, że w tym jednym razie przyjmuje Galileusz pogląd starego swego przeciwnika, którego na wielu punktach tak szczęśliwie pokonał. Arystoteles mianowicie wytrzymałość ciał tłomaczył zasadą swą obawy próżni; gdy bowiem ciało rozerwać chcemy, pomiędzy rozsuniętemi jego cząsteczkami choć na chwilę powstać musi przestrzeń pusta, ale że natura próżni się téj lęka, stara się przeto rozrywaniu takiemu przeciwdziałać. Dla wyjaśnienia tych objawów odwołujemy się obecnie do działań międzycząsteczkowych, o których nie myślano jeszcze w owych czasach; w braku więc tłomaczenia lepszego mówi tu Galileusz również o obawie próżni, ale używa wyrazu tego jedynie dla oznaczenia pewnéj siły, któréj dokładniéj wyrazić nie umiano. Okazuje się to z dalszych rozważań Galileusza. Wytrzymałość ciał jest różna, nie polega to wszakże na tém, by owa obawa próżni miała w nich być różną, ale pochodzi ztąd, że ciała posiadają rozmaite pory. Im więcéj znajduje się pustych takich przestrzeni wewnątrz ciała, tém silniéj dąży przyroda do wtłaczania w nie materyi, tém przeto wytrzymalszém jest ciało; pory te zresztą występują w niezmiernéj ilości i są tak drobne, że powietrze przenikać tam nie może.

Ale ta obawa próżni nie jest już dla Galileusza nieokreślonym jakimś wstrętem przyrody do pustéj przestrzeni; uważa ją owszem za pewną oznaczoną siłę, któréj wielkość ocenić można przez działanie pompy. Obserwacya zaś uczy Galileusza, że woda w pompie ssącéj wznosi się najwyżéj do 18 braccia, t. j. łokci; gdy rura pompy jest wyższa, słup wody zatrzymuje się na przytoczonéj wysokości, obawa zatém próżni jest to siła takiéj wielkości, że równoważyć może ciśnienie słupa wody, sięgającego na 18 braccia.

Nawykli do bieżących pojęć naukowych, gotowi jesteśmy drwić z wyrażenia, że natura lęka się próżni tylko do wysokości 18 łokci, czyli 32 stóp paryskich. Nie zapominajmy jednak, że wysłowienie to osłania jedynie fakt, ale fakt już należycie zbadany, wielkość dokładnie zmierzoną. Mierzenie zaś objawów przyrody daje podstawę do matematycznego ich rozważania, jest niezbędnym początkiem wszelkiego ścisłego badania przyrody. Chociaż zatém Galileusz jeszcze się do obawy próżni odwołuje, ale że

ją liczebnie wyrazić umie, daje tém samém możność dalszych dochodzeń, otwiera drogę, na któréj zjawisko to dokładniéj ma być poznane.

Chwała ukończenia tych badań przypadła wielkiego mistrza znakomitemu uczniowi, Torricellemu. Ponieważ doświadczenia z tak wysokim słupem wody, jaki się wznosi w pompie, były zbyt uciążliwe, postanowił powtórzyć je Torricelli z cieczą inną, od wody cięższą. Najprzydatniejszą być mogła do tego rtęć, która, jako 13 razy od wody cięższa, powinnaby już w wysokości $^{32}/_{13}$ stóp, czyli 28 cali, zrównoważyć obawę próżni, jeżeli, jak twierdził Galileusz, obawa ta jest pewną, oznaczonéj wielkości siłą; siła bowiem mierzy się nie długością pewnego słupa cieczy, ale ciśnieniem przezeń wywartém. Zamierzonego tak doświadczenia Torricelli sam nie wykonał, ale zlecił je uczniowi i przyjacielowi swemu Wincentemu Vivianiemu, który też rzeczywiście stwierdził, w r. 1643, w rok zatém po śmierci Galileusza, że w rurze, w górnym końcu zamkniętéj, a dolnym pogrążonym w rtęci, ciecz ta utrzymuje się na wysokości 28 cali. Wyprowadzić ztąd wniosek o ciśnieniu powietrza nie było, oczywiście, rzeczą tak łatwą, jak dziś dla nauczyciela, który doświadczenie to uczniom swoim powtarza. Przed genialnym umysłem Torricellego odsłoniła się wszakże bezpośrednio wielka zagadka przyrody. Skoro obawa próżni ma tak różną granicę nad wodą i nad rtęcią, jest ona w ogóle niedorzecznością; jeżeli więc ciecz podnosi się w pustéj przestrzeni, musi to mieć przyczynę inną, a przyczynę tę wskazał Torricelli w ciśnieniu atmosferycznem. Szczególniéj zaś do zastąpienia obawy próżni tém ciśnieniem skłoniło Torricellego spostrzeżenie, że wysokość rtęci w rurze ulega pewnéj chwiejności. Gdyby bowiem stwierdzono to tylko, że siła, która podtrzymuje słup wody wysoki na 32 stopy, dźwiga też słup rtęci sięgający do 28 cali, nie mielibyśmy jeszcze dostatecznego powodu do zmiany wyobrażeń o naturze téj siły. Skoro wszakże dostrzeżono, pisze Torricelli w liście do Michała Anioła Ricci'ego w r. 1644, że wielkość téj siły jest chwiejną, to czas już zarzucić pojęcia o obawie próżni; niepodobna bowiem przypuścić, by przyroda, jeżeliby nawet pewne obawy posiadała, miała być kapryśną, jak zalotna dziewczyna, w upodobaniach swych i wstrętach.

Odkrycie Torricellego należy do najbardziéj wytycznych epok w dziejach nauki, on sam jednak daléj już go nie rozwijał, gdyż umarł w roku 1647, w niespełna czterdziestym roku życia. Ale praca jego wymagała uzupełnienia; chociaż bowiem pusta

przestrzeń nad rtęcią rury barometrycznéj przekonywała dowodnie, że hypoteza obawy próżni jest bezzasadna, nie wypływało ztąd jeszcze stanowczo, by koniecznie ciśnienie powietrza miało być źródłem tych objawów. Zasada tak nowa, prowadząca do wniosku tak osobliwego, że sami pozostajemy pod olbrzymiém ciśnieniem, choć go nie czujemy, wymagała potwierdzenia, któreby zdołało ogół przekonać i do przyjęcia nowéj nauki nakłonić.

Takiego dowodu potwierdzającego dostarczył Pascal. Dwudziestoletni zaledwie młodzieniec usłyszał o doświadczeniach Torricellego za pośrednictwem Mersenne'a, który dla swéj ruchliwości i licznych stosunków ze współczesnymi mu fizykami zastępował miejsce pisma naukowego. Nowego tłomaczenia tych zjawisk Pascal nie znał, a powtórzywszy doświadczenia Torricellego z rtęcią, wodą i winem czerwoném, tłomaczył je starą obawą próżni. Gdy dowiedział się dokładniéj o nowéj nauce, nie skąpił usiłowań, by domysł ciśnienia atmosferycznego należycie potwierdzić. Starał się tedy naprzód powietrze nad zbiornikiem rtęci usunąć i dostrzegł istotnie, że pod zmniejszoném tak ciśnieniem rtęć w rurze barometrycznéj opadła. Tém wszakże jeszcze niezadowolony zapragnął poznać stan barometru na wysokiéj górze. Sam zamiaru tego urzeczywistnić nie mógł, uprosił tedy o przeprowadzenie podobnych dostrzeżeń szwagra swego Périera, przebywającego w Clermont, u stóp góry Puy de Dôme. Périer, zaopatrzywszy się w rury i w potrzebną ilość rtęci, zdołał po upływie roku dopiero spełnić żądanie Pascala. Wstępując na górę, d. 19 września 1648 r., widział, jak zgodnie z przewidywaniem rtęć wciąż opadała, a u szczytu, w wysokości 4300 stóp paryskich, obniżyła się względem pierwotnego stanu o 3 cale i 15 linij. Tak znaczny spadek uderzył Pascala i zachęcił go do prób na wysokościach mniejszych, i rzeczywiście już na wieży kościoła św. Jakóba w Paryżu okazał się spadek barometru o dwie linie. W tymże samym jeszcze roku opisał doświadczenia te w ulotném pisemku, które okazało bezzasadność obawy próżni. W ciągu dwu następnych jeszcze lat Pascal zajmował się gorliwie obserwacyami barometrycznemi i podał wyjaśnienie wielu zjawisk, od ciśnienia atmosferycznego zależących; w szczególności zaś, co najważniejszą jest jego zasługą, wykazał, że ciśnienie rozchodzi się w powietrzu równomiernie, według tych samych zasad, co w cieczach. Pracom fizycznym poświęcił zresztą Pascal kilka zaledwie lat krótkiego swego żywota, gdy następnie głęboki umysł jego zmitrężył się w pietystycznych rojeniach.

Ale obserwacya barometru na górze, chociaż tak stanowczo przekonywająca o ciśnieniu atmosferyczném, nie była jeszcze dla ogółu argumentem dosyć silnym. Jak podróże naokoło ziemi świadczą o jéj kulistości nawet ludziom do rozumowania naukowego nienawykłym, tak i tu trzeba było jeszcze dowodu oczywistego, dotykalnego, a ten ostateczny tryumf nauce o ciśnieniu atmosferyczném dały rozgłośne doświadczenia z półkulami magdeburskiemi.

Wśród strasznéj zawieruchy wojny trzydziestoletniéj, wplątany w jéj klęski jako inżynier, dyplomata, radca i burmistrz na usługach rodzinnego miasta, znajdował Otto Guericke krótkie chwile wczasu i spokoju na prowadzenie doświadczeń fizycznych, których rezultatem było wynalezienie pompy powietrznéj. O pracach Torricellego nie wiedział, zajmowało go tylko żywo dawne pytanie, czy przestrzeń pusta istnieć może, i sądził, że doświadczenie tylko spór ten rozstrzygnąć potrafi. „Filozofowie bowiem, którzy trzymają się jedynie swych sądów i argumentów, doświadczenia zaś nie uwzględniają, nie mogą nigdy osiągnąć pewnych i należytych wniosków co do zjawisk przyrody; widzimy przecież że rozum ludzki, gdy nie zważa na rezultaty doświadczeniem zdobyte, usuwa się często od prawdy daléj, aniżeli odległość słońca od ziemi wynosi". Pisze tak w dziele swoim „Experimenta nova magdeburgica", wydaném dopiero w r. 1673, lubo machiny jego i doświadczenia dawno już miały rozgłos powszechny.

Pierwsze próby nie były pomyślne. Guericke bowiem użył beczki, napełnionéj wodą, którą chciał usunąć za pomocą pompy ssącéj, u spodu beczki osadzonéj; woda wydobywała się rzeczywiście z beczki, w miejsce jéj wszakże wdzierało się z szumem powietrze przez szczeliny. Aby więc dostęp jego powstrzymać, umieścił beczkę swą w innéj, większéj, również wodą napełnionéj, ale i tym razem usłyszał fatalny szum, zdradzający, że ściany beczki nie zdołały powstrzymać dostępu wody z zewnątrz. Dopiero, gdy beczkę zastąpił balonem miedzianym, opatrzonym w rurę z kurkiem, a do rury téj przyszrubował starannie pompę, otrzymał pierwszą swą machinę pneumatyczną. Roku, w którym przyrząd ten zbudowany ostatecznie został, oznaczyć dokładnie niepodobna. Jeden z nowszych biografów Guerickego sądzi, że doświadczenia powyższe prowadzone i ukończone zostały w ciągu lat 1632 — 1638, a w takim razie próżnia Guerickego byłaby wcześniejszą, aniżeli Torricellego. Data ta jest zapewne znacznie

zawczesna, ale niewątpliwie najpóźniejszy termin wynalezienia pompy powietrznéj odnieść należy do r. 1652.

Pamiętne swe doświadczenia z półkulami magdeburskiemi okazywał Guericke publicznie po raz pierwszy podczas sejmu w Regensburgu, r. 1654. Wywarły one wrażenie potężne, nie były to bowiem skromne kule, do jakich przywykliśmy w dzisiejszych gabinetach; Guericke przyrządy swe w ogóle wyrabiał w wymiarach wielkich, do czego go znaglała zresztą budowa ich jeszcze pierwotna. Półkule okazywane w Regensburgu miały $^3/_4$ łokcia magdeburskiego w średnicy, a szesnaście koni ledwo je rozrywało. „Ale że półkule te przy rozrywaniu ulegały pewnemu uszkodzeniu.. poleciłem wyrób większych, o średnicy całego łokcia. Kotlarze wszakże rzadko wykończyć mogą naczynie dokładnie według wskazanéj miary, dla tego też w rzeczywistości średnica ta okazała się równą 95 setnym łokcia. Po usunięciu powietrza 24 konie nie mogły półkul tych rozerwać, po napełnieniu zaś ich powietrzem, każdy mógł je bez wysiłku rozdzielić".

Nie należy z opisu tego wnosić, że Guericke miał jedynie na celu wzbudzanie podziwu tłumów; był on biegłym eksperymentorem i rozumiał już znaczenie dokładnych mierzeń przy doświadczeniach. Ważył powietrze i zbudował manometr do oceny jego prężności; wniósł, że w różnych warstwach atmosfera ma rozmaitą gęstość; urządził barometr wodny i poznał, że zmienność pogody wiąże się ze zmianami ciśnienia atmosferycznego.

W końcu zatém pierwszéj połowy wieku siedemnastego zdobytą została znajomość ciężaru powietrza i wypływającego ztąd jego ciśnienia; ale ciężar gazów nie stanowi jeszcze właściwéj ich cechy, wyróżniają się one bowiem od innych ciał swoją prężnością. Zbadanie zaś téj własności przypada na drugą połowę tegoż stulecia.

III.

W miarę, jak oswajano się z zasadą ciśnienia atmosfery, nasuwała się pod uwagę prężność powietrza, którą Guericke starał się uwidocznić jasnemi doświadczeniami, jak gwałtownym przepływem powietrze do pustéj kuli szklannéj, lub wydymaniem i pękaniem pęcherza pod dzwonem pompy pneumatycznéj. W szczególności zaś, gdy widziano, jak półkule magdeburskie, których niepodobna było rozerwać, rozchodzą się łatwo za odkręceniem kur-

ka, zrozumiano, że prężność powietrza, czyli dążność jego do rozprzestrzeniania się, równoważy się z ciśnieniem, jakiego ono z zewnątrz doznaje. Guericke wniósł ztąd, że w dolnych warstwach atmosfery powietrze posiada gęstość większą, aniżeli w górnych, co okazał niezależnie od swéj pompy, gdy kule szklanne, zamknięte kranem, przenosił na szczyt góry; za otwarciem bowiem kranu, powietrze wyrywało się z nich ze świstem; gdy zaś kran na szczycie został zamknięty, a u spodu góry otwarty, powietrze również gwałtownie do kuli wpadało.

Pomimo dowodów tak oczywistych umysły nawykłe do pojęć dawnych z poglądami nowemi pogodzić się nie mogły. Wydawało się wielu uczonym ówczesnym niemożebném, by płyn tak subtelny i tak się łatwo na wszystkie strony usuwający, jak powietrze, dźwigać mógł słup rtęci, na 28 cali wysoki, a profesor kolegium angielskiego w Leodium, Franciszek Linus, w dziełku „De experimento argenti vivi tubo vitreo inclusi" zgoła inaczéj tłomaczył doświadczenie Torricellego. Według niego rtęć uczepia się u górnego końca rury cienkiemi, niewidzialnemi wprawdzie nitkami, on sam wszakże czuł wyraźnie, jak silnie nitki te ciągną, gdy do barometru użył rury otwartéj, któréj górny koniec palcem swym zakrył.

Nie dziełem tém jednak i dziwaczną tą teoryą upamiętnił autor swe nazwisko, ale odpowiedzią, jaką praca jego wywołała. „Obronę nauki o sprężystości i ciężarze powietrza" przeciw Linusowi temu napisał mianowicie w r. 1622 Robert Boyle, znakomity eksperymentator, który już przed kilku laty udoskonalił pompę Guerickego i użył jéj do nowych doświadczeń, a w dziele, o którém mowa, mieści się odkrycie nowego prawa, co było rzeczą o wiele ważniejszą, aniżeli odparcie uczonego profesora z Leodium. Aby go o oporności powietrza przekonać, użył Boyle rury zgiętéj, któréj ramię krótsze było zamknięte, gdyż przez otwór rury dłuższéj dolewano stopniowo rtęci. W miarę jak słup rtęci stawał się wyższym, powietrze zamknięte w rurze krótszéj ściskało się coraz bardziéj, równoważąc coraz znaczniejsze ciśnienie zewnętrzne; wraz ze zmniejszaniem się zatém objętości powietrza wzrastała jego prężność. Ciśnienia wywierane przez rtęć i odpowiadające im objętości powietrza zestawił Boyle w tablicach, ale na wzajemną zależność obu tych wielkości uwagi nie zwrócił; uczeń dopiero jego, Ryszard Townley, dostrzegł, że z tablic tych wypływa zależność bardzo prosta, objętości bowiem zamkniętego powietrza są odwrotnie proporcyonalne do ugniata-

jących je ciśnień. Wtedy i Boyle zajął się bliżéj tém spostrzeżeniem i okazał, że prawo powyższe utrzymuje się i dla ciśnień mniejszych od atmosferycznego, że zatém w ogólności objętość powietrza wzrasta w tymże samym stosunku, w jakim słabnie wywierany na nie ucisk.

Niewątpliwie więc odkrycie tego dla nauki o gazach zasadniczego prawa zawdzięczamy Boyle'mu, pospolicie wszakże oznacza się ono nazwiskiem Mariotte'a, choć ten ostatni ogłosił je dopiero w r. 1676, zatém w czternaście lat późniéj, w dziele „Essai sur la nature de l'air".

Przeoczywszy jednak niewątpliwe pierwszeństwo Boyle'go, nauka nie popełniła może tak zupełnéj niesprawiedliwości, jak to dziś nieraz o sprawie téj słyszymy, gdyż Mariotte doniosłość tego prawa lepiéj ocenić umiał i zastosował je szczęśliwie do obliczania wysokości danego miejsca ze stanu barometru, chociaż, oczywiście, przy ówczesnym stanie matematyki wzór jego daleki być musiał od dokładności, jaką metoda ta w czasach znacznie późniejszych dopiero osiągnęła. Anglicy nazywają Boyle'go wielkim eksperymentatorem, rzeczywiście bowiem doświadczenia swe, należycie obmyślane, prowadził z wielką zręcznością i ścisłością, tak, że pod tym względem dorównywa fizykom nowoczesnym. Szło mu wszakże wyłącznie prawie o stwierdzenie danego faktu, na wysnuwaniu z niego wniosków wcale mu nie zależało. Dlatego téż na postęp nauki wpłynął mniéj, aniżeli po obfitości prac jego i jego biegłości oczekiwać można było. Widzieliśmy téż, że uzupełnieniem najważniejszego swego odkrycia, o którém tu mowa, zajął się dopiero, gdy jeden z jego uczniów z doświadczeń jego pierwszy wniosek wyprowadził. Zasługi zresztą Boyle'go nauka zawsze wdzięcznie uznawała, ale pisarze angielscy często je przeceniali; a znakomity fizyk Tait, odmawiając wszelkiego znaczenia Mariotte'owi i wprowadzając na pole sporów naukowych zawiści międzynarodowe, tak w téj jak i w innych kwestyach okazał brak niezbędnéj historykowi bezstronności. Uznając przeto w każdym razie pierwszeństwo Boyle'go, dzieła francuskie i niemieckie oznaczają prawo, o którém mówimy, utartą nazwą prawa Mariotte'a.

Doniosłość tego prawa dla nauki o gazach polega na uderzającéj jego prostocie, świadczy ono bowiem, że gazy, jakkolwiek są to ciała dla zmysłów naszych najmniéj dostępne i napozór najbardziéj zagadkowe, w rzeczywistości posiadają budowę najprostszą. Jeżeli przyjmujemy, że materya złożona jest z cząstek,

to w stanie lotnym cząstki te muszą być zupełnie swobodne, żadnemi siłami nieskrępowane, gdyż w takim tylko razie mogą tak dokładnie objętość swoję do ciśnień zewnętrznych stosować. Skoro zaś za powiększeniem ciśnienia objętość gazu w tymże samym stosunku maleje, iloczyn przeto obu tych wielkości, o ile temperatura gazu zmianie nie ulega, zawsze pozostaje statecznym, co w formie matematycznéj wyraża się wzorem $vp = C$, który prostotę lepiéj jeszcze uwydatnia.

Aby więc wewnętrzną budowę powietrza odsłonić, wyjaśnić trzeba, na czém istota prężności jego polega. Newton, przyjmując, że cząstki gazów nawzajem od siebie odbiegają, wykazuje, że siła, z jaką się od siebie usuwają, winna być odwrotnie proporcyonalna od ich odległości. Zastrzega wszakże wyraźnie, że bynajmniéj nie twierdzi, by cząstki gazów koniecznie jedne od drugich odbiegać musiały, zaleca tylko fizykom dochodzenie odpowiedzi na to pytanie, on zaś sam chce dać im jedynie do badań tych podnietę. Jakób Bernoulli domyślał się, że prawo Mariotte'a do pewnéj tylko granicy słuszném być może, do wniosku tego dochodzi jednak na podstawie przypuszczenia, że cząstki powietrza posiadają pewną wielkość. Skoro więc przy ciągłém ściskaniu gazów dochodzą one do wzajemnego zetknięcia, objętość nie może się już zmniejszać daléj w stosunku ciśnienia.

Stulecie wszakże z górą upłynęło, zanim się polecenie Newtona spełniło, a fizycy zająć się zdołali teoryą stanu lotnego. Tymczasem zaś na wiek ośmnasty przypadło „odkrycie gazów", poznano, czego bynajmniéj nie przewidywano, że są substancye lotne, od powietrza atmosferycznego zgoła różne.

IV.

Aż do połowy wieku ośmnastego nie podejrzywano tedy wcale, że istnieć mogą gazy różne, tak jak są różne ciała stałe i ciekłe. Alchemicy wprawdzie przy doświadczeniach swych dostrzegali często wywiązywanie substancyj lotnych, które nieraz powodowały pękanie ich przyrządów, zaliczali je wszakże do swych spirytusów, czyli produktów przez dystylacyę otrzymywanych. Nazwę gazów, jak widzieliśmy, wprowadził Van Helmont, wyróżniał on je od waporów czyli par, i rozumiał, że gaz nigdy nie może się w powietrze zamienić. W szczególności znał on kwas węglany, który nazywa „gaz silvestre"; wié, że gaz ten

znajduje się w powietrzu, w którém ciała płonęły, że powstaje przy fermentacyi cieczy alkoholowych, że wywiązuje się przy działaniu octu na kamienie racze, t. j. węglan wapnia, że w grocie psiéj wyrywa się z ziemi; wspomina téż i o innych gazach, jak gaz ventosum, gaz pingue, gaz siccum, gaz filiginosum. W owym wszakże czasie zasadnicze własności powietrza atmosferycznego znane jeszcze nie były, istotnéj więc analogii gazów do powietrza ująć niemożna było, a osłonięte w osobliwe hypotezy spostrzeżenia Helmonta nie oddziałały zgoła na rozwój tego działu wiedzy. Również bezowocne były spostrzeżenia Boyle'go, który zresztą chemii nie mniejsze, aniżeli fizyce usługi oddał. Wiedział on, że powietrze przy paleniu ciał ulega przeobrażeniu, poznał, że wywiązuje się gaz nietylko przez polanie wapna octem, ale także działaniem witryolu rozcieńczonego na żelazo, zatém nasz wodór dzisiejszy; zwyczajem swym wszakże, nie zapuszczając się w ściślejsze zbadanie zjawiska, zadowolił się zaznaczeniem faktu, że powietrze można i sztucznie otrzymywać. Dopiero w wieku ośmnastym obmyślił Hales metody odpowiednie do zbierania i badania gazów, zajmował się nawet niemi gorliwiéj, niż poprzednicy jego, ale utożsamiał je z powietrzem atmosferycznem, od którego różnić się miały jedynie zawartemi w nich wyziewami i waporami obcego pochodzenia. Podobnież i Boerhave, w tejże saméj epoce, oświadcza wyraźnie, że przy wszelkich wywiązywaniach i pochłanianiach gazów, jakie zachodzą przy rozpuszczaniu, przy paleniu, lub przy innych operacyach chemicznych, natura powietrza pozostaje niezmienną. I późniéj jeszcze nawet, gdy wodór stanowczo już był odkryty, przeczy Baumé odrębnemu istnieniu „powietrza palnego", a własności jego przypisuje substancyom oleistym, rozpuszczonym w powietrzu, które samo przez się jest zawsze „elementem niepalnym".

„Czy istnieją różne rodzaje powietrza? pyta Lavoisier na wstępie swych prac; jeżeli ciało znajduje się w stanie rozprężliwości trwałéj, czyż ma to wystarczać, by stanowiło ono rodzaj powietrza? Jedném słowem, czy różne powietrza, które nam przyroda przedstawia, lub téż które wytwarzać umiemy, są to substancye odrębne, czy téż tylko modyfikacye powietrza atmosferycznego?".

Już od dwudziestu wszakże prawie lat posiadała nauka na pytanie to odpowiedź. Józef Black bowiem, któremu w fizyce zawdzięczamy odkrycie ciepła właściwego i ciepła utajonego, dowiódł w roku 1755 w sposób przekonywający, że jest gaz zgoła

różny od powietrza atmosferycznego, który w stanie lotnym może istnieć zupełnie niezależnie: gazem tym był późniejszy kwas węglany, dwutlenek węgla dzisiejszych chemików, dawny gaz leśny Helmonta, a któremu Black nadał nazwę „powietrza stałego" czyli „powietrza ustalonego". Black wykazał, jak łatwo gaz ten niknie, łącząc się z innemi ciałami, jak znów występuje i przechodzi od jednego związku do innego. W szczególności zaś uzasadnił łączność, jaką on przedstawia z kaustycznością alkaliów, udowodniwszy ścisłemi ważeniami, że wiążąc się z alkaliami i ziemiami alkalicznemi niszczy ich kaustyczność, substancye gryzące zmienia na łagodne. Przez działanie ognia lub kwasów odradza się znów z pierwotnemi swemi własnościami i pozostaje nienaruszonym, przechodząc od potażu do magnezyi, gdy strącamy sól epsomską (nasz siarczan magnezyi) przez alkali stałe (nasz węglan potasu). Doświadczeniami temi Black podał metodę kolejnego wiązania z ciałami stałemi i oswabadzania się ciał gazowych, która posłużyła następnie Lavoisierowi przy badaniach jego nad utlenianiem metali.

Odtąd znajomość różnych gazów szybko się rozwijała. W r. 1767 dowodami również niewątpliwemi uzasadnił Cavendish istnienie innego gazu nowego, „powietrza palnego", które nazywamy teraz wodorem. I ten gaz, jak widzieliśmy, był już także znany oddawna, ale uważano go za jakąś kombinacyę pewnéj substancyi palnéj z powietrzem, w którém była jakby rozpuszczona. Przeważnie jednak chwała odkrycia gazów przypada kaznodziei presbiteryańskiemu, Priestleyowi, który w ciągu kilku zaledwie lat, od roku 1771 do 1774, odkrył najważniejsze gazy, obecnie nam znane, a przedewszystkiém powietrze zdeflogistonowane (tlen), daléj zaś powietrze flogistonowane (azot), powietrze saletrzane (dwutlenek azotu), powietrze wydobyte ze spirytusu solnego (kwas chlorowodorny), powietrze wydobyte z kwasu witryolowego (kwas siarkawy), powietrze alkaliczne (amoniak). W tymże samym czasie odkrył Scheele gaz spatyczny (fluorek krzemu) i gaz muryatyczny zdeflogistonowany (chlor). „Powietrze palne, wydające przez spalenie kwas kredowy" (tlenek węgla) dostrzegł Lavoisier w roku 1777 przy swych badaniach nad pyroforem, a gaz błotny odkrył Volta w roku następnym.

Odkrycia te zmieniły zupełnie poglądy dawne o naturze powietrza; pojęcie pewnéj substancyi oznaczonéj, jedynéj, zawsze jednakiéj, zastąpiła znajomość pewnego stanu ogólnego, stanu lo-

tnego, czyli gazowego, który przybiérać może znaczna ilość ciał, jeżeli nie wszystkie.

Uwadze chemików nastręczył się materyał obfity i bogaty, w pierwszéj wszakże chwili do mętnych teoryj dawniejszéj chemii wprowadził tylko zawikłanie większe, jak to się okazuje z nazw dziwacznych, jakie Priestley nadał gazom, których odkrycie sam przypisywał przypadkowi. Podstawą wszelkich ówczesnych poglądów na zjawiska chemiczne była jeszcze hypoteza flogistonu, wprowadzonego przed stu laty przez Beckera i Stahla, jako zasady palnéj, „principium inflammabile s. ignescibile". — Flogiston służył przedewszystkiém do wyjaśnienia objawów palności ciał oraz zamiany metali w wapna metaliczne, czyli w dzisiejsze nasze tlenki. Flogiston ten zawierać się miał w każdém ciele palném, a przez przybranie téj substancyi hypotetycznéj miały się wapna metaliczne przeobrażać w metale należyte. W miarę wszakże, jak mnożyła się obfitość faktów i spostrzeżeń, które domagały się wyjaśnienia, pojęcie flogistonu ulegać musiało przeobrażeniu.

Od czasów najdawniejszych rozumiano ogień jedynie jako żywioł niszczący, palenie było zawsze objawem tylko rozkładu, pewnego ubytku substancyi. Zwolna wszakże dostrzeżono, że nieraz po spaleniu wzmaga się ciężar ciała, co przecież wręcz było sprzeczne z hypotezą flogistonu, który właśnie przy paleniu miał z ciał uchodzić. Pogodzenie tych sprzeczności sprawiało chemikom ówczesnym kłopoty nieprzezwyciężone. Sądzili jedni, że przy paleniu zachodzi proces podwójny, flogiston bowiem wprawdzie z ciała uchodzi, ale natomiast łączy się on z materyą ognia, co ciężar jego powiększa. Ale i ten pogląd utrzymać się nie mógł, skoro poznano, że metal rozżarzony waży tyleż, co zimny. Trzeba się było chwycić przypuszczenia, że flogiston nietylko jest ciałem bezwzględnie lekkiém, ale że nawet posiada ciężar ujemny, dopóki zatém w ciele się mieści, czyni je lżejszém. Na hypotezę tak już niedorzeczną umysły bardziéj naukowe przystać nie mogły, a Guyton de Morveau starał się trudności te w inny usunąć sposób. Przyjął on, że flogiston jest gatunkowo lżejszym od powietrza, skoro więc z metalu uchodzi, pozostałe wapno metaliczne wydaje się pozornie cięższém, choć w istocie rzeczy metal prawidłowy, t. j. związek wapna z flogistonem cięższy jest, aniżeli samo wapno metaliczne. Już wszakże Boyle dostrzegł, że wapna metaliczne mają ciężar właściwy mniejszy, aniżeli metale;

gdyby o spostrzeżeniu tém wiedział chemik francuski, nie podałby podobnéj teoryi.

Tak więc flogiston rozwiewał się coraz silniéj; teorya, która służyła chemikom przez całe stulecie, stawała się coraz bardziéj niedostateczną, coraz się więcéj kruszyła. Chemicy dostrzegali, że przy przeobrażeniach ciał uchodzi lub przybywa jakaś substancya zagadkowa, niepochwytna, ale substancyą tą, któréj im brakło, to nie był ów flogiston tajemniczy: były to gazy, tlen przedewszystkiém. Odkrycie więc gazów przeinaczyć musiało zupełnie dawną chemię.

Trzeba było tylko do bezładnych dotąd dostrzeżeń i jakby przypadkowych odkryć chemicznych wprowadzić ścisłość dochodzeń i rozumowań, jaką się już dawno badania fizyczne zalecały. Takim reformatorem chemii, a jak chcą inni, jéj twórcą stał się Lavoisier, cały bowiem system chemii nowoczesnéj wysnuł z prac swoich, wiążących się w jeden ciąg wnioskowań logicznych.

Stwierdziwszy przedewszystkiém, że metale powiększają swój ciężar przy przeobrażaniu się w wapno, okazuje Lavoisier zarazem, że przyrost ten ciężaru jest następstwem utrwalania się, czyli wiązania pewnéj ilości powietrza, a mianowicie jednéj składowéj jego części, tlenu, gdy pozostałość stanowi gaz odrębny, azot. Tenże sam tlen łączy się przy paleniu z fosforem, siarką, węglem, tworząc kwasy — fosforny, siarczany, węglany, których ciężary są sumą łączących się wzajemnie substancyj. Objaw palenia się ciał nie jest zatém bynajmniéj wywiązywaniem się flogistonu, zawartego poprzednio w ciałach palnych; nie jestto rozkład, ale zjawisko wręcz przeciwne, łączenie się tlenu z innemi ciałami. Żywe palenie wodoru w szczególności jest także objawem wiązania się jego z tlenem, zkąd powstaje woda, która zatém także jest ciałem złożoném; samo oddychanie zwierząt jest również paleniem węgla. Ponieważ zaś palenie ciał organicznych wydaje właśnie kwas węglany i wodę, ciała te zatém składają się z węgla, wodoru i tlenu.

W ten sposób rozwija się cały układ nowéj chemii, w którym flogiston okazuje się bezużytecznym, sprzecznym nawet z istotnym przebiegiem zjawisk; miejsce jego zastępują gazy, substancye rzeczywiste, których ilość waga ocenić może. Przy wszelkich przeobrażeniach chemicznych zmienia się tylko postać materyi, ilość jéj pozostaje niezmienną. Zasada zachowania materyi staje się naczelnem prawem chemii, podstawą całego jéj rozwoju dalszego.

Widzimy, jak ściśle wiąże się odkrycie téj zasady ze znajomością gazów. Potwierdza to sama nazwa „chemii pneumatycznéj", jaką nowéj nauce nadano dla odróżnienia od dawnéj chemii flogistycznéj.

Jakkolwiek wszakże przewrót ten dokonał się z nieubłaganą logiką jasnych faktów, zdobył on uznanie dopiero śród pokolenia nowego. A mężowie właśnie, którym „odkrycie gazów" zawdzięczamy, którzy się zatém w tak znacznéj mierze do usunięcia flogistonu przyczynili, najgorliwiéj w obronie jego walczyli. Scheele i Priestley pozostali mu aż do śmierci niezłomnie wierni, Cavendish tylko, zmarły w r. 1810, rozstał się z nim u schyłku życia.

V.

Odkąd tedy, z końcem zeszłego stulecia, uznaną została rozmaitość gazów, rozszerzył się téż zakres badań nad stanem lotnym i dla fizyków, których poszukiwania dawniejsze do powietrza jedynie odnosić się mogły. W tym właśnie czasie uwagę ich zaprzątała żywo kwestya rozszerzalności ciał pod wpływem wzrostu temperatury, w tym więc zakresie badań fizycznych gazy występują poraz pierwszy, jako ciała z innemi równouprawnione.

Dostrzeżenie, że zmiana temperatury powoduje zmianę objętości ciał, jest nader dawne, ilościową wszakże oceną tych stosunków zajęto się dopiero w nowszych czasach; pamiętajmy bowiem, że niezbędny do badań tych termometr około roku 1740 zaledwie należytą osiągnął doskonałość. Wcześniéj nawet, aniżeli innemi ciałami, zajęto się oznaczaniem rozszerzalności powietrza, która wielkością swą najwięcéj uderzała i najłatwiejszą wydawała się do zmierzenia. Doświadczenia te rozpoczął w roku 1703 Amontons, słynny wynalazca i konstruktor przyrządów meteorologicznych; zbudował on mianowicie termometr powietrzny, który miał mu służyć jako instrument normalny do oznaczania podziałki na termometrach florenckich, napełnionych alkoholem. Otrzymana przezeń liczba jest dosyć dokładna, zredukowana bowiem na skalę dzisiejszą podaje, że powietrze ogrzewane od 0° do 100°C rozszerza się o 0,38 części swéj objętości przy zerze; fizycy jednak, którzy w ciągu wieku ośmnastego prace te powtarzali, dochodzili do rezultatów różnych, a często bardzo błędnych. Priestleyowi, jeżeli jego jednego tu dla przykładu przytoczymy, roz-

szerzalność powietrza w powyższych granicach wypadła aż 0,9375, a nadto twierdził, że wszystkie przezeń odkryte gazy co do rozszerzalności swéj odstępują znacznie od powietrza.

Po stu latach dopiero takich niepewności i wątpliwości jasny i dokładny pogląd na rozszerzalność gazów sprowadziły prace Gay-Lussaca i Daltona. Gay-Lussac wykazał najpierw, że przyczyną dotychczasowych błędów była głównie obecność wody w naczyniach używanych do pomiarów; gdy przy ogrzewaniu woda ta parowała, powiększała objętość zamkniętych gazów w niedającym się uchwycić stosunku. Dlatego baczył troskliwie, by naczynia jego dokładnie były osuszone, badane zaś gazy wolne od wszelkiéj wilgoci; ztąd téż liczby, jakie z oddzielnych doświadczeń otrzymywał, były między sobą zgodne, a średnia wartość, jaką wyprowadził na rozszerzalność powietrza od 0° do 100°C, 0,3750, od każdego z wypadków oddzielnych różniła się najwyżéj o $^1/_{1000}$. Podobnąż liczbę otrzymał i dla innych gazów. Ostateczny rezultat swych badań wypowiedział Gay - Lussac w r. 1801 następnemi słowy: „Doświadczenia, które tu opisałem i które ze wszelką starannością wykonałem, dowodzą widocznie, że powietrze atmosferyczne, tlen, wodór, azot, amoniak, kwas siarkawy i węglany przy jednakim wzroście temperatury jednakowo się rozszerzają: rozszerzalność przeto tych ciał nie zależy od właściwéj natury każdego z nich, a jak ztąd wnoszę, wszystkie gazy od ciepła rozszerzają się w jednakiéj mierze".

Dalton przedmiotem tym zajmował się nawet jeszcze wcześniéj, aniżeli Gay-Lussac, i pierwsze swe rezultaty ogłosił w r. 1801, a z doświadczeń następnych otrzymał liczbę 0,376. Rozszerzalność wszakże gazów rozumiał Dalton nieco inaczéj, aniżeli Gay-Lussac i aniżeli zasada ta ostatecznie przyjętą została. Gdy bowiem, według Gay-Lussaca, gazy nietylko jednakowo ale i jednostajnie objętość swą ze wzrostem temperatury powiększają, Dalton, przypisując wraz z nim jednaką rozszerzalność wszystkim gazom, twierdził wszakże, że rozszerzalność każdego gazu trwałego wzrasta w postępie geometrycznym, gdy temperatura wzrasta w postępie arytmetycznym. Pomimo to, prawo jednostajnéj i jednakowéj rozszerzalności wszystkich gazów otrzymało nazwę prawa Daltona i Gay-Lussaca.

W pracy swéj nadmienia Gay-Lussac, że jednostajność rozszerzalności ważniejszych gazów dostrzegł już na piętnaście lat przed nim Charles, znany głównie z zastosowania wodoru do napełniania balonów; dlatego niektórzy pisarze prawo powyższe

nazwiskiem tego ostatniego fizyka oznaczają, chociaż Charles doświadczeń swych nigdy nie ogłosił. Za przykładem tym jednak nie pójdziemy, przedewszystkiém bowiem mieć trzeba na uwadze, że oznaczanie jednego i tegoż samego prawa zbytkiem nazwisk sprowadza nieunikniony zamęt, czego nie wynagradza pogoń za bezwzględną sprawiedliwością, któréj często niepodobna osiągnąć.

W trzydzieści lat późniéj wzbudziła się wątpliwość co do zupełnéj dokładności liczby Gay-Lussaca i Daltona, a z długiego szeregu sumiennych i nader ścisłych doświadczeń Rudberga, Magnusa, a zwłaszcza Regnaulta okazało się, że rzeczywiście należy ją nieco zmniejszyć, do 0,367. Gaz zatem ogrzany o 1° przy zachowaniu niezmiennego ciśnienia powiększa objętość swoję o 0,00367, czyli prawie o $^1/_{273}$. Jeżeli, poczynając od temperatury 0°, ogrzejemy go o 273°, podwaja on objętość swoję; w temperaturze 546° = 2.273 posiada objętość potrójną, w temperaturze 819°=3.273 objętość poczwórną. Jeżeli wszakże gaz ogrzewamy tak, że rozszerzać się swobodnie nie może, że pomimo ogrzewania zachowuje objętość niezmienną, to przy 273° rzeczy się mają tak, jakbyśmy go ścisnęli do połowy przypadającéj mu w pierwotnych warunkach objętości; na zasadzie zatém prawa Mariotte'a wzrasta w tym razie prężność jego, staje się dwa razy większą. Gdy w temperaturze 0° gaz pozostawał pod ciśnieniem atmosfery, to w temperaturze 273°, 546°, 819°, posiada prężność dwu, trzech, czterech atmosfer. Przyrost ten prężności gazu wraz z jego temperaturą wypływa z połączenia praw Mariotte'a i Gay-Lussaca.

Widzimy zatém z tego, że prężność gazu zależy od dostarczanego mu ciepła, jest wyrazem jego temperatury, wraz z nią wzrasta i wraz z nią słabnie. Nie wchodząc zatém nawet w kwestyę natury gazu, nie rozbierając wewnętrznéj jego budowy, zgodzić się możemy na to, że w braku zupełnym ciepła, w temperaturze, którą zupełném już zimnem, bezwzględném zerem nazwać możemy, prężność także niknie zupełnie i schodzi do zera. Dajmy tedy, że pewna objętość gazu, posiadająca w temperaturze 0° prężność jednéj atmosfery, ulega stopniowemu oziębianiu, to przy —1° prężność jéj zmniejszy się o $^1/_{273}$, przy — 2° o $^2/_{273}$, a przy —273° o $^{273}/_{273}$, co znaczy, że gaz utraci już prężność swą zupełnie; nie posiada już zgoła dążności do rozprzestrzeniania się, jest bezwzględnie, zupełnie zimny. Poniżéj więc temperatury — 273°C już ciała daléj oziębiać nie można, jestto bezwzględne zero termometru, a temperatura od tego punktu liczona jest „temperaturą

bezwzględną", niezależącą od dowolnego doboru stałego punktu termometru.

Nie wiążąc z wnioskiem tym żadnych uwag ubocznych, któreby nas z toru zbić mogły, nadmienimy tylko, że wprowadzenie pojęcia temperatury bezwzględnéj dla wielu rozważań w nauce okazało się bardzo dogodne, nadając im znaczne uproszczenie. Okazuje się to przedewszystkiém w kwestyi, która nas teraz zajmuje. Poczynając bowiem od zera bezwzględnego, czyli posługując się temperaturą bezwzględną, którą oznaczymy przez T, powiedzieć możemy na zasadzie prawa Gay-Lussaca, że objętość gazu v jest do temperatury téj proporcyonalną; ponieważ zaś, według prawa Mariotte'a, jest ona zarazem odwrotnie proporcyonalną do ciśnienia p, pod jakiém gaz zostaje, zależność tę przeto wyrazić możemy bardzo prostym związkiem matematycznym:

$$v = R\frac{T}{p}, \text{ czyli } pv = RT,$$

gdzie R oznacza pewną ilość stałą, któréj wielkość łatwo oznaczyć możemy. Dajmy bowiem, że w temperaturze 0° termometru zwykłego, a zatém w temperaturze bezwzględnéj $T=273$, pewna masa gazu posiada objętość v_0 pod ciśnieniem p_0, powyższy wzór daje

$$p_0 v_0 = 273 R, \text{ skąd } R = \frac{p_0 v_0}{273}.$$

Wzór zatém $pv = RT$ jest wyrażeniem matematycznem połączonego prawa Mariotte'a i Gay-Lussaca i stanowi charakterystykę stanu lotnego, ujmuje jego własności w prosty związek algebraiczny.

Zakres tego wzoru wszakże natychmiast ograniczyć nam tu przychodzi. Dalton i Gay-Lussac nadawali prawu swemu znaczenie ogólne, rozciągając je do wszystkich gazów, we wszelkich warunkach. Późniejsze wszakże doświadczenia wykazały, że gdy przy obniżaniu temperatury gazy zbliżają się już do stanu ciekłego, do swego punktu skroplenia, odstępują one w ogólności od powyższych praw zasadniczych; wzór zatém powyższy, albo innemi słowy prawa Mariotte'a i Gay-Lussaca przysługują gazom jedynie w temperaturach dalekich od punktu skroplenia, a i to nawet tylko z pewném przybliżeniem, większém lub mniejszém.

Gaz, któryby się stosował bezwzględnie do zasadniczego wzoru stanu lotnego, byłby „gazem doskonałym"; gazy nasze uważać musimy za „niedoskonałe", jakkolwiek najważniejsze gazy rzeczywiste, powietrze atmosferyczne, tlen, azot, wodór, w warunkach zwykłych znacznie się zbliżają do warunków doskonałości, wyrażonych zasadniczym wzorem stanu lotnego.

Doniosłość tego wzoru w każdym razie jest widoczną. Skoro bowiem charakter stanu lotnego daje się w sposób tak prosty wyrazić, materya przeto w stanie lotnym przedstawia najprostsze warunki swego bytu, a jeżeli wewnętrzną jéj budowę odsłonić pragniemy, do rozwiązania téj zagadki tylko gazy pierwszy krok stanowić mogą. Ztąd obecnie teorya gazów tak zasadnicze znaczenie w fizyce teoretycznéj zajęła.

VI.

Zarówno wszakże Daltona jak i Gay-Lussaca zasługi w nauce o gazach nie ograniczają się na odkryciach powyższych.

Dalton mianowicie poznał, że gazy w jakikolwiek sposób w zetknięciu zostające mięszają się ze sobą i nawzajem przenikają, nawet w tym razie, gdy ciśnienie obu jest jednakie, albo gdy ciężar jednego gazu mógłby przeciwdziałać przenikaniu drugiego. Znaczy to zatém, że gaz w przestrzeni, przez inny gaz zajętéj, skoro do niéj dostęp znajduje, tak się w niéj rozpościera, jak gdyby ten drugi gaz tam się wcale nie znajdował. Obecność gazu jednego o tyle tylko przeszkadza dostępowi innego, że napływ jego zwalnia; ciśnienie zaś tak powstałéj mięszaniny gazów, sprowadzone do danéj objętości, równa się sumie ciśnień oddzielnych gazów, w przypuszczeniu, że gazy te chemicznie na siebie nie działają. Zasadę tę rozciągnął Dalton następnie i do mięszaniny par z gazami, przytaczając na poparcie tego uogólnienia, że w przestrzeni zajętéj przez powietrze ciecze również się silnie ulatniają, jak przy jednakich warunkach w próżni Torricellego, gęstość zaś powietrza na prężność rozwijającéj się pary wpływu nie ma żadnego. Teorya Daltona, ze względu na panujące wówczas pojęcia o prężności pary wodnéj w atmosferze, napotkała u wielu fizyków nieufność, która ustała dopiero, gdy objawy ciepła lepiéj rozumieć zaczęto. Wogóle Dalton, który bardzo skromnemi zaledwie rozporządzał środkami, nie znajdował uznania należytego u współczesnych mu fizyków, ze

względu, że doświadczenia jego nie były z dostateczną prowadzone ścisłością, — wnioski jego wydawały się zbyt pospieszne, zbyt śmiałe; następnie dopiero pomysły jego oceniono słuszniéj, gdy poznano, że nauce zawsze właściwą torowały drogę, a poparte dokładnemi doświadczeniami wydały plon, którego zaród w sobie mieściły. Prawa mięszanin gazowych uzupełnione zostały późniejszemi badaniami nad dyfuzyą gazów, gdy Graham wykazał, że szybkość, z jaką się gazy nawzajem przenikają, od ich gęstości zależy; gaz lżejszy przebiega prędzéj, w stosunku mianowicie odwrotnym do pierwiastku kwadratowego ze swéj gęstości. Jeżeli więc tlen mięsza się z wodorem, to za każdą objętość uchodzącego tlenu napływają cztery objętości wodoru, jest on bowiem 16 razy od tlenu lżejszy. Zasada ta wiąże się wszakże z ogólną kwestyą wypływu gazów i jednakie z nią trudności i odstępstwa napotyka.

Co do odkryć Gay-Lussaca, o których tu mówić mamy, są one porządku chemicznego. W dziedzinie właśnie par i gazów fizyka i chemia zawsze się najściśléj jednoczyły; Dalton i Gay-Lussac, jak niegdyś Boyle, jak Lavoisier, obu tym naukom zarówno i wiernie służyli. W roku 1805 poznał Gay-Lussac, że gdy tlen łączy się z wodorem, tworząc wodę, wiąże się zawsze jedna objętość pierwszego z tych gazów z dwiema objętościami drugiego, a stosunek ten utrzymuje się przy wszelkiéj temperaturze. W dalszym ciągu prac nad tym przedmiotem mógł on już w roku 1808 przedstawić towarzystwu filomatycznemu ważne prawo, że istnieje zawsze stosunek bardzo prosty między objętościami gazów, które się ze sobą łączą, a nadto, że i zachodzące przy tém zmniejszenie objętości również według pewnego prawa ma miejsce. Tak, dwie objętości wodoru łączą się z jedną objętością tlenu, wydając dwie objętości pary wodnéj, jedna zaś objętość chloru z jedną objętością wodoru wytwarzają dwie objętości chlorowodoru. Wolumetryczne to prawo Gay-Lussaca jest dla chemii teoretycznéj doniosłego bardzo znaczenia, jeżeli je zestawimy z atomistyczną hypotezą Daltona; rzecz wszakże szczególna, że Dalton, istotny twórca teoryi atomistycznéj w chemii, odkryć Gay-Lussaca ze swą teoryą nie związał, a nawet słuszności ich zaprzeczał, dlatego téż i ogół chemików późniéj się dopiero z niemi zaprzyjaźnił.

Już wszakże w r. 1811 adwokat włoski, a następnie profesor fizyki w Turynie, Avogadro w sposób prawdziwie genialny wyczytał w tém prawie Gay-Lussaca, że wszystkie gazy, pod je-

dnakiém ciśnieniem i w jednakiéj temperaturze, w jednakiéj objętości jednaką ilość cząsteczek zawierają. Cząsteczki te są to najmniejsze grupy atomów, cząsteczek elementarnych, jak je Avogadro nazywa, które istnieć mogą niezależnie. — Rozprawa Avogadra, ogłoszona w „Journal de Physique", nie zwróciła na siebie zgoła uwagi fizyków i chemików, a nawet gdy w trzy lata późniéj Ampère, niezależnie od fizyka włoskiego, opierając się na ogólném zachowaniu gazów, podobnąż teoryę w formie listu do Bertholleta rozwinął, nie zdołał na pogląd ten uwagi ogółu zwrócić. W czasie, gdy teorya atomistyczna dopiero się rozwijała, gdy zaledwie zaczęto się oswajać z pojęciem, że stosunki, w jakich się ciała łączą, odpowiadają stosunkom ciężarów ich najdrobniejszych cząsteczek, podobne wyróżnienie cząsteczek najdrobniejszych fizycznie i najdrobniejszych chemicznie wydawało się chaotycznem, gmatowało raczéj nową naukę, aniżeli ją wyjaśniało. Dokładne wyróżnienie cząsteczek od atomów na późniejsze dopiero czasy przypadło.

W prawie Avogadra wybija się wyraźnie, że w stanie lotnym materya do badań naszych jest najdostępniejsza i najłatwiéj nam tajniki swe odsłonić jest gotowa. Skoro bowiem w jednakich objętościach gazów jednaka ilość cząsteczek się mieści, ciężary przeto właściwe gazów wiodą bezpośrednio do oznaczenia stosunku ciężarów ich cząsteczek, do ciężarów molekularnych. Ciężar właściwy wodoru względem powietrza jest 0,0695, ciężar właściwy tlenu, 1,1056, — tlen zatém od wodoru jest 16 razy cięższy; a że litr tlenu takąż samą mieści w sobie ilość cząsteczek, co i litr wodoru, i cząsteczka przeto tlenu jest od cząsteczki wodoru 16 razy cięższa; dalsze zaś rozumowania, na téjże zasadzie oparte, wnieść pozwalają, z ilu atomów składają się cząsteczki ciał, które w stan gazowy przeprowadzić umiemy.

Odkrycia, o których w ustępie tym mówiliśmy, dzieliły w ogólności los wspólny, że przez współczesnych niedostatecznie rozumiane, uznanie późno zaledwie zyskały. Zwolna atoli i stopniowo przygotowywały one podstawę dla teoryi gazów, w któréj dopiero istotne wyjaśnienie i uzasadnienie znalazły.

VI.

Nie samo wszakże tylko badanie gazów do ich teoryi doprowadzić mogło; wymagała ona innego jeszcze przygotowania, a mianowicie przeobrażenia panujących w pierwszych dziesiąt-

kach lat bieżącego stulecia pojęć o cieple. Stan bowiem skupienia ciał zawisłym jest od doprowadzanego im ciepła, wyobrażenia zatém, jakie o czynniku tym mamy, wiążą się bezpośrednio z zagadką budowy materyi.

Hypoteza, że ciepło jest pewnego rodzaju substancyą, że jest odrębną jakąś materyą, rozwinęła się, a przynajmniéj utrwaliła w końcu zeszłego wieku, gdy poznano objawy ciepła właściwego i ciepła utajonego i nauczono się tak szczęśliwie ilościowo je oceniać. We współczesnym rozwoju chemii pogląd ten znalazł silne poparcie, przez analogię bowiem do zjawisk, które powszechną ściągały uwagę, zaczęto przypuszczać, że ciepło, jak każda inna substancya, może się z ciałami łączyć chemicznie, lub przez rozkład od nich się uwalnia. Substancya ta, któréj wprawdzie ująć nie można było, ale która pomimo to ilościowo ocenić się dawała, otrzymała nazwę cieplika, caloricum. Opowiada to Lavoisier w swoim traktacie elementarnym chemii (1789): „Gdy de Morveau, Berthollet i de Fourcroy wraz ze mną zajęli się poprawieniem języka chemicznego, oznaczyliśmy przyczynę ciepła, ów płyn tak nadzwyczaj sprężysty, który je wytwarza, nazwą cieplika". W pogoni za dowodami materyalności cieplika starał się nawet oznaczyć jego ciężar, a Marat, który, zanim go wielka rewolucya odwołała z pracowni naukowéj i od zajęć lekarskich, gorliwie się badaniami fizycznemi zajmował, wywnioskował ze swych doświadczeń, jak przed nim zresztą Boyle i Buffon, że ciała rozgrzane cięższe są aniżeli zimne. Rumford wprawdzie, pomimo najstaranniejszych ważeń, nie zdołał dostrzedz żadnego przyrostu ani ubytku ciężaru ciał przez ogrzewanie, nie zachwiało to wszakże pojęć o materyalności cieplika, zgodzono się tylko, że nie ma on żadnego ciężaru, że jest płynem nieważkim. Cieplik więc podzielił los innych ówczesnych płynów hypotetycznych, światła, elektryczności, magnetyzmu; wyłączony z zakresu materyi zwykłéj, przeszedł do imponderabiliów, do płynów nieważkich. Istnienie tych imponderabiliów wydawało się fizykom, z nielicznemi wyjątkami, tak niewątpliwém, jak istnienie zwykłéj, ważkiéj materyi, a u nas Radwański nie wahał się nawet całéj fizyki „nieważnictwem" nazwać.

Pojęcie takie o cieple wiązało się łatwo z kwestyą budowy materyi, a w szczególności z trojakim stanem jéj skupienia. „Gdyby siły te (t. j. siły przyciągające), mówi Biot w sławnym swym podręczniku fizyki, same tylko istniały, cząstki ciał zbliżyłyby się ku sobie aż do zetknięcia. Okazuje się więc ztąd ogólna przy-

czyna wewnętrznego odpychania, która równoważy bezustannie wszelkie siły przyciągające; przyczyna ta, we wszystkich istniejąca ciałach, jak się zdaje, polega na istocie ciepła". W ten więc sposób pojmowano i prężność ciał gazowych, stanowiącą najistotniejszą ich własność; każda cząstka materyalna, według Laplace'a, utrzymuje pewną ilość cieplika, a wzajemne odpychanie tych zawartości cieplikowych powoduje odpychanie się cząstek materyalnych, za czém idzie prężność gazów.

Teoretyczne te zresztą kwestye dla fizyków ówczesnych mało przedstawiały powabu. W początku wprawdzie wieku stara zagadka materyi i jéj sił żywo zaprzątała umysły; gdy Jacobi w roku 1801 podczas ogólnéj audyencyi przedstawiony został Napoleonowi, rzucił mu ten pytanie: „Qu'est ce que la matière" i nie czekając odpowiedzi, odwrócił się od zdumionego i ogłuszonego filozofa. Pod wpływem wszakże szybko mnożących się odkryć doświadczalnych fizycy wypuścili z uwagi zagadnienia filozoficzne i zaczęli je nawet przyjmować z lekceważeniem i pogardą, gdy ówczesna filozofia natury, rozwiawszy się w rojenie jałowe, w zupełną niemoc popadła.

Stopniowo jednak i panująca hypoteza płynów nieważkich napotkała trudności. Z jednéj strony rozwój teoryi undulacyjnéj światła, która cały obszar zjawisk tłomaczyła nie na podstawie pewnych zasadniczych własności materyi, ale jako objawy ruchu, z drugiéj zaś widoczna łączność elektryczności z objawami chemicznemi, świetlnemi i magnetycznemi, coraz groźniejsze wybijać w niéj zaczęły wyłomy. Gromadzący się zasób tych odkryć wytworzył więc nową zasadę „przeobrażeń siły", a gdy się okazało, że siły przyrody mogą w najrozmaitszych warunkach przechodzić jedne w drugie, płyny nieważkie ustąpić wreszcie musiały.

Fizykom przedstawiło się teraz zadanie nowe. Jeżeli rzeczywiście siły przyrody takiéj przemienności ulegać mogą, należało z matematyczną ścisłością uzasadnić, że przy wszelkich tych przeobrażeniach ilość siły pozostaje niezmienną, że nigdy przy tych procesach żadna jéj część nie ginie, ani się téż nie wytwarza. Idea zatém zmienności siły bezpośrednio doprowadzić musiała do prawa zachowania siły, którą uznano wreszcie jako naczelną zasadę wszelkich teoryj fizycznych. Zarazem wszakże samo pojęcie siły i jéj stosunku do materyi stać się musiało jaśniejszém. Jeżeli przez siłę rozumiemy zasadniczą, elementarną własność materyi, to własność ta jest ilościowo nieograniczoną i żadnéj zmianie co do swéj wielkości ulegać nie może; siła żywa na-

tomiast ciał pozostających w ruchu jest wielkością oznaczoną i skończoną, która się powiększać lub zużywać może. Prawo przeto zachowania siły nie wiąże się bezpośrednio z zasadniczemi własnościami materyi i tyczy się tylko działań ograniczonych, jakie owe własności powodować mogą, zależnie od rozkładu materyi w przestrzeni. Dlatego też w tém ostatniém znaczeniu zaczęto się posługiwać nazwą energii i zamiast o zachowaniu siły mówimy dziś ściśléj o zachowaniu energii. Pod przewodnictwem téj zasady łączą się we wspólną całość odrębne działy dawnéj fizyki, ustala się pojęcie o jednolitości materyi i jedności siły. W tym zaś ustępie dziejów nauki znowu gazom wybitna przypadła rola. Prawo bowiem zachowania energii wypłynęło bezpośrednio z równoważności pracy mechanicznéj i ciepła, a sposobność do ujęcia i obliczenia téj równoważności nastręczyło najpierw zachowanie się gazów.

W końcu już zeszłego wieku wiedziano, że przy nagłém rozrzedzeniu powietrza zgęszczonego doznaje ono oziębienia, ogrzewa się zaś przy silném ściskaniu, czego najoczywistszy dowód dawało krzesiwko pneumatyczne, wynalezione podobno w r. 1803 przez robotnika fabryki broni w Etienne en Forez. Ścisłe badania nad ogrzewaniem gazów wykazały wyraźniéj tę zależność między zmianą ich objętości a zużyciem ciepła. Gdy bowiem gaz ogrzewamy w warunkach takich, że może swobodnie się rozszerzać, wymaga on znaczniejszego nakładu ciepła, aniżeli w przypadku, gdy jest zamknięty w naczyniu tak, że zachować musi objętość niezmienną. Różnicę tę rozumiano w ten sposób, że w drugim razie dostarczone ciepło służy tylko do podwyższenia jego temperatury, gdy w przypadku pierwszym zużywa się i na jego rozszerzalność. Gay-Lussac okazał nadto doświadczalnie, że gdy gaz przepływa z jednego balonu do innego, równéj wielkości i zupełnie pustego, to w naczyniu pierwszém o tyleż właśnie stopni się oziębia, o ile się w drugiém ogrzewa, a to tém bardziéj potwierdzało, że zachodzące tu objawy cieplikowe tylko od zmiany objętości gazu zależą, a nie od jakichkolwiek wewnętrznych w nim przeobrażeń.

Przyczyna wszakże tych zjawisk pozostawała utajoną, gdyż panujące pojęcia o cieple przysłaniały okoliczności, na które uwagę zwrócić należało. Przy ściskaniu bowiem gazu wykonywamy pracę, przy rozpościeraniu się gaz pracę zużywać musi na pokonanie oporu zewnętrznego. Wybijała się tu już zatém łączność między pracą mechaniczną a ciepłem, możność wzajemnego ich przeobrażania, nastręczały się nawet dane do ujęcia stosunku liczebnego

tych przeobrażeń. Dopóki wszakże ciepło uważane było za płyn nieważki, za substancyę odrębną, która była źródłem sił sobie tylko właściwych, zrozumienie téj zależności było niemożebném, wypłynąć mogło ono jedynie z jaśniejszego pojęcia siły, jako energii, jako zdolności do wykonywania pracy. Pojęcie takie rozwinął dopiero Juliusz Robert Mayer, rozważając „siły przyrody nieożywionéj“ (1842) oraz „ruchy organiczne“ (1845), a na podstawie tych uwag ogólnych ustalił zasadę równoważności pracy mechanicznéj i ciepła.

Nazywając ciężkość siłą, mówi Mayer, rozumiemy przez nią przyczynę, która nie ulegając bynajmniéj zmniejszeniu, wywołuje działania, a ztąd żywimy błędne wyobrażenia o przyczynowym związku rzeczy. Aby ciało spaść mogło, do tego potrzebném jest poprzednie jego podniesienie niemniéj, aniżeli jego ciężkość, niemożna przeto téj ostatniéj wyłącznie spadku ciał przypisywać. W podobném znaczeniu jest i ciepło siłą, daje się bowiem przeobrażać w działania mechaniczne, a ilość ciepła, jaką wyłożyć należy dla osięgnięcia danego efektu mechanicznego, oznaczyć można doświadczeniem; gotową zaś do tego drogę nastręczają nam objawy przy ogrzewaniu gazów dostrzeżone. Jeżeli bowiem, jak zwykle, za jednostkę ciepła, czyli za ciepłostkę, przyjmujemy ilość ciepła, potrzebną do ogrzania jednego kilograma wody o 1° C, to, według Regnaulta, do takiegoż samego ogrzania kilograma powietrza potrzeba 0,2375 ciepłostki. Aby zatém o 1° ogrzać metr sześcienny powietrza, którego ciężar wynosi 1,293 kilograma, wyłożyć trzeba $1{,}293 \times 0{,}2375 = 0{,}3070$ ciepłostki. Dzieje się tak w razie, gdy powietrze zachowuje prężność stałą, czyli, gdy ze wzrostem temperatury swobodnie się rozszerza; jeżeli zaś zatrzymuje objętość niezmienną, to, jak wiadomo z licznych oznaczeń, wymaga 1,41 raza mniejszego nakładu ciepła; nasz zatém metr sześcienny powietrza ogrzeje się o 1° C kosztem tylko $0{,}3070 : 1{,}41 = 0{,}2177$ ciepłostki. Różnica zaś w obu tych razach, $0{,}3070 - 0{,}2177 = 0{,}0893$ ciepłostki, pochodzi ztąd, że w przypadku pierwszym wykonaną ma być praca na przezwyciężenie oporu zewnętrznego, którą również łatwo obliczyć możemy; opór ten bowiem stanowi ciśnienie atmosferyczne, wynoszące 10334 kg. na pole jednego metra sześciennego, a przy ogrzaniu o 1° gaz rozszerza się o $^1/_{273}$ swéj objętości. W rozważanym tu przeto przypadku praca ta wynosi $10334 \times {}^1/_{273}$ czyli 37,85 kilogrammetrów. Na wykonanie téj pracy zużyło się 0,0893 ciepłostki, jedna zatém ciepłostka wytworzyć może $37{,}85 : 0{,}0893$, czyli 424 kilogrammetry.

Mayer z rachunku swego otrzymał wprawdzie liczbę nieco mniejszą, opierać się bowiem musiał na danych dawniejszych, niedosyć dokładnych, co wszakże nie uwłacza bynajmniéj doniosłości jego wywodów, któremi pierwszy uzasadnił równoważność pracy mechanicznéj i ciepła. Cały ten rachunek polega oczywiście na przypuszczeniu, że wszystek nadmiar ciepła przy pierwszym sposobie ogrzewania gazów zużyty został tylko na wykonanie pracy zewnętrznéj, że zatém samo powiększenie objętości gazu zgoła ciepła nie zużywa, nie powoduje żadnéj pracy wewnętrznéj. Wywołało to w kilka lat późniéj, w roku 1848, zarzut ze strony Joule'a, że Mayer zgoła do przypuszczenia tego upoważnionym nie był, potwierdziły je bowiem dopiero jego własne, t. j. Joule'a doświadczenia. Spór ten zresztą zakończył się rychło, gdy Mayer wykazał, że dawniejsze już doświadczenia i znane własności gazów usprawiedliwiały dostatecznie jego metodę. Znacznie późniéj dopiero rozogniła się walka w kwestyi pierwszeństwa Mayera i Joule'a, gdy Tait zasługi pierwszego obniżyć chciał aż do nicości, a Dühring w pamflecie „Robert Mayer, Galileusz dziewiętnastego stulecia" nie wahał się Joule'a nazwać naśladowcą, który tylko z pomysłów Mayera skorzystał. Historya wszakże bezstronna, umiejąca się wznieść ponad zawiści stronnicze i narodowe, składa hołd wdzięczności obu tym mężom, którzy różnemi drogami cel jednaki osięgnęli, kładąc podstawy nauki o zachowaniu energii. Nam należało tu tylko wyrazić, że gdy szło o uzasadnienie tego naczelnego prawa dzisiejszéj fizyki, gazy przedstawiały już materyał gotowy, po który tylko genialną myślą sięgnąć należało. I Joule zresztą śród wielu swych metod doświadczalnych, któremi równoważnik mechaniczny ciepła oznaczył, odwoływał się także i do gazów, a ogrzewanie się ich przy zagęszczaniu oraz oziębianie przy rozrzedzaniu dały mu (1845 r.) dowód najpewniejszy, że ciepło nie może być substancyą, ale należy je uważać za objaw ruchu cząstek, z których się ciało składa.

VIII.

Z takiém wszakże pojmowaniem istoty ciepła wiąże się bezpośrednio i wyobrażenie o budowie materyi; skoro bowiem ciepło jest objawem ruchu najdrobniejszych cząstek, należy przeto w ogólności ciała ważkie uważać jako układy cząsteczek, w bezustannym pozostające ruchu. Zasada zachowania energii znowu

więc wysuwała na widownię dawną zagadkę budowy materyi, ale teraz dopiero dozwalała oprzeć ją na pewnym gruncie ścisłych badań,—mechaniczna teorya ciepła dawała początek mechanice cząsteczek. W nowym zaś tym obszarze wiedzy znowu do gazów przedewszystkiém zwrócić się należało.

W ciałach bowiem różnego stanu skupienia, w ciałach stałych, ciekłych i lotnych, ruch ten cząsteczkowy w rozmaity dokonywać się musi sposób; ze wzrostem wszakże temperatury podsyca się coraz silniéj, staje się coraz żywszym, zachodzić przeto musi kres, gdy cząsteczki pod wpływem tych ruchów wyrywają się już zupełnie z obrębu wzajemnych na siebie oddziaływań, gdy siły międzycząsteczkowe wpływ swój tracą. Różne zaś właściwości gazów, któreśmy wyżéj rozbierali, prowadzą do wniosku, że stan taki w gazach już zachodzi; cząsteczki ich nie mogą już pozostawać w ruchu drgającym pod wpływem cząsteczek sąsiednich, ale— swobodne od wszelkich przyciągań i odpychań — posuwają się w przestrzeni po drogach prostolinijnych, dopóki przynajmniéj przez uderzenie o cząstki inne z kierunku tego wytrącone nie zostaną. W gazach więc ruchy cząsteczkowe wolne są od zawiłości nieuniknionych w innych stanach skupienia, a ztąd nauka, posuwając się zawsze od rzeczy prostszych do bardziéj zawiłych, od gazów budowę cynetycznéj teoryi materyi rozpocząć musiała.

Istotną cechą gazów jest ich prężność, a zatém ciśnienie, jakie wywierają na otaczające je przegrody. Według więc pojęć dawniejszych była prężność następstwem wzajemnego odpychania się cząstek, była dążnością do rozpościerania się po przestrzeni jak najrozleglejszéj; w teoryi nowéj gazów pojmujemy ciśnienie to jako wynik ruchu cząsteczek, które w prostolinijnym swym biegu bezustannie uderzają o ograniczające je ściany.

Niegdyś już Daniel Bernoulli w swéj „hydrodynamice“ (1738 roku) starał się w ten sposób wyjaśnić własności gazów ruchami ich cząstek; pojmujemy wszakże, że pogląd taki rozwinąć się mógł dopiero wespół z nową teoryą ciepła. Rzeczywiście téż pierwsze zasady teoryi mechanicznéj czyli raczéj cynetycznéj gazów wysnuł ze swych badań doświadczalnych Joule, a w kilka lat późniéj, w r. 1856, opracował je dokładnie Krönig, nauczyciel gimnazyalny w Berlinie; powszechne zaś uznanie zdobyła nowa ta teorya gazów, gdy poglądy Krönigа przyjął i rozwinął Clausius w słynnéj swéj pracy „o rodzaju ruchu, który ciepłem nazywamy“.

Teorya naukowa nie może poprzestać na ogólnikowém twierdzeniu, że prężność gazów jest następstwem uderzeń cząsteczek;

wtedy dopiero za uzasadnioną uznać ją możemy, gdy ze wszystkich szczegółów poznanych ścisłą nam zdać sprawę potrafi. Prężność zaś gazów, jak wiemy, od ich objętości i temperatury zawisła, ulega prawom Mariotte'a i Gay-Lussaca, te dwie zatém okoliczności teoryi gazów przedewszystkiém wyjaśnić należało, — i rzeczywiście poradziła sobie z tém łatwo. Nie potrzebowała bynajmniéj odwoływać się do szczególnych wybiegów, wyjaśnienia żądane wypływały bezpośrednio i bez naciągania z zasadniczych jéj podstaw.

Wyobraźmy sobie w przestrzeni ograniczonéj zamkniętą pewną ilość gazu, którego cząstki, rozbiegając się na wszystkie strony, bombardują bezustannie ściany i wywierają ztąd na nie ucisk, ciśnienie pewnéj, oznaczonéj wielkości. Dajmy teraz, że ściany te zbliżą się ku sobie nawzajem tak, że gaz znajdzie się w obszarze szczuplejszym; w przestrzeni zmniejszonéj cząstki częściéj uderzać będą o przegrody, a skutkiem uderzeń obfitszych i wywierane przez nie ciśnienie ulegnie wzmożeniu, i to w stosunku takim, w jakim zmniejszenie objętości nastąpiło, a zasada ta właśnie prawo Mariotte'a stanowi.

Jeżeli znów, pozostawiając objętość gazu niezmienną, poddamy go ogrzewaniu, to ze wzrostem temperatury podsyca się ruch jego cząstek, staje się żywszym, szybszym, — cząstki częściéj potrącają o ściany, uderzenia są obfitsze. Proporcyonalnie więc do wzrostu temperatury wzmaga się prężność gazu, a tym sposobem teoretyczne wyjaśnienie zyskuje prawo Gay-Lussaca.—Jeżeli daléj dwa gazy, w jednakiéj temperaturze i jednaką zajmujące objętość, jednakie wywierać mają ciśnienie, trzeba, aby i jednaką posiadały ilość cząstek, które uderzeniami swemi ciśnienie to powodują, a to znów stanowi prawo Avogadra, trzecią zasadniczą własność gazów.

Ogólnikowe to rozumowanie staje się ścisłém, gdy jest wyrażone w mowie matematycznéj, która dowodzi téż, że wszystkie te wnioski zachowują moc swoję, jakiéjkolwiek postaci są zbiorniki, mieszczące w sobie gazy i w jakimkolwiek kierunku cząsteczki przebiegają. Jeżeli więc zgodzimy się na takie pojmowanie istoty gazów, to jeszcze nasuwa się téż pytanie, czy można ocenić szybkość, jaką ożywione są cząsteczki w tym dla nas niedostrzegalnym ruchu, który ma być źródłem wszelkich własności gazów,—a i na to pytanie teorya daje odpowiedź przy pomocy prostych nawet zasad mechaniki elementarnéj. W saméj rzeczy, skoro znamy prężność gazu, który przy danéj temperaturze i objętości oznaczoną gęstość posiada, to dane te wystarczają do obliczenia, z jaką szyb-

kością biedz muszą cząsteczki, by uderzenia ich sprawiały żądaną działalność, to jest znaną nam prężność. Rachunek taki uczy, że gdy mamy do czynienia z tlenem, to cząstki jego w temperaturze topliwości lodu przebiegają z szybkością 461 metrów na sekundę; jest to chyżość bardzo wielka, przechodzi bowiem prędkość, z jaką się głos rozchodzi, a dorównywa prędkości pocisku wyrzuconego z działa. Wzrasta ona wszakże jeszcze, gdy gaz jest lżejszy; aby bowiem cząstki mniejszą posiadające masę takiż sam efekt sprawiać mogły, obdarzone być muszą ruchem żywszym. Dla wodoru, który ze wszystkich jest najlżejszy gazów, otrzymujemy szybkość czterokrotnie znaczniejszą, dochodzącą zatém 1844 metrów, dwu kilometrów niemal na sekundę. A gdy gaz się rozgrzewa, gdy temperatura jego wzrasta, wzmaga się i szybkość biegu jego cząstek.

Nie możemy wszakże wyobrażać sobie, by w całéj masie gazu tak zupełna panowała jednolitość, by wszystkie jego cząstki z zupełnie jednaką i niezłomną poruszać się miały szybkością. W naturze zachodzi niewątpliwie pod tym względem rozmaitość, chociażby bowiem w pewnéj chwili istniała zupełna w ruchach cząstek jednostajność, to, już tylko dla wzajemnych potrącań się cząsteczek, równowaga taka rychło musiałaby się zerwać, przy czém cząstki jedne na szybkości zyskują, inne znów tracą. Ztąd to, nawet w tym razie, gdy w masie danego gazu jednaka wszędzie panuje temperatura, różne cząstki biedz mogą z prędkością różną, przytoczona zaś wyżéj szybkość jest to tylko szybkość średnia, przeciętna, a Maxwell, genialny fizyk angielski, który z powodzeniem prowadził daléj pracę przez Clausiusa nad teoryą gazów podjętą, rozebrał dokładnie rozkład prędkości cząsteczkowéj w gazach i wykazał, jaka śród wszystkich tych prędkości jest najprawdopodobniejsza i najczęściéj zachodzi.

IX.

Tak uzasadniona teorya gazów sprowadzała niewątpliwie przewrót w dotychczasowych pojęciach fizycznych; gdy bowiem poprzednio wszelkie objawy materyi tłomaczyła fizyka działaniem przyciągających i odpychających sił międzycząsteczkowych, nowa teorya usuwała konieczność sił takich, wyjaśniając własności gazów ruchami materyi, istniejącemi wiecznie i bezustannie. Pomimo to przyjętą została bez oporu istotnego, wspierała się bowiem na

uznanéj już teoryi mechanicznéj ciepła, zwycięztwo zaś stanowcze zapewniła sobie licznemi tryumfami, które dozwoliły jéj coraz głębiéj wdzierać się w tajniki niedostępnego dla zmysłów naszych świata cząsteczek i atomów.

Mówiliśmy dotąd, że cząsteczki gazów ulegają ruchom jedynie postępowym, prostolinijnym; rzeczywiście wszakże gazy w przyrodzie istniejące okazywać mogą większą zawiłość swych ruchów cząsteczkowych, do tego stanu idealnego zbliżają się tylko mniéj lub więcéj. Dawniéj już, jak widzieliśmy, zachodziła potrzeba wyróżniania gazów doskonałych i niedoskonałych; według Clausiusa tedy odstępstwa od doskonałego stanu lotnego pochodzić mogą ztąd, że cząstki obok swego ruchu postępowego posiadają i ruchy drgające, lub téż, że i wewnątrz cząsteczek zachodzą jeszcze ruchy dalsze, drugorzędne. Domysł ten prowadzi więc bezpośrednio do wniosku, że cząsteczki, które fizyka jedynie za punkty materyalne uważała, przedstawiać mogą budowę zawiłą, obejmować mogą dalsze jeszcze części składowe, jakby atomy drugorzędne i dalsze, które ze swéj strony w obrębie cząsteczek właściwe sobie ruchy odbywają. Na tym punkcie schodzi się niejako fizyka z chemią, która poprzednio jeszcze dla innych względów atomy nawet tak zwanych pierwiastków za bryłki złożone uważać zaczęła [1]).

Inna znów wątpliwość nastręczała się teoryi gazów ze względu na olbrzymią szybkość, z jaką przebiegać mają cząsteczki w prostolinijnym swym ruchu. Widzieliśmy bowiem, że szybkość ta wynosi całe setki metrów na sekundę, niewielką zatém przestrzeń zwykłéj izby, dajmy, cząsteczka powietrza lub innego ciała lotnego przebiedz może w ciągu sekundy kilkadziesiąt razy, z pewnemi zaś objawami ruch tak gwałtowny niezgodnym się wydaje. Gdy bowiem dwa gazy pozostają ze sobą w zetknięciu, mięszają się ze sobą, przenikają się nawzajem, ulegają, jak mówimy dyfuzyi, a mięszanie się takie gazów pojmujemy oczywiście dobrze, jako następstwo bezpośrednie prostolinijnego ruchu ich cząstek. Dla niesłychanéj wszakże prędkości tego biegu dyfuzya taka winnaby następować natychmiast, w czasie niewypowiedzianie krótkim; spostrzeżenia natomiast uczą, że zachodzi ona zwolna tylko, że zupełne przeniknięcie się dwu gazów wymaga czasu stosunkowo długiego. Sprzeczność ta zatém między powolnością dyfuzyi a nagłością ruchów cząsteczkowych domagała się wyjaśnienia, na któ-

[1]) Ob. rzecz „O naturze pierwiastków chemicznych".

re téż niedługo czekać przyszło. Cząstki biegną wprawdzie z szybkością bardzo wielką, ale pomimo to nader słabe jest prawdopodobieństwo, by którakolwiek z nich drogę nieco znaczniejszą przebyła; zbyt gęsto bowiem są rozmieszczone, przeszkadzają sobie, potrącają się nawzajem, zbijają się z toru, a ztąd każdéj z nich otwiera się drobniutka zaledwie droga swobodna. Wobec tych przeszkód nieprzeliczonych, przy takiém mnóstwie trudności, dziwić się już nie będziemy, że pomimo takiéj chyżości biegu cząsteczek dyfuzya gazów dokonywa się opieszale, że gazy słabo przeprowadzają ciepło, że w ogólności wszelki ruch cząsteczkowy stosunkowo powolnie się tylko w nich rozchodzi.

Są i inne jeszcze okoliczności, które również na zagmatwanie tych ruchów wpływają. Gdy dwa prądy gazowe przebiegają w sąsiedztwie z prędkością różną, mogą się łatwo cząsteczki prądu jednego przedzierać do drugiego, ztąd szybkość jednych i drugich ulega zmianie, jedne się przyśpieszają, inne opóźniają, a cały ten proces nazywamy tarciem wewnętrznem gazów. Tarcie więc to zależy od względnéj szybkości cząstek, ale zależy téż od natury gazu i od długości określonéj wyżéj drogi swobodnéj; ztąd więc na podstawie wzorów matematycznych, wyprowadzonych przez Maxwella, skoro wielkość tarcia wewnętrznego w różnych gazach oznaczono doświadczalnie, można było obliczyć przeciętną długość téj drogi swobodnéj, a w dalszym ciągu nawet dojść, jak często spotykać się mogą w biegu swym cząstki, na ile uderzeń narażona jest cząstka każda w ciągu sekundy. Z rachunków takich wypada, że te przeciętne drogi swobodne są rzeczywiście niewypowiedzianie drobne, nie przechodzą bowiem tysiącznych nawet części milimetra, a odpowiednio takim drobiazgom wzajemne spotkania są niesłychanie częste, każda cząstka w ciągu sekundy po kilka bilionów razy o swe sąsiadki potrąca.

Po przeprowadzeniu rachunków tak śmiałych pozostawało już teoryi cynetycznéj gazów podać jeszcze tylko ocenę wielkości samych cząsteczek i ich odległości wzajemnych. I do rozwiązania tego zadania, które się niezbyt dawno zgoła niemożebném wydawało, nastręczyły się metody, a na ich podstawie twierdzić można, że w obszarze jednego centymetra sześciennego mieści się cząsteczek 21.10^{18}, to jest liczba 21 z długim ciągiem 18 zer, gdy wzajemna odległość dwu oddzielnych cząsteczek wynosi od trzech do czterech milionowych części milimetra. Jakkolwiek więc odległości te niesłychanie są drobne, są one olbrzymie w porównaniu z wy-

miarami samychże cząsteczek, na zasadzie zaś prawa Avogadra liczby te wszystkim służą gazom.

Przytoczone tu wymiary cząsteczek zbyt są nikłe, byśmy je bezpośrednio ująć mogli; aby więc ocenę ich udostępnić, użyto porównania. Wyobraźmy sobie, że kropla wody, z cząstek takich złożona, rozrasta się do obszaru całéj bryły ziemskiéj,—wtedy same te cząsteczki przybrałyby wielkość, dajmy, jabłek.

Jakkolwiek rezultaty takie obliczeń budzić w nas mogą nieufność, są one następstwem dokładnych i głębokich rozważań, które wszakże trudno odsłonić z ich formy matematycznéj i na język potoczny przełożyć. Poprzestać więc musimy na tym pobieżnym szkicu dzisiejszego okresu nauki o gazach, który zresztą przechodzi dopiero początkowe stopnie swego rozwoju, coraz nowe bowiem odsłaniają się w dziedzinie téj widnokręgi i nowe nastręczają badania. Zpomiędzy fizyków, ktorzy pracę podjętą przez Kröniga, Clausiusa i Maxwella daléj prowadzą, znani są zwłaszcza W. Thomson, Loschmidt, O. E. Meyer, Boltzmann, van der Waals,—w szeregu zas tych prac napotykamy i badania fizyków polskich, Zygmunta Wróblewskiego, którego śmierć przedwczesna dotkliwą była dla nauki stratą, Augusta Witkowskiego, Władysława Natansona, a w dziele ostatniego z wymienionych autorów: „Wstęp do fizyki teoretycznéj“ czytelnik z trudnościami języka matematycznego oswojony znajdzie dokładny wykład teoryi gazów.

X.

Na ostatnie téż czasy przypada jeden jeszcze wypadek doniosłego znaczenia w historyi gazów, a mianowicie ostateczne ich pokonanie, sprowadzenie ich do stanu ciekłego, czyli ich skroplenie.

Na oziębionych szybach mieszkań naszych osiada rosa,—uczy nas to w sposób najprostszy, że para wodna przez oziębienie skrapla się, ze stanu lotnego przechodzi do ciekłego. Można również lotność jéj pokonać i na ciecz ją zamienić, poddając ją uciskowi silnemu, znaglając ją do skupiania się w przestrzeni coraz mniejszéj. Wodę, zresztą, znamy zarówno dobrze w trojakim stanie skupienia, jako ciało stałe, ciekłe i lotne, ale te substancye, którym nazwę gazów nadano, występowały li tylko w stanie lotnym, i zdawało się długo, że lotność ta jest ich cechą właściwą, że są to ciała odrębne, które stanu swego gazowego utracić nie mogą. Analo-

gia ich wszakże do pary wodnéj, do znanych par innych cieczy, nasunęła domysł, że i one może pokonać się dadzą, że będzie je można, podobnie jak pary, w ciecze przeobrazić. Walkę tę z lotnością gazów rozpoczął w r. 1820 Faraday, gdy był jeszcze asystentem w pracowni Davy'ego. W rurce zatopionéj poddał on ogrzewaniu pewną ilość tak zwanego wodanu chloru, który jest właściwie roztworem wodnym chloru gazowego; wskutek ogrzewania oswobadzał się chlor w lotnym swym stanie i skupiał w ciasnéj przestrzeni rurki zamkniętéj, a na ścianach jéj wystąpiły wtedy krople oleiste. W téj właśnie chwili wszedł do pracowni pewien doktór Paris, a dostrzegłszy owe krople tłuste w rurce, drwił z młodego chemika, że do doświadczeń swych używa naczyń zanieczyszczonych. Nazajutrz jednak otrzymał ten doktór Paris krótki liścik: „Szanowny Panie. Olej, który zauważyłeś pan wczoraj, był nie czém inném, jeno ciekłym chlorem. Sługa—Faraday". Chlor więc skroplił się tu pod działaniem ciśnienia, jakie sam na siebie wywierał, a za otworzeniem rury krople nikły ze słabym wybuchem.—Temuż samemu losowi uległy wkrótce i inne gazy, gdy ciśnieniu przybyło w pomoc i oziębianie. W szczególności zaś w większych ilościach skraplano kwas węglany, do czego nawet umyślne zbudowano przyrządy; przy oziębieniu tylko do — 1° wymagał on ciśnienia 37 atmosfer, ale oziębiony aż do 78° niżéj zera przechodził w ciecz już pod ciśnieniem bardzo nieznacznem, przewyższającém niewiele ciśnienie jednéj atmosfery, zatém ciśnienie normalne, pod jakiém zostają wszystkie na ziemi będące przedmioty.

W ostatnich czasach sposoby skraplania kwasu węglanego zdołano tak dalece udoskonalić i uprościć, że dokonywa się to fabrycznie, a kwas węglany w stanie ciekłym rozsyła się nabywcom w stosownych butelkach,—tak jak każdy inny płyn rzetelny. Butelki te, albo raczéj zbiorniki, mają postać długich walców z żelaza kutego, o ścianach grubości kilku centymetrów, oba zaś dna od ścian są jeszcze grubsze; wylot w górném dnie do wypuszczania cieczy zamknięty jest stożkową szrubą stalową, która się odkręca za pomocą odpowiedniego klucza.

Czarna ta, żelazna butelka budzić w nas może pewną nieufność, uwięziona jest w niéj bowiem ciecz, która się przemocą tylko w tym stanie utrzymuje, gotowa każdéj chwili rozerwać krępujące ją żelazne pęta i potęgą wybuchającéj bomby szczątki jéj na wszystkie rozrzucić strony. Pod tym wszakże względem zapewnione jest bezpieczeństwo zupełne; zbiorniki bowiem przed na-

pełnianiem poddawane są w obecności kontrolerów rządowych potężnemu ciśnieniu 250 atmosfer. Kwas zaś węglany w temperaturze 1° skrapla się już pod ciśnieniem 36 atmosfer, co znaczy, że na oswobodzenie swe, na rozerwanie naczynia, łożyć może tylko siłę wyrównywającą 36 atmosferom; gdy temperatura wzrasta, ciecz ulatnia się żywiéj, ale i przy 30° C prężność jéj nie przechodzi 70 atmosfer, co tedy dalekiém jest jeszcze od granicy ciśnienia, jakie butelka znieść może. Dla tego też drogi żelazne zgodziły się na przewożenie butelek napełnionych kwasem węglanym ciekłym, który znalazł zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu.

Gdy otwieramy butelkę, zwróconą wylotem ku górze, wtedy ciekły kwas węglany, oswobodzony z pod ciśnienia, jakiemu ulegał w zamknięciu, odzyskuje stan swój lotny i wydobywa się w postaci gazu. Gdy natomiast otwieramy zbiornik wylotem ku dołowi, wtedy ponad cieczą w naczyniu zbiera się pewna ilość gazu, który ciśnie na nią z góry siłą kilkudziesięciu atmosfer, ciecz przeto bardzo gwałtownie otworem wytryska. W podstawione wszakże pod silny ten strumień naczynie cieczy nie zbierzemy, na swobodzie bowiem bezwłocznie się ulatnia, ale natomiast — rzecz osobliwa — w naczyniu osiądzie drobny, biały śnieg. Śnieżna ta masa jest to kwas węglany zakrzepły, kwas węglany w stanie stałym.

W chwili mianowicie wytrysku cieczy z butelki część jéj ulatnia się niezmiernie szybko, a działanie to, jak każde inne parowanie, wymaga nakładu ciepła, które też ulatniająca się część cieczy zabiera pozostałéj jéj ilości, skutkiem czego ta ostatnia oziębia się niżéj 80 stopni zimna i krzepnie.

Pomimo tak niesłychanie nizkiéj temperatury śnieg kwasu węglanego, z powodu złego swego przewodnictwa ciepła, dosyć długo utrzymywać się może w stanie stałym, ulatnia się bowiem tylko na swéj powierzchni. Z tego też powodu grudkę takiego śniegu położyć można bezkarnie na ręce, wywiązujący się bowiem bezustannie gaz oddziela ją niejako od zetknięcia się z ciałem naszém. Ściśnięta wszakże w palcach sprawia wrażenie nader silnego zimna, które natychmiast przechodzi w uczucie palenia, jak przy dotknięciu rozżarzonego przedmiotu; jest to więc prawdziwe oparzenie się zimnem, powodujące rany takież same, jak i oparzenie zwykłe.

Pulchny śnieg kwasu węglanego daje się w formie drewnianéj ubić w postać wałeczka, a zbita taka masa przez kilka godzin utrzymywać się może na powietrzu. Śnieg kwasu węglanego roz-

puszcza się w eterze, a roztwór taki stanowi bardzo silny środek oziębiający, daje bowiem temperaturę około stu stopni zimna.

W tak nizkiéj temperaturce poddał znów Faraday w r. 1845 ciśnieniu rozmaite gazy, a połączonemu tak działaniu potężnego ciśnienia i silnego oziębienia uległy wszystkie prawie; kilka wszakże wytrwalszych przezwyciężyć się nie dało, jakkolwiek na ich pokonanie usiłowań nie szczędzono, stosując przeciw nim coraz silniejsze oziębianie i uciskanie. Z oziębianiem było jednak trudniéj, brakło bowiem środków wzbudzania zimna zbyt natężonego, zadawalano się zatém głównie wzmaganiem ciśnienia; sądzono, że jeden sposób równie jest dobry jak drugi, a gdy jednego używać nie można, wystarczy drugi, byleby z dostateczną działał siłą.

Zdawało się zatém, że te gazy oporne nie dadzą się już żadną przemocą wyprowadzić ze stanu lotnego i uznano je za „gazy trwałe", pomiędzy zaś niemi mieściły się gazy jakby najważniejsze i najistotniejsze,—wodór, tlen, azot, a zatém i powietrze atmosferyczne, które jest tylko mięszaniną dwu ostatnich.

Niemniéj, pozostawało to zagadką, jak mógł utrzymywać się w stanie lotnym gaz, choć przez ciśnienie skupiał się w objętości pięćset i więcéj razy szczuplejszéj, aniżeli zajmował pierwotnie, a wyjaśnienie téj rzeczy podał dopiero Andrews w r. 1869.

Poprzednio już wykazał on doświadczalnie, że i gazy, które łatwo skraplać się dają, nie we wszystkich warunkach tak ulegają uciskowi. Tak, mianowicie, kwas węglany, który w temperaturze 0° pod niezbyt już znaczném ciśnieniem w ciecz przechodzi, gdy jest ogrzany wyżéj 31° C, nie daje się skroplić przez ucisk choćby najpotężniejszy; przechodzi on wtedy jakby w pewien stan pośredni między stanem lotnym a ciekłym, ale nie staje się wyraźną cieczą, choćbyśmy go sprowadzili do objętości, jakaby mu w stanie ciekłym przypadała.

Dla kwasu węglanego istnieje zatém pewna, oznaczona temperatura, „temperatura krytyczna", dająca się w ten sposób określić, że gdy gaz ten posiada temperaturę od niéj wyższą, skroplić się już nie daje pod jakkolwiek wielkiém ciśnieniem; w temperaturze natomiast niższéj przez wzmaganie ucisku gaz skrapla się najpierw częściowo, a następnie zupełnie.

Podobneż temperatury krytyczne dają się oznaczyć dla każdego innego gazu, dla każdéj pary. Dla pary wodnéj punkt ten krytyczny przypada dopiero w temperaturze 412° C; i para więc

wodna, dostatecznie silnie rozgrzana, nie da się już skroplić, będzie już gazem trwałym.

Dzięki więc dopiero tym badaniom i określeniom Andrewsa możemy istotnie wyróżnić znaczenie pary i gazu. Parą, powiedzieć możemy, jest wszelki gaz, posiadający temperaturę niższą od swego punktu krytycznego; para przeto przeprowadzona być może w stan ciekły przez samo tylko ciśnienie i istnieć może w obecności własnéj cieczy. Gaz natomiast nie może być skroplony przez zastosowanie jedynie ciśnienia, ale odwołać się trzeba i do oziębienia, któreby temperaturę jego sprowadziło poniżéj punktu krytycznego. W zwyczajnéj więc temperaturze pokojowéj kwas węglany, który się zawsze w pewnéj ilości w powietrzu atmosferycznem znajduje, jest właściwie jeszcze parą, podobnie jak i unosząca się wraz z niém w powietrzu para wodna; istotnym gazem staje się dopiero w przestrzeni, któréj temperatura przechodzi 31° C.

Pomijając zresztą mozolne uzasadnienie teoretyczne, które się z kwestyą tą wiąże, przyczynę takiego zachowania się gazu powyżéj pewnéj granicy, powyżéj jego temperatury krytycznéj, łatwo zrozumieć możemy. Każde mianowicie ściskanie gazu powoduje i jego ogrzewanie, ogrzewanie zaś sprzeciwia się skraplaniu, utrudnia je i uniemożliwia wreszcie zupełnie. Oziębianie przeto staje się niezbędném, usuwa bowiem nadmiar wywiązującego się przy ściskaniu ciepła.

Jeżeli zaś gazy trwałe stawiały dotąd opór tak nieprzezwyciężony, to dlatego zapewne, że nie oziębiano ich dostatecznie, że punkt ich krytyczny przypada znacznie niżéj, aniżeli temperatury, jakiemi się dotąd posługiwano. Gdy więc fizycy za radą Andrewsa w tę stronę usiłowania zwrócili i zdołali wytworzyć zimno potężniejsze, dopięli wreszcie celu, a dnia 24 grudnia 1877 r. otrzymała akademia nauk w Paryżu zawiadomienie od dwu naraz fizyków, Cailleteta w Paryżu i Picteta w Genewie, że zdołali wreszcie tlen sprowadzić do stanu ciekłego. Cailletet otrzymał tlen, a wkrótce potém azot i wodór, wprawdzie tylko w postaci mgły, ale i to już świadczyło niewątpliwie o skropleniu tych gazów. Pictet zaś zdobył rezultat wyraźniejszy; gdy bowiem tlen poddał ciśnieniu 320 atmosfer i oziębił go za pośrednictwem skroplonego kwasu węglanego, który przez szybkie ulotnienie wywołał oziębienie do—140° C, wtedy za otworzeniem zbiornika, w którym tlen był ściśnięty, wytrysnął strumień skroplonego gazu.

W sposób dokładniejszy wszakże przeprowadził doświadczenia te dopiero w r. 1882 Wróblewski w Krakowie, zdołał bowiem otrzymać tlen ciekły, nie w stanie tylko mgły lub w postaci prądu przemijającego, jak w doświadczeniach poprzednich, ale jako ciecz istotną i wyraźną, zawartą w zbiorniku. Tlen zaś skroplony stał się w dalszym ciągu źródłem znaczniejszego jeszcze zimna, przez ulotnienie swe bowiem obniża temperaturę do—184° C, co z kolei dało Wróblewskiemu możność skroplenia i innych gazów trwałych. Do oznaczania temperatur tak nizkich, schodzących nawet niżéj —200° C, służą najlepiéj termometry napełnione wodorem, temperatura bowiem krytyczna gazu tego najniżéj przypada. Z niemniejszą świetnością prace przedwcześnie zmarłego fizyka polskiego prowadzi daléj dawny współuczestnik jego badań, również profesor wszechnicy jagiellońskiéj, Olszewski, który nietylko ulepszył jeszcze technikę skraplania gazów, ale oznaczył nadto dokładnie fizyczne własności cieczy ztąd otrzymanych.

Im znaczniejsze jest oziębienie, tém, oczywiście, mniejszego potrzeba ciśnienia do skroplenia gazu. Przy pomocy więc znacznéj ilości skroplonego tlenu, który przez szybkie ulotnienie, jak to wskazał Wróblewski, powoduje bardzo silne obniżenie temperatury, zdołał Dewar w Londynie skroplić powietrze pod zwykłém ciśnieniem atmosferycznem, a zatém w naczyniu otwartém. Na posiedzeniu „Royal Institution“ dnia 10 czerwca 1892 roku przedstawił fizyk angielski zebranym słuchaczom „kieliszek“ ciekłego powietrza.

W ciągu zatém dziesięciolecia metody skraplania gazów, jak widzimy, doznały znacznego udoskonalenia, a najbardziéj oporne stanowczo poskromione zostały.

XI.

Szkic ten historyczny nie może być pełnym obrazem rozwoju nauki o gazach, nie daje się ona bowiem wyodrębnić z ogółu badań fizycznych i chemicznych, pozwala nam wszakże ocenić znaczenie, jakie gazy dla nauki współczesnéj przedstawiają.

Stan lotny materyi najdostępniejszy jest do badań, zarówno fizycznych jak i matematycznych, a zalety te nastręczają się w każdéj dziedzinie nauki. Widzieliśmy już wyżéj, jakie ułatwienia znajduje chemik przy oznaczaniu ciężarów atomowych i cząsteczkowych ciał, gdy je w stan lotny przeprowadzić może. Tak

samo też prawa pochłaniania światła w jasny i pewny sposób wykazane zostały głównie dla stanu lotnego materyi, a analiza spektralna odsłania nam skład ciał niebieskich w tym razie tylko, gdy są to bryły gazowe lub gazową otoczone atmosferą.

Jeżeli zaś o filozofię materyi idzie, doniosłość teoryi gazów nie ogranicza się do téj tylko kategoryi ciał, do lotnego stanu wyłącznie. Powodzenie bowiem, jakie teorya ta osiągnęła, budzi nadzieję, że metoda jéj rozważań da się odnieść i do innych, bardziéj zawiłych stanów materyi. Widzieliśmy wyżéj, że zasadnicze własności gazów, wyrażone w prawach Mariotte'a i Gay-Lussaca dają się wyrazić prostym bardzo związkiem matematycznym; według tego wyprowadził w ostatnich czasach van der Waals wzór nieco ogólniejszy, który służy już nietylko dla gazów, ale wyraża zarazem własności cieczy, jakotéż tego stanu pośredniego między cieczami a gazami, który występuje, gdy gaz poddany jest ciśnieniu powyżéj swéj temperatury krytycznéj.

„Nowa, a dobrze już znana teorya cynetyczna gazów,—wyrzekł William Thomson, otwierając posiedzenia sekcyi matematycznéj na zjeździe Stowarzyszenia brytańskiego w Montreal 1884 roku, — jest krokiem tak ważnym do wyjaśnienia przez ruch statycznych na pozór własności materyi, że niepodobna powstrzymać się od myśli zdobycia kiedyś pełnéj teoryi materyi, teoryi, w któréj wszystkie własności materyi rozpatrywane będą jako objawy ruchu wyłącznie".

Gazy więc, choć tak długo przed okiem badaczy się kryły i tak późno w nauce miejsce zajęły, obecnie tajniki swe najłatwiéj nam odsłaniają.

O NATURZE
PIERWIASTKÓW CHEMICZNYCH.

I.

Olbrzymie usługi, jakie chemia oddaje przemysłowi, medycynie, rolnictwu, całemu wreszcie życiu praktycznemu, zjednały jéj wprawdzie poważanie u ogółu, ale o niéj saméj, o jéj właściwém, istotném zadaniu wytworzyły pojęcia opaczne. Wszędzie bowiem napotykamy korzyści z chemii płynące, na każdym kroku widzimy jéj zastosowania, jéj saméj jednak nie znajdujemy nigdzie; przywykliśmy przeto uważać ją jedynie za zbiór wiadomości praktycznych, za umiejętność przygotowawczą dla fabrykanta lub lekarza, a nie za naukę mającą własne swe cele i zadania teoretyczne. A przecież jako nauka o materyi ma ona wyjaśnić nam jéj ustrój i naturę, i od niéj tylko oczekiwać możemy odpowiedzi na pytania, które w tym przedmiocie od wieków umysł ludzki zaprzątają.

Na nieszczęście, to, co z chemii naukowéj przedziera się do świadomości ogółu, nie przemawia za poważnym teoretycznym jéj rozwojem. Każdemu wiadomo, że chemia rozłożyła wszystkie ciała stanowiące skorupę ziemską lub wchodzące w skład roślin i zwierząt, że przedarła się nawet do słońca i gwiazd, a po mozolnéj, wiekowéj téj pracy przekonała się, że wszechświat cały, o ile badaniu naszemu jest dostępny, zbudowany jest z sześćdziesięciu kilku różnych ciał prostych, pierwiastków, daléj już rozłożyć się

niedających. Zapewne zresztą wszystkich owych pierwiastków nie znamy dotąd, bo przecież od czasu do czasu słyszymy, że do długiego ich spisu przybył jeden jeszcze, i przyjmujemy to z obojętnością taką, jak wiadomość, że ten lub ów astronom za pomocą potężnego teleskopu dojrzał jednę jeszcze planetkę między Marsem a Jowiszem.

Obojętność ta zupełnie jest naturalną. Przywykli do pojęć, że przyroda umie prostemi środkami wszystkie swe cele osiągać, nie możemy pogodzić się z poglądem, iżby do utworzenia wszystkich ciał potrzebowała tak wielkiéj ilości różnych zupełnie materyałów, między któremi znaczna liczba jest tak rzadkich, że stanowi istne osobliwości chemiczne, niby igraszki przyrody. Granitową podstawą, na któréj oprzeć się mógł cały rozwój chemii, jest zasada niezniszczalności, zachowania materyi, podobnie jak fizyka na naczelnéj swéj stronicy wypisała zasadę zachowania energii. Ale ottatnia ta prawda powiązała się bezpośrednio z pojęciem jedności siły; odrębne na pozór działacze fizyczne są już dla nas różnemi tylko objawami jednéj przyczyny, różnemi formami ruchu, jak się mówić zwykło; zachowanie jednak materyi nie prowadzi zgoła do jéj jedności, wszelkie bowiem przeobrażenia ciał, czy to dokonywane na łonie przyrody, czy w pracowni chemika wywoływane, są jakby powierzchowne tylko, pierwiastkowe materyały przechodzą nienaruszone z jednych ciał w drugie,—węgiel, tlen, wodór, w jakimkolwiek zachodzą związku, pozostają zawsze samemi sobą, są ciałami zasadniczo, specyficznie różnemi.

Ta różnorodność i obfitość materyj pierwiastkowych wzbudza śród ogółu nieufność do teoretycznego rozwoju chemii; bezwiednie może odmawia on mu uznania, które tak szczodrze przyznaje astronomii i fizyce, uderzony imponującą prostotą ogólnych praw, wieńczących wywody tych nauk. Wszakże i teoretyczna budowa chemii spółczesnéj stanowi gmach wcale potężny i poważny, a lubo szczytem nieozdobiony jeszcze, umożliwia on łatwe i wygodne rozmieszczenie znanych i nowo-odkrywanych w dziedzinie chemii faktów; czy zaś owym szczytem będzie zasada jedności materyi, słabe zaledwie skazówki przewidywać pozwalają. Kwestya ta jednak w ostatnich czasach żywo poruszoną została i zwróciła na siebie powszechną uwagę, a to upoważnia do przedstawienia w treściwym zarysie poglądu, jaki na rzecz tę na zasadzie dzisiejszego stanu nauki wytworzyć sobie można. Jeżeli bowiem w ogólności pytanie o rozkładalności pierwiastków rozstrzygniętém być może, to odpowiedź na nie znaleźć będzie można jedynie w prawidłowym

rozwoju nauki. Odkrycia dzisiejsze rzadko już bardzo są sprawą przypadku, każde nowe doświadczenie winno być rozsądném, uzasadnioném pytaniem stawioném przyrodzie, a ogół tych doświadczeń, rozjaśniony racyonalną teoryą, która tu rolę nici Aryadny odegrywa, śmiałą i pewną ręką odsłania nam jednę po drugiéj tajemnicę przyrody.

II.

Wzgląd historyczny nakazywałby nam sięgnąć do czasów, gdy chemia nie wyłoniła się jeszcze z mistycznych osłon alchemii; alchemicy bowiem, dążąc do przerabiania metali w złoto, mniéj lub więcéj świadomie musieli je uważać za ciała złożone. Okazuje się to wyraźnie ze słów słynnego Gebera: „Sprowadźcie mi tu sześciu trędowatych, abym ich uleczył“. Owymi sześciu trędowatymi były metale niedoskonałe, srebro, rtęć, miedź, ołów, żelazo i cyna; uleczenie ich, czyli przeprowadzenie w metal doskonały—złoto, polegać przeto miało na usunięciu trądu, t. j. przymieszek, zanieczyszczeń, obcych naleciałości. Nawiasowo przytoczyć tu można, że przenośny ten sposób wyrażania a raczéj tajenia myśli sprowadzał alchemię coraz więcéj z drogi naukowéj, a przytoczone słowa Gebera objaśniają już, w jaki sposób w jéj zakres weszło i poszukiwanie uniwersalnego lekarstwa, które zaczęto uważać za jedno z kamieniem filozoficznym; mistyczno-religijny zaś kierunek, jakim się cechuje późniejsza alchemia, powstał prawdopodobnie ztąd, że czas potrzebny na wykonanie pewnéj roboty określano przez odmawianie modlitw. W ten sposób alchemia coraz bardziéj gubiła się w powodzi mrzonek z jednéj i szarlataneryi z drugiéj strony, a tém mniéj potrzebujemy się ku niéj tu zwracać, że język polski szczęśliwie bardzo rozróżnił elementy dawnéj i nowéj chemii, używając dla nich oddzielnych nazw — żywiołów i pierwiastków. W istocie pojęcia te zupełnie są różne, — żywioły były to jedynie utwory wyobraźni, substancye hypotetyczne, same przez się zgoła nieistniejące; istota ich przeto odgadywaną tylko być mogła z ciał, w których jeden żywioł jak najmniéj przez inne był zanieczyszczonym. Pierwiastki zaś chemiczne są to ciała rzeczywiste, których określenie, podane przez Boyle'go jeszcze w XVII wieku, dotąd bez zmiany się utrzymuje: Pierwiastkiem chemicznym jest ciało rzeczywiście istniejące, albo dające się z innych ciał otrzymać, a które środkami, jakie mamy do rozporządzenia, nie daje się roz-

łożyć już daléj na części składowe chemiczne, t. j. takie, któreby co do własności fizycznych, a zwłaszcza téż chemicznych, były rzeczywiście różne, tak między sobą jak i od całości pierwotnéj.

Określenie takie usuwa przeto z tego, co nazywamy pierwiastkiem, pojęcie stałości; istotnie téż historya chemii już w czasach pewnego jéj rozwoju zna rozkłady ciał uważanych za pierwiastki; tak np. w r. 1807 rozłożył Davy działaniem prądu galwanicznego uważany wtedy za pierwiastek potaż na nieznany dotąd metal, potas, i na znany już tlen, za czém poszedł cały szereg takichże rozkładów. W miarę wszakże rozwoju nauki mnożą się środki podobne, jakim był prąd galwaniczny w rękach Davego, a metody znane mogą być doprowadzane do niesłychanego poprzednio stopnia natężenia; wysoki rozwój techniki, który sam jest owocem postępu nauki, oddaje jéj nawzajem co chwila znaczne usługi. Większa dokładność w budowie przyrządów naukowych, wysokie temperatury i potężne siły elektryczne, coraz dzielniejsze mikroskopy i spektroskopy, nowo odkrywane przetwory chemiczne, które ze swéj znów strony wywołują nowe rozkłady i działania, — wszystkie te i tym podobne, coraz potężniejące i mnożące się środki podsycać mogą nadzieję, że ciała, ktorych rozkład opiéra się działaniom dotychczasowym, ulegną naciskowi wzmożonemu, podobnie jak owe gazy, które nazywano trwałemi, uległy nakoniec skropleniu pod działaniem potężnego zimna i silnych ciśnień, jakich dawniéj wywołać nie umiano.

III.

Wymownym bardzo faktem w przedmiocie, który nas zajmuje, jest uderzające podobieństwo wielu związków do pierwiastków, tak, że przez to ginie przedział stanowczy między jednemi a drugiemi, a różnica jest tu raczéj ilościowa, niż jakościowa. Istnieje mnóstwo związków, które pod względem chemicznym zachowują się najzupełniéj jak pierwiastki, odegrywając ich rolę aż do najdrobniejszych szczegółów. Związek np. azotu z wodorem, amon, jest najdoskonalszym pobratymcem metali alkalicznych — potasu i sodu, tworzy połączenia zupełnie odpowiadające połączeniom tych pierwiastków, tak, że stanowi jakby metal, jakby pierwiastek złożony. Więcéj jeszcze znanym jest cyan, związek występujący stale w roli pierwiastku halojdowego, chloru, bromu, jodu; z wodorem i innemi ciałami łączy się on zupełnie tak samo, jak owe trzy pier-

wiastki, a gdyby go dotąd nie udało się rozłożyć, gdyby nie wiedziano, że jest ciałem złożoném z węgla i azotu, uważanymby był w chemii za istotny pierwiastek. Związki, zachowujące się jak pierwiastki, nazwano rodnikami, a nie są one zjawiskami rzadkiemi, wyjątkowemi; wiadomo dobrze, że cały, nieprzejrzany zastęp związków organicznych utworzony jest głównie z trzech tylko pierwiastków, węgla, wodoru i tlenu, a w każdym takim związku organicznym odszukać można grupę, z dwu lub trzech tych pierwiastków złożoną, która jego rodnik stanowi i która najdoskonaléj charakter pierwiastku przedstawia. Tak np. alkohol zwyczajny pod względem chemicznym tém się różni od wody, że miejsce połowy wszystkiéj ilości wodoru, w niéj istniejącego, zajął etyl, rodnik złożony z wodoru i węgla; w kwasie octowym podobnąż rolę odegrywa inny rodnik, acetyl, złożony z tlenu, wodoru i węgla. Jak jeden pierwiastek usuwać może ze związku inny, zajmować jego miejsce, tak i rodnik może się wtłaczać w miejsce pierwiastku, podstawiać się za niego. Pod tym przeto względem rodniki zachowują się zupełnie identycznie z pierwiastkami; analogia ta nie burzy, ale osłabia przynajmniéj pojęcie o jakiémś odrębném, specyficzném stanowisku tak zwanych pierwiastków śród innych ciał i zachęca do bliższego badania ich natury.

IV.

Zadanie to, jak łatwo odgadnąć, nakazuje nam sięgnąć w dziedzinę tajemniczą i dla zmysłów naszych niedostępną, w dziedzinę najdrobniejszych cząsteczek materyi,—tam bowiem dopiéro występuje istotna różnica między ciałami złożonemi a pierwiastkami. Skoro woda jest złożona z tlenu i wodoru, to najdrobniejsza, jaka istnieć może, cząsteczka wody zawiera w sobie jeszcze atomy tlenu i wodoru, a kwestya rozkładalności pierwiastków sprowadza się do pytania, czy ich cząsteczki ostateczne są już niepodzielne.

Sfera tych badań, zapewne, bardzo jest jeszcze mętna i nieprzejrzysta,—odbiegliśmy jednak daleko od owych gołosłownych sporów atomistów i dynamistów, rozbierających pytanie, czy istnieje kres podzielności materyi. U wrót samych naukowego swego rozwoju poznała chemia, że ciała łączyć się mogą tylko w stosunkach na wagę stałych; dla utlenienia 23 gramów sodu, 108 gramów srebra, 100 gramów rtęci, 31,75 gr. miedzi, 33 gr. cynku, potrzeba 8 gr. tlenu; przy łączeniu się powyższych metali z chlorem też sa-

me ich ilości wchodzą w związek z 35,5 gr. chloru; ale i dla utlenienia 35,5 gr. chloru potrzeba 8 gr. tlenu, a w innym znów związku chloru z tlenem ciała te łączą się w stosunku 35,5 do 16 t. j. 2×8; azot z tlenem tworzy aż pięć różnych związków, w których na 14 gr. azotu przypada 8, 16 (2×8), 24 (3×8), 32 (4×8), 40 (5×8) gr. tlenu. Liczby te stosunkowe nazywano dawniéj równoważnikami, bo wskazują one ilości pierwiastków, które mają jednakie znaczenie, jednaką wartość chemiczną. Uderzające te fakty wyjaśnić sobie możemy jedynie, przyjmując według Daltona, że ciała składają się z drobnych cząstek niepodzielnych, z atomów, a związki różnych pierwiastków następują przez zestawienie się atomów różnorodnych w cząsteczki ciał złożonych. Gdyby bowiem owe najdrobniejsze cząsteczki nie posiadały oznaczonéj wielkości, a raczéj oznaczonego ciężaru, stateczność tych stosunków istniéćby nie mogła.

Ale te fakty pozwalają nam snuć dalsze jeszcze, ciekawe wywody teoretyczne. Doświadczenia uczą, że 100 części na wagę rtęci łączy się z 8 częściami tlenu, — wynikiem tego połączenia jest tlenek rtęci; przypuśćmy, że jedna cząsteczka tego związku składa się z jednego atomu rtęci i jednego atomu tlenu, — wtedy oczywiście stosunek ciężarów tych atomów będzie 100:8, jeżeli atom tlenu waży 8 jakichś niewypowiedzianie drobnych jednostek wag, atom rtęci waży ich 100. Tenże sam stosunek utrzyma się, jeżeli w skład cząsteczki owego związku wchodzi po 100 lub po 200 atomów każdéj z części składowych, ale, rozumié się, będzie innym, jeżeli ona zawiera 100 atomów jednego i 200 drugiego, albo 200 jednego i 300 drugiego.

To wszakże na pewno twierdzić możemy, że cząsteczki ciał złożonych nie mogą się tworzyć z tak wielkiéj liczby atomów; na sto bowiem atomów nader łatwo znalazłoby się o jeden lub dwa za wiele lub za mało, — wagi wszakże, których obecnie chemik używa, są tak czułe, że wykazałyby błąd wynoszący nietylko $^1/_{100}$ ale i $^1/_{100000}$. Skoro zaś różnicy takiéj nie znajdujemy, a skład ciał jest najzupełniéj stateczny, zgodzić się przeto musimy, że cząsteczki ciał składają się z bardzo niewielkiéj liczby atomów. I przy takiém wszakże ograniczeniu liczby atomów nie możemy jeszcze śmiało mówić o ich ciężarze, boć w danéj cząsteczce związku mogą być po dwa atomy jednego a trzy drugiego pierwiastku, lub trzy jednego a cztery drugiego. Liczby przeto wyrażające stosunki, w jakich ciała ze sobą się łączą, same przez się nie wystar-

czają jeszcze do zważenia atomów, do znalezienia ciężarów atomowych.

Na szczęście nauka rozporządza innemi jeszcze drogami, które jéj pomódz mogą do rozwiązania tak osobliwéj na pozór zagadki. Przedewszystkiém zwrócić uwagę należy na ciała, których budowa jest najswobodniejsza, których cząsteczki najsłabiéj są między sobą związane i w których tém samém wszystkie zjawiska przebiegają w sposób najprostszy, najbardziéj, powiedzieć można, prawidłowy, najmniéj utajony obcemi wpływami. Mowa tu oczywiście o gazach, za pośrednictwem których nauka zdołała rozświetlić liczne tajemnice przyrody. Otóż, pierwiastki gazowe łączą się nietylko w stosunkach stałych na wagę, ale i w stosunkach również stałych, a do tego bardzo prostych, na objętość; tak np. jedna objętość chloru z jedną objętością wodoru wydaje dwie objętości kwasu solnego; dwie objętości wodoru z jedną tlenu tworzą dwie objętości wody (pary wodnéj), z trzech objętości wodoru i jednéj azotu powstają dwie objętości gazu amoniakalnego.

Różne własności gazów, a w szczególności wzgląd, że pod jednakowém ciśnieniem ulegają jednakowemu zmniejszeniu swéj objętości, oraz że przy jednakim wzroście temperatury jednakowo powiększają swą objętość, już w początkach bieżącego stulecia doprowadziły do wniosku, że jednakie objętości gazów zawierają jednakowe ilości cząsteczek, a jeżeli mowa tu o gazach będących pierwiastkami chemicznemi, to w jednakich objętościach zawierają one jednakowe ilości atomów. Ale, oczywiście, ciężar ciała zależy od ciężaru i ilości zawartych w niém atomów, ciężary przeto gazów przy równych objętościach zależéć będą jedynie od ciężarów ich atomów, innemi słowy, ciężary atomowe różnych pierwiastków gazowych są proporcyonalne do ich gęstości, do ich ciężarów właściwych.

Gęstości gazów odnoszą się pospolicie do powietrza, to jest, zwykło się mówić, ile razy dany gaz cięższym jest od powietrza; w tém znaczeniu gęstością wodoru jest 0,0693, azotu 0,9714, chloru 2,44, tlenu 1,1056. Przy oznaczaniu zaś ciężarów atomowych za jednostkę przyjmuje się wodór, i do téj właśnie jednostki odniesione były liczby wyżéj przytoczone. Aby otrzymać ciężary atomowe pierwiastków gazowych, trzeba będzie przeto gęstości gazów obliczać względem wodoru zamiast powietrza; wodór jest od powietrza lżejszym 14,44 razy, jeżeli więc pomnożymy przez 14,44 gęstości gazów względem powietrza, otrzymamy gęstości ich względem wodoru, a innemi słowy ich ciężary atomowe; wykonaw-

szy proste to działanie, znajdziemy dla chloru 35,2, dla azotu 14, dla tlenu 15,9.

Zestawmy teraz liczby tak znalezione z liczbami wyżéj podanemi, wskazującemi stosunki, w jakich chlor, azot i tlen wchodzą w związki chemiczne, t. j. z liczbami 35,5, 14, 8. Zgodność ich jest uderzająca; dla chloru obie są prawie równe, a dla azotu równe zupełnie, owe przeto liczby stosunkowe możemy śmiało przyjąć za ciężary atomowe chloru i azotu. Nieco inaczéj rzecz się ma z tlenem. Ciężar atomowy tlenu, znaleziony drugą drogą, wynosi 15,9 to jest prawie 16, a liczba ta jest dwa razy większa od tak zwanego równoważnika tlenu 8. Dlątego, aby mieć ciężar atomu tlenu, należało ostatnią tę liczbę podwoić; jeżeli tlen wchodzi w związek, to zawsze w stosunku liczby 16, albo jéj wielokrotności (2×16, 3×16), boć połowa atomu istnieć już nie może.

Poglądy te zmieniły nieco zewnętrzną postać chemii, wpłynęły mianowicie na przeobrażenie jéj formuł czyli wzorów. Wzory chemiczne mają nam uzmysławiać, symbolizować skład ciał. Wodór np. oznacza się przez H, tlen przez O, ale głoski te oznaczały zarazem dawniéj równoważniki tych ciał, to jest ilości, w jakich ciała te wchodzą w związki; przez H zatém rozumiano liczbę 1, przez O 8, a ztąd woda wyrażała się wzorem HO, gdyż rzeczywiście dla utworzenia wody wodór i tlen łączą się w stosunku 1 : 8. Ważność podobnych wzorów stosunkowych czyli składowych jasno się okazuje, nie dawały one wszakże wyobrażenia o istotnéj budowie cząsteczkowéj związków, nie wskazywały, jakie ilości atomów wchodzą w skład cząsteczki danego ciała. Obecnie przez znaki czyli symbole H i O rozumiemy nie dawniejsze równoważniki, ale ciężary atomowe; H jak dawniéj = 1, ale O = 16, skład przeto wody wyraża się formułą H^2O. Okazuje ona, jak i dawniejsza, skład wody na wagę: 2 części wodoru i 16 tlenu, czyli 1 : 8, ale zarazem daje obraz jéj budowy cząsteczkowéj; wyraża, że dla utworzenia cząsteczki wody potrzeba dwu atomów wodoru i jednego atomu tlenu,—jest to wzór cząsteczkowy, atomowy.

Wyższość przeto nowych wzorów chemicznych nad dawniejszemi niezaprzeczoną jest i znaczną, a dla ich otrzymania potrzeba było, podobnie jak dla tlenu, podwoić dawniejsze równoważniki i innych jeszcze pierwiastków. Opowiedziana tu droga dochodzenia ciężarów atomowych służy wprawdzie dla tych tylko pierwiastków, które istnieją w stanie lotnym lub w stan ten przeprowadzić się dają, ale chemia rozporządza środkami, pozwalającemi rozstrzygać jéj wątpliwości i co do pierwiastków stałych.

Najdzielniejszą zwłaszcza pomoc stanowi zasada Dulonga i Petita, którzy jeszcze w r. 1818 poznali, że ilości chemicznie równoważne różnych pierwiastków potrzebują do jednakowego ogrzania jednakiéj ilości ciepła, a dla wyjaśnienia ważnéj téj zasady odwołać się znowu musimy do kilku przykładów liczebnych. Jeżeli przyjmiemy za 1 (za jednę ciepłostkę) ilość ciepła potrzebną dla ogrzania 1 kilog. wody o 1°C, to dla podobnego ogrzania 1 kilog. sodu potrzeba tylko 0,2934, a dla 1 kg. srebra 0,057 powyższéj jednostki ciepła; mówimy krótko, że ciepło właściwe sodu wynosi 0,2934, srebra zaś 0,057. Jakeśmy to wyżéj przytoczyli, pod względem chemicznym 23 wag sodu odpowiada 108 wagom srebra, dla ogrzania tych ilości o 1° C potrzeba dla sodu $0{,}2934 \times 23$ t. j. 6,75, dla srebra $0{,}057 \times 108$ t. j. 6,15 ciepłostek. Podobneż liczby wypadają i dla innych pierwiastków, średnio około $6^1/_2$.

Znaczna jednak liczba pierwiastków okazywała osobliwe zboczenie, dla ogrzania chemicznie równoważnych ich ilości trzeba było połowę tylko powyższéj liczby ciepłostek, około $3^1/_4$; tak np. ciepło właściwe cynku, t. j. ilość ciepła potrzebna dla ogrzania jednego kilograma cynku o 1°C wynosi 0,1138, za równoważnik zaś cynku w poprzedniém znaczeniu uważano liczbę 32; ogrzanie zatém 32 kilogramów cynku wymaga $32 \times 0{,}1138$ t. j. 3,6 ciepłostek.

Uderzająca ta zgodność długo była przedmiotem zaciekawienia, wyjaśnioną jednak została dopiéro przez nową teoryę ciepła, która, uważając je za objaw drgania najdrobniejszych cząsteczek ciała, prosto i bez naciągania tłómaczy, że atomy wszystkich pierwiastków potrzebują dla ogrzania swego o 1°C jednakowéj ilości ciepła. Jeżeli więc liczby 23 i 108 przyjmiemy za ciężary atomowe sodu i srebra, to ciężarem atomowym cynku będzie nie 32 ale 64, wtedy bowiem dla ogrzania atomu cynku trzeba będzie takiéj saméj, jak dla atomów ciał powyższych, ilości ciepła. W podobny sposób podwojono téż dawne równoważniki rtęci i miedzi, liczby 100 i 31,75, a za ciężary atomowe tych pierwiastków przyjęto 200 i 63,5.

Widzimy z tego, jak ważną kontrolę przy obliczaniu ciężarów atomowych stanowi zasada Dulonga i Petita. Podobnąż rolę odegrywać może i uwaga Mitscherlicha, że ciała w jednaki sposób krystalizujące często mają i skład chemiczny odpowiedni.

Temi drogami zdołała chemia rozwiązać mozolne zadanie oznaczenia ciężarów atomowych, zważenia atomów. Oznaczono wprawdzie tylko ciężary względne atomów, czyli stosunki tych ciężarów do przyjętego za jedność ciężaru atomu wodoru, ale to zgoła całéj téj pracy nie uwłacza; jak matematyka uważa ilości

nieskończenie małe i nieskończenie wielkie różnych rzędów i porównywa ze sobą tylko wielkości jednéj kategoryi, jednego rzędu, tak też i atomy, jako niewypowiedzianie drobne w obec ciał, które zwykłemu naszemu doświadczeniu podlegają, musimy przedewszystkiém między sobą zestawiać, porównywać.

V.

W przedmiocie, który nas obecnie zajmuje, znajomość ciężarów atomowych ztąd jest niezmiernie ważna, że własności pierwiastków okazały się związane z ciężarami ich atomowemi, tak, że ugrupowanie ich według własności fizycznych i chemicznych odpowiada bardzo zgodnie i zestawieniu ich według owych ciężarów.

Przykład uwidoczni najlepiéj, jak grupowanie to rozumiéć należy.

Trzy znane powszechnie pierwiastki—chlor, brom i jod—już dawno w jednę grupę halojdów t. j. solirodów zebrano; pokrewieństwo ich występuje wyraźnie w zupełnéj analogii ich własności chemicznych. Związki ich z wodorem są ciałami lotnemi, łatwo zresztą ulegającemi skropleniu, wszystkie trzy rozpuszczają się łatwo w wodzie i w tym stanie znane są jako bardzo charakterystyczne kwasy wodorne. W związkach tych wodór zastąpionym być może przez metal, a wtedy otrzymujemy niemniéj charakterystyczne sole, których typem jest chlorek sodu czyli sól kuchenna, tak mało różniąca się od chlorków bromu i jodu, że rozdzielenie trzech tych soli z ich mięszaniny jest zadaniem bardzo mozolném, a niewiele mniejszą analogię przedstawiają i inne związki halojdowe.

Jeżeli jednak porównamy własności samychże tych trzech pierwiastków, to w miejsce zupełnego podobieństwa występuje raczéj pewne stopniowanie. Chlor jest w zwykłych warunkach temperatury i ciśnienia gazem, brom cieczą, a jod ciałem stałém, ale wszystkie przeprowadzone być mogą przez wszystkie trzy stany skupienia, przy czém owo stopniowanie wybitnie występuje: jod topi się przy 114°, brom przy—24°, chlor zapewnie niżéj—110° (o dwu ostatnich zamiast topienia należałoby właściwie mówić o ich krzepnięciu, co zresztą prawie na jedno wychodzi); jod wre w 200°, brom w 63°, chlor w—40° (a co do ostatniego znowu należy rozumiéć temperaturę skraplania). Chlor jest żółtawy, brom ciemno brunatny, jod fioletowy; w stanie ciekłym piérwszy jest

przezroczysty, drugi przeświecający, trzeci prawie zgoła nieprzezroczysty. W zwykłéj temperaturze woda rozpuszcza prawie potrójną objętość chloru, brom jest już trudno rozpuszczalny, jedna bowiem jego część wymaga 30 części wody, jod prawie jest nierozpuszczalny. Chemiczne własności trzech tych pierwiastków podobneż okazują stopniowanie; z wodorem najchciwiéj łączy się chlor, posiada względem niego najsilniejsze powinnowactwo, mięszanina dwu tych gazów wydaje chlorowodór już pod działaniem promieni światła; brom łączy się z wodorem dopiéro w wysokiéj temperaturze, a jod bezpośrednio wcale z nim w związek nie wchodzi, lubo innemi drogami jodowodór daje się otrzymywać. Jodowodór znów łatwiéj rozkłada się niż bromowodór, a ten łatwiéj niż chlorowodór; ze związku jodu z wodorem wypiera go brom, który znów z bromowodoru usuwany jest przez chlor. Powinowactwo natomiast tych halojdów względem tlenu postępuje w stosunku odwrotnym. Tlenowe związki jodu są trwalsze i otrzymują się łatwiéj niż bromu, którym pod tym względem ustępują związki chloru.

Trzy te zatém pierwiastki stanowią jakby szereg, jakby postęp arytmetyczny, w którym brom zajmuje miejsce pośrednie. Otóż zupełnie podobny stosunek zachodzi między ciężarami atomowemi tych pierwiastków, stosunek tém jawniejszy, że daje się wyrazić liczebnie. Ciężar atomowy chloru jest 35,5, bromu 80, jodu 127. Różnica między piérwszemi dwoma wynosi 80—35,5=44,5, między drugim a trzecim 127—80=47. Różnice te nie są wprawdzie zupełnie równe i nie można powiedzieć, że ciężar atomowy bromu jest liczbą średnio-arytmetyczną między ciężarami atomowemi chloru i jodu, ale w każdym razie liczby te są dosyć zbliżone, aby dozwoliły dopatrzéć pewnéj prawidłowości w następstwie ciężarów atomowych i związku ich z ogółem własności pierwiastków.

Już w r. 1826 Gmelin zwrócił uwagę na prawidłowości tego rodzaju, a wielu chemików rzecz tę bliżéj rozpatrywało. Jakeśmy tu zebrali chlor, brom i jod w jednę, pokrewną grupę, tak téż i z innych pierwiastków dają się zestawiać podobne grupy trójkowe, tryady Döbereinera (1829), w których ciężar atomowy pierwiastku środkowego jest niemal średnio-arytmetyczną ciężarów atomowych pierwiastków skrajnych. Znaną taką tryadę stanowią metale alkaliczne: lit, sód i potas; ciężary ich atomowe są kolejno: 7, 23, 39 (pomijamy tu ułamki), różnica między liczbą drugą a pierwszą, podobnie jak między trzecią a drugą, wynosi 16, ciężar przeto atomo-

wy sodu jest średnio-arytmetyczną dwu drugich: $23 = \frac{7+39}{2}$. Podobne daléj grupy tworzą: siarka, selen, telur; fosfór, arsen, antymon i inne.

Układ wprawdzie trójkowy z rozwojem chemii utrzymać się nie mógł, wiele nowo odkrywanych pierwiastków zbliżało się własnościami swemi do innych i łączyło się z niemi w jedne grupy; do pierwiastków np. halojdowych zaliczyć trzeba było i fluor, do alkalicznych rubid i cez, ale to nie zrywało raz dopatrzonéj prawidłowości, szeregi tylko pierwiastków stały się dłuższe.

VI.

Całą jednak doniosłość tego systematyzowania pierwiastków w szeregi będziemy mogli ocenić dopiéro z ich analogii do szeregów związków organicznych.

W dawniejszych traktatach chemii organicznéj grupowano związki według cech bardzo powierzchownych. Zestawiano ciała podobne do żywicy, mówiono o rodzinie olejków eterycznych, o grupie barwników. Przy dokładniejszém wszakże badaniu własności tych ciał poznano, że ciecze oleiste, silnéj woni, wydzielające się przy dystylacyi części roślinnych, czyli tak zwane olejki eteryczne, mogą być zgoła między sobą różne; że przedstawiciele grupy barwników oprócz silnéj barwy żadnych nie posiadają wspólnych cech, a ich rozkłady chemiczne okazują budowę zgoła odmienną. Natomiast jednak poznano podobieństwa istotne między członkami różnych grup dawniejszych, przybyły nowo odkryte w pracowniach ciała, związki między niemi stawały się ściślejsze a w ten sposób zdołano zestawić grupy istotnie naturalne. Poznano np. ciała, posiadające wspólne własności zasadnicze z alkoholem, i wydały one rodzinę alkoholi. Przy pewnych działaniach alkohol zwykły, winny, przechodzi w aldehyd; inne ulegają takiemuż samemu przeobrażeniu, wyróżniono więc odpowiednią grupę aldehydów. W ten sposób powstały szeregi homologiczne, jednorodne, jednobudowe, z których pierwszym był szereg kwasów organicznych. Znaczenie tych szeregów objaśni nam przykład początkowych ogniw grupy alkoholów: alkohol drzewny, winny i propylowy. Cząsteczka piérwszego składa się z jednego atomu węgla (C), czterech atomów wodoru (H) i jednego tlenu (O), ciężar przeto téj cząsteczki, ciężar cząsteczkowy (molekularny) alkoholu drzewnego, CH_4O, wyraża

się liczbą 32, jako sumą ciężarów atomowych: 12 (ciężar atomu węgla), 4 (ciężar 4 atomów wodoru) i 16 (ciężar atomu tlenu). Podobnież pojmując i skład dwu innych alkoholów, napiszemy:

alkohol drzewny = CH_4O = 32
różnica = CH_2 = 14
alkohol winny = C_2H_6O = 46
różnica = CH_2 = 14
alkohol propylowy = C_3H_8O = 60.

Widzimy z tego, że cząsteczka każdego następnego alkoholu zawiera o jeden atom węgla i o dwa atomy wodoru więcéj i waży o 14 więcéj od poprzedniéj. Taż sama różnica występuje i między dalszemi ogniwami szeregu, tak, że jeżeli różnica między dwoma następującemi po sobie alkoholami wynosi 28, wnosimy, że zachodzi tam przerwa, że brak tam jednego ogniwa łańcucha. Związek ten niedostający może zgoła w przyrodzie nie istnieje, ale chemik zna skład jego, przewiduje możliwość jego istnienia, doświadcza, przeobraża, podstawia i bardzo często szczerbę tę zapełnia. Co większa, wiele własności owego ciała, które nigdy nie istniało, daje się przewidzieć, obliczyć, przepowiedzieć, własności bowiem ciał zależne są od ich składu, od ich ciężaru cząsteczkowego.

Tak np. jeżeli w jakim szeregu jednobudowym pewne ciało wre w oznaczonéj temperaturze, a następujące po niém o pewną liczbę stopni wyżéj czyli trudniéj, to taż sama różnica powtarza się między każdemi dwoma następującemi po sobie związkami tego szeregu, tak, że punkt wrzenia związku nieznanego, brakującego, daje się z góry obliczyć. Rozkłady wszystkich ciał jednego szeregu również są zupełnie analogiczne; chemik tedy powiedzieć może, iż poszukuje ciała takiego a takiego składu chemicznego, takich własności, któreby się tak względem kwasów, a tak względem alkaliów zachowywało.

VII.

Poznajemy więc, jak ważne znaczenie w chemii posiada zestawianie ciał w szeregi. Jak stateczna różnica 14, zachodząca między dwoma po sobie następującemi alkoholami, zapowiada osobliwą zgodność w ich składzie chemicznym, tak wnieść należy, że i różnice jednakowe między ciężarami atomowemi chloru, bromu

i jodu, lub też litu, potasu i sodu nie mogą być przypadkowe, że owszem zdradzają niezawodną zgodność w ich budowie, w składzie ich tak zwanych atomów. Według tych uwag atomy te nie byłyby już cząstkami niepodzielnemi, ale w dalszym ciągu związkami atomów wyższego rzędu, tak jak cząsteczki ciał złożonych powstają z zestawienia atomów obecnych pierwiastków.

Do wniosków tych upoważniają niewątpliwie fakty, któreśmy starali się wyjaśnić. Posuwając się wszakże daléj w sferę hypotez, łatwo wpaśćbyśmy mogli na urojenia, podobnie jak dawni chemicy, zanim zdołali wykryć drogi do istotnego rozkładu ciał, tworzyli dziwaczne mrzonki o istocie materyj zasadniczych, żywiołów. Nie możemy przeto obecnie odgadnąć, z ilu pierwiastków drugorzędnych, pierwotnych, składają się dzisiejsze pierwiastki; czy należy przyjąć kilka, czy dwie tylko, czy wreszcie jednę materyę pierwotną, zasadniczą, jak już w r. 1815 mniemał Prout, przyjmując za tę materyę pierwotną wodór. Opierał się on na téj zasadzie, że ciężary atomowe wszystkich pierwiastków są dokładnemi wielokrotnościami ciężaru atomowego wodoru, że zatém, gdy ciężar atomowy tego ciała oznaczymy przez jedność, wszystkie inne wyrażą się przez liczby całkowite; możnaby przeto przypuścić, że atomy wszystkich innych pierwiastków złożone są z atomów wodoru, że np. tlen, którego atom 16 razy jest cięższym, składa się z 16 atomów wodoru. W miarę jednak, jak rosła ścisłość badań chemicznych, mniemanie o dokładnéj wielokrotności ciężarów atomowych względem wodoru coraz bardziéj upadało; ścisłe prace Berzeliusa, Dumasa, Marignaca, a zwłaszcza Stasa (od 1860) okazały, że ciężary atomowe wielu bardzo pierwiastków nie są dokładnie wielokrotne względem wodoru: jeżeli ciężar atomu wodoru przyjmujemy za jedność, nie wyrażają się one dokładnie przez liczby całkowite.

Pogląd wszakże Prouta posiadał wielu stronników i sam Marignac pragnął go ocalić zręczną bardzo uwagą, że wypadek średni wszystkich owych zboczeń czyli odstępstw od całości wynosi zaledwie 0,103; można zatém zboczenia te uważać za nieznaczne, gdyby one bowiem były zupełnie niezależne i gdyby powyższa zasada liczb całkowitych żadnego nie miała prawdopodobieństwa, średni wypadek tych zboczeń powinienby wynosić 0,5.

Obecnie, gdy ciężary atomowe wielu pierwiastków oznaczono dokładniéj, odstępstwo, o którém mowa, okazało się wprawdzie większém, mimo to uwaga Marignaca nie traci wcale znaczenia. W istocie przeważna liczba najlepiéj znanych pierwiastków posiada ciężary atomowe nieznacznie tylko odchodzące od liczby całko-

witéj (jak np. sód 22,99, potas 39,04 i t. d.), będące zatém niemal wielokrotnościami ciężaru atomowego wodoru. Nie może to być dziełem przypadku; stronnicy przeto hypotezy Prouta mogliby jeszcze obstawać za tém, że atomy wszystkich, albo przynajmniéj wielu pierwiastków składają się głównie z wodoru, ale oprócz téj zasadniczéj materyi pierwotnéj zawierać mogą jeszcze większe lub mniejsze ilości owéj substancyi wypełniającéj wszechświat, którą pod nazwą eteru przyjmują fizycy dla wyjaśnienia zjawisk światła. Jest to wszakże hypoteza, nieposiadająca dalszego poparcia, któréj przeto obecnie ani potwierdzić, ani obalić nie możemy.

VIII.

W ostatnich dopiéro latach prace nad klasyfikacyą pierwiastków nabrały daleko większéj ścisłości, a związki między własnościami i ciężarami atomowemi głębiéj zostały dopatrzone. Myśl pierwotna, że wszystkie pierwiastki dadzą się podzielić na grupy złożone z trzech ogniw, rychło musiała być zarzucona, jakeśmy to wyżéj widzieli. Zresztą, różnice między ciężarami atomowemi następujących po sobie ogniw jednéj grupy mogą nasuwać domysł, że naturalne te szeregi nie są zupełne. Tak np. w ciągu metali alkalicznych:

lit, potas, sód, rubid, cez posiadają ciężary atomowe:
7, 23, 39, 85, 133,
różnice zatém liczb po sobie następujących są:
16, 16, 46, 48.

Pośpieszamy nadmienić, że liczby powyższe braliśmy w zaokrągleniu, odrzucając ułamki, przy każdéj z nich występujące. Dwie ostatnie różnice wynoszą około 3×16, gdyby przeto w całéj téj rodzinie miała występować stateczna różnica 16, jaka zachodzi między piérwszemi ogniwami, możnaby sądzić, że między sodem a rubidem, zarówno jak między tym ostatnim a cezem powinnyby się znaléźć jeszcze po dwa pierwiastki alkaliczne. Odgadywać zresztą nie można, czy pierwiastki te w przyrodzie, albo raczéj na ziemi, zgoła nie istnieją, czy téż zachodzą w tak małéj ilości, że dotąd uszły czujności chemików.

Nie poprzestano wszakże na tworzeniu takich odrębnych grup naturalnych; poznano téż, że i między różnemi szeregami zachodzą pewne podobieństwa, powinowactwa, a w ten sposób otrzy-

mano układ wszystkich pierwiastków. Najważniejsze w tym kierunku prace zawdzięczamy usiłowaniom Mendelejewa i Lothara Meyera. Dla przykładu rozpatrzmy trzy takie naturalne szeregi: fosfór, arsen, antymon; siarka, selen, telur; chlor, brom, jod. Naczelne ogniwa trzech tych grup dają się w istocie zestawić znowu w pewien szereg, tak ze względu na ich ciężary atomowe (fosfór 31, siarka 32, chlor 35,3), jak i ze względu na ich własności. Fosfór łączy się z tlenem bardzo łatwo, już w temperaturze 60°, siarka wymaga temperatury daleko wyższéj, a chlor zgoła się z nim bezpośrednio nie łączy. Względem wodoru natomiast powinowactwo ich postępuje w porządku odwrotnym; chlor bardzo chciwie łączy się z tym gazem, siarka wymaga do tego temperatury bardzo wysokiéj, a siarkowodór zetknięty z chlorem odstępuje mu swój wodór; fosfór zaś z wodorem bezpośredno zgoła się nie łączy, a związek tych dwóch ciał, może być jedynie ubocznemi otrzymywany drogami. Chlorowodór nadto jest kwasem silnie wybitnym, siarkowodór posiada wprawdzie własności kwasowe, ale w bardzo małym stopniu, gdy fosforowodór jest ciałem chemicznie zgoła obojętném.

Podobne zestawienie da się powtórzyć i w dalszych ogniwach przytoczonych tu szeregów, jakkolwiek słabsza znajomość tych pierwiastków nastręcza tu większe trudności; o ile jednak zachowanie ich jest znane, potwierdzają one przypuszczenie, że własności pierwiastków zależne są od ich ciężarów atomowych, które tu okazują bardzo wyraźne stopniowanie:

fosfór	= 31,	siarka	= 32,	chlor	= 35,3,
arsen	= 75,	selen	= 78,	brom	= 80,
antymon	= 122,	telur	= 128,	jod	= 127.

Widzimy tu, jak te ciężary atomowe postępują stopniowo zarówno w szeregach pionowych, jak i poziomych. Napotykamy wprawdzie niemiłe zboczenie,—oczekiwać bowiem należało, że ciężar atomowy jodu będzie mniejszym aniżeli teluru, tymczasem rzecz się ma przeciwnie, a to zrywa prawidłowość tego szeregu.

Być wszakże może, że zachodzi tu tylko pewna niedokładność oznaczeń, że ciężar atomowy teluru nie jest dokładnie znany, a ściślejsze badania okażą może, że jest on istotnie mniejszym niż ciężar atomowy jodu. W każdym razie małe to zboczenie nie stanowi dostatecznego powodu do zaprzeczenia prawidłowości w układzie tych trzech szeregów, która zresztą powtarza się i między

innemi grupami pierwiastków chemicznych, tak dalece, że zdołano je wszystkie w jeden układ zestawić. Badania te, jakkolwiek początek ich wykracza niewiele po za rok 1880, doprowadziły już do ciekawych bardzo wyników.

Już samo wypisanie pierwiastków w jednym wierszu, według rosnących ich ciężarów atomowych, dozwala dostrzedz uderzające zjawisko. Cała ta linia mianowicie rozpada się na kilka oddziałów, w których pierwiastki jednéj rodziny występują na odpowiednich miejscach. Pierwsze ogniwo tego łańcucha, wodór, nie posiada zgoła pobratymca; na drugiém po nim miejscu znajduje się lit, którego najistotniejsze własności odzwierciadla pierwiastek stojący na miejscu dziewiątém, t. j. sod, i znowu potaż, zajmujący miejsce szesnaste, a dalej rubid i cez. Po każdym z tych metali alkalicznych występuje bezpośrednio jeden z metali ziem alkalicznych, obok litu beryl, obok sodu magnez, obok potasu wapń, obok rubidu stront, obok cezu bar. Tak samo obok tych ostatnich zajmują miejsca metale ziem właściwych i t. d. Układ ten staje się jaśniejszym, jeżeli zamiast wypisywać pierwiastki obok siebie, rozbijemy je na kilka grup pionowych, w podobny sposób, jakeśmy ułożyli pierwiastki z grupy fosforu, siarki i chloru, a które to ciała stanowią wyjątek z ogólnéj tabeli, z ogólnéj sieci pierwiastków; wyrazi to się zaś jeszcze dobitniéj, gdy w ugrupowaniu tém wierszom poziomym nadamy kierunek nieco pochyły, gdy zatém, trzymając się powyższego przykładu, napiszemy:

fosfór		
31	siarka	
	32	chlor
arsen		35
75	selen	
	78	brom
antymon		80
122	telur	
	128 (?)	jod
		127

Jeżeli tabelę taką wyobrazimy sobie nawiniętą na walec pionowy, tak, aby prawa jéj strona dotknęła bezpośrednio lewéj (gdybyśmy np. poprzestali na powyższym wyjątku, chlor znalazłby się bezpośrednio obok arsenu, brom obok antymonu), wtedy, jak łatwo zauważyć, wszystkie pierwiastki uszykowane będą

w jeden ciąg nieprzerwany, na linii spiralnéj czyli raczéj szrubowéj, podczas, gdy pierwiastki pokrewne znajdą się ustawione na liniach pionowych. Wyjątki zresztą podobne do powyższego zboczenia między telurem a jodem są nader nieliczne.

Próbowano też układ pierwiastków przedstawić i w innych postaciach. Zamiast linią powyższą otoczyć walec, skręcono ją w płaszczyźnie w postaci linii spiralnéj, tak że pierwiastki pokrewne znalazły się na liniach rozbiegających się promienisto i przecinających ów skręt ślimakowaty; zestawienie to wydaje się jednak mniéj jasném i naturalném.

Układ wszystkich pierwiastków ogłosił pierwszy Mendelejew w r. 1869, przyczém wykazał stanowczo, że własności pierwiastków zależą od wielkości ich ciężarów atomowych; w szeregu według tych ciężarów ułożonym własności te wracają po prawidłowych odstępach,—są one tedy, mówiąc językiem matematycznym, funkcyą peryodyczną ciężarów atomowych. W późniejszych pracach Mendelejew wziął pod uwagę większą liczbę własności i wyprowadził szereg wniosków tyczących się pierwiastków dotąd mało zbadanych lub zgoła jeszcze nieznanych, nieodkrytych, a znaczną liczbę śmiałych jego przewidywań potwierdziły obserwacye następne. Przepowiednie i przewidywania potwierdzone dalszemi odkryciami stanowią zapewne najwyższe uzasadnienie każdéj teoryi; teorya przeto, o któréj mowa, przebyła już próbę ogniową zasadności i żywotności.

IX.

Szczegóły powyższe przekonywają zapewne dostatecznie, że własności pierwiastków zależą od ciężarów ich atomów, ale uczą zarazem, że ciężar ten nie może być wyłączną ich przyczyną; w szeregu bowiem pierwiastków, zestawionym podług stopniowego powiększania się ich ciężaru atomowego, pierwiastki pokrewne nie znajdują się tuż obok siebie, ale rozmieszczone są według pewnego statecznego porządku; zależność ta przeto jest peryodyczna i każe wnosić, że istnieje inna jeszcze cecha atomów, od któréj również w pewnym stopniu zawisłe są własności ciał z nich złożonych. Cechą tą, według Lothara Meyera, jest objętość atomowa, to jest objętość, jaką atom pierwiastku danego zajmuje.

Nie ma tu zresztą mowy o oznaczeniu bezwzględném téj objętości atomowéj, ale, jak poprzednio ciężary atomowe, możemy ją

wyrazić w liczbach względnych, w stosunku do powszechnie przyjmowanych jedności. Wiadomo, że gęstości wszystkich ciał wyrażamy przez odniesienie ich do wody; gdy mówimy, że gęstość srebra wynosi 10,5, znaczy to tylko, że srebro jest 10,5 raza gęstszém, a zatém i cięższém od wody. Naturalną będzie rzeczą, i za jednostkę objętości przyjąć objętość, jaką zajmuje jednostka ciężaru wody,— jak to właśnie ma miejsce w układzie metrycznym, gdzie jeden centymetr sześcienny jest objętością zajmowaną przez jeden gram wody. Ztąd wynika, że 10,5 gramów srebra zajmują również objętość jednego centymetra, 108 zatém gramów srebra wypełnią przestrzeń $\frac{108}{10,5} = 10,2$ centymetrów. Zupełnie tak samo, gdy ciężarem właściwym litu jest 0,59, przeto 7,01 grama litu zajmują objętość $\frac{7,01}{0,59} = 11,9$ cm. Ale 108 jest ciężarem atomowym srebra, 7,01 litu, liczby przeto 10,2 i 11,9 przedstawiają objętości atomowe tych pierwiastków, przestrzenie stosunkowe, zajmowane przez pojedyńcze atomy srebra i litu.

W ten sposób można obliczyć objętości atomowe wszystkich pierwiastków, ale między tak znalezionemi liczbami na pierwszy rzut oka prawidłowość uchwycić się nie daje. Pierwiastki pokrewne mają często objętości atomowe równe lub prawie równe; dla chloru, bromu, jodu wynosi ona około 26, dla srebra i złota około 10; w innych wszakże grupach liczba, wskazująca objętość atomową, rośnie wraz z ciężarem atomowym, dla litu jest 11,9, dla sodu 23,7, dla potasu 45,4, dla rubidu 56,1.

Pewna jednak prawidłowość tych liczb daje się dostrzedz, jeżeli wypiszemy je obok pierwiastków ułożonych w jednym szeregu według rosnącego ciężaru atomowego, — w szeregu tym bowiem objętość atomowa ulega zmianom peryodycznym, stopniowo naprzemian malejąc i rosnąc. Peryodyczność tę bardzo wyraźnie uwidocznił Lothar Meyer w przedstawieniu graficznem, oznaczywszy ciężary atomowe przez długości linij odciętych na osi poziomej, a objętości atomowe przez linie pionowe z właściwych punktów téj osi poziomej wyprowadzone. W ten sposób stanowisko każdego pierwiastku w układzie daném jest przez punkt końcowy odpowiadającéj mu linii pionowéj, a że te linie, podobnie jak wielkości, które przedstawiają, naprzemian rosną i maleją, wszystkie przeto pierwiastki znajdują się wypisane na szeregu linij łańcuchowych, t. j. linij mających postać łańcucha w dwu końcach zawieszonego. Przy takiém uporządkowaniu okazuje się wyraźnie,

że pierwiastki pokrewne znajdują się w odpowiednich miejscach tych linij krzywych, zatém w punktach najwyższych lub najniższych, na gałęziach zstępujących lub wznoszących się. Lothar Mayer szczegółowo przechodzi wszystkie własności fizyczne i chemiczne pierwiastków — ich topliwość, lotność, rozszerzalność, postać krystaliczną, zdolność załamywania światła, ciepło właściwe, przewodnictwo ciepła i elektryczności, własności magnetyczne i diamagnetyczne, działalność chemiczną, — i okazuje jasno i bez wszelkiego naciągania, że wszystkie własności ciał zostają w bezpośrednim związku, w niewątpliwéj zależności od podstaw liczebnych całego tego układu, od ciężaru i od objętości atomowéj.

X.

O ile na dalszy rozwój chemii teoretycznéj wpłyną badania powyższe nad klasyfikacyą, nad układem pierwiastków, obecnie powiedzieć nie można; choćbyśmy wszakże ograniczyli się na najostrożniejszém wysnuwaniu wniosków hypotetycznych z podstaw faktycznych, to w każdym razie powiedzieć możemy, że prawidłowość powyższa, że ta wzajemna zależność własności różnych ciał nie jest przypadkową, że musi być owszem wynikiem pewnych wspólności, zachodzących w naturze samych pierwiastków. Ciała te zatém nie mogą być materyami stanowczo różnemi, ustrój ich posiadać musi pewną wspólność nam dotąd nieznaną. Gdy zaś zachowanie się ich przez analogię odniesiemy do zachowania się ciał złożonych, a przedewszystkiém ciał organicznych, nasunąć się nam musi naturalne przypuszczenie, że i tak zwane obecnie pierwiastki chemiczne są ciałami złożonemi z pierwiastków wyższych rzędów. Rojenia hypotetyczne daléj wszakże posunąć się nie mogą, ilość i natura tych dalszych pierwiastków są zgoła tajemnicze, a chemia tych granic dotąd nie przestąpiła.

Rozkładalność pierwiastków jest prawdopodobną, możliwą, ale nauka spełnione jedynie fakty do rejestrów swych zaciąga; dopóki więc istotnie rozłożonemi nie będą, pierwiastki nie mogą utracić znaczenia ciał prostych, niezłożonych, podobnie, jak pomimo domysłów Lavoisiera, że potaż jest ciałem złożoném, uważano go za pierwiastek, dopóki go Davy istotnie nie rozłożył; podobnie, jak wszystkie traktaty fizyki podawały, że tlen i azot uledz mogą skropleniu jak chlor i kwas węglany, przestano jednak uważać

je za gazy trwałe wtedy dopiero, gdy je rzeczywiście skroplić zdołano.

XI.

Kwestya rozkładalności pierwiastków należy do tych spraw naukowych, które najwięcéj zająć mogą uwagę ogółu oświeconego; dla tego téż silne zaciekawienie wzbudziła wiadomość, rozgłoszona przez dzienniki w r. 1879, jakoby profesor Norman Lockyer zdołał wykazać, że pierwiastki chemiczne są ciałami złożonemi, a nawet niektóre z nich istotnie rozłożył. Jakiém było rzeczywiste znaczenie tego doniesienia, okazało się wkrótce z rozprawy przedstawionéj towarzystwu królewskiemu w Londynie przez samego Lockyera.

Wywody znakomitego tego uczonego odnoszą się do innego zgoła obszaru badań aniżeli te, któremi zajmowaliśmy się dotąd, a mianowicie do analizy spektralnéj. Na czém polega ta ważna gałęź wiedzy, wiadomo powszechnie. Podobnie jak światło słoneczne po przejściu przez pryzmat rozszczepia się na oddzielne barwy, na światła różnych rodzajów, tworząc tak zwane widmo słoneczne, tak téż podobnemu badaniu poddać można i światła rozmaitych płomieni, zabarwionych, dajmy, różnemi solami metalicznemi. Gdy w płomieniu gazowym umieścimy perełkę soli wapiennéj lub żelaznéj i płomień ten rozpatrywać będziemy przez spektroskop, czyli po prostu przez pryzmat, światło okaże się rozszczepioném na szereg linij barwnych, na widmo charakterystyczne dla wapnia lub żelaza, tak że z rodzaju widma poznać można ciało nadające barwę płomieniowi,—jest to przeto odrębny rodzaj rozbioru, analizy chemicznéj.

Metoda ta rozbioru z różnych względów góruje nad zwykłemi drogami, któremi się chemia posługuje. Dosyć tu przypomnieć, że gdy do celów jéj wystarcza jedynie promień światła, przez badane ciało nadesłany, może ona zakres swych dochodzeń rozciągnąć do kresów świata widzialnego, do słońca i gwiazd, i o naturze ich świadomość nam przynosić.

Niemniéj doniosłego znaczenia może być analiza spektralna i dla celów więcéj teoretycznych; ponieważ światło jest objawem drgań najdrobniejszych cząsteczek, atomów, rozmaitość przeto różnych widm polega niewątpliwie na różnicach budowy cząsteczkowéj ciał, a tém samém analiza spektralna stanowić mo-

że jednę ze ścieżek, które nas do tajemniczéj téj dziedziny doprowadzić mają. Prace właśnie Lockyera nadzieję tę uzasadniają.

Wartość analizy spektralnéj polega oczywiście na założeniu, że każdy pierwiastek posiada właściwe sobie widmo, że para jego, płonąc, zawsze wydaje jedne i téż same linie barwne. Rzeczywiście, pierwsze prace dokonane przez Kirchhoffa i Bunsena (1860) i następnych badaczy domysł ten potwierdzały. Rezultat taki kazałby daléj przypuszczać, że różne pierwiastki są ciałami zupełnie odrębnemi, rozmaitość widm prowadziłaby do zaprzeczenia wszelkiéj wspólności między najdrobniejszemi cząstkami pierwiastków, które należałoby uznać jako już daléj niezłożone.

Wkrótce jednak badania prowadzić zaczęto w zakresie coraz obszerniejszym, w coraz rozmaitszych warunkach. Nie poprzestano na umieszczaniu ciał w płomieniach zwykłych, ale poddano je ogrzewaniu znacznie silniejszemu, wtrącając je w prąd elektryczny, którego natężenie można dowolnie zmieniać. Pod wpływem prądu galwanicznego ciała badane rozżarzają się i ulatniają, dochodząc temperatury o wiele wyższéj, a wtedy widma jednego i tegoż samego pierwiastku w różnych otrzymywane warunkach zaczęły okazywać pewne różnice.

Badania te właśnie na najrozleglejszą skalę podjął Lockyer. Od kilkunastu lat zajmuje się on rozpatrywaniem widma słonecznego w olbrzymich rozmiarach i dokładném porównywaniem go z widmami par metalicznych, otrzymywanych w łuku woltaicznym. Rozszczepienie światła słonecznego w badaniach Lockyera jest tak znaczném, że całkowita długość widma wynosić ma $^1/_{16}$ mili angielskiéj, to jest przeszło 115 metrów, a odpowiedniemu rozszczepieniu poddaném być musi i światło par metalicznych; zrozumiéć przeto łatwo, że wytrwałemu temu badaczowi ujawniły się szczegóły, które dawniéj łatwo ujść mogły i najwprawniejszemu oku, a szczegóły te doprowadziły go do wniosku, że „hypoteza, uważająca pierwiastki za ciała niezłożone, nie wystarcza do objęcia wszystkich zjawisk." Zobaczymy, co upoważnia Lockyera do tak doniosłego twierdzenia.

Poprzednio już uczony ten zwrócił uwagę na to, że nietylko pierwiastki posiadają widma stale oznaczone, ale że i związki chemiczne są jednakowo pod tym względem uprzywilejowane; każdy związek posiada także widmo charakterystyczne, złożone ze smug. Ale przez ogrzewanie cząstki ciała złożonego rozpadają się na pierwiastki w ich skład wchodzące, ulegają rozkładowi, dysocyacyi; cząstka soli żelaznéj np. nie może już drgać jako ca-

łość, atomy żelaza oswobodzone z krępujących je więzów drgają niezależnie, charakter widma świetlnego ulega przeobrażeniu, mamy już widmo żelaza a nie danéj soli.

Ale gdy temperatura pary pewnego pierwiastku wzrośnie silniéj jeszcze, dysocyacya owa może być daléj poprowadzona; cząstka, dajmy, żelaza rozpaść się może w dalszym ciągu na składające ją atomy, które znów w odmienny drgać będą sposób, a charakter widma nowéj ulegnie przemianie.

Przykład podobnego zjawiska bardzo wyraźny dostrzegł Lockyer na soli wapiennéj. W temperaturze dostatecznie niskiéj cząsteczka chlorku wapnia drga jako całość, widmo całe przypada w części czerwonéj, a widmo samego wapnia nie występuje. W temperaturze dopiéro nieco wyższéj cząstka złożona ulega rozkładowi, wapń oswobadza się, drga oddzielnie, i widmo tego metalu występuje jako jedna tylko linia błękitna. Gdy daléj metal poddany zostaje ogrzewaniu silniejszemu, za pomocą stosu galwanicznego o niewielu ogniwach, występują obok téj linii dwie inne, słabe, a które stają się silniejszemi przy użyciu większéj liczby ogniw, podczas gdy linia pierwotna słabnie i niknie nakoniec zupełnie. Podobnie, według Bunsena, zachowuje się i widmo litu, składające się z trzech linij: czerwonéj, żółtéj i niebieskiéj; w temperaturze umiarkowanéj linia niebieska jest niewidzialna, żółta słaba, czerwona bardzo silna; w temperaturze wyższéj wszystkie linie są widzialne, ale słabe, najsilniejszą jest żółta; przy ogrzaniu bardzo silném najświetniejszą staje się niebieska.

Często nawet w widmie jakiegoś pierwiastku, obok właściwych, cechujących je linij ukazują się jeszcze linie obce, należące do innego zupełnie pierwiastku, a Lockyer mógł to ocenić dokładnie, gdy widma par metalicznych badał w powiększeniu mikroskopowém. Obce te linie są wprawdzie bardzo słabe, ale niewątpliwie występują w przeważnéj liczbie widm. Tu jednak powstaje pytanie zasadnicze, od rozstrzygnięcia którego zależy rozjaśnienie całéj téj kwestyi: czy linie te obce ukazują się w skutek rozkładu, dysocyacyi danego pierwiastku, czy téż występują one poprostu w skutek tego, że owo obce ciało, którego obecność one zdradzają, znajdowało się już w ciele badaném jako przymieszka, jako zanieczyszczenie. Zdawałoby się, że nader prostém byłoby wydobycie się z téj wątpliwości; używajmy do badań jedynie pierwiastków należycie oczyszczonych, wolnych od wszelkiéj domieszki, a będziemy pewni, że obce żadne ciało wyników bruździć

nam nie będzie. Ale tu właśnie cała trudność, chemia bowiem nie ma możności dokładnego wykazywania bardzo drobnych ilości, śladów zanieczyszczeń; analiza tylko spektralna, najczulsza ze wszystkich metod rozbioru, wykrywa ilości tak nikłe, tak nieznaczne, że uchodzą one najwyborniejszéj wadze, najlepszym odczynnikom chemicznym. Na szczęście ona też wskazuje drogę rozstrzygnięcia téj niepewności, a to według następnego rozumowania Lockyera. Jeżeli zmieszamy dwa metale A, np. nikiel, i B, np. kobalt, w różnych ilościach, i parę téj mięszaniny poddamy badaniu spektralnemu, to w widmie ukażą się linie obu tych metali, i to nietylko linie silne, t. j. szerokie, jasne, które występują w ogólności w całéj przestrzeni między obu biegunami elektrycznemi, wypełnionéj rozżarzonym gazem, ale i liczne linie słabe, t. j. wązkie, mniéj jasne, i można dodać, krótkie, gdyż nie dają się dostrzedz wszędzie między biegunami. Jeżeli powtórzymy badanie to na innéj mięszaninie tychże metali, która jednak zawierać będzie mniejszą ilość B, to zginą przedewszystkiém niektóre z cieńkich linij, temu ostatniemu właściwych metalowi; a gdy postępować będziemy w ten sposób daléj i na tęż ilość jednego metalu brać będziemy coraz mniéj drugiego, tak że pozostaną go nakoniec zaledwie ślady, których zwykłe drogi chemiczne już wykazać nie mogą, to w widmie takiéj mięszaniny, obok wszystkich linij metalu A, pozostaną tylko niektóre linie metalu B, te mianowicie, które w dokładném jego widmie były najsilniejsze, najdłuższe. Możemy zatém powiedzieć, że ślady pierwiastku zanieczyszczającego pierwiastek badany zdradzają obecność swą temi liniami, które w pełném widmie tego pierwiastku zanieczyszczającego byłyby najsilniejszemi, podczas gdy linie słabe w ogólności wcale nie występują. Gdy natomiast, badając pierwiastek A, napotykamy obok jego widma jedynie tylko te linie pierwiastku B, które w jego widmie pełném występują jako słabe, brak zaś linij silnych, to ten pierwiastek B nie mógł znajdować się obok A jako domieszka, jako ciało odrębne, bo wtedy musiałyby wystąpić linie silne a nie słabe. Otóż właśnie w fotogramach widm, otrzymanych przez Lockyera, linie obce występujące obok linij właściwych pierwiastkowi badanemu, należą do kategoryi linij słabych. Tak np. Lockyer przy najbaczniejszéj ostrożności potwierdził poprzednie spostrzeżenie Thalena, że w widmie indu występują wyraźnie linie należące do wodoru; w widmie zatém jednego pierwiastku ukazują się linie należące do innego, lubo ten ostatni nie znajdował się tam jako pierwia-

stek oddzielny. Mamy tu zatém, według Lockyera, objaw dysocyacyi indu.

XII.

Na poparcie swych wywodów powołał nadto Lockyer widma ciał niebieskich, słońca i gwiazd. Dostrzegł on mianowicie, że linie jednego i tegoż samego pierwiastku w widmach różnych gwiazd okazują pewne, dosyć nawet znaczne różnice, a to przyjął za dowód, że pierwiastek ten na różnych gwiazdach znajduje się w rozmaitym stanie, w różnym stopniu rozszczepienia, dysocyacyi.

Tak np. linie H i K w widmie słonecznem, które stanowią widmo wapnia, są silniejsze i szersze, aniżeli w widmie pary tego metalu, otrzymaném za pomocą prądu elektrycznego; w widmie słonecznem, nadto, obie te linie są jednakiego natężenia, w widmie Syryusza zaś linia K ginie zupełnie, a H występuje słabiéj. Podobne zmiany przedstawiają także linie żelaza, litu, wodoru i innych pierwiastków, a to wszystko według Lockyera ma być objawem coraz daléj idącego rozkładu pierwiastków. Temperatura gwiazd przewyższa niesłychanie żar naszych płomieni, rozszczepianie więc tak zwanych atomów daléj tam zachodzi; jak w ogniskach naszych nie mogą się utrzymać związki chemiczne i ulegają rozkładowi na swe pierwiastki, tak i same te pierwiastki rozpadają się, rozszczepiają na składowe swe części w wyższéj temperaturze gwiazd, a im gwiazda gorętsza, tém rozszczepianie to zachodzi daléj i zdradza się przeobrażeniem linij widmowych: jestto jakby dysocyacya niebieska, która daléj pracę pieców naszych prowadzi. Atomy zatém pierwiastków nie są to bryłki niepodzielne, ale masy złożone z atomów rzędów wyższych, chociaż nie wiemy, jakiego są rodzaju dalsze owe atomy, czy to wodór stanowi jakby materyę pierwotną, czy téż jest inna prostsza jeszcze substancya.

Powszechnego wszakże uznania pomysły Lockyera zdobyć sobie nie zdołały; wielu fizyków sądzi, że dostrzeżone zmiany w charakterze widma różnych pierwiastków zależą tylko od temperatury, od ciśnienia, od grubości zresztą świecącéj warstwy gazu, że zatém dla ich wyjaśnienia nie trzeba odwoływać się do nowéj hypotezy rozkładu tych pierwiastków, rozszczepiania ich atomów. Jestto kwestya nierozstrzygnięta dotąd w ciągu lat piętnastu, które upłynęły od czasu, gdy Lockyer po raz pierwszy śmia-

łe swe twierdzenia podał. Głośne przed dziesięciu laty spory dziś nieco umilkły, nastąpiło jakby zawieszenie broni między przeciwnikami; gromadzi się tylko materyał, który w przyszłości dopiero wskazać nam zdoła, skąd pochodzą dostrzegane przeobrażenia linij widmowych.

Kwestya pierwiastków chemicznych jest kwestyą najdrobniejszych ich cząsteczek, ich atomów. Sprawa ta chemię zarówno jak i fizykę żywo obchodzi, a obie różnemi a bezpiecznemi drogami dostają się do téj dziedziny, niedawno zgoła jeszcze niedostępnéj. Ale, jak widzieliśmy, i astronomia nawet poważny swój głos doradczy na szalę tu rzuca: tak to nauki, które niemal u pnia wiedzy rozstrzeliły się i rozbiegły, schodzą się znowu szczytniemi konarami, a wspólne ich usiłowania wkrótce zapewne przełamią zapory, które już się chwiać zaczynają.

ENERGIA.

I.

. . . siła, dzielność,
Taka pieśń jest nieśmiertelność.

Słowa te, z całości zdania wydobyte, przeinaczają wprawdzie myśl poety, nam jednak ułatwiają określenia wstępne, gdy o zachowaniu, o niezniszczalności energii mówić mamy. Energia bowiem, toć to właśnie siła, dzielność; energię téż dosłownie nawet przez dzielność przełożyć można.

Dlatego téż pisarze, których termin grecki razi, zastępują go wyrazem dzielność. Ponieważ jednak przesadne rugowanie nazw, w międzynarodowém słownictwie naukowém przyjętych, z różnych względów jest szkodliwe,—za przykładem tym nie pójdziemy, tém bardziéj, że przecież i z mowy potocznéj usunięcie starego wyrazu —energia—byłoby zapewne ujmą dla języka.

W nauce nazwa energii zjawiła się niedawno; właściwie jednak termin to raczéj, aniżeli samo pojęcie, jest nowy. Energię bowiem określa nauka jako zdolność wykonywania pracy. Praca zaś, albo, jak dla uniknięcia wszelkich nieporozumień mówić tu należy, praca mechaniczna, jestto pojęcie dawne i dobrze znane, jestto wielkość, która się doskonale oceniać i wymierzać daje. W najprostszéj swéj postaci będzie praca dźwiganiem ciężaru w górę, i jest rzeczą jasną, że kto dźwiga ciężar większy, wykonywa pracę większą, zarówno

jak i ten, kto go na większą wysokość podnosi; tak samo cena za przewóz towaru ustanawia się nietylko zależnie od jego wagi, ale i od odległości, na jaką ma być dostawiony. Jedném słowem, praca jest to pokonywanie pewnego oporu przez pewną drogę, a wielkość jéj od obu tych czynników w równéj mierze zależy. Aby wielkość wykonanéj pracy oceniać było można liczebnie, trzeba się oczywiście było zgodzić na pewną jednostkę do jéj mierzenia, i jest rzeczą również jasną, że jak praca wogóle, tak i ta jednostka musi być złożoną, zawisłą jest bowiem od oporu i od drogi. Wedle dawnego zwyczaju za jednostkę pracy przyjmuje się pracę potrzebną do podniesienia jednego kilograma na wysokość jednego metra, a złożoną tę jednostkę nazwano wyrazem złożonym—kilogrammetrem. Dźwignięcie zatém dziesięciu kilogramów na metr w górę będzie pracą dziesięciu kilogrammetrów, a dla podniesienia tegoż ciężaru na pięć metrów, trzeba będzie wyłożyć pracę pięćdziesięciu kilogrammetrów. Pojęcie to i określenie pracy, zatém i jednostka powyższa, niemniejszéj są wagi dla nauki jak i dla techniki, która wszakże, chcąc oznaczyć skuteczność czyli efekt siły, pod uwagę bierze i czas potrzebny na wykonanie danéj pracy. Dla potrzeb zaś techniki kilogrammetr byłby jednostką zbyt drobną, liczby wyrażające działalność motorów parowych wypadałyby zbyt wielkie; unika się téj niedogodności przez wprowadzenie jednostki wyższéj, któréj nazwa lepiéj jest znaną i więcéj rozpowszechnioną, —jednostką tą jest siła konia, coby z pewnych względów stosowniéj może nazywać było mocą konia. Jednostka ta, która zresztą z działalnością konia żywego bardzo mały ma związek, oznacza pracę 75 kilogrammetrów wykonaną w ciągu jednéj sekundy. Dla potrzeb nauki natomiast kilogrammetr jest jednostką zawielką; w nowym układzie miar, przez naukę przyjętym, jednostkę pracy stanowi erga, wielkość nieledwie bilion razy od kilogrammetra mniejsza. Określenie jéj wszakże pominąć tu możemy.

Proste to niewątpliwie pojęcie pracy nie może nam żadnéj nastręczać trudności, a samo już nam wyjaśnia, co przez energię rozumieć należy. Energia bowiem, jak powiedzieliśmy, jest to zdolność wykonywania pracy. Jak człowieka dzielnym, energicznym nazywamy, gdy chętny jest do działania, do pracy, tak téż i w fizyce przyznajemy każdemu ciału energię, gdy pozostaje w warunkach takich, że jest w stanie pracę jakąkolwiek wykonać. Energię posiada zatem ciężar spadający, kamień rzucony, kula wybiegająca z działa, jedném słowem każde ciało w ruchu widocznym pozostające; wiemy przecież, że każda masa

poruszona działalność swą ujawniać może. Kula wystrzelona przebijać może deski, mury, płyty żelazne; pociąg kolei żelaznéj, po powstrzymaniu dopływu pary, biedz jeszcze będzie przez całe wiorsty; potęga wiatru jest to działanie powietrza płynącego.

Zdolność pracy, jaką ciała poruszone w sobie mieszczą, stanowi żywioł, z którym nauka dawno się już liczy; przed dwustu laty Leibnitz nazwał ją siłą żywą, działalność swą bowiem ciała poruszone właśnie ruchowi swemu tylko zawdzięczają. Rzeczą jest jasną i codziennemi dostrzeżeniami stwierdzoną, że ta energia, ta siła żywa, ta działalność ciała biegnącego od jego masy i od prędkości zawisła. Od masy zależy w stosunku prostym: kula trzykrotnie cięższa wywiera téż skutek trzykrotnie większy; prędkość wszakże wpływ swój daleko potężniéj ujawnia. Trzy razy prędzéj biegnąca kula, nie trzy, lecz dziewięć razy większe zniszczenie rozpościera; gdy przy pewnéj szybkości przebija deskę, to przy szybkości trzykrotnie znaczniejszéj przebija dziewięć lub prawie dziewięć takichże desek. Lokomotywa, po powstrzymaniu działania pary, pod wpływem swéj siły żywéj może jeszcze na pewnéj przestrzeni pokonywać opory i ubiega pewną przestrzeń; przy szybkości trzykroć większéj przebiegnie po powstrzymaniu pary drogę dziewięć razy dłuższą. Im ze znaczniejszéj wysokości ciało spada, tém większéj nabywa chyżości; dla tego drobiazgi, same przez się niewinne, stają się zabójczemi, gdy ze znacznéj wysokości zbiegają, jak doniczka, spadająca z trzeciego piętra, albo lornetka z galeryi teatralnéj.

Nie w inny sposób działa i młotek, którym gwóźdź wbijamy; zapewne, możnaby gwóźdź wcisnąć w deskę i przez obciążenie go znacznym ciężarem, ale tu łatwo wykazuje się, jak wielką jest różnica między poruszoną a spoczywającą masą. Rachunek mianowicie uczy, że dla zastąpienia młotka, ważącego ledwie kilogram, któremu ruch ręki nadał prędkość dziesięciu metrów na sekundę, należałoby użyć 5,000 kilogramów; tak olbrzymia masa ciężarem swoim zdołałaby ledwie wbić gwóźdź równie głęboko, jak ów lekki młotek, którym swobodnie bujamy.

Każda zatém masa poruszona okazuje zdolność wykonywania pracy, posiada energię; jeżeli jednak tę jéj właściwość nazwano już dawno siłą żywą, po cóż, zapytać słusznie przychodzi, po cóż było obmyślać inną, nową nazwę energii, po cóż powiększać uciążliwy już nieraz balast terminów naukowych. Od grzechu tworzenia niepotrzebnych nieraz wyrazów nauka niewątpliwie wolną nie jest, w tym wszakże razie zarzut byłby niesłuszny. Jeżeli bowiem

każde ciało w ruchu pozostające energią jest obdarzone, to wszakże energia nie wiąże się wyłącznie z takim ruchem widocznym: siła żywa jest tylko pewną formą energii, ale i ciała spoczywające zdolność wykonywania pracy posiadać mogą.

Kamień, złożony na pewnéj wysokości, po usunięciu podtrzymującéj go podpory spada natychmiast, zgoła bez naszego przyczynienia się, a w czasie spadku ujawnia energię, która poprzednio już zatém być w niém musiała nagromadzoną; samo już przeto położenie jego, nad ziemię wyniesione, obdarza go zasobem energii, który oczywiście tém będzie większy, im znaczniejszą jest wysokość tego położenia.

Nie wyrażamy się tu zresztą zupełnie ściśle, zasób bowiem energii nie zostaje z wysokością położenia w związku prostéj proporcyonalności, owszem, wzrasta w stosunku daleko szybszym, aniżeli wyniesienie ciała nad ziemię; bliższe bowiem rozważanie uczy, że w wysokości dwa, trzy, cztery razy znaczniejszéj zasób energii jest cztery, dziewięć, szesnaście razy większy, co znaczy, że rośnie w stosunku kwadratów z odległości, w jakiéj się ciało od ziemi znajduje.

Tak samo, gdy siejący zagładę pocisk z działa wybiega, widoczną swą energię otrzymał przez wybuch prochu; w czarnéj téj przeto masie spoczywał już potężny zasób energii w formie uśpionych sił chemicznych, które słaba iskierka do życia nagle pobudzą. Podobnież, gdy napięta struna łuku strzałę wyrzuca, posiadać już musiała przygotowaną energię, któréj źródłem jest sprężystość struny. Przez analogię właśnie do tego ostatniego przykładu, do struny napiętéj, wyprężonéj, nazwano tę kategoryę sił, w różnicy względem sił żywych—siłami prężnemi. Są to więc jakby siły przygotowane, za daném hasłem do działania gotowe.

To zatém, co dawniéj nauka pojmowała pod nazwą sił prężnych i sił żywych, dziś obejmuje wspólném mianem energii. Mamy zatém dwie jéj formy: energię przygotowaną i istotną, albo. jak przez analogię do kamienia umieszczonego na pewnéj wysokości i do kamienia spadającego mówić można, energię położenia i energię ruchu, albo wreszcie, jak najczęściéj się mówi, energię potencyalną i energię cynetyczną.

II.

Możnaby tu przeprowadzić pewną dalszą systematykę różnych form, różnych rodzajów energii i namnożyć liczbę jéj przykładów;

właściwsza jednak będzie zwrócić się do zasady, tyczącéj się energii w ogólności, a związanéj tak ściśle z samém jéj pojęciem, że narzuca się nam bezpośrednio, ilekroć o energii jest mowa. Zasadą tą jest „zachowanie energii". Najprościéj wyrażenie to da się rozwinąć w ten sposób, że energia ani powstać z niczego, ani rozwiać się w nic nie może; nie może być ani utworzoną ani zniweczoną, zachodzić tylko mogą przeobrażenia form jednych w drugie.

Jakkolwiek pojęcie to w całéj pełni w ostatnich dopiero ukształtowało się czasach, dawno już rozwijało się częściowo, przynajmniéj w zakresie objawów mechanicznych. Słabą wzmiankę w tym względzie napotykamy już u Arystotelesa. Ze wszystkich dzieł tego genialnego filozofa, przyrodnika i niezrównanego erudyty fizyka stanowi wprawdzie część najsłabszą, dając tém dowód, że droga spekulacyj filozoficznych do wytłómaczenia przyrody doprowadzić nie zdoła; znajdujemy tam jednak właściwe wyjaśnienie działania drążka: „siła przyczepiająca się w znaczniejszéj odległości od punktu podpory porusza ciężar łatwiéj, dla tego, że opisuje okrąg większy". Z wszelką ścisłością zasadę tę wyłożył późniéj dopiero najznakomitszy fizyk starożytności Archimedes, a powtarzając dziś w najprostszéj formie, że na sile zyskujemy tylekroć, ile na drodze tracimy. wypowiadamy tylko, że żadna maszyna nie daje nam możności powiększenia zasobu pracy, energii. Praca, wyłożona na jednym końcu drążka, wyrównywa pracy na drugim jego końcu wykonanéj; energia jednego systemu, jednego ciała, przechodzi na ciało drugie.

Wyraźniéj wszakże daleko ujawnia się to w biegu ciał rzuconych, którego znajomość stanowi już nabytek fizyki nowożytnéj, biorącéj początek od Galileusza. Gdy ciało w górę rzucamy, nadajemy mu pewną energię, która się w jego szybkości wyraża, a gdyby żadnych innych nie było wpływów, ciało to odbiegłoby od nas na zawsze ruchem jednostajnym. Opiera się temu wszakże siła ciężkości, która ciało rzucone ku ziemi ściąga; ulega ono podwójnemu niejako ruchowi: wznosząc się w górę, opada współcześnie na dół, prędkość jego początkowa maleje, ruch słabnie, ciało coraz wolniéj ku górze się wznosi, aż wreszcie nadana mu prędkość pierwotna zupełnie się wyczerpie.

Aby mieć przykład dokładniéj określony, dajmy, że ciało zostało rzucone w górę z szybkością 300 metrów na sekundę,—jest to mniéj więcéj szybkość kuli karabinowéj. Siła ciężkości każdemu ciału nadaje w ciągu sekundy przyspieszenie 10 metrów (blizko) ku dołowi, ciało zatém rzucone już po sekundzie posiada w górę

prędkość tylko 290, po dwu sekundach 280 m., aż wreszcie po trzydziestu sekundach prędkość ku górze staje się zerem; ciało wznosi się więc przez trzydzieści sekund i w ciągu tego czasu, jak uczy bliższe rozważanie, dochodzi 4,500 metrów. Przy nieprzerwaném działaniu ziemi nie zatrzyma się ono oczywiście, ale przejdzie bezzwłocznie w spadek, rozpocznie swą drogę powrotną ku ziemi.

Wyobraźmy sobie wszakże, że przez podsunięcie stosownéj zastawki pocisk ten zatrzymany został u kresu swéj drogi, na wysokości 4,500 metrów. Na zastawce téj zostaje on w spoczynku; ruch, jaki go ożywiał, wyczerpał się, energia, jaką go obdarzyła siła ruchu, została zużytą. Pracę, jakąśmy wyłożyli na wyrzucenie pocisku tego w górę, użyć mogliśmy w sposób dla nas korzystniejszy, nakładem jéj mogliśmy, dajmy, wbić pal w ziemię; czyż powiemy, że ten zasób pracy, energii, został dla nas stracony, zmarnowany bezużytecznie, że już go odzyskać nie zdołamy? Ależ dosyć usunąć ową przypuszczalną zastawkę, by wywołać natychmiastowy spadek tego pocisku; przy powrotnéj téj drodze ulega on takiemuż samemu działaniu ziemi jak wtedy, gdy wzbijał się w górę, tak samo jak przedtém szarpie go ona bezustannie ku dołowi i w ciągu każdéj sekundy szybkość jego ruchu przyspiesza o dziesięć metrów. Przebieg poprzedni odtwarza się w kierunku przeciwnym, spadek dokonywa się w ciągu takiegoż samego czasu, przez jaki pocisk w górę się wzbijał; po trzydziestu sekundach wraca na ziemię, odzyskawszy w chwili spadku takąż samą chyżość 300 metrów, z jaką był w górę rzucony: uderza o pal i wbija go również głęboko, jakbyśmy to uskutecznić mogli, łożąc na tę robotę bezpośrednio zasób energii, jakiśmy wydali na rzucenie pocisku w górę.

W całym tym przebiegu pomijamy jedynie okoliczności uboczne, jak opór powietrza przedewszystkiém; energia pierwotna odnajduje się, nic z niéj nie ubyło, nic nie przybyło. Nie była ona utraconą i wtedy, gdy ciało do kresu swéj drogi dobiegło; przeszła tam tylko w inną formę, pierwotna energia cynetyczna, energia ruchu przeobrażoną tam była w energię potencyalną, w energię położenia. Wskutek samego położenia swego ciało to posiadało nagromadzony zasób energii.

Powiedziećby raczéj należało, że zasób ten energii jest następstwem wzajemnego położenia ziemi i ciała. Są one w warunkach takich, jak dwie kulki uczepione u końców rozciągniętéj nici gumowéj, która usiłuje się kurczyć i zbliża je ku sobie. Nici téj, która wiąże ciało z ziemią i która się wypręża, gdy ciało w górę

odbiega, nie widzimy, niestety nie pojmujemy nawet; pozostajemy teraz wszakże na gruncie czysto faktycznym i nie będziemy się troskać tém, że zagadka siły ciężkości rozwiązaną jeszcze nie została.

Pocisk nasz wszakże nie próżno był w górę rzucony, — wymierzony on był w orła tuż ponad nami szybującego. Gdy orzeł ten unosi się właśnie w wysokości 4,500 metrów, pocisk żadnéj mu krzywdy zdziałać już nie może, nie posiada tam już bowiem zgoła siły żywéj, energii cynetycznéj, i nie ma już władzy pokonywania oporu, któryby mu dalszą drogę tamował. Dajmy jednak, że orzeł bujał niżéj, na wysokości 2,000 metrów; pocisk dobiega go w chwili, gdy nie utracił jeszcze wszystkiéj swéj szybkości w górę i rozbija go resztą swéj siły żywéj. Nie dochodzi więc kresu swéj drogi i spadać zaczyna z mniejszéj już wysokości, wraca na ziemię już po dwudziestu sekundach i nie odzyskuje téż pierwotnéj swéj szybkości; w chwili spadku osiąga tylko chyżość 200 metrów na sekundę i przynosi nam ilość energii mniejszą od téj, jaką był pierwotnie obdarzony. Ale i w tym razie nie zaszła strata energii, ta bowiem jéj część, którejśmy nie odzyskali, zużytą została na wykonanie pracy w górze, na rozerwanie tkanek ptaka.

W miarę, jak pocisk w górę wzlata, maleje jego energia cynetyczna, ale w téjże mierze wzrasta energia potencyalna; w czasie spadku przeobrażanie jest odwrotne, energia potencyalna zamienia się wciąż w cynetyczną, ale suma obu pozostaje niezmienną.

Drobny ten przykład, na nauce Galileusza oparty, wskazuje jasno, jak zasada zachowania energii, czyli jéj stateczności, utrzymuje się w zakresie objawów mechanicznych. Genialni matematycy zeszłego stulecia twierdzenia te rozwinęli co do najrozmaitszych i najbardziéj zawiłych ruchów. Ujawnia się to i w ruchach ciał niebieskich. Gdy w biegu swym rocznym, w sąsiedztwie przysłonecznego punktu swéj drogi, ziemia najbliżéj się słońca znajduje, wtedy bieży najprędzéj, posiada największą energię cynetyczną; w punkcie zaś odsłonecznym, w największéj od gwiazdy swéj dziennéj odległości, ruch jéj jest najwolniejszy, zasób energii potencyalnéj jest najznaczniejszy. W biegu planet zresztą, toczących się po drogach prawie kołowych, przeobrażanie to jednéj formy energii w drugą jest nieznaczne tylko, występuje natomiast silnie u komet biegnących po wydłużonych, bardzo eliptycznych drogach; w sąsiedztwie słońca potężną jest energia cynetyczna, w najbardziéj zaś oddalonych okolicach sunie kometa zwolna jak pocisk, gdy się do krańcowych punktów swéj drogi zbliża i zasób swéj energii w poten-

cyalnéj już tylko formie zawiera. W biegu wahadłowym ciągłe to przetwarzanie jednéj formy w drugą jest wprost widoczne.

W chwili bowiem, gdy wahadło przez środkowe swe położenie przechodzi, wszystka jego energia zawiera się w ruchu, który je wbrew działaniu ciężkości w górę przenosi; gdy natomiast wahadło dobiega skrajnego swego położenia po jednéj lub drugiéj stronie, wszystek zasób energii złożony jest w formie potencyalnéj, która w czasie biegu stopniowo się w energię cynetyczną, w energię ruchu przeobraża.

III.

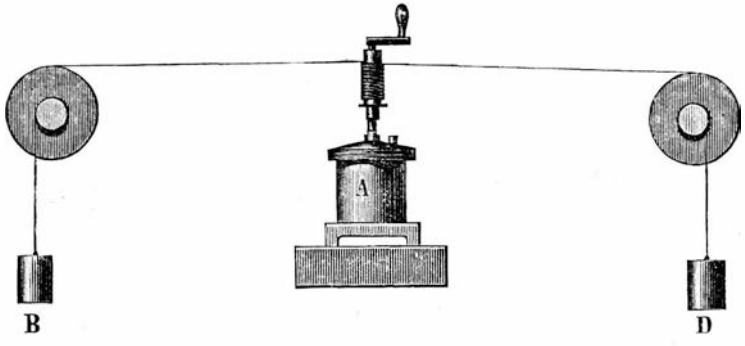
Historya jednak pocisku rzuconego w górę, jakeśmy ją wyżéj rozbierali, nie może w nas jeszcze wzbudzić przekonania o zachowaniu energii. Jeżeli bowiem pocisk ten, wracając na dół, uderza o pal osadzony w ziemi, to może zagłębić go silniéj i w tym razie niewątpliwie wykona pewną pracę, energia jego zatracie nie ulega. W najpospolitszych i najliczniejszych wszakże przypadkach nie przedstawiają się zgoła warunki tak korzystne do wykonania pracy; oto spadł on na głaz, którego nie rozbił ani nie poruszył, nie wykonał żadnéj zgoła dostrzegalnéj pracy, a przecież utracił wszelką swą energię, źródło działalności, jaką mógł ujawniać, zatamowało się bezpowrotnie. W przypadku więc jednym energia ocalała, w drugim zaginęła; zasada zachowania energii zależałaby zatém tylko od przypadku, od okoliczności ubocznych, korzystnych dla niéj lub niekorzystnych.

Ale przyroda działa według praw statecznych, które nie dopuszczają wyjątków; co się nam igraszką jéj wydaje, jest to tylko niedostateczną tych praw znajomością. Utrata energii jest pozorną tylko: głaz uderzony, na którym żadnéj nie dostrzegamy zmiany, wiemy to dobrze—rozgrzał się wskutek tego uderzenia. Stracona na pozór energia ruchu widzialnego przetworzyła się tu w inną jéj formę, przeobraziła się w ciepło. Spostrzeżenie to stare jest jak świat, ale wniosek, o którym mowa, jest dziełem najnowszych dopiero czasów.

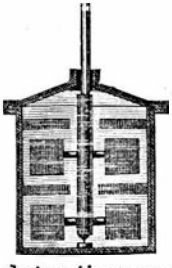
Wniosek ten wymaga oczywiście potwierdzenia. Rozgrzewanie uderzających się ciał może to tylko objaw uboczny, z istotą rzeczy niezwiązany; jeżeli zaś mamy tu do czynienia z istotném przeobrażeniem energii, zachodzić winien związek liczebny między pracą na uderzenie się ciał wyłożoną, a ciepłem przez uderzenie

to wzbudzoném. Pojęcie i wykazanie tego związku stanowi epokę w dziejach nauki. Termometr, choć go po polsku ciepłomierzem nazywamy, miary ciepła bezpośrednio nie daje; w dwu bowiem obocznych pokojach wskazywać on może jednaki stopień ciepła, lubo na ogrzanie pokoju większego wytworzyć należało oczywiście większą ilość ciepła. Za jednostkę do oceny ilości ciepła zgodzono się przyjąć tę jego ilość, jakiéj wymaga ogrzanie jednego kilograma wody o 1° C. Gdy dziesięć kilogramów wody, tylko co ze stopienia lodu otrzymanéj, ogrzejemy aż do zawrzenia, zatém o 100° C, zabierze ona tedy tysiąc takich jednostek ciepła, które krótko ciepłostkami nazywany.

Dla wykazania więc zależności liczebnéj pracy i ciepła przeprowadzono liczne i rozmaite doświadczenia; zawdzięczamy je głównie Joule'owi, a najbardziéj niejako z nich typowe objaśnia załączona rycina.



W naczyniu miedzianém A osadzony był na osi szereg łopatek mosiężnych, umieszczonych w sposób wskazany na rycinie drugiéj, przedstawiającéj naczynie A w przecięciu; łopatki wprawiane być mogły w ruch przez spadek ciężarów B i D, połączonych sznurami z osią przyrządu, co rycina pierwsza uwidocznia. Naczynie A napełnione było wodą, która tedy ogrzewała się skutkiem tarcia powodowanego obrotem łopatek. Powstające ztąd tarcie sprowadzało ogrzewanie się wody. Ciężar spadającéj bryły i wysokość, z jakiéj zbiegała, dawały miarę pracy wyłożonéj; znana ilość wody i stopień jéj ogrzania pozwalały ocenić ilość wytworzonego ciepła. Rezultat doświadczenia okazał się



zawsze jednakim: dla wytworzenia jednéj ciepłostki trzeba było użyć 424 kilogrammetrów pracy.

Nie poprzestano na jednéj tylko metodzie badań, ale korzystano ze wszelkich dróg, które do celu tego doprowadzić mogły; odwoływano się do najrozmaitszych objawów, przy których dostrzedz się daje przemiana pracy w ciepło, a rezultaty wypadały zawsze zgodne. Użyto téż i drogi odwrotnéj, śledzono przeobrażanie się ciepła w pracę w machinach parowych, i znów stwierdzono, że jedna ciepłostka wytwarza 424 kilogrammetrów pracy. Przebiegając zaś historyę gazów, mieliśmy sposobność poznać metodę, którą Mayer wcześniéj jeszcze, aniżeli Joule, zasadę równoważności pracy i ciepła wykazać zdołał.

Cały ten szereg pamiętnych badań uzasadnia i utwierdza domysł o przeobrażeniu się widocznéj energii ruchu w ciepło. Gdy praca ginie pozornie, występuje równoważna jéj ilość ciepła. Ciepło jest więc pewną tylko formą energii, a owa liczba 424 jest wyrazem téj równoważności, jest to równoważnik mechaniczny ciepła, albo, jakby raczéj mówić należało, równoważnik mechaniczny ciepłostki. Równoważność pracy mechanicznéj i ciepła jest tylko szczególnym przypadkiem ogólnéj zasady zachowania energii, ale przypadkiem najważniejszym i najbardziéj uderzającym. Ciepło jest pewną formą energii, jest przeobrażeniem ruchu i samo zatém objawem pewnego ruchu być winno, ruchu niedostrzegalnego, zatém ruchu molekularnego, ruchu najdrobniejszych cząsteczek, a rodzaj tego ruchu zespolony jest najściśléj z wewnętrzną budową materyi. W ten sposób mechaniczna teorya ciepła, na równoważności téj oparta, toruje drogę do najtajniejszych skrytek przyrody, jak to nam wykazała „historya gazów“. Dzieje tego ustępu wiedzy datują zaledwie od lat pięćdziesięciu, a na jéj kartach wypisali swe nazwiska: Mayer, Joule, Helmholtz, Clausius, William i James Thomsonowie, Rankine, Tait, Andrews, Maxwell i inni jeszcze.

IV.

Przeobrażenia energii, jakie rozpatrywaliśmy w biegu pocisku, niemniéj wyraźnie występują w objawach cieplikowych. Bryłę lodową o temperaturze 0° złóżmy obok ciała cieplejszego, obok pieca rozgrzanego, albo téż umieśćmy ją w masie gorącego oleju. Lód się topi, nie ogrzewając się zgoła; ciepło, które otrzymuje, uta-

ja się, jak mówiono dawniéj, czyli, jak to dziś rozumiemy, zużywa się jedynie na pokonanie spójności cząstek, na wykonanie pracy wewnętrznéj; wzmaga się energia potencyalna lodu, a raczéj wody ze stopienia jego powstałéj, tak jak energia ciała wznoszonego w górę. Olej natomiast stygnie, temperatura jego się obniża, ruch jego cząstek słabnie, cynetyczna ich energia maleje: energia cynetyczna jednego ciała przechodzi w energię potencyalną drugiego. Woda powstała ze stopienia lodu, przy dalszém zetknięciu z gorętszym jeszcze od niéj olejem, ogrzewa się, temperatura jéj podnosi się, wzmaga się ruch jéj cząsteczek, wzrasta jéj energia cynetyczna. Z ogrzewaniem się wszakże wody połączoném jest i jéj rozszerzanie, układ jéj cząstek ulega zmianie; po części tedy przynajmniéj wzmaga się i jéj energia potencyalna, wszystko to kosztem energii oleju. Gdy w chwili ogrzania się wody do 100° oléj posiada jeszcze temperaturę wyższą, masa wody zamienia się w parę; w procesie tym temperatura jéj znów zgoła się nie podnosi, ciepło znów się utaja, wszystka energia wyłożona przez dalszą utratę ciepła oleju przechodzi tu znów na wzmożenie energii potencyalnéj pary, na pracę wewnętrzną i zewnętrzną, na przezwyciężenie sił międzycząsteczkowych, istniejących jeszcze w cieczy, i na pokonanie ciśnienia atmosferycznego przy znacznem powiększeniu się objętości cieczy podczas jéj parowania.

W całym tym przebiegu olej ostygł, utracił znaczny zasób swéj energii, który się przeniósł na parę wodną, bądź to w postaci energii potencyalnéj, bądź cynetycznéj. Stopienie jednego kilograma lodu wymaga 79 ciepłostek, ogrzanie wody od 0° do 100° oczywiście 100 ciepłostek, zamiana wreszcie wody w parę aż 537, razem zatém ilość energii przez parę zyskana ocenia się na 716 ciepłostek, co znów w jednostkach pracy stanowi 716×424, czyli przeszło 300000 kilogrammetrów. Olbrzymi ten zasób energii jednego kilograma pary złożony jest w niéj bądź jako energia cynetyczna, ujawniająca się w jéj temperaturze, bądź jako energia potencyalna, polegająca na wzajemném ułożeniu jéj cząsteczek. Energię tę para oddaje, skraplając się i oziębiając, i możemy jéj wtedy użyć bądź bezpośrednio w postaci ciepła, bądź przeobrażając ją w pracę za pośrednictwem motorów parowych.

Para więc, gdy machiny nasze w ruch wprawia, lub wozy nasze pędzi, odegrywa tylko rolę pośrednika przy przeobrażaniu energii ciepła w pracę mechaniczną, a gdy się człowiek z pośrednictwa tego korzystać nauczył, zdołał do celów swych nagiąć siłę, która się tak długo przed nim taiła. Przez długie wieki posługi-

wać się umiał ledwie słabą i niestateczną siłą wiatrów i wód bieżących; moc materyalną zdobył dopiero człowiek nowożytny, gdy potęgę ognia ujarzmić zdołał.

V.

Gdy pocieramy zapałkę, przeobrażamy w rzeczywistości pracą mechaniczną w ciepło, głównem wszakże źródłem ciepła jest zachodzący przy tém objaw palenia się ciał. Od stu lat wiemy, że istota tego procesu polega na łączeniu się chemicznem ciała płonącego lub jego pierwiastków z tlenem; skoro tedy działania chemiczne wytwarzają ciepło, stanowią więc również źródło energii.

Łączenie się chemiczne ciał wymaga oczywiście zbliżenia, skupienia rozdzielonych poprzednio, różnorodnych atomów. Atomy, które poruszały się zgoła niezależnie jedne od drugich, po połączeniu się wzajemném, skupione w jednę cząsteczkę, mogą odbywać ruchy w ciaśniejszych już tylko granicach, Gdy węgiel płonie, z atomów węgla i tlenu powstają cząsteczki kwasu węglanego; wyobrazić tu sobie wolno, że atomy węgla wystawione są jakby na bombardowanie atomów tlenu, a jak przy każdém zwykłém uderzaniu praca mechaniczna przeobraża się w ciepło, tak tu mamy zamianę, powiedzieć można, pracy chemicznéj w ciepło.

Jaśniejszém wyda nam się to jeszcze, gdy wyobrazimy sobie, że idzie o rozdzielenie chemicznie związanych atomów, że cząsteczkę kwasu węglanego rozerwać mamy na węgiel i na tlen; trzeba tu oczywiście użyć znacznego nakładu pracy, aby pokonać wzajemne przyciąganie się cząsteczek, które zmusza je do poruszania się w oznaczonych tylko granicach. Potrzebny do tego zasób pracy dostarczymy im najdogodniéj w postaci ciepła; rozkład więc związków chemicznych wymaga doprowadzenia z zewnątrz ciepła które tu przechodzi w pracę chemiczną.

Przy łączeniu się tedy ciał następuje w ogólności wywiązywanie, przy rozkładzie ich wiązanie się ciepła; jest-to zasada równoważności pracy chemicznéj i ciepła, odpowiadająca zupełnie równoważności pracy mechanicznéj i ciepła; ilość ciepła, wywiązująca się przy jakimkolwiek procesie chemicznym, stanowi miarę wykonanéj przy tém pracy chemicznéj.

Powinowactwo chemiczne ciał różnorodnych jest energią potencyalną, jest siłą prężną, do działania gotową. Jak w ciężarze na podporze złożonym, tak i w rozdzielonych atomach węgla i tle-

nu mamy przechowany zasób pewien pracy; ujawni się on, skoro usuniemy tamujące działanie jego przeszkody. Gdy szło o ciężar podniesiony w górę, przeszkodą taką była podpora; gdy mowa o energii chemicznéj, przeszkody są innéj natury. Aby atomy i cząsteczki uledz mogły złożonéj w nich energii potencyalnéj, występującéj tu w postaci powinowactwa chemicznego, muszą być rozmieszczone swobodnie i znaleść się w sąsiedztwie atomów i cząsteczek innego ciała; obie zatém części składowe, wchodzące w związek, winny być przeprowadzone w stan znacznego rozdrobnienia, pospolicie przez rozpuszczenie lub stopienie, a często i ogrzane dla podsycenia ruchu atomów i cząsteczek. Wtedy dopiero siła prężna, czyli energia potencyalna powinowactwa chemicznego ujawnić się może i przechodzi w siłę żywą, która tu jako ciepło występuje.

Analogię z ciężarem daléj prowadzić możemy. Im kamień wyżéj wzniesiony został, tém wyższy przechowuje zasób pracy; a spadając z bardziéj wyniesionego położenia, przebiedz ma drogę większą, osiągnie więc przy spadku znaczniejszą chyżość, rozwinie wyższą siłę żywą: siła ta żywa spadku jest miarą energii potencyalnéj w ciężarze owym przechowywanéj. Energią potencyalną, która się przy procesach chemicznych objawia, jest powinowactwo chemiczne,—im jest ono silniejszém, tém większą wytworzyć może siłę żywą, tém znaczniejszą ilość ciepła wzbudzi. Wypływa ztąd, że ciepło, wywiązujące się przy oddziaływaniach chemicznych, stanowi miarę powinowactwa chemicznego łączących się substancyj.

W ten sposób uwagi powyższe prowadzą do doniosłych wniosków teoretycznych; powinowactwo chemiczne, które poprzednio stanowiło pojęcie, wymykające się jasnemu określeniu, nabiera znaczenia ścisłego, staje się siłą, któréj wielkość ocenić się daje z ilości wywiązującego się przy połączeniach ciepła.

Dawno już, zanim rozumiano teoretyczne tych objawów znaczenie, starano się poznać ilość ciepła, wywiązującego się przy reakcyach chemicznych. Metody do tego celu służące, jakkolwiek różne w przeprowadzeniu, polegają na jednéj zasadzie. Gdy idzie np. o ciepło powstające przy spaleniu węgla, to jest przy połączeniu się jego z tlenem, palimy odważoną jego ilość w kalorymetrze tak urządzonym, że gaz, będący wytworem tego spalenia, przebiega przez rurę w wężownicę skręconą, która się mieści w odważonéj również ilości wody. Gdy zachowano tu wszelkie ostrożności, aby powstałe ciepło nie ulegało ubocznéj stracie, wtedy wszystko przechodzi wyłącznie na ogrzanie powyższéj ilości wody, a z przy-

rostu jéj temperatury obliczy się ilość wytworzonego ciepła. W taki sposób z doświadczeń Lavoisiera, Favre'a i Silbermanna, Andrewsa, Thomsona i innych okazuje się, że spalenie kilograma wodoru wytwarza około 34000 ciepłostek, czyli wydaje ilość ciepła, wystarczającą do ogrzania 34000 kilogramów wody o 1°, albo, co na jedno wychodzi, 340 kilogramów o 100°. Kilogram węgla przy spaleniu wydaje znacznie już mniejszą ilość ciepła, około 8000 ciepłostek.

Liczby te mówią jasno, jak olbrzymi zasób energii przechowuje się w formie powinowactwa chemicznego. Połączenie jednego kilograma wodoru z tlenem wytwarza 34000 ciepłostek, czyli, na zasadzie równoważności ciepła i pracy, 34000×424, t. j. około 15 milionów kilogrammetrów; podobnież w każdym kilogramie węgla przygotowanych mamy, w postaci powinowactwa chemicznego względem tlenu, około $3^1/_2$ milionów kilogrammetrów pracy mechanicznéj.

Znaczenie praktyczne liczb tych okazuje się już z tego, że wszystkie nasze materyały opałowe są związkami węgla i wodoru; pod względem teoretycznym, na zasadzie wniosków poprzednio wyprowadzonych, stanowią one miarę siły powinowactwa chemicznego, występującego pomiędzy wodorem lub węglem z jednéj, a tlenem z drugiéj strony.

Rezultatem połączenia wodoru z tlenem jest woda, węgla z tlenem kwas węglany. Jak przy wiązaniu się atomów różnorodnych wzbudzała się siła żywa w postaci ciepła, tak znów dla rozerwania ich związku, dla rozłożenia wody lub kwasu węglanego, trzeba ponieść odpowiedni nakład pracy, który przeto dla wody czyni 15, dla kwasu węglanego $3^1/_2$ miliony kilogrammetrów; praca ta, ponieważ tu idzie o działanie na najdrobniejsze cząsteczki, dostarczoną być winna w postaci siły żywéj, polegającéj na ruchu najdrobniejszych cząstek, to jest w postaci ciepła. Jak łączeniu się chemicznemu ciał towarzyszy wywiązywanie się, oswobadzanie ciepła, tak znów rozkład następuje ze stratą, z wiązaniem się ciepła.

W tych właśnie ilościach ciepła poznaliśmy miarę siły powinowactwa chemicznego; zestawienie to nauka zaliczyć może do rzędu najważniejszych swych tryumfów. Siła niedawno jeszcze zagadkowa staje się zrozumiałą, ulega ona ogólnéj zasadzie zachowania energii, jest tylko pewną jéj formą, przeobrażać się może w inne siły.

Tryumf ten wszakże na nieszczęście nie jest tak pełny, jak się w obrazie powyższym przedstawia; wywody nasze zbyt były śmiałe, zbyt pośpieszne przynajmniéj. Wszystka ilość ciepła, jaka się przy powstawaniu wody wywiązuje, t. j. 34000 ciepłostek w okrągłéj liczbie, nie tworzy się kosztem wyłącznie tylko powinowactwa chemicznego; zachodzą tu jeszcze działania uboczne, połączone również z objawami ciepła. Skoro mięszanina gazowa tlenu i wodoru po piorunującym wybuchu, który objawowi temu towarzyszy, przejdzie w parę wodną, objętość gazów natychmiast ulega zmniejszeniu; para ta, stygnąc, oswobadza ciepło, uwalnia je także, gdy w wodę się skrapla. Okoliczności te fizyczne dobrze są znane i pod rachunek łatwo podciągnąć się dają, a po ich wytrąceniu na karb samego już tylko powinowactwa chemicznego pozostaje 29000 ciepłostek. Czy jednak i tak zredukowaną liczbę wolno już naprawdę uważać za miarę powinowactwa?

Zjawisko łączenia się ciał różnorodnych nie zachodzi w sposób tak prosty, jakeśmy to wyżéj dla większéj jasności przedstawili; nie polega ono li tylko na wzajemném rzucaniu się ku sobie cząsteczek, na wiązaniu się swobodnych już zupełnie atomów. I w ciałach zupełnie jednorodnych, w pierwiastkach, atomy nie są rozrzucone luźno, ale wiążą się w skupienia, w cząsteczki czyli molekule. Chemia ma dowody wyraźne, że najdrobniejsza cząsteczka wody składa się z dwu atomów wodoru i jednego atomu tlenu i według symboliki swéj oznacza ją jako H_2O. Aby cząsteczka więc wody powstać mogła, nie dosyć, by atom tlenu uderzył o cząsteczkę wodoru,—musiał się on najpierw oswobodzić ze ścisłego związku, w jakim zostawał z drugim, pobratymczym atomem tlenu. Jeżeli pozwolimy tu sobie, dla uproszczenia, użyć symbolicznéj mowy chemika, to powiemy, że tworzenie się wody nie da się przedstawić przez równanie prostego połączenia $H_2 + O = H_2O$, ale jest następstwem przebiegu bardziéj zawiłego:

$$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\} + \left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\} + \left.\begin{matrix}O\\O\end{matrix}\right\} = \left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\} O + \left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\} O$$

co znaczy, że dwie cząsteczki wodoru z jedną tlenu wydają dwie cząsteczki wody.

Połączenie przeto, o którém tu mowa, poprzedzoném być musi przez rozpad cząsteczki tlenu, a rozerwanie to wymaga nakładu pracy, ciepła; ostateczny więc rezultat, wyrażający się w oswobodzeniu 29000 ciepłostek, jest różnicą między ilością ciepła wywią-

zującą się przy połączeniu atomów wodoru i tlenu, a ilością ciepła potrzebną do rozerwania tlenu.

Tak samo powstawanie np. kwasu solnego z chloru i wodoru nie da się uzmysłowić prostym wzorem H + Cl = HCl, ale przedstawia się wyrażeniem:

$$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\} + \left.\begin{matrix}Cl\\Cl\end{matrix}\right\} = \left.\begin{matrix}H\\Cl\end{matrix}\right\} + \left.\begin{matrix}H\\Cl\end{matrix}\right\}$$

co znaczy, że cząsteczki wodoru i chloru winny się najpierw rozbić na swobodne atomy, zanim te ostatnie związą się w nowe cząsteczki kwasu solnego (chlorowodornego). Wywiązujące się przeto przy powstawaniu kwasu tego ciepło stanowi: ilość ciepła rozwijającą się skutkiem połączenia wodoru z chlorem, zmniejszona o tę ilość, jaka się zużywa na rozkład cząsteczek wodoru i chloru.

Przytoczyliśmy tu przykłady najprostsze, w innych razach proces o wiele bardziéj być może zawiłym. Dostrzegamy więc tylko rezultat ogółowy, stanowiący sumę licznych objawów szczegółowych, fizycznych i chemicznych, których po większéj części ująć oddzielnie nie potrafimy. Ilość przeto ciepła, oswobadzająca się przy powstawaniu danego związku, uważaną być może za względną jedynie miarę sił fizycznych i chemicznych, przy procesie tym występujących, z któréj istotna wielkość wchodzącego tu głównie w grę powinowactwa chemicznego odcyfrować się dokładnie nie da. I w tym jednak zakresie dane powyższe przedstawiają ważne znaczenie, rozświetlając niejednę zagadkę w przebiegu procesów chemicznych.

Tak przedewszystkiém ostatnie uwagi podają tłómaczenie téj osobliwéj napozór sprzeczności, że niektóre połączenia chemiczne zachodzą nie z wywiązywaniem, ale owszem z pochłanianiem ciepła. Zjawisko takie następuje np. przy powstawaniu tlenku azotu; utratę ciepła zrozumiéć tu możemy, skoro zgodzimy się na to, że ciepło potrzebne do rozszczepienia cząsteczek tlenu przewyższa znacznie ciepło wywiązujące się skutkiem łączenia atomów azotu i tlenu, co innemi słowy znaczy, że powinowactwo cząstek azotu i tlenu jest słabszém aniżeli siła, z jaką trzymają się atomy tlenu między sobą. Jeżeli domysł ten jest słuszny, to nawzajem rozkład tlenku azotu połączonym być winien z wywiązywaniem się ciepła; znajduje to rzeczywiście poparcie w tym dawniéj już znanym fakcie, że spalenie węgla w tlenku azotu wytwarza znaczniejszą ilość ciepła, aniżeli w czystym tlenie.

Podobnież utratę ciepła poznano przy powstawaniu acetylenu z węgla i wodoru, lub cyanu z węgla i azotu; utrata ta dziwić nas nie będzie, skoro zważymy, że utworzenie się tych związków wymaga, aby cząsteczki węgla przeszły najpierw w stan lotny i rozszczepiły się w oddzielne atomy, co pochłania znaczne ilości ciepła. Gdziekolwiek więc przy łączeniu się ciał zachodzi podobny, ujemny objaw, przyczyny tego dopatrywać należy w działaniach ubocznych, drugorzędnych; istotne łączenie się ciał zawsze prowadzi za sobą wywiązywanie, rozkład ich pochłanianie równoważnéj ilości ciepła, jak to po raz pierwszy w całéj ogólności wypowiedział Thomsen.

Dział ten wiedzy, który mówi o wzajemnych stosunkach, jakie zachodzą pomiędzy objawami ciepła a działaniami chemicznemi, otrzymał nazwę termochemii. Zasób znanych faktów, tyczących się wywiązywania ciepła przy procesach chemicznych, gromadził się od dawna, były to wszakże szczegóły luźne, niezwiązane. Jak buchalter wszelkie zagadkowe, niezwykłe wpływy zaznacza tymczasowo w rubryce rachunków do uregulowania, zanim je na właściwych miejscach zaksięgować potrafi, tak i w nauce fakty znajdują swe miejsce, skoro je ona ująć zdoła w ogólne prawo, skoro je wspólną teoryą zwiąże. W ogólném zbiorowisku szczegółów i drobiazgów teorya ustala ład i porządek, fakty odrębne łączy we wspólną całość; takie więc znaczenie przypada termochemii,— wsparłszy się na zasadzie zachowania energii, zadziergnęła nowy węzeł między fizyką a chemią. Nauki te łączą się w setnych punktach, wspomagają się i uzupełniają nawzajem, ale najistotniejsze swe zetknięcie znalazły w termochemii: nie jest to przypadkowe splątanie się gałęzi, pod wpływem pokrewnych i wspólnych soków drzewa zrastają się tu pniami swemi.

VI.

Oznaczenie, za pomocą doświadczeń bezpośrednich, ilości ciepła towarzyszących różnym procesom chemicznym, napotyka często nieprzezwyciężone trudności; okoliczność taka zachodzi mianowicie, gdy reakcya przebiega zbyt wolno, lub gdy powstające utwory zbyt są niestateczne i rozpadają się znów szybko. W takich razach, aby otrzymać dane tyczące się objawów cieplikowych, uciekać się trzeba do dróg pośrednich. Użycie dróg takich umożebnia inna zasada termochemiczna, którą również oprzeć możemy

na analogii z podniesionym ciężarem. W ciężarze tym, jak już dobrze wiemy, złożony mamy pewien zasób energii, która się ujawnia przy jego spadku. Gdy na drodze swéj napotyka podporę niżéj umieszczoną i na niéj się zatrzyma, zachowa on zasób energii już mniejszy; strata zależy od różnicy wysokości obu stanowisk, i to li tylko od téj różnicy. Strata ta będzie zawsze jednakową, czy to ciężar zbiegł po linii prostéj, czy przesunął się po desce pochyłéj, czy opisał jakąkolwiek drogę krzywą, czy wreszcie zniesiono go z przegrody górnéj na ziemię, by następnie podnieść go znowu na przegrodę dolną: strata energii jest jedynie wynikiem różnicy, jaka zachodzi między położeniem początkowém a końcowém, nie zależy zgoła od dróg pośrednich, jakie ciężar ten przechodził.

Cośmy tu o energii mechanicznéj powiedzieli, odnosi się słowo w słowo i do energii chemicznéj. Jeżeli więc mamy jakikolwiekbądź system ciał prostych lub złożonych i poddajemy go rozmaitym przeobrażeniom chemicznym lub fizycznym, to zachodzące przy tém wywiązywanie lub pochłanianie ciepła zawisło jedynie od początkowego i końcowego stanu danego systemu, ale nie zależy zgoła od rodzaju i następstwa przeobrażeń pośrednich. To znaczy, że gdy z trzech pierwiastków A, B i C utworzyć mamy związek, to pod względem objawów ciepła jest rzeczą obojętną, czy łączymy najpierw A z B, a następnie z C, czy téż najpierw A z C a następnie z B, czy téż naraz wiążemy w całość A, B i C. Zasadę tę poprzéć by można licznemi przykładami, a, jak powiedzieliśmy, odwołujemy się do niéj, gdy doświadczenie bezpośrednie przeprowadzić się nie daje.

Idzie, dajmy, o to, aby oznaczyć, ile potrzeba jednostek ciepła do wypalenia gipsu, czyli do usunięcia wchodzącéj w skład jego wody krystalicznéj. Wodę tę gips traci tak powolnie, że żądanéj ilości ciepła bezpośrednio oznaczyć niepodobna, a zarówno niemożliwą jest i droga odwrotna, to jest oznaczenie ilości ciepła wywiązującéj się przy łączeniu z wodą gipsu palonego; trzeba więc uciec się do drogi pośredniéj. Rozpuszczamy tedy w wodzie gips palony i gips niepalony i obserwujemy zachodzące w obu razach objawy cieplikowe. Wychodzimy tu przeto z dwu różnych stanów początkowych, a dochodzimy do jednego stanu końcowego; różnica więc zaobserwowanych w obu razach objawów cieplikowych daje nam ilość ciepła potrzebną do przeprowadzenia jednego stanu początkowego w drugi, zatém gipsu niepalonego w palony.

Otóż według badań Hessa rozpuszczenie jednego kilograma gipsu palonego oswobadza 21,76 ciepłostek, rozpuszczenie zaś ta-

kiéjże ilości gipsu krystalicznego, zatém zawierającego wodę, pochłania 4,41 ciepłostek. Ponieważ w pierwszym razie mamy wywiązywanie, w drugim zaś utratę ciepła, różnica przeto obu objawów wyrazi się sumą obu powyższych liczb, 21,76 + 4,41, — co znaczy, że do wypalenia kilograma gipsu trzeba 26,17 ciepłostek. Liczbie téj nadać można zresztą znaczenie bardziéj dostępne, w praktyce bowiem pytać będziemy najczęściéj nie o to, ile ciepłostek wytworzyć należy do wypalenia stu, dajmy, kilogramów gipsu, ale ile węgla w tym celu zużyć trzeba. Odpowiemy na to, skoro przypomnimy sobie, o czém nadmieniono wyżéj, że spalenie kilograma węgla wzbudza około 8000 ciepłostek; aby wytworzyć przeto 2617 ciepłostek, potrzebnych do otrzymania stu kilogramów gipsu palonego, wystarcza 2617 : 8000 czyli około trzeciéj części kilograma węgla; kosztem więc jednego funta węgla wypalić można z górą 250 funtów gipsu, — ale, dodać należy, w piecu, któryby umożebniał zużytkowanie wszystkiego ciepła, bez żadnéj zgoła straty. Do doskonałości takiéj piecom naszym jeszcze daleko.

Przytoczymy tu inny jeszcze przykład zastosowania zasady termochemicznéj, o któréj teraz mówimy. Dulong, jeden z dawniejszych pracowników na polu kalorymetryi, wyraził pogląd, że przez spalenie jakiegokolwiek związku chemicznego otrzymujemy tyleż ciepła, co przez oddzielne spalenie jego części składowych. Pogląd ten utrzymywał się długo, łatwo dostrzedz jednak, że jest on teoretycznie błędny; gdy bowiem raz spalamy oddzielnie pierwiastki A, B, C, a drugim razem związek ich ABC, ciepła wywiąże się mniéj o tę jego ilość, jaka się wytworzyła już przy łączeniu danych pierwiastków między sobą. Wniosek ten potwierdziły rzeczywiście badania Hessa, oraz Favre'a i Silbermanna; gaz błotny (CH_4) np. przy spaleniu wydaje 12000 ciepłostek, gdy przez spalenie węgla i wodoru w ilościach, w jakich w związku tym zachodzą, otrzymujemy ich 14600. Widzieliśmy jednak, że powstawanie innego węglowodoru, etylenu, połączone jest z pochłanianiem ciepła; dla tego téż, jak łatwo przewidzieć, spalenie jego staje się źródłem większéj ilości ciepła, aniżeli oddzielne spalenie węgla i wodoru.

VII.

Dla zrozumienia objawów, z zasady zachowania energii bezpośrednio wypływających, ważne ma znaczenie ta prosta uwaga,

że ciężar w górze, na podporze umieszczony spada sam przez się, skoro tylko podpora owa usuniętą zostanie; wznieść go jednak znów w górę bez nakładu pracy nie można. Zupełnie tak samo ciepło z ciała o wyższéj temperaturze samo przez się, przez promieniowanie lub przewodnictwo, przejść może do ciała posiadającego temperaturę niższą, znów jednak bez nakładu pracy nie da się przeprowadzić z ciała zimniejszego do cieplejszego. Toż samo powtarza się zupełnie i w dziedzinie objawów chemicznych; skoro połączenie chemiczne, po zbliżeniu pierwiastków, po ożywieniu ich ruchu cząsteczkowego, jedném słowem, po usunięciu tamujących przeszkód, raz się rozpoczęło, trwa już samo daléj, przy ciągłém wywiązywaniu ciepła; rozkłady zaś chemiczne nie dokonywają się same przez się, dla przeprowadzenia ich trzeba nakładu pracy, ciepła. Co tu mówimy o połączeniach chemicznych, przyjmować zresztą należy z ograniczeniem wyżéj przytoczoném, zachodzić bowiem mogą i połączenia, którym pochłanianie ciepła towarzyszy. Gdy zjawisko przebiega szybko, a tem samém znaczne ilości ciepła wywiązują się nagle, temperatura podnosi się do znacznéj wysokości; takie reakcye chemiczne przebiegają w sposób burzliwy, a niekiedy połączone są z gwałtownemi wybuchami, jak to ma miejsce przy zapaleniu prochu lub przy połączeniu tlenu z wodorem. Działanie natomiast odwrotne, rozkład wody, odbywać się tylko może przy doprowadzeniu ciepła lub innéj formy energii, przebiega więc powolnie, bez wybuchu.

Raz jeszcze odwołać się musimy do zjawisk mechanicznych. Choćby z doświadczeń najprostszych wiadomo, że ciało każde swobodnie zawieszone dąży do zajęcia położenia takiego, w którém znajduje się w równowadze stałéj; ma to miejsce wtedy, gdy środek ciężkości zajmuje położenie najniższe. Ciało więc poruszone wtedy dopiero do statecznéj dojdzie równowagi, gdy środek jego ciężkości przebiegnie drogę wiodącą go do położenia najniższego, gdy poniesie ono największą, jaka przy danych warunkach jest możliwa, utratę energii, gdy wykona największą możliwą pracę. Gdy zasadę tę, którą zresztą w daleko ogólniejszy sposób wyrazićby można, odniesiemy do atomów, poruszających się pod wpływem sił powinowactwa chemicznego, to możemy wyprowadzić wniosek, że dążą one do wytworzenia takiego związku, przy którym następuje największa utrata energii, przy którym zatém wywiązuje się największa ilość ciepła.

Znaczenie zasady téj, wyprowadzonéj przez Berthelota, ocenimy łatwo, przy jéj bowiem pomocy możemy z góry przewidzieć

przebieg każdéj reakcyi chemicznéj i przepowiedzieć jéj rezultat. Nie należy wprawdzie zapominać, że na przebieg reakcyi mają wpływ i czynniki drugorzędne, ale i mimo takiego ograniczenia zasada ta wartości swéj nie traci, pozwala bowiem w każdym razie oznaczyć przynajmniéj najprawdopodobniejszy wynik danego procesu.

Tak np. wodór z tlenem tworzyć może dwa różne związki, wodę i nadtlenek wodoru, czyli tak zwaną wodę utlenioną; przy powstawaniu jednak wody wywiązuje się znaczniejsza ilość ciepła, dla tego też przy łączeniu się tych pierwiastków prawdopodobniejszém jest utworzenie się wody, aniżeli wody utlenionéj, a przewidywanie to znajduje potwierdzenie w doświadczeniu.

Powstawaniu chlorowodoru towarzyszy dosyć znaczne wywiązywanie się ciepła, jodowodór natomiast należy do tych związków, których powstawanie połączone jest z pochłanianiem ciepła; dla tego też, gdy wodór, chlor i jod nawzajem na siebie działają, daleko prawdopodobniejszém jest, że dwa pierwsze pierwiastki połączą się między sobą w chlorowodór, aniżeli, że się jodowodór wytworzy. I ten wniosek zupełnie się z doświadczeniem zgadza.

Szczególnie też kłopotu wiele sprawiały chemii reakcye, zachodzące przy działaniu kwasów na sole; na zasadzie dopiero danych termochemicznych zawiłe te okoliczności wyjaśnić się dały. Trudności mają tu źródło w tém, że przy działaniach tych wywiązują się w ogólności nieznaczne tylko ilości ciepła, dla tego na rezultat ostateczny ważny wpływ ma masa użytego ciała. Tak np. kwas azotny, działając w nadmiarze na siarczan sody, wyrugować może kwas siarczany zupełnie z tego ostatniego związku, gdy wszakże występuje w ilościach mniejszych, usuwa go tylko w części. Rozważenie objawów cieplikowych, zachodzących w różnych tych przypadkach, różnice te tłómaczy.

VIII.

Inny szereg przeobrażeń energii napotykamy w organizmie istot żyjących. Nikt zapewne dziś już nie sądzi, by organizm ludzki lub zwierzęcy sam przez się miał możność wytwarzania siły; objawy życiowe stanowią tylko zawiłą sprawę przeobrażeń materyi i energii,—jak materyę, tak i siłę organizm czerpie z zewnątrz. Jak w maszynie parowéj zasób energii chemicznéj, złożonéj w wę-

glu, przeobraża się w ciepło, a w dalszym ciągu w pracę mechaniczną, tak i w istocie żywéj nieprzerwany ciąg tych przemian kolejno następuje. Doświadczenia wykazały bezpośrednio, że przemiana ciepła w pracę za pośrednictwem mięśni zwierzęcych dokonywa się według tegoż samego co wszędzie i zawsze stosunku; równoważność ciepła i pracy trwa tu w swéj mocy: jedna ciepłostka, jak w maszynie parowéj, wytwarza i tu 424 kilogrammetrów pracy.

Praca, jaką wykonywamy, jest przeobrażoném ciepłem, a już od czasów Lavoisiera źródło tego ciepła przestało być tajemnicą. W organizmie, jak w piecach naszych, odbywa się istotne palenie, jakkolwiek nie towarzyszą mu objawy ognia i światła. I co do materyałów nawet opałowych, w obu tych, tak na pozór różnych sprawach, istotnéj niéma różnicy, bo i pokarmy nasze także przeważnie z węgla i wodoru się składają, w jednym i drugim razie głównie też same wytwarzają się produkty spalenia,—kwas węglany i para wodna.

Pod względem składu chemicznego pokarmy nasze rozpadają się na dwie grupy, a to stosownie do tego, czy w skład ich wchodzi, obok węgla i wodoru, azot, czy téż od tego ostatniego pierwiastku są wolne; mamy pokarmy azotowe, jak mięso, i pokarmy bezazotowe,—mączkę, cukier, tłuszcze. W czasach, gdy działał Liebig i kreślił prawa chemii fizyologicznéj, zasada zachowania siły, równoważności ciepła i pracy, znaną jeszcze nie była; wtedy téż mógł ten chemik znakomity przyjąć, że pokarmy azotowe dostarczają organizmowi zwierzęcemu zasobu pracy, bezazotowe zaś są dlań źródłem ciepła. Mniemanie to dotąd jeszcze jest dosyć rozpowszechnione; wobec teoryi mechanicznéj ciepła nie ma ono żadnéj zgoła podstawy, zasób bowiem ciepła złożony w materyałach bezazotowych równie jak w azotowych w pracę przeobrażać się może. Ważność pokarmów bezazotowych podnosi się nawet z tego względu, że spalenie ich, w organizmie czy na zewnątrz organizmu, wytwarza większe ilości ciepła, aniżeli spalenie pokarmów azotowych; co większa, okazało się nawet, że rozkłady ciał azotowych nie wystarczają w wielu razach do wytworzenia pracy, przez organizm zwierzęcy produkowanéj.

Uwagi te przemawiają na korzyść amatorów wegetaryanizmu, bliższe jednak zastanowienie wykazuje niedostateczność pożywienia wyłącznie roślinnego. Nietylko bowiem dostarczany materyał pracy, ale i same jéj narzędzia—mięśnie nasze, zużywają się bezustannie, a są one właśnie z materyałów azotowych zbudowane: odtworzenie ich wymaga odpowiednich części składowych.

Prócz tego substancye azotowe odegrywają ważną rolę przy rozprowadzaniu po naszym organizmie tlenu, bez którego nastąpić nie może palenie, nie wytworzy się ciepło i praca. Pośredniczką bowiem w roznoszeniu tlenu jest krew, a raczéj ciałka krwi, przebiegające po tętnicach całe ciało, a jak i inne substancye pochodzenia zwierzęcego, krew w składzie swoim azot zawiera.

Pokarmy więc azotowe zachowują pełną swą wartość wobec bezazotowych, ale rozróżniać ich w duchu klasyfikacyi Liebiga już niepodobna, odkąd znamy prawa przeobrażania się siły, energii.

IX.

Materyały opałowe naszych ognisk, podobnie jak i substancye pokarmowe naszego organizmu, są to więc ciała zaopatrzone w zasób energii potencyalnéj, złożonéj w nich w formie powinowactwa chemicznego tych ciał do tlenu, w formie zatém rozłączenia chemicznego. Substancye te—drzewo, węgiel, pokarmy—przygotowują się przedewszystkiém w tkankach roślinnych; w roślinach dokonywa się owo rozłączenie chemiczne: one to rozrywają cząsteczki kwasu węglanego i rozbijają je na atomy węgla i tlenu, i w ogólności substancye więcéj utlenione redukują na związki o niższym stopniu utlenienia, które tym sposobem zyskują znów możność następnego przybierania tlenu. Ale jak łączenie się chemiczne ciał jest źródłem energii, tak też rozerwanie związku chemicznego wymaga nakładu energii; rozdzielenie atomów w jednę cząsteczkę związanych dokonywać się może jedynie kosztem na ten cel wyłożonéj pracy. Źródło téj pracy czerpią rośliny z ciepła, nadsyłanego ziemi przez słońce; tę promienistą, żywą, cynetyczną energię przeobrażają one w energię potencyalną i składają w wytwarzanych przez siebie substancyach w formie rozłączenia chemicznego.

Gdy więc pokarmy życie nasze podtrzymują, gdy ogrzewa nas ogień płonącego drzewa, korzystamy tylko z nagromadzonéj i przechowanéj energii słońca.

Działaniu też słońca zawdzięczamy wszystkie siły, któremi przemysł nasz rozporządza. Ma to już miejsce, gdy posługujemy się pracą wołu lub konia; rośliny bowiem, które ich pokarm stanowią, w blasku tylko słońca rozwinąć się mogły. Gdy rozwój motorów parowych wzmógł naszą potęgę przemysłową, usunęło się tylko pośrednictwo zwierząt roboczych, a zasób energii do poru-

szania naszych machin czerpiemy wprost ze świata roślinnego; drzewo, które kosztem słońca wzrosło, przechowało energię jego, jakby w stanie ukrytym, która się przy paleniu oswobadza i w stanie czynnym ujawnia.—Poznano, że w głębi ziemi kryją się zapasy węgla, jako pozostałość drzew, które niegdyś wzrastały bujnie, a przez długie tysiącolecia uległy zbutwieniu i zwęgleniu. W pokładach więc węgla kamiennego, w tych szczątkach dawnego życia roślinnego, odnajdujemy energię, która w postaci promieni słonecznych zbiegła do ziemi o wiele wcześniéj, zanim człowiek na niéj wystąpił.—Ruchy atmosfery są następstwem niejednakiego ogrzewania przez słońce okolic równikowych i biegunowych; obieg wody utrzymuje również słońce, wznosząc ją bezustannie w górę w postaci pary. Słońce jest ostatecznem i wyłącznem źródłem wszelkiéj działalności i wszelkiego życia na ziemi: nietylko cesarz chiński, ale i najuboższy z jego poddanych jest synem słońca.

We wszystkich wierzeniach wybija się pierwotna cześć słońca, dawno już bowiem przeczuwał i pojmował człowiek, że jest ono źródłem wszelkiego życia i wszelkiéj działalności na ziemi, zanim jeszcze rozjaśniła nauka najnowsza, że z niego wszystek swój zasób energii czerpie przyroda ziemska.

Zawsze i wszędzie święciły uroczyście ludy północy tę epokę roku, w któréj słońce przekracza równik niebieski, początek im wiosny zwiastując. Tak długo usuwało się od nich słońce na południe, z dniem każdym coraz drobniejsze łuki na niebie zakreślało, coraz ukośniéj promienie im swoje nadsyłało, jakby już rychło ukryć się miało zupełnie i zgoła się już nad poziom nie wynurzać. Nie odbiegło wszakże tak daleko, powstrzymało bieg swój ku południowi i drogę pierwotną rozpoczęło. Już nocy wciąż ubywało i coraz się wyżéj gwiazda dzienna wzbijała, ale z dalekiego południa ukośnemi promieniami przemarzłéj ziemi rozgrzać jeszcze nie mogła, wciąż jeszcze krępował ją całun zimowy. Teraz dopiero wkracza bryła słoneczna na półkulę północną nieba, powłoka lodowa topnieje, a dzień staje się od nocy dłuższym. To jasność dzienna wygurowała nad pomroką nocną, Ormuzd pokonał Arymana, Izyda odnalazła Ozyrysa, Izrael opuszcza ziemię niewoli, a cała przyroda północna dzień zmartwychwstania święci. Wraca do niéj bowiem słońce, które wedle słów Szekspira (Król Jan, akt III, scena I):

jak alchemista,
Blaskiem możnego oka zmienia lichą,
Błotnistą ziemię w świetną bryłę złota.

X.

Już przed pięćdziesięciu laty starał się Pouillet za pomocą pyrheliometru oznaczyć ilość ciepła, jaką ziemia otrzymuje od słońca. Z doświadczeń tych wypływa, że gdyby atmosfera nie istniała i nie wywierała pochłaniającego swego wpływu, każdy centymetr kwadratowy powierzchni ziemi otrzymywałby w ciągu minuty 1,7633 ciepłostki, zatém $1{,}7633 \times 60 \times 12$ w ciągu doby, a $1{,}7633 \times 60 \times 12 \times 365$ ciepłostek w ciągu roku, zkąd, w dalszym ciągu, obliczyć można ilość ciepła otrzymywaną corocznie przez całą powierzchnię ziemi. Ilość ta ciepła byłaby dostateczną do stopienia olbrzymiéj warstwy lodu, otaczającéj dokoła ziemię na grubości 32 metrów. — Słońce wszakże rozsyła promienie we wszystkich kierunkach, a ziemia, która widziana ze słońca przedstawia średnicę pozorną, wynoszącą ledwie 17 sekund miary kątowéj, odbiera nieznaczną tylko ich część, jednę 2250 milionową. Jeżeli wyobrazimy sobie kulę współśrodkową ze słońcem, a opisaną promieniem wyrównywającym odległości ziemi, słońce na jéj powierzchnię nadsyłałoby ilość ciepła, zdolną do stopienia warstwy lodu, mającéj grubość 64 metrów; a gdyby nakoniec wszystka ta masa lodu skupioną była tuż dokoła słońca, utworzyłaby na niém pokład sięgający na 1547 mil.

Nie trzeba zresztą dodawać, że ocena ta z różnych względów może być tylko nader przybliżoną. Z nowszych badań Langleya wypada, że pochłanianie promieni przez atmosferę ziemską jest daleko znaczniejszém, aniżeli sądzono poprzednio, że ilość ciepła, otrzymywanego w ciągu minuty przez centymetr kwadratowy powierzchni ziemi, należy podnieść co najmniéj do 3 ciepłostek.

Słońce, promieniując, traci bezustannie niepojęte ilości ciepła, winno tedy ulegać ciągłemu stygnięciu, temperatura jego winna się statecznie obniżać. Przypuściwszy, że znamy należycie ilość ciepła, przez słońce wysyłanego, to na téj nawet zasadzie nie potrafimy obliczyć, o ile spada rocznie jego temperatura; różne bowiem ciała posiadają rozmaitą zdolność cieplikową, różne ciepło właściwe, co znaczy, że gdy temperatura ich o jednakową ilość stopni się obniża, ilość ciepła tracą niejednakową. Ale choćby cała masa słońca utworzoną była wyłącznie z wodoru, który najwięcéj do ogrzania wymaga ciepła, a zatém i najwięcéj uwalnia go przy stygnięciu, to, przy obliczonéj wyżéj stracie ciepła przez słońce, temperatura jego w ciągu 5000 lat musiałaby się o 3000° obniżyć, a obniżenie to w dalszym ciągu objawiłoby wpływ swój i w klimacie ziemi. Zabytki wszakże piśmienne człowieka sięga-

ją daléj, niż o pięć tysięcy lat wstecz, a z nich wnieść można, że w krajach, które były widownią pierwszego rozkwitu cywilizacyi, w Indyach, Egipcie, Palestynie, Helladzie, też same drzew gatunki wznoszą w górę swe konary, też same zwierzęta zamieszkują lasy, człowiek w tych samych, co przed setkami wieków, przebywa warunkach klimatycznych, a słońce—grzeje, jak grzało.

Jakżeż więc utrzymuje się zasób jego energii, w jaki sposób wynagradza się bezustanna, a olbrzymia utrata ciepła?—oto pytanie, które słusznie zajmowało fizyków i astronomów od téj chwili przynajmniéj, gdy nabrano jaśniejszych pojęć o istocie ciepła i gdy zrozumiano, że nie może ono z niczego powstawać.

Według Mayera, ciepło słoneczne wywiązuje się skutkiem uderzeń bezustannie na słońce spadających w niezliczonéj ilości meteorytów. Według Helmholtza, rozwinęło się skutkiem ściągnięcia pierwotnéj mgławicy w bryłę słoneczną, a stratę ciepła wynagradza dalsze kurczenie się jego masy,—słońce stygnie, ale idące zatém zmniejszanie się jego objętości staje się stateczném źródłem jego ciepła. Teoryę tę rozważyliśmy już zresztą dokładniéj przy innéj sposobności [1]). Inni poprzestają na odwołaniu się do niesłychanego żaru tajemniczego jądra słońca, zkąd przenoszące się ciepło wynagradzać ma straty, jakich powierzchnia doznaje. Niektórzy, wreszcie, nie mogą pogodzić się z myślą, że wszystek ten niesłychany zasób energii promienistéj, rozpraszany w bezgranicznym oceanie eteru, trwoni się bezowocnie, i starają się wskazać możliwość pewnych dróg, któremiby energia ta znów mogła wracać do słońca, zasilać je i ożywiać.

Ostatnie te hypotezy trudno wszakże dałyby się uzasadnić; przyjąć musimy, że przeważna ilość energii słonecznéj rozbiega się w przestrzeń światową, gdzie bezustannie krzyżują się promienie wszystkich słońc niezliczonych. Związane z tém ujednostajnienie temperatury nazwano rozpraszaniem energii.

Przy takim bowiem jednostajnym rozkładzie energii dalsze jéj przeobrażenie byłoby już niemożliwém; jak woda tylko przez spadek swój z miejsca wyższego pracę wykonywać może, tak téż i ciepło wtedy tylko w pracę przeobrażać się może, gdy z ciała cieplejszego przechodzi do zimniejszego. Nie wszystek przeto zasób energii w ciele zawarty uzdolniony jest do dalszych przeobrażeń; tę zaś część wewnętrznéj energii ciała, która już się nie da

---

[1]) „Czas“, str. 54.

w pracę przeprowadzić, nazwano „entropią“. Zależy ona oczywiście od warunków otoczenia; gdy ciała otaczające ogrzewają się kosztem ciepła, które ciało uważane traci, maleje też zasób jego energii gotowéj do przeobrażeń, entropia zaś jego wzrasta. Gdy ciało to wraz z całem jego otoczeniem jako systemat w sobie zamknięty uważamy, to przy tych przeobrażeniach ogólna ilość energii zmianie żadnéj nie ulega, ani się wzmaga, ani obniża; entropia natomiast całego systematu wciąż wzrasta, bo przy ujednostajnieniu temperatury coraz mniejsza ilość energii do rozporządzenia zostaje. Zasadę tę rozciągnąć można i do świata całego, który przecież właściwie jeden system ciał stanowi; a w takim razie powiemy, że entropia świata dąży do wartości coraz większéj, gdy współcześnie ilość energii do przeobrażeń zdolnéj coraz maleje. Bliżéj wszakże, aniżeli to rozpraszanie energii w wszechświecie, dotyczy nas marnotrawstwo energii przez człowieka.

XI.

Rzeczywiście, zasobami energii, które nam przyroda do rozporządzenia złożyła, szafujemy zbyt nieopatrznie. Jesteśmy jak spadkobiercy, co bogate swe dziedzictwo bez rachunku trwonimy. W postaci drzewa, węgla lub innych produktów przyrody zużywamy o wiele znaczniejsze zapasy energii, aniżeli je ziemia w tymże czasie może wytworzyć. Ile tylko dozwala moc nasza i środki techniczne, wydobywamy z ziemi potężne ilości węgla i wszystko to spalamy, jakby zapasy te były niewyczerpane.

Nieraz już starano się ocenić, jaką obfitość przedstawiać może ogół pokładów węgla, stanowiących, jak wiemy, pozostałość dawnych lasów. Rachunków tych, oczywiście, przeprowadzić nie można nawet w sposób przybliżony, w różnych bowiem okolicach ziemi znajdują się niewątpliwie pokłady dotąd nietknięte i jeszcze nieznane; w niektórych jednak krajach wywnioskować już poniekąd można, na jak długo zasoby wystarczyć mogą. Przed kilkunastu laty obliczył William Siemens, że gdyby obecne zapotrzebowanie węgla w jednakiéj mierze nadal trwało, kopalnie Anglii mogłyby dla niéj starczyć jeszcze na 1100 lat; jeżeli wszakże ilość zużywanego węgla wzrastać będzie nadal w tymże stosunku, co w ciągu ostatnich lat dwudziestu, to kopalnie te wyczerpią się już w ciągu lat 250. Chociaż liczbom tym ścisłości żadnéj przypisywać nie można, to okazują one przynajmniéj niewątpliwie, że osta-

teczny kres węgla nastąpić musi w epoce stosunkowo niezbyt odległéj; idzie tu nie o dziesiątki tysięcy lat, ale o stulecia zaledwie. Gdy zaś kres ten nastąpi, człowiek, pomimo wszelkiego postępu wiedzy, nie zdobędzie nowego źródła energii, ale zawsze zwracać się będzie musiał do słońca i radzić sobie tym zasobem energii, jaki mu ono i w przyszłości promieniami swemi nadsyłać będzie.

Dotąd korzystamy z energii słońca głównie w postaci ciepła, zużywając materyały opałowe, wytwarzające się pod wpływem życia roślinnego; ale energia słońca ujawnia się na ziemi także i bezpośrednio w formie pracy mechanicznéj, w widocznych ruchach wody i powietrza, wiatry bowiem, zarówno jak prądy wód, są dziełem energii promienistéj słońca.

W istocie rzeczy, z działania wiatru korzystamy już od czasów bardzo dawnych, obraca on bowiem młyny i pędzi statki żaglowe, przewidywać zaś wolno, że z potęgi wiatru w przyszłości lepiéj korzystać potrafimy, gdy znaglimy ją do poruszania naszych motorów, zwłaszcza, że pośrednictwo elektryczności daje nam możność usuwania największéj przeszkody, jaką stanowi niestateczność wiatrów. Nadmiar bowiem energii, nagromadzonéj przy wietrze silniejszym, stosować można do ładowania akumulatorów, które ją przechowują na chwile ciszy. W ten sposób już obecnie są domy oświetlone lampami elektrycznemi za pośrednictwem wiatraków, maszyn dynamoelektrycznych i bateryj akumulatorów, a co dotąd jest tylko osobliwością techniczną, zyskać może z czasem znaczenie praktyczne.

Ważniejszą wszakże dla przyszłego rozwoju przemysłu, nad tę niestateczną siłę wiatru, jest energia prądów wodnych. Potężny wodospad równoważyć może bogatą kopalnię węgla, a toż samo tyczy się wartkich strumieni, rzek i potoków. Olbrzymie to źródło energii zdołaliśmy dotąd wyzyskać w sposób bardzo niedołężny zaledwie; niedawno jeszcze posługiwano się jedynie kołami wodnemi pierwotnéj bardzo budowy, w ostatnich dopiero czasach nadano łopatkom postać właściwszą i wprowadzono korzystniejsze turbiny. Pomimo to, miliony metrów sześciennych wody spływają codziennie do mórz, unosząc niewyzyskany swój zasób sił żywych. Zużytkowanie energii wodospadu lub potoku w miejscu, gdzie ją mamy do rozporządzenia, połączoném jest ze znacznemi trudnościami; dzięki wszakże zdobyczom elektrotechniki, niedogodność ta może być usuniętą. Elektryczność bowiem jest to osobliwy, cudowny pośrednik przy wszelkich przeobrażeniach energii, a maszyna dynamoelektryczna daje nam możność „przenoszenia ener·

gii", czyli „przenoszenia pracy", na znaczną odległość. Już teraz widzimy, że przy pośrednictwie maszyn dynamoelektrycznych chłodne fale płynącéj wody topią rudy, pędzą koleje, wytwarzają światło i wykonywają mnóstwo innych prac, o których niedawno niktby jeszcze nie sądził, że działaniem wód spełniane być mogą. Zastosowanie to motorów elektrycznych coraz więcéj niewątpliwie rozwijać się będzie, obawa zaś wyczerpania zgoła tu nie zachodzi, promieniowanie bowiem słońca bezustannie wznosi w górę z rozległéj powierzchni oceanu olbrzymie ilości pary i utrzymuje nieprzerwany obieg wód na ziemi.

Istnieją wszakże inne jeszcze ruchy wody, od obiegu powyższego niezależne, a które przedstawiają najobfitsze na ziemi źródło energii, lubo dotąd zgoła nie umiemy z niego korzystać. Jestto energia, ujawniająca się w przypływach i odpływach oceanicznych; gdybyśmy potężny ten zasób energii pokonać i do usług naszych zastosować umieli, wystarczyłby on do poruszania wszystkich naszych machin, do oświetlania wszystkich lamp i do ogrzewania wszystkich pieców naszych. Wznoszenie się i opadanie wód morskich zawisło wprawdzie od przyciągań księżyca, ostatecznie jednak sprowadzić je należy również do słońca, któremu wszystkie ruchy w układzie planetarnym ulegają. Gdy przyszłe pokolenia znajdą możność zużytkowania tego zasobu energii, wywrzeć to może na dalszy rozwój kultury wpływ potężniejszy, aniżeli wynalazek motorów parowych. W każdym razie samo istnienie człowieka w przyszłości wiąże się z tém, jak dalece zużytkować zdoła energię ruchów wody na ziemi. Gdy obecnie w pierwszym rzędzie czynności naszych mieści się wywiązywanie ciepła, które daléj w pracę mechaniczną przeobrażamy, tak znów w przyszłości może nastręczać się będzie człowiekowi bezpośrednio praca mechaniczna, któréj kosztem dopiero ciepło wytwarzać będzie.

PERPETUUM MOBILE.

Słynna niegdyś sprawa „perpetuum mobile“ dziś zupełnie jest przebrzmiałą i pogrzebaną, a przypomnienie téj nazwy jedynie uczucie lekceważenia w nas budzi; historya jednak nauki przekonywa, że i błędne pomysły, urojenia nawet zupełne, przyczyniały się silnie do powiększania zasobu naszych wiadomości, jeżeli podniecały umysły i do badań usilnych skłaniały. Świadczy o tém zwłaszcza alchemia, wiemy bowiem, że gorliwe poszukiwanie kamienia filozoficznego przygotowało obfity zasób faktów, który utworzył podstawę istotnéj chemii. Podobneż znaczenie przyznać można i zawodnym wysiłkom nad wynalezieniem perpetuum mobile. Fizyka nowa, twierdzą niektórzy, nie rozrosłaby się jeszcze na gruncie, jaki obecnie zajmuje, gdyby w celu wynalezienia perpetuum mobile nie prowadzono doświadczeń, które stanowczo i z pożytkiem dla nauki niemożliwość jego wykazały, a tém samém doprowadziły do zasady zachowania energii.

Pogoń za wynalezieniem perpetuum mobile nie ustała zresztą dotąd zupełnie; są jeszcze ludzie, którzy pomimo wyraźnych prądów dzisiejszéj nauki i techniki, zamiast łożyć usiłowania na korzystanie z gotowych sił przyrody i coraz lepsze ich wyzyskanie, giną i toną w rojeniach bezpłodnych, co już strawiły i zużyły tyle dzielnych i wynalazczych umysłów. W ciągu ostatnich lat dwudziestu we Francyi i w Anglii stu przeszło wynalazców zażądało patentów na rozmaite machiny, które, raz wprawione w ruch, mogłyby się już daléj poruszać do nieskończoności bez udziału jakiéjkolwiek

bądź siły zewnętrznéj. Jeżeli zaś marzyciele tacy rodzą się jeszcze na zachodzie, to cóż dziwnego, że nie brak ich i u nas, gdzie przecież trudniéj daleko o zdobycie podstaw wiedzy przyrodniczéj i technicznéj; napotykamy nieraz takich wynalazców nieszczęśliwych, którzy, pochłonięci swą mrzonką i przeświadczeni o jéj rzetelności, odrzucają wszelkie wyjaśnienia, łamią się w trudnościach i giną wreszcie zniechęceni do społeczeństwa, które wielkim ich pomysłom odmówiło poparcia. W ostatnich czasach wprawdzie poszukiwania perpetuum mobile rzadziéj nieco występują, olbrzymio bowiem rozrosła dziedzina elektryczności stanowi obecnie podnietę najsilniéj do wynalazków pobudzającą; ale wynalazki takie nie tworzą się przypadkowo, jak niegdyś szkło z piasków Fenicyi, lecz opierać się muszą na podstawach naukowych. Bez znajomości zasad elektrotechniki nikt nie udoskonali telegrafu ani telefonu, maszyny dynamoelektrycznéj lub stosu galwanicznego. Obok téj kategoryi wynalazców obfitym jest nadto u nas ród twórców wielkich teoryj z zakresu kosmogonii lub filozofii natury, którzy się łudzą, że bez głębokich studyów astronomicznych lub zoologicznych zdołają poprzeć lub zwalić Laplace'a albo Darwina. Są to wszystko prace równie stracone, jak mozoły nad zdobyciem kamienia filozoficznego lub perpetuum mobile.

Gdy rozpatrujemy dzieje rozwoju machin, nie możemy się oprzeć zdziwieniu, że przez tak długi ciąg wieków poprzestawano jedynie na posługiwaniu się siłą muskularną ludzi i zwierząt, zamiast zużytkowania do pracy innych sił przyrody. Od pięćdziesięciu dopiero lat rozwój motorów parowych przybrał tak uderzające dziś rozmiary, że ogólna ilość wytwarzanéj przez nie pracy przechodzi dwukrotnie przeszło pracę, jakąby wykonywać mogła wszystka ludność ziemi. Jakkolwiek pierwotne dzieje téj rzeczy pogrążone są w ciemności, niewątpliwém jest, że przedewszystkiém posługiwano się siłą wody. Przyjąć można téż łatwo, że w tych czasach dalekich, gdy prawa przyrody tak słabo jeszcze były rozumiane, powstać mógł pomysł o możebności wynalezienia machiny, którąby nie wymagała obsługi ludzi i zwierząt i nie zależała od kapryśnego i zmiennego zawsze dopływu wody, ale którąby mogła stale poruszać się bez jakiéjkolwiek pomocy, którąby tedy, krótko mówiąc, stanowiła perpetuum mobile. Filolog niemiecki, Geiger na podstawie zebranych przez siebie dowodów twierdzi, że buddyjskie koła do nabożeństwa, do których przywiązywano wiernych w czasie modlitwy, były wprawiane w obrót siłą wody: byłby to może pierwszy rodzaj motorów wodnych. Na tenże

sam czas przypada, według Geigera, pierwsza wzmianka o projekcie perpetuum mobile, znajdująca się w sanskryckim wykładzie astronomii „Siddhânta Ciromani"; miało to być koło, opatrzone pewną liczbą wydrążeń, zygzakowato na brzegu rozłożonych, a do połowy wypełnionych rtęcią.

Niewątpliwie i inne tego rodzaju pomysły rzucane były od czasu do czasu, pisarze jednak i kronikarze nie pozostawili o nich wzmianki, niezwracając na nie uwagi takiéj, jak na maszyny rzeczywiście praktyczne i użyteczne. Dopiero w wieku trzynastym, w dziele architekta Wilarda de Honecourt (oryginał znajduje się obecnie w szkole des Chartres w Paryżu) podany jest rysunek projektu wieczyście poruszającéj się maszyny z następnym podpisem: „Nieraz już zręczny robotnik usiłował wynaleźć koło, któreby mogło samo się poruszać: tu mamy drogę do zbudowania podobnego koła za pomocą nierównéj liczby młotków lub za pomocą rtęci". Rysunek wskazuje cztery młotki, umieszczone ponad obniżającą się stroną koła, trzy zaś ponad wznoszącą się jego stroną, tak, że pierwsze przeważają nad drugiemi. Szło tu zatém widocznie o to, aby ruch utrzymać pod przeważającym naciskiem, wywieranym na tę stronę koła, która w danéj chwili ma ruch zastępujący. Autor nie kłopoce się zresztą drobnemi wątpliwościami, jakie się tu nastręczają, ale taż sama myśl niejednakowego ze wszystkich stron obciążenia koła, aby tym sposobem podejść działanie siły ciężkości, występuje w znacznéj liczbie projektów późniejszych, a zapewne i dawniejszych, gdy już i Honecourt przytacza, że dawniéj o podobnych wynalazkach myślano. Był to, jak się zdaje, najważniejszy typ projektowanych wynalazków perpetuum mobile: w końcu wieku piętnastego Leonard da Vinci podał szkice sześciu takich rysunków, z których dwa były jego własnego pomysłu, inne zaś pochodziły z obcych źródeł, z notat wszakże i rękopisów jego okazuje się, że nie przyznawał im istotnego znaczenia i uważał je za błędne. Wiadomo, że Leonard da Vinci był nietylko znakomitym malarzem i inżynierem, ale też zajmował się gorliwie matematyką, fizyką, astronomią, a zwłaszcza mechaniką, znał zasadę równi pochyléj i wiedział, że ciała spadają biegiem przyspieszonym; w ogóle naukowemi swemi pojęciami wyprzedził on czas swój o całe stulecie, i tylko rozerwane i różnorodne jego zajęcia nie dozwoliły mu pozostawić głębszych śladów w dziejach nauki.

Do drugiéj grupy projektowanych machin zaliczyć można przyrządy, w których starano się zużytkować działanie wody spadającéj. Myśl zasadnicza tych machin polegała na tém, by utrzy-

mać w ciągłym obiegu pewną ilość wody; koło wodne miało wprawiać w ruch pompę, a woda tym sposobem wznoszona w górę spadkiem swoim miała podtrzymywać statecznie ruch tego koła, uderzając zaś na jednę jego stronę, wytwarzać miała zarazem nadmiar siły, dającéj się na zewnątrz zużytkować.

Do najdawniejszych pomysłów tego rodzaju należy projekt jezuity Stanisława Solskiego, który go opisał w dwu broszurach, wydanych w r. 1661 i w r. 1663. Pomysł ten zyskał znaczny rozgłos w Europie, a lubo autor wykonać go nie zdołał i doświadczenia zgoła się nie powiodły, nie zraziło to wszakże widocznie autora, bo w dziele swojém „Architekt polski“ (1690) opisał trzy jeszcze machiny, mające urzeczywistnić ruch wieczysty. Mówi też o nich w swojéj „Technica curiosa“, Kacper Schott, który ze swéj strony również projekt podobny obmyślił, jak i kilku innych jeszcze uczonych ówczesnych.

Trzecią grupę projektów stanowi zastosowanie działań włoskowatości, któraby zamiast pomp podnosiła wodę w górę; najdawniejszą z takich maszyn narysował pewien profesor filozofii w Glasgowie w siedemnastym wieku. Rysunek wskazuje wodę podniesioną w rurce i wypływającą obfitym wcale strumieniem; nie trzeba dodawać, że rysunek ten jest czysto fantastyczny, a uczony profesor takiego wypływu wody nie widział.

Czwarta i ostatnia wreszcie grupa takich wynalazków polega na użyciu magnesów, którychby działanie skuteczne było w jednym kierunku, a utajało się w przeciwnym. Wszystkie do osiągnięcia celu tego proponowane drogi zarówno są ułudne, wszakże wynalazek pewnego szewca z Linlithgow zdołał nawet zwieść Dawida Brewstera, który złożył o nim sprawozdanie w „Annales de chimie“. W najprostszym z tych projektów kula, spadając z pewnéj wysokości, znajduje się w położeniu takiém, że może być podniesioną po równi pochyłéj za pośrednictwem przyciągnięcia magnetycznego; część pierwsza dokonywa się ściśle według programu, natomiast jednak kula bez przymusu w górę się nie posuwa.

Wogóle okres najżywszego zaprzątania się pomysłami perpetuum mobile obejmuje wiek siedemnasty i pierwszą połowę ośmnastego; dostrzedz tu można pewien związek ze współczesném zamiłowaniem do konstrukcyi zawiłych zabawek mechanicznych i akustycznych, automatów i maszyn mówiących. Gdy szczupły jeszcze zasób ówczesnéj wiedzy przyrodniczéj nie budził zajęcia powszechnego, ogół najżywszą uwagę zwracał na te, w istocie rzeczy jałowe arcydzieła mechaniczne, na które zużywały się potężne

niewątpliwie umysły wynalazcze takiego Vaucansona, albo obu Drozów, ojca i syna. Dotąd przetrwał rozgłos flecisty, zbudowanego przez Vaucansona, który, grając na flecie, poruszał klapy palcami; niemniéj słynną jest i jego kaczka, która trzepotała skrzydłami, krzyczała, piła, jadła i nawet trawiła. Pomyślne rezultaty, na tém polu osiągane, podsycać mogły zapewne widoki zdobycia większych jeszcze tryumfów przez wynalezienie upragnionego perpetuum mobile; wielu uczonych ówczesnych, jak Papin, Desaguliers, Chrystyan Wolf przypuszczali możliwość zbudowania takiéj machiny, lubo inni, jak Sturm, Parent, a zwłaszcza De la Hire, starali się wykazać niepodobieństwo tego wynalazku.

Po większéj części twórcy tych projektów urzeczywistnienie ich pozostawiali następnym pokoleniom, poprzestając tylko na szkicach i rysunkach; byli jednak i szczęśliwi, co zdołali dopiąć celu, którzy rzeczywiście zbudowali perpetuum mobile i wzbudzili podziw współczesnych. Że takie złudzenie ogółu powieść się mogło, dziwić się nie będzie nikt, kto i w naszych czasach widział powodzenie tylu kuglarstw i głupstw, jak stoliki wirujące, duchy pukające, odgadywanie myśli albo cudowne leczenia.

Ze wszystkich machin, które urzeczywistniać miały zadanie ruchu wieczystego, najsławniejszą była cudowna machina, zbudowana w r. 1715 przez Jana Ernesta Eliasza Besslera, który, jakby mu jeszcze mało było tych imion, przybrał dodatkowe nazwisko Orffyreusa. Miał on już poprzednio wynaleźć 300 takich machin, aż wreszcie jednę wykończył zupełnie i podał o niéj wiadomość światu w książce zatytułowanéj „Triumphans Perpetuum Mobile Orffyreanum“; wedle jego słów maszyna pracowała wytrwale, podnosiła w górę lub znosiła na dół kamienie i wodę. Umieszczoną była wprawdzie w izbie zamkniętéj, ale ludzie przyglądać się mogli pracy przez nią wykonywanéj za pośrednictwem sznura przechodzącego przez otwór w murze i zachwycali się tym widokiem. Królowie zresztą, książęta, landgrafowie, profesorowie i uczeni, wszyscy byli przekonani o doskonałéj działalności téj maszyny, która się znajdowała w zamku Wissenstein w Kasselu. Jeden z ówczesnych uczonych zdumiony był działalnością téj maszyny, z tego głównie powodu, że pomimo zatrzymania poruszała się daléj, co uważał za najlepszy dowód wieczystego ruchu; po zatrzymaniu poruszała się coraz prędzéj, dopóki nie odzyskała stałéj swéj prędkości 20 obrotów na minutę.

Napotykała wszakże niedowiarków, a w szczególności szereg ciekawych przeciw niéj argumentów ogłosił nieznany skądinąd pi-

sarz, Cronsaz: „Po pierwsze, mówi, Orffyreus jest głupiec; powtóre, niepodobna, aby głupiec mógł wynaleźć to, czego tylu sławnych ludzi napróżno poszukiwało; potrzecie, nie wierzę w niemożliwości;... po szóste, Orffyreus wystarał się, aby córka jego była uwięzioną, dopóki nie ukończy swéj machiny;... po ósme, to prawda, że jest w tym domu machina, ale jest słaba i nie może się poruszać".—Wreszcie, „perpetuum mobile Orffyreanum" zostało podobno zgładzone przez samegoż swego twórcę, gdy bowiem sławny matematyk holenderski s'Gravesande, nie mogąc w machinie odkryć żadnego podstępu, zbyt uważnie chciał ją obejrzeć, Orffyreus rozbił ją, rozgniewany, jak utrzymywał, takiém postępowaniem, z obawy wykrycia oszustwa, jak mówili inni.

Jako nowszą ilustracyę do téj historyi przytoczymy maszynę podziwianą w Anglii przed dwudziestu laty, dopóki nie wykryto prostego w niéj oszustwa: była bowiem wprawianą w ruch przez chłopca ukrytego pod podłogą.

Pobieżny ten szkic historyczny uzupełnić nam teraz wypada kilku uwagami, pozostającemi w związku z poszukiwaniami perpetuum mobile.

Głównym przedmiotem troski wszystkich „wynalazców" téj cudownéj maszyny było zawsze usunięcie przeszkód niweczących i powstrzymujących ruch ciała; dotąd też jeszcze śród ogółu panuje to przekonanie, że wyłączną przyczyną, która nie dozwala urzeczywistnienia się téj myśli, jest tarcie, jedyny nieprzyjaciel, którego pokonać trzeba. Możemy na chwilę przystać na ten pogląd, by zastanowić się nad tém nienawistném, a często nienależycie rozumianém tarciem.

W saméj rzeczy tarcie jest dosyć zawiłém zjawiskiem mechaniczném, które występuje przy każdym ruchu. Chropawe, wystające cząstki ciała poruszonego zahaczają o podobneż wyniosłości innego ciała i porywają je za sobą, by je po chwili opuścić, ale wstrząśnienie tak wywołane wprawia cząstki w drgania, a tém samém energia, siła żywa, widoczna w ruchu całego ciała, przechodzi stopniowo w niewidzialną energię ruchu najdrobniejszych jego cząstek, ujawniającą się wywiązywaniem ciepła. Podobnaż strata energii widocznéj zachodzić musi i wtedy, gdy przy zetknięciu wzajemném cząstki takie ulegają zupełnemu oderwaniu i starciu, a jeżeli przez staranne wygładzenie ciał i przez użycie smarowideł chropowatości ich zmniejszymy, tém silniéj znów występuje przyleganie wzajemne, które w podobnyż sposób dąży do powstrzyma-

nia cząstek w ich biegu i staje się również źródłem ruchów drgających, zużywających energię widoczną i osłabiających ruch ciała.

Jakkolwiek zresztą rzeczy się mają w téj niedostępnéj oczom naszym dziedzinie najdrobniejszych cząstek, wnieść nietrudno, że wzajemny nacisk zetkniętych ze sobą ciał objawy te wzmaga, dlatego to, lubo tarcie zależném jest jedynie od natury powierzchni ciał, wzrasta jednak z ich ciężarem. Jeżeli zaś ciężaru ciał zniweczyć nie możemy, nie potrafimy téż usunąć i tarcia; jest ono również ogólném prawem natury jak i działanie ciężkości i nie da się z ziemi wypędzić, a skoro tak jest, to usuwa się téż i nadzieja utrzymania maszyny w ruchu wieczystym.

Gdy więc skazani jesteśmy na to, byśmy ciągle widzieli stratę sił poruszających przez nieuniknione opory szkodliwe, to wszakże niesłusznie jeszcze chcielibyśmy tarciu złorzeczyć. Gdyby nie tarcie to bowiem, machiny nasze okazałyby się zupełnie bezużyteczne, gdyż przy pomocy tego tylko czynnika możemy, za pośrednictwem sznurów lub pasów, ruch jednego koła przenosić na inne; co większa, nie moglibyśmy nawet maszyny żadnéj zbudować, oddzielne bowiem jéj części, składane i zbijane, rozpadałyby się natychmiast, niepodobnaby było i gwoździa wbić w ścianę, nie mógłby się bowiem ani przez chwilę oprzeć działaniu ciężkości.

Tarcie należy do zasadniczych czynników natury, — gdyby znikło, doznałby przeobrażenia cały obraz przyrody ziemskiéj, a życie nasze uległoby zagładzie. Nie mielibyśmy możności otrzymywania ciepła i ognia, a odzież nasza rozpadałaby się w kawałki i rozwiewała w oddzielne włókna, z jakich utkaną została; nie moglibyśmy nawet pokarmu do ust ponieść, każdy bowiem przedmiot, jak śliski piskorz, z rąkby się nam wysuwał. A ktoby śród nieszczęść takich życie swe jeszcze utrzymać zdołał, nie mógłby stąpać, jak po strasznéj gołoledzi; gdyby zaś znów pchnięty został jakąś przyczyną uboczną, nie mógłby własną siłą ruchu swego powstrzymać i stanąłby chyba dopiero, gdyby potrącił o przedmiot jaki lub o inną, podobnież bezwładną i niedołężną istotę. Zanimby jednak wszystkie te klęski rozwinąć się zdołały, rozsypałyby się i wyspy i lądy, a wszystkie materyały cięższe zapadłyby w głąb wody, którąby znowu powlekła zamarłą planetę.

Ten obraz ponury rehabilituje tarcie w oczach mieszkańca ziemi, który wszakże zwraca wzrok swój w przestrzeń pozaziemską, gdzie w biegu ciał niebieskich dostrzega ruch wieczysty, żadną przeszkodą nieosłabiany i nietamowany.—Czy jednak rzeczywiście ruchy brył niebieskich są tak stateczne i niezmienne, jak to

nam wykazują obserwacye nasze, czasem i przestrzenią ograniczone. Na pytanie to trudno o odpowiedź stanowczą i rozstrzygającą; wskazówek jednak szukać nie potrzebujemy nawet w sławnym ale niezupełnie wyjaśnionym obiegu komety Enckego, która ma zwalniać bieg swój skutkiem oporu środka wypełniającego przestrzeń światową: działanie przeszkód na ruch ciał niebieskich dostrzedz możemy i na własnéj naszéj ziemi.

Mamy tu na myśli mianowicie zwalnianie się obrotu dziennego ziemi w skutek tarcia o wzniesioną falę przypływu, co poznaliśmy już na innych stronicach téj książki [1]).

Nie jest to zresztą zapewne jedyne źródło zagłady ruchów ciał niebieskich, a wpływy takie, choć nikłe napozór, sumując się w ciągu wieków i tysiącoleci, zwalniają stopniowo szybkość biegów planetarnych i niweczyć je wreszcie muszą. I w światowych zatém przestrzeniach niema miejsca dla niezmiennych, wieczystych ruchów.

Ruch podobny utrzymaćby się mógł przeto wtedy tylko, gdyby nie istniały żadne zgoła dla niego przeszkody, gdyby nie było tarcia; w takim zaś razie już zwykłe wahadło urzeczywistniałoby bieg nieprzerwany. Gdy mianowicie wahadło się kołysze, zachodzi tu bezustannie ciągła i prosta przemiana energii. Skoro kulkę wahadła przesuwamy na bok, czyli ją podnosimy, udzielamy jéj pewnego zasobu energii potencyalnéj, czyli energii położenia, którą wszakże stopniowo traci, zniżając się czyli wracając do pierwotnego położenia; natomiast zaś nabywa ona wzmagającą się coraz energię cynetyczną, czyli energię ruchu, która największéj wartości swéj dosięga w chwili, gdy wahadło przechodzi przez położenie pionowe; wtedy nie posiada już ono nic zgoła z pierwotnie udzielonéj mu energii potencyalnéj, ale pod wpływem zdobytéj energii ruchu wznosi się daléj w górę. W biegu tym traci ono zwolna zasób energii ruchu, ale zyskuje znów energię potencyalną, a gdy dochodzi najwyższego swego wzniesienia, posiada już tylko tę ostatnią, którą znów na energię ruchu zamienia. Przeobrażenia takie wciąż daléj zachodzą, a gdyby nie było powietrza, które biegnącéj kulce opór stawia, i gdyby nitka doskonale była giętką i nierozciągliwą, cały ten przebieg nigdyby się nie skończył.

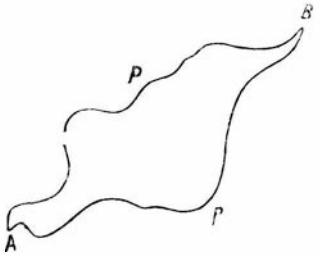
Zupełnie tak samo wyobrazić sobie możemy i maszynę, któraby bezustannie w podobnyż sposób przeobrażała udzielony jéj

---

[1]) „Czas“ str. 52. „Gwiazdy zmienne“ str. 164.

zasób energii i pozostawała w ruchu nieograniczonym, gdyby nie napotykała przeszkód żadnych: Osiągnęlibyśmy wtedy wprawdzie „ruch wieczysty“, nie byłoby to jednak jeszcze zgoła „perpetuum mobile“, należy bowiem jedno od drugiego odróżnić. Ruch nieustający takiego wahadła przypuszczalnego byłby tylko objawem zasady bezwładności, ruch każdy bowiem trwa tak długo, dopóki nie napotyka siły, która usiłuje go zmienić lub powstrzymać. Ale wahadło nie stanowi jeszcze perpetuum mobile; chociażby bowiem, w tak przyjaznych warunkach poruszało się ciągle z jednakim zasobem energii, nie mogłoby posłużyć do wprawiania w ruch jakiéjkolwiek maszyny naszéj, do wykonywania pewnéj pracy zewnętrznéj, chyba z utratą własnéj swéj energii. Chociaż przeto samo ożywione jest ruchem nieustającym, ruchu tego nie mogłoby innym ciałom statecznie udzielać i nie urzeczywistniałoby celu, jaki spełniać winno perpetuum mobile.

Przy całym tym przebiegu wahadło wydatkuje i odzyskuje tę tylko ilość energii, jaka mu udzieloną została. Tyczy się to wszakże nietylko wahadła, ale powtarza się wszędzie, gdzie mamy do czynienia z prawami natury tego rodzaju, co prawa ciążenia lub przyciągania magnetycznego: jeżeli na przesunięcie ciała po danéj drodze łożymy pewien zasób pracy, to odzyskujemy ją, gdy dozwalamy ciału tąż samą drogą wracać, zawsze oczywiście w przypuszczeniu, że unikamy wszelkiego tarcia. Jestto wynikiem tego, że w razach tych siły zależą tylko od położenia względnego; w każdym zatém odstępie drogi powrotnéj zużywają zupełnie tyleż pracy, ile wykonały w tymże samym odstępie drogi pierwotnéj. Zasada ta, w sposób następny, który czerpiemy z wykładu Taita, pozwala nam lepiéj jeszcze rozwinąć powyższy przykład wahadła.



Dajmy, że między punktami A i B istnieć mogą dwie drogi takie, że dla przesunięcia ciała po jednéj z nich potrzeba znaczniejszego nakładu pracy, aniżeli po drugiéj; ilości te pracy oznaczmy przez P i p. Otóż, gdyby przypadek taki mógł zachodzić

mielibyśmy bezpośrednio możność urządzenia perpetuum mobile; trzebaby było tylko w ten sposób prowadzić ciało, by przy wznoszeniu się swojém przechodziło drogę ApB, przy powrocie zaś drogę BPA. W drodze od A do B wyłożyliśmy pracę p, w drodze zaś powrotnéj od B do A odzyskaliśmy pracę większą P. W ogólności przeto ciało, gdy po pełnym obiegu wraca do A, do energii, jaką już poprzednio posiadać mogło, przybiera jeszcze ilość energii $P—p$. W ten tedy sposób zachodzi tu zysk, a ilekroć ciało w tymże samym kierunku przebiega drogę podwójną, zyskuje zawsze różnicę między większą a mniejszą ilością pracy; możemy przeto na końcu każdego pełnego obiegu nadmiar ten energii usunąć i użyć go do wprawiania w ruch jakiéjkolwiek maszyny i tym sposobem zyskać pracę użyteczną. — Gdyby więc istniała droga, na któréj możnaby cokolwiek wykonać pracą mniejszą, aniżeli na drodze innéj, byłoby dla nas rzeczą możliwą zyskiwanie z niczego nieograniczonych ilości pracy użytecznéj. Wiemy wszakże, że, o ile doświadczenia nasze sięgają, jestto rzecz niemożliwa. Ludzie najbystrzejszego umysłu prowadzili doświadczenia w tym kierunku, wszystkie usiłowania ich jednak okazały się zawodne, a istotnie naukowe doświadczenia doprowadziły do wniosku, że, perpetuum mobile, w pospolitém i dawném znaczeniu tego wyrazu, jest niemożebne. Taką rzeczą zmarnowane mozoły nad zbudowaniem maszyny o wieczystym ruchu nie zginęły bezowocnie: złożyły one podstawę, na któréj oprzeć się mogła zasada zachowania energii.

O WYSOKOŚCI ATMOSFERY.

Pytanie, jak wysoko nad ziemię wznosi się otaczająca ją atmosfera, oddawna już nasuwa się ciekawości ludzkiéj; zbytecznem byłoby wszakże przypominać, że rozwiązania dotąd nie otrzymało i że zapewne nigdy należycie rozstrzygniętém nie zostanie, niepodobna bowiem dziś nawet twierdzić, ażeby kresy atmosfery stanowczo ująć i oznaczyć się dały. Niebrak jednak metod, któremi zadanie to zaatakować usiłowano i które z teoretycznego punktu widzenia wydają się zupełnie usprawiedliwione, a lubo do celu praktycznego nie doprowadziły, posiadają niewątpliwą ważność naukową.

Gdyby gęstość atmosfery w każdéj jéj warstwie takąż samą była jak przy powierzchni ziemi, do oznaczenia jéj wysokości starczyłby już barometr, a Torricelli, skoro zdołał ocenić ciśnienie, jakie atmosfera wywiera, zmierzyłby tém samém i jéj wysokość. Skoro bowiem ciśnienie atmosferyczne równoważne jest ciśnieniu słupa rtęci, wysokiego na 76 centymetrów, powietrze więc lżejsze od rtęci $13{,}6 \times 777$ razy, posiadaćby musiało wysokość $0{,}76 \times 13{,}6 \times 777 = 8\,211$ metrów; oczywiście wszakże liczba ta jest o wiele zamałą, gdyż gęstość powietrza maleje w miarę, jak wznosimy się w górę. Ulegając bowiem ciśnieniu słabszemu, warstwy wyższe atmosfery rozszerzają się swobodniéj i przybierają gęstość mniejszą. Z prawa Mariotte'a wynika bezpośrednio, że gdy wysokość wzrasta w stosunku arytmetycznym, gęstość powietrza słabnie w stosunku geometrycznym; według zasady téj obliczyć mo-

żna łatwo, że w wysokości mili geograficznéj gęstość powietrza byłaby już przeszło dwa razy mniejszą, aniżeli przy powierzchni ziemi, a daléj ubytek ten szedłby bardzo prędko. W wysokości dziesięciu mil byłoby powietrze blisko 7000, a na wysokości trzydziestu mil aż 250 bilionów (25×10^{10}) razy rzadsze, aniżeli warstwa, w któréj żyjemy i którą oddychamy. W zwykłych rurkach Geisslera powietrze rozrzedzone jest około 1000 razy, w sławnych rurkach Crookes'a przeszło milion razy; na wysokości trzydziestu mil tedy rozrzedzenie powietrza posunięte jest o wiele daléj, aniżeli to osiągnąć możemy najdzielniejszemi naszemi środkami, nie upoważnia nas to jeszcze wszakże do umieszczania tam granic atmosfery.

Atmosfera utrzymywana jest dokoła ziemi działaniem ciężkości, inaczéj bowiem prężność powietrza rozrzuciłaby je w przestrzeń światową. W miarę jednak oddalania się od powierzchni ziemi wywierane przez nią przyciąganie słabnie, natomiast zaś wzrasta natężenie siły odśrodkowéj, która dąży do odrywania ciał od powierzchni ziemi. Im daléj umieszczona jest cząstka powietrza, tém większą ma do przebycia drogę w ciągu doby, tém prędzéj wiruje, tém téż większą staje się, wskutek obrotu tego rozbudzona, siła odśrodkowa, która tedy w pewnéj odległości równoważyć się musi z ubywającą wciąż ciężkością. W téj zatém wysokości cząstka powietrza oswobadza się od wpływu przyciągania ziemi i wybiega w przestrzeń, tam zatém, na podstawie téj zasady mechanicznéj, przypadać winien zupełny kres atmosfery. Pomysł takiego rachunku pierwszy powziął Melanderhjelm, autor wydanego w Upsali w roku 1763 traktatu o atmosferze, otaczającéj ziemię, a obliczenia jego wydały na tę granicę 3334 mile szwedzkie czyli 4833 geograficzne; Laplace użył téjże saméj drogi i otrzymał liczbę niewiele różną, 5 682 mile geograficzne.

Według takiego zatém rachunku najdalsze cząstki powietrza, któreby jeszcze pod wpływem ziemi pozostawały, przypadaćby mogły w odległości, przechodzącéj sześciokrotnie przeszło długość jéj promienia. Jestto niejako ostateczny, możliwy jeszcze, kres atmosfery, którą wszakże rozważania inne sprowadzają do wymiarów o wiele skromniejszych.

Przedewszystkiem przytoczyć należy, że w rachunkach, opartych na zasadzie prawa Mariotte'a, pominęliśmy czynnik, który ma wpływ przeważny na gęstość powietrza, a mianowicie jego temperaturę. W miarę posuwania się w górę temperatura powietrza obniża się szybko, a wraz z nią maleje i prężność jego; działanie

zaś przyciągania ziemskiego słabnie znacznie wolniéj, a w odległościach niewielkich jest niemal takiém samém, jak przy powierzchni ziemi, istnieć przeto musi wysokość, w któréj obie te siły się równoważą; poza tę granicę zaś powietrze przedostać się już nie może, bo prężność jego nie zdoła już tam przezwyciężyć przyciągania ziemskiego. Aby wszakże rachunek ten przeprowadzić, znać trzeba oczywiście prawo, wedle którego temperatura maleje w miarę wznoszenia się w górę, prawa wszakże tego nie znamy dokładnie i skazani jesteśmy na domysły jedynie. C. G. Schmidt dla zastosowania więc téj zasady oparł się na dwu różnych przypuszczeniach: raz przyjął, że ubytek temperatury jest wszędzie jednostajny i wynosi 1° R na każde 121,1 sążni wzniesienia się w górę, powtóre zaś, że temperatura w niższych warstwach atmosfery obniża się silniéj, aniżeli w wyższych, a to dlatego, że strata ciepła — w przybliżeniu przynajmniéj — jest proporcyonalną do nadmiaru temperatury.

Oba te przypuszczenia doprowadziły do rezultatów bardzo odrębnych. Na równiku bowiem, dla którego średnią temperaturę roczną na powierzchni ziemi przyjął Schmidt 22,4° R, wysokość atmosfery według hypotezy pierwszéj wynosi 7,22, według drugiéj zaś 27,5 mil geograficznych; na biegunie zaś, w przypuszczeniu, że na powierzchni ziemi panuje tam średnia temperatura roczna 0°, wydała hypoteza pierwsza 6,6, druga 27,1 mil geograficznych. Sprzeczność obu wypadków okazuje, jak silnie wartość téj metody wiąże się z warunkami rozkładu ciepła w różnych warstwach atmosfery, a gdy tych ostatnich dokładnie nie znamy, nie może téż ona istotnéj budzić ufności.

Z liczb jednak tą drogą otrzymanych widzimy, że na równiku sięga atmosfera wyżéj, aniżeli na biegunach, posiada zatém postać spłaszczoną, jak i sama bryła ziemska, co się zresztą zgadza z wywodami, wypływającemi z zasad mechaniki analitycznéj, jak i z teoryą prądów atmosferycznych.

Jeżeli już w powyższych, dawniejszych rozważaniach trzeba się było, przy dochodzeniu wysokości atmosfery, odwoływać do zasad nauki o cieple, to obecnie teorya mechaniczna ciepła pozwoliła zadanie to ująć ze stanowiska ogólniejszego. Wyobraźmy sobie daną masę powietrza, pozostającą w warunkach normalnych blizko powierzchni ziemi; aby masę tę przenieść aż do skrajnych granic atmosfery, trzeba na to wyłożyć pewien zasób pracy, czyli zużyć odpowiednią ilość ciepła. Ilość zaś tę ciepła obliczyć można, jestto bowiem taż sama ilość ciepła, jakaby była potrzebna, aby

takąż samą masę powietrza, oziębioną aż do zera bezwzględnego, czyli do temperatury panującéj w przestrzeni światowéj, sprowadzić do stanu, w jakim się znajdują dolne warstwy atmosfery. Z tych danych zatém, jak widzimy, wysokość atmosfery wyprowadzić się daje.

Rozważania te zawdzięczamy Ritterowi, o którego badaniach kilkakrotnie już mieliśmy sposobność wspominać. Rachunki tego rodzaju wykazały, że gdyby atmosfera ziemska z pary wodnéj utworzoną była, sięgałaby na 349 kilometrów; Ritter zaś sądzi, że przy użyciu danych dokładnych, wypadłaby liczba niewiele od powyższéj różna i dla istotnéj naszéj atmosfery, będącéj mięszaniną pary wodnéj, tlenu, azotu i kwasu węglanego. Według téj zatem metody, którą nazwać można termodynamiczną, powłoka atmosferyczna wznosi się dokoła ziemi na 50 mil w górę, co z tego względu jest godne uwagi, że zgadza się ze wskazówkami, wypływającemi z ukazywania się meteorów.

Meteory, jakiekolwiek noszą nazwisko, czyto są gwiazdy spadające, kule ogniste, czy téż aerolity, są to goście, przybywający do nas z obszarów pozaziemskich. Dopóki unoszą się w przestrzeni światowéj, są to bryłki ciemne, dostrzedz je możemy przeto dopiero, gdy nabierają blasku, gdy się rozpalają i rozżarzają. Otóż rozżarzenie to tłómaczyć możemy jedynie jako objaw, wywołany skutkiem oporu, jaki napotykają drobne te bryłki, gdy się do atmosfery naszéj wdzierają ze znaczną szybkością, właściwą ruchom niebieskim; rozżarzają się w podobny sposób, jak zapala się hubka w krzesiwku pneumatycznem: przez gwałtowne zagęszczenie i stłoczenie powietrza.

Przyznać wprawdzie należy, że tłómaczenie to nie jest wolne od zarzutu. Zwrócono bowiem uwagę, że wywiązywanie się takie ciepła przez tarcie meteorytów w powietrzu powodowałoby koniecznie zmniejszenie ich szybkości, a rozżarzenie ich stawałoby się coraz silniejszém; obserwacye zaś wskazują, że zarówno blask ich, jak szybkość, są w przebiegu całym jednostajne. Zagadka więc rozjaśniania się meteorytów stanowczo rozwiązana nie została; być może, tak sądzi przynajmniéj znany fizyk Cornu, że świecenie gwiazd spadających możnaby przypisywać rozwojowi lub wyładowaniu elektryczności statycznéj, bez znacznego podniesienia temperatury, gdy się dostają do górnych warttw atmosfery; wiele bowiem innych zjawisk kosmicznych, jak zorze północne lub świecenie komet, przywykliśmy uważać za objawy elektryczne, od-

powiadające objawom światła elektrycznego, wzbudzanego łatwo w gazach rozrzedzonych.

Jakakolwiek zresztą przyczyna powoduje blask meteorów, czy nią jest ciepło, czy elektryczność, nie przedstawia to teraz dla nas istotnego znaczenia, skoro w każdym razie źródłem tego objawu jest powietrze. Wysokość więc, w jakiéj się nam ukazują rozjaśnione meteory, świadczy, że tam jeszcze sięga atmosfera nasza.

Wysokość zaś ta daje się ocenić w sposób podobny, jak odległość wszelkich innych ciał niebieskich, przez wyznaczenie ich paralaksy, czyli przez współczesną ich obserwacyę z dwu różnych stanowisk. Otóż, dostrzeżenia takie prowadzili już w końcu zeszłego stulecia Brandes i Benzenberg, a z tych i z licznych późniejszych badań wypływa, że meteory ukazują się w różnéj wysokości, za któréj kres przyjmuje się pospolicie 160 kilometrów; dostrzegano jednak meteory i w wysokościach znacznie większych, dochodzących do 300 km., dlatego też Schiaparelli, najznakomitszy badacz gwiazd spadających, sądzi, że należy atmosferze przyznać wysokość przechodzącą znacznie 200 km., aby towarzyszące okazywaniu się ich objawy wyjaśnienie otrzymać mogły.

Wspomnieliśmy o zorzy północnéj, na nieszczęście jednak za rzetelne świadectwo posłużyć nam ona nie może. Choćbyśmy się bowiem nawet zgodzili, że zjawisko to, którego istota niezupełnie jest nam dotąd znaną, mieści się jeszcze w granicach atmosfery naszéj, to co do wysokości, w jakiéj ono występuje, rezultaty obserwacyj są zbyt sprzeczne, aby na nich jakiekolwiek wnioski oprzeć się dały.—O wiele przydatniejszą jest tu zwyczajna, codzienna nasza zorza, która zresztą z zorzą północną wspólność tylko nazwy podziela.

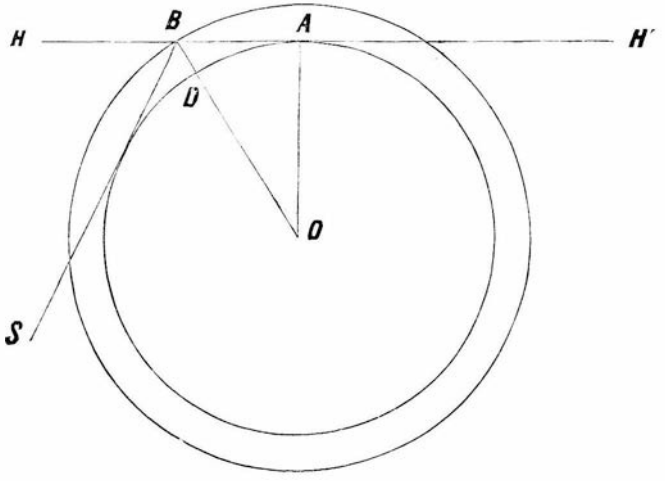
Zorzę bowiem poranną i wieczorną, czyli świt i zmierzch, powoduje atmosfera. W braku atmosfery natychmiast po zachodzie słońca następowałaby ciemność zupełna; skoroby tylko słońce obniżyło się pod poziom, żaden już jego promień do nas zabłądziéby nie zdołał. Górne jednak warstwy powietrza odbijają, czyli raczéj rozpraszają promienie ukrytego pod poziomem słońca i rozjaśniają widnokrąg, który tym sposobem zwolna tylko i stopniowo w ciemności się nocnéj pogrąża, w miarę jak słońce coraz niżéj pod poziom schodzi. Kres zmroku następuje, gdy już dostrzegać możemy okiem nieuzbrojoném najsłabsze gwiazdy 5-éj lub 6-éj wielkości.

Zmierzch, zarówno jak i świt, w różnych okolicach ziemi posiadają niejednaką trwałość. Najkrócéj trwa zorza na równiku,

tam bowiem słońce dzienną swą drogę przebiega prostopadle do poziomu, najprędzéj się zatém od niego oddala; w miarę, jak szerokość geograficzna miejsca staje się większą, wzrasta téż trwanie zorzy, koła bowiem dzienne, po których słońce sunie, coraz ukośniejsze stają się względem poziomu. W jedném i témże samém zresztą miejscu w różnych porach roku trwanie zmierzchu jest zmienne, ale w ogólności obserwacye uczą, że kres zmierzchu następuje w chwili, gdy słońce dochodzi obniżenia 18° pod poziom.

Otóż, sławny optyk arabski Alhazen, a właściwie Abu Ali al Hasan ibn al Haitam al Basi, zmarły w r. 1038 w Kairze, powziął genialną prawdziwie na owe czasy myśl, że kres ten zmierzchu posłużyć może do oznaczenia wysokości atmosfery.

Możność tę objaśnia załączony rysunek, na którym okrąg wewnętrzny przedstawia powierzchnię ziemi, zewnętrzny zaś najwyższą warstwę atmosfery, od któréj jeszcze się promienie światła odbijają. W punkcie A znajduje się obserwator, do którego przybywa właśnie, w kierunku poziomu HH', promień światła BA, odbity przez skrajną warstwę atmosfery. Słońce w téj chwili



obniżone jest pod poziom o kąt HBS; za chwilę zejdzie niżéj, a wtedy promień odbity już się do obserwatora A nie dostanie, promień zatém BA, ślizgający się po poziomie, jestto już ostatni, dobiegający go od atmosfery promień światła, wraz z nim gaśnie zorza wieczorna.

Kres ten zorzy, jak powiedzieliśmy, według greckich jeszcze obserwatorów następuje w chwili, gdy słońce obniżone jest pod po-

ziom o 18°. (Na rycinie naszéj kąt ten HBS jest znacznie większy, dla uwidocznienia bowiem trzeba było nadać atmosferze grubość przechodzącą o wiele rzeczywiste jéj wymiary). Skoro więc kąt HBS = 18°, kąt przeto SBA = 162°; dla równości zaś kątów padania i odbicia światła jest kąt SBO = OBA, a zatem kąt OBA = 81°. W trójkącie tedy prostokątnym BAO znamy bok OA, jako promień ziemi, oraz obliczony w powyższy sposób kąt OBA, a z tych danych otrzymamy długość boku OB, zkąd po strąceniu promienia ziemskiego OD wypadnie szukana wysokość atmosfery DB.

Tą drogą obliczył Alhazen wysokość atmosfery na 52000 kroków. Vitellion czyli raczéj Witelo, przez Wiszniewskiego Ciołkiem niewłaściwie nazwany, opisał szczegółowo tę metodę, a następnie i Kepler przyjął z pewnemi poprawkami rezultat obliczeń optyka arabskiego. W późniejszych czasach astronomowie niejednokrotnie do tych obliczeń wracali, z różnych tych wszakże rachunków ocena wysokości atmosfery niejednakowo wypadała; de la Hire podaje ją na 37223 sążni paryżkich, Mariotte na 15 do 20 dawnych mil francuzkich. Według E. E. Schmida, który uwzględnił i załamanie promieni przedzierających się przez różne warstwy atmosfery, kres zorzy następuje już przy obniżeniu słońca pod poziom o 16°, z czego wypływa wysokość atmosfery 8,6 mil geograficznych; najnowsze zaś obliczenia Jessego wykazują wysokość mniejszą jeszcze znacznie, bo tylko 17 kilometrów.

I metoda ta zatém, jakkolwiek na ścisłych opiera się podstawach, jak widzimy, nie prowadzi do zgodnych rezultatów, co głównie ztąd pochodzi, że zjawisko zmierzchu, które najdokładniéj opisał Bezold, przebiega w sposób dosyć zawiły i trudno kres jego istotny uchwycić. Nie może ona zresztą oczywiście prowadzić do oznaczenia rzeczywistych granic atmosfery ziemskiéj, ale ma na celu jedynie uchwycenie tych warstw powietrza, które jeszcze są dosyć gęste, by światło w sposób wyraźny odbijać mogły. Stara metoda Alhazena daje nam więc jakby granicę, od któréj powietrze nader już szybko rzednieć zaczyna; od tych wszakże warstw aż do skrajnych granic atmosfery według obliczeń Laplace'a niezmiernie jeszcze daleko.

Obok tych rozważań teoretycznych zadać sobie wreszcie jeszcze można pytanie skromniejsze, do jakiéj téż wysokości powietrze dosyć jest gęste, by człowiek zaczerpnąć w niém mógł dla płuc swoich dostateczną ilość tlenu. Robert Schlagintweit wdarł się na szczyt Ibi Gamin w wysokości 6704 metrów; słup rtęci w ba-

rometrze opadł tam do wysokości 339 milimetrów, wytrwały ten zatém podróżnik miał wtedy poniżéj stóp swoich trzy piąte ogólnéj masy powietrza; w balonie wszakże, wolny od utrudzeń, nieuniknionych przy wdzieraniu się na góry, człowiek zdołał się wznieść do wyższych jeszcze warstw powietrznych, których nie dosięga nawet kondor i zkąd szczyty górskie wydawałyby się, jakby zalegały przepaście.

Rozumie się wszakże, że możliwość pobytu stałego przerywa się już w wysokościach o wiele mniejszych: na szczycie Montblanc, w wysokości 4810 metrów, zdołał ledwie przez trzy dni pozostać meteorolog Vallot śród niesłychanych uciążliwości w lipcu 1887,

Przykuty do ziemi, może poza nią wybiegać bezpiecznie człowiek jedynie myślą, na fundamencie nauki wspartą.

BALONY

PO STULETNIM ROZWOJU.

Stuletnia rocznica wynalezienia balonów tylko co minęła. Pamiętały o niéj zaledwie nieliczne towarzystwa aeronautyczne,—nic nie przypomniało téj wrzawy, z jaką przyjęto pierwsze ich narodzenie. A żaden może inny wynalazek tyle co balony zapału nie wzbudził, na cześć ich pisano ody, bito medale,—tryumfy, które za dni naszych osiągnęła elektryczność, słabe tylko dać mogą pojęcie o tém ożywieniu, jakie balony śród ówczesnego społeczeństwa wywołały.

Do wrzawy téj niemało zapewne przyczyniła się i chwila, w któréj wystąpiły,—nastrój umysłów, podniecony wysoko oczekiwaniem zmian wielkich, które wkrótce nastąpić miały. Balony urzeczywistniały odwieczne pragnienie człowieka, wyrażone w bajce o locie Ikara ku słońcu, budziły nadzieje wielkie, były obrazem swobody, któréj brakło na ziemi. Dziecię się narodziło, powiedział o nich Franklin, zobaczym, co nam przyniesie, gdy w młodziana wyrośnie.

Nadzieje te po stu latach nie urzeczywistniły się zgoła, dziecię dzieckiem zostało. Zawód ten był tém dotkliwszy, że inne wynalazki, których początek mniéj więcéj na też same czasy przypada,—maszyna parowa, stos galwaniczny, chemia wreszcie cała, wyrosły bujniéj i wydały plon obfitszy, aniżeli najśmielsze rojenia

przewidywać mogły. Niepowodzenia wszakże nie zdołały przełamać wytrwałości tych, co pierwotnym nadziejom wierni pozostali, i ledwie rok po stuletnim jubileuszu balonów upłynął, rozbiegła się wieść, że słynne zadanie kierowania balonem rozwiązane nakoniec zostało. Zobaczmy, jak dalece cel ten osiągnięty został i przyjrzyjmy się dziejom zabiegów, które doń doprowadziły.

Historya balonów, jakkolwiek niedługi tylko okres czasu obejmuje, pełna jest szczegółów ciekawych, faktów wesołych i dramatycznych, drobnych powodzeń i wielkich zawodów; nie brak jéj nawet legendy. Legenda ta występuje skromnie, w postaci wyprasowanéj i wydętéj spódnicy pani Montgolfier, która synowi jéj Stefanowi pomysł balonu nasunąć miała; inna wszakże wersya pierwszy pomysł balonów wiąże ze słynném oblężeniem Gibraltaru 1779—82,—młody Stefan Montgolfier, który, zamiast mozolić się nad łaciną licealną, wolał zajmować się kwestyami mechaniki, marzył, jakby się z góry do oblężonéj twierdzy dostać. Jakakolwiek zresztą była podnieta, wespół ze starszym bratem swoim Józefem pomysł ten urzeczywistnił w Annonay, gdzie obaj bracia po ojcu odziedziczyli fabrykę papieru. Balon ich, sporządzony z płótna, miał 39 stóp średnicy i ważył 490 funtów, u dołu posiadał otwór, wynoszący kilka stóp kwadratowych. W pewnéj odległości poniżéj tego otworu zawieszony był kosz z drutu metalowego, wypełniony materyałami palnemi; płomień ogrzewa powietrze, które ztąd staje się lżejszém, wznosi się w górę i zwolna wypełnia balon, a skoro wraz z powłoką waży już mniéj aniżeli jednaka objętość powietrza otaczającego, balon wznosi się w górę, zabierając wraz z sobą materyały płonące, które mu siłę wzlotu nadają. W górze powietrze jest rzadsze, balon przeto oczywiście tak tylko wysoko podnosić się może, dopóki nie dojdzie do warstwy, w któréj ciężar jego wyrównywać będzie ciężarowi powietrza wypchniętego.

Po raz pierwszy balon taki wzniósł się w Annonay 5 czerwca 1783 r., a 19 września t. r. Montgolfier puścił balon swój w Wersalu w obecności króla;—do balonu przyczepiona była klatka z owcą, kogutem i kaczką. Gdy ogień wygasł, a powietrze w balonie stopniowo stygło, balon się zwolna opuścił i zwierzęta bezpiecznie na ziemię wróciły.

Balony, wypełnione powietrzem ogrzaném, na cześć wynalazcy swego otrzymały nazwę montgolfierów, ale rychło ustąpić musiały balonom innego rodzaju.

Od dwudziestu już lat znano gaz zwany wodorem, o którym z doświadczeń Cavendisha wiedziano, że jest prawie czternaście razy od powietrza lżejszy, a ta nadzwyczajna jego lekkość nasunęła profesorowi fizyki w Paryżu, Charles'owi, szczęśliwą myśl użycia go do napełniania balonów. Wykonał to bardzo szybko, bo już 27 sierpnia 1783 r. pierwszy szarlier wzniósł się w górę na polu Marsowém. Wielkością wyrównywał prawie pierwszemu montgolfierowi i spadł w niedalekiéj wiosce, zkąd sprowadzony został w opłakanym stanie, poturbowany widłami przez chłopów, przerażonych niespodzianém tém zjawiskiem.

Montgolfier nie dał za wygraną i pod opieką akademii urządził balon, mający 57 stóp wysokoścl i 6 000 stóp sześciennych objętości, który dla doświadczeń puszczano codziennie w górę i ściągano przy pomocy sznura. W doświadczeniach tych brał gorliwy udział młody profesor fizyki z Reims, Pilâtre du Rozier, zagorzały wielbiciel nowego wynalazku, i w galeryjce otaczającéj kosz płomienisty wznosił się często do wysokości 324 stóp.

Próby te ośmieliły go do kroku stanowczego, — wzniesienia się w górę balonem swobodnym. Zamiar ten wydał się zbyt ryzykownym ówczesnym władzom rządowym i zezwolenia odmówiły; postanowiono jednak wysłać w górę balonem przestępcę na śmierć skazanego, któremu, w razie szczęśliwego na ziemię powrotu, życie miano darować. Za pośrednictwem wszakże margrabiego Arlandes Pilatre uzyskał audencyę u króla i zdołał wymódz upragnione zezwolenie, przedstawiwszy mu, że niepodobna dopuścić, aby chwała, która niewątpliwie czeka pierwszego żeglarza powietrznego, dostała się w udziale złoczyńcy. Wreszcie tedy 17 października 1783 Pilâtre wraz z Arlandes'em wznieśli się montgolfierem wkrótce po zachodzie słońca, a w górze ujrzeli je znowu i po raz drugi byli świadkami zachodu słońca. Wzbili się do wysokości 3000 stóp, a skoro przestali ogień podsycać, balon zwolna na ziemię się opuścił.

W kilka tygodni późniéj, 1 grudnia, odbył i Charles podróż powietrzną swoim balonem, w towarzystwie Roberta. W ciągu kilku minut aeronauci wznieśli się z Tuilleries na wysokość 3000 stóp i w ciągu dwu godzin przebyli 5 mil. Ludność paryska była cała w poruszeniu, wszystkie place publiczne i dachy zapełnione były widzami, wydającymi okrzyki na cześć śmiałych żeglarzy, którzy im z góry ukłony przesyłali. Charles obmyślił dokładnie urządzenie balonu, które téż odtąd istotnym zmianom nie uległo-

Łódka uczepioną była u siatki pokrywającéj balon, klapka u góry służyła do wypuszczania gazu, jak u balonów dzisiejszych.

Odtąd podróże balonowe szybko się bardzo rozpowszechniły,—brali w nich udział często uczeni i ludzie chciwi wrażeń; przedewszystkiém jednak zachowały znaczenie prostego widowiska. W Warszawie po raz pierwszy puszczał się balonem słynny aeronauta Blanchard w towarzystwie Jana Potockiego w r. 1788.

Z powodu niebezpieczeństwa ognia i słabéj siły wzlotu montgolfiery wyszły niemal zupełnie z użycia, ale i balonami napełnionemi wodorem aeronauci rzadko się teraz posługują, za przykładem bowiem Greena od r. 1819 balony wypełniają zwykle gazem oświetlającym. Gaz ten jest wprawdzie od wodoru znacznie cięższy, ale posiada nad nim tę wyższość, że jako cięższy słabiéj dyfunduje, to jest nie tak łatwo przechodzi przez powłokę. Ztąd to greeniery posiadają mniejszą wprawdzie aniżeli szarliery siłę wzlotu, ale mogą się dłużéj w powietrzu utrzymywać. Balonami takiemi Green odbył 1400 podróży, a uszedłszy wszelkich niebezpieczeństw, które mu nieraz śmiercią groziły, zmarł w 90 roku życia, we własnym zamku, nabytym z zysków, jakie mu podróże te przyniosły.

II.

Siła wzlotu balonu oblicza się bardzo łatwo, stosuje się tu bowiem bezpośrednio znana zasada Archimedesa, tycząca się ciał zanurzonych w wodzie. Ponieważ woda jest od korka cztery razy cięższa, kawałek przeto korka ważący łut jeden traci przez zanurzenie w wodę na ciężarze cztery łuty, tyle właśnie, ile waży ilość wody równéj mu objętości; niedostaje mu przeto trzech łutów, aby można było powiedzieć, że żadnego nie ma ciężaru; aby go zatém w wodzie utrzymać, trzeba doń przyczepić ciężar trzech łutów, inaczéj podnosi się na powierzchnię wody, a mianowicie z siłą trzech łutów.

Powietrze w warunkach normalnych jest około 770 razy lżejsze od wody; litr wody waży kilogram, litr powietrza zatém prawie 1,3 grama. Wodór znów jest od powietrza 14 razy lżejszy, litr przeto wodoru waży 1,3 : 14 czyli 0,09 grama, niespełna jeden decygram. Siła więc wzlotu jednego litra wodoru wyraża się przez różnicę obu powyższych liczb 1,3—0,09 czyli 1,21 grama. Małe baloniki, dla zabawy dzieci wyrabiane, posiadają objętość zaledwie

jednego lub kilku co najwyżéj litrów, a wzlot ich powstrzymuje się już ciężarkiem bardzo drobnym; balon wszakże, napełniony wodorem a obejmujący metr sześcienny czyli tysiąc litrów, udźwignąć już może tysiąc razy więcéj, zatém 1,21 kilograma. Wraz z wymiarami przeto balonu wzrasta i siła jego wzlotu; balon, którym wzniósł się Charles z Robertem zawierał obszar 500 metrów sześciennych, dźwignąć mógł przeto, licząc w to i ciężar saméj powłoki, 500 × 1,21 czyli 605 kilogramów, około półtora tysiąca funtów.

Balony napełnione wodorem, czyli szarliery, przedstawiają wszakże tę niedogodność, że otrzymywanie wodoru wymaga oddzielnego urządzenia i jest kosztowne; inną ujemną ich stroną jest, jakeśmy wspomnieli już wyżéj, silną dyfuzya wodoru, to jest szybkie przenikanie jego przez powłokę; pod obu temi względami ustępuje on gazowi oświetlającemu, który w miastach większych wyrabia się fabrycznie i zawsze mieć go można na zawołanie, lubo z powodu większego ciężaru siłę wzlotu o wiele mniejszą przedstawia; metr sześcienny gazu oświetlającego w warunkach normalnych waży 0,82 kilograma, siła przeto wzlotu każdego metra sześciennego takiego gazu wynosi 1,3—0,82 czyli 0,48 kilograma; balon nim wypełniony téj saméj objętości co balon Charles'a, 500 m. sz., dźwignąłby tylko 240 kilogramów. Aby więc greeniery osiągnąć mogły też samę co szarliery siłę wzlotu, trzeba im nadawać większą znacznie objętość. Mniejsze tego rodzaju balony, używane do zwykłych widowisk, obejmują około 700 metrów sześciannych i ważą razem z łódką 150 kilogramów; zabierać mogą dwóch ludzi wraz z potrzebnym balastem. Największy z urządzonych dotąd balonów, „Orzeł" Godarda, miał 14 000 metrów sześciennych objętości i ważył ze wszystkiemi przynależytościami 1 300 kilogramów. Bardziéj zasłynął wszakże „Olbrzym" Nadara, złożony z dwóch, umieszczonych jeden nad drugim balonów, który obejmował 6 000 metrów sześciennych, a wysokością sięgał na 45 metrów, to jest dorównywał nieledwie wieży kościelnéj; z powodu wielkości swéj służyć mógł na podróż dwudniową, gondola zawierała dwie kajuty, dla kapitana i podróżnych. Długa na 4 metry, miała mniéj więcéj wymiary wagonu kolejowego i pomieścić mogła 35 do 40 osób. Największa podróż, olbrzymem tym podjęta, skończyła się niewesoło: 18 października 1863 r. o 5 po południu balon z dziewięciu podróżnikami wzbił się w Paryżu i, przebiegłszy ponad Belgią i Holandyą, opuścił się dnia następnego o 10 rano w królestwie Hanowerskiém,—sznur jednak utrzymujący kotwicę zerwał się, skutkiem

czego łódka w gwałtownych podskokach wlokła się na znacznéj przestrzeni, przez pola i lasy, a kilku podróżnych uległo ciężkim poranieniom.

Znaczniejsza siła wzlotu pozwala balonowi nietylko większy dźwignąć ciężar, ale także i na większą wzbić się wysokość; w górze bowiem powietrze coraz staje się rzadszém, a balon dotrzéć może tylko do warstwy, od któréj gatunkowo już lżejszym nie będzie. W miarę téż jak gaz pod coraz mniejszém znajduje się ciśnieniem, rozszerza się i wydyma balon, co grozi jego rozerwaniem: dla tego téż balon nie powinien być nadmiernie wypełniony, a u spodu należy pozostawić otwór, dozwalający ujście gazowi.

Znacznie jeszcze mniejszą siłę wzlotu, aniżeli balony wypełnione gazem oświetlającym, posiadają montgolfiery. W balonie takim, większych nieco wymiarów, powietrze ogrzewa się co najwyżéj do 60° lub 70° C, gęstość jego przeto niewiele tylko maleje, a siłę wzlotu jednego metra sześciennego tak ogrzanego powietrza oceniać można na 0,26 kilograma, co dla balonu o 500 metrach sz. objętości wydaje siłę wzlotu 130 kilogramów zaledwie. Montgolfier tedy wysoko nigdy wzbić się nie zdoła.

Pod pewnym jednak względem przedstawia on wyższość nad balonami z wodorem lub gazem oświetlającym. U tych bowiem opuszczenie na ziemię sprowadzić można jedynie przez oswobodzenie gazu, za otwarciem górnéj klapki; a gdy znów zachodzi potrzeba wzniesienia się w górę, ulżyć należy balonowi przez wyrzucenie balastu, który stanowią zwykle wory z piaskiem. Ponosi się tu przeto bezustanną stratę gazu lub balastu, któréj w czasie podróży wynagrodzić już nie można, przez co zdolność przesuwania balonu w kierunku pionowym rychło ustaje. Téj właśnie ujemności mongolfiery nie przedstawiają, przez podsycanie bowiem lub przytłumianie ognia sprowadzać można dowoli podnoszenie się lub opuszczanie balonu.

Oba więc rodzaje balonów okazują pewne korzyści i w pierwszych chwilach oba miały swoich stronników. Pilâtre du Rozier, ów zuchwalec, co pierwszy na jazdę balonową się odważył, zapragnął połączyć zalety obu,—znaczną siłę wzlotu jednego ze swobodniejszą ruchliwością drugiego. Wielki tedy szarlier związał z małym mongolfierem umieszczonym niżéj, i takim szarliero-mongolfierem zamierzył 15 czerwca 1785 r. dostać się z Boulogne do Anglii. Z powodu nader łatwéj palności wodoru połączenie to dwu balonów nad wyraz było ryzykownem i da się chyba wytłómaczyć niedostateczną jeszcze podówczas znajomością własności

tego gazu. Rzeczywiście też pierwsza iskierka, która z dolnego ogniska padła na balon górny, spowodowała wybuch wodoru, a aeronauta nierozważny krok swój życiem przypłacił. Pierwszy więc żeglarz powietrzny pierwszy też padł ofiarą téj żeglugi. Ofiar było po tém wiele jeszcze, często zapewne skutkiem zbytniéj zuchwałości lub nierozwagi. Pani Blanchard, wdowa po słynnym aeronaucie, o którym wspominaliśmy wyżéj, zmarłym 1808 r., zginęła w czasie 67-éj swéj żeglugi powietrznéj, gdy, wzniósłszy się z Tivoli w Paryżu, podróż swą uświetnić chciała ogniami sztucznemi,—raca rzymska przebiła balon, a aeronautka znalazła śmierć na bruku paryskim.

Smutne wypadki nie zawsze wszakże były następstwem nierozwagi tylko,—nie brakło też ofiar i śród aeronautów wzbijających się w górę w celach czysto naukowych.

III.

Pierwsza wyprawa naukowa podjętą została w lipcu 1804 r. przez Robertsona w Hamburgu. W tymże samym roku wznieśli się w górę dwaj znakomici uczeni francuzcy, Gay-Lussac i Biot, i dosięgli wysokości 4 000 metrów, a 14 września tegoż roku Gay-Lussac sam wzbił się do 7 000 metrów; dopiero w roku 1852 Barral i Bixio wznieśli się również wysoko. Humboldt i Bonpland na Chimborasso zdołali się wedrzeć zaledwie na 6 100 metrów. Wysokość, w jakiéj się znajdują, oceniają aeronauci ze stanu barometru, a nawet ruch barometru stanowi jedyną dla nich wskazówkę, czy się balon wznosi w górę, czy też opada.

Również w celach naukowych urządziło wyprawę balonową słynne obserwatoryum angielskie w Kew, gdzie w r. 1852 wzniósł się Welch; w r. 1858 w łonie stowarzyszenia naukowego brytańskiego zawiązała się komisya balonowa, a z jéj inicyatywy Glaisher dokonał w latach 1862—1863 około 30 wzniesień.

Dnia 5 września 1862 r. przedsiewziął on wraz z Coxwellem podróż powietrzną, w któréj postanowili wzbijać się tak długo w górę, dopóki jeszcze zdołają zachować poczucie własnego istnienia. W górze powietrze staje się stopniowo zbyt rzadkiém dla ich płuc, oddychają z coraz większą uciążliwością; palce stygną i odmawiają ruchów, czują, że ogarnia ich obezwładnienie. Powstrzymuje ich jednak siła woli, usypują jeszcze piasku z łódki, balon nabiera nowego pędu ku górze. Glaisher traci zupełnie władzę

nóg swych i ramion, ale umysł zachowuje działalność; Coxwell jednak nie powstrzymuje wzlotu, a gdy sczerniałe ręce jego ulegają bezwładności, zębami chwyta sznur uczepiony do klapy i w ostatecznéj dopiero chwili, gdy czuje, że już sekunda zaledwie oddziela go od śmierci, pociąga sznur gwałtownym ruchem głowy i oswobadza gaz z balonu, który odtąd szybko opada i nieustraszonych aeronautów szczęśliwie na ziemię sprowadza. Wysokość, do jakiéj się wznieśli, oceniają aeronauci na 11 200 metrów, w każdym zaś razie przekroczyła ona niewątpliwie 10 000 metrów; wysokość więc tę uważać można zapewne za kres, w którym człowiek choćby jeszcze przez chwilę utrzymać się może.

W nowszych czasach wyprawy naukowe znalazły licznych miłośników między uczonymi, głośnych nawet nazwisk,—jak Flammarion, Fonvielle, zwłaszcza też bracia Tissandierowie. Szereg tych wypraw upamiętniony został wypadkiem bardzo smutnym. W towarzystwie Gastona Tissandiera wznieśli się 15 kwietnia 1875 r. dwaj uczeni Sivel i Crocé-Spinelli. Jakkolwiek w wysokości téj aeronauci oddychali tlenem zabranym w pęcherzach, dwaj towarzysze Tissandiera ulegli zaduszeniu, a i on sam stracił na czas pewien przytomność, zdążywszy zaledwie otworzyć poprzednio klapę. Przyczyna zresztą wypadku tego należycie wyjaśnioną nie została.

Z tak licznych wypraw w sprawie nauki podjętych skorzystała ona niewiele, nie zdobyła faktów nowych, któreby zkąd inąd znane nie były.

Im wyżéj się wznosimy, tém bardziéj obniża się temperatura, wszakże nie wszędzie i nie zawsze jednakowo; z początku spadek ten jest szybszy, aniżeli w wysokościach znaczniejszych,—w pobliżu powierzchni ziemi termometr opada o 1° mniéj więcéj na każde 80 metrów, w wysokości 3 000 m. o 1° na każde 150 m., a w wysokości 6 000 m. dopiero na każde 300 m. Im wyżéj się wznosimy, tém ciemniejszym staje się błękit niebieski, a w znacznéj wysokości pozorne to sklepienie nieba staje się zupełnie niemal czarném, gwiazdy zaś świecą blaskiem niezwykłym; wszyscy też żeglarze powietrzni z zachwytem opowiadają o okazałości zorzy i zmierzchu, o blasku chmur, o wspaniałości zachodzącego słońca i wschodzącego księżyca. Im wyżéj się wznosimy, tém suchszém staje się powietrze, tak, że papier i pergamin skręcają się, jakby pod wpływem gorąca. Powietrze przepływa w górze bezustannie, jakkolwiek wrażenia wiatru nie sprawia, gdyż balon unosi się wraz z prądem powietrza; ruchu tego aeronauta nie doznaje, jak nie

czujemy ruchów ziemi. Ze szklanki do brzegów napełnionéj, podczas jednéj z najszybszych podróży, nie wypłynęła ani kropelka wody. Im wyżéj się wznosimy, tém słabszym staje się głos, tak że aerenauci zaledwie porozumiewać się mogą; z ziemi jednak dźwięki dochodzą wyraźnie do tysiąca, a nawet dwu tysięcy metrów. Im wyżéj się wznosimy, tém niższą staje się temperatura wrzącéj wody,—na wysokości kilku tysięcy metrów można rękę bezpiecznie zanurzyć w gotującą się wodę. Nieraz aeronauci przerzynali się przez chmury i stwierdzili, że chmura jest mgłą unoszącą się na wysokości, jak powiedzieć możemy, że mgła to chmura rozpostarta tuż na powierzchni ziemi.

Wszystkie te spostrzeżenia łatwo wyjaśnić się dają i są tego rodzaju, że wywnioskować je można z ogólnych praw fizycznych; meteorologia więc, bo o nią tu przecież głównie idzie, z wypraw balonowych istotnych korzyści nie odniosła. Stan pogody przedewszystkiém zawisł od kierunków, w jakich wieją wiatry, a ztąd meteorologię określono jako dynamikę powietrza. Z obserwacyj wszakże, które nam balony przyniosły, wiemy tylko, że w różnych wysokościach i w różnych czasach wiatry wieją w różnych kierunkach, a szybkość ich często bardzo jest znaczna, 10 do 40 metrów na sekundę.—gdy pociągi pośpieszne rzadko biegną z szybkością większą nad 14 metrów. Balon koronacyjny Napoleona, który puszczono w Paryżu 1804 r., obwieszony trzema tysiącami lampek kolorowych, w ciągu 22 godzin dostał się do Rzymu; Green w 19 godzin odbył drogę z Londynu do Weilburga, a Tissandier przez pół godziny ubiegł ośm mil geograficznych.

Dorywcze spostrzeżenia, jakie za pomocą balonów prowadzić można, dla meteorologii nader podrzędne mieć mogą znaczenie. Czy, jak to sądzą niektórzy, w przyszłości obserwacye te będą tak obfite i systematyczne, że będą mogły stać się istotnym przyczynkiem do znajomości wiatrów, w górnych warstwach atmosfery wiejących,—trudno to teraz przewidzieć. Tymczasem, jest to mrzonka tegoż samego rodzaju, co projekt wyprawy balonowéj do niedostępnego wciąż jeszcze bieguna północnego.

IV.

Rozwój swój w ciągu lat ostatnich zawdzięcza aeronautyka wyłącznie tylko usiłowaniom zastosowania jéj do celów wojennych. Usiłowania te zresztą rozpoczęły się bezpośrednio po odkryciu balonów, już w r. 1793 bowiem założoną została w Meudon pod Pa-

ryżem, pod kierunkiem kapitana inżynieryi Coutelle, szkoła aeronautów wojskowych, a z wychowańców jéj powstała w roku następnym kompania aerostierów, złożona z 24 osób, używana do rozpatrywania stanowisk nieprzyjacielskich. Istotne usługi kompania ta oddała mianowicie w bitwie pod Fleurus 24 czerwca 1794 r.; w ciągu dziewięciu godzin balon użyty był do rekognoskowania nieprzyjaciela, a wiadomości tą drogą dostarczane przyczynić się miały do zwycięztwa. Balon ten trzymany był przez żołnierzy, za pomocą sznurów, połączonych z siecią pokrywającą balon, przesuwany z miejsca na miejsce. Następnie jednak kapitan Coutelle nie tyle był szczęśliwym, burze uniemożebniały prowadzenie obserwacyj, a liczne trudności z całą tą rzeczą połączone skłoniły Napoleona I do rozwiązania kompanii aerostierów i zniesienia szkoły w Meudon.

Przez długi czas potém balonami posługiwano się rzadko, ale nie zapomniano o nich zupełnie. Rosyanie w r. 1812, a austryacy w 1849 (pod Wenecyą) puszczali balony, obciążone bombami, które z góry miały być na nieprzyjaciela rzucane; wobec niemożności jednak kierowania balonami zamiar ten przeprowadzić się nie dał. Szczęśliwszym był Napoleon III, który do zrekognoskowania pozycyj nieprzyjacielskich pod Solferino 1859 r. użył aeronautów Nadara i Godarda, a przy téj sposobności udało się téż po raz pierwszy zdjąć fotograficznie z balonu obraz okolicy, który się potém korzystnie dał zużytkować.

Na większą skalę działalność balonów wystąpiła w czasie wojny północno-amerykańskiéj 1861 r. Używane były tam wyłącznie balony uwiązane (tak zwane *ballons captifs*) na sznurze 100 do 200 metrów długim, które za pomocą drutów telegraficznych przesyłały bezustannie do kwatery głównéj wiadomości o wszelkich ruchach wojsk stanów południowych, a na zasadzie tych wiadomości również telegraficznie wydawane były rozporządzenia różnym oddziałom. Stanowcze zwycięztwo pod Richmond zawdzięcza armia północna przeważnie dokładnie urządzonéj téj służbie balonowo-telegraficznéj.

Pamiętne usługi, jakie balony oddały oblężonemu przez niemców Paryżowi 1870—1871 w historyi ich stanowią istotną epokę. Za pośrednictwem jedynie balonów, przebiegających po nad głowami wojsk oblegających, zdołał Paryż utrzymać związek pocztowy z prowincyą. Większa część tych balonów miała po 2000 metrów sześciennych objętości; wyrabiane były z najlepszéj perkaliny—zbitéj a cienkiéj tkaniny bawełnianéj, powleczone pokostem

lnianym. Balon zabierał cztery osoby z klatką gołębi i pocztą, ważącą 500 kilogramów. Aby uniknąć strzałów nieprzyjacielskich szybowały one w wysokości 1600 do 1800 metrów,—wysokość tę wskazywał barometr, do oznaczenia zaś kierunku biegu służyła igiełka magnesowa. Za każdy balon płacono z początku 4 000, następnie 3 500 fr., gaz oświetlający, używany do napełniania balonu, kosztował 300 fr., narzędzia 300 do 600 fr., a aeronauci pobierali po 200 do 300 franków. Pierwszy balon wzbił się 23 września 1870, ostatni 28 stycznia 1871, ogółem było ich 64; z téj liczby pięć dostało się w ręce niemców, dwa wpadły w morze. Jeden opuścił się pod Chrystyanią w Norwegii, przebiegłszy drogę 900 kilometrów w ciągu 15 godzin. Projekt przesłania balonu z Tours do Paryża, przy niemożności kierowania nim, spełznąć oczywiście musiał na niczém.

Oprócz balonów pocztowych posługiwano się w Paryżu także balonami uwiązanemi; jeden z nich, uczepiony u lokomotywy, przebiegał drogę obwodową dokoła Paryża. W początkach grudnia 1870 r. ustanowiono także kompanie aerostierów przy armiach, zanim jednak działalność swą rozwinąć zdążyły, pokój został zawarty.

Doświadczenie zdobyte w czasie téj wojny na użyteczność balonów zwróciło bliższą uwagę, nietylko we Francyi, ale także w Anglii i Niemczech,—jak dawniéj jednak, tak i teraz idzie wyłącznie o zastosowanie ich do celów wojennych. We Francyi ministeryum wojny ustanowiło w r. 1871, pod prezydencyą pułkownika Laussedat, specyalną komisyę, która założyła szkołę aeronautów wojskowych w Meudon. W Anglii od r. 1879 istnieje również kompania aeronautów pod kierunkiem półkownika Nobel. I w Berlinie zawiązało się 1880 r. stowarzyszenie aeronautyczne, które popierał generał Moltke. Istotne wszakże usługi balony wtedy dopiero oddawać by mogły, gdyby biegiem ich kierować można było.

V.

Nad wynalezieniem sposobów kierowania balenami pracowano już dawno, usiłowania te jednak powieść się nie mogły choćby dla tego, że sposoby służące do biegu statków po wodzie chciano bezpośrednio zastosować do żeglugi powietrznéj. Guyton de Morveau i książe Chartres używali wioseł, Vallet myślał o skrzydłach

młyńskich. Stosunki jednak są tu zgoła odmienne; statek pływa po wodzie, balon unosi się w powietrzu. Wiosło znajduje w wodzie punkt podpory; wiatr, cisnąc na żagiel, posuwa statek wsparty na wodzie. Balon podpory takiéj nie posiada; nie przerzyna on w kierunku poziomym powietrza, ale posuwa się wraz z niém, unoszony jego prądami. Jest on poniekąd w położeniu takiém, jak kropla oliwy w mięszaninie wody z alkoholem, posiadającéj tenże sam, co ona, ciężar właściwy; powietrze zaś jest-to środek nader ruchliwy, przybierać może wszelkie prędkości, zarówno w biegu wirowym, jak i postępowym, a wszystkim tym ruchom, wraz z niém, ulega i balon. Łatwo ocenić, jakie przezwyciężyć musi trudności, aby mógł posuwać się w żądanym kierunku i ze stateczną zawsze szybkością.

Ze sposobów proponowanych do poruszania balonu przydatną okazała się jedynie szruba, a na pomysł użycia jéj do tego celu wpadł van Hecke, zanim jeszcze zastosowaną została do okrętów. Odegrywa tu ona zresztą rolę takąż samą,—obracając się, wkręca się niejako w powietrze, jak szrubka, którą w ścianę wkręcamy, i ciągnie balon za sobą. Plan olbrzymiego balonu szrubowego obmyślił generał Meusnier; szruba wszakże miała mieć znaczenie pomocnicze tylko, a głównie miał balon korzystać z prądów powietrza, które w różnych wysokościach wieją w różnych kierunkach. Do tego wszakże trzeba było ułatwić ruch balonu w kierunku pionowym, umożebnić swobodne podnoszenie się jego i obniżanie. W tym celu proponował Meusnier opatrzenie balonu powłoką podwójną,—przestrzeń wewnętrzna tylko miała być wypełniona wodorem, zewnętrzna zaś powietrzem; przez zagęszczanie lub rozrzedzanie za pomocą pompy tego powietrza sprowadzać można było powiększanie lub zmniejszanie ciężaru balonu, a tém samém obniżać go lub podnosić. Pomysł Meusniera, lubo w zmienionéj formie, urzeczywistniony został w nowszych konstrukcyach.

Pojąć łatwo można, że do wprawiania w obrót szruby trzeba było siły potężniejszéj, nad pracę ręczną. Myślano tedy o zastosowaniu jedynego podówczas znanego motora—maszyny parowéj. Projekt ten urzeczywistnić pragnął Giffard w 1855 r., próba jednak na małą skalę przeprowadzona zgoła się nie udała. Giffard obmyślił wprawdzie środki dla ustrzeżenia gazu od niebezpiecznego sąsiedztwa ognia, ale w każdym razie maszyna parowa stanowi ciężar zbyt wielki dla balonu, a stopniowy ubytek zapasu węgla sprowadza ciągłą zmienność jego ciężaru.

Giffard zasłynął więcéj z balonu uwiązanego (*ballon captif*), który zbudował podczas wystawy powszechnéj w Paryżu 1878 r. Kolosalny ten balon zalecał się doskonałém urządzeniem, mianowicie téż powłoką, prawie wcale dla gazu nieprzepuszczalną. Składała się ona z kilku warstw tkaniny bawełnianéj i gumy, z jednéj i drugiéj strony okrytych muślinem; po stronie zewnętrznéj balon powleczony był pokostem i pokryty bielą cynkową, aby jak najmniéj pochłaniał promieni słonecznych. Powłoka ta miała 11 milimetrów grubości,—oczywiście użycie jéj możliwém jest tylko przy balonach jak największych wymiarów. Lina utrzymująca balon miała 600 metrów długości, grubości zaś u dołu 76 milimetrów; balon zabierał po 50 naraz podróżników. Za tym przykładem balony uwiązane urządzane bywają w różnych miastach i znajdują zawsze licznych amatorów podróży powietrznéj, nie grożącéj niebezpieczeństwem.

Ustęp o balonach uwiązanych przerwał nam historyę balonów szrubowych. Widzieliśmy, że jednę z głównych przeszkód stanowił brak stosownego, dostatecznie lekkiego motora. Nietylko wszakże konstrukcya maszyny parowéj znacznie się w ciągu ostatnich dziesiątków lat udoskonaliła, ale powstały i motory innego rodzaju, jak maszyna gazowa. Ruch téj maszyny, która może być o wiele lżejszą aniżeli równéj siły motor parowy, polega na ciągłém spalaniu przeprowadzonego do niéj gazu oświetlającego, co powoduje bezustanny ruch tłoka. Podobną tedy maszynę gazową zastosował do balonu z pewném powodzeniem inżynier moguncki Hänlein; poważnie wszakże aeronautyka rozwijała się daléj tylko w istotnéj ojczyźnie balonów—we Francyi.

Już podczas oblężenia urządzeniem balonu, którym kierować możnaby było, zajął się gorliwie naczelny konstruktor marynarki francuskiéj, Dupuy de Lôme. Opracował on dokładnie zadanie, które sobie założył, i wystąpił daleko skromniéj aniżeli wynalazcy dawniejszych maszyn olbrzymich i fantastycznych,—zamierzył zyskać na początek to tylko, aby balon posuwać się mógł pod pewnym kątem względem kierunku wiatru. Dla łatwiejszego pokonywania oporu powietrza zarzucił on dotychczasową formę kulistą i balonowi swemu nadał postać podłużną. Dla wzmożenia zdolności ruchu w kierunku pionowym przyjął dawną propozycyę Meusniera, umieściwszy wewnątrz balonu, wypełnionego wodorem, mały balonik dodatkowy (*ballonet*), w którym za pomocą prowadzącéj do niego rury i wentylatora powietrze może być zagęszczane i rozrzedzane;

balonik ten więc kompensacyjny odegrywa niejako rolę pęcherza pławnego u ryb.

Pierwszą próbę z balonem swym przeprowadził Dupuy de Lôme 2 lutego 1872 r. Balon szedł pierwotnie z wiatrem, następnie szruba wprawioną została w ruch, ster ustawiono w kierunku prostopadłym do wiatru, a balon posunął się po przekątnéj dwóch sił, którym był poddany, pędu wiatru i działania szruby. Przy zupełnéj ciszy powietrza szruba, poruszana ręką, nadawała balonowi szybkość własną 2,2 metra na sekundę, wiatr w czasie doświadczenia sunął z chyżością 14—15 metrów, balon zdołał względem kierunku wiatru zboczyć o 12°.

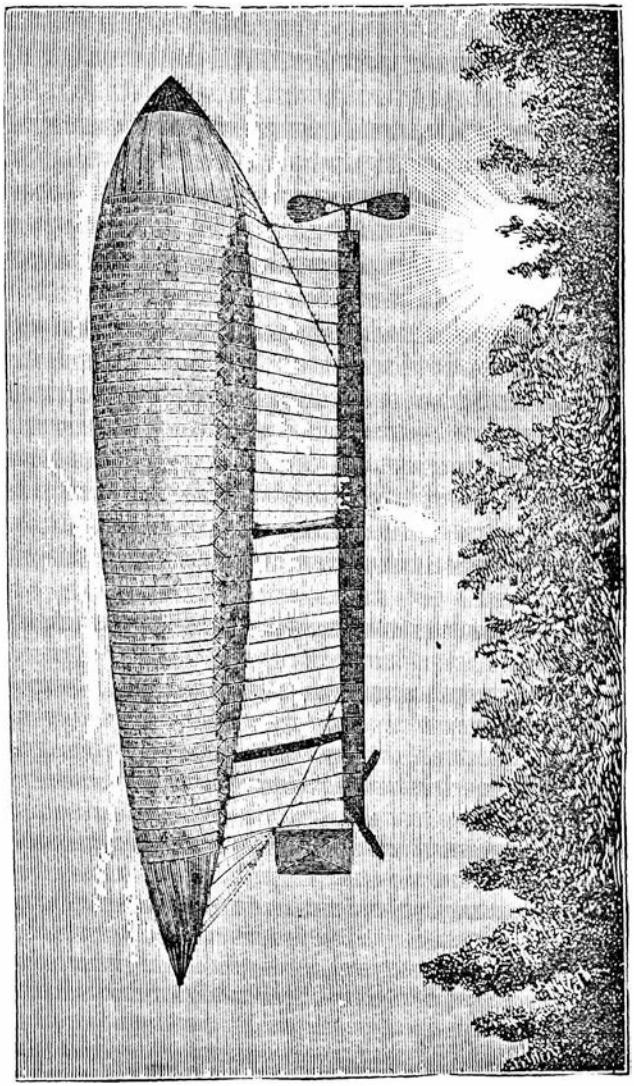
Balon ten wykazał tedy w zasadzie możliwość walki z wiatrem; szwankował on na zastosowaniu pracy ręcznéj do poruszania szruby, szło więc odtąd o wynalezienie motora silnego a dostatecznie lekkiego.

Olbrzymi rozwój elektrotechniki, w ciągu niewielu lat ostatnich dokonany, wskazywał wyraźnie drogę, którą obrać należało. Maszyna dynamoelektryczna, wraz z obsługującą ją bateryą galwaniczną, może być dostatecznie lekką, by balonu zbytecznie nie obciążała, zachowując przytém zawsze ciężar niezmienny. Pomysł ten urzeczywistnili gorliwi i biegli aeronauci, bracia Tissandier; pierwszą swą próbę wykonali 8 listopada 1883, — balon ich osiągnął szybkość własną 2,8 metra, a przez czas jakiś posuwał się nawet przeciw wiatrowi.

Próby ich wszakże zaćmiło powodzenie, jakie osiągnąć zdołali dwaj kapitanowie francuzcy, Karol Renard, dyrektor wojskowego zakładu aerostatycznego w Chalais pod Meudon, i wspólpracownik jego, Artur Krebs. Podróż ich próbna, dokonana 9 sierpnia 1884 r., zyskała słuszny rozgłos i zwróciła na siebie powszechną uwagę, zdołali oni bowiem zdobyć rezultat pomyślniejszy, aniżeli wszyscy ich poprzednicy. Balon ich, wzniósłszy się w górę w Chalais, w ciągu 23 minut przebiegł 7,6 kilometra, a wykonawszy pewną ilość ewolucyj, wrócił do punktu, z którego wyszedł. Szczegóły konstrukcyi swéj wynalazcy zachowują w tajemnicy, treściwą tylko o niéj wiadomość złożyli akademii nauk.

Balon Renarda i Krebsa, którego rysunek podajemy, ma postać „cygara“, jest z obu stron zaostrzony i w ogóle niezbyt szeroki dla zmniejszenia oporu powietrza. Prąd elektryczny, wytworzony przez bateryę złożoną z 32 ogniw, wprawia w ruch maszynę dynamo-elektryczną, wywołującą obrót wielkiego wału, na końcu którego osadzoną jest szruba. Wał obraca się z siłą $8^1/_2$

koni parowych, szruba składa się z dwu skrzydeł mających razem około siedmiu metrów długości; w tylnéj części łodzi umieszczony jest ster, bardzo starannie zbudowany, podobnie jak i szruba,



z rusztowania drewnianego, obciągniętego jedwabiem; ma on postać czworokątną, a powierzchnie boczne utworzone są z piramid nieznacznéj wysokości,—przy pomocy tego steru zmieniać można kierunek balonu. Balon sam ma długości $50^1/_2$ metra, sze-

rokości $8^1/_2$ m., obejmuje 1864 m. sześciennych. Wraz ze sznurami waży 496 kilogramów, łódka 452, ogółem zaś ze szrubą, bateryą, maszyną i różnemi przyrządami dodatkowemi 2000 kilogramów.

Łódka, zbudowana ze sztywnéj trzciny bambusowéj, ma przeszło 30 metrów długości a dwa wysokości; w części środkowéj posiada trzy okna, pozwalające żeglarzom rozpatrywać okolicę, ponad którą się unoszą. Jest ona również obciągnięta jedwabiem chińskim, dla zmniejszeniu tarcia powietrza. Z balonem związana jest szeregiem sznurów, połączonych między sobą sznurem poprzecznym, który ma na celu zabezpieczenie łódki od ruchów bocznych. W tylnéj części, obok steru, znajdują się dwa wielkie wiosła; o przeznaczeniu ich wynalazcy w sprawozdaniu swém nie mówią,—służą one może tylko do ułatwiania manipulacyi ze sterem.

Od balonu do łodzi schodzą dwie rury; jedna z nich prowadzi do znanego nam już balonika kompensacyjnego, — jakie ma przeznaczenie druga, trudno się domyślić. Tissandier sądzi, że służy ona do wypuszczenia nadmiaru gazu, gdy balon w górze, znajdując się pod mniejszém ciśnieniem, zbyt się wydyma.

Balon Rénarda i Krebsa odbył już kilka podróży, a luoo nie wszystkie zupełnie się powiodły, rzeczą jest niewątpliwą, że może on skutecznie z wiatrem walczyć. Tak np. d. 8 listopada 1884 r. balon żeglował przeciw wiatrowi z bezwzględną szybkością 23 kilometrów na godzinę (przeszło 6 metrów na sekundę); że zaś szybkość wiatru wynosiła 8 km, balon posuwał się z istotną szybkością 15 km. na godzinę, i, zatoczywszy ponad Billancourt półokrąg o średnicy 160 metrów, wrocił do zwykłego swego punktu wyjścia, do warsztatów Chalais-Meudon.

Z prób tych istotne znaczenie wynalazku tego ocenić trudno. Jakkolwiek wiatr podczas podróży 8 listopada był bardzo łagodny, możliwość walki z prądami atmosferycznemi w zasadzie wykazaną została, ale dla skuteczuego jéj prowadzenia trzeba zapewne motorów potężniejszych, z udoskonaleniem przeto tych przyrządów związana jest przyszłość aeoronautyki.

Balon Renarda i Krebsa, jak widzieliśmy, jest wynikiem licznych poprzednich usiłowań i stanowi ogniwo w szeregu prac dalszych, dla których stanie się podnietą. W samém urządzeniu balonu niejedna zapewne zmiana zaprowadzoną jeszcze będzie. Słusznie zwrócono uwagę na to, że sposób przyczepienia łódki za pomocą łączników niedostatecznie sztywnych jest bardzo niekorzystny; gdyby ją można było bezpośrednio połączyć z balonem, spro-

wadziłoby to nietylko ulżenie przez zarzucenie sieci i sznurów, ale miałoby jeszcze tę korzyść, że znajdująca się na niéj szruba działałaby bezpośrednio na balon; obecnie zaś, rzeczy mają się tak, jakbyśmy konie u wozów przyprzęgali z boku, i to jeszcze za pomocą sznurów.

Niewątpliwą w każdym razie jest rzeczą, że aeronautyka w ostatnich latach znacznie postąpiła.

VI.

W dziedzinie téj Francya nieprzerwanie wszystkim innym krajom przoduje. Podczas wojny 1870 Niemcy pragnęli posługiwać się bałonem przy oblężeniu Strasburga i zaangażowali nawet aeronautę angielskiego Coxwella; wszelkie ich jednak usiłowania spełzły na niczém. W jesieni 1882 r. Baumgarten i Wülfert dokonali w Charlottenburgu próby z obmyślanym przez siebie sposobem kierowania balonem,—próba ta wszakże najzupełniéj się nie powiodła. W sierpniu znów 1883 r. Wald przedstawiał berlińskiemu towarzystwu aerostatycznemu model statku powietrznego, który ma być w olbrzymich rozmiarach zbudowany z cieńkiéj blachy miedzianéj,—wątpić wszakże wolno, czy znajdzie się kapitał na urzeczywistnienie tak niepewnego pomysłu.

Aeronauci angielscy w prostszy sposób usiłują osiągnąć możliwość podróży balonowych w żądanym kierunku. Pomysł, na którym metoda ta polega, nie jest zgoła nowy: idzie tu o zużytkowanie prądów powietrza, w różnych wysokościach wiejących w różnych kierunkach. Balon wznosi się w górę lub obniża, dopóki nie natrafi na żądany prąd wiatru. Kapitan J. Templer, jeden z oficerów angielskiego korpusu aeronautycznego, niejednokrotnie zdołał w ten sposób odbyć oznaczoną z góry podróż. Ze spostrzeżeń swych wnosi on, że do wysokości 1 500 metrów w ogólności napotkać można trzy różne kierunki wiatrów. Balon kompensacyjny Meusniera ułatwić wprawdzie może wyszukanie żądanego wiatru; na nieszczęście jednak o wiatrach wiejących w pewnéj nad ziemią wysokości wiemy zbyt mało, aby los podróży na ich łaskę zdawać można było. Kapitan Templer wygrał wprawdzie zakład, że w ciągu półtoréj godziny odbędzie podróż balonową z pałacu kryształowego na plac parad wojskowych w Barnet, w odległości 32 kilometrów; można to wszakże uważać tylko za rodzaj sportu

angielskiego, który kwestyi podróży balonowych zgoła nie rozwiązuje.

Wspomnieć tu wreszcie wypada o usiłowaniach mających na celu wznoszenie się w powietrze zgoła bez balonów, przy pomocy przyrządów od powietrza cięższych. Lot ptaków i owadów możliwość zadania tego wskazuje. Im lepiéj wszakże naturę lotu ptaków badano, tém trudniejszém stawało się sztuczne naśladowanie ruchów ich skrzydeł. Człowiek uważany jako motor, przedstawia się korzystniéj aniżeli inne motory, posiada bowiem ciężar mniejszy, aniżeli maszyna parowa, wytwarzająca jednakową pracę; ustępuje wszakże znacznie pod tym względem ptakom, a więcéj jeszcze owadom. Korzystny ten stosunek tłómaczy możliwość lotu tych zwierząt. Drobne maszyny latające czyli ptaki mechaniczne, w których ruch skrzydeł wywoływano za pomocą skręconego sznurka kauczukowego, stanowią tylko ciekawostki mechaniczne; nie przechodziły one ciężaru jednego kilograma, ani nie wzbijały się wyżéj nad dwa metry w górę.

Do pomyślniejszych nieco rezultatów doprowadziło zastosowanie szruby; i szrubowe te jednak przyrządy, jakkolwiek nazwano je szumnie helikopterami, są także dotąd jedynie tylko zajmującemi zabawkami. Motylek papierowy przez całą swą długość ma przeciągniętą nitkę kauczukową, połączoną na końcu z dwoma skrzydełkami, szrubowato ułożonemi; nitka ta, gdy po skręceniu się rozkręca, wprawia w obrót owe skrzydełka, co wywołuje wkręcanie się ich w powietrze, i motylek do pewnéj wysokości podnosi się w górę.

Nieco okazaléj przedstawiają się inne przyrządy, nazwane aeroplanami, utworzone z dosyć wielkiéj płaszczyzny, która przy pomocy szybko obracających się szrub może wznosić się w powietrzu w kierunku ukośnym względem poziomu. Budową ciekawych tych przyrządów zajmowali się mechanicy francuzcy Pénaud i Tatin. Ten ostatni przedstawił w roku 1879 aeroplan, którego płaszczyzna obejmowała 0,7 metra kwadratowego, i którego szruby obracane były za pomocą drobniutkiego motora o powietrzu ścieśnioném. Prace tego wynalazcy zyskały nawet niedawno nagrodę akademii, do rezultatów wszakże praktycznych daleko jeszcze, a motory, któremi dotąd rozporządzamy, nie przedstawiają widoków, aby przy pomocy przyrządów od powietrza cięższych człowiek zdołał w górę się wzbijać.

I balony zresztą, pomimo postępów w ostatnich latach dokonanych, nie prędko zapewne rywalizować zaczną z kolejami żelaz-

nemi i okrętami. „Następcy nasi na scenie świata, mówi znany pisarz francuzki Flammarion zwykłym swym stylem przesadnym, widzieć będą atmosferę przerzynaną lekkiemi statkami, w epoce, gdy przez harmonię spełnionych postępów nie będzie już granic między narodami, a ziemia cała będzie konfederacyą stanów zjednoczonych, żyjących w blasku i wolności".

Proroctwa takie niewiele kosztują. Tymczasem, jak widzieliśmy, i wynalazcom i tym, co im poparcie dają, idzie jedynie o wyzyskanie balonu w celach wojennych.

Słowa Flammariona, przed kilkunastu zaledwie laty wypowiedziane, dziś stanowią zapewne anachronizm, brzmią w uszach naszych jak dotkliwa ironia.

O przepowiedniach w nauce.

I.

Dzieje nauki zachowały podanie o najdawniejszéj w Europie przepowiedni zaćmienia słońca. Wygłosić ją miał Tales w roku 585 przed Chrystusem, a wedle rachunków Airego i Hinda zaćmienie to przypadło 28 maja. Przepowiednia Talesa stanowi fakt ważny w historyi cywilizacyi i należy niewątpliwie do chwil wybitnych w dziejach rodu ludzkiego.

Niespodziane bowiem i nieprzewidziane zjawiska przyrody przerażają człowieka, gnębią samodzielność jego, oddają go pod przemoc jednostek i kast, które lepszą znajomość natury na korzyść własną wyzyskują. Sama umiejętność przepowiadania zaćmień zapewniała niegdyś władzę kapłanów w Egipcie, jak obecnie jeszcze mandarynów w Chinach.

Gdy Kolumb na Jamajce z garstką towarzyszów znalazł się w położeniu zagrożoném, wobec licznych i uzbrojonych wyspiarzy, wydobyło go z niebezpieczeństwa zaćmienia księżyca: oznajmił bowiem dowódcom krajowców, że gdy mu żywności nie dostarczą, sprowadzi na nich największe nieszczęścia, a przedewszystkiém pozbawi ich blasku księżyca. Indyanie szydzili z tych gróźb, gdy jednak księżyc zagasł, przejęci strachem, rzucili się na kolana i uczynili zadość wszystkim żądaniom Hiszpanów.

Zjawisko, którego powrót obliczyć i oznaczyć umiemy, traci charakter grozy, usuwa się z pod władzy sił tajemniczych, zajmuje miejsce w ogólnym porządku natury. Zaćmienie słońca, skoro jest przepowiedziane, przerażać nas już nie może. Nie jest to już objaw mściwości zagniewanego bóztwa, co krnąbrnego człowieka usunięciem dobroczynnych promieni gwiazdy dziennéj karze; to już nie tryumf złego ducha ciemności nad dobrym władcą światła; zjawisko przewidziane—to następstwo konieczne działań prawidłowych, sił statecznych i niezmiennych. Człowiek przestaje być igraszką potęg tajemnych, które losami jego rządzą dowolnie, zaczyna badać przyrodę, ujarzmia ją i do celów swych nagina. Budzi się samodzielność, rozwija poczucie niezależności duchowéj.—Prawidłowość zjawisk jest ogólną cechą przyrody, najwcześniéj jednak i najwyraźniéj dostrzegł ją człowiek śród objawów niebieskich, a ztąd znaczenie astronomii dla ogólnéj kultury ludzkiéj.

Gdzie przepowiednia się ziszcza, świadczy to, że w rozważanym szeregu zjawisk prawidłowość panuje, a im dokładniéj prawidłowość tę ujmujemy; tém téż przepowiednie stają się ściślejsze, rozleglejsze, potężniejsze. Dlatego to za miarę postępu nauki, za skaźnik jéj rozwoju, przyjmujemy w ogólności jéj możność przepowiedni; każda gałęź wiedzy tém się nam doskonalszą, tém wyżéj rozwiniętą przedstawia, im obszerniejsze i donioślejsze są jéj przewidywania, im się lepiéj sprawdzają. Aby wszakże ocena ta słuszną i uzasadnioną była, baczyć należy, że zależnie od rozwoju danéj nauki przepowiednie, jakie ona głosi, różny mają charakter i niejednakie znaczenie. Zawisły téż one i od metody, jaką przyswoiły sobie i wyrobiły odrębne nauki; jakkolwiek bowiem ogólne zasady metody jedne są dla całéj wiedzy przyrodniczéj, w szczególném wszakże zastosowaniu naginać się muszą do materyału, stanowiącego przedmiot badań, i nieraz wybitne przedstawiają różnice.

Charakter ten przepowiedni miéć należy na uwadze, gdy ich doniosłość ocenić chcemy. Niepodobna byłoby rozklasyfikować różne rodzaje przepowiedni naukowych i w określone ująć je kategorye, można jednak zaznaczyć różne niejako ich stopnie.

II.

Już na najniższym szczeblu swego rozwoju, gdy nauka zbiorem jest jedynie faktów z obserwacyi osiągniętych, samo poczucie konieczności i prawidłowości w przyrodzie wnosić pozwala o przy-

szłym przebiegu zjawisk. Słońce wejdzie jutro i pojutrze, bo wczoraj wschodziło; ziarno, rzucone w ziemię, zakiełkuje, łodyga wypuści gałązki, okryje się liśćmi i kwiatem, wyda wreszcie owoce, bo tak się działo lata poprzedniego. Znajomość taka jest wynikiem najpobieżniejszéj już obserwacyi, jest niejako własnością i dziedzictwem całéj ludzkości, stanowi wiedzę ludową; stopień wyższy osiągnąć już może tylko obserwacya skrzętna, sumienna i umiejętna, gromadząc zasób faktów starannie zbadanych i dokładnie stwierdzonych. Na podstawie takiéjto właśnie wytrwałéj obserwacyi, przez długi ciąg pokoleń prowadzonéj, mógł Tales zaćmienie słońca przepowiedzieć. Najdawniejsi już bowiem obserwatorowie nieba na równinach Chaldei tak bacznie zapisywali wszelkie zaćmienia, że zdołali wykryć okres, obejmujący $6585^1/_3$ dni, a zwany Saros, po którym zjawiska te w tymże samym powtarzają się porządku.

Okres ten tém się tłomaczy, że zaćmienia wtedy tylko mieć mogą miejsce, gdy księżyc podczas swéj pełni lub nowiu przypada w pobliżu jednego ze swych węzłów, to jest punktów, w których droga jego z płaszczyzną ekliptyki się krzyżuje; węzły te zaś nie zachowują położenia niezmiennego, ale się ruchem wstecznym po ekliptyce posuwają, i to z szybkością taką, że jeżeli w pewnéj chwili słońce i księżyc znajdują się w pobliżu jednego z tych węzłów, to po $6585^1/_3$ dniach znów do tegoż położenia względnego wracają. Przeciąg ten czasu czyni 18 lat i 10 lub 11 dni, stosownie do tego, czy dzień 29 lutego cztery, czy téż pięć razy w tym czasie zachodzi; jeżeli tedy zapamiętamy porządek zaćmień w ciągu lat ośmnastu, to napotkamy tenże sam ich szereg i w ciągu następnych lat ośmnastu, z opóźnieniem wszakże 10 lub 11 dni. Pojmujemy więc łatwo, że znajomość tego okresu, którego wykrycie wymagało długich i licznych dostrzeżeń i zręcznego ich zestawienia, służyć może za podstawę do przepowiadania zaćmień, chociaż nie z zupełną ścisłością; zaćmienia bowiem nowego szeregu nie są widzialne już w ogólności w tychże samych miejscach, albo przynajmniéj w téjże saméj porze doby, a środek każdego zaćmienia przypada o $7^3/_4$ godzin późniéj. W każdym razie jest ten okres chaldejski najważniejszym zabytkiem astronomii z czasów poprzedzających epokę aleksandryjską, i on to zapewne posłużył Talesowi, jak powiedzieliśmy, do przepowiedni zaćmienia. Być może, że naukę tę zaczerpnął on z Egiptu, dokąd w owym czasie otworzył dostęp cudzoziemcom Psametyk.

I w naukach zresztą, dosyć już wysoko rozwiniętych, często jedynie bogaty zasób znanych faktów dozwala przewidywać zdarzenia następne. Nie w inny sposób wróży Thénard, gdy do zwiedzającego pracownię jego księcia Joinville przemawia stylem urzędowéj uniżoności: „Oto dwa gazy, tlen i wodór, które wnet dostąpią zaszczytu połączenia się wobec waszéj królewskiéj wysokości“. Właściwie bowiem wie on to tylko, że w oznaczonych warunkach dwa te gazy tworzą połączenie chemiczne; zdobycie téj świadomości wymagało wprawdzie badań umiejętnych bardzo i metod podziwu godnych, niemniéj jednak ogólny charakter takiéj znajomości rzeczy polega tylko na tém przeświadczeniu, że w jednakich warunkach zjawiska w jednaki zachodzą sposób.

Tą drogą biegły eksperymentator w zdumienie wprawia widzów dokładnością, z jaką przebiega zapowiedziane przezeń doświadczenie, a technik, gdy starannie na wielką skalę zestawił warunki, jakie zbadał chemik w zaciszu swéj pracowni, wie, że produkt jego posiadać będzie cechy żądane i z góry oznaczone. I groźna siła, w materyałach wybuchowych drzemiąca, oczekuje spokojnie skinienia, które ją do działania zawezwie, a górnik przy téj pomocy toruje sobie drogę do skarbów, w łonie ziemi zamkniętych. Najwspanialszy przykład takiéj eksplozyi daje nam rozsadzenie wielkiéj skały, która wraz z drobniejszemi rafami podwodnemi, jako „brama piekielna“, wstęp do portu nowojorskiego tamowała. Przeprowadzono w niéj setki galeryj, przewiercono tysiące otworów, dziesiątkami tysięcy nabojów wypełniono i połączono ją drutami z bateryą elektryczną, na przeciwległym brzegu umieszczoną,—w warunkach zaś tak dokładnie przygotowanych zapowiedziany wybuch nastąpić musiał w chwili oznaczonéj, 10 października 1885 o godzinie 11 rano: mała dziewczynka naciśnięciem gałki zamknęła prąd elektryczny, a groźna skała w jednéj chwili przepadła na zawsze.

Niekiedy niewielka już liczba dostrzeżeń wystarcza do uchwycenia prawidłowości objawów. W nocy 12 listopada 1799 r. dostrzegli Humboldt i Bonpland w Andach wspaniały spadek meteorów, który przypominał opis Mahabharaty indyjskiéj:—„Pochodnie niebieskie wyrywały się z firmamentu, jakby płomienie dymem okryte, a gwiazdy tysiącami z niebios zbiegały“. Podobnież obfity deszcz gwiazd spadających nastąpił w téjże dacie w r. 1833, a wspaniałość obu tych objawów i pewne ich podobieństwa nasunęły Olbersowi domysł o ich wspólności: wniósł więc, że jest to zjawisko peryodyczne o okresie 34-letnim i przepowiedział jego po-

wrót na rok 1867, a ujęcie téj peryodyczności przyczyniło się znacznie do rozwikłania zagadki gwiazd spadających.

Pewnością wszakże przepowiednie takie, na spostrzeżeniach, na znajomości faktów oparte, zalecać się mogą wtedy jedynie, gdy fakty te są niewątpliwe i należycie poznane; spostrzeżenia błędne i niejasne do wątpliwych téż wniosków prowadzą. Jako świeży przykład tak niefortunnéj przepowiedni przytoczyć można zapowiedziany na ostatnie lata powrót „gwiazdy betleemskiéj“ [1]), — zapowiedź ta chybiła, wysnuwano ją bowiem z niejasnych wzmianek kronikarskich, z dostrzeżeń zgoła niepewnych.

W ogólności zaś takie zbyt pospieszne wnioskowanie z niedostatecznéj ilości faktów, ze spostrzeżeń pobieżnych i wątpliwych, jest powszechnym bardzo błędem rozumowania naszego, prowadzi często do złudzeń, staje się źródłem klęsk i zawodów w sprawach życia zwyczajnego. Powszedni bardzo przykład nastręcza nam zwłaszcza zalecanie różnych lekarstw bez wartości, środków uniwersalnych. Krople te uzdrowią cię niewątpliwie—słyszymy codziennie—bo pomogły mnie odrazu. Wartość téż pedagogiczna wiedzy przyrodniczéj na tém w znacznéj mierze polega, że nazwyczajając umysł do ścisłego ważenia faktów, które służyć nam mają za podstawę rozumowania i wnioskowania, od tego kardynalnego ustrzegają go błędu.

III.

Z faktów starannie zebranych, z należycie prowadzonych doświadczeń, indukcya wysnuwa prawa natury, ze szczegółów wyprowadza pojęcie ogólne. Na podstawie więc znajomości praw natury oparte przepowiednie stanowią już donioślejszą ich kategoryę, wyższy niejako ich stopień. Niewątpliwie, samo wyrażenie ogólne tego, co w przyrodzie zachodzi, jest już prawem natury; gdy mówimy, że każde zwierzę ssące posiada serce o czterech jamach, albo, że ciało niepodparte spada, są to już prawa natury. Jeżeli tedy, dowiadując się o odkryciu nowego gatunku z rzędu gryzących, wnosimy, że posiada on téż serce o dwu przedsionkach i dwu komórkach; albo gdy ostrzegamy, że przedmiot niepodparty spadnie i rozbije się, wyprowadzamy już właściwie wnioski ze znanych praw przyrody. Pobieżnéj wszakże takiéj znajomości rzeczy niechętnie nazwę prawa nadajemy,—posiadaniem prawa wtedy się dopiero pochlubić możemy, gdy ująć umiemy stosunki liczebne ró-

[1]) „Gwiazdy zmienne“ str. 139.

żnych szczegółów danego zjawiska. Mamy wtedy przed sobą związek matematyczny, wzór rachunkowy poprostu, zkąd drogą wywodów dedukcyjnych wysnuwać możemy długie szeregi wniosków, które na każdym kroku rzeczywistość potwierdza.

Jeżeli o spadek ciała idzie, prawa te obejmują związki między czasem, przez jaki ruch ciała trwa, prędkością, jaką ono w każdéj chwili osiąga, i drogą, jaką w ciągu tego czasu przebiega. Prawa te zachowują moc swoją niezłomną i wtedy, gdy ciało jest w górę rzucone; skoro więc znamy tylko siłę, z jaką pocisk w górę ciśnięty został, a raczéj prędkość, jaką mu siła rzutu nadała, znamy już wszelkie jego losy,—umiemy przewidzieć, przepowiedzieć położenie jego i prędkość w każdéj chwili, wiemy, dokąd się wzniesie i kiedy na ziemię wróci. W podobnych warunkach znajduje się i piłka, ciśnięta ukośnie względem poziomu, lub kula, z armaty wybiegająca; od kierunku prostolinijnego, jaki jéj siła rzutu nadała, odchyla się wciąż ku dołowi wedle tychże samych praw, co i ciało swobodnie spadające, aż wreszcie, przebiegłszy drogę krzywolinijną, na ziemię pada. Artylerzysta więc łatwo rozwiązać może zadanie, pod jakim kątem rzucić należy pocisk, albo innemi słowy, pod jakim kątem ustawić ma oś działa, aby pocisk, przy danéj sile rzutu, czyli przy danym ładunku prochu, dosięgnął oznaczonego punktu. Zadania tego znajduje nawet dwa rozwiązania, co znaczy, że z góry wskaże dwie drogi, któremi pocisk dobiedz może do żądanego punktu: kierunki rzutu dla obu tych dróg jednakowo są pochylone względem linii, czyniącéj z poziomem kąt 45°; pociski zatém, rzucone pod kątami 40° i 50°, albo 20° i 70°, jakkolwiek przebiegają parabole różne, padają w jednym punkcie; największą zaś posiada doniosłość pocisk, czyli pada najdaléj, gdy wybiega pod kątem 45° względem poziomu.

Rozmaitość ruchów, zależnych od podanych tu praw spadku, nie ogranicza się bynajmniéj do wyliczonych wyżéj przykładów, i moglibyśmy obfity jeszcze ich zasób przytoczyć; jedno więc prawo natury obejmuje rozległy obszar faktów, daje nam moc dokładnego przewidywania mnóztwa zjawisk, zgoła na pozór różnorodnych.

Zbyt pospiesznie wszakże wyraziliśmy swe zadowolenie ze spełnienia się naszych proroctw; uwaga nieco baczniejsza wykaże, że przepowiednie nasze zupełnie dokładne bynajmniéj nie były. Wbrew obliczeniom naszym, ciało zbiegające ku dołowi opóźni się nieco, piłka w górę ciśnięta nie osiągnie naznaczonéj jéj wysokości, a pocisk artylerzysty nie dobiegnie do punktu, ku któremu go

skierował. Wobec spostrzeżenia tego, dla niezgodności takiéj wniosków ze zjawiskami, słabnie ufność nasza w rzetelność praw spadku, przez Galileusza wykrytych, i gotowi jesteśmy o dokładności ich powątpiewać. Na chwilę jednak tylko. Zanim usuniemy je, jako rupiecie bezużyteczne, jako zasady kłamliwe, rozejrzéć jeszcze wypada, czy nie zachodzą tu pewne okoliczności uboczne, pewne działania wikłające, które odstępstwo to sprowadzają. Niedaleko téż rzeczywiście szukać ich potrzebujemy. W obliczeniach naszych braliśmy pod uwagę jedynie prędkość, ciału rzuconemu w początku jego biegu nadaną, i ciągłe odchylanie się jego od pierwotnego kierunku rzutu, wpływem ziemi powodowane; zapomnieliśmy wszakże, że bieg pocisku nie zachodzi w próżni, ale że posuwa się on w powietrzu, które mu wciąż opór stawia. Przebiegając przez atmosferę, pocisk usuwać musi cząsteczki powietrza, które mu drogę tamują, udziela im część ożywiającéj go siły, a ztąd sam na prędkości traci, i to tém więcéj, im prędkość jego jest większa. Okoliczność ta gmatwa silnie objawy biegu ciał rzuconych, opór bowiem powietrza zależy w bardzo znacznéj mierze od postaci pocisków, od tarcia o ich powierzchnię, od ich przecięcia i od innych jeszcze względów. Droga więc, jaką pocisk przebiega w powietrzu, odstępuje od paraboli, jakąby zakreślał w próżni, a zawikłanie jest tak znaczne i nastręcza tyle trudności że zadanie balistyczne, to jest oznaczenie drogi pocisku w powietrzu, dotąd zupełnie rozwiązaném nie zostało.

Ściśle zatém mówiąc, praw biegu ciał rzuconych w całéj ich ogólności nie znamy jeszcze. Przykład więc ten uczy, jak mozolném jest wiązanie szczegółów uogólniającą je zasadą. Przez liczne przypuszczenia przebiegać musi umysł, zanim natrafi na pojęcie istotne, z różnych możliwości wybierze stosowną; pomysłowość, ostrożność, troskliwość, gotowość do odrzucenia przypuszczeń, skoro się w czémkolwiek z faktami nie zgadzają, zaledwie podołać mogą zadaniu indukcyi, wydobyciu praw ogólnych ze szczegółów poznanych.

Wspomnieliśmy wyżéj, że i powszednia już, pobieżna, nieumiejętna obserwacya wnosić może do świadomości ogółu obfity nawet zasób faktów, ale znajomość praw natury znamionuje ścisłą tylko naukę. Dziecko igra zwierciadełkiem, na które promienie słońca padają, raduje się jasnemi kółkami, które, wraz z obrotem szkiełka, to w jednę, to w drugą przesuwają się stronę. Pojmujemy więc, że promienie światła, napotkawszy przegrodę nieprzezroczystą, zmieniają kierunek swego biegu; jest to spostrzeżenie

każdemu znane, a na jego podstawie przewidzieć możemy tyle tylko, że promień światła odbije się od powierzchni wygładzonéj. Ogólnikową tą znajomością objawów, w przyrodzie zachodzących, nie zadawalnia się nauka; doświadczeniami starannemi. do oznaczonego celu dążącemi i według obmyślonego planu prowadzonemi, przy pomocy kątomiarów i przyrządów, usuwających wpływy zakłócające, wyczytuje ona, w tym razie nawet łatwo i bez mozołu, bo przez proste niejako zsumowanie rezultatów osiągniętych, zależność między kierunkiem promienia odbitego i promienia padającego, wykrywa, że kąt odbicia równa się kątowi padania.

Proste to prawo rozświetla nam już rozległy obszar zjawisk: światło padać może na najrozmaitsze powierzchnie, płaskie i krzywe, kuliste i elipsoidalne, walcowe i stożkowe, wypukłe i wklęsłe, a prawo powyższe nauczy nas już, jak promienie odbijać się będą od każdéj z tych powierzchni; metodą dedukcyi, drogą wywodu matematycznego, przepowiedzieć możemy położenie i wielkość obrazu i wskazać z góry wszelkie jego właściwości. Ten właśnie rodzaj przepowiedni, tak prostych i tak pewnych, nadaje początkowéj już nauce fizyki urok tak powabny dla umysłów młodzieńczych; a gdy przez długi ciąg wieków średnich cała wiedza przyrodnicza w bolesny letarg zapadła, jedna tylko optyka nęciła umysły ku sobie. W nader rzadkich wszakże tylko przypadkach dało się prawo natury wyczytać w sposób tak łatwy, jak przy objawach odbijania się światła; pokrewne prawo załamywania się promieni, pomimo wielu badań i poszukiwań najdzielniejszych umysłów, wykryte zostało zaledwie w półtora tysiąca lat późniéj.

Najwyraźniéj wszakże uczy astronomia, jaka jest różnica między tym rodzajem przewidywań naukowych, a tą ich kategoryą, która tylko na zasobie dostrzeżonych i nagromadzonych faktów polega. Odkąd znamy prawa ruchu ciał niebieskich, przepowiednie astronomiczne charakter swój zmieniły zupełnie: zaćmień nie oznaczamy już, jak za czasów Talesa. Skoro bowiem, dzięki wytrwałéj pracy Keplera, która mu życie całe zajęła, posiadamy prawa, rządzące ruchami brył, należących do układu słonecznego, i znamy położenie ich w danéj chwili, umiemy też wskazać położenie ich w najodleglejszéj epoce przyszłości lub przeszłości, z tą niezrównaną ścisłością, która w zdumienie nas wprawia; przepowiednie zaćmień są drobiazgiem tylko w rzędzie tych proroctw astronomicznych.

Gdy w r. 1874 i 1882 Wenus przesunęła się przed tarczą słoneczną, chwile tego zjawiska dawno były obliczone, a astronomo-

wie wiedzieli dobrze, gdzie mają stanowiska swe obserwacyjne zająć, by je dokładnie obserwować mogli. A troskliwie zaiste należało im szczegóły wszystkie z góry przewidzieć, przejście bowiem Wenery przez tarczę słoneczną, które daje nam rzadką sposobność dokładnego pomiaru odległości słońca od ziemi, powtórzy się dopiero 8 czerwca 2004 roku. Choćby nawet peryodyczność objawów niebieskich aż do szczegółów najdrobniejszych znana nam była, i choćby przepowiednie, jedną i drugą drogą osiągnięte, jednaką zalecały się pewnością, to łatwo przecież oceniamy, jak niejednakie mają znaczenie, jak rozmaite dają świadectwa o wartości metod, które im za podstawę służą, i jak odmiennym jest stopień rozwoju nauki, gdy w jeden lub drugi sposób przyszły przebieg zjawiska oznacza.

IV.

Najwyższy stopień rozwoju osiąga nauka, gdy cały obszar objawów pokrewnych i jednorodnych wspólną obejmuje teoryą. Teorye te są to jakby szczyty wież wyniosłych, zkąd rozległy obszar zjawisk oku się naszemu przedstawia; błądząc po równinie, zbierać byśmy je mogli zwolna ledwie, jedno po drugiém, a na nieudeptanych ścieżkach pozostawałoby mnóztwo niedostrzeżonych faktów. Z ogólnych teoryj wychodząc, dedukcya, w ścisły i pewny język matematyczny zbrojna, przewiduje zjawiska nieznane, przepowiada odkrycia zdumiewające. Takie przedewszystkiém znaczenie mają — teorya undulacyjna światła, teorya mechaniczna ciepła, teorya ciążenia powszechnego, obok innych, mniéj rozległych lub słabiéj uzasadnionych.

Przykład bardzo prosty nastręczają nam objawy topienia się ciał. Z zasad teoryi mechanicznéj ciepła wnieśli J. Thomson i Clausius, że wraz ze wzmaganiem się ciśnienia, pod jakiém ciała stałe zostają, podwyższać się musi i punkt ich topliwości, co znaczy po prostu, że ciało silnie ugniecione trudniéj się topić będzie, aniżeli w warunkach zwykłych. Pochodzi to ztąd mianowicie, że ciała przy topieniu w ogólności objętość swą powiększają; przy przemianie téj przeto swego stanu skupienia wykonywać muszą pracę zewnętrzną, którą w zwykłych warunkach przedstawia ciśnienie powietrza otaczającego; gdy zaś ciśnienie to się zwiększa, wykonanie pracy zewnętrznéj wymaga większego nakładu energii, podsycenia siły żywéj cząsteczek, podwyższenia zatém temperatury ciała. Przewidywanie to potwierdziły liczne doświadczenia późniejsze, ale świetniéj jeszcze zaznaczyła swą działalność proroczą

nowa teorya ciepła pod względem zachowania się wody. Lód, jak wiadomo, pływa po wodzie, jest od niéj lżejszy; przy topieniu zatém staje się stosunkowo cięższym, przyjmuje objętość mniejszą, kurczy się, zachowuje się odmiennie, aniżeli ogół ciał innych. Lód tedy przy topieniu nie potrzebuje pracy zewnętrznéj wykonywać, zyskuje owszem energię pracy zewnętrznéj, która przeobraża się w ciepło; im większemu zatém ulega ciśnieniu, tém większy jest w topieniu jego udział téj pracy zewnętrznéj, tém téż mniéj przez ogrzewanie podsycać nam należy siłę żywą jego cząstek, — co wszystko znaczy poprostu, że lód uciśnięty topić się będzie łatwiéj, aniżeli w warunkach zwykłych. Podobnie zresztą, jak powyższe podniesienie się punktu topliwości, tak i to jego zniżenie jest bardzo drobne, wynosi bowiem, według rachunków W. Thomsona, zaledwie 0.0135° F przy każdém wzmożeniu ciśnienia o jednę atmosferę, Tyndall uwidocznił je wszakże doświadczeniem bardzo prostém i wymownem.

Podobnież, na podstawie téjże teoryi oznaczył z góry Andrews warunki, w których wreszcie nastąpić musiało skroplenie gazów najoporniejszych [1]),

Przykłady te z teoryi mechanicznéj ciepła zaczerpnęliśmy, jako bardzo proste i jasne; gdybyśmy tu mogli w zawiłości jéj głębiéj wkraczać, nastręczyłyby się nam przewidziane przez nią objawy donioślejszego znaczenia. Dawniéj jeszcze optyka teoretyczna przepowiedziała całe mnóztwo zjawisk, wchodzących w zakres krzyżowania, uginania i polaryzacyi światła, a występujących w warunkach tak zawiłych, że obserwacya bezpośrednia nigdyby na nie natrafić nie zdołała.

I na tym najwyższym wszakże stopniu przepowiedni naukowych, tryumf najwyższy astronomii przypada: tryumfem tym jest odkrycie Neptuna, planety, krążącéj na kresach układu słonecznego. Historyę tego odkrycia przypomnimy tu w kilku słowach.

Gdy chcemy z góry oznaczyć rachunkiem położenie, jakie pewna planeta zajmować będzie w epoce danéj na sklepieniu niebieskiém, nie można poprzestać na wyznaczeniu elipsy, jakąby planeta przebiegała pod wpływem jedynie przyciągania bryły słonecznéj; należy wziąć jeszcze pod rachunek i atrakcye planet sąsiednich, które na bieg jéj wpływ drobny wywierają, odwodząc ją nieco z eliptycznéj jéj drogi. Zboczenia te, czyli perturbacye, zależą od masy i od odległości wzajemnéj planet uważanych. Dopóki

[1]) „Historya gazów“, str. 217.

szło o planety dawno znane, rachunek tych zawikłań, czyli perturbacyj, okazywał się zawsze zupełnie zgodnym z rezultatami obserwacyi,—położenie planet oznaczać można było z góry ze ścisłością zdumiewającą. Gdy jednak też same metody zastosowano do biegu Urana, planety, odkrytéj w r. 1781, dostrzeżono odstępstwo między rachunkiem a obserwacyą,—wpływ Jowisza i Saturna okazał się niedostatecznym do wyjaśnienia zboczeń Urana. Ponieważ do rachunków tych błąd się żaden nie zakradł, należało przypuszczać, że przyczyną owéj niezgody jest wpływ innéj jeszcze, nieznanéj wówczas, planety. Aby planetę tę odkryć, trzeba było zadanie perturbacyj odwrócić: zamiast oznaczać zboczenia, jakie w biegu Urana powoduje planeta o znanéj masie i w znanéj od niego odległości położona, należało dochodzić, jaką masę i jakie położenie posiadać winna planeta nieznana, by sprowadzić mogła perturbacye, wskazane przez dostrzeżenia. Pomimo znacznych trudności tego zadania—każde bowiem zadanie odwrócone jest w ogólności od pierwotnego trudniejsze, — rozwiązał je szczęśliwie Leverrier i dnia 31 sierpnia 1846 r. doniósł akademii nauk w Paryżu, że ta nieznana i szukana planeta powinna się w owym czasie znajdować pod 326° 52′ długości heliocentrycznéj. W miesiąc niespełna późniéj, Galle, dyrektor obserwatoryum berlińskiego, posiadając świeżo przygotowane karty téj okolicy nieba, dostrzegł tę planetę w polu swéj lunety, w miejscu, wskazaném przez Leverriera. Różnica między rezultatami rachunków a obserwacyą nie wynosiła ani stopnia jednego, co znaczy, że odległość istotnego położenia planety od jéj miejsca obliczonego była mniejszą od podwójnéj średnicy księżyca.

Jak to się często w dziejach nauki powtarza, nad témże samém zadaniem pracował współcześnie i inny jeszcze astronom, Adams w Anglii,—i on téż, na podstawie zboczeń Urana, obliczyć zdołał pierwiastki i położenie planety nieznanéj. Na nieszczęście wszakże, „astronom królewski“, dyrektor obserwatoryum w Greenwich, Airy, któremu Adams rozprawę swą złożył, doniosłości jéj nie ocenił, a zanim ją ogłosił, chwała szczęśliwego współzawodnika szeroko już i głośno rozbrzmiała. Niedawno dopiero obaj ci znakomici astronomowie, Adams i Airy, jednocześnie prawie życie zakończyli, a śmierć ich przeniosła ostatecznie do wspomnień historycznych tę tragedyę, w któréj nieoględność jednego życie drugiego złamała.

Doniosłość takiego odkrycia planety nieznanéj drogą wywodów teoretycznych jasno nam się przedstawia, stanowi bowiem naj-

zupełniejsze potwierdzenie teoryi ciążenia powszechnego i zasad astronomii dzisiejszéj. Przepowiednia ta wieńczy długowieczny ciąg prac nad teoryą ruchów układu słonecznego i zamyka świetny ustęp dziejów wiedzy, w którym najjaśniéj błyszczą nazwiska Hipparcha, Ptolemeusza, Kopernika, Keplera, Newtona, Laplace'a. Odtąd może być jeszcze mowa o uzupełnieniach drobnych, o obliczeniach jeszcze dokładniejszych, całokształt jednak tego działu astronomii jest już zamknięty.

Znaczenie należycie uzasadnionych hypotez i teoryj na tém téż właśnie polega, że nietylko wiążą w całość i wspólném wyjaśnieniem pewien obszar zjawisk znanych obejmują, ale nadto otwierają drogi do poznawania rzeczy nieznanych. Hypotezy dawne, które uważały światło i ciepło za pewne substancye nieważkie, przez czas długi wprawdzie służyły dobrze i były w zgodzie ze zjawiskami, przez dostrzeganie odkrytemi, nie miały wszakże potęgi torowania dróg do badań nowych, odsłaniania widoków coraz rozleglejszych, gdy teorye nowe, jak widzieliśmy, zdolność tę niewątpliwie w wysokiéj mierze posiadają. Potwierdzenie przepowiedni, z teoryi wysnutych, stanowi jéj kamień probierczy; gdy zawodzi choćby jeden wniosek, z zasad jéj logicznie wysnuty, teorya upada, by ustąpić miejsca innéj, która ściśléj powiąże ogół faktów znanych i lepiéj się z niemi pogodzi. W ten sposób budujemy teorye coraz pewniejsze, a przy ich pomocy nauka coraz głębiéj w tajniki się przyrody wdziera. Ztąd téż, w miarę rozszerzania się widnokręgu wiedzy, rozpadają się teorye jedne, a na ich gruzach nowe się wznoszą; teorya olśniewa nas przez czas pewien swą dokładnością, obfitością swych przepowiedni; gdy wszakże mnożą się trudności, których pokonać już nie może, świetna przeszłość ocalić jéj nie zdoła. Wymowny obraz takiéj zmienności daje nam historya chemii w bieżącém stuleciu.

Pierwotna teorya dualistyczna Berzeliusa, która przyjmowała, że dwa pierwiastki łączyć się mogą w jeden związek, i znów dwa takie związki rzędu pierwszego tworzyć mogą związek dalszy, rzędu drugiego, przewidziała rzeczywiście znaczną ilość nieznanych dawniéj związków chemicznych, zwłaszcza tlenków, siarków, soli, i zasób znanych faktów chemicznych szczodrze zbogaciła. W końcu wszakże pierwszéj połowy stulecia poznano, że teorya ta nie da się nagiąć do zasad organicznych, przedstawiających w składzie swoim analogię do amoniaku; według pomysłów zatém Gerhardta i Laurenta przyjęto nową teoryę, która grupowała związki według pewnych typów zasadniczych; teorya ta nietylko wyjaśniła

dobrze szczegóły, które poprzednio wydawały się zagadkowemi, ale znów ze swéj strony ukazała całe szeregi związków, nieznanych poprzednio. Gdy jednak coraz bardziéj wzrastała obfitość tych nowych połączeń, nie dały się już one pomieścić w szrankach teoryi typów; nastręczało się zwłaszcza mnóztwo związków organicznych, posiadających jednakowy skład jakościowy i ilościowy, a pomimo to, przedstawiających własności odrębne. Należało więc odwołać się do samego układu atomów, a nowa teorya rozmaitość związków chemicznych tłómaczy ich budową wewnętrzną, różnym sposobem układania się i wiązania atomów różnorodnych. I znowuż wraz z większą ogólnością okazała teorya ta i potężniejszą zdolność przepowiedni, ilość bowiem związków, dających się na jéj podstawie przewidzieć, stała się prawie nieprzejrzaną, a i całego zasobu związków, rzeczywiście otrzymanych, objąć już niemal niepodobna. Z kilku dziesiątków tysięcy znanych obecnie połączeń organicznych znaczną bardzo część przewidzieli chemicy z góry, na podstawie wnioskowań teoretycznych, a następnie dopiero istnienie ich doświadczeniem stwierdzili; ztąd też o chemii powiedziano żartobliwie, że zpomiędzy wszystkich gałęzi wiedzy przyrodniczéj ona jedna pragnie być od saméj przyrody mędrszą. Gdy bowiem inne nauki zadawalniają się poznaniem objawów, rzeczywiście w naturze zachodzących, chemia poprawić chce przyrodę i wytwarza substancye, które ona stworzyć zapomniała.

Przykłady, któreśmy tu przytoczyli, objaśniają dostatecznie założenie nasze; zwłaszcza zaś przykłady z astronomii zaczerpnięte, przepowiednie zaćmień w starożytności i w czasach nowszych, jako też odkrycie Neptuna, uczą najwyraźniéj, jaka jest różnica w doniosłości przepowiedni, opartych na obserwacyi, na znajomości praw natury i na teoryi. — Wychodząc ledwie z dziecinnego swego stanu, nauka ma już możność głoszenia przepowiedni, charakter ich jednak jest różny w różnych okresach jéj rozwoju i jest najpewniejszym rozwoju tego probierzem.

V.

Z wyróżnienia powyższego różnych kategoryj przepowiedni naukowych widzimy zarazem, że wybija się w nich dobrze i sama metoda, która naukę w jéj rozwoju prowadzi; wszystkie też drogi, które nauce w badaniach jéj służą, odsłaniają nam źródła nowych przewidywań. Wśród tych dróg pomocniczych szczególne zna-

czenie przypada analogii, która zestawia i wiąże zjawiska, na pozór odległe, od rzeczy znanych wiedzie do nieznanych, od blizkich przenosi do dalekich.

Legenda, przytoczona przez Pembertona a rozgłoszona przez Woltera, opowiada, że pierwszy pomysł o działaniu siły ciężkości nasunąć miało Newtonowi jabłko, z drzewa spadające, a ztąd w rozumieniu potocznem zasługa Newtona na tém ma polegać, że do wyjaśnienia spadku ciał powołał hypotezę przyciągania ziemi. Tak wszakże nie jest bynajmniéj, o przyciąganiu bowiem ciał niebieskich prawiono już dawno w różnych spekulacyach. Genialność Newtona ujawnia się w olbrzymiéj i wspaniałéj analogii, która myśl jego od jabłka spadającego przeniosła do księżyca, toczącego się dokoła ziemi, i do planet, obiegających słońce; na podstawie téj analogii wykazał on ściśle i uzasadnił matematycznie, że to taż sama przyczyna, która wywołuje spadek jabłka, utrzymuje téż księżyc w obrocie jego dokoła ziemi, że to jedna i taż sama siła rządzi biegiem ciał na ziemię spadających i ruchem ciał niebieskich.

W liście pisanym do Halleya 14 lipca 1686 r. przytacza Newton, że przed dwudziestu mniéj więcéj laty powziął pojęcie o działaniu siły ciężkości w stosunku odwrotnym do kwadratów z odległości. Twierdzenie to nasunąć się mogło łatwo przez rozważania czysto geometryczne, w sposób podobny, jak to się rzecz ma co do światła; rozkładając się bowiem na powierzchnię kuli 2, 3, 4 razy daléj zatoczoną, zatém 4, 9, 16 razy większą, jest przyciąganie w każdym jéj punkcie 4, 9, 16 razy słabsze. Zasada ta, tak dziś dobrze znana, jest podstawą rozumowania Newtona, które tu podajemy w formie nieco dostępniejszéj.

Ciało, spadające na ziemię, przebiega w ciągu pierwszéj sekundy 5 metrów. Od środka ziemi, który jest jakby siedliskiem pociągającéj je siły, jest ono w odległości jednego promienia ziemskiego; gdyby więc ciało to znajdowało się w odległości 2, 3, 4 promieni od środka ziemi, spadałoby wolniéj, przebiegałoby w ciągu sekundy 4, 9, 16 razy mniéj, aniżeli wynosi powyższa droga 5 metrów. Gdyby się znalazło w oddaleniu, w jakiém się mieści księżyc, to jest w odległości 60 promieni ziemskich, uległoby sile 60×60, t. j. 3600 razy mniejszéj, i w ciągu sekundy zbiegłoby ku ziemi tylko o $^5/_{3600}$, czyli o $^1/_{720}$ metra.

Księżyc nie spada wprawdzie na ziemię, niemniéj jednak powiedzieć możemy, że spada on wciąż ku ziemi; pod wpływem bowiem unoszącego go ruchu usiłuje on posuwać się po linii prostéj i w każdéj chwili odbiegłby w kierunku stycznym do swéj drogi,

gdyby go właśnie przyciąganie ziemskie nie odchylało od téj linii stycznéj. Gdyby go nie ożywiał ruch jego własny, spadłby rzeczywiście na ziemię; gdyby go ziemia nie przyciągała, pod wpływem swego ruchu usunąłby się od nas do nieskończoności: pod wpływem obu tych działań, ani spaść na ziemię, ani odbiedz od niéj nie może, tocząc się bezustannie po drodze eliptycznéj dokoła ziemi. Ponieważ zaś księżyc obieg swój kończy w ciągu 27 dni, 7 godzin, 43 minut, wiemy téż, jaka część drogi przypada na jednę sekundę, a znana odległość księżyca dozwala nam wreszcie obliczyć, o ile co sekunda zbliża się on ku ziemi, o ile się odchyla od kierunku stycznego. Odchylanie to wynosi właśnie $^1/_{720}$ metra, to jest tyleż, ile wydał rachunek poprzedzający. Siła, utrzymująca księżyc w jego biegu, jest przeto tąż samą siłą, która powoduje spadek ciał na ziemię, jest siłą przyciągania ziemi, siłą ciężkości.

Liczby, użyte w powyższym rachunku, są przybliżone tylko. W obliczeniach Newtona nie występują oczywiście późniejsze metry, ale stopy ówczesne; za jednostkę czasu przyjętą tam jest nadto nie sekunda, ale minuta. Przy tych jednostkach rachunek wykazuje, że księżyc powinien się ku ziemi od stycznéj odchylać w ciągu minuty o 15 stóp przeszło. Jak powiedzieliśmy wyżéj, przeprowadzić miał Newton ten rachunek, według przytoczonego wyżéj listu do Halleya, około r. 1666; z istotnego wszakże biegu księżyca na odchylenie to wypadło mu jedynie tylko 13 stóp, — przewidywanie to zatém nie ziściło się, rachunek okazał się niezgodnym z obserwacyą, a niezgodność ta kazała mu ideę powziętą uważać za błędną i skłoniła go do jéj zarzucenia; zaprzątnięty był zresztą wówczas doniosłemi swemi pracami w dziedzinie optyki: w r. 1672 przesłał towarzystwu królewskiemu w Londynie rozprawę o rozszczepianiu się światła, a w załączonym przy niéj liście do Oldenburga, sekretarza tegoż towarzystwa, przytacza, że pierwsze początki tego odkrycia przypadają na rok 1666. Oba zatém największe odkrycia Newtona współcześnie niemal w potężnym tym umyśle zabłysły.

Do pomysłów swych o sile ciężkości wrócił Newton dopiero w r. 1682, gdy na posiedzeniu towarzystwa królewskiego dowiedział się o rezultatach nowego pomiaru południka ziemskiego, dokonanego przez Picarda w r. 1671. Był to pierwszy dokładny pomiar ziemi i wydał daleko pewniejszą wartość na długość promienia ziemskiego, aniżeli znano poprzednio, a tém samém i odległość księżyca od ziemi dała się dokładniéj wyrazić w liczbie promieni ziemskich. Na podstawie tak poprawionych jednostek po-

djął Newton znowu dawniejszy swój rachunek, a tym razem okazało się, że odchylenie księżyca od stycznéj w ciągu minuty wynosi rzeczywiście nieco więcéj nad stóp 15, zgodnie z przepowiednią, opartą na podstawie przypuszczenia o tożsamości siły ciężkości z siłą działającą na księżyc. Opowiadają, że gdy, przed zupełném jeszcze ukończeniem rachunków, zdobył Newton przekonanie o rzetelności swego przewidywania, potwierdzającego dokładność wielkiego jego odkrycia, uległ tak silnemu wzruszeniu, że doprowadzenie do końca swych obliczeń pozostawić musiał swym przyjaciołom. Opowiadanie takie o losach odkrycia Newtona podaje Robison, profesor fizyki w Edymburgu w końcu zeszłego stulecia: nie jest ono może zupełnie dokładne, przedstawia wszakże dobrze, jakie znaczenie przypada analogii w badaniach naukowych. Prowadzi ona myśl badacza na właściwe tory, ale nie może stanowić dowodu; uzasadnia się dopiero, gdy wysnuta z niéj przepowiednia zyskuje potwierdzenie. Gdy nie znajduje zupełnéj zgodności swego wniosku wyrozumowanego z obserwacyą, nie waha się Newton pomysłu swego zarzucić i po dwudziestu dopiero latach na nowo go podejmuje. Jakżeż często wzór ten tracą z oczu twórcy tanich hypotez!

Piękne przykłady pożytecznego zastosowania analogii daje nam cały szereg objawów, polegających na ruchu drgającym. Skoro dwa promienie światła, spotykając się z sobą, sprowadzać mogą bądź to zagładę, bądź wzmożenie blasku, a głos, podobnie jak światło, również jest objawem drgań, przeto i dwa rozchodzące się tony wywoływać winny podobneż zjawiska interferencyi,—dwa tony muszą się nawzajem wzmacniać lub osłabiać, stosownie do tego, czy zbiegają się jednakiemi, czy téż przeciwnemi fazami swego ruchu, doświadczenie zaś zdołało wniosek ten w zupełności potwierdzić; a tak samo przewidziano interferencyę i polaryzacyę promieni cieplikowych, gdy poznano powinowactwo ciepła promienistego i światła. Tęż samą metodę zastosowano w ostatnich czasach szczęśliwie i do elektryczności. W r. 1865 wniósł Maxwell, na podstawie wywodów czysto teoretycznych, że działania elektromagnetyczne rozchodzą się na podobieństwo fal świetlnych, że zatém, podobnie jak światło, na drganiach eteru polegają. W takim zaś razie falowania elektryczne powinny się odbijać, załamywać, krzyżować, zupełnie jak promienie światła, a dla sprawdzenia tych przewidywań należało tylko obmyślić metodę odpowiednią. Gdy więc to badanie doświadczalne zdołał szczęśliwie przeprowadzić

Hertz, uchylił tém samém zasłonę, która dotąd zagadkę istoty elektryczności kryła.

Wymowne również przykłady na analogii innego rodzaju opartych przepowiedni daje nam chemia [1]), gdy, układając w szeregi związki o budowie analogicznéj, odgaduje własności ciał dotąd nigdy niewidzialnych, nieznanych, i wskazuje drogi istotnego ich otrzymania.

VI.

Szczególne znaczenie dla ogółu przedstawiają przepowiednie meteorologiczne, stan bowiem pogody wiąże się z najżywotniejszemi sprawami naszemi. Człowiek jest istotą wątłą, zimno go gnębi, dręczą go upały, nadmiar deszczów lub zbytnia susza sprowadza nieurodzaj, głód, wzmaga ilość chorób. Wszyscy pragniemy wiedzieć, jaka pogoda będzie jutro, za dni kilka, czy nadchodzące lato będzie suche, czy następna zima będzie mroźna.

Na pytania te wszakże, co nas tak blizko dotyczą, meteorologia dotychczas odpowiedzieć nie może. Gdybyśmy znali dokładnie prawa ruchów atmosfery, to, biorąc za punkt wyjścia stan jéj w danéj chwili, moglibyśmy też obliczyć stan jéj w każdéj chwili następnéj lub poprzedniéj, a tém samém mielibyśmy możność przewidywania pogody według ścisłych metod astronomii dzisiejszéj,— ale praw tych nie posiadamy. Gdybyśmy choć w następstwie objawów meteorologicznych wyczytać mogli peryodyczność, dozwoliłoby to nam stan pogody przewidywać na wzór astronomii pierwotnéj; napróżno jednak silono się wiązać okresy siedmioletnie, jedenastoletnie lub jakiekolwiek inne, — żadnéj zgoła peryodyczności w objawach pogody nie dostrzeżono. Metody więc ogólne, któreśmy rozpatrywali wyżéj, tu nam swych usług odmawiają.

Od najdawniejszych wszakże czasów silono się wykryć reguły, według których możnaby przyszły stan pogody odgadywać. Reguły te miały charakter przeważnie astrometeorologiczny, a ślad ich pozostał w rozpowszechnioném dotąd mniemaniu o wpływie odmian księżyca na objawy pogody ziemskiéj. Powoływano też świadectwo zwierząt,—żab, pająków; śledzono przelot ptaków, rozpatrywano nawet budowę ich kości; przypisywano wybitne znacze-

[1]) „O naturze pierwiastków chemicznych“, str. 232.

nie pewnym dniom szczególnym lub pewnym porom roku: dzień Siedmiu Braci Śpiących, Boże Narodzenie po wodzie — Wielkanoc po lodzie. Przepowiednie pogody były najważniejszym działem kalendarzy, których wydawcy układali je z ostrożnością dawnéj Pytyi, według zasady—na dwoje babka wróży: miejscami deszcz, miejscami pogoda; wreszcie, stanowiła o nich zapewne większość głosów zecerów, pomimo to, kalendarze z proroctwami pogody utrzymywały się za naszéj jeszcze pamięci.

Wynalazek barometru dał pewną podstawę naukową przewidywaniom pogody, choć na najbliższą tylko przyszłość, a przy pomocy tego nowego przyrządu już w r. 1660 przepowiedział burzę sławny burmistrz magdeburski, Otto Guericke. Związek barometru ze stanem pogody na tém w ogólności polega, że powietrze wilgotne lżejsze jest aniżeli suche, wywiera ciśnienie słabsze i powoduje spadek barometru. Barometr wszakże nie jest prorokiem rzetelnym i często zawodzi, a wypływa to ztąd po prostu, że deszcz, który u nas pada, nie u nas się tworzy,—sprowadzają go nam wiatry z oceanów. Aby więc przewidzieć, czy deszcz jutro spadnie, wiedzieć należy, w jakim jutro kierunku prąd powietrza wiać będzie. Wiatr zaś płynie zawsze z miejsc, gdzie panuje większe ciśnienie atmosferyczne, gdzie barometr zatém stoi wyżéj, do miejsc o ciśnieniu mniejszém, o niższym stanie barometru. Barometr jest więc prorokiem mylnym, gdy go odczytujemy w jedném tylko miejscu, ale pewność jego przepowiedni wzmogłaby się znacznie, gdybyśmy go obserwować mogli współcześnie na całéj ziemi, lub przynajmniéj na znacznéj jéj części; możność zaś takiéj współczesnéj obserwacyi barometru w miejscach bardzo nawet między sobą odległych daje nam telegraf, a na jego właśnie pomocy opierają się dzisiejsze przepowiednie, czyli, jak się teraz mówić zwykło, prognoza pogody.

Tego rodzaju służba meteorologiczna, zaprowadzona w wielu już krajach, obejmuje znaczną liczbę stacyj czyli obserwatoryów meteorologicznych, zostających pod kierunkiem stacyi centralnéj. Codziennie więc, w godzinach rannych, otrzymuje stacya centralna telegramy, w których podane jest ciśnienie atmosferyczne, temperatura, kierunek i siła wiatrów, zachmurzenie lub opad, i inne jeszcze szczegóły, zaobserwowane w różnych okolicach o godzinie 8-éj wieczorem dnia poprzedzającego i o godzinie 8-éj rano dnia bieżącego. Treść tych telegramów zaznacza się na przygotowanych kartach geograficznych, zestawienie tedy takich „kart synoptycznych pogody“ dozwala rozejrzéć zmiany, jakie na znacznym

obszarze ziemi zaszły od poprzedniego wieczora aż do rana w ciśnieniu atmosferyczném i innych elementach meteorologicznych, a na podstawie tych wskazówek wyprowadza się prognozę pogody na dzień następny. Tak ułożony buletyn pogody, z kartami, przeglądem ogólnym i prognozą, litografuje się, o ile można, szybko, i ogłasza przez wywieszenie publiczne i przez rozsyłanie pocztą; buletyny pogody drukują się też w gazetach, a niektóre z nich podają i karty. Treść nadto buletynu takiego rozsyła się telegraficznie do lokalnych obserwatoryów meteorologicznych, które ją, w połączeniu ze wskazówkami miejscowemi, zużytkowują do prognozy pogody dla okolicy sąsiedniéj.

Taka obsługa meteorologiczna istnieje już od szóstego dziesiątka lat bieżącego wieku i zawdzięcza początek swoj wskazówkom Buys-Ballota i inicyatywie Leverriera; obecnie posiadają ją prawie wszystkie kraje europejskie, najlepiéj jednak rozwinięta jest w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnéj. Pierwotnie miała ona na celu jedynie sygnalizacyę burz, czyli rozsyłanie dla potrzeb żeglugi ostrzeżeń, że stan atmosfery grozi niebezpieczeństwem; następnie dopiero okazało się, że na podstawie téj podawać też można na dzień następny lub nawet na dwie następne doby i prognozy pogody, które się sprawdzają w przeważnéj liczbie przypadków,—około 85 odsetek.

Z udogodnienia takiego my dotąd nie korzystamy; jakkolwiek bowiem centralna stacya meteorologiczna przy muzeum rolnictwa i przemysłu w Warszawie zawiaduje znaczną liczbą stacyj, kosztem prywatnym w różnych okolicach kraju utrzymywanych, to wszakże brak funduszów nie pozwala na przesyłanie telegraficzne rezultatów codziennych dostrzeżeń. Dostarczane przeto przez stacye te wiadomości stanowią jedynie materyał do dokładnéj znajomości klimatu kraju.

Tak więc naukowe proroctwa o pogodzie obejmują obecnie zaledwie najbliższą przyszłość, jeden lub dwa dni, co najwyżéj, moc meteorologii dzisiejszéj daléj nie sięga; teraźniejszy stan téj nauki nie daje nam żadnych zgoła wskazówek, któreby dozwalały przewidywać z góry, czy następna pora roku będzie gorącą czy też zimną, suchą czy dżdżystą. Skromne te przepowiednie nie zadawalają wszakże pragnień ogółu, po za obszarem zatém nauki rzetelnéj pozostaje dosyć miejsca dla proroków, którzy, na podstawie dowolnie ukutéj teoryi, głoszą przepowiednie o pogodzie na rok lub na nieograniczony nawet przeciąg czasu. Proroków ta-

kich nie brakło nigdy, a dziś najsilniejszy rozgłos i największe zaufanie zdobył sobie Rudolf Falb w Wiedniu.

Według teoryi Falba, stan pogody ziemskiéj zawisł wyłącznie od działania przyciągającego, jakie księżyc i słońce wywierają na atmosferę naszą. Bierze on pod uwagę każdochwilowe położenie słońca i księżyca względem ziemi, rozpatruje więc odmiany księżyca, a mianowicie nów' i pełnię, wtedy bowiem księżyc i słońce mieszczą się na jednéj linii z ziemią i wpływ swój na atmosferę sumują; działanie zaś obu tych brył niebieskich jest najsilniejsze, gdy przypadają w najmniejszém od ziemi oddaleniu. Każda z tych okoliczności jest więc według Falba „czynnikiem przypływu", a do czynników tych zalicza nadto położenie słońca i księżyca na równiku niebieskim, oraz ich zaćmienia. Każdy dzień nowiu i pełni nazywa się u Falba „dniem krytycznym", a stosownie do liczby czynników przypływu, które się w dniu takim zbiegają, może on być dniem krytycznym rzędu pierwszego, drugiego lub trzeciego. Tym sposobem można w kalendarzu na cały rok z góry zaznaczyć dnie krytyczne różnych rzędów, dnie zatém, w których oczekiwać można nagłych zmian pogody, burz, katastrof, a nawet trzęsień ziemi i wybuchów gazów w kopalniach.

Dla ogółu przedstawia teorya ta pewien pozór naukowy i wydaje się dosyć ponętną. W istocie bowiem rzeczy przyjmuje ona, że atmosfera nasza, na wzór mórz i oceanów, ulega pod działaniem przyciągającém słońca i księżyca przypływom i odpływom, a ruchy te powietrzne powodują wszelkie zmiany pogody, zaburzenia, przewroty. Już jednak rachunki Laplace'a wykazały, że wpływ tego przyciągania na ruchy atmosfery jest niezmiernie słaby; jeżeli rzeczywiście istnieją przepływy i odpływy powietrzne, są one tak drobne i nieznaczne, że barometr bynajmniéj ich nie zdradza. Na objawy, w atmosferze ziemskiéj zachodzące, wpływ silniejszy znacznie wywierają liczne inne okoliczności, które więc daleko bardziéj na stan pogody oddziaływają, aniżeli przyciąganie słońca i księżyca, i sprowadzają zawiłość o wiele znaczniejszą, która się dotąd wymyka dostrzeżeniom naszym i rachunkom. Już dlatego tylko powodu nie można istotnego znaczenia przypisywać teoryi Falba, a nie większą téż jest i wartość praktyczna jego przepowiedni. Nie twierdzi on bowiem bynajmniéj, by zapowiedziane przezeń katastrofy w saméj-że chwili krytycznéj koniecznie zachodzić miały; owszem, przytrafiać się mogą o kilka dni wcześniéj lub późniéj. Najsilniejsze burze nie występują podczas dnia krytycznego, ale na dwa dni zwykle wcześniéj; różne katastrofy zapo-

wiedziane odstępują często o pięć, sześć, a nawet siedm dni od czasu pełni lub nowiu. W istocie zatém są wręcz sprzeczne z jego teoryą, zachodzą bowiem właśnie w czasie, gdy „czynniki przypływu“ nietylko się nie wzmagają, ale, owszem, osłabiają nawzajem. Na ziemi zaś codziennie, jeżeli nie w jednem, to w innem miejscu, padają deszcze, szumią wichry i srożą się burze, a nawet trzęsienia i wybuchy wulkaniczne nie należą zgoła do objawów rzadkich; skoro zaś przepowiednie Falba ze słabém zaledwie przybliżeniem oznaczają daty przewidywanych zaburzeń, a już zgoła wskazać nie umieją okolicy, gdzie się one wydarzyć mają, to trudno zaiste pojąć, w jaki sposób utrzymuje się wiara w rzetelność proroctw Falba, dlaczego tak szczerą opieką otoczyły go pisma codzienne i rzekome jego tryumfy tak gorliwie głoszą. Mogłoby to nas dziwić, gdyby już starzy Rzymianie nie wiedzieli, że „mundus vult decipi“.

Gdybyśmy sumiennie policzyli, jak często zawodzą takie proroctwa pogody i jak się często sprawdzają, przekonalibyśmy się, że rezultat pierwszy jest regułą, a drugi wyjątkiem; jeżeli zaś, natomiast, zachowujemy w pamięci te tylko przypadki, w których przepowiednie się sprawdziły, pomijamy zaś i zapominamy o tych, gdzie one zawiodły, to — zapewne — wydawać się nam mogą rzetelnemi.

Jedna z książek Falba przełożona jest na język polski, a są czytelnicy, jasnością jego wykładu zachwyceni, dokładnością wywodów przekonani. Już w oryginale wszakże naciągnięta widocznie teorya razi brakiem ścisłości, uderza niedomówieniem, sprzecznościami; ale cóż powiemy o przekładzie polskim, gdy w nim ani jedno zdanie nie jest należycie przetłómaczone, każde niemal na opak wywrócone, tak, że zrozumiéć go bezwarunkowo nie można. A książka ta przyczynia się jednak do wzmożenia u nas sławy Falba,—ludzie ją kupują, czytają i wynoszą z niéj przekonanie o słuszności teoryi proroka wiedeńskiego.

„Im mniéj mnie rozumiéć będziecie, tém dla mnie lepiéj,“ mówi w komedyi Garrick, za doktora Robina przebrany. Zaiste— zasada ta służy szczęśliwie wielu uczonym i wielu książkom.

VII.

Uderzająca różnica, jaka pod względem doniosłości przepowiedni, pod względem zdolności proroczéj między astronomią a me-

teorologią zachodzi, uwydatnia jasno, jak dalece pierwsza z tych nauk rozwojem swoim nad drugą wygórowała, jakkolwiek zjawiska niebieskie zdala się od nas rozegrywają, gdy objawy atmosferyczne dokonywają się tuż dokoła nas, w bezpośredniém sąsiedztwie naszém. Pojmujemy jednak, że właśnie ta odległość stanowiska, z którego astronom dostrzeżenia swe prowadzi, powodzeniu jego w pewnéj mierze sprzyjać musiała; mieści się on bowiem na zewnątrz widowiska, które rozpatruje, a pomimo zagmatwania, sprowadzonego przez własny bieg ziemi, cały obszar ruchów planetarnych w pełni się przed jego wzrokiem rozwija. Przebieg wichru natomiast śledzić możemy częściowo zaledwie, znajomość ogólna może być jedynie sumą szczegółowych, nużących, a zwłaszcza licznych i gęstych dostrzeżeń. Geniusz jednego Keplera rozbić się musi na cały zastęp obserwatorów drobiazgowych, na długi ciąg pokoleń rozsunąć. — Nikt dziś powiedzieć nie potrafi, czy kiedyś, choćby w odległéj przyszłości, będziemy umieli następny przebieg zjawisk atmosferycznych odczytywać ze ścisłością, jaka dziś astronomię cechuje; pociesza nas wszakże, że pomimo słabego stosunkowo jeszcze rozwoju swego, jest już metorologia w stanie oddawać nam usługi praktyczne prognozą pogody, choćby na najbliższą przyszłość.

Przykład meteorologii świadczy najwyraźniéj, że charakter przepowiedni w każdéj nauce zawisł nietylko od jéj rozwoju teoretycznego, zależy téż bowiem od środków, jakiemi ona rozporządza, od metod, które jéj służą. Tak geolog, rozpatrując ukształtowanie geognostyczne danéj miejscowości, ze znajdywanych skamieniałości, z następstwa formacyj, z układu warstw, z natury minerałów, przez analogię do znanych sobie okolic, wnosi ze znacznym stopniem pewności, że znajdować się tam muszą pokłady węgla, soli lub rud metalicznych. Paleontolog ze znalezionego zęba pewnego zwierzęcia zaginionego, na podstawie wzajemnéj zależności organów, domyśla się sposobu życia, a nawet w ogólnych zarysach odtwarza i postać tego tworu nieznanego, zaś na zasadzie teoryi rozwoju istot zdołała biologia szczęśliwie odgadnąć pewne szczegóły, poprzednio niedostrzeżone. — Odrębny znów charakter przedstawiają rokowania lekarza u łoża chorego. Pomimo całéj zawiłości budowy ciała ludzkiego, niedostępności organów i wszelkich innych trudności przewiduje biegły i bystry lekarz cały szereg objawów, kolejne fazy choroby, działanie leków na różne części organizmu,— rozwiązuje niejako równanie osobiste każdego chorego, jakkolwiek część tylko danych do tego posiada.

VIII.

I wróżbiarstwo starało się nieraz przybierać pozory przepowiedni naukowych, a charakter ten w szczególności przedstawia astrologia. Trudno zdać sobie dziś sprawę, jak powstało mniemanie, że losy człowieka wyczytywać się dają z położenia ciał niebieskich. Widoczny wpływ słońca na objawy przyrody ziemskiéj nasunąć mógł zapewne domysł, że wpływ podobny wywiera także księżyc, a nadto gwiazdy, planety, meteory; tak samo zaś, jak można było przewidywać następstwo pór roku i obliczać powrót niektórych zjawisk niebieskich, wyobrażono sobie, że wysnuwać ztąd można proroctwa i o losach ludzi. Gwiazdy nadto łączono z bóztwami, świątynie były w Chaldei połączone z obserwatoryami astronomicznemi. U Greków astrologia przyjęła się dopiero w epoce zniżenia się ich poziomu naukowego, a najsilniéj rozwojowi jéj sprzyjały wieki średnie. Według Jana z Głogowy dla każdego „dobrze filozofującego“ niewątpliwą jest rzeczą, że niebo i gwiazdy świat niższy przeistaczają, rządzą nim i nad nim panują, a jeżeli planeta miasta jakiego będzie miała dobre nakłonienie, mieszkańcy jego pomyślności doznawać będą. Astrologia wyrosła wtedy w system zupełny, następnie zaś gasła zwolna, choć dotąd podobno jeszcze na Wschodzie, w Persyi, w Chinach, doznaje poważania.

Jak mógł tak długo utrzymywać się obłęd tak widoczny, w jakiż sposób mogła się tak długo utrzymywać wiara w przepowiednie, które przecież wypadkowo się chyba tylko sprawdzały? Byłoby to dla nas rzeczą niepojętą, gdybyśmy nie widzieli, jak za dni naszych bujnie krzewi się spirytyzm, telepatya, okultyzm, czy jak tam nazywają się wszystkie te nauki rzekome, świadczące, że po wszystkie czasy, zawsze i wszędzie, goni człowiek za cudownością, w cudach szuka pomocy dla swych dolegliwości, i cudami, najłatwiéj i z najmniejszym mozołem, zadawala wrodzoną sobie dążność do wiedzy. A astrologia przecież odsłaniała rąbek téj przyszłości tajemniczéj i nieznanéj, ku któréj zawsze zwraca się nasz wzrok stęskniony, ku któréj dążą myśli nasze, przez teraźniejszość gnębione.

— Czy będzie wojna? — zapytał uczeń swego nauczyciela historyi.

— Zkądżeż ja o tém wiedzieć mogę? — odparł niespodzianém pytaniem zdumiony nauczyciel.

A wszakże pytanie ucznia nie było zgoła niedorzecznem. Toż na to uczy się fizyki, astronomii, chemii, by przyszły przebieg zjawisk mógł przewidywać. Zapomniał tylko, nie rozumiał może, że historya rodu ludzkiego nie zdobyła praw, jakiemi się szczyci fizyka, astronomia, chemia. Zawodne okazały się wszelkie próby wnioskowania o przyszłości społeczeństw na podstawie dotychczasowych ich dziejów.

Umilkli prorocy hebrajscy, zstąpiła Pytya z trójnogu swego, spłonęły księgi Sybili, rozwiały się rojenia astrologów, historya zaś przepowiedni naukowych głosić nie może.

Przepowiednie bowiem dawać może jedynie wiedza przyrodnicza na podstawie swego bogactwa faktów, swych praw i swych teoryj.

Człowiek i przyroda.

Zdarzało się w czasach dawnych, że górnik wyrywał z głębi ziemi głazy dziwaczne, które z wiernością uderzającą formy różnych zwierząt odtwarzały. Osobliwe te bryły kamienne, w których jakby ręka mistrza obce im formy wyrzezała, zdumiewały ludzi ówczesnych, a uczeni widzieli w nich jedynie igraszki przyrody, *lusus naturae*. Dziś wiemy dobrze, że kamienie takie nie są to zgoła utwory przypadkowe, ale w naturalny zupełnie sposób wytworzone skamieniałości, odciski dawnych zwierząt, a geolog, zarówno jak biolog, ze starych tych dokumentów odczytuje zamierzchłe dzieje ziemi i istot niegdyś na niéj żyjących. Igraszkami przyrody skamieniałości dawno już dla nas być przestały, a jeżeli dziś jeszcze może co być igraszką przyrody nazwaném, to jedynie twór jéj najwyższy: igraszką tą jest sam człowiek.

Zbiorowisko atomów, na nikłą chwilę z przyrody do świadomości i samowiedzy powołane, wyodrębnia się z tła jéj ogólnego, stanowi jakby świat oddzielny; początkiem swym i końcem tkwiąc w przyrodzie, z niéj źródło radości swych i swych bólów czerpiąc, koniecznym jéj prawom ulegając, wyrywa się z niéj człowiek du-

chem; obcym, jakby cudzoziemcem się w niéj czuje. Ilekroć jednak stargać chce węzły, z przyrodą go wiążące, płaci te zboczeniem umysłu i cierpieniem dotkliwém, jest ona bowiem mistrzynią naszą, zarówno jak i pocieszycielką.

Mistrzynią jest nasza przyroda, ona bowiem stanowi pierwsze źródło, z którego zasób swych pojęć czerpiemy. Jakby przemocą narzuca się ona uwadze ludzkiéj już od lat najwcześniejszych, budzi pierwsze zaciekawienie dziecka; każdy twór natury, każde jéj zjawisko jest zagadką, któréj rozwiązanie umysł dziecka posiadać pragnie. Naiwne pytania dziecka, zaciekawionego objawem przyrody, przypominają pierwsze rozbudzenie się myśli badawczéj człowieka w pierwotnych czasach rozwoju cywilizacyi; na pierwszych bowiem kartach dziejów napotykamy znajomość gwiazd u narodów koczujących, zapoznanie się z kolejami życia roślinnego u narodów rolniczych: są to pierwsze połyski życia umysłowego. Dociekaniom naszym przyroda bezpośrednio materyał nastręcza i bezpośredniością tą tak nad umysłem naszym panuje, że potrzeba dosyć już silnego rozbudzenia abstrakcyi, by umysł zająć się mógł pytaniami, po za granice właściwéj przyrody sięgającemi.

Nie z tego wszakże tylko względu podstawą wszelkiéj wiedzy naszéj jest wiedza przyrodnicza; jéj bowiem zawdzięczamy wskazanie należytéj drogi badań naukowych, wykrycie i wyrobienie metody doświadczalnéj, która z zebranych dostrzegań i doświadczeń ucząc wysnuwać wnioski pewne, umysł od zboczeń chroni. Metodzie to swojéj zawdzięczają nauki przyrodnicze i blask swój zewnętrzny, polegający na zastosowaniach praktycznych, które normują sposób życia dzisiejszego pokolenia, i rozkwit swój teoretyczny, którym tak wygórowały nad inne gałęzie wiedzy, że im za wzór służą [1]). Nad całym ruchem umysłowym czasów naszych górują nauki przyrodnicze, wybijają na nim swe piętno właściwe, wiążą się z życiem praktycznem, prowadzą za sobą rozwój przemysłu, wzmagają dobrobyt powszechny.

---

[1]) Pogląd, że przyroda jest mistrzynią naszą, starałem się uzasadnić w rozprawie „O pedagogicznem znaczeniu nauk przyrodniczych“ („Przegląd pedagogiczny“ z r. 1882, str. 65 i nast.). Rzecz niniejsza jest poniekąd tamtéj pracy uzupełnieniem.

Bezbronny i nagi stał człowiek wobec przyrody, wobec jéj tworów i sił każdéj chwili na zagładę skazany; skoro ją rozumieć i badać począł, z niéj saméj wydobył środki, któremi przeciwników swych pokonał:

„Zjadł wołu, siadł na konia, lwa się skórą odział".

Ale dopiero najnowszy rozkwit wiedzy przyrodniczéj pozwolił nam odnieść tryumfalne nad przyrodą zwycięztwa. Człowiek przekopuje dziś góry i znosi międzymorza, znagla ciepło do ciągnięcia swych wozów i poruszania swych machin, a promienie światła do zdejmowania obrazów. Pokonał nawet tę siłę tajemną, któréj zmysłami swemi zgoła odczuwać nie może i która go piorunem raziła; nagiął ją do usług swoich: znosi mu ona w okamgnieniu wieści z najodleglejszych krańców ziemi, głos jego przeprowadza daleko, potęgę odległych wodospadów do rozporządzenia jego oddaje, noce mu blaskiem dziennym rozjaśnia. Materyały, składające skorupę ziemską, rozłożył na pierwiastki i zbudował z nich nowe związki, nieistniejące w przyrodzie, które się stały podstawą rozgałęzionego przemysłu lub zbawiennych dostarczyły mu leków; z czarnéj smoły węgla kamiennego wydobył przepyszne barwniki setnych odcieni. Z cierpkich płodów roślin wytworzył owoce słodkie i soczyste, według swoich potrzeb nowe rasy zwierząt wyhodował. Formy życia nowoczesnego ukształtowały się w pełni na podstawie tych zdobyczy i zastosowań wiedzy przyrodniczéj.

Uwielbienie to wszakże nie jest powszechném ani bezwzględném; słyszymy bowiem często, że znaczna część złego, które nas trapi, właśnie z tego rozrostu wiedzy przyrodniczéj wypływa. Pokolenie nasze, mówią, jest zmateryalizowane, brudny egoizm zagościł w sercach, pogoń za zyskiem przygłusza wszelkie porywy szlachetne, w poniewierkę poszło, co niegdyś wielkiém było i wzniosłém; nauki przyrodnicze wygnały ducha, ubóstwiły materyę i siłę, wymyśliły walkę o byt, człowieka od małpy wyprowadziły. Ztąd to wygasła cześć ideału, siła stanęła przed prawem.

Chociaż skargi takie występują dziś wyraźniéj, błędniebyśmy jednak sądzili, że odzywają się one po raz pierwszy. Wraz z biegiem czasu i rozwojem dziejowym zmieniał się stosunek człowieka do przyrody. W pierwotnym bytu swego okresie tak mało wyró-

żniał się on od powszechnego życia natury, że badania, odnoszące się do dziejów tych czasów zamierzchłych, przedmiot raczéj wiedzy przyrodniczéj aniżeli historycznéj stanowią, a nieraz jest rzeczą wątpliwą, czy pochodzące z owych czasów zabytki archeologiczne za dzieło przyrody, czy za utwór rąk ludzkich poczytywać należy. Wtedy wprawdzie człowiek niewiele jeszcze wzbił się ponad świat zwierzęcy, ale jedność swą z przyrodą zdołał utrzymać i późniéj, na łonie wysokiéj nawet kultury, czego najwspanialszy przykład daje nam Grecya. Dla greka duch i natura, niebo i ziemia w jednę się wspólność zbiegały, w religii swéj zespolił człowieka z przyrodą. Niebo i ziemię, łąki i lasy, rzeki i morza bóstwami zapełnił, ale wszyscy ci bogowie i boginie, dzieląc z ludźmi ich postać, nie różnili się od nich czynami swemi i namiętnościami, byli to tylko—jak mówi Arystoteles—ludzie nieśmiertelni.

W wiekach średnich przyroda ulega potępieniu i pogardzie, jest symbolem szatana, człowiek widzi w niéj zaprzeczenie i zagładę ducha, który dąży do oswobodzenia się z jéj więzów, pragnie ją unicestwić, obrzuca ją klątwą; przestaje w przyrodzie dostrzegać prawdę, świat materyalny niegodzien jest nawet badania.

Przez epokę odrodzenia rozumie się zwrot do zapomnianéj literatury klasycznéj greków i rzymian; pozorne to jednak pragnienie wiedzy w rzeczywistości było pragnieniem życia, a oswobodzenie przyrody od ucisku, w jakim zostawała, ujawniło się w rozbudzeniu i przekształceniu życia na wszelkich polach działalności ludzkiéj. Znacznie wszakże późniéj dopiero wystąpił pisarz, który z całą potęgą namiętności wyraził protest zdeptanéj i uciśnionéj przyrody przeciw kulturze, która ją przytłumia. Dla szczęścia rodu ludzkiego wyrzeka się nawet Jan Jakób Rousseau wszelkiego wzlotu ducha: „Jeżeli natura—mówi on—przeznaczyła nas do zachowania zdrowia, ośmielam się nieledwie twierdzić, że myślenie jest sprzecznem z naturą, a człowiek, który rozważa, jest zwierzęciem wyrodzoném“. Ale choćby nam powrót do stanu natury zapewniał szczęście istotne, za radą tą iśćbyśmy już nie mogli; jak bowiem człowiek po raz drugi narodzić się nie może, by w nowo-rozpoczętém życiu z doświadczeń minionego korzystać, tak téż i ród ludzki do pierwotnego bytu swego cofnąć się nie może; spokój zaś, okupiony ofiarą wszelkich zdobyczy umysłowych, nie przyniósłby nam nawet upragnionego szczęścia, nie umielibyśmy go bowiem oceniać. Niemniéj pisma Rousseau'a wywarły na ogół wpływ

potężny, wzbudził bowiem świadomość i poczucie tego bolesnego wyodrębnienia się od przyrody, które sprowadziła ze sobą kultura nowoczesna. Opanował już człowiek przyrodę, zużytkował ją do swych potrzeb, badał ją i pojmował, ale Rousseau dopiero wykazał potrzebę pozyskania jéj dla uczucia naszego.

Zdarza się, że dziecię skromnéj lepianki, syn chaty wiejskiéj, dzięki zdolnościom swoim i pomyślnemu zbiegowi okoliczności, wyrasta na pana wielkiego, staje się ministrem, biskupem; ale nieraz, śród wspaniałości i wrzawy nowego swego otoczenia, szczęścia nie znajduje; ludzie, co go otaczają, nie odczuwają tajnych serca jego porywów, nie może z nimi uczuć swych dzielić, z myśli swoich wyspowiadać się przed nimi nie potrafi, czuje się obcym i osamotnionym. Wtedy budzi się w nim tęsknota za ciszą i skromnym bytem dzieciństwa: tam szczerze i serdecznie powitają go dawni towarzysze, tam matka, choć kobieta prosta, ukoi boleści jego. W tęsknocie téj mieści się przeciwwaga dla dążeń jego ambicyi, narzuca mu ona oględność w doborze środków, które mają go do celu dowieść, staje się źródłem uczuć szlachetnych.

Podobnież i człowiek wzniósł się nad przyrodę, która kolebką jego była, wyodrębnił się i wygórował nad nią; ale również śród blasku cywilizacyi szczęście, za którém goni, połyska mu ledwie jak ognik migotliwy. Człowiek każdy stanowi dla siebie drobny świat odrębny i odrębność tę czuje śród otaczających go takich samych drobnych światów, takich samych mikrokosmów. Odrębność ta gnębi go, aby ją przytłumić, goni za towarzystwem; napróżno wszakże, samotnym czuje się nawet śród tłumu, a gdy go szuka, by samotność tę przygłuszyć, napróżno się łudzi.

Wyrywamy się wtedy ku przyrodzie, która kolebką naszą była; ulegamy tęsknocie, która nas ku niéj pociąga. Przyroda przedstawia nam jakby minione dzieciństwo nasze, które jest dla nas najdroższém zawsze wspomnieniem; wielbimy w niéj spokój, prawidłowość jéj objawów, konieczność, z jaką stałym prawom ulega. My posiadamy świadomość, samowiedzę, która jest najistotniejszą cechą wyodrębnienia naszego z ogólnego tła przyrody i którą uważamy za skarb nasz najdroższy, ale która jest zarazem źródłem jedyném niepokojów, co serce nasze szarpią, i burz, co pod czaszką naszą huczą; przyroda działa bezwiednie, a nieświadomość ta właśnie tworzy ów majestatyczny jéj spokój, któremu nie uwłaczają bynajmniéj przewroty i kataklizmy w niéj zachodzące. Nieświa-

domość ta jest źródłem szczęścia, którego my próżno w sobie szukamy i którego słaby obraz znajdujemy jedynie w zapomnieniu, a zatém w zaparciu swéj świadomości. Człowiekowi tylko śmierć groźną się wydaje, bo wraz z nią traci się świadomość jego, ginie świat odrębny myśli jego i uczuć; w przyrodzie śmierć i zagłada jest tylko przemianą, która otwiera wrota nowego życia i nowego bytu.

Też same warunki, które nas ku przyrodzie pociągają, czynią dla nas ponętnym i wiek dziecięcy. Dzieci bowiem z nierozwiniętą samowiedzą nie odbiegają od przyrody; nieświadome, jak ona, są jakby jéj częścią, są jeszcze przyrodą samą. Dlatego to nie stanowią one jeszcze mikrokosmów, światów między sobą odrębnych; łączna zabawa dzieci wiąże je rzeczywiście w jednę wspólność, żyją jeszcze tém życiem łącznem, jakie przyroda cała ujawnia; dziecko nie doznaje jeszcze tego osamotnienia, które się z wiekiem dopiero rozwija, w miarę, jak wzrasta w nas poczucie samowiedzy i odrębności w przyrodzie. W dzieciach, jak w naturze, nęci nas i zachwyca ich nieświadomość.

Jestto bezwiedny poryw naszego ducha, a nie zdając sobie z niego należytéj sprawy, ulegamy złudzeniu, że nas w przyrodzie piękno jéj tylko pociąga. Szukamy widoków wspaniałych, gonimy za objawami niezwykłemi, pojmujemy zamiłowanie przyrody jakby rodzaj upodobania artystycznego, oglądamy dzieła natury jak obrazy mistrzów, przebiegamy okolice, sławione przez turystów, jak muzea i galerye wielkich stolic. Nie w nadzwyczajnych wszakże utworach przyrody, ale w jéj objawach powszednich tkwi węzeł nas z nią łączący, a kto w łączności téj zadowolenia i ukojenia znaleźć nie potrafi w najbliższém swém otoczeniu, próżno gonić będzie po szerokim świecie.

Zamiłowanie bowiem przyrody ze źródeł tryska głębszych; bezwiedne i instynktowe, jak miłość dziecka do matki, równie jest silne i potężne. W każdym przecież klimacie lgnie człowiek do swéj przyrody ojczystéj, pod każdą szerokością geograficzną czuje się z nią złączony węzłami pokrewieństwa, nietylko tam, gdzie cytryna dojrzewa. Gdyby w zamiłowaniu przyrody szło jedynie o artystyczne poczucie piękna, mogłoby się ono ujawniać zapewne u narodów i plemion, przebywających w stronach, gdzie przyroda hojną dłonią dary swe rozsypała, gdzie ziemia w malownicze rozłamała się wzniesienia, gdzie życie bujnie rozkwita. Ale przecież niemniéj silnie zrasta się z otaczającą go przyrodą i mieszkaniec

krain smutnych, ubogich, jałowych, monotonnych i nieożywionych.

Temu prostemu umiłowaniu przyrody ojczystéj nie uwłacza bynajmniéj poczucie piękna w przyrodzie, ale gdy nas nęcą i pociągają wspaniałe jéj widoki, budzą w nas wrażenia odrębne zgoła, aniżeli utwory sztuki. Widzimy przecież nieraz, że człowiek, który z zachwytem rozpatruje dzieła pędzla i dłuta, pozostaje zimnym i nieczułym śród najwspanialszéj przyrody, a niejeden miłośnik muzyki drwić gotów z tych, co rozkosz w nieuczonym śpiewie ptaków znajdują. Dziedzina bowiem sztuki jest wyłączną własnością człowieka, artyzm nie jest udziałem przyrody. Natura wywołuje ryk burzy, szmer strumyka albo szum wiatru, nadaje skałom kształty osobliwe i odziewa się w barwy przepyszne, ale nie tworzy pieśni, nie rzeźbi posągów, ani nie maluje obrazów: utwory sztuki są jedynie objawem ducha ludzkiego. Starożytne i średnie już wieki wydały wielkich mistrzów, ale piękno w przyrodzie odczuwać zaczął prawdziwie dopiero człowiek nowożytny. Okazuje to jasno zwłaszcza zamiłowanie gór, które dopiero w bieżącém rozwinęło się stuleciu. Wodzowie i dygnitarze rzymscy, a w ich orszaku poeci i pisarze, przedzierali się często przez Alpy do krajów zdobytych, umieli wszakże wyrzekać tylko na uciążliwe i odstraszające drogi, obcy zgoła i obojętni wobec wspaniałości tych szczytów fantastycznych i dzikich przepaści, ku którym dzisiejszy miłośnik przyrody wyrywa się z utęsknieniem, ledwie wiosna rozproszy zimowy całun ziemi. W zeszłém nawet jeszcze stuleciu góry stanowiły świat zgoła nieznany, którego odkrycie na nasze dopiero przypadło czasy. Sto lat ledwie upłynęło, odkąd pierwszy Saussure wdarł się na szczyt najwyższéj góry europejskiéj, a jak niegdyś w ślad za Kolumbem podążyły tłumy po bogactwa dalekiego lądu nadmorskiego, tak teraz rzucono się w świat ten, dotąd nieznany, którego cicha samotność i dzika wspaniałość porywała umysły wrażliwe i dusze zwątpieniem szarpane śród zawiłości życia nowoczesnego. Nie jako widz zaciekawiony stanął człowiek wobec przyrody, ale powiązał się z nią uczuciem serdeczném, wyciągnął ku niéj ramiona błagalne, jakby z prośbą, by go przyjęła i wybaczyła, że tak długo w szczęściu o niéj zapomniał. Jakby kochankę utęsknioną i uwielbioną chwycono ją w ramiona, znaleziono w niéj oddźwięk własnych uczuć i myśli, a całą głębię tego nowożytnego stosunku człowieka do przyrody najsilniéj i najdobitniéj wypowiedział wielki poeta:

„Jako w objęciu tam namiętném
Snycerz płonącą wtulił skroń
W posągu swym, aż głośném tętnem
Lodowy marmur odgrzmiał doń;
Z takiém uczuciem Pigmaliona,
Piastując w łonie wieszczy szał,
Objąłem ongi świat [1]) w ramiona,
Aż tchnął i z martwych do mnie wstał.

I dzieląc, dzieląc pełnię życia,
Niemowa on zaszeptał w słuch,
Zrozumiał serca mego bicie,
Odcałowywał jako druh.
I pieśń powstała w niebogłosy!
Drzewo tam, kwiecie, strumień z gór,
Bezdusznych nawet głazów stosy
Odwtórowały raźno w chór".

(*„Ideały" Schillera, przekł. Bohd. Zaleskiego*).

Tak potężne uczucie budzi przyroda w duszy poety. Zapewne, człowiek ze swemi dążeniami i ze swemi zawodami, człowiek w swéj wielkości i w swym upadku pozostanie zawsze głównym przedmiotem poezyi, źródło jéj wszakże z przyrody tryska. Czyż zdoła ująć zawiłe drgania ducha ludzkiego, czyż zdoła poruszyć serca nasze, kto wobec uroku przyrody zimnym i obojętnym pozostaje? Czyż zdoła przejąć się gorącém współczuciem dla losów człowieka i ludzkości całéj, kto miłością przyrody wszystkiéj nie otacza? Dlatego téż tętno umiłowania natury bije głośno u wszystkich wielkich poetów nowoczesnych; wielkie utwory poetyczne są jakby utkane na tle przyrody,—człowiek i przyroda zlewają się w pieśni w całość harmonijną. Tą gorącą miłością i serdeczném odczuciem przyrody wyróżniają się istotne dzieła poetyczne od kutych na zi-

---

[1]) W oryginale:

„So schlang ich mich mit Liebesarmen
Um die *Natur* mit Jugendlust".

mno i wymuszonych utworów literackich, ujętych w formę nowel lub wierszyków, które szarpią nerwy nasze napróżno i niepotrzebnie, miasto współczucia niesmak tylko budząc; jątrzą tylko rany nasze, ale ich nie koją, ukojenie bowiem, które nam przyroda przynosi, gorące tylko uczucie poety przejąć z niéj i w słowa przelać potrafi.

W stosunku poety do przyrody wybija się indywidualność jego; przypomnieć tylko trzeba, jak rozmaicie w obrazach przyrody występuje potęga lub rzewność uczucia u różnych poetów, jak odmiennemi strojąją barwy i w jak odrębny sposób wrażenia swe wypowiadają, by przyznać, że krytyk, który stosunku tego na pierwszym nie ma względzie, nie zdoła uchwycić pełnéj charakterystyki poety.

Jak każdy prąd, który potężnie umysły ludzkie potrąca, tak téż i nowoczesne zamiłowanie przyrody nie ostało się bez przesady, Pogarda dla kultury i zapał dla przyrody, jakie głosił Rousseau, znalazły silny oddźwięk śród społeczeństwa, gnębionego zwątpieniem i niepewnością szarpanego; a gdy nowe te hasła z jednéj strony jątrzyły i podniecały umysły przeciw ówczesnym stosunkom społecznym, wyrodziły z drugiéj strony chorobliwą czułostkowość, czego jaskrawy obraz skreślił Goethe w „cierpieniach młodego Werthera", który w poczuciu swém przyrody, jakby w uścisku ukochanéj, znajduje rozkoszne drżenie, omdlewa w niém i ginie. Stulecie jednak z górą oddziela nas od chwili, gdy ta nowa ewangelia porywała umysły: rozgorączkowane podniecenie pierwszego wrażenia uspokoiło się i ułożyło do równowagi. A jak bohater „Nowéj Heloizy" odnajdywał spokój i zadowolenie w ciszy i samotności przyrody, tak i dziś pociąga ona ku sobie wszystkich, których nęka drobiazgowość i kłopotliwość istnienia ludzkiego, co szukają wytchnienia po troskach i mozołach życia powszedniego, stateczność bowiem swoję przeciwstawia ona zmiennym wrażeniom, jakie nam chwila przynosi.

— Słuchaj—wołam do znajomego, którego na drodze spotykam—tłum najemnych zbirów napadł senatora, wracającego z posiedzenia i sztyletami go zakłuł.

— Gdzie, kiedy?—pyta przerażony, zaciekawiony.

— W Rzymie, za Nerona.

I oto pryska zupełnie zajęcie, jakie wiadomość ta budziła; cóż nas obchodzi wypadek tak dawny i tak daleki.

Powiastką podobną charakteryzuje dobrze Hieronim Lorm życie nasze, wrażeniami chwili miotane, śród pozornéj rozmaitości jednostajne, w sprzeczności ze wspaniałym spokojem i urozmaiconém w swéj jednostajności życiem przyrody. Pod jéj tchnieniem spokojném i bezwiedném cichną wzburzone fale podniecających wrażeń naszych i do równowagi ustalają. Nietylko więc po zdrowie ciała, ale i po zdrowie umysłu na łono przyrody biegniemy: jest ona hygieną dla duszy naszéj.

Przyzywa téż ku sobie dusze tęsknotą przejęte i serca zranione, bolesną ich świadomość majestatyczną i obojętną swą bezwiednością otacza i do snu utula, cierpienia ich łagodzi i uspokaja. Jest hygieną i dyetetyką duszy zarazem.

W ten sposób rozważyliśmy stosunek człowieka do przyrody, by wykazać, że jest ona mistrzynią zarówno umysłu, jak i serca naszego. Z niéj tryska źródło nietylko wiedzy, ale i uczuć naszych, z niéj czerpie człowiek swych myśli przędzę i swych uczuć kwiaty. Do chwilowéj powołany świadomości, wszelkiemi jednak węzły tkwi w przyrodzie i zerwać ich nie może; ona go darzy nietylko środkami utrzymania bytu materyalnego, ale jest i podstawą życia duchowego, umysłowego zarówno jak uczuciowego. Daje podstawy wiedzy rzetelnéj i uczucia budzi szlachetne.

Pogląd ten usuwa klątwę, rzucaną przyrodzie i wiedzy przyrodniczéj, że są źródłem pojęć materyalistycznych, że znoszą cześć ideału i wiodą do egoizmu. Nie dowodziłem tu, rozważałem tylko. Poza obszarem bowiem dociekań, który można rachunkiem ująć, albo doświadczeniem przekonywającém przed oczy sprowadzić, nie istnieją dowody, są tylko poglądy.

Jeżeli z przyrody jad zatruwający płynie, ona téż i balsamu uzdrawiającego dostarcza. Jak więc do jéj rozumienia, tak téż i do jéj poczucia wychowywać należy, wychowanie bowiem i do mądrości i do cnoty prowadzić winno.

Przez ciąg stuleci snują się dwie zasady, które nam starożytność przekazała: „Znaj siebie samego“—głosi filozof zachodni; „kochaj bliźniego“—brzmi nakaz od Wschodu. Wypowiadając swą zasadę o znajomości samego siebie, zalecał oczywiście filozof starożytny jedynie tylko rozejrzenie się we własnych zaletach i przywarach, nie przewidywał on jednak zapewne, jak rozległy zakres wiedzy w poleceniu jego się mieści; znajomość bowiem człowieka rozwinąć się może jedynie na podstawie doskonałéj znajomości praw przyrody, któréj on jest tworem najwyższym i najbar-

dziéj zawiłym, a badanie jego władz duchowych jest ledwie poczynającą się gałęzią wiedzy przyrodniczéj. Ale i miłość bliźniego jest uczuciem złożoném, którego nakazać nie można, które trzeba kształcić i rozwijać, jak w pojedyńczym człowieku, tak i przez ciąg pokoleń; a ku celowi temu znowu prowadzi przyroda, budząc w nas bez przymusu współczucie ku sobie i rozwijając je w uczucia szlachetne.

Przez rozumienie przyrody wznosimy się do znajomości człowieka, a przez ukochanie przyrody—do jego miłości.

AKADEMIA MEDYCZNA BIBLIOTEKA W ŁODZI

45—
Rem: 22.4.65m. (20)