

17928.

B. P. im. L.

1000071879



O PRZYRODZIE PLANET

575



WIEDZA I ŻYCIE

ZAGADNIENIA I PRĄDY WSPÓŁCZESNE

w dziedzinie wiedzy, sztuki i życia społecznego.

— 253 —

Rok I. — Tom 9.

— 1897 —



L W Ó W

NAKŁADEM KSIĘGARNI H. ALTENBERGA

WARSZAWA

KSIĘGARNIA POD FIRMĄ E. WENDE i Spka

1899

144506
2304292

1928.
DR. MARCIN ERNST.

O PRZYRODZIE PLANET



LWÓW

NAKŁADEM KSIĘGARNI H. ALTENBERGA

WARSZAWA

KSIĘGARNIA POD FIRMĄ E. WENDE i Spółka

1899



52

Z Drukarni „Dziennika Polskiego” we Lwowie
pod zarządzeniem Fr. Katsnera.

W S T Ę P.



Nasz układ słoneczny tworzy zamkniętą w sobie całość, oddzieloną od innych układów słonecznych, z których wiele, być może, posiada postać zupełnie podobną do naszego, miliardami mil próżni. Ile gwiazd widzimy na niebie, tyle słońc olbrzymich unosi się we wszechświecie, a ile ich pozostaje niedostępnych nawet dla najsilniejszych szkieł astronomicznych, o tem żadnego nie mamy pojęcia.

Pozostawiając na uboczu pytania, dotyczące tych światów niezliczonych, pragniemy w tej książce ograniczyć się tylko na tym jednym kąciku wszechświata, w którym nasze siedlisko się mieści, i dać opis tych ciał, które, podobnie jak ziemia, krążą dokoła słońca. Ciała te nazywają się *planetami*. Znanych jest 8 planet głównych i około 470 planet drobnych, czyli *planetoid*, których liczba, dzięki coraz nowym odkryciom, bez przerwy wzrasta. Główne planety w po-

rzędu ich odległości od słońca, są następujące: Merkury, Wenus, Ziemia, Mars, Jowisz, Saturn, Uran, Neptun. Planety drobne wszystkie (z wyjątkiem jednej, odkrytej 13. sierpnia 1898 między ziemią a Marsem) krążą pomiędzy drogami Marsa i Jowisza. Są one widzialne zawsze tylko jako punkty, przeważnie tylko za pomocą silnych teleskopów, i nie posiadają cech, które mogłyby zainteresować szerszy ogół, nie będziemy się więc nimi zajmowali.

Wszystkie planety krążą dokoła słońca po drogach eliptycznych, w których wspólnem ognisku znajduje się słońce. Drogi te są mniej lub więcej wydłużone, zależnie od wielkości mimośrodu, w ogólności wszakże mimośród jest niewielki. Płaszczyzny dróg są pochylone względem siebie pod małemi kątami, drogi zaś same w tych płaszczyznach mają położenie rozmaite. Położenie to określone jest kierunkiem wielkiej osi elipsy, która łączy ze sobą punkt jej przysłoneczny (najbliższy słońca) oraz odsłoneczny (najdalszy od słońca) i kierunkiem linii węzłów, t. j. linii przecięcia płaszczyzny drogi planety z płaszczyzną drogi ziemi, czyli ekliptyki. Kierunek tej linii określa położenie t. z. węzłów drogi planety. Położenie punktu przysłonecznego oraz węzła (wstępującego) na niebie określa się ich długością, wielkością analogiczną do długości geograficznej punktu na ziemi. Długości na niebie rachują się na ekliptyce (na ziemi na równiku) od punktu wiosennego, t. j. jednego z punktów przecięcia się równika z ekliptyką.

Rozmiary drogi planety określone są długością (liniową) jej wielkiej osi, od tych rozmiarów zaś zależnym jest okres obiegu planety do koła słońca. Zależność ta określona jest przez 3-cie prawo Keplera. Kształt, rozmiary i położenie drogi planety są zupełnie określone, jeżeli 5 wielkości, wyżej wymienionych, są znane, mianowicie: mimośród, pochyłość, długość punktu przysłonecznego, długość węzła, długość (liniowa) wielkiej osi. Położenie planety w jej drodze i na niebie może dla każdej chwili być obrachowanem, jeżeli prócz powyższych wielkości, zwanych *elementami*, znanym jest jeszcze moment przejścia planety przez punkt przysłoneczny.

Treścią tej książki ma być przyroda planet, przez którą mamy na myśli ich indywidualne cechy fizyczne. Fizyka ta wszakże w silnym stopniu zależną jest od działalności słońca, ta zaś ostatnia od rozmiarów i położenia dróg. Najlepszy tego dowód mamy na ziemi. Dla łatwiejszego oryentowania się zatem na końcu książki podajemy wykaz elementów dróg ośmiu głównych planet.

Wiadomości nasze o fizyce planet opierają się przeważnie na obserwacjach teleskopowych. Ponieważ za pośrednictwem soczewki ilość światła, jaką otrzymuje nasze oko, się powiększa, więc obraz planety, tworzący się w ognisku lunety, możemy powiększyć, i wówczas planetę widzimy jako tarczę większą lub mniejszą, zależnie od użytego powiększenia. Na tej tarczy

astronom widzi kontury pewnych plam, linii, miejsca jaśniejsze i ciemniejsze i t. p. i na podstawie tych szczegółów wyciąga rozmaite wnioski, do których uprawnia go szczegółowa krytyka zebranego materiału. Oko niewprawne z tych rzeczy zazwyczaj nic nie dostrzega, i ci, którzy z upragnieniem oczekują chwili, aby przecież raz spojrzeć na niebo przez teleskop, zobaczyć te cuda, o których wyczytali w książkach, zazwyczaj z obserwatorium wracają do domu gorzko zawiedzeni. Tem bardziej wszakże na podziw zasługują badacze nieba, którzy są w stanie wysnuwać tyle wspaniałych prawd na podstawie tak, zdaje się, chwiejnych danych. Jak to się dzieje, będziemy mieli sposobność poznać niejednokrotnie.

Prócz bezpośrednich badań teleskopowych, do poznania fizyki planet w znacznej mierze przyczynia się *fotometrya* i *analiza widmowa*.

Fotometrya znaczy mierzenia światła czyli jasności. Wszystkie planety otrzymują światło od słońca i, dzięki odbijaniu od siebie promieni słonecznych, są dla nas widzialne. Nie wszystkie ciała odbijają jednakową ilość padających na nie promieni, nie wszystkie ciała też odbijają promienie tego samego gatunku. Barwa ciał wszak zależną jest od tego, jakiego rodzaju promienie powierzchnia ich odbija. Jasność ciała oświetlonego zależną jest od tego, ile z padających nań promieni świetlnych powierzchnia jego odbija. Jeżeli oświetlimy jakieś ciało światłem słoń-

cznem, to stosunek ilości promieni odbitych do ilości promieni padających daje nam stopień białości tego ciała. Stosunek ten inaczej nazywa się *albedo*.

Ażeby znaleźć albedo jakiejś planety, trzeba obrachować, uwzględniając jasność i odległość słońca, ile promieni pada na powierzchnię planety, którą obserwujemy. Jeżeli następnie wymierzmy rzeczywistą jasność, jaką planeta posiada, i weźmiemy stosunek tych dwóch ilości, to otrzymamy poszukiwaną albedo. Jeżeli okaże się, że ta albedo zbliża się do albedo jakiegoś ciała ziemskiego, której mierzaniem zajmują się fizycy w laboratorjach, to możemy ztąd wyciągać prawdopodobne wnioski o składzie powierzchni planety.

Fotometrya jeszcze w inny sposób daje nam wskazówki o przyrodzie planet. Planety nie zawsze zwrócone są ku nam całą swoją oświetloną powierzchnią, ma to miejsce tylko w czasie *opozycji* (przeciwstawienia) dla planet *górných*, t. j. dalszych od słońca niż ziemia, i w czasie *górnego połączenia* (koniunkcyi) planet *dolnych* t. j. bliższych niż ziemia. W innych czasach widzimy tylko większą lub mniejszą część oświetlonej połowy planety. Planety dolne, t. j. Merkury i Wenus, przedstawiają nam kolejno wszystkie te fazy, w jakich widzimy księżyc. Otóż zdawałoby się, że jasność planety powinna wzrastać w tym samym stopniu co faza. Jednakże tak nie jest, a zależnem to jest, prócz wielu innych okoliczności, także od warunków fizycznych, panujących na planecie: np. od ro-

dzaju powierzchni, od nierówności, znajdujących się na powierzchni, od istnienia atmosfery lub nie i t. p. W jaki sposób na podstawie danych fotometrycznych wyprowadza się wnioski, poznamy to przy nadarżającej się sposobności.

Obfitsze owoce, aniżeli fotometrya, daje nam spektroskopia czyli analiza widmowa. Badania jej mają specjalnie za przedmiot atmosferę planet. Światło planet jest odbitem światłem słonecznym, jak tego dowodzą najwymowniej, prócz wielu innych zjawisk, fazy oświetlenia, zależne od względnego położenia słońca, oświetlającego planetę, i ziemi, z której tę część oświetloną widzimy. Widmo zatem planet musi przede wszystkim posiadać wszystkie cechy widma słonecznego. Ponieważ wszakże, jeżeli planeta posiada atmosferę, promienie odbite od powierzchni planety, które dochodzą do naszych oczu, muszą dwukrotnie przejść przez atmosferę planety, więc mogą wystąpić w widmie jeszcze specjalne pasma lub linie absorbcyjne, charakterystyczne dla owej atmosfery. Jeżeli atmosfera planety ma skład, podobny do atmosfery ziemskiej, to t. z. linie teluryczne, które zawdzięczają pochodzenie swoje atmosferze ziemskiej, muszą wystąpić w widmie planety silniej, aniżeli w widmie słonecznym. Dodać należy, że badania te są nader utrudnione z powodu słabego natężenia światła planet, które nawet nie może iść w porównanie z natężeniem światła gwiazd stałych, choćby nawet 6 lub 7 wielkości; skutkiem

tego zastosowanie silniejszego rozszczepienia promieni jest niemożliwe, i badania ograniczać się muszą na niewielką ilość najwybitniejszych linii.

Jeżeli planety, prócz odbitego światła słonecznego, wysyłają jeszcze ku nam także w pewnej ilości światło własne, to w widmie uwydatnić by się to musiało większem natężeniem części jasnych widma. Co do tej kwestyi może nam dostarczyć wskazówek też badanie albedo planety, szczególnie wówczas, gdyby się okazało, że jest ona większą od jedności. Znaczyłoby to, że planeta wysyła więcej światła, aniżeli otrzymuje go od słońca, co niewątpliwie znaczyłoby, że rozporządza ona jeszcze pewnymi zasobami światła własnego. Dodać tu należy, że prócz albedo optycznej, która dotyczy promieni jedynie widzialnych, badaniom może podlegać także albedo termiczna, dotycząca promieni cieplikowych, i chemiczna, odnosząca się do promieni, działających na będące zazwyczaj w użyciu płyty fotograficzne. Ta ostatnia, szczególnie ze względu na stosunkową łatwość operacyi, dostarczyła kilku cennych szczegółów, dotyczących światła planet.

Jest jeszcze wiele innych dróg, po których kroczy astronomia do swoich odkryć, o wielu z nich czytelnik będzie miał sposobność dowiedzieć się w treści książki. Podkładem zaś wszystkich rozumowań i wniosków jest głęboka teoria i ścisły rachunek. Sama obserwacya bez teoryi i rachunku jest niczem, i o tem zapewne większość czytelników nie dowie się nigdy, ile

pracy poświęcić musi astronom, ile papieru zapisać wzorami i cyframi, zanim ze wszystkich jego zabiegów wyłoni się jedno drobne ziarno prawdy, oczyszczone z tych niezliczonych złudzeń, które otaczają nas dokoła, z tych niezliczonych wpływów, które, działając wzajem na siebie, zacierają lub zmieniają do niepoznania to, co zbadać jest właśnie naszym zadaniem. I oto z tych drobnych ziarenek, zdobywanych z takim mozolem i trudem, zdołano wybudować wspaniałą, ogromny gmach wiedzy!

Merkury.

Rozpoczynamy opis planet w porządku ich odległości od słońca. Najbliższą słońca ze znanych planet jest Merkury, czy zaś jest w istocie najbliższą, tego stanowczo twierdzić nie możemy.

Na podstawie pewnych zaburzeń w ruchu Merkurego wywnioskowano, że, być może, między słońcem a Merkurym znajduje się planeta, która te zaburzenia powoduje; sądzono nawet kilkakrotnie, że udało się dostrzedz hypotetyczną planetę, z góry już nazwaną Wulkanem. Ostatecznie wszakże istnienia tej planety nie stwierdzono, i zdaje się, że jej wcale niema.

Jako najbliższy słońca, Merkury jest także najszybszą z planet, i z ziemi widziany, zdaje się wykonywać rodzaj wahań względem słońca, przechodząc wciąż z jednej strony słońca na drugą. Tej szybkości zawdzięcza swoje imię boga-gońca olimpijskiego. W ruchu swoim Merkury nigdy nie oddala się daleko od słońca i w najlepszym razie wschodzi o jakie $1\frac{1}{2}$ go-

dziny przed słońcem lub zachodzi o tyleż po niem. Zazwyczaj ukrywa się on w promieniach zmierzchu, a ponieważ świeci wówczas bardzo blisko poziomu, gdzie dużo z jego promieni pochłaniają najgrubsze w tem miejscu warstwy atmosfery, przepełnione nadto dymem, kurzem i parą wodną, więc obserwacje tej planety bardzo są trudne. Wiadomo naprzykład, iż Kopernik, pomimo usilnych starań, ani razu nie miał szczęścia ujrzeć tej planety. Wynalazek teleskopu uczynił możliwemi obserwacje tej planety we dnie, jednakże są one bardzo utrudnione bliskością słońca. Nic też dziwnego, że o przyrodzie tej planety posiadamy dotychczas stosunkowo niewiele wiadomości.

Merkury jest najmniejszą ze wszystkich planet tak pod względem objętości, jak i masy. Średnica jego jest 2·67 razy mniejszą od średnicy ziemskiej, a objętości 19 razy. Co się tyczy masy, to rezultaty, otrzymane w tej kwestyi, wykazują znaczne różnice. Najbliższą rzeczywistości zdaje się być masa, obrachowana przez Haerdla na podstawie zaburzeń ruchu komety Winneckego. Znalazł on że jest ona 18 razy mniejszą od masy ziemskiej, z kąd wypływa, iż średnia gęstość Merkurego jest prawie taką samą, jak średnia gęstość ziemi. Można zatem przypuszczać, że budowa wewnętrzna tej kuli planetarnej i rozkład w niej masy bardzo przypominają warunki ziemskie.

Pod innymi względami Merkury w poró-

wnaniu z ziemią przedstawia znaczne różnice. Przedewszystkiem wpływ promieniowania słonecznego na Merkury jest 10 razy silniejszy niż na ziemi, a tarcza słoneczna, widziana z tej planety, posiada 3 razy większą średnicę, aniżeli widziana z ziemi. Pory roku są tam znacznie krótsze, aniżeli nasze miesiące, nie przedstawiają wszakże tak wybitnych różnic, ponieważ pochyłość równika Merkurego do jego drogi jest niewielka i wynosi około 7° , gdy pochyłość równika ziemskiego względem ekliptyki wynosi $23\frac{1}{2}$ stopnia. Ztąd warunki na półkulach północnej i południowej Merkurego są do siebie bardzo zbliżone, gdyby bowiem oś Merkurego była ściśle prostopadłą do płaszczyzny jego drogi, warunki na obu półkulach byłyby zupełnie jednakowe.

Jeżeli wszakże przetniemy Merkurego na dwie półkule płaszczyzną, prostopadłą do linii, łączącej środek słońca i Merkurego, t. j. do promienia wodzącego planety, to dwie te półkule znajdują się w warunkach nader różnych od siebie. Jest to skutkiem bardzo powolnego ruchu wirowego Merkurego. Najnowsze badania wykazały, iż okres obrotu Merkurego dokoła osi wynosi tyleż, co okres obiegu dokoła słońca, t. j. 87.9693 dni. Skutkiem tego jest, iż jedna połowa Merkurego jest zwrócona stale ku słońcu, i na nią bez przerwy padają promienie słoneczne, gdy druga połowa stale jest odwróconą od słońca i pogrążona w wiecznej nocy i zimie.

Łagodzi nieco te różnice okoliczność, iż droga Merkurego posiada stosunkowo znaczny mimośród, skutkiem czego szybkość jego ruchu orbitalnego zmienia się dosyć znacznie, gdy tymczasem ruch wirowy odbywa się z szybkością równomierną. Skutkiem tego jest pewna libracja, czyli wahanie się względem promienia wodzącego, i odkrywanie się dosyć znacznych części drugiej półkuli dla promieni słonecznych. Te miejsca, które skutkiem libracji odkrywają się ku słońcu, mają wschód i zachód słońca — raz jeden w ciągu okresu obiegu Merkurego dokoła słońca, czyli w ciągu jego roku. Naturalnie dzień w ogólności trwa tam krótko i wynosi tylko mały ułamek całej doby Merkurego. Inne miejsca nie znają wcale wschodu i zachodu słońca. W miejscach, w których słońce jest ciągle nad poziomem, wykonywa ono w ciągu okresu obiegu wahania na niebie, powodowane libracją.

Ciemna powierzchnia Merkurego nie jest dostępną dla naszych badań. Bywa ona wprawdzie zwróconą ku nam tak samo, jak i jasna, nie możemy jej wszakże widzieć, ponieważ nie wysyła ku nam żadnych promieni. Badania zatem ograniczają się tylko na połowę oświetloną. Przedewszystkiem rzucającem się w oczy zjawiskiem są fazy Merkurego. Fazy te są zupełnie podobne do księżycowych i zależą, tak samo jak fazy księżyca, od względnego położenia słońca, Merkurego i ziemi. Okres, w którym się

jednakowe fazy powtarzają, wynosi przecięciowo 116 dni.

Od wielkości fazy zależy jasność Merkurego; jednakowoż w równie silnym stopniu zależy ona od jego odległości od ziemi, która zmienia się w granicach 79 do 219 milionów kilometrów, jeżeli uwzględnimy rozmiary i mimośród jego drogi. Kiedy faza Merkurego jest najmniejszą (t.j. gdy zwróconą jest ku nam całkowicie jego powierzchnia ciemna), jest on najbliżej nas, gdy zaś zwraca ku nam całą powierzchnię oświetloną, wtedy jest najdalej. Nadmienić wypada, że w obu tych razach wcale go nie widzimy, z wyjątkiem tego przypadku, gdy w czasie swego dolnego połączenia przechodzi on przed tarczą słoneczną, na której występuje w postaci małego czarnego krążka. Takie przejścia Merkurego przed tarczą słoneczną zdarzają się przecięciowo 13 razy na 100 lat i najbliższe nastąpi 4. listopada 1901 r.; obserwacje tych przejść mają ważne znaczenie w wielu kwestiach astronomicznych.

Zmiany faz oraz zmiany odległości od ziemi i od słońca powodują, iż jasność Merkurego, widzianego z ziemi, podlega zmianom dosyć zawikłanym. Bądź co bądź planeta ta, o ile nie ginie w promieniach słonecznych, posiada jasność gwiazd 1-szej wielkości, a niekiedy pod względem jasności równa się Syryuszowi, (-1.2) przy najmniejszym zaś świetle, przy jakim jest



jeszcze widzialną, posiada jasność Aldebarana (1·1).

Dla poznania warunków fizycznych tej planety ważnem jest zbadanie, w jaki sposób zmieniałaby się jej jasność, gdyby zależną ona była jedynie od zmian fazy, tj. gdyby przy wszystkich zmianach fazy odległość jej od ziemi i słońca pozostawała jednakową. Jasność bowiem jakiejś kuli oświetlonej nie wzrasta proporcjonalnie do fazy, lecz zależną jest od kąta, pod którym promienie na tę powierzchnię padają, jak również od kąta, jaki promień widzenia tworzy z obserwowaną powierzchnią. Zależności te, o których właśnie wspomnieliśmy, znów zmieniają się w związku z własnościami oświetlonej powierzchni, z atmosferą, jeżeli nią jest otoczona powierzchnia, itp.

Badania nad zależnością jasności Merkurego od fazy wykazały, że krzywa, przedstawiająca te zmiany, przypomina bardzo krzywą, otrzymaną dla zmian jasności księżyca, zależnych od fazy. Ztąd zdaje się wypływać wniosek, że powierzchnia Merkurego jest podobną do powierzchni księżyca i że Merkury posiadać może, podobnie jak księżyc, o czem dowiemy się później, tylko bardzo małą i rzadką atmosferę. Taki sam wniosek wypływa z wymierzonej albedo, która wynosi 0·140, gdy dla księżyca wynosi 0·129. Powierzchnia zatem Merkurego odbija tylko 14⁰/₁₀₀ padających na nią promieni słonecznych; taką samą ilość mniej

więcej odbija margiel łąowy — jest to zatem powierzchnia dosyć ciemna. Już i bezpośredni wygląd Merkurego, mianowicie barwa jego, różni się od barwy innych planet. Różnica ta występuje najwybitniej, gdy jakaś inna planeta, na przykład Wenus, znajduje się w bliskości Merkurego: Wenus posiada światło prawie zupełnie białe, nieco żółtawe, Merkury zaś światło matowo-olowiane.

Tak mała albedo Merkurego potwierdza przypuszczenie co do braku większej atmosfery na nim; gdyby bowiem promienie w części znaczniejszej odbijała jego atmosfera, albo jakieś w niej unoszące się produkty kondensacji, np. para wodna lub śnieg, albedo musiałaby wypaść znacznie większą. Zatem promienie, którymi świeci Merkury, są odbite przeważnie od jego stałej powierzchni, do której mają zupełnie wolny dostęp.

Nie możemy wszakże całkowicie odmówić Merkuremu atmosfery, o istnieniu jej bowiem, chociaż może bardzo rozrzedzonej, każą nam wnioskować inne zaobserwowane zjawiska. Tak przedewszystkiem zauważono, iż linie, właściwe atmosferze ziemskiej, występują w widmie Merkurego nieco silniej, aniżeli w widmie słońca, badanego w tej samej wysokości. Owo powiększenie absorbcyi możnaby tylko przypisać atmosferze Merkurego. Należy wszakże zauważyć, iż chodzi tu o ilości tak drobne, że do wyciągania

wniosków jakichś stanowczych zupełnie się nie nadają.

Bardziej za istnieniem śladów atmosfery na Merkuryem przemawia często obserwowany w czasie jego przejść przed słońcem pierścień mglisty, okalający ciemną tarczę Merkurego. Taki wygląd musiałaby mieć atmosfera, widziana pod światło. Kilku obserwatorów widziało też w czasie przejścia 9. maja 1891 r. brzeg tarczy Merkurego, gdy ten znajdował się na zewnątrz tarczy słonecznej. Zjawisko to możnaby objaśnić jedynie załamaniem promieni słonecznych w atmosferze Merkurego. Zmiany wyrazistości, zresztą bardzo nieznaczne, nielicznych konturów miejsc ciemniejszych, które udało się dostrzedz na powierzchni Merkurego, również tylko pewnemi lokalnemi zachmurzeniami objaśnić można.

Ostatecznie kwestya istnienia, czy też nieistnienia atmosfery na Merkuryem dotychczas rozstrzygnąć się nie da. Spostrzeżenia, rzucające na tę kwestyę pewne światło, dosyć sprzeczne między sobą, można pogodzić, jeżeli przyjmemy, iż Merkury wprawdzie posiada atmosferę, ale jest ona tak rzadka i mała, że promienie słoneczne przenikają przez nią swobodnie bez dotkliwej straty.

Co do ukształtowania powierzchni Merkurego, wiadomości nasze są nad wyraz skąpe. Powierzchnia nie jest na całej planecie jednolita, ponieważ widać plamy ciemniejsze o ograniczeniu zbyt mało wybitnem, ażeby coś o ich

naturze powiedzieć można. Mapka Merkurego, ułożona przez Schiaparelliego, bardzo jest ubogą w szczegóły. Niektórzy obserwatorowie zdawali się dostrzegać przytępienie południowego rogu sierpa Merkurego, które możnaby objaśnić istnieniem w tem miejscu góry, mającej $2\frac{1}{2}$ mili wysokości. Jednakże późniejsze badania wykazały, że to przytępienie jest tylko pozorne, a przyczyną złudzenia jest mniejsza jasność owego południowego rogu w porównaniu z otaczającymi częściami powierzchni, że zatem przyczyną zjawiska nie może być góra, lecz tylko ciemniejsza barwa powierzchni w tem miejscu. Plamy, które zdołano dostrzedz, przy wszystkich fazach Merkurego nie zmieniają swego położenia względem słońca, co jest skutkiem 88-dniowego obrotu dokoła osi.

Obfitszy plon badania Merkurego będą mogły dać dopiero wówczas, gdy będzie można go badać wysoko na niebie i bliskość słońca uczynić nieszkodliwą.

Wenus.

Skoro przodkowie nasi w Helladzie postanowili jedną z gwiazd nazwać mianem bogini urody, to w istocie nazwa ta należała się planecie, którą po dziś dzień nazywamy Wenerą. Wenus po księżycu jest niewątpliwie największą ozdobą nocnego nieba. Wenus — to owa jutrzienka złota, która, roztaczając strumienie blasków na blednącem świtem niebie, wróży zbliżanie się słonecznego poranku, Wenus — to wspaniała gwiazda wieczoru, zapalająca swe promienie pośród promieni wieczornego zmierzchu i ciągnąca za sobą rydwan majestatycznie na świat spływającej nocy.

Nawet badacz nieba niekiedy ulega rozmarzającemu czarowi owej pochodni bożej, jednakowoż umie się on wkrótce otrząsnąć z rozmarzenia, aby źródła rozkoszy prawdziwej poszukać w rozwiązaniu trapiących go zagadek.

Przedewszystkiem przychodzi refleksya, że wprawdzie piękną jest Wenus, ale że cała po-

wabność jej jest pożyczona. Rozsyła ona bowiem w przestrzenie jedynie tę drobną ilość światła, którą ją ze swych niezmiernych zapasów raczyło obdarować słońce. Dowodem tego jest, że wykazuje ona w zupełności te same fazy, co Merkury, z tą różnicą, że okres, w którym te fazy się powtarzają, jest dłuższy, w zależności od dłuższego okresu obiegu Wenus.

Wenus dokonywa jednego obiegu dokoła słońca w ciągu 224.701 dni. Ponieważ ziemia biegnie w tym samym kierunku, lecz nieco wolniej, więc do tego samego położenia względem ziemi i słońca wraca Wenus dopiero po 583·9 dniach. Jest to okres, w którym powtarzają się te same fazy.

Jasność Wenus, podobnie jak jasność Merkurego, silnie jest zależną tak od faz, jak i od odległości od słońca. Najjaśniejszą nie jest Wenus ani przy największej fazie, ani kiedy jest najbliższą — w obu tych razach bowiem wcale jej nie widać: w pierwszym razie jest ona w swoim górnym połączeniu ze słońcem — i odległą od nas o 35 milionów mil, w drugim razie jest w połączeniu dolnym, i odległość jej od nas wynosi tylko niespełna 6 milionów mil, ale zwróconą jest ku nam jej półkula nieoświetlona. W obu razach zresztą Wenus świeci w bezpośrednim sąsiedztwie słońca (nieco wyżej lub niżej), albo też jest pokrytą przez słońce (w górnym połączeniu), lub przechodzi przed słońcem (w połączeniu dolnym). W tym ostat-

nim wypadku widzimy ją, jako czarny krążek na tarczy słonecznej.

Obserwacje fotometryczne Wenerę rozciągają się na wszystkie kąty fazy¹⁾, zawarte w granicach 20° a 160° , obejmują zatem bardzo znaczną część drogi planety. W czasie zaćmienia słońca w roku 1860 udało się nawet wymierzyć jasność Wenerę przy kącie fazy 172.2° . Jasność Wenerę w maximum dosięga — 4.3 wielkości, wtedy jest ona 154 razy jaśniejszą od Arktura. Przy najmniejszym blasku spada Wenus tylko do — 3.3 wielkości, zmiany zatem, dające się obserwować zawarte są tylko w granicach jednej klasy. Gdy jasność Wenerę jest mniejszą, jest ona zupełnie niewidzialną dla innych przyczyn. Największą jasność posiada Wenus przy kącie fazy 123° . Prawie we wszystkich fazach Wenus widzialna jest gołym okiem nawet w biały dzień, jeżeli tylko znanem jest miejsce na niebie, w którym się ona znajduje.

Badając zmiany jasności Wenerę w zależności jedynie od zmiany fazy, okazuje się, iż krzywa tych zmian wcale nie przypomina kształtem swym krzywej, charakterystycznej dla Merkurego. Dowodzi to, że warunki fizyczne na Wenerze są zupełnie inne, aniżeli na Merkuryem. Zmiany te każą się domyśleć, iż w przeciwień-

¹⁾ Kątem fazy nazywa się kąt, którego wierzchołek znajduje się w środku słońca, a ramiona przechodzą przez planetę i ziemię.

stwie do Merkurego, Wenus otoczona jest gęstą i silnie odbijającą atmosferą.

Albedo, tj. siła odbijająca powierzchni Wenery, jest tak wielką, iż na ziemi nie znamy ciała, z wyjątkiem świeżo spadłego śniegu, które by jej pod tym względem mogło dorównać. Powierzchnia Wenery odbija 76% padających na nią promieni słonecznych, świeżo zaś spadły śnieg 78%. Już na pierwszy rzut oka uderza oślepiająco biała barwa światła Wenery.

Nie racjonalnem byłoby przypuszczenie, że cała stała powierzchnia Wenery pokryta jest śniegiem lub jakąś równie białą substancją. Co do śniegu to nie mógłby się on utrzymać przy daleko wyższej średniej temperaturze rocznej Wenery w porównaniu z ziemską. Ogólnie przyjmuje się, i to z wielu powodów, o których dowiemy się później, że Wenus otoczona jest bardzo gęstą atmosferą, w której unosi się wiele produktów kondensacyi, czyli chmur, i że promienie słońca, które padają na Wenerę, tylko w bardzo małej ilości przedzierają się przez tę powłokę, w większej zaś części odbijają się od niej. Widzimy zatem Wenus w promieniach odbitych od otaczającej ją atmosfery, nie zaś od stałej jej powierzchni, na której panuje prawdopodobnie wieczny mrok, podobnie jak u nas w dni bardzo pochmurne. Gdy tak jest w istocie, mieszkańiec Wenery byłby w zupełności pozbawiony widoku słońca i gwiazdzistego nieba.

Skutkiem takiej gęstości atmosfery właści-

wa powierzchnia planetarna zupełnie prawie ukrytą jest dla naszego oka i ztąd badanie ruchu wirowego Wenusy bardzo utrudnionem. Ruch wirowy planety bada się w ten sposób, iż wybiera się jakąś trwałą plamę na jej tarczy, i obserwuje się zmiany położenia tej plamy, które musi powodować ruch wirowy. Kiedy planeta skutkiem tego ruchu wróci do tego samego położenia względem obserwatora, plama musi zająć to samo położenie na tarczy planety. Ponieważ ruch ziemi postępowy i wirowy oraz ruch postępowy planety jest znany, więc na podstawie spostrzeżeń wyżej podanych, określenie długości okresu obrotu jest możliwem.

Jeżeli wszakże plama, którą użyliśmy do tego celu, nie jest trwałą, jeżeli jest naprzykład obłokiem, unoszącym się w atmosferze planety i posiadającym ruch własny, niezależny od ruchu planety dokoła osi, wówczas obserwacje nasze muszą prowadzić do wyników mylnych. Utwory atmosferyczne przytem zazwyczaj są nietrwałe, zmieniają swój kształt lub też całkiem znikają, na ich miejsce zaś tworzą się inne. Czytelnik łatwo zrozumieć może, jaką wartość mogą mieć rezultaty, jeżeli obserwator obserwuje utwór zupełnie inny, w przypuszczeniu, że ma do czynienia z obserwowanym już poprzednio.

W przypadku Wenusy tak źle nie jest z owym ruchem własnym, tworzeniem się obłoków i znikaniem ich, ponieważ coś podobnego

rzadko się widzieć daje, jednakże zachodzi tu nie mniej ważna okoliczność, mianowicie ta, iż o jakąkolwiek plamę bardzo trudno. Ztąd pochodzi, iż astronomia wobec ogółu znajduje się w tem dziwnem położeniu, iż nie jest w stanie powiedzieć mu stanowczo, w jakim okresie obraca się około swej osi planeta, która najbardziej ze wszystkich zbliża się do ziemi.

Wątpliwości pod tym względem powstały dopiero w czasie niezbyt dawnym. Do owego czasu, opierając się na spostrzeżeniach licznych astronomów, iż zawsze, skoro Wenus wschodziła, albo też skoro stawała się widzialną przy zachodzie słońca, plamy, o których trwałości wątpić nie było można, miały to samo położenie na tarczy planety, można było utrzymywać, że Wenus w tym samym czasie również obróciła się dokoła swej osi, t. j., że obrót Wenery dokonywa się w tym samym mniej więcej czasie, co i obrót ziemi. Według Schrotera okres ten wynosi 23 g. 21 m. 19 s., według de Vico 23 g. 21 m. 21·9 s.

Jednakże w ostatnich czasach Schiaparelli zakwestyonował uprawnienie takiego wniosku, a następnie, opierając się na licznych własnych obserwacjach, orzekł, iż przyczyną tego, że plamy na Wenerze po upływie doby są prawie w tem samym miejscu, nie jest jej całkowity obrót w tym czasie, ale wprost nader powolny jej ruch wirowy. Obserwował on bowiem Wenus nietylko wieczorem i rano, ale w ciągu ca-

tego dnia i znalazł, że i wówczas plamy znajdując się na tem samym miejscu. Zaledwie po miesiącu można było zauważyć pewne zmiany w położeniu. Ostatecznie na podstawie wszystkich swoich badań twierdzi Schiaparelli, że okres obrotu Wenerę dokoła osi równa się okresowi obiegu jej dokoła słońca, czyli 224·7 dnia.

Wywody Schiaparelliego znalazły gorących obrońców, lecz także i licznych przeciwników, i dzisiaj jeszcze orzec stanowczo nie można, kto ma rację. Potrzeba jeszcze bardzo obfitego materiału obserwacyjnego, ażeby wybrać pomiędzy okresem 24-godzinnym a 224·7-dniowym. Dodać należy, że niektórzy astronomowie doszli do okresów, od dwóch powyższych zupełnie odmiennych, te jednakże posiadają znacznie mniej prawdopodobieństwa.

Warunki fizyczne na Wenerze wypadną nader różnie, zależnie od tego, czy okres obrotu krótki czy też długi uważać będziemy za prawdziwy.

W pierwszym razie istnieją tam zmiany dnia i nocy, podobnie jak na ziemi, w drugim zaś, podobnie jak na Merkurym, wieczny dzień posiada półkula zwrócona ku słońcu, odwrócona zaś od słońca wieczną noc. Co się tyczy pór roku, to, jak wiadomo, zależne one są od pochyłości równika planety względem płaszczyzny jej drogi. Ponieważ okres obrotu Wenerę jest tak mało pewnym, więc i dokładne

zbadanie położenia osi ruchu wirowego jest również niemożliwym. Jeżeli oś ta jest prawie prostopadłą do płaszczyzny drogi, w takim razie pór roku w znaczeniu ziemskim tam niema. Słońce nad poziomem każdego miejsca, zależnie od szerokości Wenerograficznej, jest w południe wzniesione rozmaicie, lecz dla danej szerokości nigdy się wysokość słońca w południe nie zmienia. Jeżeli okres obrotu równa się okresowi obiegu, w takim razie słońce nieruchomo stoi dla każdego punktu powierzchni Wenery, zwróconej ku słońcu, w określonym punkcie nieba, i nawet nie kołysze się skutkiem libracyi, jak na Merkury, gdyż droga Wenery posiada mimośród bardzo mały.

Badając Wenerę pod różnymi względami, na każdym kroku prawie potracamy o kwestyę atmosfery, za której istnieniem przemawia wszystko. Ze wątpliwości pod tym względem nie można już mieć żadnej, czytelnik to sam osądzi. Wspomnieliśmy już o zjawisku przejść Wenery przed tarczą słoneczną, które zdarzają się niekiedy, gdy Wenus znajduje się w połączeniu dolnem. Przejścia te mają miejsce daleko rzadziej aniżeli przejścia Merkurego, mianowicie w odstępach 105·5, 8, 121·5, 8 lat — zawsze 4 razy na 243 lata. Dwa ostatnie przejścia zaszły 9 grudnia 1874 i 6 grudnia 1882 roku, następne zaś będzie można dopiero obserwować 8 czerwca 2004 r. i 6 czerwca 2012 roku. Przejścia Wenery są zjawiskami nader upragnionemi dla

astronoma głównie z tego względu, iż, jak żadne inne, nadają się do określenia paralaksy słońca. Ponieważ zdarzają się one tak rzadko, więc też są oczekiwane z ogromną niecierpliwością, i liczne ekspedycje zawsze udają się w rozmaite miejsca kuli ziemskiej, ażeby zebrać jak największy plon naukowy. Cel tych ekspedycji, na które nie szczędzi się żadnych kosztów i pracy, jest właściwie wyznaczenie paralaksy słonecznej, której dokładna znajomość należy do podstaw całej astronomii. Dla przedmiotu wszakże, którym zajmuje się ta książka, ważniejsze są inne zjawiska, które w czasie przejść Wenerę zauważyć zdołano, zjawiska, które niestety znacznie obniżyły dokładność, z jaką spodziewano się otrzymać paralaksę.

Przy obserwacji przejść Wenerę w celu określenia paralaksy chodzi głównie o dokładne zaobserwowanie czterech momentów: pierwszego zetknięcia się brzegów zewnętrznych tarczy słońca i tarczy Wenerę, zetknięcia wewnętrznego, zetknięcia wewnętrznego przed wyjściem i ostatniego zetknięcia zewnętrznego. Uchwycenie czterech tych momentów, wbrew nadziejom, okazało się nader trudnem. Gdy bowiem zbliża się chwila zetknięcia wewnętrznego, występuje t. z. zjawisko „czarnej kropli“, t. j. czarny krążek Wenerę się wydłuża w kierunku brzegu słońca. Po pewnym czasie owo wydłużenie znika, ale nie jest to już chwila kontaktu wewnętrznego, albowiem krążek już wówczas nie dotyka

brzegu słońca. Zjawisko to da się objaśnić jedynie istnieniem atmosfery na Wenerze, skutkiem której krążek, którego rzut widzimy na słońcu, nie odpowiada istotnym rozmiarom Wenery. Przypuszczenie to potwierdza brak owej „czarnej kropli“ przy przejściach Merkurego, który nie posiada atmosfery, jak również pomiary średnicy Wenery w zwykłych warunkach i w czasie przejść przed słońcem.

Średnica Wenery po zredukowaniu na odległość jednostki planetarnej¹⁾, widziana jest pod kątem $17' \cdot 55$, jeżeli ją obserwujemy na zewnątrz tarczy słonecznej, jeżeli zaś ją mierzymy jako tarczę ciemną na tarczy słonecznej, wówczas kąt ten wynosi tylko $16'' \cdot 50$. Różnica ta nie da się objaśnić irradycją, t. j. zjawiskiem, iż oświetlone silnie przedmioty na ciemnym tle wydają się nam większymi aniżeli przedmioty tych samych rozmiarów ciemne na jasnym tle. Wpływ irradycji oblicza się na $0'' \cdot 4$, zostaje zatem dość znaczna ilość, którą jedynie na karb istnienia gęstej atmosfery na Wenerze położyć można. Jeżeli bowiem promienie słoneczne odbija nie rzeczywista powierzchnia planety, lecz powierzchnia warstwy atmosferycznej, wzniesionej na pewną wysokość nad powierzchnię planety, wówczas promień rzeczywisty kuli planetarnej widzimy powiększony o wysokość owej warstwy

¹⁾ Jednostką planetarną nazywa się średnia odległość ziemi od słońca.

odbijającej. Ponad tą warstwą rozciągają się niewątpliwie jeszcze dalsze, znacznie rzadsze, warstwy atmosfery, które powodują, iż promień, odbity od owej warstwy odbijającej (należy tu sobie wyobrazić nie jakąś idealną powierzchnię, ale cały szereg warstw, których wpływ ogólny przedstawiamy jako wpływ warstwy odbijającej), nie dochodzi ku nam po linii prostej, lecz załamuje się w ten sposób, iż wpada do naszych oczu w kierunku, odchylonym nieco ku stronie zewnętrznej planety. Skutkiem tej refrakcyi promień Wenus widzimy jeszcze bardziej powiększony. Kiedy zaś mierzymy średnicę Wenus w czasie przejść przed tarczę słoneczną, wówczas wpływy te prawie zupełnie znikają; widać bowiem często atmosferę planety pod światło, jako mniej ciemny brzeg dokoła czarnego krążka w chwili, gdy Wenus w części już znajduje się na tarczy słonecznej; aureola ta zwykle znika, gdy Wenus w całości znajduje się na tle tarczy słonecznej. Ponieważ mierzymy tylko średnicę owego pozostałego czarnego krążka, więc wynik musi być mniejszy.

Z rozmaitych względów za podstawę do wyprowadzenia rzeczywistych rozmiarów Wenus przyjmuje się kąt, pod którym widzimy średnicę oświetlonej Wenusy. Według tego rozmiary Wenusy tylko bardzo mało różnią się od rozmiarów kuli ziemskiej, różnica bowiem prawie nie przekracza granic prawdopodobnych błędów. Średnica Wenusy najwyżej o 100 kilometrów mniejszą

jest od średnicy ziemi. Masa Wenery natomiast wynosi tylko $\frac{1}{4}$ masy ziemskiej, zatem i średnia gęstość równa się $\frac{4}{11}$ średniej gęstości ziemi. Tę ostatnią różnicę również prawdopodobnie w znacznej części przypisać należy owej atmosferze, która powiększa dla nas rozmiary Wenery. Rzeczywista gęsta średnia planety bez jej atmosfery daleko bardziej zbliża się do średniej gęstości ziemi.

Obserwacje Wenery okazały cały szereg zjawisk, których przyczyną jest atmosfera. Jak zobaczymy później, atmosfery posiadają także wszystkie inne planety naszego układu. Ze zaś różnaitość zjawisk, ztąd powstających, jest największą u Wenery, pochodzi to ztąd, iż Wenus jest planetą dolną i zajmuje najrozmaitsze położenia względem słońca. Powstające skutkiem tego fazy oświetlenia, które u planet górnych występuje tylko w rozmiarach nieznacznych, powodują, w połączeniu z atmosferą, zjawiska dosyć skomplikowane.

Kula planetarna, nie otoczona gazami, przy wszelkich fazach oświetlona być musi w ten sposób, że na brzegu tarczy, w postaci której tę kulę widzimy, część ciemna i część jasna są równe, t. j. połowa brzegu jest jasną, druga połowa zaś ciemną. Co się zaś tyczy linii granicznej na tarczy pomiędzy częścią ciemną a jasną, to jest ona wklęsłą lub wypukłą, zależnie od wielkości oświetlonej części tarczy, prostą zaś jest wtenczas, kiedy połowa tarczy jest

oświetloną, połowa zaś ciemną. Takie przepołowienie czyli dichotomia zachodzi wówczas, kiedy kierunek od słońca do planety i kierunek od planety do ziemi tworzą ze sobą kąt prosty.

Inaczej nieco dzieje się, gdy planeta otoczona jest atmosferą, a przykładem może być Wenus. Brzeg jasny tarczy Wenusy zawsze jest dłuższy niż 180° , a szczególnie wybitnie występuje to, gdy Wenus w bliskości dolnego połączenia przedstawia się w postaci wąskiego sierpa.

Rogi tego sierpa nietylko widziano przedłużone znacznie, do 270° , ale nawet obserwowano zjawisko t. z. „nitki jedwabnej“, to jest wąskiego rąbka światła, otaczającego całą tarczę dokoła, a pochodzącego ztąd, że promienie, padające na odwróconą od nas stronę Wenusy, uległszy załamaniu, oświetliły brzeg ku nam zwróconej połowy. Gdy zaś Wenus w czasie przejść przed tarczą słoneczną zaledwie w połowie znalazła się na tarczy słonecznej, występowała również druga jej część, dzięki świetlistemu obramowaniu jej przez zachodzące z tyłu promienie słońca. Co zaś dotyczy owej dichotomii, to nie zachodzi ona nigdy w momentach, gdy kąt, o którym wyżej mówiliśmy, jest prosty, lecz przy wzrastającej fazie kilka dni później, przy ubywającej zaś o kilka dni wcześniej. I to zjawisko jest koniecznym skutkiem refrakcyi w atmosferze. Owa linia graniczna nie

jest zresztą zazwyczaj wyrazistą, lecz ma wygląd zatarty, zamazany i wykazuje pewne deformacje, o których przyczynie nieco niżej powiemy.

Nadto ciekawem jest zjawisko, niejednokrotnie obserwowane, przypominające t. z. „światło popielate“ na księżycu, tj. światło słabe, którem często świeci ciemna część tarczy księżyca zazwyczaj przy niewielkiej fazie. Światło popielate pochodzi stąd, że na ciemnej części księżyca wówczas panuje „noc ziemską“, którą tak nazywamy przez analogię do „nocy księżycowej“ na ziemi: świeci tam wówczas nad poziomem ziemi, jako wielka tarcza, oświetlona promieniami słońca. Otóż na Wenerze również część nieoświetlona przez słońce niekiedy staje się widzialną dzięki słabemu oświetleniu. „Światło popielate“ Wenery jednakże nie może być skutkiem „nocy ziemskiej“ na Wenerze, bowiem ziemia nie daje Wenerze więcej światła, aniżeli Wenus nam. Natężenie tego światła jest 12000 razy mniejszem niż na księżycu, nie może zatem oświetlić Wenery do tego stopnia, ażeby nam ją ukazać.

Jaka jest przyczyna tego zjawiska, dotychczas jeszcze stanowczo powiedzieć nie można. I tu wszakże główną rolę, jak się zdaje, przypisać należy atmosferze Wenery — jeżeli nie samej refrakcyi i refleksyi atmosfery, powodującej na ziemi zjawisko zmierzchu, który i na Wenerze istnieć musi, to może jakiejś fosforen-

scencyi wyższych warstw, albo też pewnym wyładowaniem elektrycznym, które nieustannie w tych warstwach zachodzą.

Na podstawie wszystkiego, co wyżej zostało powiedziane, nie może ulegać wątpliwości, że Wenus otoczona jest gęstą powłoką atmosferyczną. Jaką jest gęstość tej atmosfery, wpływa do pewnego stopnia z jej własności łamiącej, którą na podstawie dokonanych spostrzeżeń określić się starano. Najlepiej ku temu nadaje się zjawisko przedłużenia się rogów Wenerzy przy małej fazie. Próbę określenia refrakcyi wykonał pierwszy Mädler, następnie zaś Lyman, który obserwował Wenus w dolnem połączeniu na 5 godzin przed przejściem jej przed tarczą słoneczną r. 1874 i widział dokoła Wenerzy pierścień jasny, przerwany tylko w jednym miejscu ciemnym punktem, jak gdyby chmurą. Wyniki Mädlera i Lymana były dosyć do siebie zbliżone, jednakże Neison jeszcze raz przeprowadził ścisłe obliczenie i znalazł, że refrakcyja horyzontalna, t. j. u samego poziomu, wynosi na Wenerze 54 "7, podczas gdy na ziemi wynosi ona tylko niespełna 35". Siła łamiąca, a zatem i gęstość atmosfery Wenerzy w bliskości jej powierzchni, jest więc znacznie większa, aniżeli naszej atmosfery, i zatem ciśnienie tej atmosfery jest znacznie większe, niż u nas.

Co się tyczy składu chemicznego atmosfery Wenerzy, to jesteśmy w stanie powiedzieć tylko to, co nam odkrywa spektroskop. Przedewszystkiem

stwierdza spektroskop, że światło Wenus jest odbitem światłem słonecznym, jest to bowiem widmo absorbcyjne, w którym niema żadnej linii, którejby nie było w widmie słonecznym. Na jednej z fotografii widma Wenus, otrzymanych w Poczdamie, na niewielkiej części widma pomiędzy długością fali $460 \mu\mu$ a $406 \mu\mu$ znajduje się około 500 linii absorbcyjnych, zgadzających się z liniami widma słonecznego pod względem położenia i natężenia. Tylko w mniej łamliwych częściach widma linie teluryczne, t. j. właściwe atmosferze ziemskiej, są bardziej wybitne, niż w widmie słonecznym oraz w widmie Merkurego. To silniejsze natężenie jest wywołane absorbcją w atmosferze Wenus, nie jest ono wszakże tak wielkiem, jakie musiałyby spowodować bardzo gęsta warstwa atmosferyczna, o której istnieniu na Wenerze się przekonaliśmy. Dowodzi to, iż promienie słoneczne nie przenikają owej atmosfery całkowicie, lecz odbijają się od pewnych utworów, unoszących się już w wysokich warstwach atmosfery. Jest to w zgodzie z tem, cośmy wywnioskowali na podstawie innych zjawisk.

Linie teluryczne w wielkiej swej części są wywołane przez parę wodną, unoszącą się w atmosferze. Zwiększenie się ich natężenia w widmie Wenus świadczy o tem, że para wodna również znajduje się w atmosferze tej planety. Chmury zatem, zasłaniające przed nami właściwą powierzchnię Wenus, zdają się być utworami,

podobnymi do naszych chmur. Zwiększone natężenie absorbcyjnej grupy B, należącej do tlenu, dowodzi istnienia także tlenu w atmosferze Wenery.

Co do ukształtowania samej powierzchni Wenery, wiadomości nasze są bardzo skąpe. Plamy, które niekiedy dostrzedz się dają na Wenerze, są dwóch rodzajów, białe i szare. Są one w ogóle trudne do obserwacji i nie posiadają wybitnego ograniczenia. Plamy białe zazwyczaj są małe i okrągławe, szare zaś są większe, ale bez regularnych kształtów. Charakter tych dwóch rodzajów plam zdaje się być odmienny, jak wnioskować trzeba z niektórych obserwacji tych plam w bliskości linii granicznej światła i cienia. Linia ta często wykazuje ząbienia, które wszakże są zmienne i nietrwałe. Gdy w bliskości tej linii granicznej znajdzie się plama biała, linia graniczna deformuje się w kierunku części ciemnej, plama szara natomiast powoduje deformację w kierunku części jasnej. O ile spostrzeżenia te nie są oparte na złudzeniu (nie jest to niemożliwe, pomimo że zaobserwowali to zjawisko tak bystrzy badacze, jak Trouvelot, Mascari i inni), to trzebaby ztąd wnioskować, iż jasne plamy znajdują się ponad tą warstwą, którą zwykle obserwujemy, że zatem są to chmury, unoszące się w najwyższych warstwach atmosfery Wenery, ciemne zaś plamy znajdują się niżej i, być może, nie są czem innym, jak przerwami w oponie obłocznej.

Z innych szczegółów, zauważonych różnymi czasy, zasługują na uwagę następujące. Wielokrotnie było obserwowane przytępienie południowego rogu Wenera, po stronie zaś zewnętrznej jasny punkt. Trouvelot znalazł, że owa jasna plamka dzieli się na kilka oddzielnych punktów, które nie mogą być czem innym, jak szczytami gór, wystającymi ponad powłoką chmur. Wysokość tych gór wynosi co najmniej 6 mil, w stosunku do gór ziemskich jest zatem bardzo wielką. Inne wzniesienie, odkryte w postaci zazębienia na północnej części sierpa, odpowiada wysokości 14 mil. Niektórzy astronomowie (De Vico, Denning) widzieli w bliskości brzegu północnego przedmiot, przypominający kształtem księżycowe góry pierścieniowe. Inne wiadomości, np. o plamach w bliskości biegunów, zmieniających się z porami roku, o stałych plamach na tarczy, obserwowanych przez cały szereg dni, trzeba przyjmować z wielką ostrożnością, gdyż, według wszelkiego prawdopodobieństwa, polegają one na złudzeniu.

Czy w przyszłości oko ludzkie będzie umiało przeniknąć gęsty waol chmur, zakrywających przed nami powierzchnię najbliższej naszej sąsiadki, i zbadać, co się na tej powierzchni dzieje, jest rzeczą wątpliwą. Zdaje się, że będziemy musieli się zadowolić skonstantowaniem tego wielce doniosłego faktu, że Wenus posiada gęstą atmosferę.

Z i e m i a.

O ziemi powiemy tylko kilka słów. Jest to wprawdzie planeta taka sama, jak inne, z punktu widzenia astronomii, jednakże stosunek nasz do niej jest zupełnie inny, aniżeli do innych planet. Wielką kosmiczną siłą jesteśmy przywiązani do tej ziemi - matki i z jej łona czerpiemy życie. Przyrodę jej poznajemy nie w drobnych okrucach, jakie na innych planetach przy zastosowaniu najdoskonalszych metod zaledwie dostrzedz możemy, ale czerpiemy pełną dłońią z tych zjawisk, które nas bez przerwy otaczają.

To też badanie ziemi nie jest już wyłącznie przedmiotem badań astronomii, która ma do czynienia z zaświatami, lecz całego szeregu innych nauk, z których każda zajmuje się pewną specjalną dziedziną zjawisk ziemskich. Niewątpliwie wszystkie te nauki, jak geofizyka, geodezyja, geologia, geografia fizyczna, meteorologia i t. d., mają wiele punktów stycznych, ale cele ich są odrę-

ne i dla każdej z nich, uważanej jako przedmiot główny, inne mają tylko znaczenie pomocnicze. Zdobytcze tych nauk są tak olbrzymie, że nie możemy nawet pobieżnie na tem miejscu zająć się niemi, odsyłając czytelnika do dzieł, specjalnie ziemi poświęconych. Tutaj pragniemy podać tylko kilka szczegółów z wiedzy o ziemi, mających charakter bardziej astronomiczny.

Ziemia jest planetą, która obiega dokoła słońca w okresie 365 dni 6 godzin 9 min. 12 9 s. Okres ten nazywamy rokiem gwiazdowym, ponieważ słońce, które, odzwierciadlając ruch ziemi, zdaje się przesuwać wśród gwiazd, powraca w tym okresie do tych samych gwiazd. Z odległości jedności planetarnej ziemia jest widzianą pod kątem $17''6$, o czem dowiadujemy się z badań nad paralaksą słońca; paralaksa słońca jest bowiem pod względem wielkości zupełnie równą kątowni, pod jakim ze słońca widzianym jest promień kuli ziemskiej. O wyznaczeniu paralaksy wspomnieliśmy, mówiąc o przejściach Wenerę przed tarczę słoneczną, bliżej zajmować się tym przedmiotem przekracza zakres tej książki.

Wyznaczeniem rzeczywistego kształtu i rozmiarów kuli ziemskiej zajmuje się geodezya. Z pomiarów geodezyjnych wypływa, że ziemia nie jest kulą, ale ma kształt zbliżony do elipsoidy obrotowej i że mianowicie oś wielka tej elipsoidy przypada w płaszczyźnie równika ziemskiego, oś mała zaś odpowiada osi obrotu kuli

ziemskiej. Różnica długości tych dwóch osi, wyrażona jako ułamek promienia równika ziemskiego, jest miarą spłaszczenia kuli ziemskiej u jej biegunów. Spłaszczenie to wynosi według najnowszych wyników $\frac{1}{298.257}$. Długość promienia równika ziemskiego wynosi 6373 kilometrów, długość zaś połowy osi ziemskiej 6352·5 kilometrów.

Skoro znane są rozmiary kuli ziemskiej oraz kąt, pod którym ziemia widziana jest z odległości słońca, odległość ziemi od słońca wyznacza się z łatwością. Wynosi ona 149340870 km., czyli $20\frac{1}{8}$ milionów mil geograficznych — taką więc jest długość jednostki planetarnej, którą mierzymy odległość planet od słońca.

Prócz ruchu postępowego do koła słońca, ziemia posiada jeszcze ruch obrotowy dokoła osi. Kierunek osi ziemskiej w przestrzeni określony jest przez punkt nieba, który nie bierze udziału w pozornym ruchu dziennym sklepienia niebieskiego. Punkt ten na półkuli północnej znajduje się w bliskości gwiazdy α Małej Niedźwiedzicy.

Osią ziemską jest linia, przechodząca przez ten punkt i środek ziemi. Punkty przecięcia tej linii z powierzchnią ziemi są biegunami ziemskimi. Bieguny nie biorą udziału w ruchu obrotowym ziemi, niema tam zatem zjawisk, zależnych od tego ruchu.

Obrót ziemi dokoła osi odbywa się w okresie czasu, który nazywamy dobą gwiazdową; jest on średnio o 3 min. 56 sek. krótszy od tej doby, która służy za podstawę rachuby czasu i w której

uwzględnia się też ruch postępowy ziemi. Doba gwiazdowa należy do najniezmienniejszych wielkości w astronomii, i dlatego ruch ziemi dokoła osi jest najidealniejszym zegarem, podług którego wszystkie zegary, utworzone ręką ludzką, stosować się muszą. Czuwanie nad zegarami należy do ważnych zajęć astronoma.

Ruch ziemi dokoła osi powoduje zmiany dnia i nocy, skutkiem tego ruchu bowiem coraz inne punkty powierzchni ziemi zwracają się ku słońcu, aby po pewnym czasie odwrócić się od niego i pogрузić się w cieniach nocy. Gdyby ziemia nie posiadała tego ruchu obrotowego, wówczas dzień i noc zmieniałyby się co pół roku.

Oś ziemską pochylona jest względem płaszczyzny drogi ziemskiej, czyli ekliptyki, pod kątem $66^{\circ}33'$, płaszczyzna zaś równika ziemskiego, t. j. płaszczyzna prostopadła do osi, przechodząca przez środek ziemi, tworzy z płaszczyzną ekliptyki kąt $23^{\circ}27'$. Skutkiem owej pochyłości ekliptyki istnieją na ziemi pory roku, albowiem dzięki niej słońce w jednej połowie roku wznosi się wyżej nad poziom miejscowości, położonych na jednej półkuli ziemi, np. na północnej, w drugiej zaś połowie roku odwrotnie. Im słońce wyżej wznosi się nad poziom ten dzień jest dłuższy a noc krótsza, i odwrotnie. Wyższe wznoszenie się nad poziom, zatem dłuższe i silniejsze ogrzewanie tych miejscowości, pociąga za sobą podniesienie temperatury,

która spada w miarę, jak słońce się zniża. Ztąd pochodzi ciepła i zimna pora roku.

Zależnie od położenia słońca względem równika i od tego, czy słońce zbliża się do równika czy też się od niego oddala, dzieli się rok na 4 pory roku: wiosna, lato, jesień, zima. Na dwóch półkulach ziemi, utworzonych przez równik, te pory roku są wręcz przeciwne. Zmieniają się pory roku w okresie czasu, zwanym rokiem zwrotnikowym, który jest nieco krótszym od roku gwiazdowego i wynosi 365 dni 5 godz. 48 min. 46 sek.

Kiedy słońce znajduje się w płaszczyźnie równika ziemskiego, wówczas na całej kuli ziemskiej dzień jest równy nocy. Ma to miejsce 2 razy do roku, 20. marca i 22. września. Rokiem zwrotnikowym nazywa się okres czasu pomiędzy dwoma kolejnymi przejściami ziemi przez jeden z punktów równonocnych. Te punkty wszakże nie zachowują niezmiennego położenia, lecz cofają się na ekliptyce, to jest mają ruch skierowany naprzeciw ziemi. Skutkiem tego ziemia potrzebuje mniej czasu, ażeby powrócić do tego samego punktu równikowego, niż do okrążenia słońca. Ztąd pochodzi różnica długości roku gwiazdowego i zwrotnikowego.

To cofanie się punktów równonocnych jest skutkiem trzeciego ruchu ziemi, mianowicie jej ruchu precesyjnego. Oś ziemską mianowicie nie zachowuje niezmiennego położenia w przestrzeni, lecz zakreśla powierzchnię stożkową

względem osi ekliptyki, tj. względem kierunku prostopadłego do płaszczyzny ekliptyki. Skutkiem tego i płaszczyzna równika ziemskiego przecina się z płaszczyzną ekliptyki po coraz innej prostej, a kierunek tej prostej określa położenie punktów równonocnych. Okres tego trzeciego ruchu, zwany wielkim rokiem Platona, wynosi 26000 lat, a przyczyną tego ruchu jest spłaszczonego kształtu ziemi i działanie słońca i księżyca.

Ruch ziemi dokoła słońca, dzięki eliptycznemu kształtowi drogi ziemskiej, nie jest równomierny. Skutkiem tego i długość pór roku nie jest jednakową. Najkrótszą jest ta pora roku, która odpowiada najmniejszej odległości ziemi od słońca, ponieważ w tej części drogi ruch ziemi jest najszybszy i ażeby ją przebyć, potrzebuje ziemia czasu najmniej. Najdłuższą porą roku jest ta, która odpowiada największej odległości ziemi od słońca. Na półkuli północnej w pierwszym razie jest zima, w drugim zaś lato, a zatem zima ze wszystkich pór roku u nas jest najkrótsza, lato zaś najdłuższe. Długość pór roku jest następująca:

wiosna	92 d.	21 g.
lato	93 „	14 „
jesień	89 „	19 „
zima	89 „	0 „

Różnica między zimą i latem zatem wynosi około 4 dni 14 g. Na półkuli południowej przeciwnie, najdłuższą jest zima, najkrótszem zaś lato. Inne pory roku mają długość pośrednią.

Okres obiegu planet, znajdujących się

w pewnej odległości od słońca, ściśle zależnym jest od siły, rządzącej ich ruchami, tj. od masy słońca. Naturalnie planety również działają na słońce i nawet działania te są równe działaniu słońca na planety, jednakowoż ruch, jaki z tego powodu otrzymuje słońce, jest tyleż razy mniejszy od ruchu planety, ile razy masa jego jest większą od masy planety. Zbadanie praw spadku ciał na ziemię, powodowanego przez przyciąganie jej masy, oraz stwierdzenie faktu, iż krążenie ciał niebieskich w istocie swojej jest również tylko spadaniem, doprowadziło do wyniku, że pod wpływem ziemi ruch słońca jest 327214 mniejszy, aniżeli ruch ziemi pod wpływem słońca. Ztąd wynika, iż masa ziemi stanowi tylko $\frac{1}{327214}$ część masy słonecznej. Znając stosunek masy jakiejś planety do masy ziemskiej, łatwo obliczyć, jaką jest ta masa w stosunku do masy słońca. Masy planet, jako ułamki masy słońca, podane są w tabelce na końcu książki.

Gdyby znaną była bezwzględna wartość masy słońca albo jakiejś innej planety, tj. masa, wyrażona w znanych jednostkach masy, to wyznaczenie masy bezwzględnej dla wszystkich innych byłoby rzeczą łatwą. Bezwzględne określenie masy możliwe jest tylko na ziemi, ale jak rzekliśmy, jest to zupełnie wystarczające, skoro wiemy, w jakim stosunku do masy ziemskiej znajdują się masy innych ciał naszego układu.

Masa jakiegoś ciała równa się iloczynowi z jego objętości i średniej gęstości. Objętość ziemi wynika bezpośrednio z wyników pomiarów geodecyjnych, pozostaje zatem określić średnią gęstość kuli ziemskiej.

Gęstość średnią ziemi określano na różny sposób. Przytoczę tylko metodę odchylenia pionu przez znaczne masy (np. góry). Jak wiadomo, pion jest kierunkiem wypadkowej przyciągania wszystkich cząsteczek masy ziemskiej na masę ciężarka, przywieszzonego na nitce, swobodnie wiszącej; masa ziemi działa przytem tak, jakby cała była ześrodkowana w środku ziemi. Jakaś wielka masa, znajdująca się w bliskości miejsca doświadczenia, przyciąga ciężarek i odchyła pion ku sobie. Na podstawie wielkości odchylenia można obrachować, w jakim stosunku działanie owej masy znajduje się do działania ziemi, a jeżeli znaną jest wielkość owej masy, wyrażona w znanych jednostkach masy, naprzykład kilogramach, to masa ziemi wypływa ztąd bezpośrednio, jak również średnia gęstość.

Najprawdopodobniejszą wartością dla średniej gęstości ziemi, wypływającą z bardzo licznych badań, jest liczba 5.576, tj. że masa kuli ziemskiej jest 5.576 razy większą od masy kuli tej samej wielkości co ziemia, składającej się z wody. Ponieważ kilogramem jest masa jednego decymetra sześciennego wody, więc ażeby się dowiedzieć ilu kilogramom równa się

masa ziemi, należy objętość jej wyrazić w decymetrach sześciennych i otrzymaną liczbę pomnożyć przez 5.576. Ciekawy czytelnik może sobie ten nader łatwy rachunek wykonać, posiada bowiem wszystkie potrzebne do tego dane. My sobie tej pracy oszczędzimy.

Średnia gęstość ziemi jest bardzo znaczną w stosunku do średniej gęstości zwierzchnich jej warstw. Warstwy te składają się przeważnie z krzemionki, piasku, gliny etc., a średnia gęstość ich wraz z metalami i różnymi minerałami w nich zawartymi wynosi około 2.6. Dowodzi to, iż wewnątrz ziemi napełniają ciała o znacznej gęstości gatunkowej. Wiele innych zjawisk mówi za tem, że te warstwy ziemi, do których człowiek jest w stanie dotrzeć, tworzą tylko cieką skorupę, pod którą warunki fizyczne są nader odmienne od tych, jakie znajdujemy w głębokościach nieznaczących. Większość ciał znajduje się prawdopodobnie w stanie rozżarzonego płynu, a w większych głębokościach w stanie lotnym.

Zakończymy rozdział o ziemi zwróceniem uwagi na otaczającą ją atmosferę. Atmosfera ta wznosi się na wysokość około 100 kilometrów nad powierzchnię ziemi i wywiera ciśnienie około 1 kg. na 1 centymetr kwadratowy. Złożona ona jest w głównej części z tlenu ($\frac{1}{5}$) i azotu ($\frac{4}{5}$) oraz w niewielkich ilościach z dwutlenku węgla i pary wodnej. Para wodna przeważnie pochodzi z mórz, a prądy atmosferyczne, zwane wia-

trami, roznoszą je na wszystkie strony. Kondensują się one w wyższych warstwach atmosfery w chmury i w krople deszczu, lub kryształki lodu, które spadają na ziemię w postaci deszczu lub śniegu. Inne składniki atmosfery znajdują się w niej tylko w nieznacznej ilości.

Atmosfera ziemską powoduje refrakcję czyli łamanie się promieni świetlnych, przechodzących przez nią od innych ciał niebieskich. Skutkiem tego widzimy te ciała wyżej, aniżeli one się znajdują w istocie. Prócz tego atmosfera pochłania niektóre rodzaje promieni świetlnych, skutkiem czego w widmach ciał niebieskich występują t. zw. linie teluryczne. Większe natężenie linii telurycznych, występujące w widmach niektórych planet, jak widzieliśmy, prowadzi do wniosku, że atmosfery tych planet zbliżone są do atmosfery ziemskiej.

Prócz tej absorbcyi elektywnej, atmosfera powoduje jeszcze absorbcję ogólną, skutkiem której jest zmniejszenie jasności ciał niebieskich. Ta absorbcya ogólna dotyczy szczególnie promieni łamliwszych, t. j. niebieskich i fioletowych, a nie dotyczy prawie wcale promieni czerwonych. Skutkiem tego ciała niebieskie, np. słońce, w bliskości poziomu są czerwone, i skutkiem tego ziemia dla obserwatora, znajdującego się na jakiejś innej planecie, miałyby barwę czerwoną.

Księżyc.

Ciała niebieskie, krążące dokoła planet, nazywamy księżycami. Merkury ani Wenus nie posiadają księżyców, przynajmniej dotychczas ich nie dostrzeżono. Co do Wenus, to starano się istnieniem księżycyca objaśnić jej t. z. światło popielate, a nawet byli tacy, którzy utrzymywali, że widzieli księżyc Wenus. Jednakże, jak później stwierdzono, było to złudzenie, i dziś na pewno twierdzić możemy, że jeżeli Wenus ma księżyc, to jest on ciałem tak drobnem, iż chyba tylko w jakichś specjalnie dogodnych warunkach mógłby być dostrzeżonym. W każdym razie bynajmniej nie mógł by on Wenus oświetlać do tego stopnia, ażeby promienie tego światła, odbite od powierzchni Wenus, u nas wrażenie świetlne powodować mogły; gdyby tak było, to sam księżyc z pewnością łatwiej mógłby być widziany bezpośrednio, aniżeli dopiero za pośrednictwem Wenus.

Jeżeli mówimy „księżyc“ bez wszelkich

innych dodatków, to na myśli mamy księżyc ziemi. Ziemia posiada tylko jeden księżyc — hipoteza istnienia jeszcze jednego księżycyca jest tylko fantazyą.

Księżyc dla mieszkańca ziemi nastęrcza zjawiska tak wybitne i uderzające, iż pod tym względem ustępuje tylko jednemu słońcu. Okrąża on ziemię w okresie czasu, który nazywamy miesiącem gwiazdowym, trwającym 27 dni 7 g. 43 min. 11·5 s. Bardziej zwraca uwagę inny okres, mianowicie ten, w którym powtarzają się te same fazy, czyli odmiany księżycyca, tj. miesiąc synodyczny, trwający 29 dni 12 godz. 44 min. 2·9 sek. Miesiąc synodyczny i fazy księżycyca miały zawsze wielkie znaczenie w chronologii, ponieważ na nich opierano rachubę czasu. Dla nas okres ten prawie stracił znaczenie, ponieważ miesiące, na jakie dzielimy rok, są pod względem długości rozmaite, i fazy księżycyca przypadają w różnych miesiącach i latach na zupełnie inne daty. Nasze miesiące są tylko pamiątką, pozostałą po czasach dawnych, kiedy w istocie na fazy księżycyca zwracano baczną uwagę.

Fazy księżycyca, jak i fazy Merkurego lub Wenery, zależne są od względnego położenia słońca, ziemi i księżycyca, różnicę stanowi tylko ta okoliczność, że we wszystkich fazach księżycyca jest jednakowo odległy od ziemi (pomijając zmiany skutkiem eliptycznego kształtu drogi księżycyca), a zatem i wielkość jego tarczy pozor-

nej pozostaje prawie niezmienioną. Zmiany jasności księżyca zatem prawie w zupełności zależne są tylko od zmiany fazy.

Kiedy księżyc jest w pełni, jasność jego jest 576000 razy mniejszą, aniżeli jasność słońca. Pomimo to oświetla on nasze noce tak, że można przy świetle księżyca czytać duży druk. Takie same oświetlenie daje świeca normalna w odległości 2·07 metra. Ponieważ natężenie światła przedmiotów, świecących światłem odbitem, zależnem jest od wielkości kąta padających i odbitych promieni, więc jasność księżyca nie jest proporcjonalną do wielkości oświetlonej części jego tarczy, gdyż prócz tej ostatniej zmienia się także natężenie światła. Z pomiarów fotometrycznych wynika, że półksiężyc daje nam tylko $\frac{1}{4}$ część tego światła, jaką daje pełnia, a gdy księżyc przedstawia się jako sierp o szerokości równej $\frac{1}{3}$ części średnicy, wówczas ilość światła, jaką otrzymujemy, jest 500 razy mniejszą, aniżeli w czasie pełni. Krzywa przedstawiająca zmiany jasności księżyca w zależności od fazy, zbliża się bardzo, jak już wspomnieliśmy, do krzywej otrzymanej dla Merkurego, co dowodzi zbliżonej przyrody tych dwóch ciał niebieskich.'

Światło, jakie otrzymujemy od księżyca, mogłoby być daleko obfitsze, gdyby nie to, że powierzchnia jego posiada przeciętnie małą zdolność odbijania, czyli albedo. Są wprawdzie na tarczy księżyca miejsca bardzo jasne, ale zna-

cznie więcej jest miejsc o wiele ciemniejszych. Świadczy to, że powierzchnia księżycy utworzona jest z rozmaitych ciał, nawet z białych, że wszakże głównie tworzą ją ciała ciemne. Czem są te ciała białe, wapno czy śnieg lub jeszcze coś innego, a czem ciemne, rozstrzygnąć trudno. Albedo średnia całej tarczy księżycy wynosi 0.129, która odpowiada w przybliżeniu ze znanych ciał ziemskich białości kwarcu i szarego piaskowca. Naturalnie nie upoważnia nas to do żadnych wniosków, gdyż, jak rzekliśmy, oddzielne części księżycy pod względem jasności bardzo się różnią od siebie, i niektóre miejsca są stokilkadziesiąt razy jaśniejsze od innych. Zresztą i zabarwienie rozmaitych części jest różne. Tak np. plama, zwana Mare serenitatis, ma odcień zielonawy, Mare imbrium brunatnawo-żółty, Palus somnii czerwonawy. Niewątpliwie zabarwienie to znajduje się w związku ze składem fizycznym tych powierzchni.

Księżyc zwraca ku nam zawsze tę samą połowę swojej powierzchni, wszystkie też nasze wiadomości o warunkach, panujących na księżycu, dotyczą tylko tej jednej jego połowy. Z wielkiem prawdopodobieństwem przypuszczać można, że i druga połowa, odwrócona od nas, przedstawia zjawisko podobne, jednakże tej kwestyi nigdy nie zbadamy, gdyż jedyną ku temu drogą byłoby udać się na księżyc, albo na jedną z planet, z których odwróconą od nas połowę księżycy zobaczyć można.

Przyczyną przytoczonego zjawiska jest to, iż księżyc obraca się dokoła swej osi w tym samym czasie, w którym obiega dokoła ziemi. Tylko okoliczności, że droga księżycyca jest eliptyczną, a zatem szybkość księżycyca w niej zmienną, gdy ruch wirowy jest równomierny, oraz temu, iż płaszczyzna drogi księżycyca tworzy kąt z płaszczyzną ekliptyki, zawdzięczamy, iż odsłaniają się nam peryodycznie niewielkie części także drugiej połowy księżycyca. Wogóle dzięki tej libracyi badania nasze rozciągają się na $\frac{3}{5}$ całej powierzchni księżycyca.

Widzimy, że księżyc w stosunku do ziemi zachowuje się zupełnie podobnie, jak Merkury w stosunku do słońca. I gdyby księżyc czerpał światło i ciepło od ziemi, analogia byłaby zupełna. Lecz księżyc otrzymuje ciepło i światło od słońca, podobnie jak wszystkie bryły naszego układu, i ztąd pochodzą rozmaite różnice. Przede wszystkim każdy punkt księżycyca ma dzień i noc, których długość zależy od okresu obrotu dokoła osi. Okres ten, czyli doba księżycowa, wynosi blisko 28 dni, a zatem dzień i noc trwają na księżycu po dni 14. W czasie 14-dniowego dnia słońce operuje bez przerwy, skutkiem czego panować tam muszą wielkie upały; potem wszakże następuje 14-dniowa noc, w czasie której ani jeden promień słońca nie dochodzi do odwróconej od słońca powierzchni; powierzchnia się bez przerwy ochładza i następuje zimno. Różnice temperatury naszej zimy i lata

są niczem w porównaniu z różnicami temperatury dnia i nocy na księżycu, a przyczynia się ku temu jeszcze w bardzo znacznej mierze brak znaczniejszej atmosfery na naszym satellicie.

O tem, że księżyc nie posiada wcale atmosfery, albo tylko bardzo nieznaczną, już ztąd wnioskować można, że wszystkie szczegóły jego powierzchni występują z wielką wyrazistością. Kontury znanych jego gór, kraterów itp. nigdy, o ile tylko stan naszej atmosfery na to pozwala, się nie zmieniają, nigdy nie wydają się zatarzonymi lub chociaż w części przysłoniętymi. Świadczy to, iż nigdy żadna chmurka nie powstaje w atmosferze księżyca, któraby choć troszkę widok nam zasłoniła. Nietylko wszakże kontury części powierzchni księżyca występują tak wyraźnie, tak samo ostro występują cienie wszelkich wyniosłości na księżycu, jeżeli promienie słoneczne padają na nie ukośnie. Cienie te są zupełnie pozbawione światła, są tak czarne, iż bez wątpienia w miejscach, na które te cienie padają, panuje zupełna noc, chociaż o kilka kroków poza granicami cienia, słońce z całą jaskrawością oświetla okolicę. Niema tam śladów tego rozproszonego światła, które pozwala nam, mieszkańcom ziemi, widzieć we dnie, pracować w naszych mieszkaniach nawet wówczas, gdy słońce bezpośrednio do nas nie zagląda, nawet wówczas, gdy okna są zwrócone ku stronie północnej, gdzie słońce nigdy nie jaśnieje. Zawdzięczamy to wszystko atmosferze naszej,

która odbija padające na nią światło i rozprasza je we wszystkich kierunkach.

Jeżeli zatem cienie na księżycu są tak zupełnie czarne, dowodzi to, że niema tam atmosfery, któraby pod względem gęstości chociaż odległe mogła być porównaną z naszą atmosferą ziemską. To, cośmy powiedzieli o świetle, odnosi się także i do ciepła: gdzie promienie słoneczne nie dochodzą bezpośrednio, tam panuje straszne zimno. A i te promienie ciepła, które padają na powierzchnię księżyca, odbite ucho-
dzą w przetwór (w części ku nam), gdyż niema tam tego płaszcza, chroniącego od promienio-
wania na zewnątrz, jakim dla nas jest atmosfera.

Z tego wynika, że powierzchnia księżyca nigdy nie jest w stanie silnie się rozgrzać. Z badań Langleya wypływa, iż gdyby księżyc nie posiadał wcale atmosfery, to nawet przy największym upale słonecznym temperatura na jego powierzchni nigdy nie byłaby w stanie osiągnąć temperatury, przy której rtęć staje się płynną.

Ażeby się przekonać, czy księżyc nie posiada nawet śladu atmosfery, badano tę kwestyę w rozmaity sposób.

Bardzo dobrym ku temu środkiem są na przykład obserwacje pokrycia gwiazd przez księżyc. Księżyc, przebiegając w ciągu miesiąca wszystkie gwiazdozbiory zwierzyńca, pokrywa tarczą swoją różne gwiazdy. Momenty, w których takie pokrycie nastąpi, ściśle dadzą się

obrachować. Jeżeli księżyc byłby otoczony atmosferą, wówczas, przed właściwym pokryciem gwiazdy przez tarczę księżycą, musiałyby znaleźć się między gwiazdą a naszymi oczami atmosfera. Atmosfera gazowa wywołałaby musiała dwa zjawiska: refrakcję i absorbcję. Skutkiem refrakcyi musiałyby nastąpić odchylenie promieni, idących ku nam od gwiazdy, gwiazda z mniejszą szybkością zbliżać by się musiała do księżycą i moment pokrycia musiałyby się opóźnić; odwrotnie, ukazanie się gwiazdy po drugiej stronie księżycą musiałyby nastąpić wcześniej, aniżeli obrachowana. W rzeczywistości wszakże momenty zniknięcia i ukazania się gwiazdy ściśle zachodzą według rachunku.

Co się tyczy absorbcyi, to musiałyby ona wywołać pewne osłabienie jasności gwiazdy, co w szczególności dałoby się zauważyć na gwiazdach małych, ledwo widzialnych: musiałyby one zupełnie zniknąć. Nic podobnego nie dostrzeżono, jasność gwiazd pozostaje niezmienną aż do chwili zniknięcia, które następuje momentalnie.

Na podstawie tego rodzaju obserwacji, Bessel orzekł, że jeżeli księżyc atmosferę posiada, to gęstość jej co najwyżej równać się może $\frac{1}{100}$ gęstości atmosfery ziemskiej. Granicę tę jeszcze znacznie obniżył J. Herschel, który na podstawie swoich spostrzeżeń odrzucił możliwość istnienia atmosfery na księżycu, której

gęstość przenosiłaby $1 \frac{1}{3}$ gęstości naszej atmosfery.

Spektroskop również nie zdołał odkryć na księżycu atmosfery, absorbcya elektywna, jaka zachodzi, gdy promień przechodzi przez gazy, nie istnieje. Wszelkie linie absorbcyjne, występujące w widmie księżyca, nie różnią się pod względem natężenia od linii słonecznych, a zbadano w tym kierunku kilka tysięcy linii.

Pomimo to zupełnie negować istnienia atmosfery na księżycu nie możemy. Znane są bowiem zjawiska, które tylko istnieniem pewnych, choć nieznacznych śladów atmosfery na księżycu objaśnić się dadzą; powyżej zakreślonych granic dla jej gęstości przy takim objaśnianiu wcale przekraczać nie potrzebujemy.

Przedewszystkiem różnią się nieco rozmiary średnicy księżyca, otrzymane przy tarczy oświetlonej, od otrzymanych w czasie zaćmień słonecznych. W tym ostatniem razie średnica jest o 4" mniejszą. Zachodzi tu mianowicie prawdopodobnie zjawisko tego samego rodzaju, o jakiem wspominaliśmy, mówiąc o przejściach Wenery przed słońcem. Dla objaśnienia tego powiększenia, wystarczałoby przyjąć atmosferę 2000 razy rzadszą od naszej atmosfery. W rzeczywistości wszakże gęstość ta się jeszcze zmniejszy, gdy zauważymy, że zjawisko iradyacji również w pewnej mierze przyczyniać się musi do powiększenia oświetlonej tarczy księżyca. Wpływ ten ostatni nie jest wszakże tak

znaczny, ażeby powiększenie, o którym mowa, w całości można mu było przypisać.

Jaki wpływ ma iradyacja na powiększenie oświetlonej części tarczy księżyca, najlepiej to widać, gdy oświetlony jest tylko niewielki sierp, pozostała zaś część tarczy księżyca po-grążona jest w cieniu, a raczej oświetlona stosunkowo nieznacznie t. z. światłem popielatym. Wówczas wydaje się nam, iż jasny sierp należy do koła o średnicy większej, aniżeli część nie-oświetlona. Ta znaczna różnica, jaką zdaje się dostrzegać oko nieuzbrojone, ginie prawie w zupełności przy zastosowaniu ścisłych pomiarów.

Te niewielkie ślady atmosfery, które na księżycu znajdować się zdają, mogą mieć dla niego znaczenia bardzo ważne. — Tak, wbrew wyżej przytoczonemu wnioskowi Langleya co do temperatury na księżycu w razie zupełnego nieistnienia na nim atmosfery, księżyc, jak naj-ściślej badania bolometryczne tego uczonego wykazały, prócz odbitego ciepła słonecznego, promieniuje ku nam nieco własnego ciepła nawet w czasie nowiu. Wynika z tych badań, iż średnia temperatura powierzchni księżyca (nie-oświetlonej) wynosi w przybliżeniu 0° ; taki stan rzeczy możliwy jest tylko, jeżeli księżyc niezupełnie pozbawiony jest atmosfery, chroniącej go od nadmiernego stygnięcia.

Nie możemy tu pominąć pewnej okoliczności, która jest w stanie z pewnem prawdopodobieństwem wyjaśnić nam brak znacznie-

szej atmosfery na zwróconej ku nam powierzchni księżyca i która przemawia za istnieniem daleko znaczniejszej atmosfery na drugiej jego, wiecznie od nas odwróconej połowie. Na okoliczność tę pierwszy zwrócił uwagę Hansen.

Masa ziemi, działając silniej na bliższe ku nam części księżyca, aniżeli na dalsze, musiała zdeformować jego postać w ten sposób, iż środek ciężkości księżyca znajduje się bliżej ziemi, aniżeli musiałby się znajdować środek geometryczny kuli księżycowej. Jeżelibyśmy wyobrazili sobie, że istniały niegdyś na księżycu zbiorniska wodne, podobne do naszych mórz, to skutkiem działania ziemi części powierzchni księżyca wznosiłyby się coraz bardziej nad poziom morza, aż wreszcie utworzyłyby się ogromne płaskowzgórza na jednej półkuli, na drugiej zaś poziom lądów corazby się obniżał. W ten sposób wody wszystkie z biegiem czasu znaleźćby się musiały na odwróconej od nas połowie księżyca.

Co się tyczy atmosfery, to, jak wiemy, jest ona tem rzadsza, im bardziej oddalać się od poziomu morza. Cała ku nam zwrócona połowa księżyca wysokością nad poziom morza przewyższa prawdopodobnie wielokrotnie szczyty najwyższych gór ziemskich, atmosfera zatem w takich wysokościach musi być bardzo rozrzedzoną. W okolicach mniej wzniesionych, znajdujących się na odwróconej od nas półkuli, atmosfera może posiadać nawet znaczną gęstość.

Czy warunki takie co do atmosfery na księżycu istnieją, pewnego nic powiedzieć nie możemy i nigdy powiedzieć nie będziemy mogli. Skoro wszakże stanowczo stwierdzonem zostanie, że ślady atmosfery na księżycu istnieją, w takim razie prawdopodobieństwo istnienia takich warunków wzrośnie bardzo, gdyż co do zdeformowanego kształtu i niesystematycznego rozmieszczenia masy księżycowej nie ma żadnej wątpliwości.

Pomijając tę część księżycy, która dla badań naszych jest niedostępną, ponieważ fantazyowanie na temat rzeczy nieznanych nie jest przedmiotem nauki, w dalszym ciągu zajmować się będziemy tylko połową jego, zwróconą ku nam. Przedtem wszakże musimy jeszcze dodać kilka szczegółów znaczenia ogólniejszego.

Odległość księżycy od ziemi wpływa z jego paralaksy, podobnie jak odległość słońca wpływa z paralaksy słońca. Wyznaczenie paralaksy księżycy nie przedstawia tak znacznych trudności, ponieważ jest to kąt dosyć znaczny. Zmienia się ona w granicach około 54'1 do 61 5 skutkiem zmian odległości, wynikających z kształtu drogi księżycy. Odległości, jakie odpowiadają tym paralaksom są: 54600 i 47800 mil. Z tych odległości średnicę księżycy widzimy odpowiednio pod kątem 14'44' i 16 46'', z kąd łatwo obrachować, że średnica ziemi jest 3·7 razy większą od średnicy księżycy. Dalej wpływa ztąd, że powierzchnia księżycy jest

13·5, a objętość 49·5 razy mniejszą od powierzchni i objętości kuli ziemskiej.

Co się tyczy masy księżycy, to otrzymuje się ona na podstawie położenia środka ciężkości układu ziemia-księżyc. Jeżeli powiadamy, że ziemia okrąża słońce po ekliptyce, to wyrażamy się nieściśle, albowiem po ekliptyce porusza się właściwie ów środek ciężkości układu ziemia-księżyc, który nie jest identycznym ze środkiem ziemi. Środek ziemi okrąża ów środek ciężkości w tym samym okresie, w jakim okrąża go księżyc, t. j. w miesiącu syderecznym, i zakreśla elipsę tego samego kształtu, co księżyc, tylko znacznie mniejszą, mianowicie tyle razy mniejszą, ile razy mniej odległy jest środek ziemi od środka ciężkości układu ziemia-księżyc, aniżeli środek księżycy od tegoż środka ciężkości. Odległości powyższe znajdują się w stosunku odwrotnym do mas. Skutkiem tego ruchu środek ziemi znajduje się raz nieco pod ekliptyką, drugi raz nieco nad ekliptyką. Z tego powodu słońce w ogólności widzimy nie na ekliptyce, lecz raz wyżej drugi raz niżej. Mierzając ten kąt, t. z. szerokość słońca, można na podstawie jego wielkości, odległość środka ziemi od środka ciężkości układu ziemia-księżyc obrachować. Zresztą istnieją jeszcze inne sposoby do tego. Wypada z rachunku, że ten środek ciężkości znajduje się zawsze w granicach kuli ziemskiej, i odległości jego od środka ziemi i od środka księżycy, znajdują się w stosunku 1 : 81·3. Znaczy to, że masa księżycy

jest 81·3 razy mniejszą od masy ziemskiej. Ponieważ zaś objętość tylko 49·5 razy jest mniejszą, więc średnia gęstość księżyca jest mniejszą od średniej gęstości ziemi, i wynosi tylko 0·61 tej ostatniej.

Księżyc jest tylko 3·40 razy cięższy od równej objętości kuli wodnej, masa jego zatem nie jest rozmieszczoną podobnie, jak masa ziemska, ilość ciał lżejszych w stosunku do ciężkich jest tem większą, aniżeli na naszym globie. Być zresztą może, że innym przyczynom tę względną lekkość księżyca zawdzięczać należy. Niektórzy badacze księżyca przypisywali mu budowę gąbczastą, utrzymując, że wewnątrz kuli księżycowej znajduje się wiele wydrążeń i miejsc próżnych. Przypuszczenie takie znajduje pewne uzasadnienie w budowie powierzchni księżyca, na której widnieje mnóstwo zagłębień, zdających się sięgać bardzo głęboko. Zresztą jednakże niewątpliwe pokrewieństwo księżyca z ziemią, za jakim przemawiają wszystkie teorie kosmogoniczne, z trudnością pogodzićby się dało ze znacznie różnicami składu fizycznego ciał, tworzących te dwie bryły niebieskie.

Zajmijmy się teraz bliżej szczegółami, jakie dostrzedz się udało na zwróconej ku nam powierzchni księżyca. Tylu szczegółów, jak na księżycu, nie widzimy, rzecz prosta, na żadnym innym z ciał niebieskich. Przyczyną tego jest nie tylko niewielka stosunkowo odległość księżyca, ale także i brak atmosfery, skutkiem któ-

rego najrozmaitsze utwory powierzchni księżycyca występują nader wyraziście, bez śladu jakiegoś zamglenia lub zatarcia.

Dokładne wszakże badanie niektórych bardziej skompletowanych utworów na powierzchni księżycyca przedstawia wielkie trudności z powodu ciągle zmieniającego się oświetlenia. Wszelkie nierówności na księżycu stają się dla nas widzialnymi dzięki cieniom, jakie rzucają. Rozmiary i postać tych cieniów ściśle zależne są od wysokości słońca nad poziomem tej okolicy księżycyca, którą badamy, jak również od położenia względnego ziemi, księżycyca i słońca.

Wysokość ta i położenie bardzo szybko się zmieniają, i w ciągu kilku minut niekiedy dadzą się już zauważyć zmiany w wyglądzie pewnych okolic księżycyca. Rysując księżyc — właściwie pewną jego częśćkę, tracimy na to zawsze pewną, niekiedy dość znaczną, ilość czasu i obraz, jaki mamy przed oczami na końcu obserwacyi, jest już inny, aniżeli na początku; rozmaite części rysunku odpowiadają rozmaitym momentom, a jednolity obraz tylko po wprowadzeniu zmian, rachunkiem wywnioskowanych, otrzymać można. O ile otrzymany w ten sposób rysunek jest dokładny, sprawdzić by można, porównawszy go z księżycem w fazie identycznej z tą, przy jakiej dokonywano rysunku. Jednakże na powtórzenie się identycznych warunków trzebaby czekać nader długo, może tysiące lat. Wchodzi tu bowiem w grę

oprócz ruchu ziemi i nader skomplikowanych ruchów księżyca, o których tu mówić nie będziemy, jeszcze libracya księżyca, skutkiem której bardzo długo czekać potrzeba, ażeby przy danej fazie ta sama połowa ku nam zwróconą była.

Pomimo tych trudności, zdołano skonstruować mapy księżyca, których dokładność pod niektórymi względami większą jest od dokładności map ziemskich. Tryangulacye powierzchni księżyca, dokonane n. p. przez Beera i Mädlera, lub Schmidta, dały możliwość wyznaczyć współrzędne księżycowe prawie wszystkich przedmiotów, widzialnych na powierzchni księżyca, niezależnie od tego, gdzie się one znajdują. Na ziemi, jak wiadomo, położenie wielu miejscowości w Afryce lub Australii, albo też wielu wysp na oceanach Północnym i Południowym znane jest bardzo mało, nie mówiąc już o tem, że znaczna część powierzchni naszego globu, zupełnie jest nam nieznaną.

Zastosowanie fotografii w astronomii bardzo ułatwiło badania selenograficzne i w znacznej mierze przyczyniło się do powiększenia dokładności. Fotografowanie księżyca długo nastroęczało trudności głównie z tego powodu, iż nie umiano nadać teleskopowi ruchu zupełnie identycznego z ruchem księżyca, skutkiem czego obraz księżyca zmieniał swoje położenie na płycie i wszelkie szczegóły się zacierały. Z biegiem czasu wszakże czułość płyt wzrosła do tego stopnia, że wystarcza poddać płytę fo-

tograficzną działaniu światła księżycowego w przeciągu ułamka sekundy, ażeby otrzymać zupełnie dobry obraz. W tak krótkim czasie można księżyc uważać za zupełnie nieruchomy. Z drugiej strony, obraz, otrzymany fotograficznie, daje nam zupełnie dokładny wizerunek księżycy w danych warunkach oświetlenia i nie posiada tych braków, co obrazy, otrzymane za pomocą rysunku. Powiększając fotografię czy to za pomocą mikroskopu, czy to reprodukując ją fotograficznie w coraz większym formacie, jesteśmy w stanie badać i mierzyć na powierzchni księżycy tak drobne przedmioty, że o robieniu czegoś podobnego bezpośrednio przy okularze na wetby mowy być nie mogło.

I tu wszakże powiększenie ma swoje granice. Obraz fotograficzny składa się z niezliczonych ziarenek srebra, wydzielonych przez działanie światła i odczynników chemicznych z substancyj, czułych na światło, pokrywających płytę fotograficzną. Ziarna te są bardzo małe, lecz występują one przy silnem powiększeniu jako oddzielne punkciki, pomiędzy którymi są przerwy, do obrazu już nie należące. Skutkiem tego przedmioty, których rozmiary są tak małe, iż na obrazie pokrywają powierzchnię mniejszą, aniżeli jedno ziarnko srebra, dla naszych badań dostępnymi już nie są. Przy zastosowaniu płyt możliwie drobnoziarnistych wielkość ziarnka odpowiada jeszcze całym dziesiątkom metrów na księżycu. Jest to tedy granica, poniżej któ-

rej zejść nam dzisiejszy stan nauki nie pozwala. Co jest na księżycu mniejszem, aniżeli 50 do 60 metrów, to dla nas obecnie nie istnieje. Zauważyć należy, iż osiągnięcie powyższej granicy, wymaga idealnego stanu powietrza, niepokój zaś powietrza, który ciągle istnieje, o czem najlepiej wiedzą astronomowie, nigdy, rzecz możliwa, granicy powyższej osiągnąć nie pozwala. Wielki atlas księżycy, odpowiadający 4-metrowej średnicy tarczy księżycy, wykonany przez Weineka, na podstawie fotografii, zdjętych w obserwatorium Licka, zawiera mnóstwo szczegółów, których nie ma w żadnym z dotychczasowych atlasów księżycy. Przyznać wszakże trzeba, że wpływ niejednostajności płyt występuje w tej pracy bardzo wybitnie.

Ze powierzchnia księżycy w różnych swych częściach musi wykazywać różnice, widzimy już gołym okiem. Na jasnej tarczy naszego towarzysza widzimy bardzo wybitne ciemniejsze plamy, w których fantazja ludzka oddawna dostrzegała kształty ludzkie, pomimo iż wzrok nieuprzedzony nic podobnego nie znajduje.

Kiedy na księżyc zwrócono teleskop, zauważono, że oprócz tych ciemnych miejsc, stosunkowo równych, pokrywających znaczną część powierzchni księżycy, istnieją na nim utwory bardzo różne pod względem charakteru. Są pomiędzy nimi łańcuchy górskie, przypominające nasze łańcuchy ziemskie; lecz w daleko większej liczbie występują tam wyniosłości,

stanowiące specjalną właściwość księżyca i nie znajdujące żadnej analogi na ziemi. Są to góry pierścieniowe i t. z. kratery. Zajmiemy się najprzód wymienionymi wyżej przedmiotami, następnie pomówimy osobno o innych utworach, mniej wybitnie występujących, nie mniej wszakże ciekawych i pod wielu względami zagadkowych.

Ciemne plamy, czyli t. z. morza — nazywane tak przez Heweliusza, który je uważał za zbiorowiska wodne — pokrywają większą połowę zwróconej ku nam połowy księżyca. Są to części, posiadające mniejszą albedo w porównaniu z częściami jaśniejszemi, t. j. ciemniejsza ich barwa zależna jest od mniejszej zdolności odbijania promieni słonecznych. Podobnie naprzykład pustynie piaszczyste ziemskie, widziane z księżyca, musiałyby się wydać jaśniejszemi od okolic, pokrytych czarnoziemem. Prócz tego ciemniejsze te przestrzenie zdają się być w ogólności niżej położonemi, aniżeli przylegające do nich części jasne, które też przeważnie najeżone są licznymi górami. Doliny te wszakże nie są tak idealnie równemi, aby nazwa mórz odpowiednią dla nich była: są one powyginane w rozmaity sposób, posiadają wygięcia wznoszące się na kilkaset metrów ponad średni poziom, a nierzadko zdarzają się tam góry i kratery, wysokością nie ustępujące innym górom księżycowym.

„Morza“ pokrywają prawie całą północną

połowę tarczy księżyca i szerokimi smugami przecinają półkulę południową. Ważniejsze z tych mórz są następujące: Morze burzliwe (Mare procellarum), największe ze wszystkich, zajmuje znaczną przestrzeń na wschodniej części północnej półkuli; kończy się ona na południu dwoma odnogami, zwanymi Morzem wilgoci (Mare humorum), i Morzem chmur (Mare nubium). Na północo-zachód do Morza burzliwego przytyka Morze deszczów (Mare imbrium), które odgraniczone jest ścianą górską od rozciągającego się bardziej na zachód Morza jasnego (Mare serenitatis). Bardziej na zachód, bliżej brzegu tarczy, łączy się z Morzem jasnym równie rozległe Morze spokojne (Mare tranquillitatis), a na południo-wschód Morze oparów (Mare vaporum). Pomiędzy Morzem spokojnym, a brzegiem księżyca znajdują się jeszcze morze, zwane Mare crisium i Morze Humboldta. Na południowej półkuli największą ciemną plamą jest Morze południowe niedaleko zachodnio-południowego brzegu tarczy.

Prócz tych większych plam, zwanych morzami, istnieje bardzo dużo plam mniejszych, lub mniej wybitnych skutkiem większej jasności. Są to t. z. jeziora, zatoki, bagna itd., których wielka ilość z odpowiednimi nazwami umieszcza się na mapach księżyca. Na tych morzach występują liczne plamy jasne, noszące nazwę wysp, które występują niekiedy sporadycznie, niekiedy całymi grupami i są w większo-

ści wypadków wyniosłościami, wznoszącemi się ponad równinę.

Jasne części księżycy leżą wyżej w porównaniu z morzami, i na tych częściach rozpościerają się w przeważnej części góry księżycowe.

Badanie gór księżycowych, ich wysokości i kształtu, dostępne jest dla nas dzięki ceniom, rzucanym przez nie na przyległe okolice. Cienie przedmiotów występują tem lepiej, im ukośniej padają na nie promienie słońca. Całe bogactwo form, istniejących na księżycu, występuje przed naszymi oczami nie w czasie pełni, kiedy promienie prostopadle prawie padają na znaczną część powierzchni księżycy, ale w czasie faz, mianowicie w bliskości linii granicznej między światłem i cieniem. Dla przedmiotów położonych w bliskości tej linii, słońce właśnie wschodzi (przy wzrastającej fazie) lub zachodzi (przy ubywającej fazie), i tam najlepiej da się obserwować, jak najwyższe szczyty wynurzają się z cieniów nocy, a wślad zatem dopiero stopniowo ukazują się części niżej położone aż do samej podstawy.

Oczywiście cienie jednego przedmiotu zmieniają swoje kształty, zależnie od tego, z jakiej strony znajduje się słońce. Ażeby na podstawie cieniów określić kształt przedmiotów, należy je obserwować we wszystkich fazach, we wszelkich możliwych położeniach słońca. W ten sposób

ze znacznym stopniem dokładności zbadano całą rzeźbę powierzchni księżycy.

Góry, pod względem charakteru swego zbliżające się do gór ziemskich, są na księżycu utworami dosyć rzadkimi. Góry te ciągną się długiemi pasmami i ścianami, którym nadano przeważnie nazwy łańcuchów ziemskich. Znajdujemy je przeważnie u brzegów mórz, zwrócone ku tym ostatnim stronami swymi spadami.

Najwybitniejszym łańcuchem są Apeniny, które ciągną się na blisko 400 kilometrów wzdłuż południowo - zachodniego brzegu Morza de-szczów.

Grzbiet tego łańcucha średnio przebiega w wysokości około 4000 metrów, a oddzielne szczyty posiadają wysokość przeszło 6 kilometrów. Z Apeninami łączą się góry Kaukaz, ograniczające na północo - wschodzie Morze spokojne. Z innych łańcuchów górskich ważniejsze są Karpaty, Alpy, Pireneje, Altaj i t. d.

Formami górskimi, występującymi w przeważającej ilości, są góry pierścieniowe i kratery, które nadają powierzchni księżycy cechę zupełnie odrębną. Góry pierścieniowe i kratery są, jak się zdaje, odmianami jednej i tej samej formy typowej, a różnią się jedynie rozmiarami. Przez krater rozumiemy utwór górski, składający się z szeregu wzniesień, tworzących wał, postaci pierścienia mniej lub więcej regularnego. Wał taki zazwyczaj spada stromo ku stronie wewnętrznej, łagodniej zaś ku stronie zewnętrz-

nej. Otacza ten wał zagłębienie, którego dno zazwyczaj leży niżej, aniżeli podstawa wału po stronie zewnętrznej. Różnica poziomu dosięga niekiedy kilku tysięcy metrów; tak np. dno krateru Kopernika znajduje się około 3000 metrów pod poziomem zewnętrznego podnóża. Dno krateru jest w ogólności płaskie i równe, lecz bardzo często wznoszą się pośrodku strome góry, jedna lub dwie, rzadziej więcej, których szczyty wszakże rzadko wznoszą się do wysokości wału.

Wał ten u t. z. gór pierścieniowych składa się z całych pasm górskich, bardzo skomplikowanych, sterczących w górę licznymi wierzchołkami lub też poprzerzynanych głębokimi przełęczami. Powierzchnia, zajmowana przez góry pierścieniowe, jest znaczna, przewyższa u największych 1000 mil kwadrat. Najwybitniejszymi górami pierścieniowymi są Schicard, Kopernik, Tycho, Kepler i in. Kratery są mniejsze i wał, otaczający wgłębienie odznacza się strukturą mniej złożoną, bardziej jednostajną. Powierzchnia ich wynosi często tylko 2 do 4 mil kwadratowych. Rozmaitość tych utworów jest tak wielka, iż opisać ich niepodobna; szczegóły występują najlepiej na fotogramach. Próby klasyfikacji kraterów według ich rozmaitych cech dotychczas nie wydały rezultatów pożądaných, gdyż wyodrębnienie jakichś cech typowych tam, gdzie wszystkie cechy występują prawie jednocześnie, przedstawia trudności niepokonane.

Wszystkich gór pierścieniowych i kraterów, o których wszakże nie należy przypuszczać, jakoby miały dużo wspólnego z naszymi kraterami ziemskimi, znanych jest obecnie przeszło 50000. Twory, podobne do naszych kraterów, jak się zdaje, również występują na księżycu, te jednakże pod względem wyglądu różnią się bardzo od właściwych kraterów księżycowych i z trudnością dają się zauważyć.

Kratery nie wszędzie rozmieszczone są w jednakowej obfitości. Na obszarze mórz występują one tylko sporadycznie. Na miejscach jasnych występują całymi grupami, szczególnie obficie na półkuli południowej. W niektórych miejscach skupiają się one w tak ogromnej ilości, iż cała powierzchnia księżyca zdaje się tam podziurawioną.

Wały zachodzą jedne na drugie, wgłębienie jednej góry znajduje się na wale drugiej, ściany i wały na pół zda się zwalone wdzierają się w wydrążenia, z których dna sterczą w górę ogromne skały i wznoszą się stożki, sięgające wierzchołkami ponad porwane w rozmaitych miejscach ogrodzenie. Obraz, jaki się przedstawia oczom, jest nader dziki i straszny. Do najdzikszych, najbardziej skomplikowanych, należy okolica krateru Tycho na półkuli południowej.

Góry księżycowe, w porównaniu z ziemskimi, są bardzo wysokie, mianowicie, jeżeli weźmiemy pod uwagę stosunkowe rozmiary księżyca i ziemi. Najwyższe wierzchołki wznoszą się

szą się na wałach gór pierścieniowych i dosyć często dosięgają wysokości 8 kilometrów, a zatem większej aniżeli najwyższe góry ziemskie. Najwyższe góry Leibnitz i Dörfel wznoszą się do wysokości 9000 metrów, Curtius ma wysokości 8830 metr. itd. Należy tu wszakże zwrócić uwagę, iż wysokości, mierzone na księżycu, nie są bezwzględne, jak np. u nas wysokości, mierzone od poziomu morza; rachują się one od dna rozmaitych kraterów, albo od dna przyległych dolin, których poziom nie we wszystkich częściach jest jednakowy. Wysokości te bardziej odpowiadająby naszym wysokościami, rachowanymi od dna morskiego. W tym ostatnim razie wysokość gór ziemskich wypadłaby często dwa i więcej razy większą, stosunek zatem wysokości gór księżycowych do ziemskich nie byłby tak wielkim. Pomijając szczególnie wysokie szczyty, średnia wysokość gór pierścieniowych i wałów kraterowych wynosi 3000 do 4000 mtr.

Prócz wyżej opisanych, dostrzegamy na powierzchni księżycy liczne utwory, które nazwiemy *pręgami*. Są to ciemne wązkie pasma, ciągnące się na powierzchni księżycy niekiedy na znaczną długość, wynoszącą kilkaset kilometrów. Szerokość ich nie jest wielka, około 2 do 4 kilometrów, robią więc wrażenie bruzd lub pęknięć skorupy księżycy, sięgających do znacznych głębokości od 50 do 300 metrów. Pręgi te rzadko są zakrzywione, zwykle przebiegają prostoliniźnie, niekiedy w postaci linii łamanej, i cią-

gną się, nie wstrzymane przez łańcuchy górskie, leżące na ich drodze, kratery i równiny. Niektóre z tych pręg ciągną się po linii, łączącej szereg kraterów, pomiędzy którymi zdają się być łącznią; robi to też wrażenie, że wzdłuż takiej bruzdy potworzyły się liczne kratery. Wszystkich tych utworów dotychczas zauważono około tysiąca i liczba ta ciągle jeszcze wzrasta; naturalnie odkrywają się pręgi coraz mniej wybitne. Najobficiej spotyka się je na morzach w bliskości brzegów, przebiegające równoległe do tych ostatnich.

Nie mniej ciekawymi są jasne smugi, rozchodzące się w postaci promieni na wszystkie strony od niektórych kraterów księżycowych. Dostrzega je każdy, komu zdarzy się spojrzeć na księżyc przez teleskop. Szczególnie uderzającym jest układ jasnych pasm, rozchodzących się od krateru Tycho. Smug tych można naliczyć setki i one to nadają księżycowi ten oryginalny charakter, który na długo utrwała się w pamięci. Krater Tycho położony jest w bliskości bieguna południowego i niedaleko brzegu księżyca. Skutkiem tego smugi skierowane ku północy zdają się być daleko dłuższymi aniżeli te, które się rozchodzą ku południowi. Jest to wszakże tylko skutek działania perspektywy, w rzeczywistości promienie te rozchodzą się we wszystkich kierunkach prawdopodobnie na jednakową odległość, wynoszącą tysiące kilometrów. Wspaniałe układy smug promienistych rozchodzą się też

około pierścieni górnych Arystarcha, Kopernika, Keplera i innych, w wielu wszakże razach dla ich dostrzeżenia trzeba dosyć silnych teleskopów.

Gdy o pręgach, wyżej wspomnianych, można stanowczo powiedzieć, że są to zagłębienia w powierzchni księżyca, ponieważ znikają, gdy promienie słoneczne padają na nie prostopadle, to o smugach jasnych musimy twierdzić, że nie są to ani zagłębienia ani wyniosłości. Najjaśniejsze są one, gdy są oświetlone prostopadle padającymi na nie promieniami, ale przy bocznem oświetleniu nie rzucają żadnego cienia. Są to zatem, według wszelkiego prawdopodobieństwa, części powierzchni księżyca, różniące się od przyległych większą zdolnością odbijania promieni, a zatem jaśniejszą barwą. Jaka wszakże jest przyczyna takiego rozmieszczenia tej substancji, o tem zamilczymy, albowiem nic więcej nie moglibyśmy powiedzieć prócz hipotez, za któremi nic więcej nie przemawia, jak analogia lub możliwość.

Selenografowie, badając szczegółowo rozmieszczenie i wygląd rozmaitych utworów, widzialnych na księżycu, starali się wyciągać stąd wnioski ogólniejsze, ażeby na tej podstawie dojść do jakiejś teoryi, objaśniającej powstanie warunków, tak mało podobnych do warunków ziemskich. Loevy i Puyseux na podstawie licznych zdjęć fotograficznych dochodzą do następujących wniosków :

1. Okolice górskie księżyca przecięte są na

dużych przestrzeniach prostolinijnemi bruzdami, na drodze których potworzyły się liczne lejki.

2. Bruzdy te dzielą się na kilka układów równoległych i często ograniczają wielobokami obwody gór pierścieniowych.

3. Wielkie góry pierścieniowe mają tendencję tworzenia grup po 2, 3 lub 4, ciągnących się w określonym kierunku, zgodnym z kierunkiem bruzd tych okolic.

4. Często są one otoczone pasem, mniej lub więcej wyraźnym, pierścieni drugorzędnych; grzbiet wału jest miejscem, na którym najliczniej tworzą się dalsze lejki i otwory wybuchowe.

5. Jeżeli kilka gór pierścieniowych się spleta, to najmniejsza zazwyczaj ma otwór najgłębszy i ona jedna posiada całkowity wał i wzniesienie środkowe.

6. W głębszych kraterach wewnątrz zazwyczaj jest nierówne, przepełnione pagórkami, ugrupowanymi dokoła centralnej góry. Jeżeli dno leży nie bardzo nisko, jest ono płaskie i posiada tylko wzniesienie centralne. Przy jeszcze płytszym zagłębieniu ginie wzniesienie centralne, i całe wewnątrz posiada wygląd jednostajny, jak „morza“

7. Wielkie płaszczyny, znane pod nazwą mórz, mają w ogólności kształt okrągły i różnią się od wielkich gór pierścieniowych tylko rozmiarami. Na ich powierzchni rzadko widać stożki, lejki i bruzdy, które znajdują się w wielkiej ilości na płaskowzgórzach. Kontury ich często określone są przez pojedynczą albo po-

dwójną szczelinę, która przebiega na granicy między płaszczyzną a okolicą górzystą. Na powierzchni mórz widać też mało wybitne żyły, które, podobnie jak szczeliny, przebiegają koncentrycznie do wału.

8. Morza mają w ogólności zabarwienie ciemne, podobnie jak płaszczyzny wewnętrzne gór pierścieniowych; płaskowyże mają barwę jaśniejszą. Szczyty gór centralnych wielu kraterów mają barwę białą.

9. Powierzchnia księżyca zasiana jest wielką liczbą białych plam. W większości wypadków pokrywają one okolice małych lub średniej wielkości kraterów, a gdy centralnego utworu nie widać, można utrzymywać z prawdopodobieństwem, graniczącem z pewnością, że ukazałyby się on przy innem oświetleniu. Wszystkie góry pierścieniowe jakiejś okolicy, otoczone są temi białymi plamami; pomiędzy niemi na specjalne wyróżnienie zasługują białe smugi, które od nielicznych środków rozchodzą się na wszystkie strony na olbrzymie odległości.

10. Te rozbieżne smugi nie naruszają wcale rzeźby okolic, które pokrywają; bez zboczeń przechodzą one przez równiny i góry i nie wykazują tendencji spływania ku dolinom.

Na podstawie tych spostrzeżeń wymienieni uczeni wysnuwają teorię sformowania się powierzchni księżyca, która prowadzi do ciekawych odkryć. Pomijamy wszakże tę teorię, jak

również wiele innych teoryj selenologicznych, ponieważ wyczerpujące traktowanie tego przedmiotu zajęłoby zbyt wiele miejsca, którem nie rozporządzamy, i przekroczyłaby zakres tej książki, której przedmiotem jest poznanie fizyki planet, jaką jest dziś — a nie kosmogonia.

Mars.

Mars zaczyna sobą szereg planet dalszych od słońca, aniżeli ziemia, czyli t. z. planet górnych. Rozmaite okoliczności złożyły się na to, że Mars obecnie jest planetą, zbadaną najlepiej i najwszechstronniej ze wszystkich. Dostrzeżono na nim wiele szczegółów, znajdujących uderzającą analogię pośród zjawisk ziemskich, a fantazyja ludzka dojrzała na nim nawet ślady działalności istot rozumnych. Ztąd też szersza publiczność specjalnie interesuje się tą planetą, której popularność wszakże ma za podstawę przeważnie urojenia, mało mające wspólnego z nauką. Pragniemy w niniejszym rozdziale dać możliwie dokładny obraz naszych wiadomości o Marsie i sprowadzić nazbyt daleko sięgające wnioski do właściwej miary.

Mars, widziany z ziemi, przedstawia się gołemu oku, jako gwiazda 1-ej wielkości o zmiennej jasności, zależnej w głównej mierze od odległości tej planety od nas i od słońca, oraz w mniejszym stopniu od fazy.

Kąt fazy Marsa nie zmienia się w tym stopniu, co u planet dolnych, może on wynosić co najwyżej 50° , tak iż zawsze znacznie większa połowa jego oświetlonej tarczy jest ku nam zwróconą. Zmiany jasności, zależne od fazy, zawarte są w granicach jednej klasy. Krzywa tych zmian jest nazbyt mało zbadaną, ażeby na jej podstawie wyciągać jakieś wnioski o właściwościach fizycznych powierzchni Marsa. Zmiany jasności, zależne od odległości, są bardzo znaczne, jak też same zmiany odległości.

Średnia odległość Marsa od słońca wynosi 34 milionów mil, średnia zaś odległość ziemi od słońca 20 milionów mil. Jeżeli zatem ziemia i Mars znajdują się po tej samej stronie słońca, tj. gdy Mars znajduje się w opozycji, to odległość jego od ziemi wynosi średnio 14 milionów mil; gdy zaś Mars w swej drodze znajdzie się po przeciwległej stronie słońca, tj. w połączeniu, to odległość jego od ziemi dosięga 54 milionów mil. Granice te, w jakich zamienia się odległość Marsa od ziemi, rozszerzają się jeszcze, dzięki znacznej ekscentryczności drogi Marsa oraz eliptycznemu kształtowi drogi ziemskiej. Może się mianowicie zdarzyć, że opozycja przypada w czasie, gdy ziemia jest najbardziej oddaloną od słońca, tj. znajduje się w punkcie odśrodkowym, Mars zaś w punkcie przysłonecznym swej drogi; wówczas Mars zbliża się do ziemi na odległość zaledwie 7 milionów mil. W najniekorzystniejszym połączeniu zaś, tj. gdy

ziemia w czasie połączenia znajduje się w punkcie odśrodkowym, a Mars również w punkcie odśrodkowym swej drogi, odległość między temi planetami dosięga 60 milionów mil. Korzystne opozycje powtarzają się w okresie około 15 lat — wtenczas tarcza Marsa równa się 5000 tarczy księżycyca.

W pierwszym razie Mars pod względem jasności przewyższa Jowisza przy największym blasku i ustępuje tylko Wenerze; w drugim razie spada do wielkości mało wybitnych gwiazd, jak Regulus albo Kastor. Obszar wszystkich zmian jasności Marsa wynosi 4.5 klasy fotometryczne, co znaczy, iż przy największym blasku bywa on 66 razy jaśniejszym aniżeli przy najmniejszym. Przy wszystkich zmianach zachowuje on niezmienną barwę czerwoną, która łatwo pozwala go odróżnić od innych gwiazd i planet i której zawdzięcza on swą nazwę boga wojny.

Okres obiegu Marsa dokoła słońca wynosi 687 dni, czyli blisko 23 miesiące; taką jest zatem długość roku na Marsie. W tym okresie powtarzać się na nim muszą pory roku, podobnie jak u nas, ponieważ pochyłość równika Marsa do płaszczyzny jego drogi wynosi 24°9, a zatem nie wiele się różni od pochyłości równika ziemskiego względem ekliptyki. Jeszcze pod jednym względem Mars przedstawia wielką analogię do warunków ziemskich; mianowicie okres obrotu jego dokoła osi, zbadany z nad-

zwyczajną dokładnością, bardzo zbliżony jest do naszej doby. Długość dnia na Marsie wynosi 24 g. 37 m. 22 66. s. Kierunek osi Marsa w przestrzeni określa się punktem przecięcia jej ze sklepieniem niebieskim: północny biegun nieba dla Marsa znajduje się w gwiazdozborze Łabędzia. Naturalnie analogia pod niektórymi względami nie powinny nam kazać zapominać o okolicznościach, które to podobieństwo znacznie zmniejszyć mogą. Przedewszystkiem, skutkiem większej odległości Marsa od słońca, promieniowanie słoneczne jest tam trzy razy słabsze aniżeli na ziemi, ilość światła i ciepła, otrzymywana od słońca, jest na Marsie trzy razy mniejsza, aniżeli przy równej powierzchni na ziemi. Pory roku trwają tam dwa razy dłużej niż u nas, co pociągając musi daleko większe różnice pomiędzy krańcowymi temperaturami lata i zimy. Być może istnieją jakieś nieznanne nam wpływy, zastępujące niejako słabsze działanie słoneczne i oddziałujące łagodząco, nauka jednakże z rzeczami niedostępnymi rachować się nie może.

Co do swych rozmiarów, to Mars jest planetą małą, i tylko jeden Merkury ustępuje mu pod tym względem. Według najnowszych pomiarów średnica Marsa jest 1·88 razy mniejsza od średnicy ziemskiej, tj. ma długości tylko niespełna 6800 kilometrów. Objętość Marsa wynosi tylko 0·15 objętości kuli ziemskiej. Masa Marsa, obrachowana z jego księżyców według 3 go prawa Keplera, równa się 0·11 masy ziemskiej.

Wypływa ztąd, że średnia gęstość Marsa jest mniejsza, aniżeli średnia gęstość ziemi, 1·36 razy, czyli, że jest on 4·09 razy cięższy od równej objętości wody.

Co najbardziej wyróżnia Marsa z szeregu innych planet, to szczegóły, zauważone na jego powierzchni, oraz zmiany, jakie tam bez przerwy zachodzą. Jedną z przyczyn, dlaczego na powierzchni Marsa występuje większe bogactwo szczegółów, aniżeli na jakiegokolwiek innej planecie, jest ta okoliczność, iż zbliża się on bardzo do ziemi i pod tym względem ustępuje tylko Wenerze w jej połączeniu dolnem. Podczas wszakże gdy Wenus wówczas świeci w dzień i zwraca ku nam tylko ciemną swoją połowę, a więc jest zupełnie niewidzialną — chyba jako ciemny krążek na tarczy słonecznej — Mars w opozycji zwrócony jest ku nam całą oświetloną swoją półkulą; wówczas świeci on naprzeciw słońca, tj. wschodzi równocześnie z zachodem słońca, widzialny jest przez całą noc i o północy jaśnieje najwyżej na niebie. Jednem słowem żadna z planet nie może być widzianą w tak bliskiem sąsiedztwie ziemi, jak Mars; co się zaś tyczy Marsa, to i wszystkie inne warunki do obserwacji są najdogodniejsze wówczas, gdy jest on nam najbliższym.

Naturalnie nawet w najlepszych warunkach nic byśmy na jego powierzchni nie dostrzegli, gdyby Mars otulony był gęstą powłoką atmosferyczną, nie przepuszczającą promieni słone-

cznych, jakiej przykład poznaliśmy na Wenerze. Otóż jeżeli na Marsie atmosfera istnieje (o czem wkrótce się dowiemy), to jest ona tak przezroczystą, iż najswobodniej pozwala spoglądać na samą powierzchnię planety.

Czy istnieje atmosfera na Marsie? Co do tej kwestyi, dziwna wyrazistość szczegółów powierzchni wzbudzać musi silne wątpliwości. Przynajmniej przyjęcie atmosfery, zbliżonej do atmosfery ziemskiej pod względem składu i gęstości, jest zupełnie niemożliwem; możemy sobie bowiem łatwo uprzytomnić widok ziemi, widzianej z Marsa. Wiemy bardzo dobrze, iż w ogólności dnie pogodne z niebem czystem dla danego punktu powierzchni ziemi są rzadsze, aniżeli dnie zachmurzone. Gdy niebo jest pokryte chmurami, wówczas nie widzimy przedmiotów, leżących poza granicami naszej atmosfery. Podobnie obserwator, przebywający poza granicami naszej atmosfery, naprzykład na Marsie albo innej jakiejś planecie, powierzchni ziemi dostrzedz by nie mógł, a przynajmniej tych jej części, które właśnie mają pochmurne niebo. Na Marsie, jeżeli tylko inne warunki są dogodne, szczegóły jego powierzchni zawsze występują wyraźnie, zachmurzeń, które mogłyby być porównane z ziemskimi, wcale tam niema, a zatem warunki, jakie tam panują, bardzo się różnić muszą od naszych.

Przedewszystkiem chodzi o skonstatowanie atmosfery. Długi czas za dowód istnienia atmo-

sfery na Marsie poczytywano jego barwę czerwoną. Barwa ciała, świecącego w świetle odbitem i otoczonego atmosferą, zależną jest od tego, jakie promienie atmosfera pochłania i jakie przepuszcza. Atmosfera ziemską, na przykład, przepuszcza bardzo dobrze promienie czerwone i wogóle promienie o dłuższej fali, a pochłania promienie niebieskie i fioletowe. Skutkiem tego ciała niebieskie w bliskości poziomym zdają się czerwonymi, i skutkiem tego ziemia, widziana z punktu, położonego na zewnątrz atmosfery, musi mieć barwę czerwoną. Widziana z Marsa, jaśnieje ona prawdopodobnie w takim samym świetle czerwonym, jak dla nas Mars.

Najnowsze spostrzeżenia wszakże zaprzeczają temu, ażeby barwa Marsa była spowodowana absorbcją promieni w jego atmosferze. Jeżeli Mars posiada atmosferę, to z dwóch punktów, leżących na jego powierzchni, z których jeden widzimy w bliskości środka tarczy, drugi zaś w bliskości brzegu, pierwszy powinien być dla nas lepiej widzialny aniżeli drugi, ponieważ warstwa atmosfery, przez które te punkty widzimy, w pierwszym razie jest mniejszą aniżeli w drugim razie. Skutkiem tego, jak zobaczymy później, brzegi tarczy Jowisza i Saturna są znacznie mniej jasne, aniżeli środkowa część. U Marsa nic podobnego nie zauważano, szczególny występują na całej tarczy jednakowo wyraźnie, zupełnie tak, jak na księżycu, gdzie dotychczas ani śladu atmosfery nie wykryto. Jeżeli zatem

Mars posiada atmosferę, to jej siła pochłaniająca jest nader mała i tak jaskrawo czerwonego zabarwienia wywołaćby nie mogła. Należy zatem tę barwę przypisać właściwościom powierzchni planety.

Badania widmowe w kwestyi atmosfery Marsa doprowadziły do wyników sprzecznych. Widmo Marsa jest zupełnie podobne do widma słonecznego, tylko oczywiście znacznie słabsze. Vogel utrzymuje, że niektóre linie atmosfery ziemskiej w widmie Marsa są silniejsze, aniżeli w widmie słońca; stąd należałoby wnioskować, że Mars posiada atmosferę, zbliżoną do naszej. Kilka linii (np. przy $661 \mu\mu$), występujących w widmie Marsa, których niema w widmie słonecznem, kazałoby przypuszczać, iż istnieją w atmosferze Marsa takie gazy, jakich niema w atmosferze ziemskiej. Istnienie tych linii wszakże nie jest niezbitcie stwierdzone. Campbell, który w bardzo korzystnych warunkach badał widmo Marsa, doszedł do rezultatów zupełnie ujemnych.

Ażeby uczynić się niezależnym od zmiennego wpływu absorbcyi ziemskiej, zwiększającego się w miarę, im wysokość gwiazd nad poziomem jest mniejszą, Campbell porównywał widmo Marsa z widmem księżyca, znajdujących się w tej samej wysokości nad poziomem. Nie znalazł on w wyglądzie linii tellurycznych tych widm najmniejszej różnicy; tak samo zupełnie podobnemi były inne linie — nie telluryczne. Dalej znalazł on, że linie telluryczne w widmie brzegu Marsa

mają zupełnie to samo natężenie, jak w widmie części środkowej, co znajduje się w zupełnej zgodzie ze sposteżeniem, poprzednio zaznaczonem, że wyrazistość szczegółów nie zmniejsza się w kierunku od środka tarczy ku brzegom.

Poznamy w dalszym ciągu cały szereg zjawisk, których objaśnienie bez przyjęcia na Marsie atmosfery jest zupełnie niemożliwem. A jednakże za istnieniem atmosfery przemawiają jedynie pewne lokalne i krótkotrwałe przyćmienia jasności i zmiany barwy, które niewielkim chmurom przypisaćby można. Zjawiska i obserwacye, które w innych przypadkach są rozstrzygającymi, w tym razie istnieniu atmosfery przeczą.

Przedmioty, które obserwujemy na Marsie, znajdują się na jego powierzchni, nie są wytworami atmosfery, jak np. na Wenerze. Świadczy o tem ich stałość i niezmienność, która pozwala na rysunkach, wykonanych w pierwszych czasach po odkryciu teleskopu, dostrzedz i rozpoznać te same kontury, które tam dziś dostrzegamy. Niezmienność wszakże utworów Marsowych nie jest podobną do tej, jaką spotykamy na księżycu. Występują tam i kształty zmienne, utwory, które powstają i giną, i chwilowo mogą zmienić znacznie ogólny obraz powierzchni Marsa; ale pomimo tych zmian, które mają charakter peryodyczny, to, co jest niezmiennem, wskazuje nam po pewnym czasie na nowo swe dawne kształty, zatarte chwilowo.

Na powierzchni Marsa znajdują się trwałe plamy. Powierzchnia Marsa w ogólności da się podzielić na dwie części: 1. miejsca o barwie jasnej (ciemno-żółte, pomarańczowe, czerwone, białe) 2. miejsca ciemniejsze, barwy żelaznej, od czarnej do popielatej. Jasne części od najdawniejszych czasów nazwano lądami, ciemne zaś duże plamy — morzami. Małe plamki ciemne, na jasnym tle są to jeziora, jasne plamki na ciemnym tle — wyspy. Odpowiednio do tego, istnieją tam zatoki, cieśniny, półwyspy i t. d.

Nie możemy tu opisywać szczegółowo topografii Marsa, pewne pojęcie o podziale powierzchni Marsa dadzą czytelnikowi załączone ryciny. Przejście od lądów do mórz zwykle jest nieznaczne, tak, że wyraźnej granicy poprowadzić nie można. Niektóre z plam zmieniają swój charakter, i nie wiadomo, czy zaliczyć je do kategorii lądów czy wód. Takimi są przestrzenie, nazwane Deucalionis regio, Pyrrhae regio, wyspy Hellas, Noachis, Japygia, Oenotria i wiele innych; jedne z nich zdradzają bardziej charakter lądowy, inne zaś — morski.

Czy ciemniejsze części na powierzchni Marsa są morzami w istocie, tego oczywiście nie wiemy na pewno. Wiadomo wprawdzie, że czysta woda przy głębokości około 100 metrów pochłania $\frac{1}{3}$ padającego na jej powierzchnię światła, a tylko $\frac{2}{3}$ odbija; skutkiem tego woda, widziana w świetle odbitem, musi się wydać

zupełnie ciemną. Wszakże istnieją i inne ciała, które równie mało światła odbijają, czego dowodem płaszczyzny księżyca. Zatem barwa sama nie zmusza nas do uważania ciemnych plam na Marsie za morza. Według Pickeringa, tylko nieznaczna część t. z. mórz w istocie napełniona jest wodą; do tych ostatnich należy według niego Syrtis major i kilka innych, większość zaś są to zagłębienia, w których tylko niekiedy bywa woda, albo też wcale jej niema; ciemne zabarwienie zaś ma przyczyny inne, o których nieco później wspomnimy.

Jeżeli owe morza są zagłębieniami, w takim razie powierzchnia Marsa nie jest zupełnie równą, co zresztą już z góry można było przewidzieć. Badanie wszakże konfiguracji Marsa tylko małe owoce wydać może, ponieważ różnice poziomu z tej odległości, w jakiej co najmniej znajduje się Mars, prawie zupełnie się zacierają. Co jest mniejsze niż 30 kilometrów na Marsie, to zupełnie ginie dla naszego oka; najdrobniejsze szczegóły, najwęższe linie, jakie na Marsie dostrzegamy, mają już rozmiary bardzo znaczne, i o tem zawsze pamiętać należy, zanim przystąpimy do wyciągania wniosków o naturze utworów, które na Marsie widzimy.

Nierówności powierzchni Marsa tylko na linii granicznej pomiędzy oświetloną a nieoświetloną częścią tarczy wykryć się dadzą. Linia ta nie jest zupełnie równa, w niektórych miejscach

widac̄c nieznac̄ne zazę̄bienia i wklę̄s̄nięcia. Wypukłości jasnej części wskazują na wzniesienia, wklę̄s̄nięcia — na zagłębienia; pierwsze zdarzają się tylko na jasnych częściach tarczy, drugie na ciemnych. Wypływa ztąd, że pierwsze mają poziom wyższy aniżeli drugie. Największe zagłębienie szacował Lowell na 2600 stóp, najznaczniejsze wyniosłości na 3700 stóp. W ten sposób nierówności powierzchni Marsa w porównaniu z ziemskimi byłyby niewielkie. W r. 1892 w okolicy Tempe i Noachis, tuż obok linii granicznej, ukazała się jasna plama, którą niektórzy uważali za sygnał świetlny, dawany nam przez mieszkańców Marsa. Czemu przypisać to zjawisko, trudno powiedzieć. Gdyby to miał być jaskrawo oświetlony szczyt grzbietu górskiego, to, prócz ogromnych rozmiarów wogóle, trzebaby tej górze dać wysokości około 60 kilom. Jeżeli zaś przypuścimy, że był to olbrzymi obłok, unoszący się w takiej wysokości, to zdumiewać musi jego nadzwyczajna stałość, gdyż przez całe tygodnie zjawisko to mogło być obserwowane.

W r. 1877 miała miejsce jedna z najbardziej korzystnych opozycji Marsa. W tym czasie, głównie dzięki niezłomowanej pilności znakomitego astronoma włoskiego, Schiaparelliego, odkryte zostały na Marsie nader liczne ciekawe szczegóły; od tego też czasu głównie datuje się wielkie zainteresowanie się szerszego ogółu Marsem. Następną korzystną opozycya w roku

1892—94 również znacznie wzbogaciła nasze wiadomości o Marsie.

Badania późniejsze nie posiadają tak wielkiej doniosłości, ponieważ w następnych opozycjach odległość Marsa od ziemi była coraz większą. Dopiero za lat 10 będzie opozycja tak korzystna, że wiadomości nasze o Marsie znacznie powiększyć się mogą. Do tego czasu żadne ważniejsze odkrycie zapewne dokonaniem nie będzie.

Najważniejszym i najpopularniejszym odkryciem Schiaparelliego były t. z. kanały Marsa. Kanałami nazwał Schiaparelli ciemne prążki, przecinające lądy Marsa we wszystkich kierunkach i łączące się z obu końców z morzami albo jeziorami i nie kończące się nigdy w środku lądu. Kanały te mają postać bardzo regularną, są zupełnie proste albo też regularnie zakrzywione. Mają one w większości wypadków jednakowe zabarwienie na całej swej szerokości, w niektórych wszakże wypadkach środek jest najciemniejszy — ku brzegom zaś symetrycznie odcień staje się coraz jaśniejszy. Znacznie rzadziej zdarzają się kanały z jednej strony ciemne, z drugiej zaś jaśniejsze i niewyraźne. Kanały przebiegają przeważnie w kierunku wielkich kół, chociaż są w tym względzie liczne wyjątki. Do takich wyjątków należy największy kanał Marsa, Nilosyrtris.

Bogactwo szczegółów, umieszczonych na mapach Schiaparelliego, zdumiewa nie tyle może

laików, ile astronomów, którzy wiedzą, z jakimi trudnościami spostrzeżenia podobne są połączone. Nie należy sobie też wyobrażać, że, patrząc na niebo nawet zapomocą największych narzędzi spółczesnych, zobaczymy to wszystko, co znajduje się na mapach Schiaparelliego. Umieszczone jest tam bowiem wszystko, co badacz ten zdołał zauważyć różnemi czasy w ciągu wieloletnich spostrzeżeń — a widzieć on mógł niewątpliwie więcej, niż inni, dzięki czystemu niebu włoskiemu i instrumentowi, nadającemu się może więcej, niż którykolwiek inny do badań planetarnych. Stosunkowo nieliczne z drobniejszych przedmiotów, widzianych przez Schiaparelliego, zostały też skonstatowane przez innych astronomów, i dlatego w opisie kanałów Marsa musimy się trzymać głównie relacji Schiaparelliego.

Kanały przecinają się pod rozmaitymi kątami, niekiedy po 6 i 7 w jednym miejscu. Na przecięciu się kanałów tworzy się rozszerzenie, czyli jezioro. Do takich jezior należy Lacus Phoenicis, gdzie schodzi się 7 kanałów w postaci gwiazdy, lub Trivium Charontis. Największem ze wszystkich podobnych jezior jest Nodus Gordii, jednakowoż nie występuje tak wybitnie.

Długość kanałów jest rozmaita, ale zawsze dosyć znaczna; najmniejsze ciągną się na 10^9 do 15^0 , są wszakże i takie, które ciągną się na $\frac{1}{4}$ obwodu planety i więcej. Do najdłuższych kanałów należą Euphrates, Erebus i Acheron, cią-

gnące się na 5000 do 6000 kilometrów. Szerokość kanałów, pomimo że wydaje się z ziemi bardzo małą, około 1^o kuli Marsa, to w rzeczywistości jest ona dosyć znaczną, albowiem 1^o odpowiada szerokości rzeczywistej około 50 kilometrów; szerokość 2^o, 3^o jest dosyć częstą, najszerszy zaś kanał Nilosyrtris rozpościera się wszerek na 6^o, t. j. 300 kilometrów. Widzimy stąd, iż szerokość naszych rzek i kanałów w porównaniu z szerokością tych kanałów Marsa, które z ziemi są widzialne, jest bardzo małą. Naszych rzek z odległości Marsa nie byłoby widać ani śladu.

Nie na całej długości swej kanały posiadają szerokość jednakową; szerokość jakiegoś kanału nie jest też zawsze jednakową, lecz ulega znacznym zmianom. Równocześnie ze zmniejszaniem się szerokości, barwa ich staje się mniej wyrazistą — i bardzo często kanał znika zupełnie. Że to znikanie jest rzeczywiste, nie zaś tylko ze zmiany warunków widzialności wynikające, świadczy o tem istnienie lub nieistnienie kanału w danem miejscu w warunkach identycznych. Takie kanały, jak Indus, Hydaspes i in. niewidzialne były 4. października 1877 r. w bliskości samej opozycji, a w lutym 1878 r., kiedy średnica Marsa zmniejszyła się 4 razy, łatwo je można było zauważyć.

Zmiany zachodzą zawsze na całej długości kanału, a towarzyszą im zmiany okolicznych części planety: ciemnieją one, gdy kanały stają

się wyraźniejszymi, i bledną, gdy kanały znikają. Tak naprzykład, kiedy kanał Simois rozszerzył się od 1° do 4° , jednocześnie pociemniał bliski mu Triton i cała przyległa okolica. W r. 1896 Trivium Charontis, w którym łączy się aż 9 kanałów: Orcus, Erebus, Hades, Styx, Cambyses, Cerber, Laestrygon, Tartarus, pociemniał i rozszerzył się znacznie — a jednocześnie kanały te stały się bardzo wybitnymi; niektóre z nich nawet widziano rozdwojone (Orcus, Cerber). O tem rozdwarzaniu się kanałów powiemy nieco później.

Liczba znanych kanałów sięga obecnie do 130; pomimo swojej zmienności, pojawiania się i znikania, należą one niewątpliwie do stałych szczegółów powierzchni Marsa, ponieważ w czasie każdego ukazania się pozycja ich pozostaje niezmienioną. To samo można powiedzieć o mniej regularnych plamach, które, jak np. Syrtis major, Moeris lacus, Lylaga, widziano zmieniające znacznie swój kształt i rozmiary. Dostyc liczne kanały odkryte zostały później przez innych astronomów (Lowell, Brenner, Antoniadi i in.), i niektóre z nich są nawet wybitniejsze od tych, które pomieszczał w swej mapie Schiaparelli. Jest to dowodem, że kanały te wówczas musiały być albo wcale niewidzialne, albo też bardzo słabe, a w późniejszym czasie dopiero dosięgły znacznych rozmiarów.

Nader ciekawem jest odkryte przez Schiaparelliego w roku 1882 zjawisko rozdwarzania

się kanałów Marsa. Zasadza się ono na tem, że kanał jakiś znika, a natomiast pojawiają się dwa kanały po obu stronach tego miejsca, w którym znajdował się znikły kanał. Dwa te nowe kanały tylko w przybliżeniu zachowują położenie kanału pojedynczego i są od siebie oddalone dosyć znacznie. Najmniejszą odległość 3° obserwował Schiaparelli w r. 1888 przy rozdwojeniu się kanałów Protonicus i Callirhoe, największą zaś 10 do 15° u kanałów Titus r. 1882 i Gigas r. 1884. W ostatnim razie odległość między kanałami wynosiła 900 kilometrów.

Rozdwojenie takie dokonywa się bardzo szybko, gdyż niekiedy można było obserwować kanał rozdwojony, który dnia poprzedniego jeszcze był pojedynczy. Samego procesu, a właściwie momentu rozdawania się, nie udało się dotychczas zauważyć, jak również zniknięcia rozdwojenia i powrotu kanału do pierwotnego stanu. Gdy zauważymy, że rozdwojenie kanałów odkryte zostało w czasie opozycyi, nie należącej do najkorzystniejszych, a nie dostrzeżono go w r. 1877 w warunkach nader korzystnych, to trzeba przypuścić, iż zjawisko to zależnem jest od warunków, panujących na Marsie, nie zaś tylko od gorszych lub lepszych warunków widzialności.

Schiaparelli obserwował rozdwojenie znacznej linii kanałów, jednakowoż stwierdzenie tego zjawiska przez innych astronomów długo się nie dało skutecznici. Większość astronomów

przypisywała je nawet złudzeniu optycznemu, i dzisiaj jeszcze wielu je za to uważa, chociaż już kilku innym astronomom również udało się rozdzielenie kanałów skonstatować.

Tak, w czasie opozycji roku 1894, Lowell obserwował podwójny kanał Ganges, Brenner — kanał Propontis, Antoniadi w r. 1896 kanały: Ganges, Cyclops, Cerber, Galaxias, Brontes, Orcus, Euphrates i in. Prócz kanałów, obserwowano nawet rozdwanie się mórz, jak np. Mare Cimmerium, Mare Acidalium i in.

Utworami, które najbardziej zdają się przemawiać za analogią pomiędzy Marsem a ziemią, są białe plamy biegunowe, widzialne na Marsie. Obserwując zmiany, jakim podlegają te plamy, mimowoli pomyśleć trzeba o śniegach i lodach, pokrywających powierzchnię ziemi w bliskości biegunów, które w podobny sposób zmieniać się muszą pod wpływem promieniowania słonecznego.

Plamy biegunowe Marsa zajmują bardzo znaczną część jego powierzchni. Plama południowa w maximum miała średnicy około 30° . Daleko większych rozmiarów dosięgła plama północna w czasie opozycji r. 1879, bo aż 45° w średnicy. W minimum średnica tej plamy nie przewyższała 5° . W czasie opozycji roku 1879 i r. 1881—82 widziano szereg oddzielnych białych punktów, sięgających do odległości 40° od bieguna północnego. Punkty te zaczęły się zbliżać do siebie i koncentrować i w końcu utwo-

rzyły oddzielną plamę w pewnej odległości od plamy biegunowej.

Plama południowa, obserwowana przez Schiaparelliego w ciągu kilku opozycji, zmniejszała się i powiększała całkiem regularnie w ten sposób, że środek jej zachowywał położenie prawie niezmiennie w punkcie, położonym 6^0 od południowego bieguna na 20^0 długości areograficznej¹⁾. Ścisłejsze obserwacje tej plamy z oznaczeniem pozycji datują się już od r. 1783; różnice w pozycjach, otrzymanych w tym czasie przez rozmaitych badaczy, nie przekraczają możliwych błędów obserwacji.

Co się tyczy plamy północnej, to zmienia się ona też bardzo regularnie, środek jej wszakże w ciągu kilku opozycji prawie ściśle znajdował się na samym biegunie północnym. W r. 1888 plama północna rozdzieliła się na dwie części, bardzo nierówne pod względem wielkości.

Prócz plam biegunowych jeszcze wiele innych plam białych dostrzedz można na powierzchni Marsa, jednakże jest rzeczą wątpliwą, czy wszystkie te plamy są identyczne pod względem swojej przyrody. Charakterystyczną cechą wszystkich plam białych, odległych od bieguna, jest to, iż znajdują się one na tych częściach Marsa, które uważamy za kontynenty. Tymcza-

¹⁾ Długości na Marsie rachuje się od południka, przechodzącego przez t. zw. „zatokę widłową“ (Gabelbai), a właściwie przez jej środek, zwany Fastigium d'Aryn.

sem południowa plama biegunowa pokrywa wielką część morza. Co się tyczy plamy północnej, to pokrywa ona wprawdzie kontynent, ale trzeba tu zauważyć, że na północnej półkuli Marsa wogóle mórz niema, są tylko jeziora i kanały, zajmujące stosunkowo nieznaczną część powierzchni. Można zatem wnioskować, że gdy białe plamy wogóle mają charakter kontynentalny, to plamy biegunowe tej wyłączności nie wykazują, możliwe one są i na lądzie i na morzu.

Takie zachowanie się plam biegunowych nasuwa myśl, że są to jakieś utwory, unoszące się ponad powierzchnią Marsa w postaci chmur. Lecz spostrzeżenia Holdena i Pickeringa zdają się temu stanowczo przeczyć. Zauważyli oni mianowicie, iż na plamach białych pojawiają się niekiedy ciemne plamy, które się z biegiem czasu powiększają — ale nie zmieniają swego położenia. Gdyby te ciemne plamy uważać za przerwy w chmurach, to nie mogłyby one zachować niezmiennego położenia, jeżeli sądzić na podstawie analogii z chmurami ziemskimi. Wszystko mówi za tem, że plamy te składają się z substancji, w zachowaniu się swem podobnej do naszego śniegu. Tu przychodzimy do wykazania zależności rozmaitych zmian, zachodzących na Marsie, od pory roku, panującej na tej planecie.

Plama południowa zmniejsza się stale w miarę, jak słońce wznosi się coraz wyżej nad półkulą południową, jednakowoż najmniejszą

staje się nie w czasie południowego stanowiska, ale znacznie później — zresztą w różnych latach Marsa niejednakowo późno. W końcu plama ta prawdopodobnie znika, lecz nie zawsze można to zniknięcie obserwować -- nie zawsze bowiem południowy biegun Marsa zwrócony jest ku ziemi. Wiadomo tyle, że w roku 1877 była widzialną część tej plamy jeszcze w 98 dni po stanowisku południowym, w r. 1879 zaś nawet jeszcze w 144 dni, natomiast w czasie opozycji r. 1894 Schiaperelli mógł stwierdzić z całą dokładnością, że plama południowa zniknęła całkowicie już w 59 dni po stanowisku.

Analogicznie zachowuje się plama północna z tą różnicą, że powiększa się ona wówczas, gdy południowa maleje i odwrotnie. Bezpośrednio tego obserwować nie można, gdyż oba bieguny Marsa jednocześnie nigdy nie są widzialne; jednakowoż stwierdzono, że w miarę, jak słońce zbliża się do stanowiska północnego na Marsie, plama ta się zmniejsza i dosięga najmniejszych rozmiarów w kilkadziesiąt dni po stanowisku. Zupełnego zniknięcia tej plamy dotychczas jeszcze nie obserwowano.

W ten sposób zdaje się nie ulegać żadnej wątpliwości, że obie plamy biegunowe Marsa są to twory pokrewnej natury i że zwiększanie ich lub zmniejszanie się znajduje się w ściślejszej zależności od zbliżającej się pory roku: gdy zbliża się zima, plamy rosną, gdy zbliża się lato — maleją. Że zmniejszanie się plam nie odpowiada

ściśle astronomicznym datom najsilniejszego promieniowania słonecznego, nie powinno nas to wcale zadziwiać, gdyż i u nas przecież najgorętsze miesiące przypadają zawsze na epokę po stanowisku letniem, najsilniejsze zaś mrozy — po stanowisku zimowem. Zawdzięczamy to, jak wiadomo, działaniu atmosfery naszej, na podstawie zaś wyżej podanych zjawisk, możnaby z niejakim prawdopodobieństwem wnioskować, że i Mars atmosferę posiada. Wniosek taki naturalnie nie byłby naukowy, gdyby wszakże na innej jakiejś drodze istnienie atmosfery na Marsie stwierdzić się dało, to objaśnienie tych zjawisk nie przedstawiałoby trudności.

Pojawianie się i znikanie kanałów zdaje się znajdować w związku nietylko z porą roku na Marsie, ale nawet ze zmianami wielkości plam biegunowych. Najliczniej kanały przecinają powierzchnię Marsa około południowego stanowiska na Marsie. Kiedy po dłuższej niewidzialności kanały zaczynają się pojawiać na nowo, ukazują się najprzód te, które położone są najbliżej bieguna południowego, i stopniowo sieć kanałów rozpościera się na inne części planety. Z dwóch kanałów, położonych w przybliżeniu w tej samej szerokości, prędzej ukazuje się ten, który przebiega wzdłuż południka, aniżeli ten, który z południkiem tworzy znaczny kąt. Kiedy liczba kanałów wzrasta, stają się one też ciemniejszymi i szerszymi, jeziora występują daleko wyraźniej i morza przybierają ciemniejszą barwę.

Zresztą stopień występowania kanałów w różnych latach jest bardzo rozmaity, i pod tym względem żadnej prawidłowości jeszcze nie wykryto.

W związku z porami roku znajduje się też prawdopodobnie zjawisko rozdawiania się kanałów; Schiaparelli twierdzi, że najwięcej rozdwojonych kanałów widział około wiosennej i jesiennej równonocy Marsa, około północnego stanowiska jest ich tylko bardzo mało, a około stanowiska południowego wcale ich niema.

Naszkiecowailiśmy tutaj w ogólnych zarysach zjawiska, zauważone na Marsie. Szczegółowe wyliczanie wszystkich zmian, jakie się na nim odbywają, wymagałoby obszerniejszej monografii, dla nas wszakże wystarczyć musi poznanie zjawisk typowych. Chodzi teraz o to, ażeby objaśnić te zjawiska i uprzytomnić sobie warunki, panujące na Marsie.

Jeżeli przypuścimy, że znikanie i pojawianie się plam biegunowych oraz kanałów w zależności od pór roku jest skutkiem cyrkulacji podobnej, jakiej podlega u nas woda, to nieodzownym jest przyjęcie atmosfery, za pośrednictwem której ta cyrkulacja się odbywa.

Istnienia tej atmosfery wprawdzie nie stwierdzono, pomimo to w niektórych przynajmniej częściach Marsa absorbcya atmosferyczna zdaje się występować. Perrotin dzieli całą powierzchnię Marsa na 4 pasy, przedstawiające pewne charakterystyczne cechy fizyczne:

1. Część równikową, leżącą po obu stronach równika, lecz w znaczniejszej części na półkuli północnej; w pasie tym, którego szerokość wynosi 60 do 80°, występują kanały; barwa jego jest najwybitniej czerwoną i sprawia w głównej mierze to, że Mars posiada barwę czerwoną.

2. Pas mórz leży przeważnie na półkuli południowej i ma szerokość około 45°, barwa jego jest szara i miejscami przechodzi w czarną. Jaśniejszymi miejscami są lądy o barwie czerwonej lub zupełnie białej (Hesperia, Hellas); kanały w tym pasie się nie pojawiają.

Dwa powyższe pasy graniczą na północy i na południu z pasami plam biegunowych, w szerokościach areograficznych odpowiednio +60° i -50°. W tych ostatnich pasach kontynenty mają barwę białą, przechodzącą u brzegów w szarawą.

Otóż wpływem absorbcyi atmosferycznej możnaby objaśnić tę okoliczność, iż kanały w kierunku równoleżników nie są na całej swej długości jednakowo dobrze widzialne, tymczasem na całej swej długości są widzialne jednakowo kanały, idące wzdłuż południków które przebiegają prawie w jednakowej odległości od brzegów tarczy; być może szarość mórz u brzegów również tej przyczynie przypisać trzeba. Z drugiej strony, plamy biegunowe nie zmieniają swej barwy i wyrazistosci nawet na samym brzegu — jak gdyby do okolic biegunowych wpływ domniemanej atmosfery nie dosięgał.

Przyjmując bardzo przezroczystą atmosferę, zjawiska powyższe możnaby objaśnić tem, iż w atmosferze Marsa unoszą się ciała, mogące się kondensować w rozmaitym stopniu w zależności od szerokości areograficznej. Podobnie na ziemi zachowuje się para wodna.

Prócz powyższych zjawisk, wpływowi atmosfery, a mianowicie kondensacyom, tworzącym się w atmosferze, niektórzy przypisują pewne lokalne przyćmienia na powierzchni Marsa.

Wszystkiego tego wszakże mało dla przekonania się o istnieniu atmosfery na Marsie, i dlatego rozmyślano i nad tem, czy w pewnych warunkach nawet atmosfera istniejąca nie może przed naszym wzrokiem się ukryć.

Tu przedewszystkiem należy zwrócić uwagę na to, iż średnia temperatura Marsa, wywnioskowana teoretycznie na podstawie warunków ziemskich, musi być daleko niższą od ziemskiej, mianowicie około -34° C. Z drugiej strony, masa Marsa jest, jak widzieliśmy, znacznie mniejszą od masy ziemskiej. Skutkiem tego, gdyby Mars nawet posiadał atmosferę tak wielką, jak nasza, ciśnienie jej na powierzchnię Marsa musiałoby być znacznie mniejszem, mianowicie wynosiłoby zaledwie tyle, co na najwyższych górach ziemskich. W tym zaś razie każdy płyn wre i ulatnia się przy daleko niższej temperaturze, niż u nas. Jeżeli zatem u nas przy temperaturze średniej -34° C. cyrkulacja wody, zależna od promieniowania słonecznego, byłaby

nader nieznaczną, to na Marsie pomimo to może być olbrzymią, tembardziej, jeżeli atmosfera Marsa jest mniejszą od naszej.

Przy takich warunkach parowanie mogłoby się odbywać z taką łatwością, iż w tych okolicach Marsa, gdzie słońce znajduje się nad poziomem, tworzenie się kondensacyi pary w atmosferze byłoby niemożliwem. Ponieważ zaś obserwator ziemski widzi zawsze tylko tę część powierzchni Marsa, na której jest dzień, więc byłoby rzeczą zupełnie naturalną, iż żadne chmury nie zasłaniają mu widoku powierzchni planety. Skoro zaś tylko słońce zachodzi i atmosfera silnie się oziębia, tworzą się natychmiast mgły i chmury, o których my wiedzieć nie możemy, ponieważ nigdy nie widzimy tej połowy Marsa, która jest pogrążona w cieniach nocy. Jeden z obserwatorów amerykańskich, Douglass, obserwował na granicy części oświetlonej i nieoświetlonej tarczy Marsa coś w rodzaju obłoków; spostrzeżenie to zatem przemawia za powyżej wypowiedzianymi poglądami, które skutkiem tego wszakże bynajmniej swego hypotetycznego charakteru nie tracą. Dodać tu winniśmy, iż gdyby hipoteza ta odpowiadała rzeczywistości, wiele okoliczności przemawiałoby za tem, że substancją, cyrkulującą w atmosferze Marsa, nie jest woda, lecz płyn, wrący, przy temperaturze znacznie niższej. Niektóre względy (np. mechaniczne, wynikające z kinetycznej teoryi gazów), przemawiałyby za tem, że płynem tym jest płynny kwas węglany.

Wobec takiego stanu naszej wiedzy o przyrodzie Marsa, jest rzeczą nader ryzykowną uważać go za jakąś drugą ziemię, jak to nawet niektórzy astronomowie czynią, że wymienię tylko Flammariona. Fantazyi można pozwolić na wszystko, ale nauce wolno opierać się tylko na faktach, ściśle zbadanych i wyjaśnionych. Przyjęcie na Marsie warunków, podobnych do ziemskich, musiało pociągnąć za sobą także konsekwencye dalsze. Jednakowe przyczyny rodzą jednakowe skutki; jeżeli na ziemi powstało życie, to czemużby nie miało powstać i na Marsie, który do ziemi jest tak podobnym? I oto ujrzano na Marsie owoce działalności istot żywych, ba istot rozumnych, wielokroć pod względem rozwoju umysłowego dalej posuniętych od nas, mieszkańców ziemi.

Takim widowym znakiem działalności istot rozumnych mają być kanały. W istocie kanały Marsa tworzą tak misterną sieć linii, taką wykazują prawidłowość i regularność, że trudno sobie wyobrazić, jakim siłom przyrody powstanie ich przypisać. Owo przebieganie po najkrótszych liniach, owo zbieganie się kanałów do jednego miejsca i tworzenie jezior, ów związek, który zdaje się zachodzić pomiędzy kanałami i plamami biegunowemi, mimowoli rodzi hipotezę, iż patrzymy na jakiś wspaniałe wykończony system irrygacyjny, którym mieszkańcy Marsa wetują sobie brak opadów atmosferycznych.

Nic przyjemniejszego, jak przyjęcie tej hipotezy za prawdę, tkwi bowiem w duszy człowieka jakaś tajemnicza sympatya do istot mu podobnych, sięgająca nawet w przestrzeń daleko, kędy tylko myśl ludzka, a co najwyżej jeszcze promień światła dosięgnąć może. Nic też dziwnego, iż z całą skwapliwością chwycono się tej myśli o zamieszkalności Marsa, i naturalnie powstało pragnienie zawiązania bliższych stosunków z sąsiadami w państwie słonecznym. Nie tylko, że w pewnych jasnych punktach na powierzchni Marsa, które szczególnie w r. 1892 zwracały uwagę astronomów, chciano widzieć znaki, dawane nam przez obywateli Marsa, ale myślano bardzo seryo i obszernie nad sposobami komunikowania się z Marsem. Sposoby te są bardzo liczne, są one wszakże prawie wszystkie o tyleż niewykonalne, o ile bezcelowe. Bądź co bądź tego, który skomunikuje się pierwszy z mieszkańcami Marsa, czeka nagroda 100.000 franków, pozostawionych na ten cel przez pewną paryżankę.

Jeżeli bezpośrednio przyjrzenie się mapie Marsa otwiera szerokie pole wyobraźni, to uprzytomnienie sobie warunków rzeczywistych musi nas od nazbyt daleko sięgających wniosków powstrzymać. Już poprzednio zwróciliśmy uwagę na to, jak znaczne rozmiary mają te przedmioty, które, będąc w odległości Marsa, znajdują się na granicy widzenia. Kanały, które widzimy z ziemi, jako najsubtelniejsze linie, mają szeroko-

kość co najmniej 30 kilometrów. W znacznej większości wypadków szerokość kanałów jest daleko większą. I otóż te linie ciemne ciągną się na powierzchni Marsa na wiele tysięcy mil, jak ogromnej więc pracy wymagałoby ich wykopanie! Obrachowano, iż wykopanie kanałów Marsa wymagałoby takiej samej pracy, jak wykopanie 1634000 kanałów suezkich. Dla wykonania tej pracy 200 milionów ludzi musiałyby bez przerwy pracować przez 1000 lat.

Przyznać trzeba, że praca na Marsie może być lżejszą, niż na ziemi, z powodu znacznie mniejszego ciężaru, jak i przy mniejszej masie Marsa tam posiadają przedmioty; z drugiej strony 1000 lat w historii planet jest epoką nader krótką, i praca powyższa mogła być rozliczoną na setki tysięcy lat, nie wymagała zatem tyłu rąk. Można zresztą przypuścić, iż Mars jest zaludniony daleko silniej, aniżeli ziemia i że istoty, które są twórcami kanałów, pod względem inteligencji przewyższają nas wielokrotnie, że zatem mogą znać różne ułatwione sposoby pracy. Wszystko to będą wszakże właśnie fantazyje, które bynajmniej nie posuwają naprzód naszych wiadomości przyrodniczych.

Przyjmując na chwilę udział istot inteligentnych w utworzeniu kanałów Marsa, zapytać się musimy, dlaczego te kanały są tak szerokie? Wszak znacznie węższe przewody wodne, zda się, równie dobrze wypełniłyby te same zadania, co i te olbrzymy, jeżeli temi zadaniami są

komunikacja lub irrygacja. Takie marnowanie pracy byłoby dowodem nieinteligencji, która stałaby w rażącej sprzeczności z wielu innymi faktami. Zwolennicy zaludnienia Marsa (np. Lowell) sądzą zatem, że t. z. kanały są tylko po części kanałami, mianowicie właściwy kanał płynie pośrodku tych linii, które nazywamy kanałami, ale jest on wązki i wcale go nie widzimy. To co widzimy, jest to wegetacja, pokrywająca brzegi kanałów na znacznej szerokości. Za wegetację uważają też niektórzy (np. Pickering) większą część mórz, opierając się na tem, iż zmieniają one swoją barwę w zależności od pór roku.

Nie będziemy się dłużej zastanawiali nad tem, w jaki sposób, na podstawie hipotezy o zaludnieniu Marsa, starano się objaśnić inne zjawiska, dostrzeżone na tej planecie. Hipotezy podobne, jako nie astronomiczne, nie powinny znajdować prawa obywatelstwa w nauce.

Człowiek, pomimo swej inteligencji, pomimo stworzenia ogromnej cywilizacji na ziemi, niczem jest wobec tej ziemi, na której mieszka. Ziemia, widziana z którejkolwiek planety, zaledwie dałaby poznać spostrzegaczom, że posiada lądy i morza, które w postaci plam o rozmaitem natężeniu świetlnem i zabarwieniu na niej by wystąpiły — śladów człowieka i wszystkich jego czynów próżnoby tam ktoś poszukiwał. Pomnijmy zawsze tę prawdę, że wobec sił natury jesteśmy niczem, że cała mądrość nasza polega

na tem, iż niektóre z tych sił zużytkować umiemy. Badając przyrodę, szukajmy zatem zawsze tych sił, a nie mrówczej działalności człowieka, która tylko zarumiałości naszej czemś ważnem i wielkiem wydać się może.

Mars jest centralną bryłą częściowego układu w układzie słonecznym, złożonego, oprócz Marsa, jeszcze z dwóch księżyców. Księżyce Marsa znane są nam dopiero od niedawna. Odkrycie tych księżyców zawdzięczamy tej samej korzystnej opozycji roku 1877, w czasie której dowiedzieliśmy się o istnieniu kanałów na Marsie.

Poszukiwania wielu dawniejszych astronomów w celu odkrycia księżycy Marsa, nie odnosiły skutków, ponieważ nie posiadali ani dostatecznych środków optycznych. Odkrycia księżyców Marsa dokonał Hall w Washingtonie, za pomocą 26-calowego refraktora tej dostrzegalni. Zewnętrzny księżyc Marsa, nazwany Deimos, został odkryty 11. sierpnia, wewnętrzny zaś, Phobes, 17. sierpnia 1877 r. Są to ciała, widzialne tylko przez najlepsze teleskopy, jako gwiazdki 12—13 wielkości; średnica, jak wypływa z pomiarów fotometrycznych Pickeringa, wynosi dla Phobesa 8·6, dla Deimosa 8·4 kilometry.

Są to, jak widzimy, ciała bardzo drobne, które nie stoją w żadnym stosunku do innych ciał niebieskich naszego układu. Zastępują one wszakże z wielu względów na szczególną uwagę.

Przedewszystkiem uderza ich mała odległość od Marsa. Phobos od środka Marsa odległy jest tylko o 9300 kilometrów, Deimos zaś o 23000 kilometrów. Od powierzchni Marsa odległości te są jeszcze znacznie mniejsze, i wynoszą odpowiednio 5900 i 19600 klm. Pomimo tej bliskości, księżyce Marsa widziane z jego powierzchni, nie są wcale zjawiskami tak wybitnymi. jakby się należało spodziewać po księżycach.

Phobos przedstawia się jako mała tarcza o średnicy 3', Deimos zaś tylko o średnicy 1'. Bądź co bądź przewyższają one jasnością wszystkie inne gwiazdy, widzialne z Marsa, chociaż, co prawda, nie rozpraszają razem cieniów nocy nawet w części tak, jak nasz jeden księżyc.

Księżyce Marsa mają ruch bardzo szybki i obiegają swą planetę w okresach 7 g. 39 m. i 30 g. 18 m. Są to okresy nader krótkie w porównaniu z naszym miesiącem. Co wszakże szczególnie jest ciekawem, to okoliczność, że Phobos obiega Marsa w okresie prawie trzy razy krótszym, aniżeli okres obiegu Marsa dokoła osi.

Jest to jedyny znany w układzie słonecznym przypadek, ażeby satellita okrążał planetę w krótszym czasie, aniżeli ta obraca się dokoła osi. Wspominamy nawiasem, iż fakt ten nie da się w żaden sposób pogodzić z hipotezą kosmogoniczną Kanta-Laplace'a.

Szybki ruch Phobosa powoduje bardzo ciekawe zjawisko dla obserwatora na Marsie,

i jeżeli tam w istocie znajdują się astronomowie, to ruchy tego księżycyca niewątpliwie muszą powodować ogromny zamęt w ich rozumowaniach. Ponieważ ruch księżycyca i ruch wirowy Marsa odbywa się w jednym kierunku, pierwszy zaś jest szybszy, więc księżyc prześciga kolejno rozmaite południki Marsa i zdaje się w ten sposób mieć ruch przeciwny dziennemu pozornemu ruchowi nieba na Marsie. Zachodzi on na wschodniej stronie nieba, wschodzi zaś na zachodniej, a okres jego obiegu dokoła Marsa zdaje się wynosić tylko około 11 godzin. Jeżeli mieszkańcy Marsa wykryli przyczynę takiego zachowania się większego ich księżycyca, to wtedy niewątpliwie przyznać im trzeba dużą inteligencję.

Jowisz.

Za Marsem w odległości przeszło 3 razy tak wielkiej jak odległość Marsa od słońca, toczy się w swojej drodze olbrzymi Jowisz. Wielka odległość pomiędzy Marsem a Jowiszem oddawna zwracała uwagę astronomów, którzy podejrzewali istnienie w tej przestrzeni nieznaney planety. Istnienia tej planety domagała się też pewną prawidłowość, jaką dostrzeżono w rozmieszczeniu planet w układzie słonecznym, a której wyrazem było empiryczne prawo, znane pod nazwą prawa Titiusa lub Bodego. Nader pilne poszukiwania wreszcie doprowadziły do pomyślnego skutku. 1 stycznia 1801 roku, a zatem w pierwszym dniu naszego stulecia odkrył Piazzini w Palermo w tej przestrzeni planetę, która nazwaną została Cererą. Wkrótce potem okazało się, że nie jest to jedyna planeta, krążąca pomiędzy Marsem a Jowiszem. W następnych paru latach odkryte zostały planety Pallas, Juno i Westa, później zaś dzięki rozmaitym staraniom, podejmowanym

w tym kierunku, oraz udoskonalonym sposobom poszukiwania, liczba ta wzrastała bardzo szybko, i dziś liczba znanych planet tej kategorii dosięga już blisko 470. Ze liczba wszystkich tych planet jest jeszcze znacznie większą, to nie ulega wątpliwości, nowe odkrycia w tym kierunku nie tak prędko się ukończą.

Są to wszystko ciała małe, pod względem masy w sumie równają się ledwo ułamkowi masy ziemskiej, inne zasługują prawie na nazwę planet, to też powszechnie, jak już wspomnieliśmy, zwa są się planetoidami. Planetoidy, o ile pod względem fizycznym mało przedstawiają interesu dla astronoma, ponieważ badanie ich pod tym względem nie prowadzi do żadnych wyników, o tyle bardzo przyczyniły się do rozwoju mechaniki niebieskiej i rozmaitych metod rachunkowych w astronomii. Stanowią one wszakże, trudno zaprzeczyć, ogromny balast, odbierający spokój astronomowi, albowiem dla zwalczenia nawału pracy, jakie nastęrcza śledzenie za ruchem tych planet, szczególnie zaś rachowanie zaburzeń, którym ten ruch podlega, potrzeba mnóstwa pracy i ludzi, których jest zbyt mało, albowiem na takie cele rządy nie chcą łożyć kosztów. A co będzie wówczas, gdy liczba planetoid wzrośnie do całych tysięcy? Uzasadnionym też bardzo wydaje się projekt niektórych astronomów, ażeby odkrywanie nowych planetoid powstrzymać na pewien czas, dopóki nie będzie zrobiony porządek z już odkrytymi.

Nie zatrzymując się dłużej nad planetoidami, przechodzimy do Jowisza. Orbita Jowisza przebiega w średniej odległości 777 milionów kilm. od słońca. Co się tyczy odległości od ziemi, to, gdy uwzględnimy eliptyczny kształt drogi Jowisza, waha się ona w granicach 600 milionów klm. w najkorzystniejszej opozycji do 956 milionów klm. w najniekorzystniejszym połączeniu.

W zależności od tych zmian odległości zmienia się też jasność i pozorne rozmiary tarczy Jowisza. Zawsze jaśnieje on jako gwiazda pierwszej wielkości spokojnym żółtem światłem. W ogólności ustępuje Jowisz wspaniałością tylko Wenerze, a niekiedy także i Marsowi, mianowicie gdy ten znajduje się najbliżej ziemi. Gdy wszakże jasność Marsa w pewnych epokach nie przewyższa jasność Regulusa, Jowisz zawsze jest jaśniejszym od najjaśniejszej gwiazdy nieba, Syryusza. Zmiany jasności Jowisza w ogóle nie są znaczne i zawarte tylko w granicach jednej klasy. Zależne są one przeważnie od odległości; zmiany, zależne od fazy, która u Jowisza dosięga najwyżej 12° , nie zostały dotychczas skonstruowane.

Jasność Jowisza w zależności do faz musiałaby się zmieniać w granicach 0·3 do 0·4 klasy, gdyby krzywa zmian jasności, zależna od fazy, była podobną do krzywej fazowej Merkurego lub księżyca. Z braku tych zmian wynika, że przyroda Jowisza jest zupełnie inna.

Jasność w opozycji, zależnie od mimośrodu, waha się tylko w granicach 0·5 klasy. Albedo Jowisza wynosi 0·62, i pod tym względem ustępuje on tylko Wenerze. Szczególnie wielką jest siła odbijająca jego powierzchni dla promieni chemicznych. Z badań Warren de la Rue'a i Bonda wypływa, iż w świetle Jowisza znajduje się przecięciowo 14 razy tyle promieni fotograficznych, co w świetle księżyca, a najjaśniejsze części tarczy Jowisza posiadają 27 razy większą siłę chemiczną, niż niektóre części tarczy księżyca. Na tej podstawie powstało przypuszczenie, że Jowisz, być może, świeci jeszcze po części własnem światłem. O ile to przypuszczenie jest uzasadnionem, dowiemy się w dal-szym ciągu.

Już z wyżej powiedzianego wynika, że tarcza Jowisza nie jest wszędzie jednakowo ja-sną. Jasność jest największą na środku tarczy i zmniejsza się, w miarę zbliżania się ku brzegom; według pomiarów Bonda, jasność naj-jaśniejszych części tarczy jest 1·7 razy większą od średniej jasności całej tarczy. Tą rozmaity jasnością różnych części tarczy Jowisza objaśnia się zjawisko, obserwowane w czasie przejścia jego księżyców przed tarczą. U samych brzegów księżyce ledwo są widzialne, lub nawet odzna-czają się na tarczy, jako jasne plamy, gdy na samym środku wyraźnie odznaczają się jako ciemne krążki. Dowodzi to zarazem, iż albedo księżyców Jowisza jest mniejszą, aniżeli albedo

planety. Dodać należy, iż podobne zmniejszenie się jasności od środka tarczy ku brzegom znajdujemy też na słońcu. Nie jest to oczywiście dowodem jakiegoś podobieństwa fizycznego pomiędzy Jowiszem a słońcem, wszakże może to być poparciem hipotezy własnego światła Jowisza, gdyby przemawiały za nią inne względy. Do takich względów, oprócz dużej albedo Jowisza, należy i fakt, wyżej przytoczony, iż nie zauważono dotychczas zmian jasności, zależnych od fazy. Jasnym jest, iż zależność taką wykazywać może tylko planeta, której część, nieoświetlona przez słońce, jest zupełnie ciemną. Zauważyć wszakże należy, iż przez pomiary tarczy Jowisza skonstatować można, że część nieoświetlona jego tarczy w istocie jest ciemniejszą.

Jowisz jest największą bryłą planetarną naszego układu, i to przewyższającą każdą bryłę wielokrotnie, przewyższającą nawet znacznie wszystkie planety razem wzięte. 1390 takich kul, jak nasza ziemia, zaledwie zdołałyby zapełnić przestrzeń, którą zajmuje glob Jowisza. Z pomiarów tarczy Jowisza wypływa długość jego średnicy równikowej 141635 klm., długość zaś średnicy, przechodzącej przez bieguny, 132635 klm. Widzimy stąd, iż jest on u biegunów silnie spłaszczony; spłaszczenie to wynosi około $\frac{1}{16}$, gdy dla ziemi liczba ta wynosi tylko $\frac{1}{31}$.

Spłaszczenie ciał niebieskich u biegunów jest skutkiem ich ruchu wirowego dokoła osi.

Znaczne spłaszczenie Jowisza, które już bezpośrednio w teleskopie, bez wszelkich pomiarów, zauważyć można, każe przypuszczać, iż ruch wirowy jest bardzo szybki. W istocie Jowisz zaczyna sobą szereg planet, których ruch wirowy jest szybki. Zauważymy tu, iż pod tym względem planety dzielą się na 3 wybitne grupy: planety najbliższe słońca, mianowicie Merkury i prawdopodobnie Wenus, mają ruch wirowy bardzo powolny, dwie następne planety, Ziemia i Mars, obracają się dokoła osi prawie w jednakowym czasie, wynoszącym około 24 godzin; następne zaś planety, o ile ich ruch wirowy został zbadany, tworzą 3-cią grupę z ruchem wirowym bardzo szybkim.

Jowisz obraca się dokoła swej osi w 9 g. 56 m. 35 s. Jeżeli uwzględnimy olbrzymie jego rozmiary, to punkty jego powierzchni, leżące blisko równika, mają olbrzymią szybkość, wynoszącą 12·5 kilometr. na sekundę, a zatem 27 razy większą od szybkości punktów równika ziemskiego. Bardzo wielka siła odśrodkowa, ztąd wynikająca, w związku z daleko mniej posuniętą fazą rozwoju kosmicznego, zależną od wielkich rozmiarów tej planety, najzupełniej objaśnia nam to znaczne spłaszczenie Jowisza. Oś Jowisza przedłużona przecina sklepienie niebieskie w bliskości gwiazdy ζ Smoka.

Ruch wirowy Jowisza jest zjawiskiem dosyć skomplikowanym, i okresu obrotu nie znamy

z taką dokładnością, jak np. okres obrotu Marsa.

Rozmaici badacze otrzymywali dla tego okresu liczby, różniące się od siebie o kilka minut, a przyczyną tego, jak ostatecznie stwierdzono, była okoliczność, iż różne części Jowisza wirują z niejednakową szybkością. Zupełnie podobne zjawisko przedstawia słońce, którego części mają ruch wirowy tem szybszy, im bardziej odległe są od równika. Dla słońca udało się nawet wyprowadzić kilka wzorów empirycznych, które wyobrażają zależność szybkości kątowej punktów jego powierzchni od odległości od równika. Dla Jowisza podobnego wzoru jeszcze nie znaleziono, albowiem zależność ta nie jest tu tak prostą, jak w przypadku słońca. Wyżej podany okres ruchu wirowego dotyczy pasa równikowego. We wszystkich innych pasach jest on nieco krótszy, różnice wszakże wynoszą zaledwie parę minut.

Taka różnica szybkości kątowej różnych części powierzchni Jowisza świadczy najwyraźniej, iż powierzchnia Jowisza, na którą patrzymy, nie jest skonsolidowaną w ten sposób, jak na przykład powierzchnia ziemi, że, przeciwnie, utworzona ona jest z substancyj płynnych lub gazowych, które mogą się względem siebie przesuwać. Mamy tu znowu analogię ze słońcem; czy wszakże analogia ta jest tylko zewnętrzną, czy też sięga głębiej w samą naturę tych zjawisk, chwilowo powiedzieć nie możemy.

Jak pod względem objętości, tak i pod względem masy Jowisz przewyższa wszystkie inne planety. Masa Jowisza, znana bardzo dokładnie, jest 310 razy większą od masy ziemskiej, stosunek objętości Jowisza do objętości ziemi jest zatem znacznie większym, aniżeli stosunek masy do masy ziemskiej. Znaczy to, iż średnia gęstość Jowisza jest mniejszą od średniej gęstości ziemi: wynosi ona tylko 0·23 tej ostatniej. Prawie taką samą gęstość średnią posiada słońce, mamy zatem znowu podobieństwo między słońcem a Jowiszem i najwymowniejszy dowód tego, iż materya Jowisza jest jeszcze bardzo mało skoncentrowaną.

Jowisz obiega słońce w okresie, wynoszącym 11 lat i 10 miesięcy (ściślej 4332 dni 15 g.), po drodze, której płaszczyzna z płaszczyzną równika Jowisza tworzy kąt, niewielki $3^{\circ}4'1$. Zwrotniki Jowisza zatem odległe są od jego równika tylko o ten mały kąt i tyleż od jego biegunów odległe są koła podbiegunowe. Skutkiem tego prawie na całej powierzchni Jowisza panują zbliżone stosunki klimatyczne, o ile te są zależne od słońca, i przytem nie zmieniają się tak, jak u nas, w zależności od pór roku. Trzeba wszakże zaznaczyć, iż Jowisz otrzymuje od słońca tylko $\frac{1}{27}$ tej ilości ciepła, co my, skutkiem czego pory roku, nawet przy daleko większej pochyłości równika, nie różniłyby się tam tak wybitnie, jak u nas.

Pomimo stosunkowo niewielkiego wpływu

słońca obserwujemy na Jowiszu zjawiska, które tylko działaniu ciepła przypisać można. Cóż więc jest źródłem tego ciepła? Zanim odpowiemy na to pytanie, przyjrzyjmy się najprzód samym zjawiskom, które odkrywają przed nami przyrodę planety.

Jowisz na pierwszy rzut oka różni się od wszystkich planet, które dotychczas poznaliśmy. Jest on zmienny w swoim wyglądzie, jednakże zmiany te są zupełnie odmienne od tych, jakie zachodzą n. p. na Marsie, i nie zacierają nigdy ogólnego charakterystycznego wyglądu. Pomimo to nie ma dwóch rysunków, pochodzących z różnych czasów, które wyobrażałyby powierzchnię Jowisza jednakowo.

Najcharakterystyczniejszymi utworami na powierzchni Jowisza są pasy i smugi, przebiegające równoległe do równika Jowisza. Są one zmienne, raz występują wybitniej, to znów bardzo słabo, wszakże nigdy nie znikają zupełnie.

Najwybitniejszym ze wszystkich jest pas równikowy, rozpościerający się wszcz na jakich 20° według pomiaru Keelera; szerokość rzeczywista tego pasu jest 37175 kilometrów. Pas ten ograniczony jest na południu i na północy dwiema smugami ciemnymi, w części zaś środkowej wypełniony białymi kłębiastymi plamami, ułożonymi równoległe do równika. Te białe plamy odznaczają się znaczną trwałością i one pierwsze posłużyły do określenia ruchu wirowego Jowisza. Okazało się wszakże, iż, chociaż

zachowują one swój kształt dosyć długo, to jednak położenie ich jest zmienne, mają one pewien ogólny ruch, niezależny od ruchu wirowego planety, i to, o ile się zdaje, skierowany przeciw temu ruchowi. Skutkiem tego ruchu wirowego wypadłby krótszy niż jest rzeczywiście.

Ruch tych plam dowodzi nam, iż nie są to utwory, znajdujące się na stałej powierzchni, ale prawdopodobnie utwory atmosferyczne, podobne do naszych obłoków.

Od tego pasa począwszy, obie półkule Jowisza różnią się między sobą bardzo pod względem wyglądu, tak iż obserwator, obeznany cokolwiek z powierzchnią Jowisza, nigdy jednej nie weźmie za drugą.

Główną cechą charakterystyczną półkuli północnej jest ciemniejsze zabarwienie jej części północnej. Ta część ciemniejsza sięga aż do $+ 32^{\circ}$ szerokości jowigraficznej i ograniczona jest nieco ciemniejszym pasem.

Poza tem rozciąga się na półkuli północnej w szerokości około 20° jeszcze jeden pas ciemny, który się od czasu do czasu rozdwaja. Ma on odcień czerwony i często wykazuje wązkie białe plamki w postaci nitek, pomiędzy którymi występują plamy ciemniejsze o kształcie nieregularnym. Wogóle, jak widzimy, jasne miejsca na półkuli północnej występują tylko, jako stosunkowo niewielkie przerwy pomiędzy miejscami ciemniejszymi, skutkiem czego pół-

kula północna jest znacznie ciemniejszą od południowej.

Półkula południowa również w części, zawierającej biegun, kończy się odcinkiem o barwie ciemniejszej, który jednakże sięga tylko do 70° szerokości południowej. Od tej szerokości aż do pasa równikowego na powierzchni Jowisza niema już żadnego pasa w tym rodzaju, jak na półkuli północnej, któryby opasywał całą planetę; występują zato od czasu do czasu w znacznej ilości pasy jasne i ciemne, niekiedy smugi znacznej długości, wogóle utwory bardziej zmienne pod względem kształtów i ciekawe pod względem zachowania się w czasie ich widzialności.

Plamy półkuli południowej łączą się niekiedy razem ze smugami i zdają się tworzyć nierozdzielne pasma, są one wszakże zwykle krótkotrwałe i po pewnym czasie znowu rozpadają się na części.

Nie sposób jest opisywać wszystkie plamy, jakie obserwować można na powierzchni Jowisza, trzebaby tu bowiem zdawać sprawę z każdej opozycji oddzielnie. Nieco obszerniej zatrzymamy się tylko na jednym utworze, znanym, jako „wielka plama czerwona“; odznacza się ona wielką trwałością, skutkiem której astronomowie przywykli ją uważać prawie za stałą część powierzchni Jowisza i poświęcili jej dużo uwagi.

Pierwszy zobaczył plamę czerwoną Niesten w Brukseli w r. 1878. Położona ona jest na

półkuli południowej w odległości 21° od równika i przekracza w części granice pasa równikowego, który wykazuje w tem miejscu wklęsnięcie. Pomiędzy plamą a pasem równikowym znajduje się jasna przerwa.

Plama, o której mówimy, odznacza się wybitnie czerwonym zabarwieniem, którego natężenie podlega znacznym zmianom. Kształt plamy był początkowo mało regularny, z biegiem czasu stała się ona owalną, wydłużoną równolegle do równika i ten kształt dochowała do dzisiaj. Długość tej plamy zajmuje na Jowiszu 37° długości, szerokość zaś około 12° . Rozmiary te pojmiemy lepiej, gdy powiemy, iż jest ona dłuższą od równika ziemskiego, a odległość najpółnocniejszych części Ameryki północnej od krańców Patagonii zaledwie równa się jej szerokości.

Wprawdzie długość ta i szerokość zmienia się w niewielkich granicach, jednakowoż powstanie tak olbrzymiej plamy, mogącej pokryć $\frac{3}{4}$ powierzchni ziemi, w czasie stosunkowo niedługim, jest zjawiskiem nader ciekawem. Niewątpliwie wszakże jeszcze ciekawszym jest fakt, iż przetrwała ona już przeszło lat dwadzieścia. Trudno się tedy pogodzić z myślą, ażeby to miał być obłok, powstały w atmosferze Jowisza.

Plama czerwona w ciągu 20 lat swej widzialności przedstawiała nie zawsze jednakowo wybitne zjawisko. Najbardziej wybitną była w r. 1880, następnie bladła coraz bardziej i w r. 1883

już z ledwością była widzialna. Kiedy wszakże spodziewano się już, że zniknie zupełnie, stała się znów coraz widoczniejszą, a w r. 1886 już wystąpiła bardzo wybitnie. Takie wahania się zaszły dotychczas kilkakrotnie, i zawsze przewidywania, że plama zniknie zupełnie, okazywały się mylnymi. Obecnie jest błada i trudno ją dostrzedz, ale w jasne noce odznacza się zlekka na jaśniejszem nieco tle pasa równikowego.

Ponieważ plama czerwona należy do najtrwalszych utworów na Jowiszu, więc wielokrotnie określono okres ruchu wirowego Jowisza na podstawie tej plamy. Gdyby ta plama należała do powierzchni Jowisza, okres, jakiby otrzymano, byłby rzeczywistym okresem obrotu Jowisza; z drugiej strony stały okres obrotu byłby dowodem, że plama ta należy w istocie do powierzchni Jowisza. Bardzo liczne badania wszakże wykazały, że okres plamy ulega zmianom, chociaż bardzo powolnym. Zmiany te są niejednakowo szybkie i niejednakowo wielkie. Tak, pomiędzy rokiem 1879 a 1885 okres obrotu przedłużył się o 7 sekund. Później zmiany były daleko mniejsze, nie przekraczające sekundy i nieregularne. Obecnie okres obrotu plamy wynosi 9 g. 55 m. 41 s. i nie zmienia się prawie wcale. Zmiany te bądź co bądź dowodzą, iż plama ta nie tworzy części stałej powierzchni.

Inne plamy na Jowiszu, które szczególnie na półkuli północnej zawsze znajdują się w zna-

cznej ilości, są mniej stałe, chociaż niektóre z nich mogły być obserwowane przez 10 lat, a nawet dłużej. Plamy czarne odznaczają się większą trwałością niż plamy jasne, które zdają się też mieć większą szybkość własną. Okres obrotu Jowisza, wyprowadzony na podstawie białych plam w pasie równikowym, wynosi tylko 9 g. 50. m. 20 s.; okres ten zresztą jest też zmiennym i np. pomiędzy rokiem 1880 a 1888 wzrósł o 24 s. W ogóle skonstatowano, iż z biegiem czasu wzrasta też okres, wywnioskowany na podstawie plam w innych częściach powierzchni Jowisza. Nawet plamy, położone w jednakowych szerokościach, lecz przeciwnych półkul, dają różny okres obrotu. Powiązać wszystkie te ruchy jednym jakimś prawem dotychczas się nie udało. Z drugiej zaś strony zadanie komplikuje się spostrzeżeniem, dotychczas wprawdzie nie zupełnie jeszcze stwierdzonym, że szybkość kątowna plam zmienia się także w zależności od długości geograficznej.

Jak już zaznaczyliśmy, ilość plam na powierzchni Jowisza nie zawsze jest jednakową. Zazwyczaj proces znikania i pojawiania się plam jest powolny i nie zwraca szczególnej uwagi. Zauważono jednakże, iż w pewnych epokach plamy tworzą się bardzo szybko i ukazują się w liczbie obfitszej, niż zazwyczaj. Taką epoką był r. 1870, w którym ukazały się liczne plamy ciemne wzdłuż pasa w szerokości $\pm 25^{\circ}$; to samo i w tych samych prawie rozmiarach powtórzyło

się w latach 1880 i 1891. Czy istnieje tu jaka peryodyczność, nie można tego obecnie powiedzieć, bowiem materiał jest nader szczupły; gdyby wszakże tak było, mielibyśmy jeszcze jedną analogię ze słońcem, na którym maxima i minima plam powtarzają się w regularnych odstępach czasu.

Zwracaliśmy tyle razy uwagę na analogię, zachodzącą pomiędzy Jowiszem a słońcem, iż czytelnik mógłby ztąd wyprowadzić wniosek o słonecznej naturze Jowisza. Ażeby zobaczyć, o ile taki wniosek zgadza się z rzeczywistością, postarajmy się zapoznać bliżej z charakterem opisanych zjawisk.

Na tę kwestyę przedewszystkiem rzucają pewne światło badania widmowe. Widmo Jowisza nie stwierdza bynajmniej przypuszczenia, iż Jowisz wysyła ku nam jeszcze po części własne światło. W tym ostatnim razie jasne części widma ciągłego musiałyby wystąpić wybitnie, szczególnie części mniej łamliwe, ponieważ do tego wystarczałyby już temperatura daleko niższa od słonecznej — temperatura czerwonego żaru. W rzeczywistości w widmie Jowisza względne natężenie części jasnych jest takie same, co i u słońca, co świadczy, iż światło Jowisza jest odbitem światłem słonecznym. Prócz linii fraunhoferowskich, właściwych widmu słonecznemu, znajduje się w widmie Jowisza jedno pasmo w części czerwonej przy długości fali $617.8\mu\mu$, które jest charakterystycznym dla

Jowisza i powstaje skutkiem absorbcyi światła w jego atmosferze. Tak więc atmosfera Jowisza zawiera dotychczas nieznaną pierwiastek w znacznej ilości i jest zatem różną od atmosfer planet, dotychczas poznanych. Być może zresztą, iż panują na Jowiszu tak odmienne warunki co do ciśnienia, temperatury itd., skutkiem których jakiś znany nam pierwiastek uległ takiej modyfikacyi, że charakteryzuje się wspomnianą linią. Co do tego nic stanowczego twierdzić nie możemy, w każdym razie atmosfera Jowisza jest różną od innych.

Jeżeli Jowisz nie świeci własnem światłem, więc wielką jego albedo możemy tylko przypisać sile odbijającej jego atmosfery, właściwie zaś obłoków, w niej się unoszących, zakrywających przed nami jego powierzchnię właściwą. To samo wywnioskowaliśmy o Wenerze. Jednakowoż przyroda Jowisza jest zupełnie inną, niż przyroda Wenery. Średnia gęstość Jowisza jest tak mała, iż, chcąc uważać go za bryłę stałą, otoczoną niezbyt wielką atmosferą, musielibyśmy przypuścić, iż składa się z samych ciał lekkich, średnio niezbyt cięższych od wody. (Gęstość średnia Jowisza = 1.395). Nie mamy jednak powodu przypuszczać, aby na Jowiszu nie miało być ciał ciężkich, przeciwnie, na podstawie tego, co wiemy o składzie innych ciał niebieskich i co wypływa z teoryi kosmogonicznych, które przypisują planetom wspólne pochodzenie z jednej wspólnej pramgławicy, musimy wniosko-

wać, iż na Jowiszu znajdują się te same pierwiastki, co na innych planetach.

Mała gęstość średnia Jowisza prowadzi nas do wniosku że atmosfera Jowisza jest w stosunku do jądra wewnętrznego bardzo wielką, że znajduje się on w tej pierwotnej fazie rozwoju, kiedy znaczna część pierwiastków jeszcze w stanie lotnym znajduje się w zawieszeniu. Taką fazę musiała przechodzić każda planeta, kiedy poczęła się ona przeobrażać z bryły ognistej w kulę, na której tworzyła się stała skorupa. Materiały, wchodzące później w skład skorupy, w tej fazie w przeważnej części unoszą się jeszcze w atmosferze.

Ze Jowisz obecnie znajduje się jeszcze w fazie tak pierwotnej, nie powinno nas to wcale zastanawiać, albowiem: bryła tych rozmiarów i tej masy, co Jowisz, nie może się ochłodzić i skoncentrować z taką szybkością, jak bryłki setki, a nawet tysiące razy lżejsze, jakimi są 4 planety, bliższe słońca. Słońce jeszcze wiele milionów lat świecić będzie, zanim ostygnie do tego stopnia, iż promieni swego wnętrza przez atmosferę swą przypuszczać nie będzie. Dla Jowisza, którego masa jest 1047 razy mniejszą, epoka ta już nastąpiła, jednakowoż ciepło wewnętrzne jego jest prawdopodobnie jeszcze tak wielkie, iż proces tworzenia się skorupy albo się jeszcze nie rozpoczął, albo też odbywa się pod osłoną na tysiące mil, być może, rozpościerającej się atmosfery.

Proces rozwoju kosmicznego bądź co bądź posunięty już jest o tyle, że światło Jowisza już nie przedostaje się na zewnątrz, a przynajmniej w tej ilości, ażebyśmy mogli je skonstatować. Bardziej niż fotometrya i analiza widmowa doprowadzą tego obserwacje księżyców Jowisza. Gdyby Jowisz posiadał własne światło, wówczas księżyce jego, wchodząc w stożek cienia, rzuconego przez Jowisza, nie znikająby zupełnie, gdyż świeciłyby jeszcze w odbitem świetle Jowisza. Księżyce te wszakże znikają natychmiast, skoro się w stożku cienia znajdują. Zresztą w razie bardzo słabego promieniowania Jowisza księżyc nie mógłby być oświetlonym tak silnie, żebyśmy go dostrzedz mogli.

Chociaż światła własnego Jowisza skonstatować nie możemy, to z drugiej strony o znacznych zasobach ciepła wewnętrznego prawie wątpić nie możemy. Świadczą o tem ciągłe zmiany, jakie zachodzą na powierzchni Jowisza, które jedynie ciepłu przypisać można, a na których wytworzenie ciepło słoneczne, jak już wspomnieliśmy wyżej, nie wystarcza.

Wracając jeszcze do analizy spektralnej, zauważymy, że ciemne pasma na Jowiszu dają widmo nieco różne od części jasnych. Przewszystkiem części łamliwsze, tj. niebieska i fioletowa, są słabsze, tj. wykazują silniejszą absorbcję ogólną, pasma zaś absorbcyjne są szersze i wyrazistsze. Dowodzi to, iż w tych częściach promienie słoneczne sięgają głębiej do atmosfery

Jowisza, że są to przerwy w tych obłokach, które świecą światłem jaskrawszem. Jest zatem zupełnie inaczej, jak bylibyśmy skłonni mniemać, mianowicie, że pasy ciemne są chmurami, zasłaniającymi nam powierzchnię Jowisza.

Ciemne plamy pokrywają w znacznej liczbie pas wewnętrzny Jowisza. Ponieważ tworzą one niejako okna w głąb atmosfery, więc okres ruchu wirowego, otrzymany na podstawie tych plam, bardziej zbliżyć się musi do okresu wewnętrznej części, aniżeli okres, wyprowadzony na podstawie białych plam. Pierwszy, jak wypływa z badań Denninga, wynosi 9 g. 55 min. 35 s. jest zatem przeszło o 5 minut dłuższy, aniżeli drugi. Plamy białe zatem mają ruch własny, przeciwny ruchowi wirowemu planety, jak to zaznaczyliśmy już poprzednio, i przytem ruch dosyć szybki, jeżeli go porównamy z ruchem naszych chmur. Łatwy rachunek pokazuje, iż szybkość względna plam ciemnych i białych wynosi na minutę 6·5 kilometrów, co daje przeszło 100 metrów na sekundę. Bezwzględna szybkość tych chmur jest niezawodnie większą, gdyż plamy czarne również nie należą do stałej powierzchni i też posiadają ruch własny, którego wyrazem jest zmienny okres obrotu.

Charakterystycznym jest, iż prądy atmosferyczne na Jowiszu mają wszędzie kierunek równoległy do równika, dotychczas bowiem nie skonstatowano, ażeby która z plam zmieniła odległość od równika. Na ziemi, jak wiadomo,

skutkiem promieniowania słonecznego główne prądy skierowane są od równika ku biegunom i w kierunku przeciwnym, i ulegają pewnemu zboczeniu skutkiem ruchu wirowego ziemi. Widzimy ztąd, że nie ciepło słoneczne jest źródłem przewrotów meteorologicznych na Jowiszu. Biełopolski przypisuje ruchy na widzialnej powierzchni Jowisza passatom i antipassatom, analogicznym do ziemskich.

Jeżeli mało jesteśmy w stanie powiedzieć, jak daleko na Jowiszu posunięty jest proces tworzenia się skorupy, to zdaje się prawie na pewno, iż skorupa taka już się tworzy, i pod tym względem istnieje wielka różnica pomiędzy półkulą północną a południową. Wypływa to już z różnego wyglądu tych półkul, a następnie z niejednakowego stopnia zmienności szczegółów. Zdawałoby się, że proces ten na półkuli północnej posunięty jest już znacznie dalej, i jeżeli siły wewnętrzne jeszcze powodują tam pewne zmiany, to są one mniej częste i mniej gwałtowne. Półkula południowa natomiast zdradzać się zdaje jeszcze w bardzo silnym stopniu działanie sił wulkanicznych.

Przedewszystkiem dowodzi tego pojawienie się dosyć nagłe wielkiej plamy czerwonej. Czem jest ta plama, stanowczo nie wiemy, zdaje się wszakże, iż różni się ona w charakterze od pasów ciemnych, pokrywających powierzchnię Jowisza. Widmo nie wiele nas poucza w tym względzie. Kiedy w roku 1881 plama ta

przedstawiała zjawisko najwybitniejsze, czerwona jej barwa, oraz migotanie, właściwe płomieniowi, kazało przypuszczać, że plama ta oświetlona jest z dołu, że przez nią, jak przez woal, spoglądamy w głąb ognistego wnętrza. Dokoła tej plamy widziano też jasne punkciki, które mimowoli nasuwały analogię do plam słonecznych, otoczonych pochodniami.

Nader prawdopodobnem się wydaje, że siły wulkaniczne porwały na znacznej przestrzeni tworzącą się skorupę planety, a gwałtowne naruszenie równowagi nie pozostało też bez wpływu na odleglejsze części planety — i tam równocześnie bowiem ukazały się plamy w większej ilości niż zazwyczaj. Że plama czerwona tak długo nie znika, to bynajmniej nie powinno nas dziwić, albowiem zabliznienie tak olbrzymiej rany tylko bardzo powolnym procesem kosmicznym dokonać się może. Zdaje się nawet, że słabnięcie plamy raczej zmiennym warunkom atmosferycznym przypisać należy, aniżeli tworzeniu się nad nią skorupy. Przemawia za tem także jej zmienność.

Przyjmując takie przyczyny utworzenia się plamy, oczywiście z trudnością ruch jej własny, chociaż bardzo powolny — objaśnić by się dało. Z drugiej strony, zaobserwowany fakt, iż księżyc Jowisza, przechodząc przed plamą, był widzialny na niej, jako na tle ciemnem, sprzeciwiałby się przypuszczeniu, iż plama posiada własne światło. Co do pierwszego punktu, wsze-

Iakoż zauważyć można, iż nie wiemy, czy skorpupa, dopiero tworząca się i nie wszędzie zamknięta, nie może się przesuwać na ognistej powierzchni. Owszem, zdaje się być prawdopodobnym, iż nieruchomą nie jest.

Co do drugiego spostrzeżenia, to znaczy ono tyle, iż natężenie światła plamy mniejszem było od natężenia odbitego światła księżyca, nie zaś, że plama zupełnie własnem światłem nie świeci.

Sądzymy, iż wyczerpaliśmy głównejsze kwestye, dotyczące przyrody Jowisza. Rozbieranie wszelkich drobnych szczegółów może być ciekawem tylko dla specjalistów. Ograniczając się na tem, cośmy powiedzieli, przechodzimy do układu Jowisza.

Dokoła Jowisza, o ile to dziś nam wiadomo, krąży 5 księżyców. Zdaje się, że więcej księżyców w układzie Jowisza niema, nie możemy jednakże tego twierdzić na pewno, albowiem nie wiadomo, jakie niespodzianki jeszcze przyszłość nam zgotować może.

Do jakiego stopnia w twierdzeniach podobnych należy być ostrożnym, poucza nas bardzo wiele odkryć astronomicznych, a jeden z takich przykładów nastęrcza nam właśnie układ Jowisza.

Od r. 1620, kiedy, jednocześnie z wynalezieniem lunety, przez Galileusza i Mariusza zostały dostrzeżone 4 księżyce Jowisza, minęło 272 lat, i, pomimo bardzo troskliwych poszuki-

wań, żadnego nowego ciała w układzie Jowisza nie odkryto. Powszechnem było mniemaniem, iż w układzie Jowisza księżyców więcej niema. Tymczasem ku ogólnej sensacyi, Barnard w obserwatoryum Licka w Kalifornii, dostrzegł 9. września 1892 maleńki punkcik w bliskości Jowisza, który, jak się wkrótce okazało, był nowym nieznanym jego satellitą. Jest on ciałem niebieskiem nader małym, i nie możemy twierdzić, ażeby nie było w układzie ciał jeszcze mniejszych, które, być może, dopiero przy zastosowaniu jakichś nowych, ulepszonych środków badania, wiedzy naszej odsłonięte zostaną.

Wszystkie księżyce Jowisza nastroczają wiele ciekawych zjawisk, wszakże strona fizyczna tych ciał — a tą się tylko zajmujemy — bardzo mało jeszcze została zbadaną.

Księżyce Jowisza oznaczają się w kolei ich odległości od Jowisza liczbami I, II, III, IV, ostatni zaś odkryty księżyc piąty, oznacza się liczbą V, pomimo że jest on najbliższym Jowisza; oznaczenie to przyjęto dla uniknięcia nieporozumień. Prócz tego cztery dawniej znane księżyce Jowisza, mają następujące nazwy: I) Io, II) Europe, III) Ganymed, IV) Kallisto.

Z pomiarów fotometrycznych księżyców Jowisza wypływa, że pod względem jasności, zajmuje pierwsze miejsce księżyc III, następnie I, dalej II i wreszcie IV. Równają się one odpowiednio gwiazdom 5·6, 6·0, 6·2 i 6·7 wielkości w odległości średniej opozycyi Jowisza.

Oczywiście wydają się one znacznie mniej jasnymi, gdy odległość ziemi od Jowisza jest większą. Co się tyczy jasności księżycy V, to ścisłe pomiary fotometryczne, z powodu przycmiewającego sąsiedztwa Jowisza, dotychczas nie dały dokładnych rezultatów. Widzialny on jest tylko przez największe teleskopy i, według szacowań, równa się pod względem jasności gwiazdom 13-ej wielkości.

Jasności księżyców Jowisza nie znajdują się w żadnym stosunku do ich rozmiarów i masy. Dowodzi to, iż albedo księżyców Jowisza jest rozmaite, że zatem różnić się też muszą w znacznej mierze warunki fizyczne, jakie na tych ciałach niebieskich panują. Dla czterech głównych księżyców Jowisza otrzymano odpowiednio albedo następującą: 0·412, 0·489, 0·259 i 0·118. Albedo Kallisto zbliża się zatem bardzo do albedo naszego księżycy i, być może, warunki na tych dwóch ciałach są podobne. Reszta księżyców Jowisza posiada białosc, leżącą pomiędzy białością Marsa a Jowisza, i pod względem fizycznym zbliża się prawdopodobnie mniej lub więcej do tych planet.

Wymierzenie średnicy tak małych tarcz, jakimi są dla nas księżycy Jowisza, jest bardzo trudnym, i rozmiary tych ciał tylko w przybliżeniu dadzą się określić. Największym księżycem jest Ganimad ze średnicą 5790 kilometrów, następnie idą po kolei Kallisto, Io i wreszcie Europe ze średnicami 4830, 4070 i 3430 kilo-

metrów. Widzimy, że pod względem rozmiarów, kolej księżyców jest taka: III, IV, I i II. Wszystkie one są mniejsze od ziemi, jednakże są kulami znacznej objętości, i Ganymed nie wiele tylko mniejszym jest od Marsa. Ziemia jest większą od nich odpowiednio 10·7, 18·4, 30·8 i 51·4 razy, najmniejszy zatem z tych czterech księżyców rozmiarami dorównywa prawie naszemu księżycowi. O objętości 5-go księżyca dokładnego nic powiedzieć nie możemy, w każdym razie inne księżyce Jowisza są olbrzymiami wobec tej bryłki.

Jeżeli uszeregujemy księżyce Jowisza według ich masy, to porządek ich znów będzie inny, mianowicie pierwsze miejsce zajmie księżyc III, później IV, dalej II i wreszcie I, których masy są 37, 78, 140 i 190 razy mniejsze od masy ziemskiej. Pod względem masy IV księżyc najbardziej zbliża się do naszego księżyca.

Wreszcie pod względem gęstości średniej pierwsze miejsce zajmuje księżyc II z gęstością, równą 0·37 średniej gęstości ziemi, drugim jest księżyc III z gęstością 0·29, trzecim księżyc IV z gęstością 0·24 i nareszcie I z gęstością, równą 0·16 średniej gęstości ziemi. Widzimy stąd, że księżyce Jowisza znajdują się w najrozmaitszych fazach rozwoju kosmicznego; księżyc czwarty, jako posiadający gęstość prawie taką samą co Jowisz, może i najbardziej podobny jest do niego pod względem warunków fizy-

cznych. I-szy księżyc Jowisza jest tak lekkim, iż mógłby pływać po wodzie.

Z innych szczegółów, dotyczących przyrody księżyców Jowisza, ważnem jest skonstataowanie otaczającej ich atmosfery, która jest zbliżoną do atmosfery Jowisza; wypływa to z badań widmowych, które stwierdziły istnienie w widmie księżyców Jowisza charakterystycznego pasma, przy długości fali 618 $\mu\mu$. W rozmaitych czasach zauważono też na księżycach Jowisza plamy, na podstawie których, jak też na podstawie niektórych peryodycznych zmian jasności, starano się oznaczyć okres obrotu księżyców dokoła osi. Dotychczas ze znacznym stopniem dokładności poznano okres obrotu III księżyca, który wynosi 7 dni 5·1 godzin i IV-go 16 dni 16·7 godzin. Obroty te równają się okresom obiegu tych księżyców dokoła Jowisza, mamy tu zatem analogię z naszym księżycem. Prawdopodobnem się wydaje, chociaż twierdzić tego stanowczo nie można, że wogóle księżyce wirują dokoła swej osi w tym samym okresie, w jakim obiegają swoje planety.

O szczegółach, dotyczących ruchu księżyców dokoła Jowisza, rozmiarach i kształcie tych dróg, nie będziemy się tu rozwodzić, odsyłając czytelnika do tabelki, zamieszczonej na końcu książki.

Saturn.

Saturn jest ostatnią z planet, znanych w starożytności. Dzięki swej bardzo znacznej odległości od słońca, porusza się on bardzo powoli i przeszło dwóch lat potrzebuje na przebieżenie każdego ze znaków zwieryńca. Dokoła słońca obiega Saturn w 29 latach i 167 dniach, zakreślając drogę, której połowa wielkiej osi wynosi 1424 milionów kilometrów; taką jest więc średnia odległość Saturna od słońca. Odległość Saturna od ziemi zmienia się w granicach około 300 milionów kilometrów, jednakowoż zmiany te tylko nieznacznie wpływają na wielkość pozorną i jasność Saturna, ponieważ są one niewielkie w porównaniu z odległością średnią Saturna.

Saturn zawsze przedstawia się oku nieuzbrojonemu, jako gwiazda 1-ej wielkości o matowem, żółtawem świetle. Zmienia się jasność Saturna nie tyle skutkiem zmian odległości, ile

skutkiem nader ciekawego, a jedyne go w swoim rodzaju zjawiska — otaczających go pierścieni.

Największą jasność posiada Saturn wtedy, gdy przy najkorzystniejszej opozycji, w czasie której Saturn znajduje się w punkcie przysłonecznym swej drogi, Ziemia zaś w punkcie odslonecznym, pierścień jego widzimy najbardziej rozwartym. Wtedy Saturn jest prawie półtora raza tak jasnym, jak Arktur. Gdy w czasie takiejże opozycji Ziemia znajduje się w płaszczyźnie pierścienia, skutkiem czego pierścień jest niewidzialnym, jasność Saturna zmniejsza się o całą jedną klasę. W bliskości połączenia, gdy Saturn przestaje być widzialnym, jest on, przy najbardziej rozwartym pierścieniu, 0·6 wielkości, a przy pierścieniu niewidzialnym spada do 1·5 wielkości. W ten sposób zmiany jasności Saturna zawarte są w granicach dwu przeszło klas. W zależności od położenia pierścienia względem promienia widzenia jasność Saturna od jednego maximum do drugiego zmienia się w okresie 14 lat i 8 miesięcy. Gdybyśmy o istnieniu pierścienia nic nie wiedzieli, to na zasadzie samych badań fotometrycznych, musielibyśmy dojść do wniosku, że kształt Saturna bardzo różni się od kuli, albo też, że jego zdolność refleksyjna podlega peryodycznym zmianom.

Nader ciekawą jest rzeczą, że jasność Saturna jest też zależną od kąta fazy, chociaż ten w maximum dosięgnąć może zaledwie 6°3. Wiadzieliśmy, że kąt fazy zupełnie nie wpływał na

jasność Jowisza, chociaż był on znacznie większy niż u Saturna. W ten sposób, o ile posiadanie własnego światła u Jowisza w niewielkiej ilości zdaje się prawdopodobnem, o tyle u Saturna jest wykluczonem.

Pod względem albedo, Saturn zajmuje drugie miejsce w całym układzie słonecznym, ustępując jednej tylko Wenerze. Albedo Saturna wynosi 0.72, i przypisać ją trzeba niezawodnie tej samej przyczynie, jak i białość Wenus, mianowicie, że światło Saturna jest odbitem od kondensacyj atmosferycznych. Potwierdza to przypuszczenie już sam wygląd tarczy Saturna, której część środkowa jest najjaśniejszą, a w miarę zbliżania się ku brzegom jasność się zmniejsza. Nie występuje to tak wybitnie, jak na Jowiszu, ale też skutkiem znacznie większej odległości, Saturna wszystkie szczegóły na nim występują mniej wyraźnie. Większą jasność, aniżeli tarcza Saturna, posiadają niektóre części otaczającego go układu pierścieni, co wyraźnie występuje na fotografiach. Najjaśniejszym jest brzeg zewnętrzny wewnętrznego pierścienia.

Saturn pod wielu względami przedstawia wielkie podobieństwo do Jowisza, tylko zdaje się on znajdować jeszcze w mniej posuniętem stadyum rozwoju. Może się to wydać dziwnem, wobec tego, iż rozmiary i masa Saturna są daleko mniejsze od rozmiarów i masy Jowisza. Średnica równikowa Saturna ma długości 119300

kilometrów, tak, iż objętość jego wynosi tylko $\frac{3}{5}$ objętości Jowisza. Pomimo to, Saturn jest tak olbrzymią bryłą, iż, z wyjątkiem Jowisza, wszystkie pozostałe planety wygodnie by się w niej pomieścić mogły. Od kuli ziemskiej jest on większy przeszło 710 razy.

Średnica biegunowa jest znacznie krótsza od równikowej i wynosi tylko 107600 kilometrów. Spłaszczenie zatem Saturna jest jeszcze znaczniejsze niż u Jowisza i wynosi $\frac{1}{10}$.

Masa Saturna, pomimo iż ustępuje jedynie masie Jowisza i przewyższa znacznie masy pozostałych planet razem wzięte, nie jest tak wielką, jakby to na podstawie jego olbrzymich rozmiarów przypuszczać można. Przewyższa ona tylko 92 razy masę ziemi. Wypływa ztąd, iż średnia gęstość Saturna równa się tylko $\frac{7}{10}$ 0·13 średniej gęstości kuli ziemskiej. Gęstość średnia Saturna w stosunku do wody, wynosi zaledwie 0·73; jest on najmniej skoncentrowaną planetą w całym układzie słonecznym.

Ta mała gęstość Saturna świadczy, iż składa się on jeszcze w przeważnej części z gazów, i że jeżeli jakieś jądro już istnieje, to jest ono dla nas w zupełności ukrytem. Badania widmowe wykazały, iż atmosfera Saturna w składzie w swoim bardzo jest podobną do atmosfery Jowisza. Części łamliwe widma, podobnie jak u Jowisza, silnie są osłabione absorbcją ogólną — szczególnie w widmie pasa równikowego planety, a w części czerwonej wystę-

puje również nieznanego pochodzenia charakterystyczna linia przy długości fali 618.3μ . Co się tyczy pierścieni Saturna, to w widmie ich owej linii niema, i w ogóle zdaje się, iż nie są one otoczone atmosferą. Janssen, który badał widmo Saturna na szczycie Etny, skonstatował w niem linie, charakteryzujące parę wodną, które nie były tellurycznymi.

Dalsze podobieństwa pomiędzy Saturnem a Jowiszem znajdujemy w silnem spłaszczeniu obu tych planet, które jest skutkiem szybkiego ruchu wirowego.

Okres ruchu wirowego Saturna nie jest dotychczas zbadany z całą dokładnością, ponieważ plamy stałe na powierzchni Saturna są zjawiskiem dość rzadkiem, a z drugiej strony, ponieważ posiadają one niewątpliwie ruch własny, i to niejednakowo szybki w różnych częściach planety. Powtarza się tu to samo, cośmy już poprzednio widzieli u Jowisza.

W r. 1876 pojawiła się w pasie równikowym Saturna jasna plama, odznaczającą się wyjątkową długotrwałością. Hall obserwował ją w ciągu 19 obrotów Saturna, i określił ztąd, jak i na podstawie obserwacji innych astronomów, długość obrotu na 10 g. 14 m. 24 s. Nie było to oczywiście pierwsze oznaczenie tego okresu, ale znacznie dokładniejsze od poprzednich. Bardziej wszechstronnie na podstawie różnych plam badał ruch wirowy Saturna Stanley-Williams w r. 1891. Plamy jasne w pa-

sie równikowym miały ruch szybszy, aniżeli plamy ciemne między szerokością 17° — 37° . Z pierwszych wypadł mu okres 10 g. 12 m. 59 s. z drugich — 10 g. 14 m. 29 s. Co więcej, różnice w granicach 1 minuty wypływają też dla różnych plam tej samej szerokości, co świadczyłoby może o niejednakowym ich poziomie. W ogóle, jak widzimy, ruch wirowy Saturna przedstawia zjawisko dosyć skomplikowane.

Płaszczyzna równika Saturna pochylona jest względem płaszczyzny jego drogi pod kątem $25^{\circ}7'$, a zatem prawie tak samo jak równik ziemski względem ekliptyki. Skutkiem tego pory roku zmieniają się na Saturnie podobnie, jak na ziemi, z tą różnicą, że każda pora roku trwa tam przeszło 7 naszych lat, a w sferach podbiegunowych planety noc i dzień trwać mogą po 14 lat.

Naturalnie lato na Saturnie nie jest, być może, cieplejszem od naszej zimy, albowiem ilość ciepła i światła, którą otrzymuje Saturn od słońca, jest 100 razy mniejszą od tej, którą otrzymuje ziemia. Stan wszakże, w jakim się Saturna znajduje, oraz przewroty, jakimi ulega jego materya, świadczy, że posiada on jeszcze znaczne zasoby własnego ciepła.

Jak się zdaje, przewroty, zachodzące na Saturnie, są mniej gwałtowne i nie tak olbrzymie, jak przewroty, które się odbywają na Jowiszu. Być może zresztą, że, skutkiem wielkiej odległości Saturna, nie mogą dojść do wiadomości

obserwatora ziemskiego. Ogólny widok powierzchni Saturna nie ulega prawie żadnym zmianom. Tak, najjaśniejszą częścią Saturna jest pas równikowy, pośrodku którego niekiedy widać słabe ciemniejsze pasmo oraz drobne jasne i ciemne plamy. Równoległe do tego pasma kula Saturna zdaje się być przedzieloną na pasy ciemniejsze i jaśniejsze, które występują dzięki kontrastowi raz silniej raz słabiej. Niektóre z nich mają zabarwienie czerwone lub brązowe.

Najciemniejszym zabarwieniem odznaczają się sfery biegunowe, szczególnie południowa. Plamy pojawiają się w rozmaitej obfitości na całej powierzchni i są, zdaje się, charakteru różnego, gdyż są pomiędzy nimi jasne i ciemne.

Do najbardziej wybitnych zjawisk na powierzchni Saturna należy wystąpienie wspomnianej już poprzednio wielkiej plamy 7 grudnia 1876, a dalej ukazanie się w listopadzie r. 1883 błyszczącego pasa równikowego.

Pas ten, ograniczony z obu stron ciemnymi pasmami, był obserwowany przez dwa miesiące.

Więcej o przyrodzie Saturna nie wiele da się powiedzieć, o ile nie chcemy snuć bezpłodnych hipotez.

Szczególny interes dla astronomów posiadał zawsze pierścień Saturna od samej chwili jego odkrycia przez Huyghensa. Rola i natura tego pierścienia długi czas pozostawała zupełnie tajemniczą. Według Laplace'a pierścień ten miał ilustrować powstanie planet i księżyców z pier-

ścieni, odrywających się od masy centralnej — tak bowiem objaśnia utworzenie się układu słonecznego jego kosmogonia. Dzisiaj, przynajmniej co do pierścienia Saturna, przypuszczenie to jest błędem, nie zgadza się ono bowiem z licznymi faktami, wykrytymi przez badaczy tego pierścienia.

Pierścień Saturna właściwie składa się z kilku pierścieni, oddzielonych ciemnymi przerwami. Zazwyczaj rozróżnia się 3 pierścienie: pierścień zewnętrzny czyli A, najjaśniejszy ze wszystkich; po nim idzie środkowy pierścień B, oddzielony od A przerwą Cassiniego. Do pierścienia B przylega po stronie wewnętrznej pierścień, słabo świecący, widzialny tylko jakby przez krepę, i ztąd zwany „Crape ring“. Pomiędzy B i C znajduje się przerwa, zauważona dopiero w ostatnich czasach. Każdy z tych pierścieni dzieli się na części, trudniej dostrzegalne, znajomość ich wszakże wzrasta w miarę doskonalenia się środków optycznych. Przytoczymy tu opis pierścienia Saturna na podstawie spostrzeżeń Brennera, z dodatkiem niektórych szczegółów, zauważonych przez innych astronomów.

Na pierścieniu A, odznaczającym się kolorem matowo kremowym, znajduje się na $\frac{1}{3}$ odległości od zewnętrznego brzegu a $\frac{2}{3}$ od wewnętrznego brzegu pierścienia, dosyć wyraźna „przerwa Enckego“, nazwana tak od jej odkrywcy. Przerwa Cassiniego, oddzielająca pierścień A od

B, jest zupełnie czarna i posiada brzegi zupełnie równe; istnienie wystrzępień, widzianych przez niektórych astronomów, nie zostało stwierdzone.

Po obu stronach przerwy Cassiniego na pierścieniach A i B znajdują się jaśniejsze pasy nadbrzeżne, których jasność i szerokość zdają się ulegać zmianom.

Pierścień B składa się z trzech części, różniących się pod względem jasności. Część najjaśniejsza, i przytem najwęższa, przylega do przerwy Cassiniego. Następna część, oddzielona od pierwszej wąską przerwą, którą wszakże dotychczas widziało tylko niewielu astronomów, jest również bardzo jasną, barwy złotożółtej. Wreszcie część trzecia, wewnętrzna, matowa, brunatno-żółta oddzielona jest od 2-giej szczeliną Antoniadi'ego, która posiada zmienną szerokość i niekiedy jest szerszą od przerwy Enckego.

Po pierścieniu B następuje oddzielony od niego wąziutką przerwą pierścień C, czyli krepowy, barwy popielatej lub czasem brunatnej. Zajmuje on $\frac{2}{3}$ przestrzeni pomiędzy pierścieniem środkowym a planetą, poczem następuje zupełnie czarna przerwa aż do samej powierzchni Saturna.

Należy to zauważyć, iż oprócz przerwy Cassiniego, która stale jest widzialną, inne przerwy i szczeliny nie zawsze występują jednako wybitnie i bardzo często wcale nie są widzialne. Tem jedynie można objaśnić częste zaprze-

czanie przez jednych astronomów szczegółów, dostrzeganych przez innych.

Rozmiary różnych części pierścienia Saturna są następujące: szerokość pierścienia zewnętrznego wynosi 17600 kilometrów, przy średnicy zewnętrznego obwodu 276700 kilm.; szerokość pierścienia środkowego 29000 kilm. przy średnicy zewnętrznej 234500 kilm. Wreszcie szerokość pierścienia krepowego, rachowana od wewnętrznego brzegu pierścienia B, wynosi 17600 kilometrów. Układ pierścieni zaczyna się w odległości 9400 kilometrów od powierzchni Saturna, kończy się zaś w odległości 71900 kil.; ogólna zatem szerokość całego układu wynosi 62500 kilometrów, jest więc nie wiele większą od długości promienia Saturna. Przerwa Cassiniego ma szerokość 3650 kilm.; inne przerwy i szczeliny skutkiem bardzo małej szerokości nie dadzą się wymierzyć. Grubość pierścienia Saturna jest bardzo mała, co wynika ztąd, iż znika on prawie zupełnie, gdy ziemia znajduje się w jego płaszczyźnie, t. j. gdy zwróconym jest ku nam jego brzeg. Tylko przez bardzo dobre teleskopy wówczas pierścień Saturna da się zauważyć w postaci bardzo wąskiej jasnej linii, przechodzącej przez środek Saturna, i widzialnymi są tylko części linii, leżące na zewnątrz tarczy planety. Grubość pierścienia Saturna oszacowano co najwyżej na 200 kilometrów.

Gdy, nie uwzględniając przerw, przyjmiemy, że grubość pierścienia wynosi wszędzie 200 ki-

lometrów, to wypadnie, że pierścień ten zajmuje 100 razy mniejszą przestrzeń niż Saturn. Według zaś rachunków Tisseranda masa pierścienia równa się tylko $\frac{1}{10}$ masy Saturna. Widzimy zatem, iż średnia gęstość materji pierścienia Saturna jest 5·6 razy mniejsza od średniej gęstości Saturna, a 7·7 razy mniejszą, niż gęstość wody. Przypuszczając zatem, że pierścień Saturna jest jednorodnem ciałem stałym, płynnem lub gazowem, musielibyśmy przyjąć dla tego ciała powyższą gęstość.

Jaką jest fizyczna budowa pierścienia Saturna? Wogóle jeżeli pierścien ten nie jest ciałem absolutnie sztywnem — a takich w przyrodzie niema — warunkiem trwałości takiego pierścienia jest przedewszystkiem ruch wirowy. Takim ruchem zatem pierścień obdarzony być musi. Na podstawie pewnych plam, dostrzeżonych na powierzchni pierścienia, kilkakrotnie nawet oznaczono okres obrotu pierścienia dookoła osi. Według Herschla okres ten wynosi 10 g. 32 m. 15 s. Dowiemy się wszakże później, iż okres ten dla różnych części pierścienia jest rozmaity.

Z drugiej strony badania teorytyczne wykazały, że równowaga pierścienia jednorodnego, nawet wirującego, możliwą jest jedynie w takich warunkach, w jakich pierścienie Saturna bynajmniej się nie znajdują. W warunkach zaś rzeczywście istniejących równowaga możliwą jest tylko w tym razie, jeżeli pierścienie te skła-

dają się z oddzielnych dowolnie drobnych cząsteczek materji czy to płynnej, czy stałej, z których każda obdarzona jest ruchem według praw ciężenia powszechnego.

Teoretycznie możemy sobie zatem pierścień Saturna wyobrażać, jako zbiór nader licznych, bardzo małych i bliskich siebie księżyców, które poruszają się pod wpływem masy Saturna, masy wszystkich innych cząsteczek pierścienia oraz masy właściwych księżyców Saturna.

Wobec takiego pojmowania rzeczy już zastanawiać nie może mała masa i gęstość średnia pierścienia, gdyż pomiędzy oddzielnymi częściami masy — być może nawet gęstemi — znajdują się przerwy, skutkiem których przestrzeń, zajęta przez materję, w stosunku do całej wyżej podanej przestrzeni, zajętej przez pierścień Saturna, może być nieznaczną.

Jako skutek takiej budowy pierścienia Saturna, musi być częściowa jego przezroczystość, przynajmniej w tych miejscach, w których księżyce są mniej skupione. Taką częścią jest niewątpliwie pierścień „krepowy“, ponieważ odbija mniej światła, niż inne części pierścienia — a trudno przypuszczać, ażeby był on naprawdę złożony z materji ciemniejszej. W istocie widziano na skrós tego pierścienia brzeg tarczy Saturna, przyczem postać tego brzegu nie uległa żadnej deformacyi.

Dowodzi to, iż nietylko pierścień ten jest

przeźroczysty częściowo, ale że w istocie składa się z oddzielnych cząstek materji. Gdyby bowiem był on płynny lub gazowy, postać a nawet położenie widzianego przezeń brzegu musiałyby skutkiem refrakcyi uleść zmianie.

Czy i inne części pierścienia są przeźroczyste, możnaby stwierdzić najlepiej, obserwując pokrycie jakiejś większej gwiazdy przez ten pierścień. Jeżeli pierścień jest przeźroczysty, gwiazda musiałaby być przez niego widzialną. Jednakowoż pokrycia takie zdarzają się zbyt rzadko, bo zaledwie raz na 1000 lat ma miejsce pokrycie gwiazdy 3-ej wielkości; mniej jasne gwiazdy zostają pokrywane częściej, jednakże obserwacyj takich jeszcze nie robiono. Z drugiej zaś strony nie decydowałyby te obserwacye o niczem, jeżeliby gwiazdy za pierścieniem zginęły, ponieważ można by je uważać za zbyt słabe. Księżyc Saturna również nigdy nie ukrywają się za pierścień, ponieważ wszystkie, z wyjątkiem najodleglejszego Japeta, okrążają Saturna prawie w płaszczyźnie pierścienia. Japet tylko ulega niekiedy zaćmieniu przez pierścień, droga jego bowiem nachylona jest względem płaszczyzny pierścieni pod kątem 14° .

Pierścienie Saturna rzucają cień na powierzchnię Saturna i w ogóle na wszystkie przedmioty, pomiędzy którymi a słońcem się znajdują. Do tych ostatnich należy, o ile wiemy dotychczas, jedynie wspomniany Japet. Obserwo-

wano też niejednokrotnie cień Saturna na jasnym tle pierścieni.

Z tych spostrzeżeń wypływa, że cień pierścienia na powierzchni Saturna jest nie tak ciemny, jak cień Saturna na pierścieniach, co wskazuje, że pierścień przepuszcza nieco światła słonecznego, może tak, jak jakaś gęsta chmura. Następnie zauważono, że cień Saturna ma kształt nieregularny i to niejednakowy, gdy pada na różne części pierścienia. Wypływa ząd przede wszystkim niesymetria pierścienia w różnych częściach, a następnie, że pierścień nie jest ograniczony płaszczyzną, gdyż tylko w tym razie cień, rzucony przez kulę, mógłby mieć kształt regularny koła.

Zgadza się to najzupełniej z budową pierścienia, wywnioskowaną na podstawie mechaniki. Ponieważ pierścienie nie są ograniczone płaszczyznami, a tem mniej równoległymi, więc o jakiejś ściśle płaszczyźnie pierścienia mówić nie można, tylko o pewnej średniej płaszczyźnie. Ciałka pierścieni nie poruszają się w jednej płaszczyźnie lecz w rozmaitych, ale nieznacznie względem siebie pochylonych, tak, że nie oddalają się od owej płaszczyzny średniej nigdy na więcej, jak około 100 kilometrów. Odchylenia te naturalnie nigdy nie dosięgają więcej, jak kilku stopni.

Te rozmaite odchylenia oraz większe lub mniejsze skupienie się cząstek w pewnych odległościach od Saturna, wytwarzają pewien okre-

ślony kształt pierścienia Saturna, który najlepiej występuje w przekroju płaszczyzną do niego prostopadłą. Przekrój ten jest to linia o rozmaitej grubości, której zgrubienia odpowiadają najjaśniejszym miejscom na powierzchni pierścienia. O charakterze pierścienia ciemnego dają pewne pojęcie zaćmienia Japeta.

Po raz pierwszy zaćmienie Japeta obserwowano 1. listopada 1889 r. w obserwatorium Licka. W miarę, im głębiej zanurzał się Japet w cień ciemnego pierścienia, jasność jego malała, pozostawał on wszakże ciągle widzialnym. Gdy zaś zbliżył się on do cienia jasnego pierścienia, jasność jego momentalnie silnie osłabła i po chwili księżyc zniknął. Z krzywej zmian jasności Japeta, w miarę pogrążania się w cień ciemnego pierścienia, wypływa, że jasność ta malała proporcjonalnie do odległości od wewnętrznego brzegu cienia. Objaśnia się to dwoma hipotezami: albo pierścień grubieje w miarę oddalania się od Saturna, albo też w tej samej mierze wzrasta gęstość cząstek materii w pierścieniu. Być może zresztą, że łączą się tu obie przyczyny. W każdym razie ta obserwacja, powtarzana później kilkakrotnie, stanowczo dowiodła, że ciemny pierścień Saturna jest przezroczysty. Bezpośrednie wnioski z tego, że natura pozostałych części pierścienia jest identyczna, że cała różnica polega tylko na rozmaitej gęstości, nie jest dozwolonem, jednakowoż

prawdopodobieństwo, że tak jest w istocie, jest wielkie.

W ostatnich czasach hipoteza księżycowej natury pierścienia Saturna znalazła bardzo silne poparcie w badaniu szybkości ruchu wirowego pierścienia w rozmaitych jego częściach. Jeżeliby cały pierścień składał się z masy nieprzerwanej i tworzył jedną całość, to ruch kątowy wszystkich jego części musiałby być jednakowy. Skutkiem tego szybkość liniowa odleglejszych jego części musiałaby być większą, aniżeli szybkość kątowa części, bliższych osi ruchu wirowego. Podobnie na przykład szybkość liniowa punktów równika ziemskiego jest większą, aniżeli też szybkość na jakimkolwiek równoleżniku.

Jeżeli wszakże pierścienie składają się ze skupienia ciał, nie połączonych ze sobą i poruszających się dokoła Saturna pod wpływem jego masy, w takim razie szybkość tych ciał zależną jest od odległości ich od Saturna, a zależność pomiędzy szybkością a odległością od środka planety wyraża się 3-ciem prawem Keplera. Trzecie potęgi odległości dwóch oddzielnych cząsteczek mają się tak do siebie jak drugie potęgi z okresów obiegu. Widzimy ztąd, iż im dalej znajduje się ciało, tem mniejsza jest jego szybkość liniowa — więc przeciwnie jak w przypadku pierścienia jednolitego.

Spektroskopia dostarczyła astronomom sposobu badania szybkości ruchów ciał nawet w tym wypadku, gdzie teleskop jest zupełnie

bezradny. Mianowicie pozwala badać ruchy, odbywające się w promieniu widzenia, gdy teleskopem można tylko badać ruchy kątowe. Za pomocą spektroskopu można zatem badać ruch wirowy ciał niebieskich nawet w tym razie, jeżeli ciała te nie są pokryte plamami, które przy badaniach teleskopowych są koniecznymi. Opiera się ta metoda badania na t. z. zasadzie Dopplera, którą obszerniej wyjaśniłem w dawniej wydanej „Astronomii gwiazd stałych“, tu jej zatem powtarzać nie będę. W zastosowaniu do ruchu wirowego pierścieni Saturna badania, o których mowa, potwierdziły z całą ścisłością hipotezę drobnych satellitów.

Badania te przeprowadził amerykański astronom Keeler i znalazł, że, przy szybkości liniowej środkowej części pierścienia 18 kilometrów na sek., wewnętrzna część pierścienia ma szybkość większą o 5 kilim. na sekundę, aniżeli część zewnętrzna. W ten sposób średnio okres obrotu pierścienia wynosi 11·5 godzin, dla najodleglejszych wszakże części pierścienia 15·6 godzin.

Księżycową budowę pierścienia Saturna potwierdzają także obserwacje fotometryczne. Skutkiem tego, że pierścień Saturna widzimy coraz pod innym kątem, jasność jego się ciągle zmienia. Gdyby pierścień był ciałem jednostajnym i cała jego powierzchnia odbijała światło jednako, zmiany jasności zależałyby od zmian kąta padania promieni słonecznych, oraz kąta,

pod jakim nachylone są względem pierścienia promienie, idące do naszych oczu. Zależność jasności od tych dwóch kątów jest znaną; jednakowoż jasność pierścienia w istocie zmienia się inaczej. Badania teoretyczne Seeligera wykazały, iż, gdy przyjmiemy, że pierścień Saturna składa się z mnóstwa drobnych księżyców, jasność jego musi się tak zmieniać, jak w istocie stwierdza obserwacya.

W tym ostatnim razie przy rozmaitych położeniach pierścienia następuje pokrycie jednych cząsteczek przez drugie, pewne znów cząsteczki, znalazłszy się na drodze pomiędzy słońcem a innymi cząsteczkami, powodują zaćmienia tych ostatnich. Ostateczny wynik tych nader skomplikowanych zmian, jest ta jasność pierścienia, jaką widzimy. Ażeby obserwacye pogodzić z teorią, należy przyjąć, według Seeligera, że te cząsteczki zajmują tylko 0·4 przestrzeni, w jakiej odbywają się ich ruchy, t. j. 0·4 objętości widzialnego pierścienia. Zresztą przy skupieniu nawet jeszcze daleko mniejszem rój takich ciałek z odległości ziemi przedstawiałby się jako nieprzerwany pierścień — chociaż prawdopodobnie nieco mniej jasny. Wobec tego niewielka masa pierścienia jest dla nas zupełnie zrozumiałą.

Nie tylko pierścieniami swoimi wsławił się Saturn, słynie on także z obfitości księżyców, i pod tym względem żadna planeta mu nie dorównywa. Saturn posiada 9 księżyców, które w kolei ich odległości od Saturna, oznacza się

imionami następującymi: Mimas, Enceladus, Tethys, Dione, Rhea, Titan, Hyperion, Japetus. 9-ty księżyc Saturna, odkryty w roku bieżącym, nie posiada jeszcze nazwy i w ogóle jeszcze mało jest znany; pomijamy go zatem w dalszym ciągu. Wszystkie te księżyce widzialne są tylko jako jasne punkty. Pod względem jasności kolej księżyców jest następująca: Titan, Rhea, Tethys, Dione, Japetus, Enceladus, Mimas i Hyperion. Pierwszy ma jasność gwiazd 9·4 wielkości, ostatni — jasność gwiazd 13·7 wielkości, jest on zatem przeszło 50 razy mniej jasnym od pierwszego.

Ponieważ księżyce Saturna widzimy jako punkty, nie jako tarcze, więc pomiary kątowe ich średnicy są wykluczone. O rozmiarach możemy sądzić tylko na podstawie jasności, przypuszczając, iż wszystkie mają jednakową albedo, równą albedo Saturna. Wówczas ich powierzchnie będą znajdowały się w takim stosunku do powierzchni Saturna, w jakim jasność każdego z nich znajduje się do jasności gwiazdowej Saturna. Wyprowadzone na tej podstawie ich średnice są następujące: 2259, 1197, 916, 871, 783, 594, 470 i 310 kilometrów. Widzimy, że żaden z księżyców Saturna nie dorównywa rozmiarami księżycom Jowisza, ani nawet naszemu księżycowi.

Masa księżyców Saturna w stosunku do naszego księżycy jest: 1) Titan 1·5660, 2) Japetus 0·0736, 3) Rhea 0·0368, 4) Dione 0·0139, 5) Tethys 0·0096, 6) Encelados 0·0018, 7) Mi-

mas 0·0007, 8) Hyperion (masa nieokreślona). Widzimy stąd, iż Titan np., który przeszło 3·6 razy pod względem objętości mniejszy jest od naszego księżyca, pod względem masy przewyższa go z górą półtora raza. Jak rozmaicie skupiona jest materya w księżycach Saturna, wpływa najlepiej z porównania ich średniej gęstości, która jest następującą (gęstość wody = 1): Japet 27·5, Titan 19·4, Rhea 3·1, Tethys 1·8, Enceladus 1·2, Mimas 1·0, Dione 0·6.

Gęstość Japeta i Titana, według tych liczb, jest tak olbrzymią, iż podobnych przykładów nie znajdujemy w całym układzie słonecznym, co do Japeta zaś, to gęstość jego przewyższa gęstość najcięższych pierwiastków, poznanych na ziemi. Niewątpliwie liczby te są błędne, a przyczyną jest to, iż przyjęliśmy, że albedo tych ciał jest równa albedo Saturna. W rzeczywistości musi ona być znacznie mniejsza, a zatem rozmiary tych księżyców daleko większe, aniżeli te, które na podstawie tej hipotezy zostały otrzymane.

Co do innych księżyców, to otrzymane dla ich średniej gęstości liczby nie przedstawiają nic nieprawdopodobnego, chociaż i one oczywiście odpowiadają rzeczywistości tylko w tym przypuszczeniu, że albedo ich jest równa albedo Saturna. Jeżeli przypuszczenie to jest zgodne z prawdą, w takim razie o różnicy budowy fizycznej księżyców mówi nam nader różna gęstość. Jeżeli, z drugiej strony, liczby te są nie-

prawdziwe, w takim razie albedo księżyców Saturna jest bardzo różna — co znowu świadczy o różnej ich przyrodzie. Pewnym zatem w każdym razie jest tylko wniosek, że pod względem fizycznym księżycy Saturna różnią się bardzo tak między sobą, jak i od Saturna.

O szczegółach, dotyczących dróg księżyców Saturna oraz ich ruchu, czytelnik może się dowiedzieć z tabliczki elementów, załączonej na końcu. Chcielibyśmy tu zwrócić jeszcze tylko uwagę na jedno ciekawe zjawisko, jakie następuje ostatni księżyc Japetus, znajduje się ono bowiem niewątpliwie w związku z przyrodą tego satelity. Zjawiskiem tem są zmiany jasności, jakim podlega Japet, w zależności od położenia w swej drodze względem Saturna. Zmiany te zostały już zauważone przez starszego Cassiniego w r. 1673, t. j. w 2 lata po odkryciu Japeta przez niego. W bliskości największej zachodniej dygresji, t. j. gdy księżyc ten znajduje się najdalej na zachód od Saturna, jasność jego jest najmniejsza, w bliskości zaś dygresji wschodniej jasność jest największa. Różnica wynosi około półtorej wielkości.

Objaśnienie tego zjawiska jest bardzo trudnem. Jedyna hipoteza, która ma za sobą pewne prawdopodobieństwo, jest ta, że Japet w tym samym czasie, w jakim obiega dokoła Saturna, również raz obraca się dokoła osi (jak nasz księżyc) i że ma on dwie półkule o bardzo różnej albedo. W czasie zachodniej dygre-

syi, zwrócona jest ku nam ta półkula, która odbija mniej światła słonecznego, w czasie zaś wschodniej dygresyi — ta, która odbija więcej. Inna hipoteza objaśnia to zjawisko kształtem księżyca, bardzo różniącym się od kuli, przy którym, skutkiem ruchu dokoła osi, zwracałyby się ku nam powierzchnie rozmaitej wielkości. Która z tych hipotez jest prawdziwą, czy też żadna z nich, to wyjaśni przyszłość.

U r a n.

Im bliżej krańców układu słonecznego znajduje się planeta, tem mniej dowiedzieć się możemy o szczegółach jej budowy fizycznej. Światło słoneczne znacznie już osłabione dosięga planety, a wielekroć bardziej osłabione dochodzi do oka naszego, odbywszy długą podróż powrotną. Z drugiej strony, im dalej znajduje się planeta, tem pod mniejszym kątem nam się przedstawia i tylko przy dosyć silnem powiększeniu występuje jako wyraźna tarcza. Wiadomo zaś, że, co zyskujemy na powiększeniu, to tracimy na jasności. Z powyższych względów o dwóch krańcowych planetach naszego układu, Uranie i Neptunie, niewiele tylko powiedzieć możemy.

Uran odległy jest od słońca średnio na 2900 milionów kilometrów. Odległość jego od ziemi zmienia się w granicach 300 milionów kilometrów, jest to, w porównaniu do jego odległości, ilość mała i tylko bardzo nieznacznie wpływa na jasność Urana i warunki jego widzialności. Drogę dokoła słońca odbywa

Uran w 84·022 latach, ściślej w 30688·390 dniach.

Uran dla normalnego oka zawsze jest widzialny jako gwiazda 6-ej wielkości. Naturalnie ażeby go odróżnić od innych gwiazd, trzeba dokładnie znać położenie Urana na niebie. Jasność jego waha się w granicach zaledwie 0·8 wielkości, między 5·5 w. przy najkorzystniejszej opozycji a 6·3 w. w połączeniu. Pod względem albedo, która wynosi 0·60, Uran zbliża się najbardziej do Jowisza — co wskazuje na podobieństwo warunków fizycznych, panujących na tych planetach.

Pod względem rozmiarów rzeczywistych Uran zajmuje w układzie słonecznym 3-cie miejsce. Średnica jego ma długości 54000 kilometrów i jest 4·23 razy większą od średnicy ziemskiej, objętość zaś przewyższa objętość ziemi 75·9 razy. Masa Urana tylko 13·52 razy jest większą od masy ziemskiej, gęstość średnia zatem wynosi tylko $\frac{1}{7}\frac{3}{5}\frac{5}{9}$ średniej gęstości ziemi, czyli 0·18. Jest on 1·07 razy cięższy od równej objętości wody. Zbliża się on pod tym względem też najbardziej do Jowisza.

W widmie Urana, prócz linii Fraunhofferowskich, świadczących, że światło jego jest odbitem światłem słonecznym, dostrzeżono kilka ciemnych pasm absorbcyjnych. Pasma te są skutkiem silnej absorbcji promieni słonecznych w atmosferze Urana i pokazują, że atmosfera Urana ma skład zupełnie inny, aniżeli atmo-

sfery planet, dotychczas poznanych. Najbardziej charakterystycznymi są 4 pasma, z których najwybitniejsze identyczne jest z pasmem w części czerwonej, poznanem w widmie Jowisza i Saturna, inne, na granicy części zielonej i niebieskiej, odpowiada położeniom Fraunhoferowskiej linii F, która charakteryzuje obecność wodoru, jednakże jest szerszą niż w widmie słonecznym. Znaczy to, iż w atmosferze Urana znajduje się wolny wodór, zatem temperatura tam jest jeszcze tak wysoka, iż woda jest rozłożoną na swe części składowe. Inne pasma są mniej wybitne i nieznanego zupełnie pochodzenia.

Silna albedo, mała gęstość średnia oraz charakter widma dowodzą, iż Uran otoczony jest rozległą atmosferą. I w tym wypadku widzimy zatem nie powierzchnię Urana, lecz widzimy go w promieniach, odbitych od atmosfery lub też unoszących się w atmosferze produktów kondensacji. Skutkiem wielkiej odległości rzadko tylko, i to przy bardzo korzystnych warunkach, na tarczy Urana coś zobaczyć można. Pomimo stuletnich przeszło obserwacji — odkryty został Uran przez starszego Herschla 17. marca 1781 r. — tylko sporadycznie pojawiają się wiadomości o smugach, podobnych do Jowiszowych, i o innych plamach, zauważonych na Uranie. Z tych obserwacji o budowie fizycznej Urana i o jego ruchu wirowym trudno wyciągać jakieś wnioski. Zdaje się tylko, iż ruch

wirowy jest szybki, a ós ruchu wirowego leży w płaszczyźnie drogi Urana.

Ostatni ten wniosek wyciągnięto nie na podstawie smug, podobnych do smug równikowych Jowisza — a nie dostatecznie stwierdzonych, lecz na podstawie ruchu księżyców Urana. Księżyce wszystkich planet, o których dotychczas mówiliśmy, krążą w płaszczyznach, bardzo mało względem równika planet pochylonych. Płaszczyzna równika innych planet mogła być określoną na podstawie ruchu rozmaitych plam na powierzchni, spowodowanej ruchem wirowym planety. U Urana płaszczyzna równika określoną być nie mogła, przez analogię jednakże wywnioskowano, że jest ona zbliżoną do płaszczyzny dróg księżyców Urana.

Tu wszakże zachodzi pewna trudność. Kiedy mianowicie księżyce innych planet krążą w płaszczyznach, bardzo zbliżonych do płaszczyzny drogi planety, to u Urana kąt, jaki tworzą te 2 płaszczyzny ze sobą, jest większy od kąta prostego, tak, iż w istocie ruch księżyców Urana jest wsteczny. Przypuszczając, że płaszczyzna równika Urana jest mało pochyloną względem płaszczyzny dróg księżyców, wypadłoby, że płaszczyzna ta jest prawie prostopadłą do płaszczyzny jego drogi. Czy tak jest w istocie, niema żadnej pewności, i, być może, anomalia, wyżej wspomniana, dotyczy tylko dróg księżyców, a nie dotyczy zupełnie równika Urana. Zauważyć należy, iż smugi na tarczy

Urana, spostrzeżone przez niektórych astronomów, tworzyły znaczny kąt z płaszczyzną dróg księżyców Urana, co dowodziłoby, że analogia wyżej wspomniana w przypadku Urana nie zachodzi. Z drugiej strony, jeżeliby położenie równika Urana było zbliżonem do położenia dróg jego księżyców, to — jak łatwo sobie wyobrazić — części powierzchni, w których na Jowiszu i Saturnie widzimy smugi, byłyby widzialne dla nas przeważnie tylko w perspektywicznym zwężeniu (tylko 2 razy w czasie obiegu Urana — kiedy kierunek jego osi jest prostopadłym do linii widzenia — byłyby nie zwężone, przy równoległości zaś tych dwóch kierunków wcale nie byłyby widzialne). Byłoby wówczas zupełnie zrozumiałem, dlaczego tak rzadko coś na Uranie zauważyć można.

Nieco więcej światła na tę kwestyę rzuca dostrzeżone spłaszczenie tego globu, przyczem wypukłość leży prawie w płaszczyźnie drogi. Jeżeli przyczyną spłaszczenia jest siła odśrodkowa, to kierunek osi, jako prawie prostopadły do płaszczyzny drogi, byłby stwierdzony.

Najciekawszem z tego, co jesteśmy w stanie powiedzieć o księżycach Urana, których jest cztery, jest wspomniane już wyżej położenie ich dróg. Płaszczyzny te tworzą z płaszczyzną drogi Urana kąt rozwarty, skutkiem czego ruch księżyców jest wsteczny (z lewa na prawo). Zjawisko to z tego względu głównie zasługuje na uwagę, iż nie znajduje podobnego sobie

w bliższych regionach układu słonecznego. Wszędzie tam ruchy planet i księżyców, wirowe i postępowe, odbywają się z prawa na lewo i w płaszczyznach względem siebie mało pochylonych. Na tej podstawie oparł, jak wiadomo, Laplace swoją słynną hipotezę kosmogoniczną.

Ruch księżyców Urana znacznie osłabia prawdopodobieństwo tej hipotezy. Szkopuł ten wszakże usuwa jedna z nowszych teoryj kosmogonicznych, Faye'a.

Księżyce Urana, Ariel, Umbryel, Tytania i Oberon należą do najtrudniej dostrzegalnych ciał naszego układu. Najjaśniejszym z nich jest Tytania i prawie równym Tytanii Oberon. Są one w średniej opozycji odpowiednio 14·65 i 14·81 wielkości. O połowę mniej jasnymi są dwa księżyce, bliższe planety. Przyjmując, że albedo Tytanii i Oberona jest taka sama, jak albedo Urana, otrzymujemy dla nich średnice 942 i 875 kilom. Są to zatem ciała i w rzeczywistości małe, tembardziej zas Ariel i Umbryel. O masie księżyców Urana nie mamy żadnych pewnych danych.

Neptun.

Neptun jest ostatnią ze znanych planet naszego układu. Istnienie jego, przewidywane już dawniej, stwierdzonem zostało obserwacją dopiero przed 50-ciu laty; odkrycie Neptuna w r. 1846 należy do największych, jakie w tem stuleciu na polu astronomii dokonane zostały.

Długo jeszcze niewątpliwie planeta ta ukrywałaby się przed badawczym okiem astronomów, gdyby nie przysłała im na pomoc matematyka. Zaburzenia, którym podlegał ruch Urana, objaśniały się przypuszczeniem istnienia nieznaney planety nazewnątrz drogi Urana. Na podstawie tych zaburzeń udało się obrachować orbitę nieznaney planety, oraz położenie jej na niebie w określonej epoce. Odnalezienie jej przy pomocy dokładnych map nieba, zawierających tylko gwiazdy stałe, było już rzeczą niezbyt trudną.

Gdyby nie rachunek, odróżnienie Neptuna od gwiazd stałych byłoby bardzo trudnem, ponie-

waż pod względem jasności równa się on gwiazdom 8-mej wielkości, których na niebie jest ogromna ilość; z drugiej strony porusza się on wśród gwiazd bardzo powoli, gdyż na 165 lat raz zaledwie okrąży sklepienie niebieskie — a wiadomo, że zmiana miejsca wśród gwiazd jest właśnie podstawą do odróżnienia planety od gwiazdy. Dzięki stosunkowo szybkiemu ruchowi wśród gwiazd, odkryto wielką ilość planetoid pomiędzy Marsem a Jowiszem, pomimo iż w przeważnej części ustępują one Neptunowi pod względem jasności wielokrotnie.

Odległość Neptuna od słońca, a w przybliżeniu od ziemi, wynosi 4490 milionów kilometrów. Olbrzymią swoją drogę dokoła słońca przebiega on w 164·77 latach, czyli 60181·113 dniach. Niewielka ilość promieni słonecznych dosięga orbity Neptuna; doszedłszy po odbiciu się od powierzchni planety do naszego oka, pokazują go nam one w matowem białem świetle w zmiennej jasności, zależnej od zmian odległości. Zmiany te wszakże zawarte są tylko w granicach 0·23 klasy, tak, że Neptun raz jest nieco jaśniejszym, to znów nieco mniej jasnym od gwiazd 8-mej wielkości, lecz zawsze różni się od nich mało. Gołym okiem nigdy widzianym być nie może. Pod względem albedo, która wynosi 0·521, Neptun bardzo zbliża się do Urana, co świadczy o podobieństwie warunków fizycznych.

Podobieństwo to wynika też z badań widmowych. W widmie Neptuna, które jest nader

słabem, linii Fraunhoferowskich już wcale dostrzedz nie można, ale występuje w nim kilka pasm absorbcyjnych, identycznych z temi, które znajdują się w widmie Urana. Nie ulega zatem wątpliwości, że atmosfery dwóch krańcowych planet są do siebie bardzo zbliżone.

Jeżeli przypomnimy sobie to, cośmy powiedzieli o przyrodzie planet, począwszy od ziemi, to zauważymy, iż każde dwie sąsiednie planety pod względem fizycznym mają dużo cech wspólnych. Te 3 pary są: Ziemia-Mars, Jowisz-Saturn, Uran-Neptun. Jak daleko sięga to podobieństwo, tego naturalnie powiedzieć nie jesteśmy w stanie.

Tylko przez bardzo dobre teleskopy Neptun widzialny jest jako mała tarcza, której wymierzenie nie może być dokonane bez wielkich błędów. Według tego, co zdołano zrobić, średnica Neptuna jest 3·80 a objętość 54·9 razy większą od średnicy i objętości ziemi. Zajmuje on zatem pod względem rozmiarów 4-te miejsce w układzie słonecznym. Ponieważ masa jego jest 16·50 razy większą od masy ziemskiej, więc gęstość jego średnia 1·65 (w stosunku do wody) zbliża się znacznie do średniej gęstości Jowisza i Urana.

Jest to prawie wszystko, co wiemy o przyrodzie Neptuna. Nie widać na nim żadnych plam, z których by można poznać jego ruch wirowy albo położenie jego osi. Wprawdzie jeden z astronomów amerykańskich, Hall, utrzymywał, iż za-

uważył peryodyczne zmiany jasności Neptuna, powtarzające się w okresie 8 godzin, które można by przypisać ruchowi wirowemu, gdyby dwie półkule Neptuna miały różną jasność. Jednakowoż spostrzeżenia Halla nie zostały stwierdzone przez innych astronomów, przeciwnie, zaprzeczono im z różnych stron.

Być może, iż z czasem księżyc Neptuna oświeci nas trochę co do położenia ruchu wirowego, który bez wątpienia istnieje. Neptun znajduje się tak daleko od słońca, iż księżyc jego może ulegać tylko znikomym zaburzeniom słonecznym. Z drugiej strony niema w układzie Neptuna drugiego księżyca (przynajmniej dotychczas nie jest znany), który mógłby powodować zaburzenia w ruchu pierwszego księżyca. Ruchy zatem księżyca Neptuna powinny być bardzo prawidłowe, t. j. odbywać się ściśle według praw Keplera. W rzeczywistości wszakże płaszczyzna drogi księżyca pochyła się w ten sposób, iż biegun jej zakreśla na niebie koło. Tak się przynajmniej zdaje, o ile można wnioskować na podstawie obserwacyj, datujących od r. 1852. Jest to ruch, którego przyczyną jest prawdopodobnie spłaszczenie Neptuna, dla nas niedostrzegalne, ruch podobny w charakterze swym do ruchu precesyjnego kuli ziemskiej. Jeżeli się uda znaleźć biegun tego ruchu, to tem samem kierunek osi Neptuna — przynajmniej przybliżony — będzie wiadomy.

O jedynym znanym księżycu Neptuna je-

szcze tylko to możemy powiedzieć, że widać go z ziemi, jako małą gwiazdkę 13—14 wielkości, nieco łatwiej dostrzegalną aniżeli 2 wewnętrzne księżyce Urana. Przyjmując dla niego albedo taką samą, jak Neptuna, otrzymamy dla jego średnicy długość 3630 kiln., czyli że zbliża się on rozmiarami do 1-go księżycy Jowisza.

Na tem zamykamy przegląd ośmiu wielkich planet naszego układu słonecznego. Nie dotarliśmy prawdopodobnie do krańców układu : jak wypływać się zdaje z rozumowań, opartych na podstawach uzasadnionych, krąży jeszcze planeta a może i więcej po za granicami drogi Neptuna w odległościach, wielokroć przenoszących odległość Neptuna od słońca. Wątpliwem jest wszakże, czy istnienie ich stwierdzić będziemy mogli oczami. Co zaś dotyczy strony kosmiczno-fizycznej — to skąpe wiadomości, jakie się nam udało zebrać o Uranie i Neptunie, świadczą najlepiej o tem, jak bezsilne są wszystkie wielkie narzędzia astronomiczne w stosunku do ciał tak odległych, jeżeli nie posiadają własnego światła — pomimo iż rozmiary ich w porównaniu z naszą ziemią są olbrzymie.



Tabelka

elementów ośmiu głównych planet i ich księżyców.

W tabelce tej oznaczają: E — epoka, t j. moment, w którym dane elementy mają miejsce; L — długość planety lub księżycyca na niebie w momencie E; ω — długość punktu przysłonecznego; Ω — długość węzła wstępującego; i — odległość płaszczyzny drogi względem ekliptyki; e — mimośród; T — okres obiegu w latach gwiazdowych dla planet, a w dniach, godzinach etc. średnich dla księżyców; a — połowa wielkiej osi (średnia odległość od słońca dla planet, od centralnej planety dla księżyców) w jednostkach planetarnych dla planet, a w promieniach równika planety centralnej dla księżyców. Długości rachowane są wszędzie od średniej równonocy roku epoki.

I. Merkury.

II. Wenus.

	Merkury	Wenus
E	1·0 stycznia 1850	1·0 stycznia 1850
L	327° 15' 20"	245° 33' 15"
ω	75° 7' 14"	129° 27' 15"
Ω	46° 33' 9"	75° 19' 52"
i	7° 0' 8"	3° 23' 35"
e	0·2056	0·0068
T	0·2408	0·6152
a	0·38710	0·72333

III. Układ Ziemia-księżyc.

	Ziemia	Księżyc
E	1·0 stycznia 1850	1·0 stycznia 1850
L	100° 47' 4"	122° 59' 55"
ω	100° 21' 42"	99° 51' 52"
Ω	— — —	146° 13' 40"
i	0° 0' 0"	5° 8' 48"
e	0·0168	0·0549
T	1·0000	27 d. 7 g. 43 m. 11 s.
a	1·0000	0·0026 (czyli 60·27 promieni równika ziemsk.)

IV. Układ Marsa.

	Mars	Phobos	Deimos
E	1-0 stycznia 1850	28. sierpnia 1877	28. sierpnia 1877.
L	83° 40' 31"	322° 54' 2	38° 45' 4
ω	333° 17' 54"	4° 13' 9	357° 58' 4
Ω	48° 23' 53"	82° 57' 3	85° 34' 2
i	1° 51' 2"	26° 17' 2	25° 47' 2
e	0-0933	0-0321	0-0057
T	1-8808	7 g. 39 m. 15' 1 s	1 d. 6 g. 17 m. 53' 9 s.
a	1-5237	2-77	6-92

V. Układ Jowisza.

Jowisz	Księżyc I Io	Księżyc II. Europe	Księżyc III. Ganymed	Księżyc IV. Kallisto	Księżyc V.
E 1. stycz. 1850	0-0 stycznia 1850 roku				
L 160° 1' 10"	148° 43' 54"	14° 20' 6"	37° 7' 33"	164° 12' 59"	1. listop. 1892
ω 11° 54' 58"	—	—	235° 18' 32"	266° 40' 56"	357° 3' 54"
Ω 98° 56' 17"	335° 45' 0"	336° 55' 16"	341° 30' 23"	344° 56' 46"	0° 33'
i 1° 18' 41"	2° 8' 3"	1° 38' 57"	1° 59' 53"	1° 57' 0"	342° 1'
e 0-0483	—	—	0-0013	0-0072	2° 20' 23"
T 11-8020	1 d. 18 g. 27 m. 335 s.	3 d. 13 g. 13 m. 421 s.	7 d. 3 g. 42 m. 334 s.	16 d. 16 g. 32 m. 112 s.	0-0050
a 5-2028	5-93	9-44	15-06	26-49	0 d. 11 g. 57 m. 227 s.
					255

VI. Układ Saturna.

Saturn	Mimas	Enceladus	Tethys	Dione	Rhea	Titan	Hyperion	Japet	Pierścień
E 1-0 stycznia 1850	31. marca 1889	25. marca 1889	17. marca 1889	1. września 1885	17. marca 1889	1. września 1885	28. października 1875	3. września 1874	0-0 stycznia 1850
L 14° 52' 28"	84° 56'	256° 17' 24"	135° 4' 48"	56° 45' 8"	322° 12' 42"	183° 25' 33"	174° 30' 4"	333° 14' 9"	—
ω 506 6' 57"	300°	122° 28'	—	270° 50'	—	105° 2'	3° 42' 6"	205° 20' 0"	—
Ω 11° 20' 53"	165° 0'	167° 56' 30"	166° 7' 24"	167° 40' 0"	167° 45' 12"	167° 45' 55"	168° 0' 9"	142° 40' 1"	67° 55' 6"
ι 2° 28' 40"	27° 36'	288 7' 0"	28° 40' 12"	27° 58' 36"	28° 23' 6"	27° 28' 19"	27° 4' 8"	15° 51' 5"	28° 10' 17"
e 0-0561	0-016	0-0047	—	0-0010	—	0-0291	0 1189	0-0296	—
T 29-4572	0 d. 22 g. 37 m. 5 s.	1 d. 8 g. 56 m. 7 s.	1 d. 21 g. 18 m 26 s.	2 d. 17 g. 41 m 9 s.	4 d. 12 g. 25 m. 12 s.	15 d. 21 g. 41 m. 22 s.	21 d. 6 g. 39 m. 27 s.	79 d. 7 g. 54 m. 17 s.	10 g. 32 m. 15 s.
a 9-5389	3 10	3-95	4-03	6-31	8-83	20-45	25-07	59 58	2-23

VII. Układ Urana.

	Uran	Ariel	Umbriel	Titania	Oberon
E	1. stycz. 1850	Równonoc i ekliptyka średnia dla r. 1850.0. Epoka 31. grudnia 1871 r.			
L	29° 17' 51"	153° 9'	275° 41'	20° 26'	308° 21'
ω	170° 50' 7"	196° 26'	158° 33'	93° 33'	149° 46'
Ω	73° 13' 54"	167° 20'	164' 6"	165° 32'	165° 17'
i	0° 46' 20"	97° 58'	98° 21'	97° 47'	97° 54'
e	0.0463	0.020	0.010	0.0011	0.0038
T	84.0202	2 d. 12 g. 29 m 21 s.	4 d. 3 g. 27 m. 37 s.	8 d. 16 g. 56 m. 30 s.	13 d. 11 g. 7 m. 6 s.
a	19.1833	7.04	9.91	16.11	21.54

VIII. Układ Neptuna.

	Neptun	Księżyc
E	1. stycznia 1850	0 stycznia 1890
L	334° 33' 29"	65° 8' 8
ω	45° 59' 43"	262° 23'
Ω	130° 6' 25"	187° 25'
i	1° 47' 2"	142° 40'
e	0 0090,	0 0070
T	164 7669	5 d. 21 g. 2 m. 38 s.
a	30 0551	14 73



SPIS RZECZY.

	strona
1. Wstęp	1
2. Merkury	9
3. Wenus	18
4. Ziemia	36
5. Księżyc	46
6. Mars	76
7. Jowisz	109
8. Saturn	135
9. Uran	157
10. Neptun	163
11. Tabelka elementów	168

Dra Marcina Ernsta

wyszły następujące prace :

Astronomia gwiazd stałych, Warszawa 1898. Cena Rs. 3.

O końcu światła i kometach, Lwów 1899. Cena 75 ct.



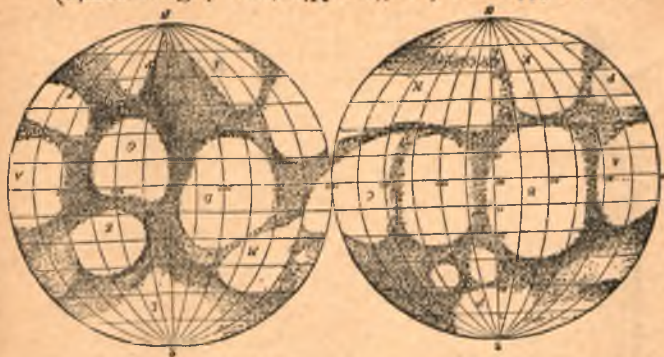
Mars 1. stycznia 1897.



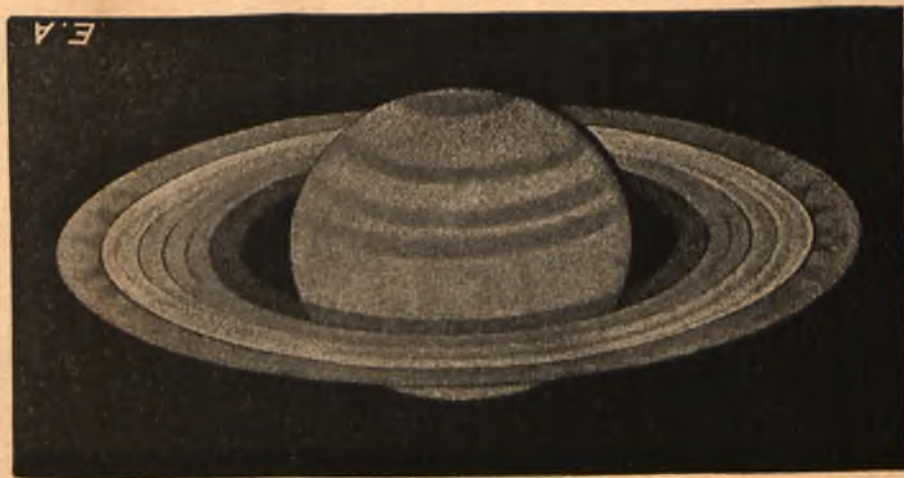
Jowisz 11. lipca 1889 z plamą czerwoną.
(Obserwat. Licka).



Mapka Wenerly (według Niestena i Steywaerta).



Saturn w kwiecień 1896. (Obserw. Juvisy)



Północ.



1-sza kwadra księżycy według fotografii Loewy i Puiseux

(kopia Weinek).

Wojewódzka Biblioteka Publiczna
Nr
* LEMBIŃ *
* im. H. Łopacińskiego *

Biblioteka im. Hieronima
Łopacińskiego w Lublinie

324074

1000071879

