

BIBLIOTEKA
PW
SP
KRAKÓW

5101

MACIERZY POLSKIEJ

Nr. 58

ASTRONOMIA POPULARNA

NAPISAŁ

DR M. ERNST

PROFESOR UNIwersYTETU LWOWSKIEGO

LWÓW. — NAKŁADEM MACIERZY POLSKIEJ

GŁÓWNY SKŁAD W ADMIN. MACIERZY POLSKIEJ W GMACHU SEJMOWYM
SKŁAD GŁÓWNY W KRAKOWIE W KSIĘGARNI G. GEBETHNERA I SPÓŁKI

1911



BIBLIOTEKA MACIERZY POLSKIEJ

Nr. 58

ASTRONOMIA POPULARNA

NAPISAL

DR M. ERNST

PROFESOR UNIWERSYTETU LWOWSKIEGO

LWÓW. — NAKŁADEM MACIERZY POLSKIEJ

GLÓWNY SKŁAD W ADMIN. MACIERZY POLSKIEJ W GMACHU SEJMOWYM
SKŁAD GLÓWNY W KRAKOWIE W KSIĘGARNI G. GEBETHNERA I SPÓŁKI

1911



5101

SPIS RZECZY.

	Str.
WSTĘP	1
ROZDZIAŁ I. Wiadomości wstępne o ziemi. Postać i wielkość ziemi	2
ROZDZIAŁ II. Siła ciężkości. Bezwładność. Zmiana dnia i nocy	7
ROZDZIAŁ III. Opis nieba gwiazdzistego	14
ROZDZIAŁ IV. Ruch dzienny nieba i ruch wirowy ziemi	20
ROZDZIAŁ V. Zmiana położenia słońca na niebie. Eklipyka. Pory roku	27
ROZDZIAŁ VI. Bieg ziemi dokoła słońca	35
ROZDZIAŁ VII. Planety i ich podział. Ruch planet dolnych	40
ROZDZIAŁ VIII. Ruch planet górnych. Układ planetarny	45
ROZDZIAŁ IX. Droga księżyca. Odmiany księżyca	52
ROZDZIAŁ X. Zaćmienia słońca i księżyca	57
ROZDZIAŁ XI. Kształt drogi ziemskiej. Prawa Keplera	64
ROZDZIAŁ XII. Ciężenie powszechne	71
ROZDZIAŁ XIII. Odległość słońca. Kształt i rozmiary ziemi. Metr	75
ROZDZIAŁ XIV. Odległość księżyca. Rozmiary księżyca i słońca	82
ROZDZIAŁ XV. Masa i średnia gęstość ciał niebieskich	87
ROZDZIAŁ XVI. Chemia ciał niebieskich. Analiza widmowa	94
ROZDZIAŁ XVII. Budowa fizyczna słońca	105

	Str.
ROZDZIAŁ XVIII. Uwagi ogólne o planetach Merkury i Wenus	115
ROZDZIAŁ XIX. Strefy klimatyczne ziemi	124
ROZDZIAŁ XX. Warunki panujące na księżycu	134
ROZDZIAŁ XXI. Mars. Jowisz. Saturn. Uran. Neptun. Powstanie układu planetarnego	143
ROZDZIAŁ XXII. Komety	155
ROZDZIAŁ XXIII. Gwiazdy spadające. Aerolity	161
ROZDZIAŁ XXIV. Droga mleczna. Paralaksa roczna i od- ległość gwiazd. Ruch własny gwiazd. Bieg słońca w przestrzeni. Układy podwójne i wielokrotne. Gro- mady gwiazdowe	170
ROZDZIAŁ XXV. Liczba gwiazd. Mgławice. Rozwój gwiazd. Gwiazdy zmienne. Gwiazdy nowe. Układ drogi mlecznej	180

WSTĘP.

Miejscem zamieszkania człowieka jest ziemia. Jesteśmy w stanie poruszać się z miejsca na miejsce, odbywać podróże do odległych krajów, ale dokądkolwiek się udamy, ziemi nigdy opuścić nie jesteśmy w stanie. Ziemię możemy poznawać w sposób najrozmaitszy, n. p. określać jej kształt, budowę jej powierzchni, postać i rozmiary jej lądów i mórz, zmiany, jakim podlegała powierzchnia ziemi w czasie minionym i t. p.

Ale ziemia jest tylko małą cząsteczką świata.

Kiedy wzniesiemy oczy w górę, dostrzegamy tak zwane niebo, t. j. sklepienie, mające kształt półkuli, które, jak olbrzymi klosz, zdaje się wspierać na ziemi. Na tem niebie widzimy w dzień słońce, a w nocy księżyc i gwiazdy. Istnieją więc w świecie także przedmioty, nie należące do ziemi, które człowiek może widzieć, ale do których nie jest w stanie dotrzeć.

Umysł ludzki, który pragnie wszystko poznać, każdą zagadkę wyjaśnić, nie pominął też tych zjawisk, które zachodzą poza granicami jego ziemskiej siedziby, i zawsze starał się poznać stosunek ziemi do odległych światów oraz tajemnice, które w głębiach nieba gwiazdzistego się kryją.

Nauka, zajmująca się temi zagadnieniami, nazywa się astronomią.

ROZDZIAŁ I.

Wiadomości wstępne o ziemi. Postać i wielkość ziemi.

Każdy przedmiot posiada pewne rozmiary i zajmuje pewną przestrzeń, mniejszą lub większą. Na ziemi widzimy przedmioty różnej wielkości; ale i ziemię możemy uważać za przedmiot, naturalnie znacznie większy od tych wszystkich przedmiotów, które się na niej mieszczą. I ona więc zajmuje pewną przestrzeń, ale bynajmniej nie całą przestrzeń wszechświata, gdyż mieszczą się w niej także słońce, księżyc i gwiazdy. Jak zobaczymy później, przestrzeń jest nieskończenie rozległa, wszechświat nie ma granic.

Jak wobec tego należy sobie wyobrazić ziemię?

Wiemy, że na ziemi żadne ciało nie może znajdować się w spokoju, gdy niema oparcia. Kamień, rzucony w górę, spada na ziemię, ptak, bujający w powietrzu, opuszcza się po pewnym czasie, szukając spoczynku. Na czym opiera się ziemia? czy spoczywa ona na czemś, czy też unosi się wolno w przestrzeni?

Możliwem jest tylko jedno albo drugie z tych przypuszczeń. W dawnych czasach, gdy ludzie nie

oddalali się zbyt daleko od miejsca stałego zamieszkania, nie mieli oni też właściwego pojęcia o prawdziwych rozmiarach i kształcie ziemi. Pod tym względem poglądy różnych ludów były rozmaite. Ale powszechnie uważano za rzecz niewątpliwą, iż ziemia jest nieruchomą i że musi na czemś spoczywać. Jedni sądzili, że ziemię podtrzymują dwa wielkie filary, grecka zaś mitologia wyobrażała sobie olbrzyma Atlasa, który dźwiga ziemię na swoich barkach. Jednakże takie wyobrażenia trudności nie usuwały. Należało bowiem jeszcze znaleźć punkt oparcia tych filarów, utrzymujących ziemię, należało wyjaśnić, na czem stoi ów olbrzymi Atlas.

Dzisiaj wiemy, że niezbyt trudną jest rzeczą objechać ziemię dokoła. Sieci dróg żelaznych oplatają lądy, a po morzach i oceanach we wszystkich kierunkach krążą tysiące okrętów. Rzec prawie można, że niema punktu jednego na powierzchni ziemi, na którymby nie stanęła stopa ludzka. Oczywiście nie znaleziono nigdzie ani filarów, ani bark Atlasa, natomiast stwierdzono, że gdziekolwiek się udamy, obraz świata jest wszędzie jednaki: pod nogami ziemia, nad głową półkuliste sklepienie nieba w postaci wielkiego klosza, wspierającego się na ziemi.

Znaczy to, że ze wszystkich stron ziemi jest niebo, że zatem nie jest ona oparta na czemśkolwiek, lecz unosi się wolno w przestrzeni, podobnie jak balon lub bańka mydlana unosi się w powietrzu. Co więcej i postacią swoją ziemia przypomina taką bańkę mydlaną, jest ona bowiem kulą.

Mnóstwo zjawisk, zachodzących codziennie przed naszymi oczami, pozwala nam prawdziwy kształt ziemi

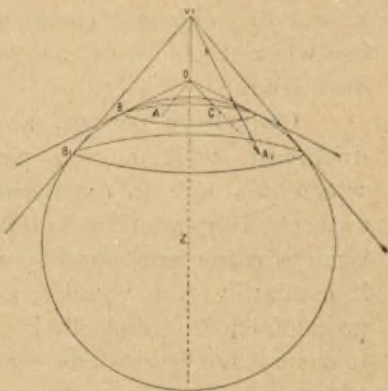
poznać. Gdy znajdujemy się na rozległej równinie, na której niema żadnych przedmiotów, które przeszkadzałyby nam spoglądać w dal, zdaje się nam, że w pewnej odległości niebo styka się z ziemią. Przestrzeń, którą obejmujemy wzrokiem, ma postać koła, w którego środku my się znajdujemy. Ta przestrzeń nazywa się *widnokregiem*, a linia, ograniczająca widnokrąg, na której niebo zdaje się stykać z ziemią, nazywa się *horyzontem*.

Promień widnokregu nie jest wielki, wynosi on dla człowieka wzrostu średniego około 5 klm. Gdyby zatem od miejsca spostrzeżenia znajdował się przedmiot bardziej odległy, n. p. w odległości 6 klm., przypadałby on już poza horyzontem i nie byłby widzialny. Wielkość widnokregu bynajmniej nie zależy od dobroci naszego wzroku: nawet gdy patrzymy przez lornetkę lub lunetę polową, linia horyzontu się nie oddala. Ale rozszerza się widnokrąg, gdy wzniesiemy się na pewną wysokość nad powierzchnię ziemi. Z wysokiej wieży dostrzegamy przedmioty, których na dole nie widzieliśmy, a ze szczytu wysokiej góry obejmujemy wzrokiem rozległy widnokrąg, którego promień kilkaset kilometrów wynieść może. Z najwyższego szczytu tatrzańskiego Gałucha, mającego wysokość 2664 metrów, roztacza się widnokrąg o promieniu 204 kilometrów.

Są to rzeczy ogólnie znane, a możliwe są tylko dlatego, że powierzchnia ziemi nie jest płaską, jak to się nam wydaje, lecz krzywą i wypukłą. Objaśnia to rycina 1.

Jeżeli w punkcie O znajduje się oko, a na powierzchni ziemi w punkcie A jakiś przedmiot, to pro-

mień światła, idący od A do oka po linii prostej OA, pozwala ten przedmiot zobaczyć. W podobny sposób widzieć można wszystkie punkty, zawarte wewnątrz koła, przechodzącego przez punkt B. Jest to więc horyzont punktu O. Żaden punkt poza kołem horyzontu, na przykład A_1 , z punktu O dostrzeżony być nie może, gdyż przeszkadza temu wypukłość ziemi. Ale dla punktu O_1 , wzniesionego bardziej nad powierzchnię ziemi, horyzontem jest koło, przechodzące przez punkt B_1 , a więc punkt A_1 znajduje się jeszcze w granicach widnokregu punktu O_1 , i może być z niego widziany.



Ryc. 1.

Gdziekolwiek na powierzchni ziemi obserwuje się widnokrąg, wszędzie posiada on postać koła, i wielkość jego przy danej wysokości miejsca obserwacji zawsze jest jednakowa. Wynika stąd, że powierzchnia ziemi wszędzie jest jednakowo wypukła. Taką własność ze wszystkich geometrycznych brył posiada kula. A zatem ziemia jest kulą, na której powierzchni człowiek żyje. Wyobraźmy sobie małego robaczka, który pełza po powierzchni balonu, unoszącego się w powietrzu. Może on na nim swobodnie poruszać się we wszystkie strony, ale w każdym swym położeniu nóżkami wspiera się on na powierzchni balonu. Gdyby nawet, podobnie jak człowiek, mógł zdawać sobie sprawę ze

swych wrażeń, nie dostrzegłby, że pełza po krzywej powierzchni, że dążąc stale w jednym kierunku, wraca do tego samego punktu, z którego wyszedł. Wiemy przecie, że objechać ziemię dokoła można już dzisiaj bez wielkich trudności, należy tylko posiadać odpowiednie środki.

Geometrya poucza, że pomiędzy wielkością wiodnokregu, widzianego z pewnej wysokości nad powierzchnią kuli, a rozmiarami tej kuli istnieje ścisły związek, który wielkość kuli pozwala obliczyć. Pozatem istnieją różne inne sposoby mierzenia wielkości ziemi. Z pomiarów tych wynika, że ziemia jest kulą, której promień ma długość 6.367 klm., a cała jej powierzchnia, to znaczy wszystkie lądy i morza, zajmują 500 milionów klm. kw.

Człowiek jest olbrzymem w stosunku do robaczka, pełzającego po balonie, ale bardziej olbrzymią jest kula ziemiska w stosunku do balonu, z którym ją porównaliśmy. Nawet nie możemy sobie wyobrazić tak wielkiej kuli, a jednak liczne zjawiska tę kulistość stwierdzają z całą stanowczością.

Ale ziemia naprawdę jest wielką tylko dla naszego pojęcia, w stosunku zaś do obszaru wszechświata jest drobiazgiem. I nie w tem niema dziwnego, że jest kulą. Widzimy księżyc i słońce, jako okrągłe tarcze, a tak widzieć musimy odległe kule. Są to w istocie kule, podobnie jak ziemia, a kula słoneczna jest tak wielką, że blisko półtora miliona takich kul, jak nasza ziemia, możnaby w niej pomieścić. Wobec tego nie powinno nam być trudno oswoić się z tą myślą, że ziemia jest kulą, swobodnie unoszącą się w przestrzeni.

ROZDZIAŁ II.

Siła ciężkości. Bezwładność. Zmiana dnia i nocy.

Wiemy, że wszędzie na powierzchni ziemi mieszkają ludzie, stoją domy, rośliny pną się ku niebu i t. d., a jednakże spostrzeżenia wykazują, że ziemia jest kulą. Zdaje się tu zachodzić sprzeczność, którą należy wyjaśnić.

Wyobraźmy sobie, że punkt A na powierzchni ziemi (ryc. 2) jest naszym stanowiskiem. Jeżeli ziemia jest kulą, to człowiek, znajdujący się w punkcie B. na drugim końcu średnicy AB, ma położenie odwrotne do naszego, t. j. takie, jakgdyby ktoś w punkcie A stanął do góry nogami. Na pierwszy rzut oka dziwnem się nam wydaje, jak może człowiek w takim położeniu utrzy-



Ryc. 2.

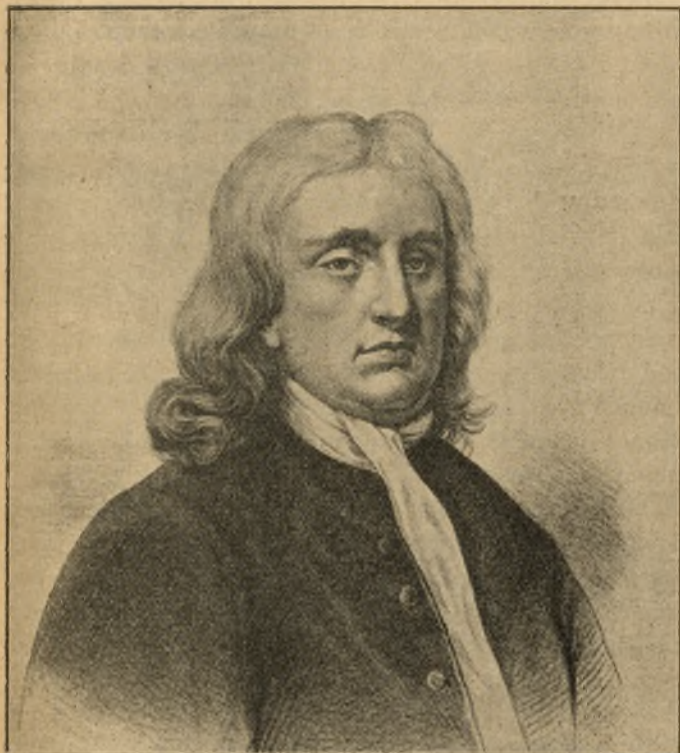
mywać się stale na powierzchni i czemu od ziemi gdzie nie odpadnie. Tymczasem gdybyśmy do tego punktu pojechali, zupełnie byśmy nie zauważyli, że położenie nasze jest jakieś inne, niż zwykle — mielibyśmy bowiem tak samo głowę, zwróconą ku niebu, a nogi przy ziemi, i mówilibyśmy, że głowa jest wyżej a nogi niżej.

Nieporozumienie polega na tem, że nie każdy zdaje sobie dokładnie sprawę z tego, co znaczy wyżej i niżej. Jeżeli od środka ziemi poprowadzimy linię prostą do jakiegoś punktu jej powierzchni, na przykład OA, to jest to promień ziemi, przechodzący przez punkt A. Przez każdy punkt powierzchni ziemi możemy sobie wyobrazić przechodzący promień. Kierunek, stanowiący przedłużenie promienia ziemskiego, nazywa się p i o n o w y m; n. p. przez punkt D przechodzi promień OC, a CD jest kierunkiem pionowym w tem miejscu. Kierunek ten określa nitka, obciążona na jednym końcu, a na drugim zawieszona nieruchomo.

Jeżeli w ten sposób określimy linię pionową w jakimś miejscu, to powiadamy, że wszystko, co na tej linii znajduje się bliżej ziemi, jest niżej, a to, co jest dalej od ziemi — jest wyżej. Więc n. p. punkt E jest niżej niż punkt D, ponieważ znajduje się bliżej ziemi. Ponieważ zaś wszędzie nogi są bliżej ziemi, a głowa dalej, więc też zawsze głowa jest wyżej a nogi niżej.

Pomimo tak różnych położzeń, jakie człowiek zajmuje na powierzchni ziemi, wszędzie jednakowo trudno mu oderwać się od tej powierzchni. Ptak wzbija się na skrzydłach w górę, ale po pewnym czasie wraca na ziemię, kamień, rzucony w górę, po krótkim czasie zatrzymuje się i spada. Czemu tak się dzieje? Zagadka

ta długo trapiła umysł człowieka, aż ją wreszcie rozwiązał wielki matematyk angielski Izaak Newton (ryc. 3). Wszystkie wspomniane zjawiska objaśnił on



Ryc. 3. Izaak Newton (1643—1727).

w ten sposób, że przyczyną ich jest siła przyciągająca, działająca w ten sposób, jak gdyby jej siedliskiem był środek ziemi. To znaczy, że w każdym miejscu ziemi ma ona ten sam kierunek, co promień ziemi, przez

to miejsce przechodzący, a więc pionowy. Tę siłę przyciągającą ziemi, objawiającą się w spadaniu ciał, nazwał Newton siłą ciężkości, a opór, jaki stawiają ciała tej sile, nazwał ciężarem. Siłą ciężkości więc, która wprawdzie przykuwa człowieka do ziemi na wieki i nie pozwala mu od niej się oderwać, daje mu też możność utrzymać się na ziemi.

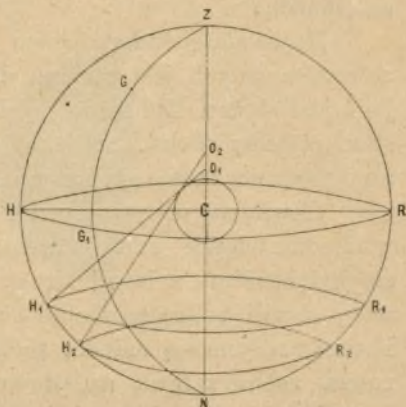
Może jeszcze dziwniejszą wyda się inna prawda, wykryta przez Newtona, która w nauce nosi nazwę zasady bezwładności. Według tej zasady jakiegokolwiek ciało, znajdujące się w spoczynku, nie może znaleźć się w ruchu, jeżeli nie podziała na nie jakaś siła, ciało zaś, znajdujące się w ruchu, dąży stale po linii prostej z prędkością jednostajną i tylko pod działaniem jakiejś siły może się zatrzymać, albo też zmienić prędkość lub kierunek ruchu. Zasada ta, stwierdzona licznymi doświadczeniami, jest główną podstawą całej mechaniki.

Chociaż więc ziemia unosi się w próżni, nie mamy powodu z góry sądzić, że musi ona gdzieś spadać, gdyż do tego potrzebną byłaby jakaś siła przyciągająca, działająca na całą kulę ziemską. Dopóki takiej siły nie znamy, nic nam nie przeszkadza przypuszczać, że ziemia, zgodnie z zasadą bezwładności, zawieszona jest w próżni nieruchomo. Gdybyśmy jednakowoż stwierdzili, że ziemia jest ruchomą, wtedy dopiero należałoby się zapytać, jakim siłom ziemia swój ruch zawdzięcza.

Wnioski nasze tylko wtedy mogą mieć jakąś wartość, jeśli opierają się na spostrzeżeniach. Widzieliśmy, że ziemia jest kulą i że sklepienie niebieskie, widzialne ze wszystkich jej punktów, należy sobie również wyobrażać w postaci kuli. Linia horyzontu,

która jest granicą widnokregu, zarazem oddziela widzialną część sklepienia niebieskiego od drugiej części, dla nas niewidzialnej.

Niechaj na ryc. 4 małe koło przedstawia kulę ziemską, a wielkie kulę niebieską, to z punktu O_1 widać wszystkie punkty sklepienia niebieskiego aż do koła H_1R_1 , które nazywa się horyzontem fizycznym punktu O_1 ; dla punktu O_2 , wzniesionego wyżej, horyzontem fizycznym jest koło H_2R_2 , do poprzedniego równoległe. Koło HR , równoległe do horyzontu fizycznego,



Ryc. 4.

ale przechodzące przez środek ziemi, nazywa się horyzontem astronomicznym. Horyzont fizyczny w rzeczywistości tylko bardzo nieznacznie schodzi pod horyzont astronomiczny. Na naszej rycinie wzniesienia są obrane przesadnie i, jak widzimy, stanowią znaczny ułamek promienia kuli ziemskiej, gdy w rzeczywistości wysokość najwyższej góry wynosi zaledwie osiemsetną część promienia ziemskiego. W dalszym ciągu nie będziemy też czynili różnicy pomiędzy horyzontem fizycznym a astronomicznym.

Dodajmy zaraz, że punkt nieba Z, przypadający wprost nad głową, nazywa się zenitem, punkt przeciwny N, nadirem, a każde koło, przechodzące

przez zenit i nadir, n. p. ZSN, nazywa się kołem wysokości. Wy s o k o ś c i ą jakiejś gwiazdy G nazywa się łuk GG_1 na kole wysokości pomiędzy horyzontem a gwiazdą.

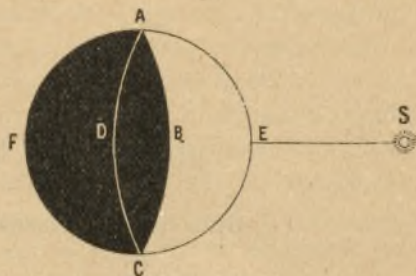
Najbardziej uderzającym ze wszystkich zjawisk astronomicznych jest zmiana dnia i nocy. Przyczyną jego jest słońce. Zbliżanie się słońca objawia się wzrostem jasności nieba, zaróżowieniem się chmur i t. d., a po pewnym czasie słońce ukazuje się na horyzoncie.

Chwilę tę nazywamy w s c h o d e m słońca. Po wschodzie słońce wznosi się coraz wyżej, przesuwając się jednocześnie z lewej strony ku prawej, aż w pewnej chwili osiąga na niebie swe położenie najwyższe. Potem zaczyna się zniżać, zachowując poprzedni kierunek ruchu z lewa na prawo. Kiedy, zniżając się ustawicznie, słońce znajdzie się znów na horyzoncie, to powiadamy, że słońce z a c h o d z i. Okres czasu, jaki upływa od wschodu słońca do chwili najwyższego położenia, równa się okresowi czasu, jaki upływa od chwili najwyższego położenia słońca do zachodu słońca. Innemi słowy, chwila ta dzieli dzień na dwie równe części i dlatego nazywa się p o ł u d n i e m. Gdy słońce zachodzi, jakiś czas jeszcze trwa zmierzch, potem ciemność otula niebo i ukazują się gwiazdy.

Co się stało ze słońcem? Nic więcej, tylko znalazło się ono poza linią horyzontu, świeci nadal, ale na tej części nieba, która zasłonięta jest przez ziemię. Gdy słońce zaszło w dolinie, szczyty gór jeszcze jaśniejają w promieniach słonecznych. To znaczy, że ze szczytów tych, dla których horyzont fizyczny znajduje się niżej, słońce jest jeszcze widzialne.

Słońce więc, znalazłszy się pod linią naszego horyzontu, w dalszym ciągu posuwa się, zataczając koło, którego część przebiega nad horyzontem, a gdy je całkowicie przebiegnie, ukazuje się znów na wschodzie.

Ponieważ ziemia jest kulą, więc, gdziekolwiek słońce się znajduje, zawsze jedna półkula ziemi jest zwróconą ku słońcu, a druga od niego odwróconą: na pierwszej jest



Ryc. 5.

dzień, na drugiej noc. Wynika stąd, że w każdej chwili w pewnych miejscach powierzchni ziemi słońce wschodzi, a w pewnych zachodzi. Tak n. p. w położeniu, przedstawionem na ryc. 5., słońce znajdujące się w punkcie S, wschodzi w miejscach, leżących na linii ABC, a zachodzi w punktach, przypadających na linii ADC. W miejscach, leżących na linii AEC jest południe, na linii zaś A F C — północ. Często się słyszy, że gdy u nas jest noc, to w Ameryce jest dzień; jest to prawda, którą zrozumieć nie trudno.

ROZDZIAŁ III.

Opis nieba gwiazdzistego.

Noc gwiazdzista, która następuje po dniu pogodnym, jest pełna niewysłowionego uroku. Myśl ludzka unosi się ku tym światłom dalekim, zastanawia się nad tajemnicami, które tam się kryją, i zapomina o troskach doczesnych. Dla wiedzy jednakże potrzebnem jest przedewszystkiem dokładne spostrzeganie i zapamiętywanie tych zjawisk, które przed okiem zachodzą.

Pierwszą rzeczą, którą myślący człowiek wykonać może i powinien, jest przyjrzeć się dokładnie niebu gwiazdzistemu ze swego ziemskiego stanowiska i utrwalić sobie jego obraz w pamięci. Już w bardzo dawnych czasach ludy pasterskie, koczujące ze swemi trzodami i bezsenne przy nich spędzając noce, wpatrywały się w gwiazdy, które wskazywały im drogę i oznaczały czas. I dzisiaj jeszcze wśród ludu znajdujemy znawców nieba, którzy z położenia rzucających się w oczy grup gwiazd, jak n. p. tak zwanej „kwoczki“ lub „laski Jakóba“, umieją przewidzieć blizki wschód słońca. Takie obserwacye doprowadziły do ustalenia pewnych grup gwiazd czyli gwiazdozbiorów, którym

nadano nazwy, chociaż dziś prawdziwego źródła tych nazw nie umiemy wytłómaczyć. Wytworzyły się one zapewne na tle pierwotnych wierzeń religijnych i objawia się w nich wyobrażenia ludów pierwotnych.

Nazwy gwiazdozbiorów i gwiazd oddzielnych, które dzisiaj są w użyciu, częściowo są bardzo starożytne, wielka ich liczba pochodzi od Arabów, którzy gorliwie zajmowali się astronomią, niektóre wreszcie pochodzą z nowszych czasów. Znajomość gwiazd wprawdzie niema znaczenia dla nauki, ale jest rzeczą bardzo przyjemną umieć je odróżniać i z widokiem gwiazdzistego nieba się obznajmić. W celu tym podajemy krótki opis nieba gwiazdzistego.

Gwiazdy różnią się między sobą jasnością, mianowicie wszystkie gwiazdy, widzialne gołym okiem, dzielimy na 6 wielkości. Do pierwszej należą gwiazdy najjaśniejsze, do szóstej zaś najdrobniejsze z tych, które gołym okiem widzimy. Gwiazdy 7-ej i 8-ej wielkości widziane tylko być mogą przez lunetę.

Najjaśniejsze gwiazdy gwiazdozbiorów oznaczane są zwykle kolejnymi literami abecadła greckiego: α (alfa), β (beta), γ (gama), δ (delta), ϵ (epsilon), ζ (zeta), η (eta) i t. d.

Oryentowanie się na niebie nie jest rzeczą trudną, i w krótkim czasie można przy pewnej cierpliwości dojść do znacznej wprawy. Najdogodniej rozpoczynać naukę, biorąc za podstawę w szukaniu gwiazd powszechnie znany gwiazdozbiór Wielkiej Niedźwiedzicy, którego część najbardziej charakterystyczna składa się z siedmiu gwiazd, rozmieszczonych w sposób, przedstawiony na załączonej rycinie 6.

Obok gwiazd podane są litery greckie, któremi te gwiazdy są oznaczone.

Gwiazdozbiór ten nazywany też bywa **Wielkim Wozem**, w którym 4 gwiazdy $\alpha, \beta, \gamma, \delta$, są kołami,



Ryc. 6.

a 3 gwiazdy ϵ, ζ, η , tworzą dyszel. Wszystkie te gwiazdy są drugiej wielkości, z wyjątkiem ϵ , która jest 3-ej wielkości. Gdy przez tylne koła (α, β) w kierunku od β do α poprowadzimy na niebie łuk, to w odległości 5 razy większej niż łuk $\alpha \beta$, znajdziemy na nim gwiazdę 2-ej wielkości, a **Niedźwiedzicy Małej**. Nazywa się ona gwiazdą **biegunową** lub **polarną**, a dłaczego, dowiemy się o tem w następnym rozdziale.

Gwiazdozbiór **Niedźwiedzicy Małej** jest z kształtu bardzo podobny do **Niedźwiedzicy Wielkiej**, ale jest od niego znacznie mniej wybitny, gdyż tylko gwiazda α , która co do położenia w gwiazdozbiorze odpowiada gwieździe η **Niedźwiedzicy Wielkiej**, oraz jedno z tylnych kół są 2-ej wielkości, pozostałe zaś gwiazdy są 3-ej, 4-ej i 5-ej wielkości.

Po drugiej stronie gwiazdy biegunowej, naprzeciw dyszla **Wielkiego Wozu**, znajduje się gwiazdozbiór

Kasyopei w kształcie spłaszczonej litery W. Na lewo od *Kasyopei* leży półkolisty, obfity w gwiazdy *Perseusz*, a dalej gwiazdozbiór *Woźnicy*, który zwraca uwagę żółtawą gwiazdą 1-ej wielkości, zwaną *Capella* czyli *Koza*.

Prowadząc linię przez gwiazdy dyszla Wielkiego Wozu i przedłużając ją, spotykamy na przedłużeniu naprzód jasną gwiazdę pomarańczową *Arktura*, czyli α gwiazdozbioru *Wolarza*, a dalej białą gwiazdę 1-ej wielkości, α gwiazdozbioru *Panny*, zwaną *Spica* lub *Kłos*. Sąsiednim gwiazdozbiorem na wschód od *Wolarza* jest *Korona północna*, której 6 najjaśniejszych gwiazd tworzy półkole, wypukłą stroną zwrócone ku *Arkturowi*; środkowa gwiazda 2 ej wielkości jest to α *Korony*, nazywa się *Gemma* lub *Gnosia*. Łuk, poprowadzony przez *Arktura* i najbardziej na północ położoną gwiazdę *Korony*, przechodzi przez świetną gwiazdę 1-ej wielkości *Wege*, α gwiazdozbioru *Lutni*, na drodze zaś między *Lutnią* a *Koroną* znaczny obszar nieba zajmuje gwiazdozbiór *Herkulesa*.

W sąsiedztwie *Lutni* łatwo spostrzedz gwiazdozbiór *Łabędzia*, zwracający uwagę swym kształtem krzyża. Na południe od *Łabędzia* i *Lutni* dostrzegamy 3 gwiazdy, leżące prawie na jednej linii, z których środkowa jest najjaśniejsza. Jest to gwiazdozbiór *Orla*, a środkowa gwiazda, α *Orla*, nazywa się *Atair*.

Prowadząc łuk od gwiazdy biegunowej przez *Kasyopeję*, natrafiamy na gwiazdozbiór *Andromedy*, którego częścią najwybitniejszą są 3 gwiazdy, tworzące linię łamaną; ostatnia z tych gwiazd jest wierzchołkiem wielkiego czworokąta, rozciągającego się

bardziej ku południowi, który jest częścią gwiazdozbioru *Pegaza*.

Linia, przecinająca gwiazdozbiór *Perseusza* w kierunku od środka *Kasyopei*, przechodzi przez gwiazdozbiór *Byka*, którego najjaśniejsza gwiazda 1-ej wielkości, *Aldebaran*, zwraca uwagę swą czerwoną barwą. W części gwiazdozbioru *Byka*, między *Aldebaranem* a *Perseuszem*, znajduje się ogólnie znana grupka *Plejad*, złożona z 7 gwiazd; popularnie grupka ta nazywaną bywa *Kwoczką* lub *Babami*. Inna grupa gwiazd w postaci rzymskiej cyfry V, której wierzchołkiem jest *Aldebaran*, również do *Byka* należąca, ma nazwę *Hyiady* czyli *Dźdźownice*.

Łuk, idący od *Plejad* przez *Aldebarana*, przecina najbogatszy w świetne gwiazdy gwiazdozbiór *Oriona*. Jest to wielki czworokąt, którego 2 wierzchołki tworzą gwiazdy 1-ej wielkości, biały *Rigel* i czerwona *Betelgeuze*. Wewnątrz czworokąta leżą w jednej linii trzy gwiazdy, tworzące *Pas Oriona*, a poniżej pasa znowu 3 mniejsze gwiazdy stanowią *Miecz Oriona*. Na przedłużeniu linii pasa *Oriona* leży najjaśniejsza ze wszystkich gwiazd, *Syryusz*, a *Wielkiego Psa*, na przedłużeniu zaś północnego boku czworokąta *Oriona* leży gwiazda a *Małego Psa*, zwana *Procyonem*, a dalej gwiazda *Regulus*, t. j. a *Lwa*.

Łuk, poprowadzony przez gwiazdy *Betelgeuze* i *Rigel*, przechodzi przez gwiazdozbiór *Bliźniąt*, w którym najjaśniejsze są dwie gwiazdy, biały *Kastor* i złotawy *Poluks*.

Przytoczone tu wskazówki umożliwiają tylko bardzo powierzchowne poznanie nieba gwiazdzistego.

W celu dokładniejszego poznania gwiazd, należy posługiwać się mapami nieba. Jako uzupełnienie podanych wskazówek służyć może mapka nieba, wydana przez autora tej książki, która podaje obraz nieba w każdej dowolnej chwili roku.

ROZDZIAŁ IV.

Ruch dzienny nieba i ruch wirowy ziemi.

Wystarczy przez krótki czas przypatrywać się niebu gwiazdzistemu, aby zauważyć, że obraz nieba zmienia się ustawicznie. Na zachodniej stronie horyzontu co pewien czas ukazuje się jakaś nowa gwiazda, posuwa się, wznosząc się coraz wyżej, podobnie jak słońce, z lewa na prawo, osiąga w pewnej chwili swą największą wysokość, później zniża się i ukrywa pod linią horyzontu na zachodzie.

Pomimo tego ruchu postać gwiazdozbiorów nie ulega zmianie, odległości wzajemne gwiazd pozostają stale jednakowe. Ale w ruchu gwiazd dostrzegamy jeszcze pewne szczegóły. W poprzednio podanym opisie nieba wspomnieliśmy o gwieździe *a* Niedźwiedzicy Małej, zwanej gwiazdą biegunową. Obserwujemy tę gwiazdę nawet w ciągu paru godzin, a nie zauważymy, aby ona zmieniła swe położenie nad horyzontem. Wydaje się ona całkiem nieruchomą. Weźmy teraz pod uwagę gwiazdozbiór Niedźwiedzicy Wielkiej.

Kiedykolwiek spojrzymy na niebo, jest on zawsze widzialny, chociaż położenie jego na niebie

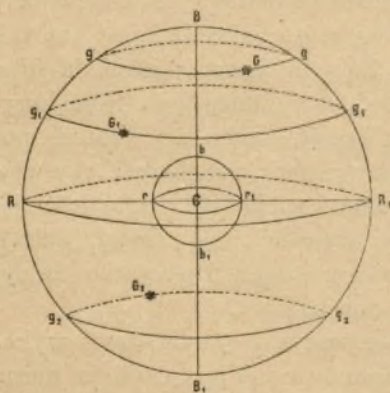
bywa rozmaite. Baczniejsza obserwacya wykazuje, iż każda z jego gwiazd zakreśla koło dokoła gwiazdy biegunowej w jednakowym czasie i tem większe, im większa jest jej odległość od gwiazdy biegunowej. Wszystkie te koła są nachylone do koła horyzontu, skutkiem czego wysokość gwiazdy ciągle się zmienia. Gdy gwiazda znajduje się najwyżej, powiadamy, że góruje, gdy jest najniżej — dołuje. Dołowanie i górowanie gwiazd odbywa się na kole wysokości, które nazywa się południkiem, ponieważ jest południe, gdy słońce znajduje się na niem.

Gdy gwiazda znacznie oddalona jest od gwiazdy biegunowej, wtedy koło, które zakreśla, jest już tak duże, iż spotyka się z linią horyzontu; gwiazda taka zatem, krążąc po niebie, zejść musi pod linię horyzontu, aby po pewnym czasie znowu się wzniesć ponad nią. Gwiazda zatem wschodzi i zachodzi. Aby więc gwiazda mogła wschodzić i zachodzić, odległość jej od gwiazdy biegunowej wynosić musi więcej, aniżeli wysokość gwiazdy biegunowej. Dołowanie takiej gwiazdy zachodzi pod horyzontem.

Dokładniejsze obserwacye z przyrządami wykazują, że i gwiazda biegunowa nie jest całkiem nieruchoma, ale ten punkt stały, dokoła którego wszystkie gwiazdy krążą, znajduje się tak blisko niej, że koło, które ona zakreśla, jest bardzo małe.

Wniosek, do którego te spostrzeżenia prowadzą, jest następujący. Ruch gwiazd jest wspólny. Odbywa się on tak, jak gdyby gwiazdy były przytwierdzone do sklepienia niebieskiego, które obraca się dokoła pewnej linii prostej, poprowadzonej od stanowiska naszego do owego stałego punktu na niebie. Prosta ta

nazywa się osią świata; przecina się ona ze sklepieniem niebieskiem w dwóch przeciwległych sobie punktach, zwanych biegunami. Jeden z owych biegunów, właśnie ów punkt w bliskości gwiazdy biegunowej, która dlatego nosi tę nazwę, że koło bieguny się znajduje, leży na widzialnej przez nas półkuli nieba. Wszystkie gwiazdy, wirując z całym sklepieniem niebieskiem, zakreślają równoległe koła, czyli równoleżniki, a największy z równoleżników, którego odległość od obu biegunów jest jednakową, nazywa się równikiem świata.



Ryc. 7.

Koło $R B R_1 B_1$ na ryc. 7 przedstawia sklepienie niebieskie. a prosta BB_1 — oś świata; koła $g G g$, $g_1 G_1 g_1$, $g_2 G_2 g_2$ są to równoleżniki, zakreślane przez gwiazdy G, G_1, G_2 , a koło $R R_1$ jest równikiem świata.

Okres czasu, w którym wszystkie gwiazdy zakreślają pełne koła, nazywa się do-

bą gwiazdową; dzieli się ona na 24 godziny, godzina na 60 minut, minuta na 60 sekund. Ruch gwiazd jest taki, jak gdyby całe sklepienie niebieskie wraz ze wszystkim, co na niem widzimy, obracało się w ciągu doby dookoła osi świata.

Ten ruch nieba nazywa się dziennym, ponieważ wynikiem jego jest kolejna zmiana dnia i nocy.

Podobnie bowiem jak każda gwiazda, tak i słońce, biorąc udział w dziennym ruchu nieba, przez część doby znajduje się nad horyzontem — i wtedy jest widno, przez drugą zaś część doby ukryte jest pod horyzontem — i wtedy jest ciemno. Tylko zatem olbrzymia siła świetlna słońca, w porównaniu do innych gwiazd, powoduje tak wybitne różnice tych dwóch części doby.

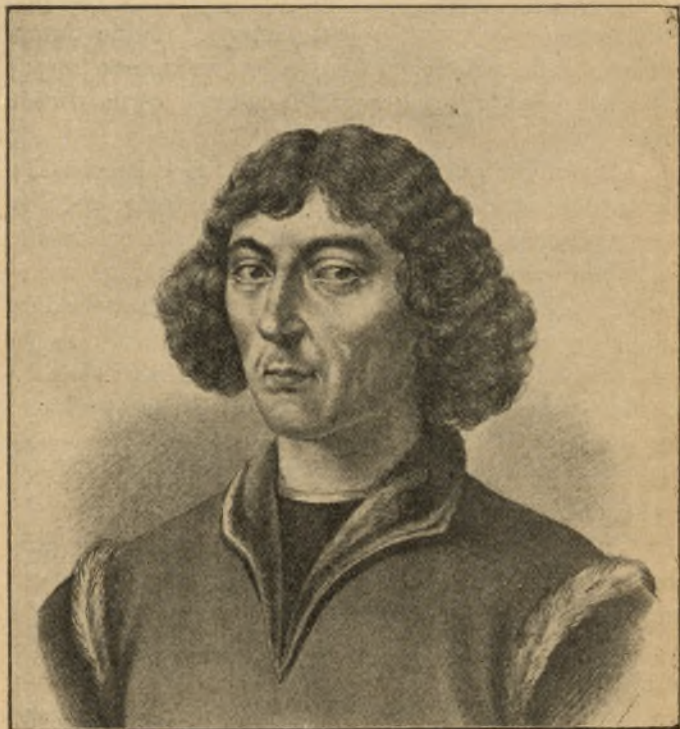
Dawniejsi astronomowie sądzili, że w istocie sklepienie niebieskie istnieje, jako coś rzeczywistego, i że obraca się ono, jako wydrążona kula, dokoła osi świata. Jednakże wrażeniom nie należy nazbyt ufać, gdyż często nas one łudzą. Zachodzi to i w tym wypadku. Zdaje się nam, że słońce, księżyc i gwiazdy są jednakowo od nas odległe, ponieważ widzimy je jakoby na tem samem sklepieniu niebieskiem. W rzeczywistości zaś pomiary wykazały, że gwiazdy znajdują się o wiele dalej aniżeli słońce, a słońce dalej niż księżyc; pośród gwiazd zaś samych odległości są bardzo różne.

Wobec tego nie są one przytwierdzone do sklepienia niebieskiego, a raczej tego sklepienia nie ma wcale, jest ono tylko złudzeniem naszego wzroku.

Czyż więc jest rzeczą prawdopodobną, ażeby wszystkie gwiazdy w ruchach swoich dostosowywały się do tak drobnego ciała, jakim jest ziemia? czyż można przypuścić istnienie takich prędkości, któreby pozwalały gwiazdom, odległym od nas na miliardy mil, zakresłać olbrzymie koła w ciągu doby, i przytem koła rozmaitej wielkości ściśle w tym samym czasie?

Takie wątpliwości powstawały w wielu umysłach, aż dopiero wielki astronom polski, *Mikołaj Kopernik*, (ryc. 8) znalazł prosty sposób usunięcia tych

wszystkich wątpliwości. Udowodnił on, że ruch dzienny nieba jest tylko pozorny, i że w rzeczywistości kula ziemską w ciągu doby dokoła swej osi się obraca.



Ryc. 8. Mikołaj Kopernik (1473—1543).

Aby to zrozumieć, należy naprzód wyjaśnić sobie, co należy przez oś ziemską pojmować. Jeżeli n. p. jabłko przekłólimy cienkim drutem, to możemy je na tym drucie obracać. Wtedy drut jest osią wirującego na nim jabłka. Ale gdybyśmy

przypuścili, że jabłko może wirować w sposób podobny, nawet gdyby nie było drutu, to jeszcze mówilibyśmy, że obraca się ono naokoło osi; ale osią tą byłby teraz nie drut, lecz tylko linia prosta, przechodząca przez wszystkie te punkty jabłka, które, pomimo jego ruchu obrotowego, pozostają w spokoju. Dwa takie punkty nieruchome, a więc dwa punkty osi, znajdowałyby się musiały na powierzchni jabłka, i te nazwalibyśmy biegunami.

Otóż jeżeli powiadamy, że ziemia wiruje dokoła osi, to znaczy, że istnieją na jej powierzchni 2 punkty nieruchome, czyli bieguny, a prosta, przez punkty te przechodząca, określa oś jej obrotu.

Weźmy pod uwagę część osi świata bb_1 (ryc. 7), przypadającą w granicach kuli ziemskiej. Otóż Kopernik przyjął, że jest to oś ziemi, t. j. że ziemia dokoła tej prostej się obraca w kierunku przeciwnym, aniżeli zdaje się odbywać ruch dzienny nieba. W takim razie punkty powierzchni ziemi b i b_1 są nieruchome, t. j. są jej biegunami, a koło rr_1 , jednako od obu biegunów oddalone, jest jej równikiem.

Ruch ziemi dokoła osi, według nauki Kopernika, powoduje takie złudzenie, iż całe niebo dokoła osi zdaje się obracać. Ażeby to zrozumieć, wyobraźmy sobie, że siedzimy na karuzeli. Kiedy karuzel wiruje dokoła swej osi, mamy wrażenie, że przedmioty, otaczające nas dokoła, obracają się w przeciwnym kierunku. Gdyby nie pęd wiatru, skrzypienie desek, pewne podskakiwanie podłogi i t. p., ruchu własnego całkiem byśmy nie dostrzegali, tylko ruch pozorny przedmiotów, otaczających karuzel, które w rzeczywistości są nieruchome. Ziemia obraca się dokoła swej

osi w zupełnej cichości z prędkością jednostajną, więc ruchu jej ani słyszeć ani czuć nie możemy, i tylko może się on nam ujawnić przez ruch pozorny przedmiotów, nie znajdujących się na ziemi, np. księżyca, słońca i gwiazd, chociażby one w rzeczywistości były całkiem nieruchome. Ponieważ pozorny ruch nieba odbywa się z lewa na prawo, jak wskazówka zegara, więc obrót ziemi dookoła osi odbywać się musi w przeciwnym kierunku, t. j. z prawa na lewo. Taki ruch w astronomii nazywa się prostym, ruch zaś w kierunku przeciwnym — wstecznym.

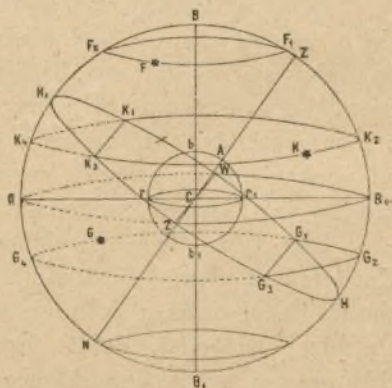
Dziwna ta napozór nauka o ruchu wirowym ziemi staje się tak prostą i naturalną, skoro pomyślimy, jak trudnem byłoby bez niej zrozumienie jednoczesnego, wspólnego ruchu wszystkich ciał niebieskich. Ale sama ta prostota bynajmniej nie wystarczałaby, aby tę naukę uznać za prawdziwą. Należałoby ten ruch wykazać jeszcze na innych zjawiskach, które powodować musi. Otóż, podobnie jak istnieją ściśle dowody kulistości ziemi, z których niektóre były przytoczone wyżej, tak samo ruch wirowy ziemi da się wykazać w rozmaity sposób. Dowody te wszakże wymagają większego przygotowania matematycznego i w krótkości nie dadzą się wyłożyć.

ROZDZIAŁ V.

Zmiana położenia słońca na niebie. Ekliptyka. Pory roku.

Oś ziemska zajmuje stałe położenie w przestrzeni, a więc kąt pomiędzy pionem a kierunkiem osi bywa rozmaity. Na ryc. 9. wielkie koło przedstawia niebo, małe ziemię. Oś

świata BB_1 określa położenie osi ziemskiej bb_1 . Koło RR_1 przedstawia równik świata, koło rr_1 — równik ziemski. Weźmy pod uwagę jakiś punkt A na powierzchni ziemi, to pion jego, jako przedłużenie promienia ziemskiego



Ryc. 9.

AC , określa na niebie w punkcie Z zenit punktu A , oraz jego horyzont HH_1 . Horyzont jest względem równika świata RR_1 nachylony i przecina się z nim

w punktach W i Z. Pierwszy nazywa się punktem wschodnim, drugi z zachodnim. Jeżeli stanimy tak, że twarz nasza skierowana jest ku tej stronie nieba, gdzie w południe znajduje się słońce, to punkt wschodni wskaże na horyzoncie lewa ręka, punkt zachodni prawa. Punkt H, znajdujący się na horyzoncie wprost przed nami, nazywa się południowym, punkt H_1 za nami — północnym. Są to punkty przecięcia się horyzontu z kołem, przechodzącym przez bieguny BB_1 i przez zenit Z. Koło to, jak wiemy, jest południkiem. Na tym południku każda gwiazda, czy to stale znajdująca się nad poziomem, n. p. F, czy też wschodząca i zachodząca, n. p. G, góruje i dołuje. Pierwsza góruje w punkcie F_1 , dołuje w F_2 , druga zaś wschodzi w punkcie G_1 , góruje w G_2 , zachodzi w G_3 i dołuje w G_4 pod horyzontem.

Pozorny dzienny ruch gwiazd, jak wiemy, odbywa się w ten sposób, że położenie gwiazd w stosunku do siebie się nie zmienia. Dzięki temu każda gwiazda góruje i dołuje zawsze w jednakowej wysokości, każda z nich wschodzi też zawsze w niezmienniej odległości od punktu południowego i w tej samej odległości po drugiej jego stronie zachodzi.

Pod tym względem słońce różni się od gwiazd. Każdemu wiadomo, że w zimie słońce wschodzi i zachodzi bliżej punktu południowego, wschodzi później i prędzej zachodzi, dzień jest krótki a noc długa. Gdy się ma ku wiosnie, słońce nad horyzontem coraz przebywa dłużej i wznosi się wyżej. Przychodzi chwila, kiedy dzień staje się równym nocy, a potem nawet o wiele dłuższym od nocy. Wtedy słońce wschodzi coraz bliżej punktu północnego i w tej samej od niego odle-

głości zachodzi. Z temi zmianami położenia punktów wschodu i zachodu słońca oraz wznoszenia się słońca w południe ściśle związane są różnice ciepła i zimna; wszystkie zmiany te odbywają się w ciągu okresu czasu, który nazywamy r o k i e m.

Rok dzielimy na cztery główne części, zwane p o r a m i r o k u. Kiedy dzień, wzrastając, staje się równym nocy, rozpoczyna się w i o s n a. Początek wiosny stanowi wiosenne porównanie dnia z nocą. Zachodzi ono dnia 21. marca. Wiosna trwa aż do chwili, kiedy dzień osiąga swą największą długość a noc staje się najkrótszą, t. j. do dnia 22. czerwca. Od tej chwili rozpoczyna się l a t o, dzień staje się krótszym a noc dłuższą, i dnia 23 września znowu dzień jest równy nocy. Wtedy zachodzi drugie porównanie dnia z nocą, które nazywa się jesiennem i zaczyna się j e s i e ń. W ciągu jesieni noc jest stale dłuższa od dnia i wzrasta aż do 22. grudnia. Noc jest wówczas najdłuższa a dzień najkrótszy i rozpoczyna się z i m a. W ciągu zimy dzień wzrasta, noc maleje, a w dniu 21. marca, z początkiem wiosny, dzień i noc znowu stają się równymi.

Zjawiska powyższe corocznie powtarzają się w sposób jednakowy, a pomimo że wydają się bardzo złożonemi, wypływają ze zjawiska bardzo prostego, które ze spostrzeżeń łatwo daje się wyprowadzić. Gdyby w dzień nie było widno, t. j. gdyby słońce nie było tak jasne, można by było widzieć jednocześnie słońce i gwiazdy. Wtedy przekonalibyśmy się, że słońce pośród gwiazd zmienia swoje położenie. Gwiazdy na niebie tworzą ugrupowania, których postać w ciągu tysięcy lat się nie zmienia, gdyby więc jedna z gwiazd

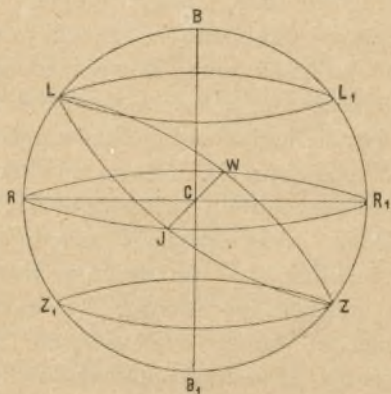
zmieniała swoje miejsce, z łatwością możnaby to zauważyć. W istocie takie gwiazdy istnieją i te w odróżnieniu od innych, gwiazd stałych, nazwano planetami. Ale i słońce porusza się pośród gwiazd, o czym możemy się łatwo przekonać, obserwując, jakie gwiazdy ukazują się na niebie zaraz po zachodzie słońca. Okazuje się w ten sposób, że słońce wyprzedza gwiazdy, to znaczy, że jeżeli pewien gwiazdozbiór w pewnym dniu był widzialny zaraz po zachodzie słońca, to po jakimś czasie słońce do niego wkracza; skutkiem tego przestaje on być widzialny, a po kilku tygodniach, gdy słońce posunie się dalej, gwiazdozbiór ten idzie w ruchu dziennym przed słońcem i ukazuje się na niebie przed wschodem słońca.

Jeżeli w ten sposób określać będziemy pośród gwiazd położenie słońca codziennie w ciągu całego roku, to okaże się, że słońce przebiega na niebie wielkie koło, nachylone do równika świata o $23\frac{1}{2}$ stopni. To koło nazywa się ekliptyką i przecina się z równikiem w dwóch punktach; to znaczy, że dwa razy w ciągu roku słońce znajduje się na równiku. Ekliptyka przechodzi przez dwanaście gwiazdozbiorów, a w ciągu każdej pory roku przez 3 gwiazdozbiory. Są one, licząc od początku wiosny, następujące: Baran, Byk, Bliźnięta, Rak, Lew, Panna, Waga, Niedźwiadek, Strzelec, Koziorożec, Wodnik, Ryby. Gwiazdozbiory te od najdawniejszych czasów były znane i nazywane zwierzyńcem czyli zodyakiem.

Równik niebieski RR_1 (ryc. 10) dzieli niebo na dwie półkule: północną RBR_1 i południową RB_1R_1 . Ekliptyka więc $WLJZ$, jako nachylona względem równika, w połowie przypada w półkuli południowej,

w połowie zaś w północnej. Słońce, które zawsze znajduje się na ekliptyce, połowę swojej drogi rocznej J W Z przebywa na południe od równika, połowę zaś W L J na północ od niego. Tak na półkuli północnej, jak i na południowej, istnieje jeden punkt, w którym odległość ekliptyki od równika jest największa i wynosi $23\frac{1}{2}$ stopni. Są to te punkty L i Z,

w których słońce zmienia kierunek ruchu w stosunku do równika. Nazywają się one stanowiskami słońca, a równoleżniki, przechodzące przez te stanowiska, nazywają się zwrotnikami. Jeden z nich L L₁, leżący na półkuli północnej, nazywa się zwrotnikiem Raka, drugi Z Z₁, leżący na



Ryc. 10.

półkuli południowej, nazywa się zwrotnikiem Koziorożca. Nazwy tych zwrotników pochodzą od gwiazdozbiorów zwierzyńca, w których przypadają dwa stanowiska słońca.

Punkty, w których ekliptyka przecina się z równikiem, nazywają się punktami równonocnymi. Ten z nich (W), w którym słońce z półkuli południowej przechodzi na północną, nazywa się punktem równonocy wiosennej, ten zaś, w którym słońce z półkuli północnej przechodzi na południową, nazywa się punktem równonocy

jesiennej (J). Dwa stanowiska i dwa punkty równonocne dzielą ekliptykę na cztery równe części. Są to cztery główne czyli kardynalne punkty ekliptyki, ponieważ chwile, w których słońce przez każdy z nich przechodzi, przyjmuje się za początek czterech pór roku.

W istocie całoroczny okres zjawisk z różnicami długości dnia i nocy, ciepła i zimna, zależy od tej jedynej okoliczności, że ekliptyka jest względem równika nachylona. Równik niebieski, jak widzieliśmy, przecina się z kołem horyzontu w dwóch punktach, równoodległych od punktów północnego i południowego W i Z (ryc. 9). Połowa równika $W R_1 Z$ znajduje się nad horyzontem, połowa zaś $Z R W$ — pod horyzontem. Jeżeli jakaś gwiazda znajduje się na równiku, to wschodzi ona w punkcie wschodnim W, zachodzi w punkcie zachodnim Z, i zakreśla nad horyzontem łuk tej samej wielkości, co i pod horyzontem. To znaczy, że w ciągu połowy doby jest widzialna, w ciągu drugiej połowy niewidzialna. Słońce, jak wiemy, dwa razy w ciągu roku znajduje się na równiku, a zatem w tym czasie przebywa tak samo długo nad horyzontem, jak i pod horyzontem, t. j. dzień wówczas równa się nocy, i to we wszystkich miejscach na powierzchni ziemi. Dla tego to punkty przecięcia się ekliptyki z równikiem nazywają się równonocnymi.

Jeżeli gwiazda znajduje się na południowej półkuli, np. G na ryc. 9, to wschodzi ona w punkcie horyzontu G_1 , przypadającym pomiędzy punktem wschodnim a punktem południowym, a zachodzi w punkcie G_3 , pomiędzy punktem zachodnim a południowym. Łuk, który ona zakreśla nad horyzontem, $G_1 G_2 G_3$,

jest mniejszy od łuku $G_3 G_4 G_1$, który zakreśla pod horyzontem. Różnica jest tem większa, im bardziej od równika oddalona jest gwiazda. Gdy więc słońce przechodzi na półkulę południową, to punkty, w których ono wschodzi i zachodzi, oddalają się od punktu wschodniego i zachodniego na południe. Na południku wysokość słońca staje się coraz mniejszą, dzień staje się coraz krótszym a noc coraz dłuższą. Najkrótszy jest dzień, a noc najdłuższa, gdy słońce znajdzie się w stanowisku południowym. Od tej chwili słońce zbliża się do równika, dzień wzrasta, noc staje się krótszą, a gdy słońce znajdzie się na równiku, zachodzi znowu zrównanie się dnia z nocą.

Gdy gwiazda znajduje się na półkuli północnej, np. K na ryc. 9, to punkt wschodu jej K_1 przypada między punktem wschodnim a północnym, punkt zachodu K_3 — pomiędzy punktem zachodnim a północnym, a punkt górowania K_2 znajduje się wyżej, aniżeli najwyższy punkt równika R. Łuk $K_1 K_2 K_3$, zakreślony nad horyzontem, jest większy, aniżeli łuk $K_3 K_4 K_1$, zakreślony pod horyzontem.

Gdy więc słońce przechodzi na półkulę północną, dzień staje się dłuższym od nocy, i w miarę, jak oddala się ono od równika na północ, punkty wschodu i zachodu słońca coraz bardziej oddalają się od punktu wschodniego i zachodniego na północ, wysokość górowania rośnie i dzień staje się coraz dłuższym w porównaniu z nocą. Trwa to do chwili, gdy słońce znajdzie się w swem stanowisku północnem. Wówczas dzień jest najdłuższy a noc najkrótsza. Od tej chwili słońce zbliża się do równika od północy, wysokość górowania się zmniejsza, punkty wschodu i zachodu

zbliżają się do punktu wschodniego i zachodniego, dzień maleje a noc wzrasta, i stają się one wreszcie równemi sobie, gdy słońce znajdzie się na równiku. Nie zatrzymując się, przechodzi ono na półkulę południową i powtarzają się zjawiska tak, jak powyżej zostały opisane. Gdyby ekliptyka nie była względem równika nachyloną i schodziła się z równikiem, wtedy słońce zawsze byłoby na równiku i dzień byłby zawsze równy nocy, nie byłoby pór roku i na ziemi panowałaby wieczna wiosna,

ROZDZIAŁ VI.

Bieg ziemi dookoła słońca.

Ruch dzienny nieba, jak widzimy, polega na tem, że w rozmaitych częściach doby nad horyzontem pojawiają się coraz inne gwiazdy. Wiemy już teraz, że ruch ten jest tylko odzwierciedleniem rzeczywistego ruchu ziemi dookoła osi. W ostatnim rozdziale jednakże widzieliśmy, że słońce zmienia miejsce swoje pośród gwiazd, i należy teraz z kolei zapytać, czy ten ruch słońca jest rzeczywistym, czy też może pozornym. Moglibyśmy bowiem przypuścić, że słońce stoi w miejscu a całe niebo wraz ze wszystkimi gwiazdami obraca się dookoła osi, prostopadłej do koła ekliptyki, w ciągu roku.

Jeżeli przyjmiemy, że ruch słońca jest rzeczywisty, to w takim razie, obiegając w ciągu roku całe niebo, musi ono też okrążyć ziemię, znajdującą się pozornie w środku sklepienia niebieskiego. W ten sposób zapatrywano się na ten ruch słońca aż do czasów Kopernika. Czy jednakowoż takie zapatrywanie jest dostatecznie prawdopodobne? W miarę jak dokładniej uczono się mierzyć odległości ciał niebieskich, poka-

zywało się, iż te odległości są daleko większe, aniżeli przypuszczano dawniej. Słońce, jak zobaczymy później, jest kulą, odległą od ziemi na blisko 150,000.000 km. Na podstawie wielkości, w jakiej nam słońce się przedstawia, można też obliczyć, że jest ono znacznie większe od ziemi, mianowicie tak wielkie, iż, jak już wspomnieliśmy, blisko półtora miliona takich kul, jak nasza ziemia, pomieścić można na słońcu. Ziemia więc w stosunku do słońca jest drobiazgiem, i trudno byłoby zrozumieć, dlaczego dokoła tego drobiazgu obracać by się miało tak olbrzymie ciało, jak słońce. Pozostaje więc drugie zapatrywanie, że słońce stoi w miejscu, a całe sklepienie niebieskie raz w ciągu roku obraca się dokoła ziemi.

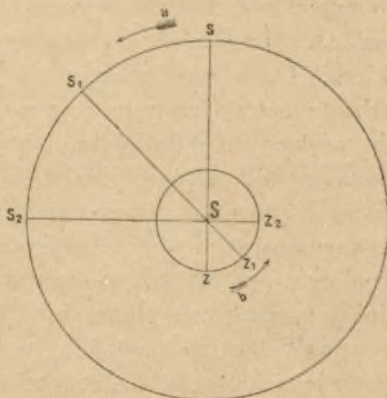
Ale ruch dzienny nieba jest tylko pozorny, rzeczywisty jest obrót ziemi dokoła osi. Te same względy, które dały podstawę do powyższego zapatrywania, przemawiają również za tem, że i ruch roczny nieba jest tylko pozorny. Ale nie można przypuścić, aby on był również tylko odzwierciedleniem ruchu obrotowego ziemi, gdyż w takim razie ziemia musiałaby mieć jednocześnie dwa ruchy dokoła dwóch różnych osi w różnych okresach czasu, co jest niemożliwe.

I znowu w nauce Kopernika znajdujemy całkowite wyjaśnienie tej sprawy. Trudności wszelkie odpadają, jeżeli przyjmimy, że słońce jest nieruchome, gwiazdy również nie zmieniają miejsca w przestrzeni, ale ziemia, pozostając stale w płaszczyźnie ekliptyki, przebiega w ciągu roku zamkniętą drogę dokoła słońca. Wyjaśnia to ryc. 11.

Niechaj punkt S wyobraża słońce, które przypada w płaszczyźnie ekliptyki. Większe koło niech

oznacza ekliptykę, t. j. drogę roczną słońca wśród gwiazd, mniejsze zaś — drogę ziemi.

Kiedy ziemia znajduje się w punkcie z , patrzymy na słońce w kierunku zS , tak, że widzimy je na tle nieba w punkcie s na ekliptyce. Gdy ziemia kolejno znajduje się w punktach z_1, z_2 i t. d., słońce widzimy odpowiednio do kierunków $z_1 S, z_2 S$, w punktach ekliptyki s_1, s_2 i t. d. Ponieważ ruchu nie czujemy, więc zdaje się nam, że słońce biegnie po



Ryc. 11.

ekliptyce, w kierunku strzałki a , t. j. prostym; w rzeczywistości zaś ruch słońca jest pozorny, wywołany przez to, że ziemia przebiegła na swej drodze łuk $z z_1 z_2$ w tym samym kierunku, w jakim słońce posuwać się zdaje. Oczywiście w tym samym czasie, w którym ziemia przebiegnie całą swą drogę i wróci do punktu z , również i słońce pozornie przebiegnie całą ekliptykę i powróci do punktu s .

Kiedy Kopernik naukę swoją ogłosił, spotkała się ona z licznymi przeciwnikami. Ludzie przyzwyczajeni byli uważać ziemię za środek wszechświata, za najwyższy cel stworzenia. Według biblij, słońce, księżyc i gwiazdy stworzone zostały dla ziemi i dla człowieka, którego Bóg na ziemi osiedlił. Tymczasem według nauki Kopernika ziemia jest tylko drobną bryłką,

zmuszoną do okrażania o wiele potężniejszego od niej słońca, które jednakże również bynajmniej nie zajmuje miejsca środkowego w wszechświecie, lecz co do znaczenia nie przewyższa żadnej z niezliczonych gwiazd, rozsianych na pozornem sklepieniu niebieskiem. Co więcej, ziemia nie jest jedyną, ale tylko jedną z całego szeregu i to po większej części znacznie większych od niej kul, które, podobnie jak ona, krążą dokoła słońca. Największe bowiem znaczenie nauki Kopernika polega na tem, iż doprowadził on do harmonijnego ujęcia bardzo zawiłych i niezrozumiałych ruchów już poprzednio wspomnianych ciał niebieskich, zwanych planetami. Ruchy te objaśniają się w sposób bardzo prosty, gdy wiadomo, że spostrzegamy je nie z punktu nieruchomego, ale z ziemi, która sama przebiega dokoła słońca zamkniętą drogą. Planety skutkiem tego ruchu ziemi posiadają ruch pozorny, odzwierciadlający ruch roczny ziemi, a ten, dodając się do ich ruchu rzeczywistego, powoduje ruch wypadkowy, którego zrozumienie przez tysiące lat przedstawiało trudność niepokonaną. Gdy od tych ruchów odrzucimy tę część, która jest pozorną, to z ruchów ich prawdziwych wypływa, że planety są to ciała, rozmaicie od słońca odległe, lecz również krążące dokoła słońca, jak ziemia, z tem większą prędkością, im mniejszą jest ich odległość od słońca. Wszystkie planety, do których liczby została także wcielona ziemia, tworzą nierozdzieloną całość, czyli tak zwany układ planetarny.

Najsilniejszem poparciem słuszności nauki Kopernika jest właśnie ta prostota, z jaką objaśnia ona wszystkie pozornie tak zawiłe ruchy planet. Nie jest

to jednakże dowód wystarczający i na dowody ściśle ludzkość czekać musiała długi czas. Uzyskanie ich stało się możliwem dopiero wtedy, gdy dokładność przyrządów i spostrzeżeń pozwoliła na stwierdzenie zjawisk, które również od ruchu rocznego ziemi dookoła słońca zależą, ale posiadają całkiem inny charakter, aniżeli zjawiska, które dały podstawę nauce Kopernika. O tych zjawiskach będzie mowa później, teraz zajmijmy się bliżej rozpatrzeniem ruchów planet.

ROZDZIAŁ VII.

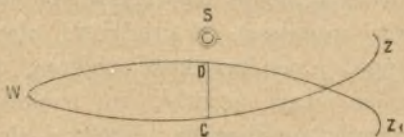
Planety i ich podział. Ruch planet dolnych.

Planetami nazywano dawniej wszystkie ciała niebieskie, których położenie pośród gwiazd ulegało zmianie. Zaliczano więc do nich przedewszystkiem słońce i księżyc, a następnie kilka jasnych gwiazd, które znane były pod następującymi imionami: Merkury, Wenus, Mars, Jowisz, Saturn. Do tej liczby w czasach późniejszych, gdy do badań wciągnięte zostały też drobniejsze gwiazdy, oraz całe miliony gwiazd, widzialnych tylko przez lunety, przybyły jeszcze dwie wielkie planety, Uran i Neptun, oraz wielka liczba planet drobnych. Pośród planet, ze względu na ich ruchy, odróżnić można dwie wyraźne kategorie. Jedne z nich nigdy bardzo nie oddalają się od słońca, inne zaś mogą znajdować się w dowolnej od niego odległości. Pierwsze nazywają się planetami dolnymi, do nich należą tylko Merkury i Wenus; wszystkie inne należą do kategorii drugiej, t. zw. planet górnych.

Jeżeli dwie gwiazdy górują jednocześnie, to mówimy, że znajdują się one w połączeniu czyli

konjunkcyi. Jeżeli zaś jedna gwiazda góruje wtedy, gdy druga dołuje, to powiadamy, że gwiazdy te znajdują się w przeciwstawieniu czyli opozycyi. Otóż w opozycyi ze słońcem mogą znajdować się tylko planety górne.

Odległość planety od słońca, widzialna na niebie, nazywa się *elongacją*. Weźmy pod uwagę ruch na niebie planety Wenus, mianowicie od chwili, kiedy znajduje się ona w punkcie Z (ryc. 12), po prawej stronie czyli na zachód od słońca, w największej swej elongacyi. Jak wiemy ruch słońca pośród gwiazd odbywa się z prawej



Ryc. 12.

strony ku lewej. Dla większej prostoty tłómaczenia na rycinie przypuścmy, że słońce stoi nieruchomo w S, t. j. weźmy pod uwagę tylko względne położenie planety i słońca. W chwili, gdy Wenus znajduje się w swej największej elongacyi zachodniej, posiada ona ruch w tym samym kierunku, co słońce, i tę samą prędkość. Ale od tej chwili prędkość ruchu wzrasta, skutkiem czego zbliża się Wenus do słońca, i tem prędzej, im elongacya staje się mniejszą. Tak zbliżając się, w pewnej chwili dogania ona słońce w punkcie G, i wtedy prędkość jej ruchu jest największa. Znajduje się Wenus wówczas w połączeniu ze słońcem, które zwie się połączeniem górnem. Po tem połączeniu, mając prędkość ruchu większą, niż słońce, Wenus wyprzedza je, t. j. przechodzi na wschodnią jego stronę; ale prędkość jej teraz maleje tem

bardziej, w miarę jak rośnie elongacya wschodnia. Dopóki prędkość planety jest większa, niż prędkość słońca, tak długo elongacya wschodnia rośnie; ale wreszcie nadchodzi moment, kiedy prędkość planety staje się równą prędkości słońca. W tej chwili elongacya przestaje wzrastać i Wenus znajduje się w największej wschodniej elongacyi w punkcie W. Ale prędkość planety, która poczęła się zmniejszać w chwili połączenia górnego, zmniejsza się w dalszym ciągu i po osiągnięciu największej elongacyi, staje się więc teraz mniejszą od prędkości słońca. Wskutek tego słońce, mając prędkość większą, poczyną planetę doganiać i tem prędzej, im większą staje się różnica pomiędzy prędkością planety i słońca.

W pewnej chwili, gdy elongacya wschodnia planety wynosi około 29 stopni, zatrzymuje się ona zupełnie. Znajduje się ona wówczas w swem stanowisku wschodniem i zmienia kierunek ruchu na przeciwny: ruch, który był dotąd prosty, staje się teraz wstecznym i prędkość jego wzrasta coraz bardziej.

Słońce więc zbliża się do planety bardzo szybko i dogania ją w chwili, kiedy prędkość jej ruchu wstecznego jest największa. Zachodzi wtedy drugie połączenie planety ze słońcem w punkcie D, które nazywa się połączeniem dolnem. W obu więc połączeniach, jak widzimy, Wenus ma ruch najszybszy, ale kierunek ruchu jest wprost przeciwny.

Po połączeniu dolnem słońce wyprzedza planetę tak, że elongacya jej staje się znowu zachodnią. Prędkość ruchu wstecznego maleje, i gdy elongacya zachodnia wynosi około 29 stopni, planeta się zatrzymuje i zmienia kierunek ruchu na prosty; zachodzi wtedy

stanowisko zachodnie. Początkowo prędkość ruchu jest niewielka, i planeta pozostaje coraz bardziej w tyle poza słońcem, t. j. elongacya zachodnia rośnie. Trwa to tak długo, dopóki prędkość planety, wzrastając ciągle, nie zrówna się z prędkością słońca. Wtedy zachodzi największa elongacya zachodnia w Z_1 , po której powtarza się szereg zjawisk w tej samej kolei, jak to właśnie opisaliśmy.

Ruch Wenery, jak widzimy z tego opisu, polega na pewnego rodzaju wahaniach, przy których planeta znajduje się to po jednej stronie słońca, to po drugiej, nie oddalając się od niego nigdy dalej, niż na 46 stopni.

Bardzo ciekawym faktem, na który szczególnie należy zwrócić uwagę, jest zmiana kierunku ruchu w bliskości połączenia dolnego, zmiana, jak zobaczymy, charakterystyczna też dla planet górnych. Cały ten okres, po którym planeta powraca do zupełnie podobnego położenia względem słońca, n. p. od połączenia górnego do następnego takiegoż połączenia, nazywa się okresem synodycznym ruchu planety. Dla planety Wenus wynosi on 584 dni.

Zupełnie podobne ruchy jak Wenus, odbywa druga dolna planeta, Merkury. Cała różnica polega na tem, że odległość Merkurego od słońca w największej elongacyi wynosi tylko 23 stopnie, odległość stanowisk od słońca wynosi 18 stopni, a okres synodyczny trwa dni 116.

Skutkiem takiego ruchu planet dolnych jest, iż widzialność ich ograniczona jest na stosunkowo krótką część doby. Merkury, który oddala się od słońca tylko na 23 stopnie, gdy znajduje się po zachodniej

stronie słońca, wschodzi wcześniej, aniżeli słońce, ale nigdy wcześniej, niż na $1\frac{1}{2}$ godziny przed niem; gdy zaś elongacya jego jest wschodnia, to znajduje się nad horyzontem jeszcze po zachodzie słońca i może być widziany, ale nie dłużej, niż przez $1\frac{1}{2}$ godziny. Ale jeżeli jeszcze uwzględnimy, że przynajmniej na godzinę przed wschodem słońca i na tyleż po zachodzie słońca trwa zmierzch, i że niebo w bliskości horyzontu nigdy nie bywa tak czyste, jak w większej od niego odległości, to nic dziwnego, że Merkury rzadko tylko bywa widzialny, i to przez bardzo krótki czas. Kopernik w swoim dziele przyznaje się, że opary Wisły, nad którą mieszkał, nie pozwoliły mu nigdy zobaczyć Merkurego.

Lepsze są warunki widzialności Wenery. Znacznie większa odległość od słońca, którą Wenus osiągać może, pozwala ją widzieć na blisko 4 godziny przed wschodem słońca i tyleż czasu po zachodzie słońca. Jest to planeta bardzo jasna, która, kiedy jest widzialną, zawsze zwraca na siebie uwagę wszystkich. Nazywają ją jutrzenką, kiedy na wschodniem niebie wyprzedza słońce, a gwiazdą wieczorną, kiedy zdobi niebo na zachodzie.

ROZDZIAŁ VIII.

Ruch planet górnych. Układ planetarny.

Jak już było zaznaczone, planety górne różnią się od dolnych tem, że mogą się na sklepieniu niebieskiem oddalać od słońca na dowolną odległość. Aby lepiej poznać w szczegółach ruchy planet górnych, weźmy pod uwagę jedną z nich, n. p. planetę Marsa.

Ruch prosty Marsa jest najszybszy wtedy, kiedy planeta ta znajduje się w połączeniu ze słońcem; ale i wówczas prędkość jej jest mniejsza, aniżeli prędkość słońca. Skutkiem tego słońce ją wyprzedza, i planeta oddala się coraz dalej na zachód. W miarę wzrastania odległości, prędkość planety maleje, i odległość jej od słońca wzrasta coraz szybciej.

W pewnej chwili, gdy odległość Marsa od słońca wynosi 136 stopni, zatrzymuje się on na chwilę zupełnie, a potem rozpoczyna ruch wsteczny, którego prędkość wzrasta i jest największa wówczas, gdy planeta znajduje się w opozycji ze słońcem. Od tej chwili prędkość się zmniejsza i znowu w odległości 136 stopni od słońca, po drugiej jego stronie, planeta się zatrzymuje na chwilę i zmienia kierunek ruchu na pro-

sty. Jest on początkowo bardzo powolny i, choć stopniowo staje się szybszym, nie osiąga nigdy szybkości słońca. Skutkiem tego słońce dogania teraz Marsa, który po opozycji przeszedł na stronę nieba wschodnią w stosunku do słońca, co sprawia wrażenie, że zbliża się on do słońca od strony wschodniej; wreszcie zachodzi znowu połączenie planety ze słońcem. Okres synodyczny Marsa wynosi 780 dni.

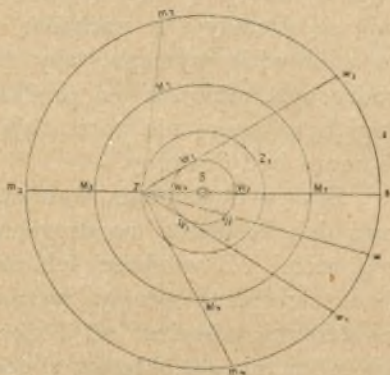
Z powodu zmiany kierunku ruchu w dwóch stanowiskach planety dolnej tworzy się na linii ruchu planety jakby pętlica, pośrodku której zachodzi połączenie dolne (ryc. 12). Taka sama pętlica tworzy się przy ruchu planet górnych, z tą różnicą, że pośrodku niej zachodzi opozycja, która u planet dolnych jest niemożliwa.

Wszystkie planety górne wykazują w swych ruchach cechy te same, co Mars, różnica polega tylko na różnej długości okresów synodycznych oraz odległości stanowisk od słońca. Tak na przykład dla Jowisza okres synodyczny wynosi 399 dni, a stanowiska przypadają w odległości 116 stopni od słońca, po jednej i drugiej stronie.

Skutkiem odmiennego charakteru ruchu także pod względem widzialności planety górne różnią się od dolnych. Ponieważ mogą się one oddalać od słońca na dowolną odległość, więc też, stosownie do tej odległości, we wszystkich godzinach nocy mogą być widziane. Gdy planeta górna znajduje się w opozycji, góruje ona, jak wiemy, wtedy, gdy słońce dołuje, t. j. o północy, i wtedy widzialna jest przez całą noc, od zachodu do wschodu słońca.

Według nauki Kopernika różnice pomiędzy planetami górnymi i dolnymi wyjaśniają się w sposób nadzwyczaj prosty, jak również i wszelkie szczegóły ruchu planet obu tych kategorii.

Jak wiemy, ziemia krąży po drodze zamkniętej ZZ_1 (ryc. 13) dookoła słońca S , umieszczonego wewnątrz tej drogi. Wyobraźmy sobie, że istnieje jeszcze inne ciało W , które krąży dookoła słońca, lecz którego droga $W_1 W_2 W_3$ w całości znajduje się wewnątrz drogi ziemi; założmy dalej, że to ciało w swej drodze biegnie z większą prędkością, aniżeli ziemia. Przypuśćmy dla prostoty, że ziemia stale znajduje



Ryc. 13.

się w punkcie Z , tak, że słońce, na które patrzymy w kierunku ZS , widzimy na sklepieniu niebieskiem w punkcie s . Gdy planeta znajduje się w punkcie W , widzialna jest na niebie w punkcie w i łuk ws stanowi jej elongację od słońca. Gdy planeta biegnie po swej drodze, widzialna jest z ziemi w coraz innym kierunku, a więc elongacja jej się zmienia. Ale nie może ona nigdy stać się większą, niż łuk sw_1 po jednej stronie słońca i łuk sw_3 po drugiej, które odpowiadają położeniom W_1 i W_3 planety w jej drodze. Gdy planeta znajduje się w punkcie W_2 , widzialna ona jest w tym

samym kierunku, co słońce; zachodzi wtedy połączenie górne. Połączenie dolne zachodzi wtedy, gdy planeta znajduje się w punkcie W_4 , gdyż wtedy również widzialna jest w tym samym kierunku, co słońce.

Widzimy więc, że w czasie jednego obiegu planety zajść muszą dwa połączenia ze słońcem i dwie największe elongacje, zachodnia i wschodnia. Ruch ziemi w jej drodze powoduje tylko to, iż okres tych zmian staje się dłuższy i że zachodzą stanowiska. Objasnienie stanowisk wymaga, aby prędkość ziemi w jej drodze była mniejsza od prędkości planety. Zresztą drogi bynajmniej nie potrzebują być kołami, kształt ich może być dowolny.

Z tego objaśnienia wynika, że Wenus i Merkury krążą dookoła słońca po drogach, leżących wewnątrz drogi ziemi. Z wielkości ich największych elongacji można w sposób prosty wyznaczyć ich prawdziwą przestrzenną odległość od słońca, w stosunku do odległości ziemi, a z okresów synodycznych — okres ich obiegu dookoła słońca. Z tych obliczeń okazuje się, że najbliżej słońca znajduje się Merkury, w odległości 0.4, następnie idzie Wenus w odległości 0.7, po niej zaś następuje ziemia, której odległość przyjmujemy za jednostkę. Okres obiegu Merkurego dookoła słońca wynosi 88 dni, Wenus 225 dni, ziemi zaś, jak wiemy, rok, który trwa 365 dni 5 godzin i 49 minut.

Ale ziemia nie jest najdalszą z planet. Wyobraźmy sobie jeszcze jedną planetę, krążącą dookoła słońca w większej odległości, niż ziemia, np. na kole $M_1 M_2 M_3$ (ryc. 13), w tym samym co ona kierunku, ale z mniejszą od ziemi prędkością.

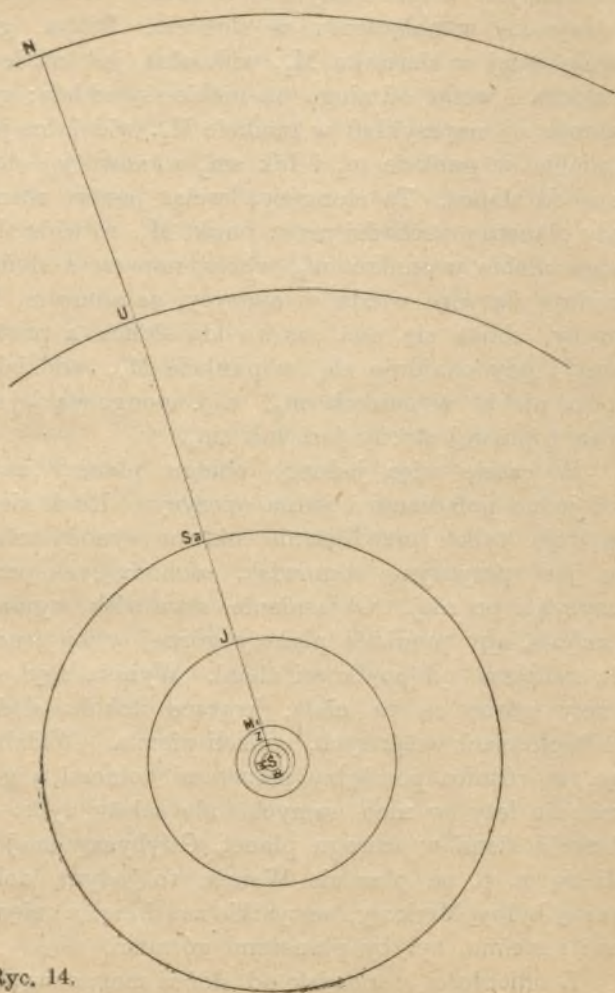
Dla prostoty przypuśćmy znowu, że ziemia stale

znajduje się w punkcie Z , a planeta przebiega całą swoją drogę. Gdy planeta znajduje się w punkcie M_1 , widzialna jest w tym samym kierunku, co słońce, t. j. znajduje się w połączeniu ze słońcem. Potem, gdy biegnie dalej w kierunku M_2 , widzialna jest na lewo od słońca i wciąż od niego na niebie się oddala; gdy znajduje się naprzykład w punkcie M_2 , widzialna jest na niebie w punkcie m_2 i łuk sm_2 stanowi jej elongację od słońca. Ta elongacja wciąż jeszcze rośnie, i gdy planeta przechodzi przez punkt M_3 , to widzialna jest na niebie w punkcie m_3 , wprost naprzeciw słońca. Znajduje się więc wtedy w opozycji ze słońcem. Po opozycji zbliża się ona znowu do słońca z prawej strony i gdy znajduje się w punkcie M_4 , widzialna jest na niebie w punkcie m_4 , t. j. elongacją jej od słońca z prawej strony jest łuk sm_4 .

W czasie więc jednego obiegu planety zajść musi jedno połączenie i jedna opozycja. Ruch ziemi powoduje tylko przedłużenie okresu synodycznego oraz jest przyczyną stanowisk, zachodzących przed opozycją i po niej. Objaśnienie stanowisk wymaga tu znowu, aby prędkość planety górnej w jej drodze była mniejsza od prędkości ziemi. Wynika stąd, że planety górne są to ciała, krążące dokoła słońca w odległościach większych, aniżeli ziemia. Widzimy więc, że różnica pomiędzy planetami dolnymi a górnymi nie leży w nich samych, ale zależy tylko od położenia ziemi w szeregu planet. Gdybyśmy znajdowali się n. p. na planecie Wenus, to jedyną dolną planetą byłby Merkury, wszystkie zaś inne, a między niemi i ziemia, byłyby planetami górnymi.

Z odległości stanowisk od słońca można wyzna-

czyć odległości od słońca planet górnych w stosunku do odległości ziemi, a z okresów synodycznych — okresy



Ryc. 14.

ich obiegu około słońca. Okazuje się, że następną planetą za ziemią jest Mars z odległością 1·5 i okresem obiegu 1·8 roku, dalej Jowisz, Saturn, Uran i Neptun, z odległościami 5·2, 9·5, 19·2, 30·1 i okresami obiegu 11·9, 29·5, 84·0 i 164·8 lat. Wszystkie drobne planety przypadają pomiędzy drogami Marsa a Jowisza, i okresy ich obiegu również są zawarte pomiędzy okresami obiegu tych dwóch planet.

Rycina 14. daje pewne wyobrażenie o postaci układu planetarnego. Dokół punktu S, który przedstawia słońce, widzimy zakreślonych 8 kół; z nich dwa największe podane są tylko częściowo z powodu ich zbyt wielkich rozmiarów. Koła te są to drogi kolejne planet: Merkurego (M), Wenery (W), Ziemi (Z), Marsa (M_1), Jowisza (J), Saturna (Sa), Urana (U) i Neptuna (N). O rozmiarach układu możemy mieć wyobrażenie stąd, że odległość ziemi od słońca, t. j. odcinek SZ, oznacza 150,000.000 kilometrów. Zresztą obraz układu, na ryc. 14 przedstawiony, nie jest dokładny, drogi planet bowiem nie są kołami, jak to zobaczymy, chociaż od kół tylko nieznacznie się różnią.

ROZDZIAŁ IX.

Droga księżyca. Odmiany księżyca.

Dotąd nie zajmowaliśmy się jeszcze jednym bardzo wybitnem zjawiskiem niebieskiem, które obok słońca najbardziej zwraca na siebie uwagę, mianowicie księżycem. Księżyc przez dawnych astronomów zaliczany był do szeregu planet, ponieważ zmienia on miejsce swe pośród gwiazd. Z punktu widzenia dzisiejszego, według którego planetami są tylko te ciała, które okrążają słońce, księżyc do planet nie należy, lecz zalicza się do całkiem odrębnej kategorii ciał niebieskich. Podobnie jak planety krążą dookoła słońca, tak samo krąży księżyc dookoła ziemi. Przeważna część planet posiada swoje księżyce, niekiedy nawet dosyć liczne; ziemia zaś posiada tylko jeden księżyc.

Obserwacye wykazują, iż ruch księżyca na niebie odbywa się w sposób zupełnie podobny, jak ruch pozorny słońca. Zakreśla on na niebie koło, nachylone względem ekliptyki, z którą tworzy kąt wielkości 5 stopni. Przebiega on tę drogę w okresie, wynoszącym blisko 27 dni i 8 godzin, który nazywa się miesiącem gwiazdowym. Ruch ten księżyca nie jest pozorny, jak ruch słońca, lecz rzeczywisty.

Droga księżycy przecina się z ekliptyką w dwóch punktach, leżących na niebie jeden naprzeciw drugiego, które nazywają się węzłami drogi księżycy. Ten z nich, w którym droga księżycy przechodzi na północną część nieba od ekliptyki, nazywa się węzłem wstępującym, ten zaś, w którym droga księżycy przechodzi na południe od ekliptyki, nazywa się zstępującym. Węzły te zmieniają swoje położenie na ekliptyce, mianowicie, przesuwają się w kierunku przeciwnym ruchowi księżycy, tak, że w przeciągu niespełna 19 lat przebiegają ekliptykę. Ruch ten nazywa się cofaniem węzłów księżycy i znajduje się w ścisłym związku z okresem zjawisk, znanych pod nazwą zaćmień, o których będzie mowa później.

Najbardziej uderzającym zjawiskiem, które natręcza księżyc, jest zmienność jego postaci, czyli tak zwane odmiany księżycy. Okres, w którym te zmiany zachodzą, nazywa się miesiącem synodycznym; jest on dłuższy od miesiąca gwiazdowego i trwa 29 dni i 13 godzin. Kiedy księżyc przedstawia nam się jako okrągła jasna tarcza, powiadamy, że jest pełnia księżycy; wtedy wschodzi on w chwili zachodu słońca, a zachodzi, gdy słońce wschodzi, a więc świeci przez całą noc.

Po pełni zaczyna się ubywanie księżycy, mianowicie z prawej strony tarczy brzeg przestaje być widzialny. Ta część niewidzialna zwiększa się z każdym dniem, a jednocześnie księżyc wschodzi coraz później po zachodzie słońca, a zachodzi w godzinach przedpołudniowych. Kiedy część jasna zmniejszy się do połowy, powiadamy, że jest ostatnia kwadra księżycy; wtedy księżyc wschodzi około północy a zachodzi około południa.

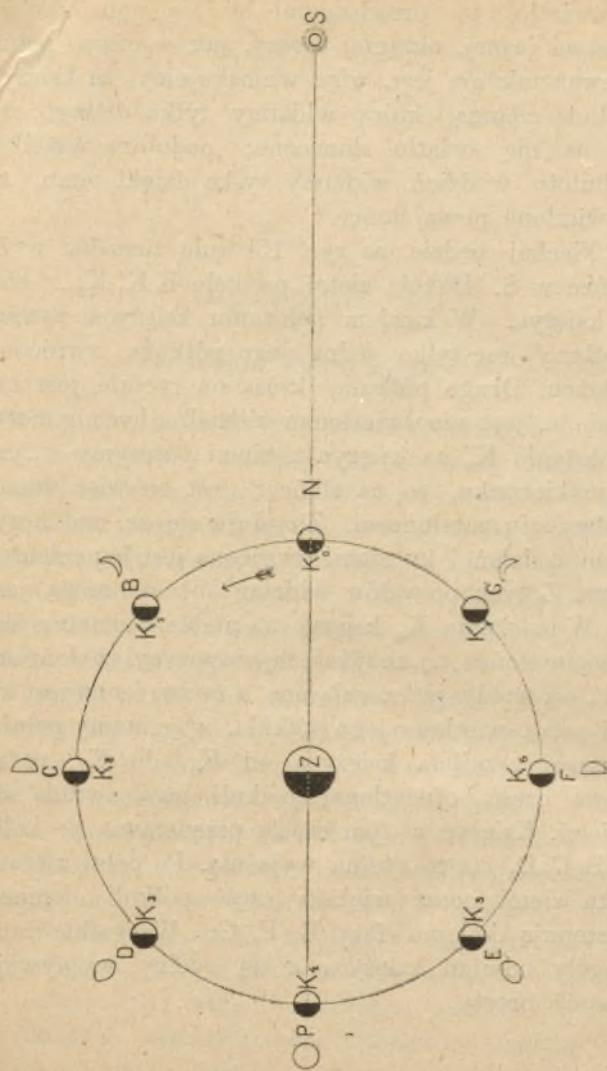
Po ostatniej kwadrze oświetlona część księżyca zmniejsza się w dalszym ciągu i przedstawia się w postaci sierpa, wypukłością zwróconego na lewo, jak u litery C; ukazuje się on wtedy na niebie krótko przed wschodem słońca, z którem równocześnie jest widzialny we dnie.

Wreszcie i ten wązki sierp księżyca znika, aby wkrótce potem ukazać się na nowo, ale już po przeciwniej stronie słońca i z wypukłością, zwróconą na prawo, jak wypukłość litery D. Sprawia to wrażenie, iż stary księżyc, który zniknął, odnawia się, i dlatego ta odmiana księżyca, kiedy jest on całkiem niewidzialny, nazywa się *n o w i e m*.

Po nowiu księżyc znajduje się blisko słońca na wschód od niego, i zachodzi wkrótce po słońcu, tak że tylko z wieczora krótko jest widzialny. Powoli księżyc wzrasta, i gdy oświetloną jest połowa tarczy księżyca po prawej stronie, powiadamy, że jest pierwsza kwadra; wtedy księżyc wschodzi około południa, a zachodzi około północy.

Po pierwszej kwadrze księżyc rośnie w dalszym ciągu, widzialny jest przez coraz dłuższą część nocy, aż w końcu znowu cała tarcza księżyca jest oświetlona i księżyc znajduje się w pełni. Nów, pierwsza kwadra, pełnia i ostatnia kwadra są to 4 główne odmiany, czyli fazy księżyca; pomiędzy każdą z nich upływa nieco więcej, niż tydzień. Fazy księżyca wykazują, jak z powyższego opisu wynika, ścisłą łączność z położeniem księżyca względem słońca: im większa jest odległość księżyca od słońca na niebie, tem większą też jest faza.

Na czem ta zależność polega, nie trudno wyjaśnić. Gdyby księżyc był kulą, posiadającą swoje wła-



Rye. 15.

sne światło, to przedstawiał by się nam zawsze w postaci jasnej, okrągłej tarczy, jak w czasie pełni. Ponieważ tak nie jest, więc wnioskujemy, że księżyc jest kulą ciemną, którą widzimy tylko dlatego, że pada na nią światło słoneczne; podobnie wszelkie przedmioty w dzień widzimy tylko dzięki temu, że są oświetlone przez słońce.

Niechaj będzie na ryc. 15. kula ziemiska w Z, a słońce w S. Dokoła ziemi po kole $KK_1K_2...$ biegnie księżyc. W każdym położeniu księżycy zawsze oświetlona jest tylko jedna jego półkula, zwrócona ku słońcu. Druga półkula, która na rycinie jest zaciemniona, jest nieoświetlona i widzialna być nie może. W położeniu K_0 na księżyc z ziemi patrzymy w tym samym kierunku, co na słońce; jest on więc wtedy w połączeniu ze słońcem. Znajduje się on nad horyzontem w dzień i ku ziemi zwrócona jest jego ciemna połowa. Z tych powodów widziany być nie może, jest now. W położeniu K_4 księżyc na niebie widzialny jest naprzeciw słońca, t.j. znajduje się w opozycyi ze słońcem. Świeci on wtedy przez całą noc, a że zwrócona jest ku ziemi cała oświetlona jego półkula, więc mamy pełnię. W czasie przejścia księżycy od K_0 do K_4 coraz większa część oświetlonej półkuli jego zwraca się ku ziemi. Księżyc w tym czasie przedstawia po kolei fazy B, C, D, jak to rycina wyjaśnia. Po pełni zwraca się ku ziemi coraz większa część półkuli ciemnej, i występują kolejno fazy E, F, G. Wszystkie inne szczegóły odmian księżycy z tej ryciny wypływają w sposób prosty.

ROZDZIAŁ X.

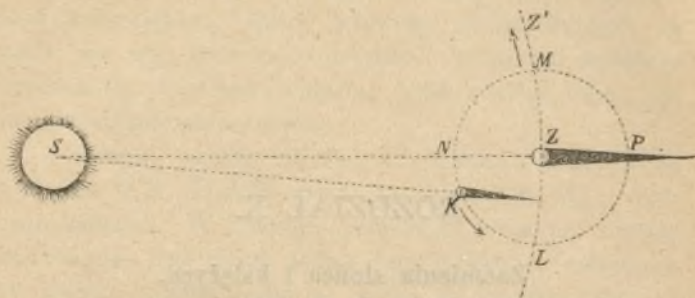
Zaćmienia słońca i księżyca.

Do bardzo ciekawych zjawisk, znanych i obserwowanych już w odległej starożytności, należą zaćmienia księżyca i słońca. W czasie zaćmienia księżyca tarcza księżyca traci swój zwykły blask i pokrywa się jakąś ciemno-rdzawą powłoką; w czasie zaćmienia słońca zakrywa je częściowo lub w całości okrągła ciemna tarcza, która przez pewien czas, zamiast jasnego słońca, widzialna jest na niebie.

Ażeby zjawisko zaćmienia słońca zrozumieć, przypatrzmy się ryc. 16. Widzimy na niej w punkcie S słońce, w punkcie Z ziemię i w punkcie K księżyc. Łuk ZZ¹ przedstawia część drogi ziemskiej, a koło PMNL drogę księżyca dokoła ziemi. Widzimy, że ziemia i księżyc, oświetlone z jednej strony przez słońce, rzucają po przeciwnej stronie cień w postaci stożka.

Wyobraźmy sobie, że [księżyc znajduje się nie w punkcie K, lecz w N, pomiędzy słońcem a ziemią; jak wiemy, w takim położeniu zachodzi zawsze nów księżyca. Stożek cienia księżyca, sięgając powierzchni ziemi, objąłby pewien jej obszar, do któ-

regoby promienie słoneczne nie docierały. Wewnątrz tego obszaru więc mieszkańcy nie widzieliby słońca,



Ryc. 16.

gdyż byłoby ono dla nich pokryte przez księżyc, t. j. zaćmione.

Przypuśćmy dalej, że księżyc, krążąc dookoła ziemi, znalazł się w punkcie P, a więc, z ziemi widziany, po przeciwnej stronie niż słońce; w takim położeniu księżyca zachodzi zawsze pełnia. Ale widzimy, że księżyc, znajdując się w P, byłby pogrążony wewnątrz stożka cienia ziemskiego; promienie słoneczne nie dochodziłyby do niego, a więc byłby zaćmiony.

W istocie zaćmienia słońca zachodzą zawsze w czasie nowiu, a zaćmienia księżyca w czasie pełni. Bardzo często jednak ani w czasie nowiu, ani w czasie pełni zaćmienia niema. Aby to wyjaśnić, musimy zwrócić uwagę, że rycina nasza nie przedstawia w sposób dokładny prawdziwego stanu rzeczy.

Wiemy, że płaszczyzna drogi księżyca jest do płaszczyzny ekliptyki nachylona, księżyc więc w ogólności nie znajduje się w płaszczyźnie ekliptyki, lecz

zwykle albo pod nią, albo ponad nią. W płaszczyźnie ekliptyki znajduje się tylko wtedy, kiedy przechodzi przez jeden ze swoich węzłów; wtedy więc tylko może zajść zaćmienie, jeżeli równocześnie wypada now lub pełnia księżyca.

Węzły księżyca, jak wiemy, stale zmieniają swe położenie na ekliptyce, ale co lat 19 powracają znów do tego samego położenia; jest to więc ruch peryodyczny. Wynika stąd, że i zaćmienia powtarzać się muszą w określonych odstępach czasu. W istocie taki okres zaćmień istnieje i wynosi 6585 dni czyli 18 lat i 11 dni. Okres ten, zwany *saros*, znany był już w starożytności kapłanom chaldejskim. Z pomocą tego okresu mogli oni zaćmienia z góry przepowiadać, naturalnie bez określenia jakichś bliższych szczegółów, n. p. dokładnego czasu lub miejsca, w którym zaćmienie widzialne będzie.

Dzisiaj dokładna znajomość ruchów słońca i księżyca oraz postaci i rozmiarów kuli ziemskiej pozwala na ściśle podanie wszelkich szczegółów zaćmienia dla każdego miejsca na powierzchni ziemi.

Jeżeli księżyc w całości pograża się w stożku cienia ziemskiego, to zaćmienie księżyca jest całkowite; jest ono przytem centralne, gdy księżyc przechodzi przez sam środek stożka cienia. Takie całkowite zaćmienie trwa najdłużej: księżyc zaćmiony być może przez całe 2 godziny.

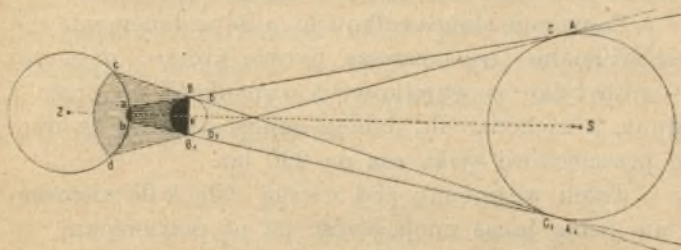
Gdy księżyc tylko częściowo pograża się w cieniu ziemi, a część jego oświetlona jest przez słońce, zaćmienie jest częściowe. Naturalnie zawsze gdy księżyc wkracza w stożek cienia, pograża się on w nim stopniowo; tak samo po zaćmieniu całkowitem stopniowo się

z niego wynurza. Przed każdym więc zaćmieniem całkowitem oraz po zaćmieniu całkowitem zawsze przez pewien czas księżyc jest zaćmiony częściowo. Gdy zaćmienie jest centralne, pomiędzy pierwszym zetknięciem się księżyca z cieniem ziemi a ostetecznem wyjściem z niego upływa przeszło $4\frac{1}{2}$ godzin. Jest to najdłuższy czas trwania zaćmienia księżyca w ogóle.

Zaćmienie księżyca widzialne jest zawsze na całej tej półkuli ziemi, która jest od słońca odwrócona. Ale ponieważ zaćmienie trwa często przez kilka godzin, a w tym czasie słońce zachodzi w wielu miejscowościach, w których znajdowało się jeszcze nad horyzontem, gdy zaćmienie się zaczynało, więc zaćmienie księżyca widzialne jest zawsze na obszarze, obejmującym więcej niż połowę powierzchni ziemi. Naturalnie na pograniczu tego obszaru zaćmienie widzialne jest tylko w części, t. j. albo tylko jego początek albo koniec. W pierwszym wypadku księżyc zachodzi, w drugim zaś wschodzi częściowo zaćmiony.

Nawet w czasie całkowitego zaćmienia księżyc nie ginie w zupełności dla naszych oczu, lecz przedstawia się jako ciemno - rdzawa tarcza. Jest to skutkiem działania atmosfery ziemskiej, która przechodzące przez nią promienie słoneczne odchyła w ten sposób, iż padają one częściowo na księżyc. Ponieważ atmosfera promienie słoneczne częściowo pochłania, a przepuszcza głównie promienie czerwone, które też padają na księżyc, więc stąd pochodzi czerwona barwa zaćmionego księżyca. Ta sama własność atmosfery jest powodem, iż w bliskości horyzontu, t. j. wkrótce po wschodzie lub zachodzie, słońce i księżyc posiadają barwę jaskrawo czerwoną.

Zaćmienie słońca całkowite zachodzi wtedy, gdy stożek pełnego cienia księżyca spotyka powierzchnię ziemi. Widzialne jest ono wewnątrz koła *ab* (ryc. 17).



Ryc. 17.

Prócz stożka pełnego cienia księżyc rzuca jeszcze za siebie stożek półcienia, do którego dochodzą promienie tylko od pewnej części tarczy słońca. Ten stożek półcienia obejmuje stożek pełnego cienia, i przekrój jego *cd* z powierzchnią ziemi jest znacznie większy, ale też w stosunku do rozmiarów ziemi nieznaczny. Dla obserwatora, znajdującego się w granicach koła *cd* tylko pewna część słońca zasłonięta jest przez księżyc, zachodzi więc tam zaćmienie częściowe.

Koło pełnego cienia i koło półcienia skutkiem ruchu księżyca i obrotu ziemi dokoła osi przesuwają się po powierzchni ziemi, tworząc na niej pas, w granicach którego zaćmienie jest widzialne. Pas zaćmienia całkowitego jest wąziutki, co najwyżej na 100 kilometrów szeroki, pas zaćmienia częściowego może mieć kilkaset kilometrów szerokości. Naturalnie, w pasie widzialności zaćmienie jest widzialne nie jednocześnie we wszystkich miejscach wewnątrz pasa, lecz

kolejno w miarę, jak stożek cienia księżyca ku coraz dalszym punktom pasa się przesuwa. Poza tym pasem, który obejmuje zawsze tylko niewielką część powierzchni ziemi, słońce świeci całkiem normalnie.

Zaćmienie słońca całkowite, o ile w danym miejscu jest widzialne, trwa zawsze bardzo krótko, najwyżej — i to tylko w wyjątkowych wypadkach — przez 7 minut, a zachodzi dla danego miejsca bardzo rzadko, bo przecięciowo tylko raz na 200 lat.

Jeżeli weźmiemy pod uwagę całą kulę ziemską, a nie jedną jakąś miejscowość na jej powierzchni, to zaćmienia słońca zdarzają się nawet częściej, niż zaćmienia księżyca: na dwa zaćmienia księżyca wypadają przecięciowo 3 zaćmienia słońca. Pomimo to zaćmienia księżyca mamy sposobność obserwować dosyć często, ponieważ, jak wiemy, widzialne one są zawsze na większej części kuli ziemskiej.

Astronomowie, dla których obserwacje zaćmień słońca mają nadzwyczaj ważne znaczenie, zmuszeni bywają udawać się w bardzo odległe kraje, często dzikie i odludne, aby tylko zaćmienie słońca zobaczyć.

Zaćmienia wogóle są zjawiskami dosyć częstymi. Co roku bywa ich conajmniej 2, ale najwyżej 7; najczęściej bywa ich 3 lub 4. Jeżeli w ciągu roku są 2 zaćmienia, to są to zaćmienia słońca, jeżeli jest ich 7, to 2 z nich są zaćmieniami księżyca, a 5 zaćmieniami słońca.

W czasie całkowitego zaćmienia słońca nigdy nie jest tak ciemno, jak w nocy, chociaż jasność zmniejsza się o tyle, że na niebie ukazują się większe gwiazdy. Pochodzi to stąd, że gdy tarcza księżyca

pokrywa słońce, ukazuje się otaczająca je korona, oraz wysokie słoneczne, czyli protuberancje.

Światło tych utworów słonecznych, o których później obszerniej będzie powiedziane, jest tak słabe, że w zwykłych warunkach na tle jasnego nieba nie są widzialne; pomimo to w czasie zaćmienia wysyłają tyle światła, że jest wtedy przynajmniej tak widno, jak w czasie pełni księżyca.

ROZDZIAŁ XI.

Kształt drogi ziemskiej. Prawa Keplera.

Wspomnieliśmy, że droga ziemi nie koniecznie musi być kołem, aby mógł powstać pozorny bieg słońca po ekliptyce. Tylko w takim razie droga ziemi byłaby kołem, gdyby odległość ziemi od słońca się nie zmieniała.

Jak wiadomo, ten sam przedmiot wydaje się nam większym lub mniejszym, zależnie od odległości, z której go widzimy. Balon olbrzymi, unoszący ze sobą kilku ludzi, wydaje się nam nie większym od dziecinnego balonika, gdy wzniesie się wysoko w górę.

Jeżeli z dwóch jednakowych przedmiotów jeden wydaje nam się dwa razy mniejszym od drugiego, to wnioskujemy, że znajduje się on dwa razy dalej.

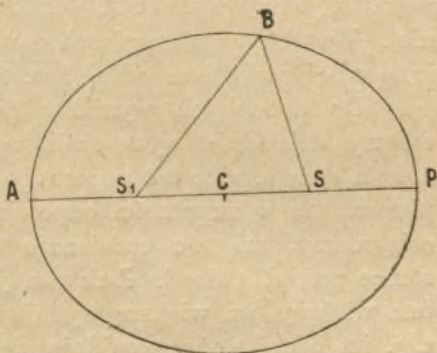
Zmiany wielkości słońca są tak niewielkie, że bez dokładnych pomiarów tych różnic nie dostrzegamy. Ale mierząc codziennie w ciągu roku tarczę słoneczną, przekonywamy się, że wielkość jej się zmienia. Z tego wynika, że zmienia się też odległość ziemi od słońca. Droga ziemi zatem kołem nie jest.

Ponieważ zmiany wielkości tarczy słońca nie są znaczne, więc i droga ziemi bardzo od koła się nie różni. Największa jest tarcza słońca w dniu 2 stycznia, wtedy więc ziemia znajduje się najbliżej słońca. Odległość ziemi odtąd codziennie wzrasta i staje się największą w pół roku później, t. j. 2 lipca. W dniu tym tarcza słoneczna wydaje się najmniejszą. Potem znowu odległość ziemi od słońca zmniejsza się aż do 2 go stycznia.

Droga ziemską jest zatem wydłużoną w tym kierunku, w którym słońce widzialne jest w dniach 2 stycznia i 2 lipca. Dokładniejsze badanie prowadzi do wniosku, że droga ziemi jest krzywą linią o pewnych określonych własnościach, która nosi nazwę elipsy.

Krzywa linia, wyobrażona na rycinie 18-tej, jest właśnie elipsą.

W elipsie na szczególne wyróżnienie zasługują 2 punkty S i S_1 , zwane ogniskami. Jedną z najciekawszych własności elipsy jest ta, że gdy na niej obierzemy dowolny punkt, n. p. B , i zmierzmy jego odległości od ognisk



Ryc. 18.

SB i S_1B , to te odległości razem wynoszą tyle, co odległość AP , największa, jaka między punktami elipsy zachodzi może.

Otóż droga ziemi jest elipsą, w której jednym ognisku S znajduje się słońce. Punkt drogi ziemi P, w którym znajduje się ona najbliżej słońca, nazywa się punktem przysłonecznym czyli perihelium, punkt zaś A, w którym znajduje się ona od słońca najdalej, nazywa się punktem odslonecznym czyli afelium. Prosta AP pomiędzy punktem przysłonecznym a odslonecznym jest to wielka oś drogi ziemskiej, a połowa tej wielkiej osi PC stanowi średnią odległość ziemi od słońca. Tę średnią odległość, która wynosi około 150,000.000 klm., w astronomii przyjmuje się za jednostkę; nazywa się ona jednostką planetarną.

Rzeczywista odległość ziemi od słońca różni się prawie zawsze od tej odległości średniej, ale nieznacznie. Najmniejsza odległość ziemi od słońca SP wynosi 0.98, a największa SA — 1.02 tej odległości średniej. W tych więc granicach zawierają się wszystkie inne odległości ziemi od słońca.

Do podobnych wyników dojdziemy, jeżeli będziemy dokładnie wyznaczali prędkość biegu ziemi dookoła słońca, albo też pozornego biegu słońca, który pierwszemu w zupełności odpowiada. Najprościej to osiągniemy, mierząc codziennie łuk, przebyty przez słońce pośród gwiazd. Łuk ten, jak się okazuje, jest tem większy, im większą wydaje się tarcza słoneczna, t. j. im bliżej słońca znajduje się ziemia. Znowu zatem największa jest prędkość ziemi w dniu 2 stycznia, najmniejsza zaś w dniu 2 lipca.

Istnieje więc związek pomiędzy odległością ziemi od słońca a prędkością jej biegu, ale nie jest on tak

prosty, jak związek pomiędzy tą odległością a wielkością pozorną tarczy słońca.

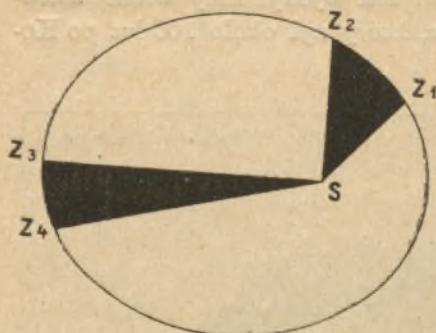
Podobnie jak prawdziwy kształt drogi ziemskiej, tak również i ten związek wykrył inny wielki astronom, Jan Kepler, który żył około 100 lat po Koperniku (ryc. 19).



Ryc. 19. Jan Kepler (1571–1630).

Związek ten wyjaśnia ryc. 20. Jeżeli ziemia znajduje się w jakimś punkcie swej drogi Z_1 , i poprowa-

dzimy od ziemi do słońca prostą $Z_1 S$, to nazywa się ona promieniem wodzącym. Gdy ziemia znajduje się w Z_2 , promieniem wodzącym ziemi



Ryc. 20.

jest prosta $Z_2 S$. — Przypuśćmy, że łuk $Z_1 Z_2$ ziemia przebiega w ciągu miesiąca, to wycinek $Z_1 S Z_2$, zakresłony czarno, przedstawia pole, zakresłone przez promień wodzący w ciągu miesiąca. Otóż Kepler wykazał, że ziemia

w swej elipsie biegnie w ten sposób, iż pola, które zakresła jej promień wodzący w równych czasach, są sobie równe. Jeżeli więc na przykład pole $Z_3 S Z_4$, równa się polu $Z_1 S Z_2$, to znaczy, że ziemia przebiega łuk $Z_3 Z_4$ w tym samym czasie co łuk $Z_1 Z_2$. Widzimy, że ten drugi łuk jest krótszy od pierwszego, a to dlatego, że odległość ziemi od słońca w punkcie Z_3 jest większa niż w Z_1 .

Te same wnioski Kepler rozszerzył też na inne planety, t. j. wykazał, że: 1) wszystkie planety krążą dookoła słońca w elipsach, których wspólnem ogniskiem jest słońce, 2) planety w swych drogach biegną w ten sposób, że ich promienie wodzące w równych czasach zakresłają równe pola.

Prócz tych dwóch doniosłych faktów Kepler znalazł jeszcze, iż pomiędzy średnią odległością planet

od słońca, a ich okresami obiegu, zachodzi ścisły związek, który pozwala wyznaczyć odległość, gdy znany jest okres obiegu.

Związek ten polega na tem, iż dla wszystkich planet sześcian z odległości średniej, wyrażonej w jednostkach planetarnych, równa się kwadratowi okresu obiegu, wyrażonemu w latach *).

Tak n. p. średnia odległość Jowisza wynosi 5.2, a sześcian tej liczby (t. j. $5.2 \times 5.2 \times 5.2$) jest 140. Okres obiegu Jowisza dokoła słońca wynosi 11.9 lat, kwadrat zaś tej liczby (t. j. 11.9×11.9) wynosi również 140. Te trzy prawdy, zwane prawami Keplera, mają znaczenie epokowe dla całej astronomii, i utorowały Newtonowi drogę do wykrycia najpowszechniejszego prawa przyrody.

Podobnie jak słońce jest środkiem układu, utworzonego przez planety, tak samo niektóre planety są znowu środkami układów drugiego rzędu, i ciała, które je okrążają, jak wiemy, nazywają się księżycami. Tylko planety dolne Merkury i Wenus księżyców nie posiadają. Z dalszych planet ziemia posiada jeden księżyc, Mars dwa, Jowisz ośm, Saturn dziesięć, Uran cztery i Neptun jeden.

Prawa Keplera, wykryte dla układu planetarnego, odnoszą się też do księżyców. Wszystkie one krążą

*) Kwadratem jakiejś liczby nazywa się iloczyn, który otrzymamy, jeżeli tę liczbę pomnożymy przez nią samą; jeżeli zaś kwadrat tej liczby pomnożymy przez nią samą, to iloczyn nazywa się sześcianem. Więc n. p. kwadratem liczby 2 jest $2 \times 2 = 4$, a sześcianem $4 \times 2 = 8$.

po drogach eliptycznych, których ogniskiem jest planeta, biegną ze stałą prędkością wycinkową, a w układach, gdzie jest więcej niż jeden księżyc, zachodzi też stały stosunek sześciannu średniej odległości do kwadratu okresu obiegu.

ROZDZIAŁ XII.

Ciążenie powszechne.

Według zasady bezwładności ciało, znajdujące się w ruchu, biedz musi z prędkością jednostajną po linii prostej, jeżeli nie podlega działaniu jakiejś siły, która zmienia kierunek i prędkość ruchu. Księżyc biegnie dokoła ziemi po drodze krzywej i z prędkością zmienną, a zatem istnieć musi siła, pod której działaniem ruch księżyca się odbywa.

Czemu księżyc nie odbiega od ziemi gdzieś w nieskończoność — była to przez długie wieki zagadka, równie trudna do rozwiązania, jak fakt, że ludzie wszędzie na ziemi na jej powierzchni utrzymywać się mogą i nie odpadają od niej gdzieś w przestworze. Tę ostatnią zagadkę, jak wiemy, rozwiązał Newton, który odkrył siłę ciężkości. Ale Newton nie poprzestał na tym doniosłym wniosku, lecz rozszerzył go do rozmiarów ogólnego prawa. Wskazał on, że przyciąganiu ziemi podlegają wszystkie ciała, jakakolwiek jest ich odległość, tylko natężenie tego przyciągania z odległością maleje, i to w ten sposób, że jeżeli odległość od środka ziemi wzrasta dwukrotnie, przycią-

ganie zmniejsza się czterokrotnie. Maleje ono w tym stosunku, jak wzrasta kwadrat z odległości. Jeżeli więc człowiek na powierzchni ziemi waży 80 klg., to gdyby znalazł się w odległości od powierzchni ziemi, równej promieniowi ziemskiemu, t.j. dwa razy tak daleko od jej środka, niż obecnie, to ważyłby cztery razy mniej, t.j. tylko 20 klg.

Skoro ziemia przyciąga wszystkie otaczające ją ciała, to Newton wywnioskował, że musi ona przyciągać i księżyc, i zapytał, w jaki sposób to przyciąganie musiałoby się objawiać. Jest faktem, że księżyc obiega dokoła ziemi swą drogą eliptyczną i towarzyszy ziemi w jej biegu dokoła słońca; a więc ziemia go trzyma przy sobie. Ale czemuż księżyc na ziemię nie spada, skoro go ona przyciąga, podobnie jak spada kamień, rzucony w górę?

Otóż ruch księżyca jest w istocie takim samem spadaniem, jak spadanie kamienia, ale nie kamienia, rzuconego prostopadle w górę, lecz rzuconego poziomo. Taki kamień, stopniowo zbliżając się do ziemi, zakresła krzywą linię, która nazywa się *parabolą* i pod wielu względami podobna jest do elipsy. Parabola w tych warunkach, w jakich znajduje się księżyc, stałaby się elipsą. Gdyby w pewnej chwili przyciąganie ziemi ustało, księżyc pomknąłby w przestwór po linii prostej i z prędkością stałą — zgodnie z zasadą bezwładności; przyciąganie ziemi zmusza go do coraz nowego zbaczania od kierunku ruchu, wskutek czego powstaje ruch na elipsie.

Skoro Newton udowodnił, iż ruch księżyca dokoła ziemi w zasadzie jest zjawiskiem tego samego rodzaju, co spadek ciał na ziemi, i że przyczyną jego

jest siła ciężkości, poszedł on w swoich wnioskowaniach jeszcze dalej.

Wiemy, że planety, a pośród nich ziemia, okrążają słońce w ten sam sposób, jak księżyc okrąża naszą ziemię. Skoro wiemy, że siła przyciągania ziemi zmusza księżyc do okrążania jej, to wnioskować musimy, że planety krążą dokoła słońca również dlatego, że są przyciągane przez słońce.

Siła przyciągania zatem nie tylko jest właściwością ziemi, ale i słońca, a tak samo i innych planet, skoro dokoła nich krążą księżyce, podobnie jak planety dokoła słońca.

Ostateczny wniosek, do którego doszedł Newton, był ten, że przyciąganie jest ogólną własnością wszystkich ciał, że każde z nich przyciąga każde inne siłą, odpowiadającą ilości zawartej w nim materii, czyli m a s i e.

Wszystkie zatem ruchy, które widzimy w naszym układzie słonecznym, są regulowane i utrzymywane przez to, iż wszystkie ciała tego układu wzajemnie się przyciągają. To wzajemne przyciąganie się ciał nazwał Newton ciążeniem powszechnem.

Jak wykazały badania późniejsze, prawo ciążenia powszechnego rozciąga się nie tylko na nasz układ słoneczny, ale sięga daleko poza jego granice: podlegają mu wszelkie ciała, gdziekolwiek w przestrzeni niezmięrzzonej się znajdują.

Odkrycie Kopernika, prawa Keplera i prawo ciążenia powszechnego Newtona stanowią trzy wielkie etapy w historii astronomii i stoją w ścisłym ze sobą związku. Kopernik zatrzymał słońce i uruchomił

ziemię, zaliczając ją do szeregu towarzyszek planet, podobnie jak ona okrążających słońce. Kepler wyznaczył dokładną postać dróg planetarnych i w ruchach ich wynalazł wspólne cechy, oraz harmonijną łączność, która wskazywała, iż ruchami tymi rządzi jakieś prawo ogólniejsze. Newton wykrył to prawo, znalazł siły, od których te ruchy zależą, i wyjaśnił, dlaczego ruchy te tak odbywać się muszą, jak to Kepler wykazał.

Układ słoneczny stał się w ten sposób nietylko całością geometryczną, ale wielką machiną, w której wszystkie części wzajemnie ze sobą się zestrzajają. Należy głęboko wniknąć myślą w ten misterny splot zjawisk, który przedstawia nam układ słoneczny, ażeby ustały wszelkie wątpliwości co do prawdziwości tych wielkich odkryć.

ROZDZIAŁ XIII.

Odległość słońca. Kształt i rozmiary ziemi. Metr.

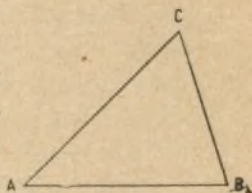
Ponieważ okres obiegu planet dokoła słońca z łatwością ze spostrzeżeń określić można, więc trzecie prawo Keplera daje nam prosty sposób do wyrażania średnich odległości planet od słońca w jednostkach planetarnych. Wiedząc dalej, że odległość średnia ziemi od słońca wynosi około 150,000.000 kilometrów, możemy też odległość innych planet od słońca w kilometrach wyrazić.

Ale skąd wiemy, ile kilometrów ma jednostka planetarna? Jakim sposobem można było wymierzyć odległość ziemi od słońca, skoro na słońce udać się nie jesteśmy w stanie?

Otóż niema w tem nic dziwnego. Przecież i na ziemi często mamy do czynienia z zadaniami podobnemi, gdy trzeba naprzykład wymierzyć odległość jakiegoś przedmiotu niedostępnego, określić wysokość góry bez wchodzenia na jej szczyt i t. p.

W tym celu, jeżeli n. p. O jest takim przedmiotem niedostępnym (ryc. 21), obiera się 2 inne punkty dostępne A i B, których odległość AB, czyli p o d s t a w ę

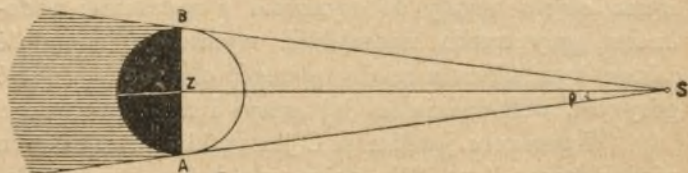
można wymierzyć wprost jakąś znaną miarą długości, Potem z punktu A i B celuje się ku punktowi C. przez co określa się kąty przy A i B. Te wielkości, jak uczy geometrya, wystarczają całkowicie, ażeby odległość przedmiotu C od punktów A lub B określić, oraz kąt C, utworzony przez kierunki od przedmiotu C do punktów A i B.



Ryc. 21.

Pomimo, że zasada pomiaru jest tak prosta, zagadnienie staje się trudnem, jeżeli podstawa jest bardzo mała w stosunku do poszukiwanej odległości. Wtedy dwie proste, poprowadzone do niedostępnego punktu, są prawie równoległe, a kąt między nimi nadzwyczaj mały.

W takich warunkach znajdujemy się na ziemi, jeżeli chcemy wyznaczyć odległość słońca. Nie jesteśmy w stanie opuścić ziemi, największą więc podstawą, jaką do tego celu zużytkować możemy, jest średnica ziemi. Jeżeli wyobrazimy sobie dwóch ludzi, umieszczonych na dwóch końcach średnicy ziemskiej w A i B (ryc. 22), i celujących ku słońcu S, to dwie proste AS i BS, skierowane ku słońcu, tworzą kąt



Ryc. 22.

przy S tak mały, że z trudnością tylko wymierzony być może. Świadczy to o tem, iż rozmiary ziemi w stosunku do odległości słońca są nadzwyczaj małe. Jeżeli wyobrazimy sobie, że znajdujemy się na słońcu i zmierzmy tam średnicę tarczy ziemskiej, to będzie to właśnie kąt, jaki tworzą ze sobą proste, poprowadzone z dwóch końców średnicy ziemi do słońca. Połowa tego kąta p , nazywa się **paralak s ą s łońca**. Jest to więc kąt, pod którym ze słońca widać promień kuli ziemskiej A Z.

Nadzwyczajna małość tej paralaksy była powodem, iż do jej wyznaczenia stosowano sposoby pośrednie, które ostatecznie doprowadziły do pożądanego wyniku. Okazało się, że odległość słońca od ziemi równa się 23.985 promieniom kuli ziemskiej.

W ten sposób jednostka planetarna wyrażona została przez jednostkę mniejszych rozmiarów — promień ziemi, i stała się ona dla nas przez to zrozumialszą, ponieważ kula ziemską jest miejscem naszego zamieszkania i wymierzenie jej rozmiarów wydaje się rzeczą łatwiejszą i do wykonania możliwą.

W istocie zadanie to do łatwych bynajmniej nie należy. Promienia ziemskiego bezpośrednio wymierzyć nie możemy, ponieważ musielibyśmy w tym celu chyba wywiercić dziurę, sięgającą aż do środka ziemi. Ale jest to niepotrzebne, wiadomo bowiem, że ażeby znaleźć promień kuli, wystarczy, gdy zmierzmy jej obwód. Chodziłoby zatem o wymierzenie obwodu kuli ziemskiej, a przynajmniej jakiejś znanej jego części. Otóż istnieje specjalna nauka, zwana **geodezyą**, której celem głównym jest określenie prawdziwego kształtu i prawdziwych rozmiarów ziemi.

Mówiliśmy, że ziemia jest kulą. Czy jest to możliwe, skoro wiemy, że powierzchnia ziemi nie jest gładka i równa, lecz piętrzą się na niej olbrzymie łańcuchy górskie, głębokie jary wdzierają się w jej wnętrze, a morza i oceany układają się daleko niżej od okalających je wybrzeży? W istocie jednak te nierówności powierzchni ziemi są znikome w stosunku do jej rozmiarów. Skorupa jaja jest też chropowata i nierówna, a jednakże na kształt jaja ta chropowatość nie wpływa zupełnie. Otóż w stosunku do rozmiarów ziemi największe jej nierówności mniej znaczą, aniżeli nierówności skorupy jaja. Gdybyśmy mogli oglądać ziemię choćby z tej odległości, z której widzimy księżyc, ziemia wydałaby się okrągłą tarczą o zupełnie równych brzegach, podobnie jak nam się przedstawia tarcza księżyca, chociaż i na nim, jak obserwacya wykazuje, olbrzymie piętrzą się góry.

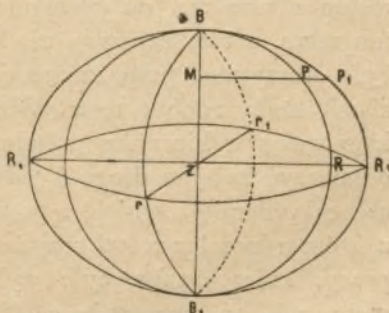
Można więc, określając rozmiary ziemi, nie zważać na wszystkie nierówności jej powierzchni. Pomiarzy ziemi, przedsiębranę przez wszystkie cywilizowane kraje, wykazały, iż ziemia wprawdzie ma kształt bardzo do kuli zbliżony, ale że ściśle kulą nie jest. Średnica jej, łącząca dwa bieguny, jest nieco krótsza, aniżeli średnica jej równika. Pierwsza ma długość 12.712 klm., druga zaś 12.754 klm. Różnica 42 klm. w stosunku do wielkości tych średnic jest tak mała, iż gdybyśmy wyobrazili ziemię w postaci kuli o średnicy 30 ctm., to różnica między średnicą najdłuższą a najkrótszą wynosiłaby zaledwie jeden milimetr, a więc nawet dostrzeżoną by być nie mogła. Dlatego to, pomimo spłaszczenia ziemi u biegunów, tak zwane globusy,

za pomocą których uzmysławiamy sobie ziemię, mają zawsze postać dokładnej kuli.

To spłaszczenie ziemi u biegunów i wypukłość jej na równiku jest skutkiem ruchu wirowego ziemi, i stanowi bardzo przekonywający dowód tego ruchu.

Przy wszelkim ruchu wirowym powstaje t. zw. siła odśrodkowa, która dąży do oddalenia częścieczek, wirującego ciała od osi. Tak n. p. chłopiec, stojący na karuzeli, przechyla się w kierunku osi obrotu, gdyż w przeciwnym razie przez siłę odśrodkową zostałby odrzucony nazewnątrz. Natężenie siły odśrodkowej jest tem większe, im dalej od osi obrotu znajduje się ciało.

Jeżeli weźmiemy pod uwagę różne części powierzchni ziemi, to najdalej od osi znajdują się punkty równika ziemskiego ZR (ryc. 23); w miarę zaś, jak zbliżamy się do biegunów B i B_1 , odległość ta maleje; n. p. w punkcie P odległość od osi jest MP , mniejsza niż ZR . Bieguny zaś przypadają już na samej osi. Dlatego to działaniu siły odśrodkowej najsilniej ulegają punkty ziemi, leżące na równiku,



Ryc. 23.

i te są najbardziej od osi obrotu oddalone. Odsunięcie od osi na równiku wynosi RR_1 , w punkcie zaś P tylko PP_1 . Wpływ siły odśrodkowej ustaje całkowicie u biegunów. Widzimy więc, że skoro ziemia ruch wirowy

posiada, musiał się też wytworzyć kształt spłaszczony $BP_1R_1B_1$, jaki stwierdziły dokładne pomiary ziemi.

Pomiar ziemi, jak widzimy, doprowadził do wniosku, że obwód jej nie jest jednakowy we wszystkich kierunkach; największy jest obwód równika $R_1rR_1r_1$, najmniejszy zaś obwód południków, n. p. BrB_1r_1 . Tę ostatnią przyjęto za podstawę do określenia jednostki długości, zwanej metrem.

Podzielono mianowicie ćwierć południka ziemi Br na 10 milionów równych części i metrem nazywano właśnie jedną taką część. Tysiąc metrów stanowi jeden kilometr. W ten sposób ćwierć południka ziemskiego ma 10.000 klm., a cały obwód ziemi 40.000 kilometrów.

Każdy zapewne wie, czym jest metr, gdyż w życiu praktycznem, jeżeli chodzi o pomiar długości, ciągle z nim ma do czynienia. Ale skąd się wziął ten metr, o tem zapewne nie każdy pomyślał. Trzeba było olbrzymich prac, zmierzających do pomiaru całej ziemi, ażeby zdobyć metr. Wiemy teraz, że trzebaby, idąc wciąż w kierunku południka, 40 milionów razy odmierzyć kolejno długość jednego metra, ażeby opasać całą ziemię i wrócić z powrotem do tego miejsca, z którego pomiar został rozpoczęty. Dzięki tej wielkiej pracy, którą trzeba było wykonać, ażeby otrzymać metr, ma on znaczenie całkiem wyjątkowe pośród innych jednostek długości: jest on miarą przyrodniczą i niezmienną, a gdyby zginął, wielkość jego będzie mogła być otrzymana zawsze, póki istnieć będzie ziemia w swojej dotychczasowej postaci.

Określiwszy wielkość promienia ziemskiego w metrach albo kilometrach, możemy też z łatwością w tych

jednostkach wyrazić każdą inną długość, jeżeli ona jest podana w promieniach ziemi. Widzieliśmy, że jednostka planetarna wyraża się liczbą 23.985 promieni równika ziemskiego, że zaś promień ten wynosi 6.337 klm., więc, mnożąc te dwie liczby przez siebie, otrzymamy długość jednostki planetarnej, wyrażoną w kilometrach. Liczba ta wynosi 149 481.000, i z dostatecznem przybliżeniem mówić możemy, jak to już poprzednio czyniliśmy, że odległość ziemi od słońca wynosi około 150 milionów kilometrów. Ponieważ droga ziemi dokoła słońca nie jest kołem, lecz elipsą, więc odległość ziemi od słońca zmienia się w niewielkich granicach od 146 do 152 milionów kilometrów.

ROZDZIAŁ XIV.

Odległość księżyca. Rozmiary księżyca i słońca.

Wyraziliśmy poprzednio (rozdz. VIII) odległości wszystkich planet od słońca w jednostkach planetarnych, a z pomocą elementarnych reguł geometrycznych możemy też w tych samych jednostkach wyrazić odległość ich od ziemi. Wiedząc, czemu równa się jednostka planetarna, możemy teraz odległość ziemi od jakiegokolwiek planety w każdej chwili obliczyć i podać w kilometrach. Jeżeli drogę Neptuna przyjmiemy za granicę układu planetarnego, to, ponieważ średnia odległość Neptuna od słońca wynosi 30 jednostek planetarnych, otrzymamy 9.000 milionów klm. dla średnicy układu planetarnego. Ażeby zdać sobie sprawę z tych olbrzymich rozmiarów, przypuśćmy, że najszybszym pociągiem, przebiegającym 100 klm. na godzinę, dążymy ku słońcu. Otóż, aby dotrzeć do słońca, trzeba by jechać bez przerwy dniem i nocą przez 170 lat, ażeby zaś przejechać cały układ planetarny od krańca do krańca, trzeba by znajdować się w drodze 10.200 lat. Są to liczby, które z łatwością dadzą się wysłować, ale trudno je sobie wyobrazić.

Pomimo takiego ogromu, cały nasz układ słoneczny w stosunku do odległości gwiazd jest wielkością prawie znikomą, gdyż, jak zobaczymy, do wielu z nich już nie pociąg kolejowy, ale promień światła, który przebiega na sekundę 300.000 klm., tysiące lat biedzby musiał.

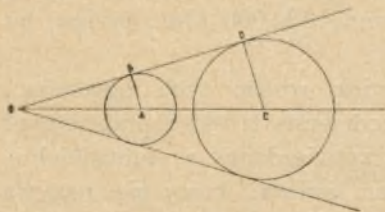
Czemże jest człowiek wobec tych ogromów? czem wszystkie jego codzienne troski i pragnienia? A jednakże człowiek, przytwierdzony i nierozdzielnie związany z tym pyłkiem świata, który się nazywa ziemią, potęgą swojej myśli potrafił się otrząść od złudzeń, stawiających go w środku świata na czele stworzenia, i zrozumieć prawdziwy swój stosunek do otaczających go zjawisk. I na tem właśnie polega prawdziwa wielkość człowieka.

Najbliższym towarzyszem ziemi jest księżyc. Chcąc wyznaczyć jego odległość, możemy już bez wielkich trudności korzystać z tej jedynej podstawy mierzenia, jaką jest średnica ziemi, i wyznaczyć, podobnie jak dla słońca, kąt, pod którym z księżycą widzialny jest promień kuli ziemskiej, czyli paralaksę księżycą. Kąt ten wynosi prawie jeden stopień i zmienia się w niewielkich granicach wskutek eliptycznego kształtu drogi księżycą. Łatwo obliczyć, że odległość średnia księżycą, odpowiadająca wyżej wymienionej paralaksie, wynosi 60 promieni ziemskich, czyli 384.000 klm.; odległość prawdziwa w ciągu miesiąca zmienia się od 357 do 410 tysięcy kilometrów.

Jeżeli znana jest odległość jakiegoś przedmiotu, to na podstawie tej wielkości, w jakiej nam się on przedstawia, można obliczyć jego wielkość rzeczywistą.

Należy zauważyć, że jeżeli mamy dwie kule

(ryc. 24), z których jedna posiada promień CD dwa razy większy, niż druga AB , to objętość jej jest ośmiu razy większa; jeżeli n. p. kula A przedstawia na-



Ryc. 24.

czynnie, mieszczące litr wody, to w kuli C pomieściłoby się 8 litrów wody. Pomimo to, widziane z punktu O , obie kule wydawałyby się jednakowo wielkimi, gdyż kąt przy O , pod któ-

rym obie kule są widziane, jest wspólny. Wynika stąd, że odległość OC kuli C jest 2 razy większa, niż odległość OA kuli A . Odwrotnie można też powiedzieć, że jeżeli 2 kule wydają się nam jednakowo wielkimi, a wiadomo, że jedna znajduje się dwa razy dalej, niż druga, to średnica pierwszej kuli jest też 2 razy większa, a objętość 8 razy większa, niż średnica i objętość drugiej kuli.

Księżyc i słońce widzimy na niebie jako tarcze jednakowej prawie wielkości, i moglibyśmy przypuszczać, że i wielkością rzeczywistą dwa te ciała niebieskie mało się różnią od siebie, gdybyśmy nie wiedzieli, jak różna jest odległość, która nas od nich dzieli. Księżyc znajduje się w odległości 60 promieni kuli ziemskiej od nas, słońce zaś w odległości 23.985 tychże promieni, t. j. 400 razy dalej, niż księżyc. Średnica słońca więc w rzeczywistości tyleż razy w przybliżeniu większa jest od średnicy księżyca. Wynika stąd dalej, że objętość słońca około 64 milionów razy jest większa od objętości księżyca; tyle więc takich

drobnych kul, jak księżyc, pomieścić by można w jednej kuli słonecznej. Gdybyśmy wyobrazili sobie księżyc w postaci ziarnka prosa, to słońce należałoby sobie wyobrazić w postaci kuli, mieszczącej 35 litrów owego prosa.

Jakiż jest stosunek tych dwóch ciał niebieskich do naszej kuli ziemskiej? Promień kuli ziemskiej, widziany z księżyca, czyli paralaksa księżyca, jest prawie 3·7 razy większy, niż promień tarczy księżyca, widziany z ziemi. Wypływa stąd, że ziemia jest kulą prawie 50 razy tak wielką, jak księżyc. Z drugiej strony promień tarczy słońca, widziany z ziemi, jest 109 razy tak wielki, jak promień kuli ziemskiej, widziany ze słońca, czyli paralaksa słońca; wynika stąd, iż kula słoneczna pomieścić by mogła w sobie 1,310.000 takich kul, jak nasza ziemia. Chcąc objętość słońca wyrazić w znanych miarach objętości, n. p. w kilometrach sześciennych, trzeba by napisać liczbę o 19 znakach dziesiętnych, której wysłowienie nastroczałoby już pewną trudność.

Aczkolwiek olbrzymie rozmiary słońca, o których nam mówią badania astronomiczne, w podziw wprowadzać nas mogą, to jednakże przez nie dopiero staje się nam zrozumiałą ta potęga słońca, zda się niewyczerpana, która tak szczerze przez niezliczone wieki obdarza ziemię błogiem ciepłem, niezbędnem dla wszelkiego życia na ziemi, dla wszelkich zmian, jakie na ziemi zachodzą. A nie trzeba zapominać, że w układzie słonecznym ziemia jest tylko drobiazgiem, na który przypada zaledwie drobniutka cząsteczka siły życiodajnej słońca, że czerpią z niego światło i ciepło w większej lub mniejszej ilości wszystkie okružające je planety i księżyce tych planet -- wszystkie

ciała układu, które same są ciemne i zimne, a dla nas widzialne tylko dzięki temu, że odbijają ku nam padające na nie promienie słońca. Ale o wiele większa ilość tych promieni słonecznych uchodzi w przestrzeń nieograniczoną wszechświata i dla układu planetarnego jest bezpowrotnie stracona.

ROZDZIAŁ XV.

Masa i średnia gęstość ciał niebieskich.

Jeżeli dla umysłu, niewtajemniczonego w metody badania naukowego, już dziwnem i prawie niepojętem wydaje się, że można mierzyć odległość tak dalekich ciał niebieskich, jak księżyc, słońce lub planety, oraz określać prawdziwe ich rozmiary, to bardziej jeszcze może się wydać nieprawdopodobnem, gdy powiemy, że te ciała niebieskie astronomowie umieli nawet zważyć.

Wiemy, czym jest ciężar jakiegoś ciała na ziemi: jest to opór, który trzeba przewycieżyć, ażeby równoważyć przyciąganie, wywierane przez ziemię na to ciało. Wyobraźmy sobie wagę i na jednej szali umieszczony jakiś przedmiot, który chcemy zważyć. W tym celu kładziemy na drugiej szali jakiś ciężar, który przeciwdziała przyciąganiu ziemi, wywieranemu na ciało, które ważymy. Ale przypuśćmy na chwilę, że działanie ziemi całkowicie ustało; wówczas ciało, nie będąc przyciągane przez ziemię, straciłoby swój ciężar. Jednakowoż poza tem pozostałoby ono ciałem,

jakiem było przedtem, i moglibyśmy je sobie wyobrazić zawieszonem w przestrzeni, w dali od wszelkich innych ciał tak, że działanie przyciągające ich nie mogłoby się ujawnić. To coś, co jest niezmiennie z każdym ciałem związane i, co w razie istnienia innych ciał objawia się przez wzajemne ich ciążenie ku sobie, nazywa się *masą ciała*.

Masy ciał można mierzyć tak samo, jak się mierzy ich rozmiary, objętość i t. p. Wyobraźmy sobie sześcian, mający długość, szerokość i wysokość, równą setnej części metra, czyli centymetrowi, to objętość tego sześcianu wynosi 1 ctm. sześcienny. Jeżeli naczynko, mieszczące w sobie centymetr sześcienny, zostało napelnione wodą, to masa wody, zawartej w tym naczynku, nazywa się *gramem*. Gram jest więc jednostką masy. Większa jednostka masy, zwana *kilogramem*, równa się 1000 gramom: jest to masa wody, zawarta w objętości decymetra sześciennego, którą nazywamy *litrem*. Jeżeli zamiast wody weźmiemy jakąś inną ciecz, n. p. spirytus, to w tej samej objętości masa spirytusu jest mniejsza, aniżeli wody, a przekonać się o tem możemy, porównywając ich ciężar. Ciężarem bowiem litra wody jest natężenie, z jakim tę wodę przyciąga ziemia. Ponieważ litr spirytusu waży mniej, niż litr wody, więc i masa jego jest mniejsza.

Pomiędzy masą a ciężarem zachodzi ścisły związek, i dlatego gram i kilogram są jednocześnie jednostkami masy i ciężaru.

Aby zrozumieć różnicę, jaka zachodzi pomiędzy masą i ciężarem, należy tylko pamiętać, że ciężar zależy od natężenia, z jakim ciało jest przycią-

gane, a nateżenie to zależy od masy ciała przyciągającego. Moglibyśmy sobie zatem wystawić, że litr wody, mający masę kilograma, przeniesiony został na jakieś inne ciało niebieskie, które przyciąga ciała, znajdujące się na jego powierzchni, słabiej niż ziemia; ważył by on tam zatem mniej, niż na powierzchni ziemi. Ale drugi wniosek, stąd wypływający, byłby ten, że masa tego ciała niebieskiego jest mniejsza od masy ziemskiej. W istocie n. p. na księżycu litr wody ważyłby zamiast kilograma, jak na ziemi, tylko 170 gramów, t. j. sześć razy mniej; człowiek, ważący na ziemi 60 kilogramów, na księżycu byłby tak lekkim, jak dziecko na ziemi, ważyłby zaledwie 10 kg. Na słońcu zaś odwrotnie ten sam człowiek ważyłby przeszło 1600 kg., to jest 27 razy tyle, co na ziemi.

Nie możemy jednakże jeszcze na podstawie tych liczb powiedzieć, że masa księżyca jest sześć razy mniejsza od masy ziemi, a masa słońca 27 razy od niej większa! Tylko w takim razie moglibyśmy to powiedzieć, gdyby rozmiary tych trzech ciał były jednakowe. Tymczasem przyciąganie kuli zachodzi w ten sposób, jak gdyby cała jej masa była skupiona w środku, a słabnie ono szybko, gdy odległość od środka się zwiększa. Ponieważ księżyc jest mniejszy od ziemi, więc masa jego, obliczona z ciężaru ciał na jego powierzchni, byłaby za wielka, masa zaś słońca za mała.

Zobaczymy wkrótce, jaką ta masa jest w istocie, a teraz zapytajmy, w jaki sposób zdołaliśmy się dowiedzieć o tem, ile jakieś ciało waży na słońcu

lub księżycu, skorośmy tam nigdy nie byli i tego ciała zważyć nie mogli?

Nateżenie przyciągania, jak stwierdzają badania, może być zmierzone przyspieszeniem, któremu podlega ruch ciała, spadającego pionowo, w jakiejś jednostce czasu. Na ziemi, jak wiadomo, ciało spadające z tem większą prędkością zbliża się ku ziemi, z im większej wysokości zostało opuszczone; w każdej sekundzie prędkość spadania powiększa się o 9·8 metrów. Gdyby masa ziemi była dwa razy większa, przyspieszenie to również byłoby dwa razy większe i t. d. Ponieważ nateżenie przyciągania zmniejsza się, gdy odległość wzrasta, więc oczywiście i przyspieszenie spadku ciał w większej odległości od ziemi miałyby wartość mniejszą, ale zawsze dokładnie określoną. Widzimy więc, że w celu określenia masy ciała nie potrzebujemy go koniecznie ważyć; wystarczy, jeżeli określimy przyspieszenie, jakiemu ulega spadające nań ciało, znajdujące się od niego w znanej odległości.

Wiemy już, że ruch księżyca dookoła ziemi jest w istocie zjawiskiem, równoznacznem ze spadaniem księżyca na ziemię. Tak samo zapatrywać się trzeba na ruch planet dookoła słońca. Prędkość tego spadania łatwo określić, znając okres obiegu księżyca i odległość jego od ziemi, a dla jakiejś planety te same dane w stosunku do słońca. Znając zaś tę prędkość, z łatwością też wyznacza się nateżenie przyciągania.

Z takich badań wynika, że przy równych odległościach słońce przyciąga dane ciało 333.400 razy silniej, aniżeli ziemia; znaczy to, że masa słońca jest tyleż razy większa od masy ziemskiej. W podobny

sposób znaleziono, że masa księżyca jest 81 razy mniejsza od masy ziemskiej. Nieco odmiennemi drogami można dojść też do poznania mas planetarnych.

Gdybyśmy chcieli wyrazić masy ciał niebieskich w znanych nam jednostkach masy, n. p. w kilogramach, należałoby w tym celu przedewszystkiem podać masę ziemi w kilogramach; znając zaś stosunek masy słońca n. p. do masy ziemskiej, z łatwością też i masę słońca w kilogramach obliczyćbyśmy mogli.

Czy więc jest rzeczą możliwą masę ziemi w kilogramach wyrazić? Wiemy, iż ciała jednakowej objętości mogą ważyć rozmaicie; n. p. litr rtęci jest $13\frac{1}{2}$ raza cięższy od litra wody, a kawałek żelaza lub ołowiu jest kilkanaście razy cięższy od takiego samego kawałka drzewa. Zależy to od tak zwanego ciężaru gatunkowego ciał. Ciężarem gatunkowym jakiegoś ciała nazywa się liczba, która wyraża, ile razy ciężar jego jest większy od ciężaru wody tej samej objętości. Znając objętość ciała i jego ciężar gatunkowy, można z łatwością jego ciężar rzeczywisty obliczyć; należy tylko objętość wyrazić w decymetrach sześciennych lub litrach i otrzymaną liczbę przez ciężar gatunkowy pomnożyć, aby otrzymać ciężar rzeczywisty w kilogramach.

Rozmiary ziemi znamy, możemy więc wyrazić jej objętość w decymetrach sześciennych. Aby otrzymać jej masę w kilogramach, należy pomnożyć liczbę powyższą przez ciężar gatunkowy ziemi. Ale co należy rozumieć przez ciężar gatunkowy ziemi? Wiemy, że składa się ona z ciał rozmaitych, i to nawet w warstwach zewnętrznych, czyli skorupie ziemskiej. Jakie

ciała znajdują się w jej głębiach, do których dotrzeć nie możemy, o tem nic powiedzieć nie można. Jako ciężar gatunkowy ziemi zatem należy rozumieć t. zw. gęstość średnią, t. j. ciężar gatunkowy ciała, które przy rozmiarach, równych ziemi, dorównywałoby też ziemi pod względem masy.

Tę gęstość średnią ziemi otrzymać można w sposób rozmaity. W zasadzie różne sposoby polegają na tem, że porównywa się przyciąganie ziemi z przyciąganiem, wywieranem przez inne jakieś ciało o masie znanej. Jako wynik otrzymano, że średnia gęstość ziemi wynosi 5·5, to znaczy, iż posiada ona masę 5·5 razy większą, niż kula tej samej wielkości, składająca się z samej wody. Rachunek prosty wykazuje, iż liczba, wyrażająca masę ziemi w kilogramach, składa się z 25 znaków dziesiętnych, liczba zaś, odnosząca się do słońca, składa się z 32 znaków dziesiętnych.

Liczby te są tak wielkie, że nie dają nam żadnego wyobrażenia o prawdziwym ich znaczeniu. To też zazwyczaj wystarcza podanie mas n. p. w stosunku do masy ziemskiej lub w stosunku do masy słońca, to znaczy, że za jednostkę masy przyjmuje się masę ziemi lub słońca. Widzieliśmy, że słońce posiada objętość 1,310,000 razy większą od ziemi. Tyleż razy więc też i masa słońca musiałaby być większa od ziemskiej, gdyby gęstość średnia słońca i ziemi była jednakowa. Ale rzeczywiście masa jego przewyższa ziemską tylko 333·400 razy, skąd wynika, że gęstość słońca przeszło 4 razy jest mniejsza od gęstości ziemi i wynosi tylko 1·4; to znaczy, że ma ono masę nie o wiele większą, aniżeli kula, równie wielka jak słońce, utworzona z wody.

Tak samo księżyc posiada gęstość mniejszą, niż ziemia, gdyż objętość jego jest 50 razy mniejsza od objętości ziemi, masa zaś 81 razy mniejszą od jej masy. Z tych liczb wynika, że jest on 3·5 razy cięższy, niż równa mu co do wielkości kula, utworzona z wody.

ROZDZIAŁ XVI.

Chemia ciał niebieskich. Analiza widmowa.

Widzieliśmy, jak ściśle rozumowanie naukowe doprowadziło człowieka do poznania odległości dalekich ciał niebieskich i do wyznaczenia prawdziwych rozmiarów układu słonecznego, oraz oddzielnych tworzących go brył. Co więcej, nie opuszczając ściślej drogi naukowej, umiano te odległe bryły zważyć i wyznaczyć ich gęstość średnią.

Ale umysł ludzki nie poprzestał na tych zdobyczach i postawił przyrodzie nowe zapytania. Z czego składają się słońce i gwiazdy? Czy ciała, które spotykamy na ziemi i które stosujemy do tak różnych celów, jakie nam życie codzienne stawia, znajdują się i na odległych światach, czy też bryły niebieskie, utworzone są z ciał, całkiem na ziemi nieznanych i posiadających jakieś zupełnie odmienne własności?

Badaniem budowy i najistotniejszych własności ciał, spotykanych na ziemi, zajmuje się nauka, zwana chemią. Uczy ona, w jaki sposób ciała rozłożyć można na składniki prostsze i jak z tych najprostszych, nierozkładalnych już części wytwarzają się nie-

zliczone rodzaje ciał, które stanowią ich z w i ą z k i. Nierozkładalne już za pomocą żadnych środków ciała nazywają się pierwiastkami; obecnie znanych jest takich pierwiastków około 80.

Oto na przykład woda, ciało, tak rozpowszechnione na ziemi, nie jest pierwiastkiem, lecz rozkłada się na dwa ciała lotne, wodór i tlen, które są pierwiastkami. Weźmy jeszcze, jako drugi przykład, znaną wszystkim sól kuchenną. Ciało to jest połączeniem chemicznem dwóch innych pierwiastków, chloru i sodu. Wszystkie organizmy żyjące i roślinne zawierają, jako część zasadniczą, pierwiastek węgiel, a prócz niego zazwyczaj wodór, tlen i azot.

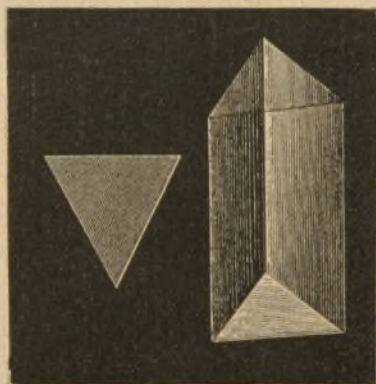
Wszystkie metale, jak n. p. żelazo, miedź, srebro, złoto i t. d., są pierwiastkami. Wobec tego niemożliwe jest otrzymanie złota z innych ciał, do czego dążyli średniowieczni chemicy, którzy o istnieniu pierwiastków nie wiedzieli.

Chemik, badając własności ciał i ich skład, musi ciała te dostać do ręki, musi je palić, topić i prażyć w swoich tyglach i retortach. Zdawałoby się więc, że chcąc poznać własności ciał, znajdujących się n. p. na słońcu, trzeba by przynieść kawałek słońca na ziemię i poddać go odpowiedniemu badaniu w pracowni chemicznej. Oczywiście uczynić tego nie możemy, a pomimo to wiemy dzisiaj bardzo dużo o ciałach, znajdujących się nie tylko na słońcu ale nawet na najodleglejszych gwiazdach. Zawdzięczamy te wiadomości odkrytej przez dwóch wielkich mężów, Kirchhoffa i Bunsena, metodzie badania, zwanej analizą widmową. Podstawy tej metody postaramy się w krótkości wytłómaczyć.

Znane jest wszystkim piękne zjawisko, zwane tęczą, występujące na niebie zazwyczaj po deszczu i roztaczające się wielkim łukiem naprzeciw słońca. Jest to różnobarwne pasmo w kształcie półkola, w którym wyraźnie rozróżnić można sześć barw, przechodzących nieznacznie jedna w drugą. Barwy te są: czerwona, pomarańczowa, żółta, zielona, niebieska i fioletowa.

Pierwszym, który starał się to zjawisko wyjaśnić, był znowu Newton, już tylokrotnie przedtem wspomniany. Do swoich doświadczeń używał on trójkątnego pryzmatu szklanego, z pomocą którego otrzymywać można różnobarwne obrazy świetlne, podobne do tęczy.

Pryzmat taki przedstawiony jest na ryc. 25. Ma



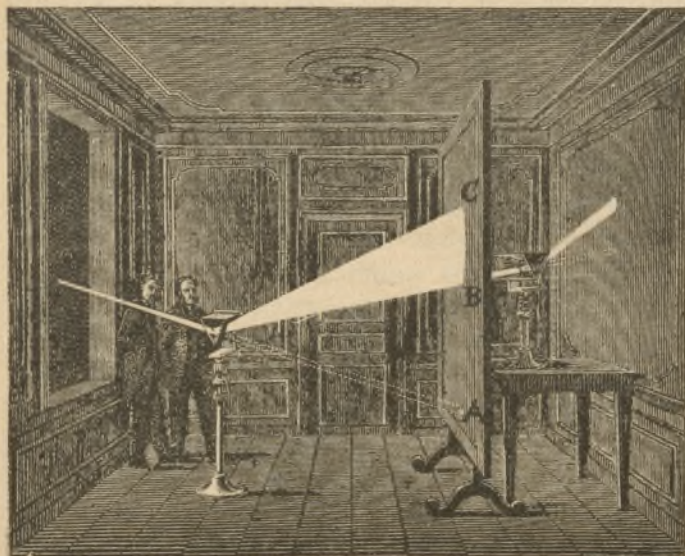
Ryc. 25.

on trzy podłużne ściany czworokątne, a w przekroju jest trójkątem równoramiennym. Jeżeli promień światła, wchodzący do ciemnego pokoju przez mały otwór w okiennicy, pada na ścianę podłużną takiego pryzmatu, to zachodzą dwa zjawiska, jak to widzimy na ryc. 26:

1) zamiast iść w pier-

wotnym kierunku i wytworzyć w punkcie A na ścianie przeciwległej obraz otworu, promień światła odchyła się tak, iż pada na ścianę znacznie wyżej; to znaczy, że

w pryzmacie promień się załamuje. 2) Zamiast obrazu otworu otrzymuje się długą smugę BC , która nie jest biała, lecz barwna, i w kierunku od B do C



Ryc. 26.

barwy są uszeregowane w tej samej kolei, jak w tęczy, poczynając od czerwonej w B a kończąc na fioletowej w C .

Widzimy dalej, iż promień OB od pierwotnego kierunku OA jest najmniej odchylony, promień zaś OC najwięcej; odchylenie wszystkich innych promieni, tworzących smugę BC , jest pośrednie. Wynika stąd, że nie wszystkie promienie w pryzmacie załamują się jednakowo silnie: czerwone załamują się najslabiej, fioletowe najsilniej. Ponieważ do pokoju wpuszczony

został biały promień słoneczny, więc Newton wywnioskował, że ten biały promień jest mieszaniną, powstającą przez połączenie różnobarwnych promieni, widzialnych w smudze B C. Dzięki temu, że pryzmat promienie różnych barw załamuje rozmaicie, promień biały, przechodząc przez pryzmat, rozszczepia się na swoje składowe części.

Obraz różnobarwny, powstający skutkiem rozszczepienia jakiegoś promienia światła, nazwał Newton widmem. Liczne doświadczenia późniejsze w zupełności potwierdziły zapatrywanie Newtona na sposób powstawania widma.

Dalsze badania w tej dziedzinie doprowadziły do głębszego zrozumienia, na czem polega istota światła i barwy. Czemże jest to światło, którego nie można ani w rękę uchwycić, ani odczuć, które poznajemy tylko dzięki temu, że widzimy? Jeżeli widzimy gwiazdy, pograżone w niezmiernych odległościach świata, to tylko dlatego, że one świecą, że światło przechodzi dzielącą nas od nich odległość i wpada do naszych oczu. Przychodzi ono więc w istocie od tych gwiazd ku nam i, jak to już wiemy, mknie z olbrzymią prędkością 300.000 klm. na sekundę.

Wyobraźmy sobie, że słońce nagle zgasło; znajduje się ono w odległości 150,000.000 klm. od nas, potrzeba więc 500 sekund, aby światło od słońca dotarło do nas. Gdyby więc słońce nagle zgasło, to ostatnie promienie światła jego przyszłyby do nas dopiero po upływie 500 sekund; tak długo więc jeszcze po zgaśnięciu byłoby przez nas widziane. A jeżeli, co się zdarza, na niebie nagle ukazuje się jakaś nowa gwiazda, która jest tak odległa, że światło od

niej 500 lat biedz ku nam musi, to wiemy, że pojawiła się ona naprawdę już 500 lat temu, ale teraz dopiero o tem wieść do nas przychodzi.

Skoro światło przebiegać może tak olbrzymie przestrzenie, to zanim promienie jego padną na jakieś ciało lub do naszych oczu, istnieć one muszą gdzieś w przestrzeni. Przestrzeń ta więc nie może być zupełnie pusta. Nauka dzisiejsza przyjmuje, że jest ona wypełniona substancją, nie podlegającą sile ciężenia, t. j. nieważką, której nadano nazwę eteru świetlanego. Samo świecenie polega na tem, iż najdrobniejsze cząsteczki ciał, zwane atomami, wykonują nadzwyczaj drobne wahania, po kilka bilionów na sekundę, i te drgania, przenosząc się do naszych oczu i działając na nerwy wzrokowe, wywołują w naszym mózgu wrażenie światła. Do naszych oczu przenoszą się te drgania za pośrednictwem wspomnianego eteru, w którym wytwarzają się fale, odpowiadające rozmiarami i częstością drganiom atomów świecącego ciała.

Badania dalsze wykazały, że rozmaite rodzaje promieni, które podlegają różnemu załamaniu w pryzmacie, a w naszym mózgu sprawiają wrażenie różnych barw, różnią się w istocie tylko częstością drgań i długością fal przenoszącego je eteru.

Długość fal świetlanych jest bardzo mała i wynosi zaledwie 3 do 6 dziesięciotysięcznych części milimetra; pomimo to długość tę można zmierzyć z taką dokładnością, iż błąd pomiaru nie przekracza jednej dziesięciomilionowej części milimetra. Jak można milimetr podzielić na 10 milionów równych części? tego naturalnie wyobrazić sobie nie możemy, pomimo to

nauka posiada sposoby do mierzenia nawet tak nieuchwytnych wielkości.

Otóż za pośrednictwem tak drobnych fal eteru gwiazdy przysyłają nam wiadomość nie tylko o swem istnieniu, ale też o tych pierwiastkach, które na nich się żarzą.

Już w początku 18-go stulecia powstało pytanie, czy światło, przychodzące od różnych gwiazd, jest jednakowe, czy też istnieją jakieś różnice, zależne od źródła, z którego światło pochodzi? Odpowiedź na to pytanie znowu otrzymano, rozkładając promienie światła na widmo różnobarwne.

Fizyk monachijski Fraunhofer wpadł na pomysł rozkładania za pomocą pryzmatu promieni, wchodzących do ciemnego pokoju nie przez otwór okrągły, jak Newton, ale przez wąziutką szczelinę. Widmo, w ten sposób otrzymane, składa się z niezliczonych obrazów tej szczeliny, z których każdy utworzony jest przez promienie innej długości fali, a więc różnie załamane. Gdyby naprzykład w białych promieniach słonecznych pomieszane były promienie wszystkich długości fali, to widmo musiałoby przedstawiać nieprzerwany ciąg obrazów szczeliny, uszeregowanych obok siebie tak, że przejście od jednej barwy do drugiej byłoby nieuchwytnie.

Tymczasem Fraunhofer zauważył na tle różnobarwnego widma słońca szereg wąziutkich ciemnych prążków, przerywających pas jasny w różnych miejscach. Było to wielkie odkrycie, którego doniosłość poznano dopiero później; te ciemne prążki na cześć ich odkrywcy zostały nazwane liniami Fraunhofera.

Kiedy Fraunhofer w sposób podobny badał świa-

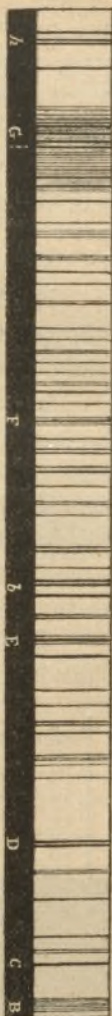
tło, pochodzące od różnych gwiazd, zauważył on, iż we wszystkich widmach takie ciemne prążki występują, ale spostrzegł też, iż zachodzą różnice w ich rozmieszczeniu.

Rycina 27. przedstawia rozmieszczenie linii Fraunhofera w widmie światła słonecznego. Wrzeczywistości należy sobie to widmo wyobrazić różnobarwnem; linie Fraunhofera B i C przypadają w części czerwonej widma, D w żółtej, E w zielonej, F w niebieskiej i G w fioletowej.

Wniosek, który z tych spostrzeżeń wypływał, był ten, że w promieniach, pochodzących od różnych badanych źródeł światła, brakowało promieni pewnych określonych długości fali, i że w świetle słońca brakło promieni innych, aniżeli naprzykład w świetle, pochodzącem od gwiazdy Syryusza.

W odkryciu Fraunhofera leżało rozwiązanie pytania, z jakich ciał utworzone są odległe słońca. Jak już wspomnieliśmy, tajemnicę ciemnych prążków wyjaśniły badania Kirchhoffa i Bunsena.

Za pomocą przyzmatu możemy naturalnie rozkładać też światło lampy, świecy lub jakiegokolwiek świecącego przedmiotu. Jeżeli światło badane pochodzi od rozżarzonego ciała stałego, n. p. żelaza, albo płynnego, jak rtęć, lub też wreszcie gazu, znajdującego się pod wysokiem ciśnieniem, — to w widmie występują wszystkie barwy,

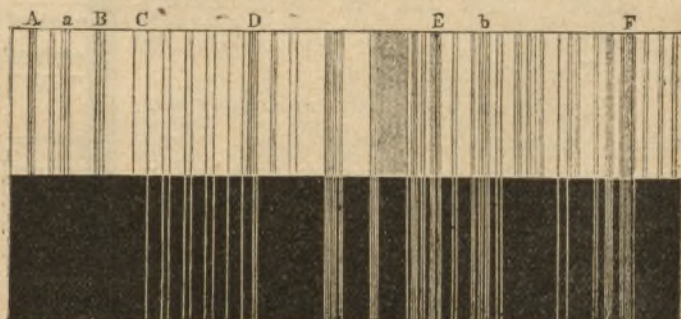


Ryc. 27.

i niema pomiędzy niemi żadnych przerw; takie widmo nazywa się ciągłym. Jeżeli zaś żarzy się ciało lotne, n. p. pary jakiegoś metalu, ulotnionego w bardzo wysokiej temperaturze, to widmo ma charakter całkiem odmienny: składa się ono tylko z oddzielnych jasnych, różnobarwnych linii, z których każda znajduje się w tem miejscu, gdzie przypada odpowiednia barwa w widmie ciągłym. Takie widmo nazywa się liniowym.

Najdonioslejszym wynikiem, który osiągnięto, badając widma różnych pierwiastków, był ten, iż każdy pierwiastek, gdy znajduje się w stanie lotnym, posiada własne widmo liniowe, które liczbą i rozmieszczeniem linii różni się od widma jakiegokolwiek innego pierwiastka. W ten sposób, gdybyśmy nie znali pierwiastka, który jest źródłem światła, moglibyśmy go określić całkiem ściśle, rozkładając światło za pomocą pryzmatu i badając jego widmo. Na tem właśnie polega analiza widmowa.

Tak n. p. widmo żelaza (ryc. 28 u dołu) składa się z bardzo licznych linii wszelkich barw, poczynwszy od



Ryc. 28.

czerwonej aż do fioletowej; widmo zaś innego metalu, sodu, składa się głównie z dwóch bardzo wyraźnych i bardzo bliskich siebie linii żółtych.

W widmie słońca, w żółtej jego części, występują dwie ciemne linie Fraunhofera ściśle w tych samych miejscach, w których znajdują się charakterystyczne dla sodu linie żółte. Ryc. 29. ilustruje ten fakt bardzo wyraźnie. U góry widzimy kawałek widma słońca z ciemnymi liniami, u dołu zaś dwie jasne linie widma sodu, które w rzeczywistości są żółte.

Kiedy Kirchhoff stwierdził tę zgodność, wywnioskował on, iż pomiędzy ciemnymi liniami w widmie słonecznym a jasnymi liniami widma sodu zachodzi ścisły związek, i następnie doświadczalnie wyjaśnił, na czym ten związek polega.

Kiedy pomiędzy źródłem światła, dającym widmo ciągłe, umieścił on pary sodu w ten sposób, iż światło, idące od źródła światła musiało przejść przez te pary, i potem dopiero badał widmo, okazało się, iż ciemne prążki wystąpiły na widmie ciągłym tam właśnie, gdzie przypadają jasne linie w widmie zarzającego się sodu.



Ryc. 29.

Cały szereg podobnych doświadczeń z rozmaitymi pierwiastkami doprowadził do wniosku, który da się wyrazić w sposób następujący. Każdy gaz lub para pochłaniają ze światła, które przez nie przechodzi, promienie te same, które one wysyłają, gdy same są rozżarzone. Gdy więc światło, którego widmo badamy, przeszło przez warstwę ciał lotnych, nieświeących, to muszą wystąpić na tle widma ciągłego

ciemne prążki. Takie widmo z ciemnymi liniami nazywa się widmem *absorbcyjnym*.

Do takich właśnie widm absorbcyjnych należy widmo słońca oraz widma wszystkich gwiazd. Objasnia się je w ten sposób, że światło słońca, przedzierając się przez zewnętrzne lotne jego warstwy, ulega częściowemu pochłonięciu, a ciemne linie widma wskazują, z jakich pierwiastków owe warstwy zewnętrzne się składają. W górnej części ryc. 28 ponad widmem żelaza widzimy odpowiednią część widma słońca, w którym prawie każdej jasnej linii żelaza odpowiada ciemna linia Fraunhofera. Wskazuje to, iż w warstwach zewnętrznych słońca znajduje się żelazo w stanie pary.

Obecnie do badań widmowych używane są specjalne przyrządy, zwane spektroskopami, które dla celów astronomicznych łączą się z lunetami. Gdy się lunetę zwróci na gwiazdę, to z pomocą takiego spektroskopu widzi się odrazu jej widmo. Jeszcze dokładniejsze wyniki otrzymuje się, gdy zamiast obserwować widmo bezpośrednio, bada się jego obraz fotograficzny.

ROZDZIAŁ XVII.

Budowa fizyczna słońca.

Z poprzednich rozdziałów nabraliśmy dokładnego wyobrażenia o rzeczywistych rozmiarach słońca. Siła ciężenia, która zmusza ziemię do okrążania słońca w zamkniętej drodze, zabezpiecza nasz byt, który w całości zależy od dobroczynnych promieni słonecznych.

Wyobraźmy sobie jednakże, że w pewnej chwili siła ciężkości przestała działać. Wówczas ziemia oddalałaby się poczęła od słońca po linii prostej w dal nieograniczoną z prędkością, jaką i teraz posiada, t. j. 30 klm. na sekundę. W miarę oddalania się ziemi, słońce wydawałoby się nam coraz mniejszem, i coraz mniejsza ilość jego ciepła dochodziłaby do nas; po upływie 3 miesięcy tej podróży słońce zmalałoby dla naszych oczu do połowy, po upływie dalszych 6 miesięcy do $\frac{1}{4}$ i tak dalej.

Ale że przestrzeń jest nieskończenie rozległa, więc przypuścimy, że podróż nasza na biegnącej nieustannie ziemi trwała 3.000 lat. Wtedy słońce, malejąc nieustannie, miałoby postać zupełnie podobną do tyłu

gwiazd, które wraz z nim świeciłyby nam na ciemnem niebie.

W ten sposób staje się zrozumiałem stanowisko słońca w wszechświecie. Nie jest ono w nim czemś wyjątkowem, jest ono tylko jednym z milionów ciał podobnych, rozproszonych po przestworzu, które nam oddalonym od nich na miliardy mil, wydają się drobnymi punktami świetlanymi, i noszą nazwę gwiazd. Wszystkie gwiazdy więc są to słońca olbrzymie, a niektóre z nich rozmiarami tysiące razy przewyższają nasze słońce.

Ale te odległe słońca tylko z punktu naukowego wzbudzają naszą ciekawość, gdyż nie stoją w żadnym bezpośrednim związku z ogólnemi naszymi sprawami życiowemi. O wiele bardziej obchodzi nas to jedyne nasze słońce, które nas powołało do życia i od którego byt nasz tak nieodłącznie zależy. I na szczęście stosunkowo mała jego odległość pozwala nam badać je o wiele wszechstronniej i dokładniej, aniżeli wszystkie inne słońca wszechświata.

Czem jest słońce, skąd bierze ono te niezmiernie duże ilości światła i ciepła, które tak szczerze rozrzuca? jaką jest jego budowa? z jakich ciał się składa? oto są pytania, które przedewszystkiem każdy człowiek myślący sobie stawia.

Pomiar światła słonecznego wykazuje, iż dorównywa ono światłu 90 miliardów gwiazd najjaśniejszych, a 576.000 razy przewyższa światło księżyca w pełni.

Promieniowanie ciepła słonecznego mierzy się na tak zwane kalorye. Kaloryą nazywa się ilość ciepła, potrzebna na to, aby temperaturę jednego grama

wody podnieść o jeden stopień. Na każdy centymetr kwadratowy powierzchni ziemi w ciągu minuty przypada ilość ciepła słonecznego, wynosząc dwie i pół kalorii. Łatwo obliczyć, że ilość ciepła, którą cała ziemia dostaje w ciągu jednej minuty, jest taka, jakiej potrzeba, ażeby 30 klm. sześciennych tającego lodu doprowadzić do stanu wrzenia. W ciągu roku ziemia otrzymuje od słońca taką ilość ciepła, która byłaby w stanie stopić powłokę lodową grubości 45 metrów, opasującą całą ziemię.

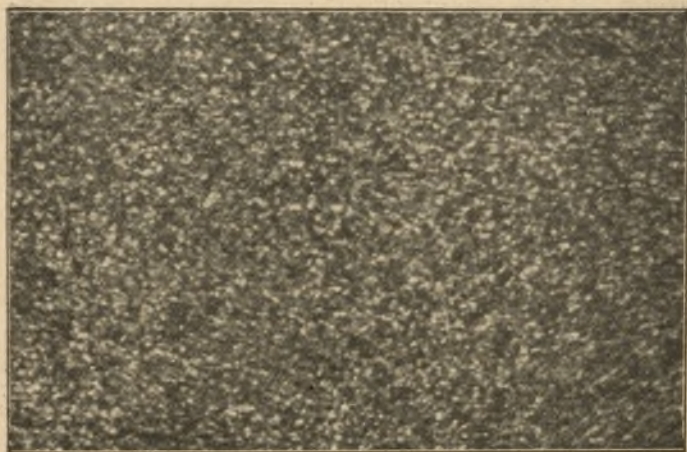
O temperaturze wnętrza słońca nie mamy żadnych danych doświadczalnych, ale jest ona z pewnością wielokroć wyższa od temperatury warstw zewnętrznych. Tę ostatnią wyprowadzić można z natężenia promieniowania słonecznego; otrzymano temperaturę około 6000°.

W tak wysokiej temperaturze żadne ze znanych nam ciał nie mogłoby zachować stanu stałego lub ciekłego, lecz wszystkie musiałyby się ulotnić, t. j. zamienić się w pary. Wypływa stąd prosty wniosek, że słońce nie jest kulą, mającą, jak na przykład ziemia, twardą skorupę, lecz składać się może tylko ze samych ciał lotnych, t. j. par i gazów.

Ciała, z których się składa słońce, znajdują się w nieustannym potężnym ruchu, i objawy tej czynności w sposób rozmaity dostępne są dla naszych spostrzeżeń.

Cała powierzchnia tarczy słonecznej, czyli t. zw. fotosfera, sprawia wrażenie jakby chropowatej i zasypanej drobnymi ziarenkami o różnej sile świetlnej, które tworzą t. zw. granulacyę. Obraz tej granulacyi znajdujemy na ryc. 30.

Jednem z najbardziej uderzających zjawisk na słońcu są jego p l a m y, które prawie zawsze w mniejszej lub większej ilości za pomocą odpowiednich narzędzi dostrzedz można. Dokoła plam zazwyczaj widać miejsca jaśniejsze, zwane p o c h o d n i a m i.



Ryc. 30.

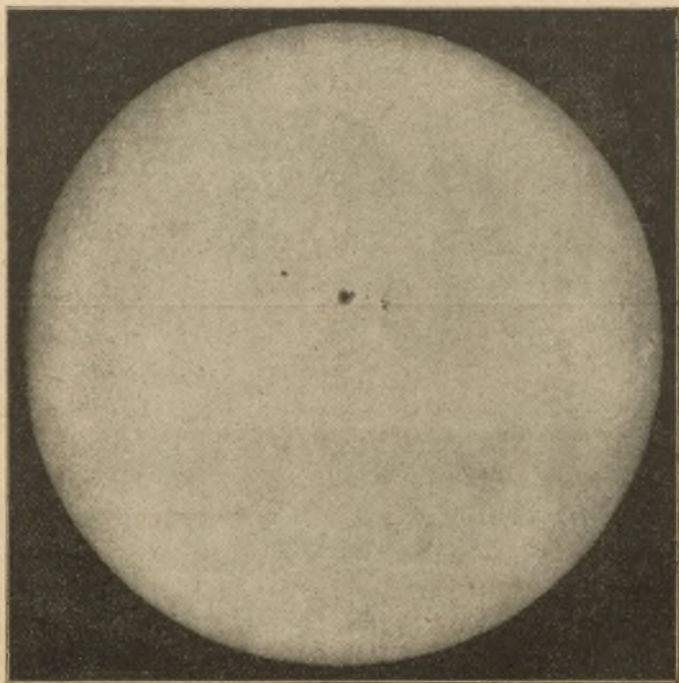
Na ryc. 31 widzimy zdjęcie fotograficzne tarczy słońca, wykonane w d. 18 maja 1910 r., z grupą plam niedaleko środka.

Plamy słońca posiadają typową postać; w środku zazwyczaj znajduje się miejsce najciemniejsze, czyli j ą d r o, a część plamy, bliższa brzegu, jest mniej ciemna i nazywa się p ó ł c i e n i e m.

Rycina 32. przedstawia tę samą grupę plam, co ryc. 31, w powiększeniu. Jądro i półcień trzech większych plam dostrzedz można na niej wyraźnie. Ryc. 33. uzyskana została specjalnym sposobem fotogra-

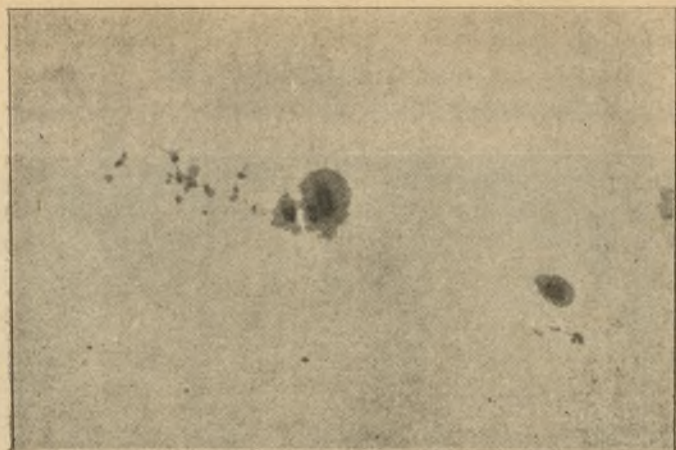
fowania, który miał na celu przedewszystkiem uwydatnić jasne pochodnie, otaczające plamy. Plamy, które na niej widzimy, są te same, co na ryc. 31 i 32.

Badania wykazują, że plamy słoneczne są to zagłę-

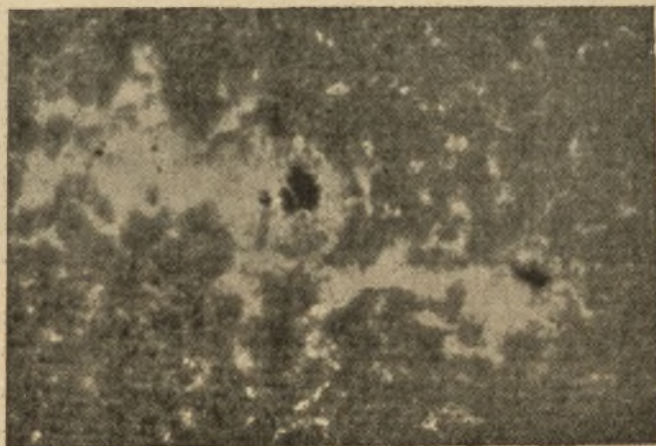


Byc. 31.

bienia w fotosferze, które występują zazwyczaj w tych miejscach, gdzie gazy z wnętrza słońca w postaci potężnych wybuchów wydzierają się na jego powierzchnię, tworząc tak zwane wyskoki słoneczne, czyli protuberancje. Te ostatnie widzieć można



Ryc. 32.



Ryc. 33.

tylko wówczas, gdy znajdują się na brzegu tarczy słonecznej (ryc. 34). Szczególnie wyraźnie występują one w czasie zaćmień słońca, kiedy cała fotosfera zakryta jest przez ciemną tarczę księżyca, a tło nieba przyćmione o tyle, że blade światło protuberancji na tem tle odznaczać się może. Również w czasie zaćmień, i tylko wtedy, widzieć można najbardziej zewnętrzną



Ryc. 34.

część słońca, t. zw. koronę (ryc. 35), której promienie, rozchodzące się na wszystkie strony, sięgają niekiedy do odległości, wynoszących kilkanaście milionów kilometrów od powierzchni fotosfery.

Wszystkie te zjawiska nadzwyczaj ciekawe, poddawane wszechstronnemu badaniu, pozwalają nam na coraz lepsze i głębsze wnikanie w przyrodę naszej gwiazdy dziennej.

Wymienione wyżej utwory słoneczne podlegają nieustannym zmianom, pojawiają się i znikają po pewnym czasie. Przypuśćmy, że przez pewien czas codziennie obserwujemy plamę słoneczną. Już dosyć

prędko zauważyć można, że zmieniała się nie tylko jej postać, ale też i położenie jej na tarczy słonecznej. Taka zmiana położenia mogłaby pochodzić stąd, że plama posiada ruch własny; jednakże obserwacje różnych plam wykazują, że ruch, któremu podlegają,



Ryc. 35.

jest wspólny wszystkim częściom słońca, że jest skutkiem obrotu słońca dokoła osi.

A więc i ta olbrzymia bryła słoneczna posiada ruch wirowy, który tak wydawał się niegdyś nieprawdopodobnym, gdy go przypisywano ziemi; uważano bowiem, że jest ona zbyt wielka, ażeby mogła się kręcić, jak karuzel. A tymczasem stwierdzono taki

sam ruch u słońca. Czyż więc dzisiaj może się nam jeszcze wydać dziwnem, że dokoła osi wiruje tak drobna w porównaniu ze słońcem ziemia?

Okres obrotu słońca dokoła osi wynosi 25·6 dni; oś obrotu słońca tworzy z ekliptyką kąt około 83 stopni, równik zaś słońca tylko pod kątem 7 stopni nachylony jest do płaszczyzny ekliptyki.

Bardzo wiele ważnych wiadomości o słońcu zawdzięczamy analizie widmowej. Ciemne linie widma słonecznego pozwoliły stwierdzić istnienie w zewnętrznych warstwach słońca czterdziestu kilku pierwiastków, znanych na ziemi, a pośród nich prawie wszystkich metali, z wyjątkiem najcięższych. Znajduje się tam między innymi żelazo, nikiel, kobalt, wapń, magnez, sód, glin, cynk, miedź, srebro, cyna, ołów, potas, platyna i t. d., dalej węgiel, krzem, wodór, hel i tlen. Prócz tego znajduje się na słońcu wiele ciał, dotąd na ziemi nieznanych.

Jak dalece można polegać na wynikach analizy widmowej, świadczy fakt, iż pierwiastek hel odkryty został na słońcu znacznie wcześniej, aniżeli na ziemi. Nazwa hel (od greckiego helios = słońce) została mu właśnie dlatego nadana, że sądzono, iż jest to pierwiastek, wyłącznie występujący na słońcu. Odkryto go w widmie protuberancji słonecznych, w których, obok wodoru, stanowi główną część składową. Tymczasem w dwadzieścia kilka lat później odkryto na ziemi gaz, którego widmo zawierało linię, charakterystyczną dla helu, i stwierdzono, że gaz ten w istocie jest helem.

Badania nad budową słońca są zbyt obszerne i wszechstronne, abyśmy mogli zajmować się szcze-

gółami. Wyniki badań streścić możemy mniej więcej, jak następuje. Z powodu bardzo wysokiej temperatury wszystkie ciała na słońcu znajdują się w stanie lotnym. Ułożone są one warstwami współśrodkowymi; warstwy bardziej zewnętrzne wywierają ucisk na warstwy, bliższe środka, skutkiem czego gęstość i temperatura słońca rośnie w kierunku od jego powierzchni ku środkowi. Warstwy zewnętrzne ochładzają się skutkiem promieniowania ciepła nazewnątrz, przez co powstają prądy, mające na celu wyrównanie temperatury. Prądy te powodują, iż materya wewnętrzna wydostaje się nazewnątrz, czemu towarzyszą potężne wybuchy, znajdujące swój wyraz w plamach i protuberancyach.

Słońce bez przerwy traci swoje ciepło, a więc musi stygnąć. Jednakże stygnięcia tego nie możemy stwierdzić, i nie ma na to żadnych wskazówek, ażeby promieniowanie słońca dzisiaj słabsze było, aniżeli przed tysiącami lat, w epokach, do których sięgają badania historyczne. Wnioskować stąd musimy, że ubytek ciepła znajduje jakieś pokrycie. Źródeł zewnętrznych, z którychby słońce czerpało ciepło, nie znamy; jednakże, jak rachunki wykazują, wystarczałoby przypuścić, że słońce się kurczy tak nieznacznie, iż rocznie promień jego zmniejsza się tylko o 75 metrów, to ilość ciepła, wytworzona przez takie kurczenie się, wystarczałaby na pokrycie całej rocznej straty. To kurczenie się dopiero po kilku tysiącach lat mogłoby spowodować takie zmniejszenie się tarczy słońca, któreby z ziemi przez bardzo dokładne pomiary mogło być stwierdzone.

ROZDZIAŁ XVIII.

Uwagi ogólne o planetach. Merkury i Wenus.

Dokoła słońca krążą planety. Wiemy, że w stosunku do słońca zajmują one takie same stanowisko, jak ziemia. Lecz podobnie jak ziemia, rozpatrywana niezależnie od wszelkich innych ciał niebieskich, jest dla siebie światem, miejscem zamieszkania ludzi, zwierząt i roślin, światem, na którym zachodzą tysiące zawilych zjawisk przyrodniczych, tak samo i każda z planet stanowi świat odrębny, na którym zachodzą zjawiska bardzo ciekawe, w zależności od warunków, w których dana planeta się znajduje. Naturalnie wiadomości nasze o planetach są bardzo skromne, jeżeli brać za porównanie ziemię, i wiele jeszcze spraw doniosłości pierwszorzędnej oczekuje wyjaśnienia.

Zanim przystąpimy do rozpatrywania warunków, panujących na poszczególnych planetach, weźmy pod uwagę układ planetarny, jako całość.

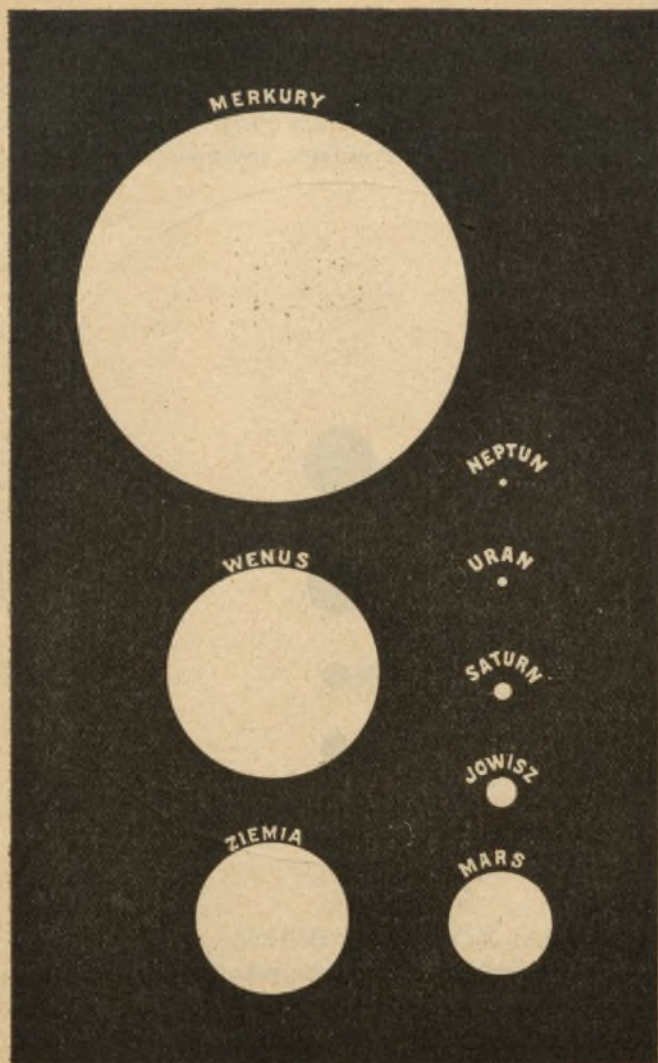
Słońce jest wspólnem ogniskiem wszystkich elips, po których krążą planety; jeżeli planeta ma księżycę, to księżycę te krążą również w elipsach, w których ognisku znajduje się planeta. Wszystkie te elipsy, po-

dobnie jak droga ziemską, bardzo nieznacznie różni się od kół. Jak droga ziemską cała przypada w płaszczyźnie ekliptyki, tak każda z tych elips leży w pewnej płaszczyźnie, ale wszystkie te płaszczyzny nieznacznie tylko są odchylone od płaszczyzny równika słonecznego.

W tym całym układzie tylko słońce nie zmienia swego miejsca i zajmuje pod każdym względem stanowisko pierwszorzędne. Ono tylko roztacza dokoła własne światło i ciepło i obdarza niem planety. Naturalnie nie wszystkie planety obdziela ono jednakowo, promieniowanie bowiem maleje wraz z odległością w ten sam sposób, jak przyciąganie.

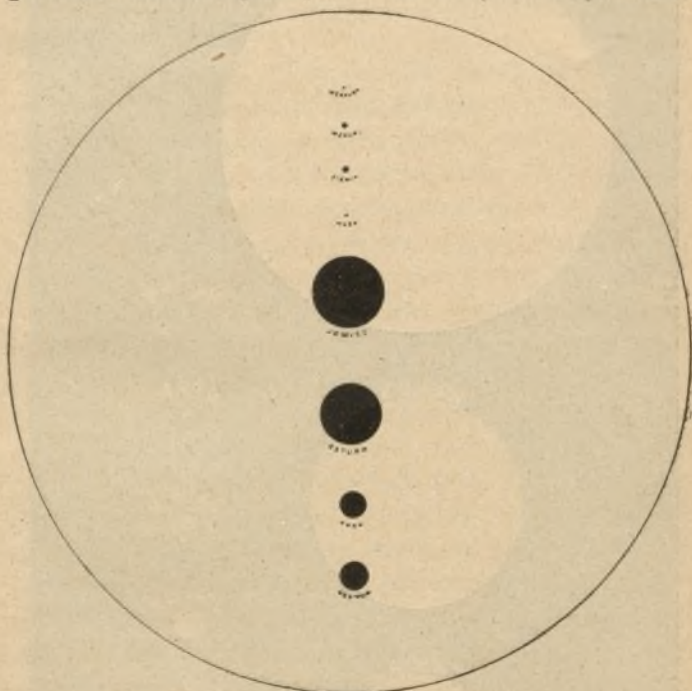
Miarą promieniowania jest wielkość, jaką ma tarcza słońca, widziana z różnych planet. Koła, wyobrażone na ryc. 36. przedstawiają względną wielkość tarczy słońca, jak ona jest widzialna z różnych planet. Ilość promieni słonecznych, którą każda z planet otrzymuje, jest do powierzchni tych kół proporcjonalna. Tak n. p. na Neptunie tarcza słoneczna wydawałaby się prawie 900 razy mniejszą, aniżeli widziana z ziemi, i gołym okiem trudnoby nawet było rozpoznać, że jest okrągła. Pomimo to oświetlenie Neptuna przez słońce jeszcze 600 razy przewyższa oświetlenie ziemi przez księżyc w czasie pełni.

Pod względem objętości słońce przewyższa wszystkie planety razem wzięte 530 razy, a pod względem masy 743 razy. Co do rozmiarów poszczególnych planet, zwraca uwagę okoliczność, iż cztery planety bliższe słońca, Merkury, Wenus, Ziemia i Mars, są stosunkowo małe, cztery zaś górne planety, Jowisz, Saturn, Uran i Neptun, są o wiele większe. Objętość tych



ostatnich jest 1150 razy większa od objętości pierwszych, a masa 220 razy większa.

Wyobrażenie poglądowe o stosunkowych rozmiarach słońca i planet dają ryciny 37 i 38. Koła, przedstawione na tych rycinach, należy sobie wyobrażać



Ryc. 37.

jako rzuty kul. Na ryc. 37 wielkie koło, w którem wszystkie małe są zawarte, uważane jako kula, przedstawia objętość słońca, małe zaś koła — objętości planet. Na ryc. zaś 38 kula, wyobrażona przez wielkie koło, przedstawia masę słońca, mniejsze zaś koła — masy

planet. Różnice w warunkach, panujących na różnych planetach, zależą, z punktu widzenia astronomicznego, głównie od następujących okoliczności: 1) od odległości od słońca i związanego ściśle z tą odległością okresu obiegu dokoła słońca, czyli roku planety; 2) od okresu



Ryc. 38.

obrotu dokoła osi, czyli dnia planety; 3) od położenia osi obrotu względem płaszczyzny drogi planety. Nie wszystkie te okoliczności są dla wszystkich planet znane, a różnią się one też u różnych planet wybitnie.

Zacznijmy od planety najbliższej słońca, Merkurego.

Merkury należy do planet najmniej zbadanych. Z ziemi, widziany gołym okiem, przedstawia się Merkury, jako gwiazda 1-ej wielkości; ale, jak już wiemy, świeci on zawsze bardzo nisko nad horyzontem i tylko przy bardzo pięknej pogodzie może być obserwowany. Oglądany przez lunetę, wykazuje Merkury w czasie obiegu dokoła słońca fazy, podobne do odmian księżyca. Wynika stąd, iż nie posiada on własnego światła, lecz świeci odbitem światłem słonecznym. Fazy Merkurego znajdują się w ścisłym związku z elongacyami i objaśniają się w ten sam sposób, co fazy księżyca. Ponieważ odległość Merkurego od ziemi w różnych punktach jego drogi jest dosyć różna, więc zmienia się też wielkość jego, widziana z ziemi. Wszystkie te zmiany wielkości i fazy przedstawia rycina 39.



Ryc. 39.

Merkury jest pod względem objętości 19 razy mniejszy od ziemi, a masa jego jest 17 razy mniejsza od masy ziemskiej. Warunki, panujące na Merkurym, różnią się bardzo od ziemskich. Wobec małej odległości Merkurego od słońca otrzymuje on 10 razy tyle ciepła i światła, co ziemia. Merkury posiada, podobnie jak ziemia, ruch wirowy dokoła osi, ale odbywa się on bardzo powoli, i jeden obrót trwa dni

88, t. j. tyleż, ile wynosi okres obiegu Merkurego dookoła słońca. Skutkiem tego na Merkurym niema kolejnych zmian dnia i nocy, lecz na jednej jego półkuli, stale zwróconej ku słońcu, panuje wieczny upalny dzień, a na drugiej półkuli, od słońca odwróconej, wieczna noc i zima.

O budowie powierzchni Merkurego wiemy dotąd nadzwyczaj mało, ale liczne szczegóły przemawiają za tem, że pozbawiony on jest powietrza, tak potrzebnego dla życia wszelkich istot.

Następną z kolei planetą jest Wenus. Podobnie jak Merkury, wykazuje ona fazy; odznacza się wielką jasnością, tak że po słońcu i księżycu jest zjawiskiem na niebie najwspanialszem, widzialnem często nawet w biały dzień.

Tę nadzwyczajną jasność zawdzięcza Wenus swej powierzchni, która odbija ku nam $\frac{3}{4}$ wszystkich padających na nią promieni słońca, t. j. tyleż prawie, co świeżo spadły śnieg. Znaczy to, że obserwowana przez nas powierzchnia Wenery jest śnieżno biała.

Wiele względów przemawia za tem, że właściwej powierzchni tej planety prawie wcale nie widzimy, a to skutkiem otaczającej ją atmosfery, w której unoszą się gęste chmury, i że właśnie te chmury odznaczają się taką niezwykłą białością.

Obecność atmosfery na Wenerze czyni ją bardziej podobną do ziemi, a i promieniowanie słońca jest tam o wiele słabsze niż na Merkurym, dwa razy bowiem tylko tak silne, jak na ziemi. Tak samo pod względem wielkości i masy Wenus ze wszystkich planet najbardziej jest zbliżona do ziemi: objętość

jej prawie równa się objętości ziemi, a masa stanowi $\frac{4}{5}$ masy ziemskiej.

Sprawa ruchu wirowego Wenusy dotychczas nie jest rozstrzygnięta ostatecznie. Ażeby ruch wirowy planety zbadać, trzeba obserwować plamy, dostrzegalne na jej powierzchni i zajmujące na niej stałe położenie przynajmniej przez jeden okres obrotu. Wobec gęstej opony chmur, które Wenerę otulają, dostrzeżenie takich plam jest nader trudne, i bardzo często nieco wyrazistsze chmury błędnie były brane za utwory powierzchni. Skutkiem tego otrzymywano wyniki bardzo sprzeczne. Wiele szczegółów przemawia za tem, że okres obrotu jest długi, równy okresowi obiegu Wenusy dookoła słońca.; ale bardziej uzasadniony jest pogląd przeciwny, że okres obrotu jest krótki, niewiele różny od doby ziemskiej.

Wobec tych niepewności niewiele też można po-



Ryc. 40 a.



Ryc. 40 b.

wiedzieć o warunkach, panujących na Wenerze, które w tak silnym stopniu od okresu obrotu i położenia osi zależą.

Ryciny 40 a i 40 b wyobrażają Wenus w dwóch różnych fazach: widzimy na jej powierzchni jakieś niewyraźne zarysy, których znaczenie trudno wyjaśnić. Dodać trzeba, iż rysunki, robione przez różnych astronomów, nie wykazują takiej zgodności, która pozwalałaby wnioskować o trwałości obserwowanych przez nich utworów.

ROZDZIAŁ XIX.

Strefy klimatyczne ziemi.

Pomiędzy dolną planetą Wenerą a pierwszą górną planetą Marsem krąży ziemia.

Wiadomości nasze o ziemi są bardzo obfite, i cały szereg nauk oddzielnych zajmuje się badaniem ziemi z tego lub innego punktu widzenia. Takimi naukami są: geografia fizyczna, geofizyka, geologia, geodezya, meteorologia i t. d. Zdobyczami tych rozlicznych nauk w tej książce zajmować się nie możemy. Ale rozważmy baczniej zjawiska, które wynikają z ruchu ziemi dokoła osi w związku z jej ruchem dokoła słońca.

Długość dnia i nocy u nas zależy od tego, że słońce, biegnąc pozornie po nachylonej względem równika ekliptyce, znajduje się w coraz innej odległości od równika, i to przez pół roku na północnej półkuli nieba, przez drugie pół roku na południowej. Wyjaśniliśmy to w rozdziale V. We Lwowie dzień najdłuższy trwa 16 godzin 7 minut, a najkrótszy 7 godzin 53 minuty.

Ale wiemy, że nie wszędzie na ziemi jest tak

samo, jak u nas. Słyszymy często o ciepłych krajach, gdzie ludzie nie znają zimy, wiemy, że jaskółki, bociany i wiele innych ptaków leci gdzieś za morza, gdy u nas zaczyna się zima, którejby przetrwać nie mogły. Z drugiej strony wiemy też o krajach wiecznym lodem pokrytych, przez które próżno człowiek stara się przedrzeć, narażając się na tysiączne niebezpieczeństwa.

Powiadamy, że różne części ziemi posiadają rozmaity klimat, i różnice te, o ile zależą one tylko od stosunków astronomicznych, z łatwością dadzą się wyjaśnić.

Niechaj koło BB_1R_1 na rycinie 41 wyobraża

kulę ziemską, prosta

BB_1 jej oś, a koło

R_1R równik

ziemski. Jeżeli przez

jakiś punkt A na

powierzchni ziemi

poprowadzimy pół-

koło BAB_1 , prze-

chodzące przez oba

bieguny, to nazywa

się ono południ-

kiem punktu A ;

jeżeli zaś poprowa-

dzimy przez punkt

A koło AA_1 , ró-

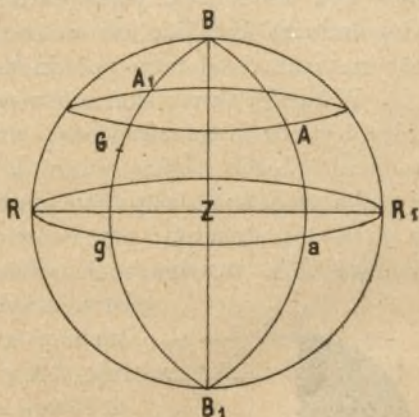
wnoległe do równika,

to nazywa się ono równo-

leżnikiem punktu A . Przez każdy punkt na po-

wierzchni ziemi możemy poprowadzić południk i ró-

wnoleżnik.



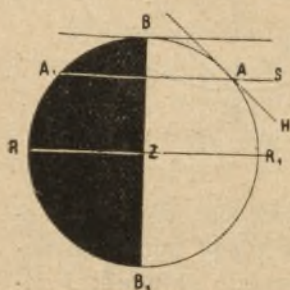
Ryc. 41.

Aby określić położenie punktu A na powierzchni ziemi, należy podać jego południk i równoleżnik.

Równoleżnik określa się przez łuk Aa, wyrażający odległość jego od równika; łuk ten nazywa się szerokością geograficzną punktu A. Szerokość geograficzna jest północna, gdy punkt A leży na półkuli północnej, gdyby zaś leżał na półkuli południowej, szerokość jego byłaby południowa.

Południk punktu A określa się przez łuk ga, wyrażający odległość jego, liczoną na równiku, od południka B G B₁, przechodzącego przez miasto Greenwich w Anglii; łuk ten nazywa się długością geograficzną punktu A. Długość geograficzna może być wschodnią, jeżeli punkt A leży na wschód od południka B G B₁, lub zachodnią, jeżeli punkt A leży na zachód od tego południka.

W każdej chwili słońce oświetla tę półkulę nieba, która jest do niego zwrócona, druga pograżona jest w cieniu. Jeżeli słońce znajduje się w płaszczyźnie równika ziemskiego, a bywa to, jak wiemy, 2 razy do roku, to zachodzą stosunki, przedstawione na ryc. 42. Oś ziemską BB₁ ma kierunek prostopadły do promieni



Ryc. 42.

słonecznych, padających na ziemię, a każdy równoleżnik, np. AA₁, podzielony jest na 2 równe części, z których jedna przypada na oświetlonej półkuli, druga na ciemnej. Ponieważ ziemia obraca się dookoła osi w ciągu 24 godzin, więc też każdy punkt powierzchni ziemi przez 12 godz.

jest oświetlony przez słońce, t. j. ma dzień, przez drugie 12 godzin — noc. Gdy więc słońce znajduje się w płaszczyźnie równika ziemskiego, we wszystkich miejscach na powierzchni ziemi dzień jest równy nocy.

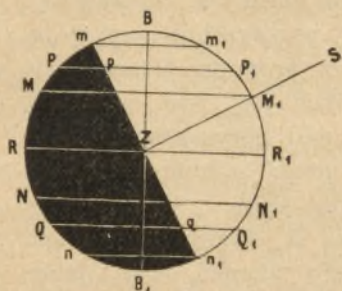
Ale nie wszystkie punkty powierzchni ziemi w jednakowej mierze korzystają z promieni słonecznych. Działanie promieni słonecznych jest tem silniejsze, im wyżej słońce wznosi się nad horyzontem, w bliskości zaś horyzontu, n. p. przed samym zachodem słońca, działanie to jest bardzo słabe.

Otóż w punkcie równika R_1 kierunek promieni słonecznych schodzi się z jego pionem, t. j. słońce znajduje się w samym zenicie. W punkcie A kierunek ku słońcu AS tworzy z horyzontem AH znacznie mniejszy kątSAH, który jest wysokością słońca nad horyzontem, wreszcie na biegunie B kierunek promieni słonecznych przypada w płaszczyźnie horyzontu. Widzimy więc, że najsilniejsze jest działanie słońca na równiku ziemskim i maleje ono coraz bardziej dla punktów, mających coraz większą szerokość geograficzną, aż do samych biegunów.

Gdyby słońce stale pozostawało w płaszczyźnie równika, warunki takie trwałyby przez cały rok, nie byłoby więc wtedy żadnych pór roku. Ale w rzeczywistości ekliptyka jest pod kątem $23\frac{1}{2}$ stopni do równika nachylona.

W trzy miesiące po przejściu przez punkt wiosenny słońce najbardziej się oddala od równika na północ, mianowicie o $23\frac{1}{2}$ stopni; wtedy kierunek promieni jego tworzy z płaszczyzną równika kąt $23\frac{1}{2}^{\circ}$. Warunki, jakie w tem położeniu słońca zachodzą, wyjaśnia rycina 43.

Promienie słoneczne przychodzą do ziemi w kierunku SZ , oświetlona jest zatem półkula mR_1n_1 , półkula zaś mRn_1 pogrążona jest w cieniu. Teraz



Ryc. 43.

jednakże niejednakowe części równoleżników przypadają na półkulę oświetloną i nieoświetloną. Jedyny tylko równik jest w połowie (ZR_1) oświetlony, a w połowie (ZR) nieoświetlony; to znaczy, że w ciągu doby każdy punkt równika ma przez 12 godzin dzień, a przez drugie 12 godzin noc. Ale weźmy pod uwagę naprzy-

kład równoleżnik PP_1 . Część jego oświetlona P_1p jest daleko większa, niż część nieoświetlona Pp ; każdy więc punkt jego w czasie obrotu ziemi dokoła osi daleko dłużej przebywa w części oświetlonej, niż w ciemnej, t. j. dzień trwa tam znacznie dłużej, niż noc. Dotyczy to wszystkich punktów półkuli północnej, chociaż różnica między długością dnia i nocy zmniejsza się wraz z szerokością geograficzną. Na półkuli południowej jest dzień krótszy od nocy, i różnica również maleje wraz z szerokością geograficzną. Na równoleżniku QQ_1 część oświetlona Q_1q jest znacznie mniejsza od pogrążonej w cieniu części Qq .

Dostrzegamy na tej rycinie jeszcze jeden ciekawy szczegół. Równoleżnik mm_1 w całości przypada w części oświetlonej, to znaczy, że punkty tego równoleżnika przez całą dobę mają słońce nad horyzontem; to samo dotyczy też wszystkich punktów, leżą-

cych na powierzchni odcinka kuli ziemskiej pomiędzy równoleżnikiem $m n_1$, a biegunem północnym B.

W całkiem odpowiednim miejscu na półkuli południowej widzimy równoleżnik $n n_1$, który przypada w całości na nieoświetlonej części ziemi. Punkty tego równoleżnika oraz wszystkie punkty powierzchni odcinka między równoleżnikiem $n n_1$ a biegunem południowym B_1 przez całą dobę mają noc.

Te 2 równoleżniki graniczne, poza którymi słońce już nie wschodzi lub też nie zachodzi, znajdują się w takiej samej odległości ($B m = B_1 n$) od biegunów, ile wynosi nachylenie płaszczyzny ekliptyki do równika ($M_1 R_1$). Nazywają się one kołami biegunowymi i, jedno z nich jest północne, drugie południowe.

Widzimy dalej, że w tem położeniu promienie słoneczne padają pionowo nie w punkcie równika ziemskiego R_1 , lecz w punkcie M_1 , mającym szerokość geograficzną $M_1^* R_1$, równą nachyleniu ekliptyki do równika, t. j. $23\frac{1}{2}$ stopnia.

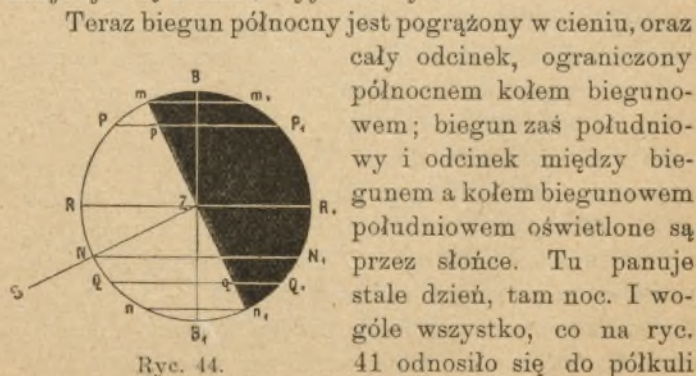
W okresie trzymiesięcznym, w którym słońce przeszło z położenia, przedstawionego na ryc. 42, do położenia takiego, jak na ryc. 43, koło graniczne światła i cienia stopniowo odchyłało się od kierunku osi ziemskiej, aż przyjęło położenie $m n_1$. Odcinki zatem, w których stale panowały dzień lub noc, stopniowo się powiększały, ale w ciągu tego całego czasu na biegunie północnym stale był dzień, na biegunie zaś południowym stale była noc. Z drugiej strony kierunek promieni słonecznych zmieniał się tak, że był on pionowym kolejno w punktach, przypadających pomiędzy R_1 a M_1 . A więc w pasie pomiędzy równikiem a ró-

wnoleżnikiem MM_1 , który nazywa się zwrotnikiem Raka, każdy punkt w pewnych chwilach miał słońce w zenicie.

Przez następne 3 miesiące słońce znowu zbliża się do równika. Powtarzają się więc, lecz w porządku odwrotnym, wszystkie te zjawiska, które zachodziły w poprzednim okresie 3-miesięcznym, aż znowu słońce znajdzie się na równiku. W ciągu więc całego półroczu, gdy słońce znajduje się na półkuli północnej, zawsze istnieje mniejszy lub większy odcinek, otaczający biegun północny, gdzie stale jest dzień, i taki sam odcinek dokoła bieguna południowego, gdzie stale trwa noc. Sam biegun północny przez całe to półrocze ma dzień, południowy zaś noc.

Gdy słońce znowu znajduje się na równiku, wszystkie warunki są zupełnie takie same, jak przedstawia ryc. 42.

Ale wtedy słońce przechodzi na półkulę południową i w ciągu trzech miesięcy oddala się od równika na $23\frac{1}{2}$ stopnia. Warunki, w jakich wówczas znajduje się ziemia, wyjaśnia ryc. 44.



Ryc. 44.

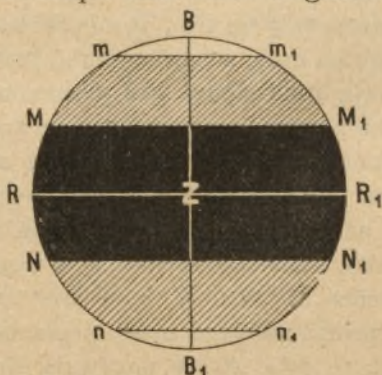
Teraz biegun północny jest pogrążony w cieniu, oraz cały odcinek, ograniczony północnem kołem biegunowem; biegun zaś południowy i odcinek między biegunem a kołem biegunowem południowym oświetlone są przez słońce. Tu panuje stale dzień, tam noc. I wogóle wszystko, co na ryc. 41 odnosiło się do półkuli

północnej, teraz odnosi się do półkuli południowej i odwrotnie. Równoleżnik NN_1 jest granicą dla tych punktów na półkuli południowej, które mogą mieć słońce w zenicie. Znajduje się on w szerokości geograficznej $23\frac{1}{2}$ stopnia na południe od równika i nosi nazwę zwrotnika Koziorożca.

Kiedy wreszcie słońce zaczyna się znowu zbliżać do równika z południowej półkuli, powtarzają się, ale w porządku odwrotnym, wszystkie zjawiska poprzedniego okresu 3-miesięcznego, aż wreszcie po upływie nowych trzech miesięcy słońce znajdzie się na równiku i powtórzą się warunki, przedstawione na ryc. 41.

Z opisanego wyżej przebiegu zmian widać przede wszystkim, że gdy na północnej półkuli ziemi jest po kolei wiosna, lato, jesień, zima, to w tym samym czasie na półkuli południowej jest odpowiednio jesień, zima, wiosna lato.

Dalej, jeżeli poprowadzimy na powierzchni ziemi dwa zwrotniki MM_1 i NN_1 i dwa koła biegunowe mm_1 i nn_1 (ryc. 45), to cała powierzchnia ziemi podzieli się na 5 części, zwanych strefami klimatycznymi. Część, zawarta między zwrotnikami, MM_1NN_1 , tem się odznacza, że słońce w każdym punkcie wewnątrz jej przypadającym, bywa w zenicie,



Ryc. 45.

a wogóle wznosi się tu wyżej ponad horyzont, niż w innych częściach ziemi. Skutkiem tego otrzymuje ona też większą ilość ciepła słonecznego, i dlatego jest to strefa gorąca. Słońce tu wschodzi i zachodzi codziennie, ale różnice długości dnia i nocy są nieznaczne; na samym zaś równiku, który przez środek tej strefy przebiega, przez cały rok dzień i noc trwają po 12 godzin.

Do tej strefy gorącej przylegają na północy i na południu dwie strefy MM_1mm_1 i NN_1nn_1 , zawarte pomiędzy zwrotnikami a kołami biegunowymi. I w tych strefach również słońce codziennie wschodzi i zachodzi, ale nigdy nie bywa w zenicie i nie osiąga tej wysokości nad horyzontem, co w strefie gorącej; a więc też promieniowanie ciepła słonecznego jest tu słabsze. Są to strefy umiarkowane; różnica pomiędzy latem a zimą zaznacza się w tych strefach wybitnie tak w długości dnia, jak i w stanie pogody.

Wreszcie dwie strefy, położone naokoło biegunów i ograniczone kołami biegunowymi, mBm_1 i nB_1n_1 , odznaczają się tem, iż miejscowości w nich leżące przez pewien czas, a przynajmniej przez jeden dzień w roku, mają stale słońce nad poziomem, i przez również długi okres czasu są go pozbawione zupełnie. Ten dzień biegunowy, a odpowiednio też noc biegunowa, trwają tem dłużej, im dalej ku biegunowi się posuwamy, a na samych biegunach dzień i noc trwają po pół roku. Zresztą nawet i w ciągu dnia biegunowego słońce nie wznosi się w tych strefach nigdy wysoko i promienie jego mało ciepła udzielają ziemi. Dlatego też te dwie strefy nazywają się zimnemi.

Dodajmy tu jeszcze, że pory roku na ziemi nie

są równe. Ponieważ ziemia biegnie w swej drodze z prędkością zmienną z powodu jej kształtu eliptycznego, więc i słońce na niebie pozornie przebiega 4 równe części ekliptyki, odpowiadające czterem porom roku, w różnych czasach. Na półkuli północnej wiosna trwa 93 dni, lato 94 dni, jesień 90 dni, zima 88 dni; na półkuli południowej te same długości mają odpowiednio jesień, zima, wiosna, lato. Ponieważ tam zima jest dłuższa a lato krótsze, więc też klimat jest na półkuli południowej surowszy, niż w tych samych szerokościach na półkuli północnej.

ROZDZIAŁ XX.

Warunki, panujące na księżycu.

Ziemia jest środkiem drugorzędnego układu, który tworzy wraz ze swym nieodłącznym towarzyszem, księżycem. Podobnie jak ziemia z punktu widzenia czysto astronomicznego nie zasługuje na jakieś wyróżnienie z całego szeregu planet, tak samo i jej księżyc nie ma większego znaczenia, niż księżyce, okrążające inne planety.

Tylko ta okoliczność, że to jest nasz księżyc, powoduje, że my, mieszkańcy ziemi, interesujemy się nim więcej, niż innymi i to tembardziej, że światło jego oddaje nam niemałe usługi.

Księżyc jest najbliższem ze wszystkich ciał niebieskich, dlatego też pomimo swych dość niewielkich rozmiarów, o których mówiliśmy poprzednio, przedstawia się nam jako okazała tarcza, na której wiele szczegółów dostrzedz można. Jest on też ze wszystkich ciał niebieskich najlepiej zbadany.

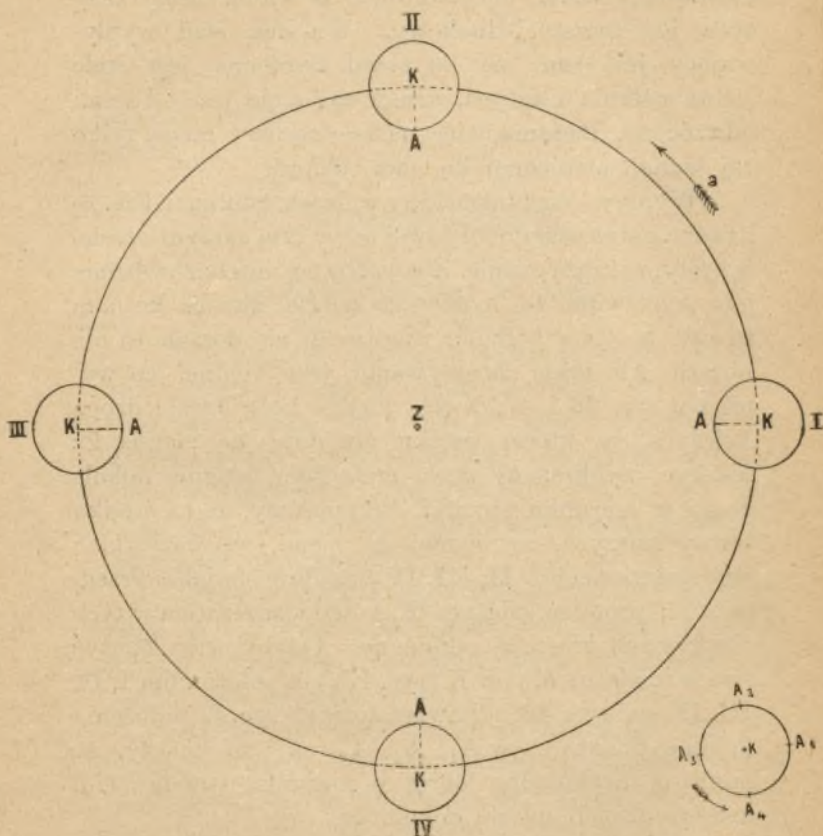
Już patrząc gołym okiem, dostrzegamy na tarczy księżycy plamy. Fantazya ludzka dopatruje się w nich zarysów twarzy ludzkiej, którą podanie lu-

dowe przypisuje Twardowskiemu, za karę przeniesionemu na księżyc. Oczywiście wzrok nieuprzedzony tej twarzy nie widzi, ale stwierdza, że widok tarczy księżyca jest zawsze jednakowy. Wniosek stąd wypływający jest ten, że ku ziemi zwrócona jest stale jedna półkula księżyca, druga zaś stale jest od ziemi odwrócona. Badania więc nasze dotyczyć mogą tylko tej jednej, zwróconej ku nam półkuli.

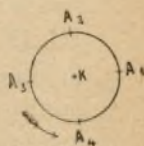
Wypływa stąd także inny wniosek, a mianowicie, że księżyc obraca się dokoła swej osi w tym samym czasie, w którym okrąża ziemię. Zdawałoby się mogło, że właśnie jest przeciwnie, że, ponieważ księżyc zwraca ku nam zawsze tę samą półkulę, więc wcale się dokoła osi nie obraca. Ale takie zapatrywanie jest błędne, co wynika z ryc. 46 i 47. Niech wielkie koło będzie drogą księżyca, w której środku znajduje się ziemia Z ; księżyc, wyobrażony przez małe koło, biegnie dokoła ziemi w kierunku strzałki. Przypuśćmy, że na środku tarczy księżyca, zwróconej ku ziemi, we wszystkich jego położeniach I, II, III, IV znajduje się jakiś przedmiot A ; promień księżyca KA wskazuje zatem w tych położeniach kierunki odmienne. Gdyby więc księżyc stał w miejscu, n. p. w K (ryc. 47), to położeniom I, II, III, IV na ryc. 46 odpowiadałyby na ryc. 47 położenia kolejnego punktu A w A_1, A_2, A_3, A_4 ; to znaczy, że punkt A wykonałby obrót w kierunku strzałki, t. j. księżyc obrócił by się dokoła osi.

Oś obrotu księżyca jest prawie prostopadła do ekliptyki, a równik jego schodzi się prawie z ekliptyką. Ponieważ okres obrotu księżyca, czyli doba jego, wynosi cały miesiąc, więc w każdym punkcie jego powierzchni dzień i noc trwają po 14 dni ziemskich. Powo-

duże to bardzo wielkie różnice w temperaturze dnia i nocy. W czasie dnia księżycowego gorąco jest tak wielkie, ja-



Ryc. 46.



Ryc. 47.

kiego nie możemy sobie wyobrazić na ziemi, a w nocy jest tak zimno, że mrozy podbiegunowych okolic ziemi wobec temperatury nocy księżycowej nazwałby można upałem.

Jest rzeczą wątpliwą, czy w takich warunkach mogłyby istnieć jakieś istoty żyjące; ale tych na księżycu niema z pewnością, gdyż brak na nim jednego z najważniejszych warunków życia — powietrza. O braku powietrza na księżycu przekonywają nas bardzo liczne spostrzeżenia, których tu wyjaśniać bliżej nie będziemy. Naturalnie bez atmosfery niemożliwe są też jakieś mgły lub chmury, któreby przysłaniać mogły powierzchnię księżyca; dlatego też powierzchnia ta występuje zawsze bardzo wyraziście, i nawet bardzo drobne szczegóły jej budowy z pomocą lunet astronomicznych dostrzeżone być mogą.

Bardzo dobre wyobrażenie o powierzchni księżyca, widzianej przez lunetę, daje ryc. 48. Dostrzegamy na niej przedewszystkiem wielkie plamy o zabarwieniu jednostajnem, ciemniejszym aniżeli otaczające je okolice. Plamy te zostały już w początkach badań księżyca nazwane morzami, chociaż z morzami nie mają nic wspólnego, gdyż na księżycu wody niema. Są to rozległe równiny, na których tylko gdzieś niedzie występują niewielkie wyniosłości. Jasne części tarczy księżyca są położone wyżej od mórz, i na nich rozpościerają się w przeważnej części góry księżycowe.

Wysokość gór księżycowych możemy badać prawie dokładniej, aniżeli wysokość gór ziemskich. Góry te bowiem, oświetlone z jednej strony przez słońce, rzucają ostre cienie po stronie przeciwnej. Cienie te łatwo dostrzedz może każdy, kto przez lunetę patrzy na księżyc; widać je również na załączonych fotografiach księżyca (ryc. 48, 49, 50).

Z długości cienia, którą dokładnie wymierzyć można, wysokość gór księżycowych daje się obliczyć.

Góry, zbliżone charakterem do gór ziemskich, są na księżycu dosyć nieliczne. Góry takie ciągną się prze-



Ryc. 48.

ważnie długimi łańcuchami wzdłuż brzegów mórz, ku którym spadają bardzo stromo, a po drugiej stronie mają spadek łagodniejszy.

Najwybitniejszym łańcuchem górskim na księżycu są Apeniny (rycina 49), które ciągną się blisko na 400 km. wzdłuż południowo-zachodniego wybrzeża „morza deszczów“. Grzbiet tych gór przebiega w wysokości



Ryc. 49.

około 4.000 mtr. od podstawy, a niektóre szczyty górskie mają wysokość, dochodzącą do 6 klm. Z innych łańcuchów górskich ważniejsze są: Karpaty, Kaukaz, Alpy, Pireneje i t. d.

Formami górskimi, najczęściej występującymi na księżycu, są t. zw. góry pierścieniowe i kratery, które powierzchni księżyca nadają charakter bardzo odrębny, w porównaniu z powierzchnią ziemi. Kratery księżycowe są to wyniosłości w postaci pierścienia mniej lub więcej regularnego. Wał taki górski spada zwykle stromo ku części wewnętrznej a znacznie łagodniej pochyla się ku stronie zewnętrznej, i otacza kotlinę, której dno znajduje się niekiedy o kilka klm. pod poziomem zewnętrznego podnóża. Dno tej kotliny bywa najczęściej płaskie i równe, ale często też pośrodku wznosi się stroma góra, której szczyt nigdy nie osiąga wysokości zewnętrznego wału. Kilka takich kraterów mniejszych i większych widzimy na ryc. 49.

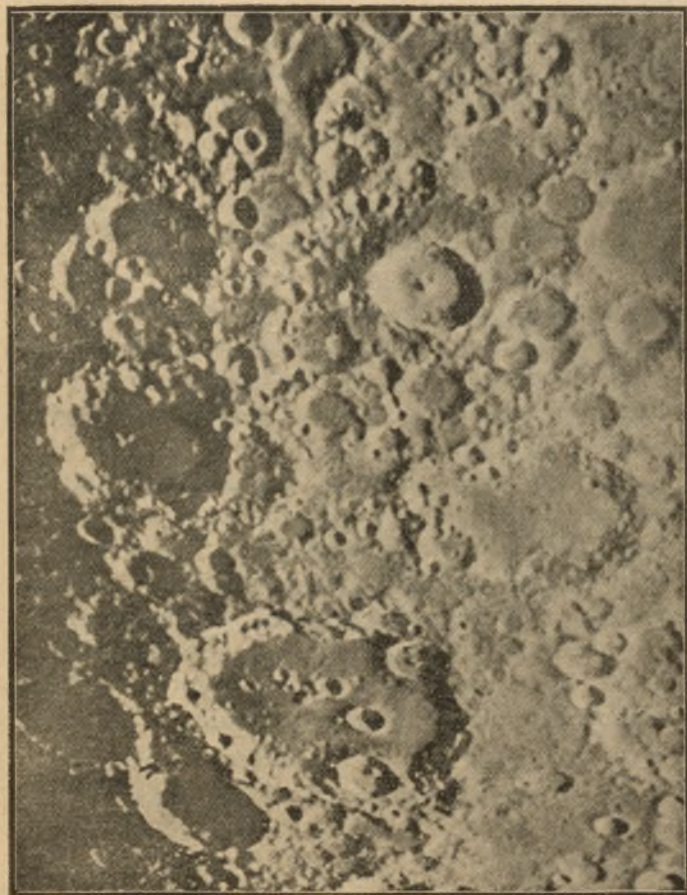
Kratery księżycowe w niektórych okolicach skupiają się w tak ogromnej ilości, że cała powierzchnia wygląda jak podziurawiona i przedstawia bardzo chaotyczny, dziki obraz.

Do najdzikszych, najbardziej złożonych, należy okolica krateru Tycho (ryc. 50).

Góry pierścieniowe tem się różnią od kraterów, że zajmują daleko większą powierzchnię, a zewnętrzny pierścień utworzony jest nie z jednego wału, ale z całych pasm i łańcuchów górskich, często w bardzo zawiły sposób poplątanych. Niektóre z nich zajmują powierzchnię, dochodzącą do 50.000 klm. kwadratów, a nawet i więcej. Wszystkich gór pierścienio-

wych i kraterów, które dokładniej zbadano, jest kilkadziesiąt tysięcy.

Do bardzo ciekawych utworów księżycowych należą jeszcze ciemne pręgi, ciągnące się na setki



Ryc. 50.

kilometrów, przecinając morza i łańcuchy górskie. Są to brózdry, powstałe skutkiem pękania skorupy księżyca i sięgające niekiedy do kilkuset metrów w głąb tej skorupy. Takich pręg znamy dotąd przeszło tysiąc.

Dalej zwracają uwagę, szczególnie w czasie pełni, jasne smugi, rozchodzące się promienisto od niektórych kraterów i nadające księżycowi wygląd, przypominający obraną pomarańczę. Najwybitniejszy układ smug rozchodzi się od krateru Tycho. Widać je na ryc. 48, na której krater Tycho widnieje w postaci okrągłej białej plamki, niedaleko górnego brzegu. Smugi te nie są to zagłębienia w skorupie księżycowej, ale wprost jakby linie, wzdłuż których silniej odbija się światło słoneczne, aniżeli w częściach przyległych. Są to prawdopodobnie popioły, zgromadzone w korytach, po których niegdyś z kraterów spływała wydobywająca się z nich lawa.

Bardzo wiele ciekawych szczegółów powierzchni księżyca odsłoniła nam fotografia, która w badaniach księżyca rozległe znalazła zastosowanie. Dzięki fotografii możliwem stało się badanie sił, które działały przy tworzeniu się powierzchni księżyca, i można oczekiwać w tej dziedzinie bardzo doniosłych wyników. Ryciny 49, 50, 51 są reprodukcjami zdjęć fotograficznych, zrobionych w obserwatorium paryskim.

ROZDZIAŁ XXI.

Mars. Jowisz. Saturn. Uran. Neptun. Powstanie układu planetarnego.

Poza ziemią, licząc od słońca, zaczyna się szereg planet górnych, z których pierwszą jest Mars. Z ziemi widzialny jest, jako jasna gwiazda o czerwonym zabarwieniu. Pod względem objętości Mars jest mniejszy od ziemi 7 razy, a pod względem masy 8 razy.

Mars pośród innych planet wyróżnia się tem, iż można dostrzedz na jego powierzchni wiele szczegółów, które pozwalają na dokładniejsze wnioski o jego przyrodzie. Liczne trwałe utwory jego powierzchni pozwoliły z całą ścisłością wyznaczyć okres jego obrotu dookoła osi, oraz określić położenie tej osi.

Tak okres obrotu, czyli dzień Marsa, wynoszący 24 godzin 37 minut 23 sekundy, jak i nachylenie płaszczyzny jego równika do płaszczyzny drogi, wynoszące 25 stopni, bardzo zbliżają się do odpowiednich liczb, odnoszących się do ziemi. Wynika stąd, że zmiana dnia i nocy, oraz pory roku zachodzą na Marsie w sposób podobny, jak na ziemi; tylko ponieważ okres obiegu Marsa dookoła słońca wynosi 687 dni,

biegające po lądach i łączące ze sobą dwa morza, lub też morza z jeziorami. W przebiegu kanałów i rozmieszczeniu ich dostrzega się prawidłowość tak nadzwyczajną, że powstało przypuszczenie, iż są one dziełem istot rozumnych, żyjących na Marsie. Jednakże gdy uprzytomnimy sobie rzeczywiste rozmiary kanałów, należy przypuszczenie takie uważać za niedorzeczne. Nie przeczy to zresztą możliwości istnienia istot żywych na Marsie wobec warunków, które tak przypominają warunki ziemskie; ale objawy tego życia dotąd z ziemi dostrzeżone nie zostały.

Dokoła każdego z biegunów Marsa znaczną przestrzeń zajmują plamy o wybitnie białej barwie. Plamy te wzrastają i maleją peryodycznie, zależnie od tego, czy na danym biegunie jest lato, czy też zima, t. j. czy jest on oświetlony przez słońce, czy pograżony w cieniu. Sprawia to wrażenie, iż plamy tają pod wpływem słońca, co przypomina znikanie naszych śniegów z nastaniem wiosny.

Pomiędzy plamami a kanałami zdaje się zachodzić ścisły związek. Gdy południowa plama znika całkowicie w czasie lata, kanały występują bardzo obficie na półkuli południowej, są przytem szerokie i wyraźne. Gdy południowa plama rośnie wraz ze zbliżaniem się zimy, kanały powoli znikają. Sprawia to wrażenie, że kanałami odpływa ciecz, powstająca przez tajanie ciała, z którego tworzą się plamy biegunowe i za ich pośrednictwem rozprowadzana jest po całej powierzchni Marsa.

Spostrzeżenia te, stwierdzające niezbicie istnienie na Marsie materji w stanie płynnym, są jednocześnie dowodem istnienia na nim atmosfery, gdyż brak ci-

śnienia atmosferycznego spowodowałby natychmiastowe ulotnienie się cieczy. Czem jest ta ciecz na Marsie i z czego składają się białe plamy biegunowe, tego dotąd nie wiemy. Mogłaby to być woda i śnieg, jak na ziemi; ale przezroczystość niezwyklej atmosfery Marsa, w której mgły lub chmury są rzadkością, zdaje się zaprzeczać takiemu przypuszczeniu. Niektórzy astronomowie sądzą, że jest to kwas węglowy, który skrapla się dopiero w temperaturze 25° poniżej zera.

Dokoła Marsa krążą dwa drobne księżyce, których średnice mają długość 8 i 9 klm. Z ziemi za ledwo są dostrzegalne, jako drobne gwiazdki. Oba te księżyce znajdują się bardzo blisko Marsa, i bliższy obiega planetę w ciągu 7 godzin 39 minut, t. j. 3 razy przeszło w ciągu jednej doby Marsa. Drugi księżyc Marsa ma okres obiegu 30 godzin 18 minut.

Następną planetą wielką za Marsem jest Jowisz. Pomiedzy Marsem a Jowiszem rozpościera się ogromna przestrzeń, w której krąży mnóstwo drobnych planet, czyli planetoid; dzisiaj znamy ich przeszło 800. Drobne te ciała niebieskie widzialne są tylko przez teleskopy, a masa ich wszystkich razem wynosi tylko nieznaczny ułamek masy ziemskiej. Największe planetoidy są: Ceres, Pallas, Juno i Westa.

Jowisz rozpoczyna szereg wielkich planet, znacznie przewyższających rozmiarami ziemię. Sam on jest największą planetą całego układu. Pod względem objętości przewyższa on ziemię 1400 razy, a pod względem masy 310 razy. Stąd oblicza się, że średnia gęstość Jowisza jest 5 razy mniejsza od gęstości ziemi, t. j. zbliża się do gęstości czystej wody. Z ziemi

Jowisz przedstawia się jako jasna gwiazda o spokojnem żółtem świetle.

Z obserwacyi plam, widzialnych na powierzchni Jowisza, znaleziono, że olbrzymia ta kula planetarna obraca się dokoła swej osi w przeciągu 9 godzin 57 minut. Dzień na Jowiszu zatem wynosi mniej, niż połowę dnia ziemskiego.

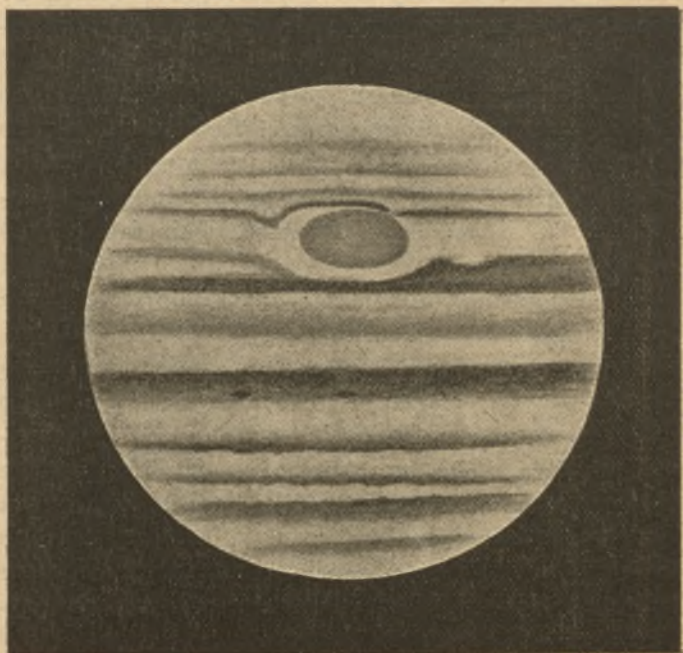
Płaszczyzna równika Jowisza nachylona jest do płaszczyzny jego drogi bardzo nieznacznie, tak że pory roku, podobne do ziemskich, na nim nie istnieją. W ciągu całego roku Jowiszowego, wynoszącego prawie 12 lat ziemskich, dni i noce mają tam prawie jednakową długość.

Powierzchnia Jowisza (ryc. 52) nie przedstawia takiego bogactwa szczegółów, jak powierzchnia Marsa. Charakterystyczne dla Jowisza są pasma, ciągnące się na całej jego powierzchni równolegle do równika, po obu jego stronach, z których środkowy, najwybitniejszy, rozciąga się na szerokość około 20 stopni. Pasy te są zmienne co do szerokości i wyrazistości, a na ich powierzchni występują często plamy większe lub mniejsze, odznaczające się niekiedy znacznym stopniem trwałości; one to właśnie pozwalają na dokładne wyznaczenie okresu obrotu Jowisza.

Jednakowoż trwałych utworów, jak na przykład lądy lub morza Marsa, na Jowiszu nie stwierdzono. Do trwalszych utworów należy wielka owalna czerwona plama, która, zmieniając rozmiary i wyrazistość, już z górą przez lat 30 jest obserwowana. Widzimy ją też wyraźnie na naszej rycinie w górnej połowie pośrodku.

Plamy Jowisza są prawie bez wyjątku ruchome,

i pod tym względem przypominają plamy słońca. Nie są to utwory, leżące na jakiejś trwałej podstawie, lecz unoszą się one prawdopodobnie w atmosferze Jowisza. Wiele innych szczegółów również przemawia za tem,



Ryc. 52.

że powierzchni Jowisza właściwej nie widzimy wcale, lecz tylko otaczającą go gęstą atmosferę.

Być może zresztą, iż bardzo wybitne utwory powierzchniowe, częściowo własne światło wysyłające, przezierają niekiedy przez tę gęstą warstwę atmosferyczną i do takich należy zapewne wielka plama czerwona.

W każdym razie zmiany, które zachodzą w atmosferze Jowisza, nie mogą być wynikiem działania ciepła słonecznego, jak na ziemi, gdyż działanie słońca jest na Jowiszu blisko 30 razy słabsze, niż na ziemi. Trzeba przypuścić, że odbywają się one pod działaniem własnego ciepła Jowisza, za czem przemawia też wielkość tej planety. Nie posiada ona zapewne jeszcze takiej skorupy zewnętrznej, jak ziemia, która zapobiega przedostawaniu się ciepła z jej wnętrza ognistego na powierzchnię. Jowisz zatem znajduje się jeszcze w stanie, przypominającym do pewnego stopnia stan słoneczny.

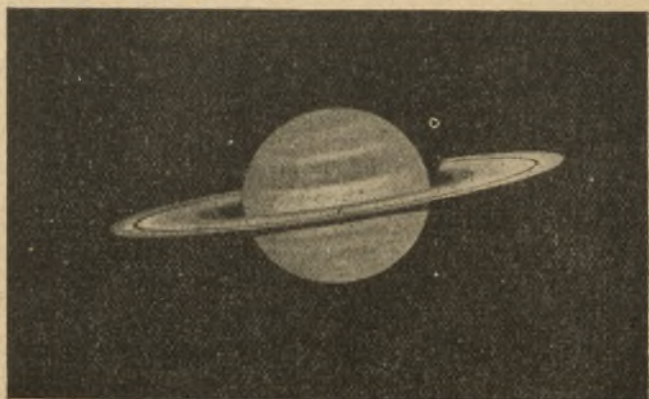
Jowisz jest środkiem liczego układu księżyców, z których cztery wielkie znane są od chwili, gdy Galilei poraz pierwszy obserwował Jowisza za pomocą lunety, cztery zaś bardzo drobne odkryte zostały w czasach ostatnich. Wielkie księżyce Jowisza pod względem rozmiarów prawie dorównywiają kuli ziemskiej, ale z powodu znacznej odległości, która je od nas dzieli, wiadomości o ich budowie są bardzo skąpe.

Następna planeta Saturn pod wielu względami podobna jest do Jowisza, ustępuje mu jednak rozmiarami. Pod względem objętości przewyższa on ziemię 700 razy, pod względem zaś masy 92 razy. Wynika stąd gęstość Saturna 8 razy mniejsza, aniżeli gęstość ziemi, i znacznie mniejsza od gęstości wody; Saturn więc, gdyby go rzucić na jakieś wielkie zbiornisko wodne, pływałby sobie swobodnie.

Ze wszystkich ciał układu słonecznego Saturn posiada najmniejszą gęstość, co przemawia za tem, że Saturn, podobnie jak Jowisz, znajduje się jeszcze w stanie na pół słonecznym, t. j. że dotąd nie posiada

stałej skorupy, lecz utworzony jest z samych par i gazów.

Z ziemi Saturn przedstawia się gołemu oku, jako dosyć jasna gwiazda o matowem białem świetle. Ale już przez niewielką lunetę dostrzedz można, że Saturn nie jest pojedynczą kulą, jak inne planety, lecz otoczony jest jasnym rozległym pierścieniem (ryc. 53). Pierścień ten, na który patrzymy ukośnie,



Ryc. 53.

ma zwykle postać mniej lub więcej wydłużonej elipsy, która przechodzi w linię prostą, gdy ziemia znajduje się w płaszczyźnie pierścienia. Jest to wówczas nadzwyczaj cieniutka smuga światła, którą nawet za pomocą największych narzędzi zaledwie dostrzedz można; znaczy to, że pierścień Saturna jest bardzo cienki.

Na powierzchni Saturna, podobnie jak na Jowisz, widzieć można smugi, przebiegające równoległe do

jego równika, ale o wiele mniej wyraziste, prawdopodobnie skutkiem daleko większej odległości Saturna.

Obserwacje oddzielnych plam, które w ciągu dłuższego czasu pozostają na jego powierzchni, pozwoliły dosyć dokładnie wyznaczyć okres obrotu Saturna dookoła osi. Wynosi on 10 godzin 14 minut, a więc tylko nieznacznie przewyższa długość dnia Jowiszowego. Płaszczyzna równika Saturna nachylona jest do płaszczyzny jego drogi pod kątem 27° , skąd wynika, iż Saturn posiada, jak ziemia, 4 pory roku, trwające po 7 lat. Lecz wielka odległość słońca od Saturna jest przeszkodą, aby te 4 pory roku różniły się wybitnie, i o warunkach, panujących na Saturnie, decyduje jego wewnętrzne ciepło.

To też wszelkie zmiany, dostrzegalne na Saturnie, nie wykazują żadnej zależności od pór roku.

Zjawisko pierścienia Saturna jest jedyne w swoim rodzaju, podobnych pierścieni nie posiada żadna planeta. Dokładniejsze obserwacje wykazały, że są to właściwie trzy pierścienie o coraz większej średnicy, oddzielone niewielkimi przerwami. Wydają się one okrągłymi i leżą w płaszczyźnie równika Saturna.

Zagadka ich budowy dopiero w czasach ostatnich została ostatecznie rozwiązana. Składają się one z mnóstwa drobnych oddzielnych ciałek, które wszystkie krążą dookoła Saturna z prawa na lewo, z prędkością tem większą, im mniejsza jest odległość ich od Saturna, zgodnie z trzeciem prawem Keplera.

Saturn posiada 10 księżyców, o których wiadomości dotąd mamy niewiele.

Następna planeta Uran widzialna jest gołym okiem, jako drobna gwiazda, i tylko przy dokładnej

znajomości nieba może być od mnóstwa podobnych gwiazdek odróżniona.

Pod względem rozmiarów swych rzeczywistych zajmuje Uran trzecie miejsce w układzie słonecznym. Przewyższa kulę ziemską pod względem objętości 76 razy, a pod względem masy 14 razy. Gęstość jego średnia dokładnie prawie równa się gęstości wody.

Wielka odległość Urana czyni skuteczne badanie jego powierzchni prawie niemożliwym. Niektóre spostrzeżenia przemawiają za tem, że pod względem swej budowy jest on podobny do Jowisza i Saturna. Nader rzadko pojawiające się na jego powierzchni plamy i smugi nie pozwoliły dotąd dokładnie zbadać ruchu wirowego Urana. Okres jego obrotu dookoła osi zdaje się być jeszcze krótszym, niż okres obrotu Jowisza.

Uran ma 4 księżyce, które tem się różnią od księżyców innych planet, że okrążają Urana w kierunku wstecznym, t. j. z lewa na prawo.

Ostatnią planetą naszego układu jest Neptun. Głośny on jest z tego powodu, że, zanim jeszcze został odkryty, wywnioskowano o jego istnieniu na podstawie pewnych drobnych nieregularności w ruchach sąsiedniego Urana, które były spowodowane przyciąganiem Neptuna.

Na podstawie tych nieregularności ruchów Urana astronom francuski *Leverrier* obliczył drogę Neptuna i wskazał miejsce na niebie, gdzie go szukać należało.

Neptun jest jedyną z wielkich planet, którą tylko przez lunetę dostrzedz można. W rzeczywistości przewyższa on ziemię 55 razy pod względem objętości, a 17 razy pod względem masy. Gęstość ma

większą, aniżeli 3 poprzednio opisane planety, jest więc bryłą dosyć znacznie skupioną.

O ruchu wirowym Neptuna oraz o warunkach fizycznych, panujących na nim, posiadamy wiadomości bardzo nieliczne i niepewne. Dokoła Neptuna krąży jeden księżyc, który, podobnie jak księżyc Urana, ma ruch wsteczny.

Biorąc pod uwagę układ słoneczny jako całość, dostrzegamy w nim cechy, które każą się domyslać, że ruchy ciał, tworzących ten układ, mają wspólną przyczynę. W jaki sposób powstał układ słoneczny, tego dotąd nie wiemy dokładnie. W tym kierunku czyniono bardzo liczne poszukiwania, które są wszakże przeważnie tylko dalszem rozwinięciem głośnego pomysłu wielkiego astronoma francuskiego Laplace'a.

Według dzisiejszego stanu nauki, możemy ten pogląd streścić w sposób następujący. Pierwotnie materia dzisiejszego układu słonecznego w postaci olbrzymiej kuli gazowej wypełniała w stanie niezmiernie rozrzedzonym całą przestrzeń aż po drogę Neptuna. Kula ta miała bardzo powolny ruch wirowy dokoła osi, której kierunek mało się różnił od dzisiejszego kierunku osi słońca. Temperatura tworzących ją gazów była bardzo niska. Przyciąganie cząstek tej kuli, skierowane ku środkowi, powodowało kurczenie się jej, skutkiem czego był coraz szybszy ruch obrotowy.

Wraz z prędkością tego ruchu wzrastało natężenie siły odśrodkowej, które w pewnych momentach przewyższało siłę przyciągania, działającą w kierunku przeciwnym. Wskutek tego w pasie równikowym od-

dzielił się pierścień materii, wirujący nadal w tym samym kierunku, co kula.

Z biegiem czasu, w miarę coraz większego kurczenia się kuli, oddzielił się kolejno cały szereg takich pierścieni, mianowicie tyle, ile jest planet w układzie. Laplace uważał pierścienie Saturna za utwory, powstałe w sposób podobny, które wyjątkowo przetrwały aż dotąd.

Pierścienie planetarne nie odznaczały się trwałością i pod wpływem czy to wzajemnego przyciągania, czy też działania sił zewnętrznych, rozdzierały się na części, które potem łączyły się ze sobą, przybierając postać kulistą. Kule te biegły w tym samym kierunku, w którym wirował pierścień, a zarazem same otrzymywały ruch wirowy dookoła osi, prostopadłych do płaszczyzny dróg. W ten sposób powstały planety.

Z kul planetarnych z biegiem czasu w sposób podobny, przez oddzielanie się pierścieni, utworzyły się księżyce.

Pytanie, jak wytworzył się wszechświat, a w szczególności układ słoneczny, należy do najciekawszych i najdonioślejszych zagadnień nauki. Nic dziwnego, iż największe umysły nie miały się zająć. Ażeby zrozumieć wszakże wnioski, do których nauka doszła, należy mieć już głębsze przygotowanie naukowe, i dlatego w tej książeczce nie mogą być szerzej uwzględnione.

ROZDZIAŁ XXII.

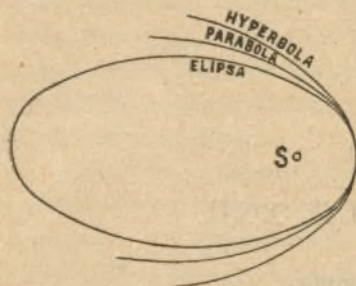
Komety.

Nie wspomnieliśmy dotąd nic o kategorii ciał niebieskich, które nie zawsze mogą być obserwowane, ale niekiedy pojawiają się w postaci bardzo świetnej i działającej na wyobraźnię szerokich warstw ludności. Mamy na myśli k o m e t y. Komety przybywają do układu słonecznego z rozległych przestrzeni międzygwiazdnych; ale, dostawszy się do niego, zmuszone są przebiegać drogi, których kształt zależy od przyciągania słońca. Drogi te, jak już wykazał Newton, nie koniecznie muszą mieć kształt elips, jakimi są drogi planet. Mogą one też mieć kształt p a r a b o l i lub h y p e r b o l i, t. j. linii krzywych, wyobrażonych na ryc. 54. Elipsa jest krzywą zamkniętą, parabola i hyperbola są to krzywe otwarte.

Kometa, która biegnie po takiej krzywej otwartej, zbliżywszy się do słońca na odległość niewielką, potem już stale się od niego oddala i wraca do tych przestrzeni międzygwiazdnych, z których przybyła. Po takich krzywych otwartych biegnie przeważająca liczba

komet. Mogą więc one raz tylko być widziane z ziemi, a potem giną dla niej na wieki.

Nieliczne tylko komety biegną po elipsach, i te



Ryc. 54.

są stałymi członkami układu słonecznego; stają się one widzialnymi dla nas zawsze wtedy, kiedy zbliżą się do słońca i do ziemi na małą odległość, t. j. gdy kometa znajduje się w bliskości punktu przysłonecznego swej drogi. Ale drogi eliptyczne komet różnią się

tak znacznie od dróg planet, iż sama ta różnica wystarcza do wniosku, iż komety i planety mają pochodzenie odmienne. Elipsy, po których krążą komety, są bardzo wydłużone, płaszczyzny tych elips są zazwyczaj odchylone znacznie od płaszczyzny ekliptyki, a ruch komet w tych drogach bywa równie często prosty, jak i wsteczny.

Komety pojawiają się zazwyczaj niespodzianie wtedy, kiedy znajdują się blisko punktu przysłonecznego swej drogi. Tylko komety, biegnące po elipsach, powracają peryodycznie, i powrót ich można z góry przewidzieć.

Pośród komet peryodycznych wielki rozgłos posiada kometa Halleya, ponieważ jest ona z powracających jedyną, którą gołym okiem widzieć można. Ostatni powrót tej komety w roku 1910 znajduje się w pamięci wszystkich; zasługuje on na szczególną uwagę z tego względu, że ziemia w czasie tego po-

wrotu przechodziła przez ogon komety. Obawy, które dawniej wzbudzały komety, a szczególnie strach przed spotkaniem się z kometą, zostały tym faktem ostatecznie usunięte, gdyż przejście ziemi przez ogon nie spowodowało żadnej katastrofy, a objawiło się tylko wystąpieniem szeregu pięknych zjawisk świetlnych w atmosferze ziemskiej.

O tem, że ze strony komet nie może nam grozić żadne niebezpieczeństwo, astronomowie wiedzieli już bardzo dawno. Wynika to przede wszystkim z faktu, iż komety mają nadzwyczaj małą masę, zupełnie znikomą w porównaniu z masami planet lub księżyców. Materya, z której się składają komety, jest tak lekka i przezroczysta, iż światło gwiazd przechodzi przez nią zupełnie nieosłabione. Są one skupieniem drobnych ciał stałych, otoczonych nadzwyczaj rzadką materią lotną.

Komety same przez się nie posiadają światła, gdy znajdują się w wielkich odległościach od słońca. Gdy zbliżają się do słońca, stają się widzialnymi początkowo dzięki odbitym od nich promieniom słonecznym, podobnie jak planety, a następnie pod wpływem słońca same zaczynają świecić, co objaśnia się wyładowaniami elektrycznymi, które zachodzą w tworzącej je materii. Jednocześnie objawiać się zaczyna odpychające działanie słońca na cząsteczki komety, skutkiem którego wytwarza się jasny ogon, odwrócony od słońca.

Materya ogona częściowo utworzona jest z par i gazów, wydzielanych z najbardziej zgęszczonej części komety, t. j. jądra, pod wpływem ciepła słonecznego. Niektóre komety bowiem w punkcie przysłonecznym zbliżają się do słońca znacznie bardziej, aniżeli Mer-

kury, i skutkiem tego podlegają bardzo silnemu promieniowaniu słońca, a znane są też komety, które przebiegały przez jego koronę, ocierając się prawie o powierzchnię fotosfery. Taką była n. p. wielka kometa roku 1843, której ogon rozciągał się prawie na pół nieba (ryc. 55). Do piękniejszych komet zaliczyć można kometa z r. 1811, opisaną w „Panu Tadeuszu” (ryc. 56), kometa styczniową z r. 1910 (ryc. 57) i inne.

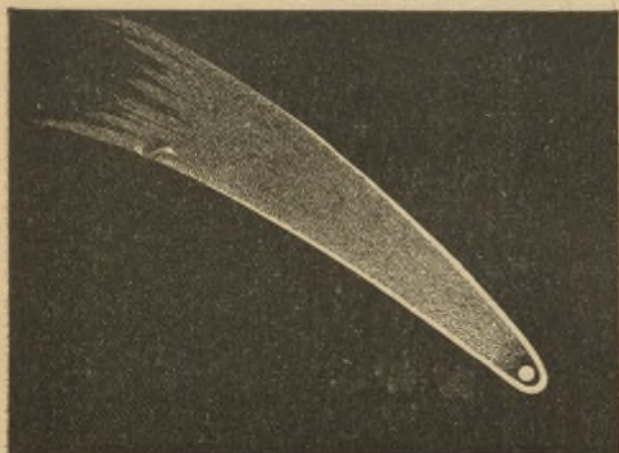


Ryc. 55.

Sposób tworzenia się ogonów komet, a szczególnie fakt, iż ogony są wydzielinami jądra, które samo zawsze posiada masę znikomo małą, świadczy, iż te bardzo niekiedy wspaniałe zjawiska powstawać mogą przy tak małej ilości materii, jaką z trudnością wyobrazić sobie możemy. Objawia się tu w całej swej wielkości cudowna prawie potęga przyrody.

Świecenie ogonów również przypisać należy wyładowaniom elektrycznym, podobnym do tych, jakie

zachodzą w rurkach, z których prawie całkowicie zostało usunięte powietrze, gdy przez nie przechodzi prąd elektryczny. Analiza widmowa wykazała, iż gazy, z których składają się komety, są to głównie związki węgla i wodoru, oraz węgla i azotu. Prócz tego stwierdzono na nich pary sodu i żelaza.



Ryc. 66.

Komety należą do zjawisk dosyć częstych. Corocznie odkrywa się ich obecnie 5 lub 6, i liczba ta wzrasta, w miarę jak doskonalszą się środki obserwacyi. Naturalnie są to przeważnie komety teleskopowe, gołym okiem niewidzialne.

O wiele rzadszemi są komety jasne, ale i tych pojawia się przecięciowo około 10 na sto lat; jednakże pojawiają się one w odstępach czasu nieregularnych, i zdarza się czasem, że świeci ich kilka jednocześnie, jak to było n. p. w roku 1882, a niekiedy i 30 lat

czekać trzeba na pojawienie się jasnej komety. Pomiedzy kometami, których powrotu nie można przewidzieć, zdarzają się prawdopodobnie też komety peryodyczne. Ale okresy powrotu mogą być tak



Ryc. 57.

długie, że trzeba by cofnąć się w bardzo odległe czasy, z których do nas żadne wiadomości już nie doszły, ażeby stwierdzić, że kometa już dawniej była widziana. Takich komet peryodycznych, których okres obiegu mniej niż 100 lat wynosi, znamy dziś około 30. Najkrótszy ze znanych okres, wynoszący $3\frac{1}{2}$ roku, posiada kometa Enckego. Kometa Halleya ma okres 76-letni i wszystkie jej powroty, obejmujące okres przeszło 2.000 lat, można było stwierdzić w notatkach, pochodzących z tych czasów, gdy była widzialna. Bardzo wiele takich spostrzeżeń zawierają kroniki chińskie. Jestto pierwsza kometa, której peryodyczność została stwierdzona przez angielskiego astronoma Halleya, który ją obserwował w roku 1682.



Ryc. 58.

Na ryc. 58 wyobrażona jest ta kometa w czasie ostatniego jej powrotu, gdy jasność jej była największa.

ROZDZIAŁ XXIII.

Gwiazdy spadające. Aerolity.

Każdej nocy pogodnej, gdy się dłuższy czas spogląda na niebo gwiazdziste, można dostrzedz zjawisko, znane pod nazwą g w i a z d s p a d a j ą c y c h. Polega ono na tem, iż na niebie pojawia się isierka światła. podobna do gwiazdy, przebiega większy lub mniejszy łuk pośród gwiazd, i po kilku chwilach ginie. Całe zjawisko trwa zwykle tylko małą część sekundy i sprawia wrażenie, jak gdyby gwiazda urwała się ze sklepienia niebieskiego i spadła na ziemię.

Wielu ludzi sądzi, że to w rzeczywistości gwiazdy spadać mogą. Ale skoro sobie uprzytomnimy, czem są gwiazdy i jakie są ich odległości od nas, to takie zapatrywanie musi się nam wydać bardzo nieprawdopodobnem. Zresztą, pomimo że gwiazdy spadające widzieć można każdej nocy, a niekiedy pojawiają się nawet bardzo obficie, to każdy, obeznany jako tako z obrazem nieba gwiazdzistego, łatwo przekonać się może, że nigdy żadnej z gwiazd na niebie nie braknie.

Aby się dowiedzieć, czem są gwiazdy spadające,

należy przedewszystkiem zapytać, jaka jest ich odległość od nas. Wyobraźmy sobie, że dwóch obserwatorów zajmuje dwa stanowiska, niezbyt od siebie odległe, n. p. kilkanaście kilometrów, i każdy z pomocą map, przedstawiających niebo gwiazdziste, określa drogę gwiazdy spadającej pośród gwiazd, przez które ona przebiega. Okazuje się, że ta sama gwiazda spadająca widzialna jest z tych dwóch miejsc na innej części nieba.

Takie spostrzeżenia pozwalają określić odległość gwiazdy spadającej. Wynika z nich, że zjawisko zachodzi w bezpośrednim naszym sąsiedztwie, w odległości mniej więcej kilkudziesięciu kilometrów, a więc w granicach otaczającej ziemi atmosfery.

Spostrzeżenia podobne pokazują, że gwiazda spadająca biegnie przez atmosferę z olbrzymią prędkością, wynoszącą przecięciowo 44 klm. na sekundę, t. j. tak wielką, jaka na ziemi powstać nie może. Znaczy to, iż przybywają one do atmosfery ziemskiej z zewnątrz, t. j. z przestrzeni międzyplanetarnej.

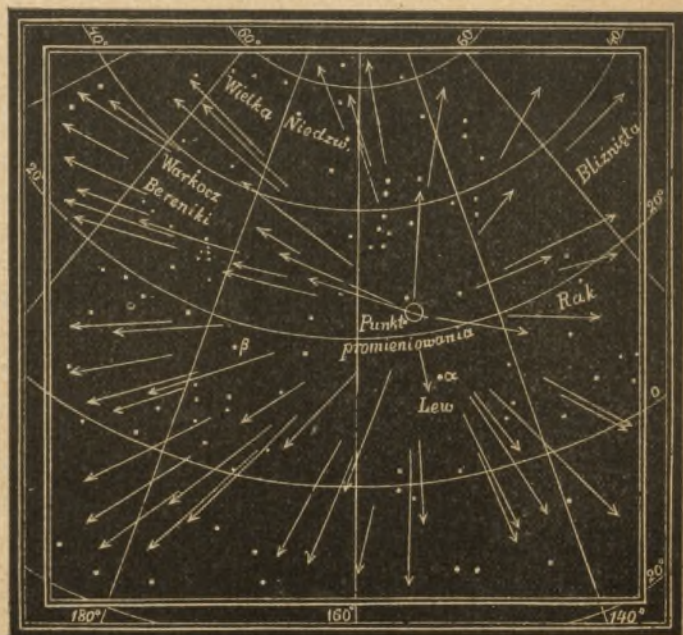
Prędkość ta objaśnia nam też istotę zjawiska. Drobne ciałko, biegnąc z tak wielką prędkością, gdy wdziera się do atmosfery, doznaje w niej tak silnego oporu czyli tarcia, iż rozgrzewa się do bardzo wysokiej temperatury, rozżarza się i ulatnia.

Czas trwania zjawiska świadczy, iż ułamek sekundy wystarcza, ażeby to rozżarzenie się i ulotnienie materii gwiazdy spadającej się dokonało. Wynika stąd, iż masa tych ciałek jest bardzo niewielka i przeciętnie zaledwie kilka gramów wynosi.

Bacniejsze i codziennie całemi nocami robione obserwacje gwiazd spadających pozwoliły w ich pojawianiu się wykryć prawidłowość, która w następ-

stwie doprowadziła do poznania pochodzenia tych drobnych, wdzierających się do naszego powietrza ciałek.

W czasach, kiedy gwiazdy spadające ukazują się w bardzo wielkiej obfitości, na przykład w pierwszej połowie sierpnia, najłatwiej się przekonać, iż łuki, zakreslane na niebie przez gwiazdy spadające, przedłużone w kierunku przeciwnym ich ruchowi, przecinają się na niebie w jednym punkcie. Sprawia to wrażenie, że z tego punktu wszystkie gwiazdy spadające wychodzą. Taki punkt nazywa się punktem pro-



Ryc. 59.

mieniowania, a gwiazdy spadające, wychodzące z jednego punktu, tworzą rój.

Wyjaśnia to rycina 59, na której strzałki oznaczają gwiazdy spadające, oraz kierunki ich biegu. Rycina ta odnosi się do roju listopadowego, o którym zaraz będzie mowa. Gwiazdy spadające, obserwowane w różnych czasach, należą do rozmaitych rojów, z których każdy posiada na niebie swój określony punkt promieniowania; niekiedy zresztą równocześnie występują gwiazdy spadające, należące do różnych rojów.

Roje przeważnie są ubogie w gwiazdy spadające, ale niektóre punkty promieniowania wyrzucają ich wielką liczbę. Gwiazdy spadające, ukazujące się w pierwszej połowie sierpnia, należą do bardzo bogatego roju, którego punkt promieniowania znajduje się w gwiazdozbiorze Perseusza; dlatego nazywają się one *Perseidami*.

Lud często nazywa je łzami świętego Wawrzyńca, gdyż w dniu św. Wawrzyńca, t. j. 10. sierpnia, ukazują się najobficiej. Aż do ostatnich czasów bardzo bogatym był rój, występujący w połowie listopada. Gwiazdy spadające tego roju znane są pod nazwą *Leonidów*, ponieważ punkt ich promieniowania znajduje się w gwiazdozbiorze Lwa. W końcu listopada pojawiają się gwiazdy spadające, zwane *Andromedaidami*, których punkt promieniowania znajduje się w gwiazdozbiorze Andromedy.

Podobnych rojów, lecz o wiele uboższych, znanych jest przeszło 1000, i punkty ich promieniowania rozrzucone są po całym niebie. Gwiazdy spadające z danego punktu promieniowania ukazują się zawsze tylko w pewnym określonym dniu roku.

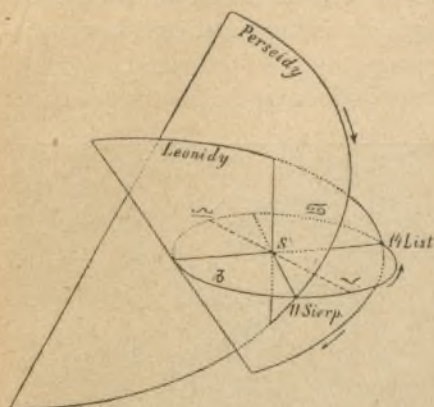
Ale gwiazdy spadające jakiegoś roju nie corocznie się ukazują, a jeżeli się nawet ukazują, to niejednakowo obficie w różnych latach. Badania wykryły w pojawianiu się gwiazd spadających peryodyczność, a zarazem wykazały u różnych rojów okresy różnej długości. Tak n. p. stwierdzono dla roju Leonidów okres 33-letni, dla Andromedaidów okres 7-letni i t. d.

Ta okresowość rojów doprowadziła do zrozumienia ich pochodzenia. Stwierdzono mianowicie, że znane są komety peryodyczne, mające ten sam okres obiegu, co wspomniane roje gwiazd spadających, i że roje te odznaczają się największem bogactwem w tych latach, w których odpowiednia kometa przechodzi niedaleko drogi ziemskiej.

Z drugiej strony położenie punktu promienionowania na niebie i okres roju pozwalają obliczyć drogę roju w założeniu, że, jak na to wskazuje prędkość gwiazd spadających, biegnie on dokoła słońca. Okazało się w ten sposób, że rój listopadowy biegnie po tej samej drodze, co pierwsza kometa roku 1866, a rój sierpniowy w tej samej drodze, co trzecia kometa 1862 roku. I dla niektórych innych rojów znaleziono takie odpowiadające im komety.

Związek komet z rojami gwiazd spadających, który tak niewątpliwie ze wspólności ich dróg wynika, objaśnia się w sposób następujący. Kometa, która, jak wiemy, jest skupieniem drobniutkich ciałek, rozprasza je z biegiem czasu wzdłuż swojej drogi. Jeżeli droga komety przecina się z drogą ziemi, to ziemia, znalazłszy się w punkcie przecięcia się jej drogi z drogą komety, napotyka znajdujące się w tem miejscu ciała

kometarne. Te, wdzierając się do powietrza, rozżarzają się, i powstaje dla naszych oczu gwiazda spadająca. Tak na przykład na ryc. 60 widzimy, że droga, po której biegą Leonidy, przecina się z drogą ziemi (mała elipsa) w d. 14. listopada, droga zaś Perseidów — w dniu



Ryc. 60.

11. sierpnia. Około tych dat więc tylko ziemia może się spotykać z ciałkami, które w tych drogach krążą.

Gwiazdy spadające należą do kategorii t. zw. meteorów astronomicznych. Tak nazywają się zjawiska, które zachodzą w atmosferze ziemskiej, ale

których pochodzenie jest pozaziemskie, czyli kosmiczne. Prócz gwiazd spadających dosyć często ukazują się na niebie ciała większych rozmiarów, t. zw. kule ogniste, które niekiedy bywają bardzo duże i rozmiarami nie ustępują tarczy księżyca lub słońca. Czasami rozpryskują się one na części, czemu towarzyszy głuchy huk lub szum.

Są to ciała rozmiarów znacznych, które wdzierają się do powietrza, i skutkiem wzrostu temperatury, spowodowanego przez tarcie w powietrzu, świecą a nawet eksplodują czasami. Najczęściej przebiegają one przez atmosferę i później w dalszym ciągu biegają w prze-

strzeń, nie dosięgając powierzchni ziemi. Takie kule ogniste nazywają się bolidami.

W niektórych wypadkach, a zależy to od kierunku ruchu i prędkości biegu meteoru, opór powietrza jest w stanie całkowicie zahamować jego bieg. Wtedy meteor z wielkim hukiem i impetem spada na ziemię. Takie spadające na ziemię meteory nazywają się aerolitami.

Aerolity co do swej budowy i składu chemicz-



Ryc. 61.

nego przedstawiają wielką różnorodność, jednakże wszystkie mają budowę swoistą, którą wyraźnie różnią się od ciał pochodzenia ziemskiego. We wszystkich aerolitach znajduje się żelazo czyste lub też stopione z niklem; na ziemi zaś żelaza czystego nie znajdujemy nigdzie, lecz otrzymuje się je zawsze drogą fabryczną, przez przerabianie pewnych związków żelaza, czyli rud. Tak samo nie spotyka się nigdzie na ziemi żelaza, stopio-

nego z niklem. Zresztą zawartość żelaza w rozmaitych aerolitach jest bardzo różna i niekiedy stanowi w nich niewielką tylko domieszkę.

Dzięki tej całkiem niezemskiej budowie, znaleziono bardzo wiele aerolitów w różnych miejscowościach na powierzchni ziemi. Leżały one tam, być może, tysiące lub setki tysięcy lat, i dopiero badania ostatnich czasów były w stanie stwierdzić, iż są to ciała, które w dawnych bardzo czasach z przestrzeni międzyplanetarnych spadły na ziemię. Pomędzy takimi znalezionymi aerolitami trafiają się bryły, ważące wiele tysięcy kilogramów. Największym znanym aerolitem jest t. zw. „góra żelazna“, znaleziona na lodowcach wyspy Grenlandyi. Krajowcy opowiadają, że już kilka pokoleń czerpało z niej żelazo na wyrób rozmaitych narzędzi, a obecnie waży ona jeszcze 40.000 kilogramów. W roku 1903 została ona z ogromnym trudem i nakładem pieniędzy sprowadzona do Nowego Yorku; przedstawia ją ryc. 61, a stojący obok człowiek daje wyobrażenie o jej prawdziwych rozmiarach.

ROZDZIAŁ XXIV.

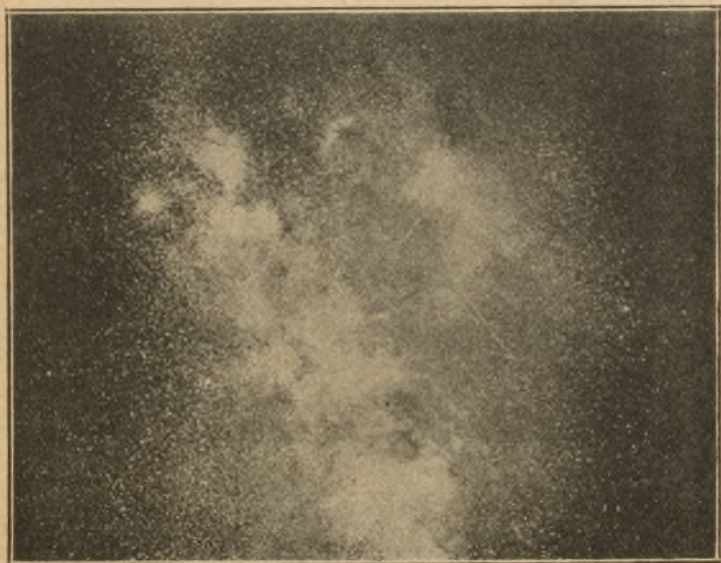
Droga mleczna. Paralaksa roczna i odległość gwiazd. Ruch własny gwiazd. Bieg słońca w przestrzeni. Układy podwójne i wielokrotne. Gromady gwiazdowe.

Zjawiska, zachodzące w naszym układzie słonecznym, któremi prawie wyłącznie dotąd się zajmowaliśmy, mają dla nas przedewszystkiem dlatego największe znaczenie, ponieważ znajdują się one w ściślejszym związku z warunkami naszego życia. Jednakże już z tych zjawisk doszliśmy do wniosku, że nasz układ jest tylko drobnym nieskończeniem punkcikiem w przestworzach świata, że słońce nasze jest tylko jednym z niezliczonych słońc podobnych, odległych od nas na miliardy mil.

I do tych dalekich przestworzy szybuje myśl ludzka, szukając pogłębienia swych poglądów na ogół otaczających nas zjawisk.

Poszukując jakichś prawidłowych form w rozmieszczeniu gwiazd, człowiek podzielił gwiazdy na gwiazdozbiory, którym nadał nazwy fantastyczne. Opis gwiazdzistego nieba podaliśmy w rozdziale III.

Do najbardziej uderzających zjawisk na gwiazdzistym niebie należy t. zw. *droga mleczna*. Tak nazywa się szeroki pas, okalający całe niebo i odznaczający się jasnością na tle przylegających doń części nieba. Szerokość i jasność drogi mlecznej jest różna w różnych jej częściach. Najbardziej na pół-



Ryc. 62.

noc wysuniętą częścią drogi mlecznej jest ta, w której znajduje się gwiazdozbiór Kasyopei; dalej przechodzi ona przez Perseusza, Woźnicę, Bliźnięta, Byka, Okręt Argo, Krzyż południowy, Centaura, Strzelca, Orła, Łabędzia i Cefeusza. Szczególną jasnością odznacza się ona w gwiazdozbiorach Strzelca, Łabędzia i Centaura. W kilku miejscach droga mleczna dzieli

się na dwie odnogi, przebiegające oddzielnie, a potem łączące się znowu. Gdzieindziej widać słabe odgałęzienia, które zanikają w stosunkowo nieznacznej odległości. Wogóle dokładny opis drogi mlecznej jest prawie niemożliwy i prawdziwy obraz jej dać mogą tylko zdjęcia fotograficzne. Jako przykład złożonej budowy drogi mlecznej podajemy na ryc. 62 fotografię kawałka drogi mlecznej w gwiazdozbiorze Strzelca.

Chcąc poznać prawdziwe rozmieszczenie gwiazd w przestrzeni, należy wyznaczyć ich odległość.

Zasada, na której opiera się mierzenie odległości gwiazd, jest ta sama, na której opiera się mierzenie odległości księżyca i słońca. Trzeba obrać jakąś podstawę i z dwóch jej końców określać kierunek ku tej gwiazdzie, której odległość chcemy wyznaczyć.

Jako taką podstawę przy mierzeniu odległości słońca i księżyca przyjmowaliśmy średnicę kuli ziemskiej. Podstawa ta jest za mała, gdy chodzi o mierzenie odległości gwiazd. O wiele większą podstawę pozwala zastosować ruch ziemi dookoła słońca. W dwóch chwilach, o pół roku od siebie odległych, ziemia znajduje się na dwóch przeciwległych końcach średnicy drogi ziemskiej. Kierunki, poprowadzone z tych dwóch położen ziemi do jakiejś gwiazdy, różnią się od siebie, i różnica ta może być wymierzona, jeżeli średnica drogi ziemskiej w stosunku do odległości gwiazdy nie jest znikomo mała.

Kąt, pod którym widać z jakiejś gwiazdy promień drogi ziemskiej, nazywa się *paralakszą roczną* gwiazdy. Pomiaru pozwalają w zasadzie paralaksę roczną określić, z paralaksy zaś w prosty sposób wypływa odległość gwiazdy.

Z takich pomiarów wynika, że najbliższa ze wszystkich, gwiazda α Centaura, odległa jest od nas na cztery lata biegu światła. Prócz tej gwiazdy znaleziono jeszcze tylko niespełna 100 gwiazd tak bliskich, iż światło mniej niż 150 lat potrzebuje, ażeby przebyć drogę, dzielącą je od nas. Wszystkie inne gwiazdy odległe są na setki i tysiące lat światła.

Nic dziwnego, iż gwiazdy te przy powierzchownej obserwacji wydają się nieruchomemi w stosunku do siebie, czemu właśnie zawdzięczają swą nazwę gwiazd „stałych“. Gdyby gwiazdy tak odległe posiadały ruch nawet bardzo szybki, zmiana ich położenia dopiero po dłuższym czasie mogłaby się dla nas uwidocznić. Dokładne pomiary położenia gwiazd, wykonywane w dłuższych odstępach czasu, wykazują, że gwiazdy posiadają ruch własny. Jednakże ruch ten jest bardzo nieznaczny, i wiele tysięcy lat musiałoby upłynąć, ażeby powstające wskutek tego ruchu zmiany ugrupowań gołym okiem zauważone być mogły.

Wiele spostrzeżeń przemawia za tem, że wszystkie gwiazdy mają większy lub mniejszy ruch własny. Wobec tego rodzi się pytanie, czy słońce nasze, które jest również gwiazdą, samo jedno stanowi wyjątek, czy też raczej nie należy przypuścić, że i ono w przestrzeni biegnie, ciągnąc za sobą wiecznie z niem połączony układ planetarny. W jaki sposób możemy się dowiedzieć o tym ruchu?

 Ruch ziemi dokoła słońca oraz dokoła osi objawia się nam przez pozorny ruch gwiazd w przeciwnym kierunku. Tak samo musi się objawić ruch słońca w przestrzeni, jeżeli tylko ruch ten w stosunku do odległości gwiazd nie jest znikomo małym.

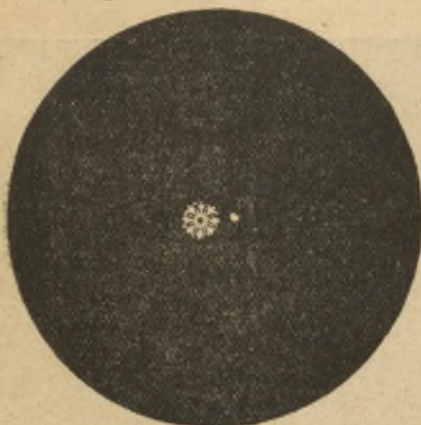
W istocie taki pozorny ruch gwiazd stwierdzono i wywnioskowano, że słońce ze swym układem biegnie w tym kierunku, w którym na niebie widzimy gwiazdozbiór Herkulesa; prędkość ruchu jest stosunkowo niewielka, wynosi tylko około 20 klm. na sekundę. Ale nie wiemy nic dotąd, czemu w tym kierunku dążymy, i jaka siła nas pcha przez niezglębione morze nieskończoności.

Słońce nasze, jakby się zdawać mogło, wyróżnia się od innych słońc tem, iż posiada swój układ planetarny. Jednakże jest to bardzo wątpliwe. W przyrodzie istnieją prawa, które wszędzie działają jednako, jeżeli warunki są podobne, a więc też i układy, podobne do naszego, z pewnością nie są rzadkością. Ale nie jesteśmy w stanie ich zobaczyć.

Wyobraźmy sobie, że słońce nasze oddaliło się wraz z całym swym układem na taką odległość, w jakiej się znajduje najbliższa od nas gwiazda, *a Centaura*, to, jak wiemy, nie różniłoby się ono wyglądem od innych gwiazd, a drobne w stosunku do niego bryłki planetarne, które nawet własnego światła nie posiadają, znikłyby dla naszych oczu zupełnie. Tak samo widzieć nie możemy planet, okrążających inne słońca, jeżeli nawet istnieją.

Ale nie należy sądzić, że tylko układy, podobne do naszego, są możliwe. Pod tym względem zachodzi wielka różnorodność. Niektóre z takich układów dalekich są dostępne dla naszych oczu, mianowicie wtedy, gdy utworzone są z dwóch lub też większej liczby słońc, okrążających się wzajemnie. Takie układy podwójne lub też wielokrotne znane są w bardzo wielkiej ilości i, jak stwierdzają spostrzeżenia, ruchy

ciał, tworzących te układy, podlegają, podobnie jak ruchy planet w naszym układzie, prawu ciężenia powszechnego.



Ryc. 63.



Ryc. 64.

Niektóre z tych układów są tak zwarte, iż słońce, które je tworzą, nie widzimy oddzielnie, lecz schodzą się one dla naszych oczu w jeden punkt świetlany, jedną gwiazdę. Że ta gwiazda jest połączeniem dwóch lub więcej gwiazd, możemy się o tem przekonać tylko drogą analizy widmowej.

Układy podwójne przedstawiają wielką różnicę co do rozmiarów, co do stosunkowej wielkości składających je gwiazd, co do okresu obiegu i t. d. W niektórych obieg dokonywa się w okresie, wynoszącym więcej niż tysiąc lat, w innych wystarcza na to zaledwie kilka godzin;

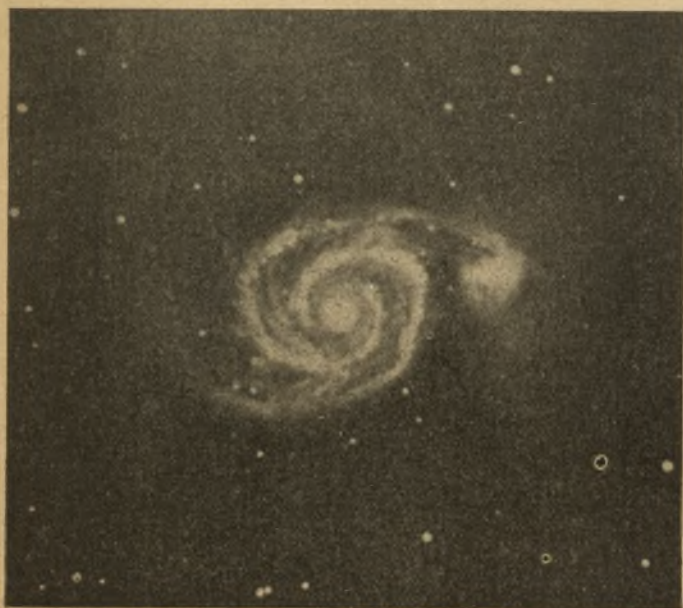
w jednych odległość wzajemna słońc kilkakrotnie przewyższa rozmiary naszego układu słonecznego, w innych odległość jest tak małą, że dwa słońca pra-



Ryc. 65.

wie stykają się swemi powierzchniami; w jednych oba słońca prawie rozmiarami się nie różnią, w innych jedno od drugiego tysiące razy jest większe.

Jako przykład niech służyć ryc. 63 i 64, z których pierwsza przedstawia jasną gwiazdę Syryusza z bardzo małym towarzyszem, druga układ Kastora w którym oba słońca są równej wielkości.



Ryc. 66.

W miarę, jak rośnie dokładność przyrządów astronomicznych, pokazuje się coraz wyraźniej, iż pośród gwiazd nie słońca pojedyncze, ale układy są regułą. Być może przekonamy się kiedyś, że niema

wcale gwiazd takich, które nie byłyby częścią składową jakiegoś układu.

Prócz tych układów prostych, złożonych conajwyżej z kilku słońc, istnieją większe zbiorowiska,



Ryc. 67.

gwiazd czyli t. zw. gromady gwiazdowe, w których niekiedy gwiazd oddzielnych policzyć nie można, i liczbę ich na setki tysięcy szacować trzeba.

Gromady takie posiadają zazwyczaj kształt regularny, świadczący o tem, iż znajdują się one pod działaniem jakichś sił kształtujących, co do których istoty rozmaite czynić można przypuszczenia. Dosyć częstym typem są tak zwane gromady kuliste, n. p. gromada w Centaurze (ryc. 65), a jeszcze częstszym gromady spiralne, z których najbardziej typową jest mgławica w Psach gończych (ryc. 66) a największą ze wszystkich mgławica w Andromedzie (ryc. 67).

ROZDZIAŁ XXV.

Liczba gwiazd. Mgławice. Rozwój gwiazd. Gwiazdy zmienne. Gwiazdy nowe. Układ drogi młecznej.

Zazwyczaj szerszy ogół ma bardzo złe wyobrażenie o liczbie gwiazd, widzialnych na niebie gołym okiem. Rzeczywiście wrażenie, które odnosimy, patrząc na niebo, jest takie, jakby ilość gwiazd była niezliczona. Jest to złudzenie, które pierzcha szybko, gdy spróbujemy naprawdę policzyć gwiazdy.

Liczba gwiazd, widzialnych gołym okiem na obu półkulach nieba, nie dosięga nawet 6.000, a w danej chwili nad poziomem znajduje się nie wiele więcej, jak około 3.000 takich gwiazd. Dopiero kiedy wziąć pod uwagę także gwiazdy przez lunetę widzialne, przekonywamy się, że liczba ich jest olbrzymia.

Podobnie jak pośród gwiazd, widzialnych gołym okiem, tak samo pośród gwiazd teleskopowych odróżniamy gwiazdy różnej wielkości. Z pomiaru światła wynika, że gwiazda pewnej danej wielkości jest $2\frac{1}{2}$ raza jaśniejsza od gwiazdy następnej wielkości, a jedna gwiazda pierwszej wielkości tyleż daje nam światła, co na przykład 100 gwiazd 6-tej wielkości, co 10.000

gwiazd 11-tej wielkości, lub 1,000.000 gwiazd 16-tej wielkości.

Im mniejsze są gwiazdy, tem większa jest ich liczba: gwiazd jakiegś danej wielkości jest przeciętnie 3 razy więcej, aniżeli gwiazd poprzedniej wielkości. Jeżeli więc gwiazd 6-tej wielkości jest 5.000, to gwiazd 7 ej wielkości jest około 15.000, 8-ej wielkości około 45.000 i t. d. Wypływa stąd, że już gwiazd 11-ej wielkości jest z górą milion. A że największe lunety pozwalają jeszcze dostrzegać gwiazdy 18-tej wielkości, więc ogólną liczbę gwiazd na setki milionów szacować trzeba. A wszystko to są słońca, zbliżone rozmiarami i budową swoją do naszego słońca.

Nie należy jednakowoż przypuszczać, że wszystkie słońca wszechświata mają budowę jednakową. We wszystkich dziedzinach wiedzy przyrodniczej badania wykazują, iż wszystko, co istnieje, wytworzyło się w ciągu wielkich okresów czasu, przez ciągłe zmiany, które są wynikiem stale działających praw przyrody.

Skorupa ziemska n. p. wykazuje uwarstwienie, z którego można utworzyć sobie obraz, jak ona stopniowo się tworzyła, aż stała się taką, jaką dziś bada geografia i geologia. Zmiany te i obecnie nie ustały bynajmniej, ale nie wiemy, co będzie ich wynikiem po upływie milionów lat.

Geologia również wykazuje, że różne gatunki istot żywych, które dzisiaj na ziemi żyją, powstały niejednocześnie. W rozmaitych warstwach ziemi spotykamy resztki zwierząt, które żyły w czasie, gdy się te warstwy tworzyły. Z tych resztek można wysnuć całą historię powstawania nowych organizmów przez stopniowe doskonalenie się ich, a dopiero na końcu tego pochodu

rozwojowego znajdujemy człowieka, jako najmłodszego mieszkańca kuli ziemskiej.

Tak samo i gwiazdy, które widzimy, tworzyły się powoli, i obecnie znajdują się w rozmaitych stadiach rozwoju. Pouczają nas o tem różnice, które w widmach gwiazd dostrzegamy. Wobec tego też zapytać się godzi, jak i z czego powstały słońca i jaki jest koniec, do którego dążą?

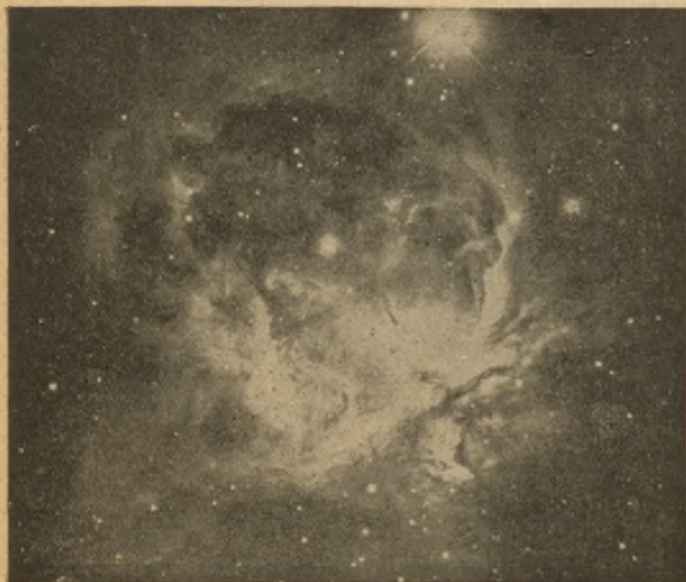
Otóż dzięki analizie widmowej można było wykryć w głębiach wszechświata materię w stanie rozwoju o wiele wcześniejszym, aniżeli ta, która skupiona jest i ukształtowana w kule słoneczne, t. j. gwiazdy. Za pomocą lunet odkryto na niebie mnóstwo jasnych większych lub mniejszych plamek, które nazwano mgławicami. Pośród tych mgławic rozróżniać trzeba dwie kategorie, zasadniczo różne. Jedne z nich mają widmo ciągłe, jak rozżarzone ciała stałe lub płynne, inne zaś mają widmo z oddzielnych jasnych linii utworzone, jak rozżarzone ciała lotne.

Pierwsze są to zbiorowiska gwiazd tak odległe, iż gwiazd oddzielnych rozpoznać w nich nie możemy; razem dają one wrażenie jasnej plamy. Do takich należą n. p. wspomniane już poprzednio mgławice spiralne w Psach gończych i w Andromedzie.

Drugie złożone są z bardzo rozrzedzonych gazów i stanowią materyał, z którego dopiero z czasem tworzą się słońca. Taką jest na przykład wielka mgławica w Orionie (ryc. 68).

Najmłodsze ze słońc mają światło białe. Słońca, bardziej już w swym rozwoju posunięte, są żółte; do tej kategorii zalicza się też nasze słońce. Wreszcie gwiazdy czerwone są to słońca, chylące się ku starości.

Zauważono, że większość gwiazd czerwonych należy do kategorii gwiazd zmiennych. Są to gwiazdy, które zmieniają swoją jasność często nawet w dość rozległych granicach. Jako przykład niech służy gwiazda Omikron w gwiazdozborze Wieloryba,



Ryc. 68.

zwana cudowną z powodu zmian, którym podlega. W największym blasku należy ona do gwiazd drugiej wielkości, a gdy jasność jej staje się najmniejszą, należy do gwiazd 8-ej wielkości, i tylko przez lunetę jest widzialna. Zmiany te powtarzają się w okresie, wynoszącym około 11 miesięcy.

Gwiazd podobnych znamy dużo, a zmiany ja-

sności objaśniają się w ten sposób, iż atmosfera ich jest już tak gęsta, że ciepło, wytwarzane nieustannie wewnątrz gwiazdy, nie może się swobodnie przedostawać nazewnątrz. Skutkiem tego gromadzi się ono w takiej ilości, iż w pewnej chwili następuje gwałtowne przerwanie otaczającej gwiazdę opony, wybuch rozżarzonych ciał z wnętrza i wzmożenie się chwilowe blasku, który następnie słabnie aż do nowego wybuchu.

W końcowym okresie rozwojowym opona, otulająca gwiazdę, jest już tak gruba, że światło wcale już nazewnątrz wydobywać się nie może. Wtedy gwiazda przestaje być widzialna, i o jej istnieniu żadna wieść do nas nie dochodzi.

Wynika stąd, że prócz owych milionów słońc, które jesteśmy w stanie widzieć i badać, unoszą się też w przestrzeni niewidzialne już dla nas, zagasłe słońca, a proste rozumowanie prowadzi do wniosku, że nawet o wiele więcej musi być słońc zagasłych, aniżeli świecących.

Niekiedy tylko i owe niewidzialne słońca odkrywają się naszym oczom, jakby na świadectwo, że one w rzeczywistości istnieją. Ponieważ słońca obdarzone są ruchem i nie zatrzymują się w biegu swym z chwilą, gdy gasną, więc nic dziwnego, iż natknąć się mogą na inne słońca, błędzące w przestworzu lub też na jakąś odległą mgławicę. Zetknięcie się takie połączone jest z wydzieleniem tak olbrzymich ilości ciepła, iż następuje silne rozżarzenie się gwiazdy na powierzchni, a prawdopodobnie i wybuch rozżarzonych gazów z jej wnętrza. Staje się ona skutkiem tego znowu świecąca i ukazuje się nam jako nowa gwiazda. Je-

dnakże jest to powrót do życia zawsze tylko krótkotrwały, i nowa gwiazda zazwyczaj już po kilku miesiącach znowu pogrąża się w ciemnościach.

Zapytać by się godziło, czy wszystkie te gwiazdy, których tak olbrzymia liczba unosi się w przestrzeni i które przedstawiają takie mnóstwo różnorodnych zjawisk, stanowią światy tylko dla siebie, czy też zachodzi pomiędzy nimi łączność, dzięki której tworzą one jakąś jedną olbrzymią całość? Nie możemy się długo nad tem pytaniem zastanawiać. Nauka odpowiada na nie twierdząco. Wszystkie gwiazdy tworzą jeden wielki układ, a wyrazem zewnętrznym tej łączności jest pierścień drogi mlecznej. Dlatego też układ ten nazywa się układem drogi mlecznej. Przestrzeń, którą ten układ gwiazd zajmuje, jest olbrzymia, światło wielu tysięcy lat potrzebuje, aby go przebiegło od krańca do krańca.



SPROSTOWANIA.

Na str. 16 wiersz 6 zamiast „z wyjątkiem ε “ powinno być „z wyjątkiem δ “.

Na str. 20 wiersz 3 zamiast „zachodniej“ powinno być „wschodniej“.

Na rycinie 47 str. 136 należy przestawić litery: zamiast $A_1 A_2 A_3 A_4$ powinno być odpowiednio $A_3 A_4 A_1 A_2$.

Na str. 142 wiersz 2 od dołu zamiast 49, 50, 51 ma być 48, 49, 50.

5107