

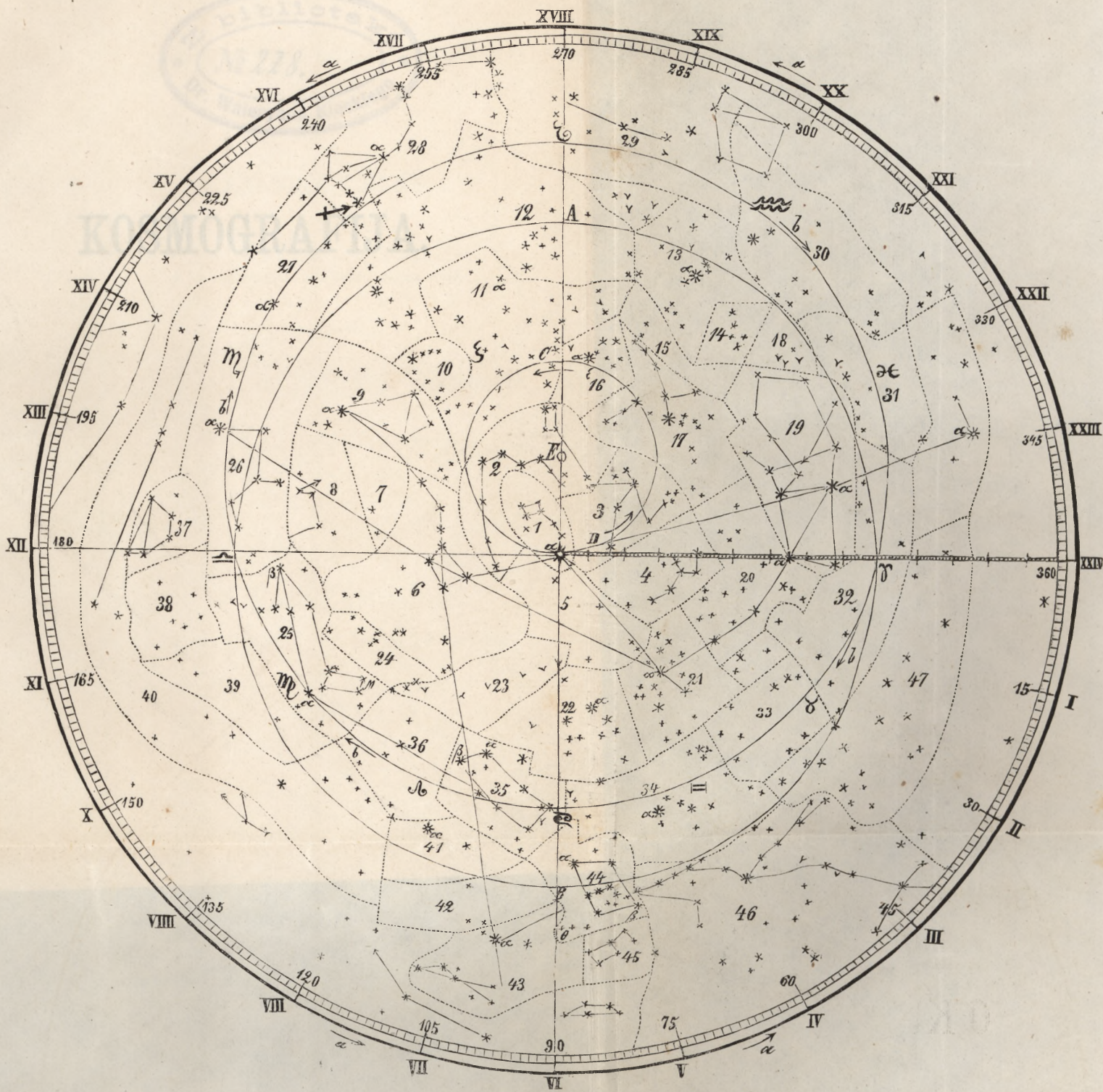
Kosmografija

1867

PLATE A



MAPPA NIEBA.



OBJAŚNIENIA.

Wielkość gwiazd: * 1-jej wielkości, ✕ 2-jej wielkości, + 3-jej wielkości, < 4-jej wielkości.
 Strzałka *a* oznacza kierunek ruchu dziennego, strzałka *b* kierunek słońca po ekliptyce. Koło *AB* oznacza równik, *CD* koło opisywane przez biegun
 świata w ciągu 26 000 lat, naokoło bieguna ekliptyki, którym jest punkt *E*.

GWIAZDOZBIORY.

- | | | | |
|--------------------------|----------------|------------------|----------------------|
| 1. Mała Niedźwiedzica. | 13. Orzeł. | 25. Lew. | 37. Kruk. |
| 2. Smok. | 14. Delfin. | 26. Panna. | 38. Fuhar. |
| 3. Cefeusz. | 15. Lis. | 27. Waga. | 39. Sekstans. |
| 4. Kassiopea. | 16. Lutnia. | 28. Niedźwiadek. | 40. Hydra. |
| 5. Girafa. | 17. Łabędź. | 29. Strzelec. | 41. Mały pies. |
| 6. Wielka Niedźwiedzica. | 18. Mały koń. | 30. Koziorożec | 42. Wąż wodny |
| 7. Psy gonące. | 19. Pegaz | 31. Wodnik. | 43. Wielki pies |
| 8. Warkocz Bereniki. | 20. Andromeda. | 32. Ryby. | 44. Orion. |
| 9. Wolarz. | 21. Perseusz. | 33. Baran. | 45. Zając. |
| 10. Korona północna. | 22. Woznica. | 34. Byk. | 46. Wieloryb. |
| 11. Herkules. | 23. Ostrowidz. | 35. Bliźnięta. | 47. Ryby południowe. |
| 12. Wężownik | 24. Mały Lew. | 36. Rak. | |

Gwiazdozbiory zwi-
 rzynowe czyli zodiakalne.

KRÓTKI WYKŁAD

KOSMOGRAFIJ



ALEXANDER THIEME.

KOSMOGRAFIJA.

z 22 ilustracjami w tekście i mapą nieba.



Dr. Waleryana Kleckiego
Waleryana

WARSZAWA.

KARŁAD I Druk B. OGELBRANDA.

1867.



KOSMOGRAFIJA.

KRÓTKI WYKŁAD
KOSMOGRAFII

DO UŻYTKU SZKOLNEGO.

UŁOŻYŁ

ALEXANDER THIEME.

Z 63 drzeworytami w tekście i mapą nieba.

D. 18 Stycznia 1867
Waleryjan Klecki



WARSZAWA.

NAKLAD I Druk S. ORGELBRANDA.

1867.

КРՈՒՂԻ ԿՅՒՂԱԾ

КОСМОГРАФИИ



371. 671

№ 115929 В.У.Р.

115929

ALEXANDER THIEME.

Дозволено Цензурою.

Варшава 16 (28) Марта 1867 г.

№ 63 дрэковатыстан в Іагэзіі і маіаіа нІаіа.



WARSAWA.

WAKŁAD I DRUK S. ORGELBRANDA.

1867.



WSTĘP.

1. Okreslenie Kosmografii.

Podczas wypogodzonego nieba widzimy na niem we dnie słońce, w nocy zaś księżyc, gwiazdy i t. p. Wszystkie te ciała niebieskie wydają nam się w ciągłym ruchu. Zbadanie za pomocą wszelkich zasobów matematyki praw, podług których ruchy te odbywają się, jest zadaniem *Astronomii*.

Kosmografija zajmuje się opisaniem tych ruchów, podaje prawa rządzące światem i znalezione w astronomii, jak również opisuje fizyczną budowę ciał niebieskich. Część kosmografii zajmująca się opisaniem kształtu ziemi, jej wielkości i odmian, jakich doznaje jej powierzchnia w skutek ruchu słońca i t. p. nazywa się *Geografiją Matematyczną*.

2. Podział gwiazd.

Rozpatrując z uwagą gwiazdy rozsiane na sklepieniu niebieskiem, łatwo dostrzedz, że jedne z nich zachowują wciąż niezmiennie względem siebie położenia, tworząc rozmaite układy, czyli grupy, których kształt

od najdawniejszych czasów nie uległ zmianie, ztąd gwiazdy te nazywają się *stałemi*. Jeszcze starożytni nadali tym *gwiazdozbiorom* czyli *konstellacyjom* rozmaite nazwiska, które dotąd się zachowują. Inne znów gwiazdy, w niewielkiej liczbie będące, zmieniają swoje położenie względem gwiazd stałych, dla tego też nazwano je *gwiazdami blakającemi się* albo *planetami*. Są nareszcie ciała niebieskie ukazujące się od czasu do czasu w najrozmaitszych kształtach, ożywione ruchami odbywającemi się w różnych kierunkach, te nazywają się *kometami*.

I. Określenie Kosmografii.

Kosmografija zajmuje się opisaniem tych ruchów, podług których ruchy te odbywają się, jest zadaniem astronomii. Kosmografija zajmuje się opisaniem tych ruchów, podług prawa rządzącego światem i zjawione w astronomii, jak również opisuje historyę budowy ciała niebieskiego. Część kosmografii zajmująca się opisaniem kształtu ziemi, jej wielkości i odmiann, jakoby doznaje jej powierzenia w skutek ruchu słońca i t. p. nazywa się Geografija Matematyczna.

II. Podział gwiazd.

Podział gwiazd z uwzględnieniem położenia na sklepieniu niebieskiem, łatwo dostrzedz, że jedno z nich zachowują wciąż niezmienną względem siebie położenia, tworząc rozmaite układy, czyli grupy, których kształt

PRZEDMOWA.

W piśmiennictwie naszym mamy pewną liczbę dzieł traktujących o kosmografii w sposób popularny (*). Niektóre z nich odznaczają się jasnym i przystępnym wykładem, lecz dzieła te, jako pisane dla nieznających matematyki, zawierają w sobie tylko opowiadania rezultatów, do jakich doszła nauka astronomii.

W wykładzie zaś szkolnym Kosmografija zajmuje ważne miejsce, nietylko jako nauka o wszechświecie, ale wyłożona nieco gruntowniej staje się zastosowaniem matematyki, a szczególniej téj części solidometrii, w której mówimy o kuli i kołach na niej położonych. Przez taki wykład uczniowie utwierdzają się w nabytych wiadomościach z matematyki najdowodniej widzą pożytki wynikające z téj nauki.

Brak odpowiedniego w języku polskim dzieła, mogącego służyć uczniom za podręcznik przy wy-

(*) Astronomia popularna p. Bayera, Astronomia wyłożona przystępnie dla wszystkich p. Steczkowskiego, Zarysy kosmologiczne p. Zagórskiego, i t. d.

kładzie kosmografii, zmusza nauczycieli do dyktowania swego kursu, lub też do powolnego wykładu. W ten sposób niepodobna dać uczniom chociażby najogólniejsze pojęcia o całej nauce, témbardziej, że w planie szkolnym zajmuje ona tylko jedną godzinę tygodniowo w kursie rocznym.

Z notat, które dawałem uczniom do przepisywania w ciągu trzechletniego wykładu mego tej nauki w gimnazyum, zebrałem obecnie ten „*Krótki Wykład.*“

W nim posiłkowałem się głównie z następujących dzieł: Cours élémentaire d'Astronomie par M. Ch. Delaunay, Leçons nouvelles de Cosmographie p. H. Garcet, Grundriss der mathematischen Geographie von Dr. August Wiegand, Outlines of Astronomy by John Herschel. Prócz tego wiele czerpałem z wykładu Astronomii popularnej Franciszka Arago.

ROZDZIAŁ I.

Przybliżony kształt ziemi. — Kula niebieska.

Treść: Kulistość ziemi. — Linija pionowa, poziom. — Wielkość ziemi niknie w porównaniu z odległością jej od gwiazd. — Sklepienie niebios. — Kula niebieska, zenit, nadir. — Wysokość gwiazdy, jej poziomoluk. — Refrakcyja atmosferyczna.

1. *Kulistość ziemi.* Zanim przystąpimy do opisanja ruchów odbywanych przez ciała niebieskie, winiśmy przedewszystkiem poznać kształt ziemi, jako miejsca, z którego wszystkie te ruchy obserwujemy.

Gdy staniemy na obszernej równinie lub też wśród morza, powierzchnia ziemi przedstawia nam się jako rozległa płaszczyzna, stykająca się ze sklepieniem niebieskiem na okręgu kola, środek którego my zajmujemy. Płaszczyzna ta zowie się *widnokregiem*. Słońce, księżyc i w ogólności wszystkie gwiazdy zachodzą pod ten widnokrag z jednej strony, by po upływie pewnego czasu wejść z przeciwniej strony. Ztąd wniesć należy, że ziemia nie rozciąga się nieograniczenie pod widnokregiem, lecz i tam jest ograniczona pewną powierzchnią.

Toż samo potwierdzają nam podróże odbywane naokoło ziemi. W samej rzeczy, gdy wyjedziemy

z pewnego miejsca kierując się wciąż w jedną stronę, na przykład ku zachodowi, natrafimy na toż samo miejsce z przeciwnéj strony, co dowodzi, że ziemia ze wszech stron jest ograniczona pewną powierzchnią. Gdyby bowiem ona rozciągała się jako płaszczyzna nieograniczona, to my jadąc w ten sposób ciągle w jednym kierunku, oddalalibyśmy się coraz bardziej od miejsca wyjazdu.

Powierzchnia otaczająca zewsząd ziemię jest wypukłą, zbliżając się bowiem zdaleka do jakiego wysokiego przedmiotu znajdującego się wśród obszernéj równiny lub morza, — widzimy najprzód szczyt tego przedmiotu, następnie w miarę zbliżania się do niego spostrzegamy stopniowo coraz niższe jego części. I tak, niech ABC (Fig. 1) będzie powierzchnią ziemi, DC

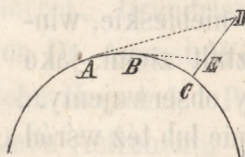


Fig. 1.

przedmiotem wysokim na niej będącym, np. wieżą, górą i t. p. Gdy się znajdujemy w punkcie A , widzimy tylko wierzchołek przedmiotu D , przeszedłszy do B widzimy część DE i t. d. Pozostałe zaś części tego przedmiotu są zakryte wypukłością ziemi. Gdyby bowiem ziemia była płaską, moglibyśmy ze wszelkiéj odległości widzieć cały ten przedmiot, jakkolwiek nieco zmniejszony.

Z którój bądź strony zbliżamy się do tego przedmiotu, zawsze ukazanie się jego i stopniowe odkrywanie się niższych części następuje jednakowo, co dowodzi, że ziemia jest jednakowo wypukłą naokoło każdego punktu na jéj powierzchni obranego, czyli, że jest kulistą.

Kulistość ziemi potwierdza się jeszcze tém, że w każdym miejscu powierzchni ziemi, widnokrag ukazuje się jako koło, z jakiegokolwiek wysokości spoglądamy. Z punktu *A* (Fig. 2) ukazują się jako koło *BC*, z punktu *D*, jako koło *EF* i t. d., co może mieć miejsce tylko na przypadek kulistego kształtu ziemi.

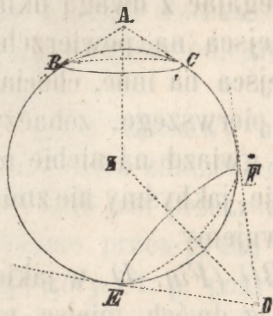


Fig. 2.

Pomiary dokonane na różnych punktach ziemi w ostatnim stuleciu za pomocą udoskonalonych narzędzi i wyższej matematyki, okazują w istocie, że ziemia jest *prawie* kulą o promieniu średnim 22106753 stóp polskich (6366745 metrów). W porównaniu z tym promieniem największe góry, znajdujące się na powierzchni ziemi i dochodzące do 27,000 stóp wysokości znikają, tak, że ziemię można przyjąć za kulę z bardzo małemi chropowatościami.

2. *Linija pionowa, poziom.* Nici umocowana w jednym końcu swoim, a na drugim unosząca ciężarek, nazywa się *pionem*. Przedłużony kierunek tej nici *AB* (Fig. 3) przechodzi przez środek kuli ziemskiej *C* i nazywa się *liniją pionową*.

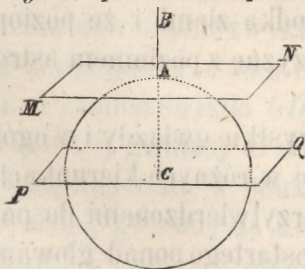


Fig. 3.

Płaszczyzna nieograniczona *MN* do niej prostopadła i przechodząca przez punkt *A* na powierzchni ziemi położony jest styczną do téjże powierzchni i nazywa się *poziomem zmysłowym* czyli

fizycznym. Płaszczyzna od niej równoległa PQ , przechodząca przez środek ziemi C , nazywa się *poziomem umyślowym* czyli *astronomicznym*.

3. *Wielkość ziemi niknie w porównaniu z jej odległością od gwiazd.* Dostrzegając z uwagą układ gwiazd na niebie z pewnego miejsca na powierzchni ziemi, i przechodząc z tego miejsca na inne, chociażby najdalej położone względem pierwszego, zobaczymy, że względny rozkład tych gwiazd na niebie nie uległ żadnej zmianie, tak zupełnie, jakbyśmy nie zmienili miejsca, z którego je obserwujemy.

Podobnież kierunki AG i BG (Fig. 4), w jakich widzimy pewną gwiazdę G , z dwóch miejsc powierzchni ziemi A i B , chociażby najbardziej oddalonych, czynią z sobą kąt prawie równy zeru, czyli że linie AG i BG przecinają się w odległości nieskończenie wielkiej w porównaniu z odległością AB , co znaczy, że odległość tej gwiazdy od ziemi jest nieskończenie wielką w porównaniu z wielkością ziemi.

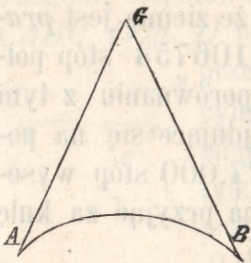


Fig. 4.

Z tego powodu nie się nie zmieni w wypadkach, jakie otrzymamy, jeżeli przyjmemy, że wszystkie gwiazdy dostrzegamy ze środka ziemi i że poziom fizyczny stanowi jedną płaszczyznę z poziomem astronomicznym.

4. *Sklepienie nieba.* Wszystkie gwiazdy i w ogólności ciała niebieskie widziane w różnych kierunkach, wydają nam się jakby były przytwierdzonemi do półkulistego sklepienia nieba rozpostartego ponad głowami naszymi i kończącego się na granicach widnokregu.

Półkulistość sklepienia niebieskiego jest złudzeniem naszego oka pochodzącem ztąd, że nie znamy odległości, na jakich gwiazdy znajdują się. We wszystkich więc kierunkach widziane gwiazdy odnosimy do granicy naszego wzroku, ztąd też wydają nam się one jako jednakowo odległe i umieszczone na powierzchni kuli.

Kolor właściwy niebu, ztąd niebieskim zwany, jest również złudzeniem optycznym. Powietrze atmosferyczne jest przezroczyste, jednakowoż przedmioty widziane przez grubą warstwę jego, jako to: odległe lasy, góry i t. p. pokrywają się barwą niebieskawą. Podobnie, gdy patrzymy ku górze, przeglądamy przez całą grubość atmosfery i ztąd tło nieba nabiera koloru właściwego sobie, a będącego kolorem warstwy atmosfery otaczającej ziemię.

Że w istocie kolor nieba pochodzi od powietrza atmosferycznego, mamy dowód w tem, że na wysokich górach, gdzie powietrze jest rzadsze i gdzie mniejsza jego warstwa zostaje ponad głowami naszymi, tło nieba staje się ciemniejszym.

5. *Kula niebieska.* Dla wskazania kierunków, w jakich dostrzegamy gwiazdy, odnosimy je do tak zwanéj *kuli niebieskéj*. Jest to kula idealna o promieniu dowolnym, zwykle bardzo wielkim, środek której znajduje się w oku naszym, lub też w środku ziemi. Promień światła GO (*Fig. 5 na nast. str.*) idący od pewnéj gwiazdy G do oka naszego O , przecina się z kulą niebieską w punkcie g , który oznacza położenie danéj gwiazdy na kuli niebieskéj. Podobnie dla gwiazd G' , G'' , otrzymamy odpowiednie położenia w punktach g' , g'' ,

Przypuśćmy, że punkt O (Fig. 6) jest okiem naszym i zarazem środkiem kuli niebieskiej $PZQN$. Po-



Fig. 5.

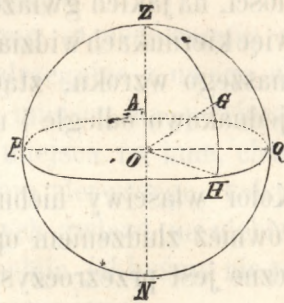


Fig. 6.

ziom danego miejsca PQ dzieli kulę niebieską na dwie półkule. Jedna z nich PZQ znajdująca się po tej samej stronie poziomu co i my, czyli nad poziomem, jest widziana, druga zaś QNP , znajdująca się pod poziomem, a więc zakryta przez tenże poziom jest niewidziana. Linija pionowa OA przedłużona do spotkania się z kulą niebieską nad poziomem, daje punkt Z , nazwany *zenitem*. Przedłużona zaś na dół, do spotkania się z tąż kulą pod poziomem, daje punkt N , nazwany *nadirem*.

6. *Wysokość gwiazdy, jej poziomotuk.* Położenie gwiazdy G (fig. 6), będącej na kuli niebieskiej wyznacza się względem poziomu PQ , znając wyniesienie tej gwiazdy nad poziom i stronę nieba, w której ona się znajduje. Przez gwiazdę G i liniję pionową OZ poprowadźmy płaszczyznę pionową $ZOHG$; ta z poziomem przecina się wzdłuż linii OH . Kąt GOH , jaki promień OG czyni z poziomem, wyznacza wyniesienie gwiazdy nad poziom; kąt ten mierzy się łukiem GH i nazywa się *wysokością gwiazdy*. Dopelnienie

jego mierzące się łukiem GZ jest odległością gwiazdy od zenitu.

Dla oznaczenia strony nieba, w której się ta gwiazda znajduje, znać należy kąt, jaki płaszczyzna pionowa ZOH czyni z inną płaszczyzną pionową ZOQ , której położenie jest znane. Kąt ten mierzy się łukiem QH , nazwanym *poziomolukiem* (azimutem).

Zobaczemy następnie (11), jakie ma znaczenia na poziomie położony punkt Q , przez który przechodzi płaszczyzna pionowa ZOQ . Od tego punktu zaczawszy rachują się poziomoluki w obie strony od 0° do 180° .

7. *Teodolit.* Do mierzenia wysokości gwiazdy i poziomoluku, używane bywają rozmaite narzędzia. Opiszemy tu ogólną budowę najdogodniejszego z tych narzędzi nazwanego *teodolitem*. Składa on się z koła poziomego AB (Fig. 7), podzielonego na stopnie

zaczawszy od 0° w punkcie A , który odpowiada punktowi Q na kuli niebieskiej. Ze środka tego koła C wychodzi oś pionowa CD , na której jest osadzone koło pionowe tak, że jego średnica EF idzie wzdłuż osi CD . Koło to jest podzielone na stopnie zaczawszy od linii poziomej OL . Oprócz tego do téjże osi CD w punkcie C jest przymocowana alidada CH prostopadła do niej i leżąca na przedłużonej płaszczyźnie

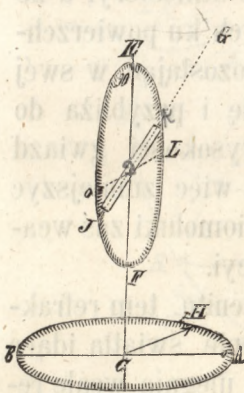


Fig. 7.

koła EF . Gdy koło EF obraca się naokoło osi CD , z niem razem obraca się także alidada CH i wskazuje stopnie na kole poziomem AB . W punkcie D , środ-

ku koła EF jest osadzona luneta JK , mogąca się około tego punktu obracać w płaszczyźnie EF .

Dla wynalezienia za pomocą teodolitu wysokości i poziomoluku gwiazdy G , ustawiamy koło EF w płaszczyźnie pionowej przechodzącej przez daną gwiazdę; następnie kierujemy lunetę JK tak, abyśmy przez nią ujrzeli tę samą gwiazdę, wtedy liczba stopni zawarta w łuku AH daje nam poziomoluk tej gwiazdy. Liczba zaś stopni zawarta w łuku LK jest jej wysokością. Łuk EK nareszcie jest odległością tej gwiazdy od zenitu.

8. *Refrakcyjja atmosferyczna.* Znalezione w ten sposób wysokości gwiazd nie są prawdziwemi, lecz zmienionemi wskutek załamania się promieniem światła w atmosferze, co stanowi tak nazwaną *refrakcyjję atmosferyczną*. Promień światła idący od gwiazdy do naszego oka, przebywa całą grubość atmosfery, a że ta składa się z warstw coraz gęstszych ku powierzchni ziemi, zatem promień światła pozostając w swój płaszczyźnie pionowej, załamuje się i przybliża do linii pionowej. Ztąd obserwowane wysokości gwiazd są w ogólności zbyt wielkie, należy więc zmniejszyć je o kąt, jaki wynosi refrakcyjja. Poziomoluki zaś wcale nie są zmienione wskutek refrakcyj.

Im gwiazda znajduje się bliżej zenitu, tem refrakcyjja dla niej jest mniejszą; promienie światła idące od gwiazdy położonej w zenicie nie ulegają wcale refrakcyj. Przeciwnie zaś, ku poziomowi refrakcyjja jest coraz większą, tak, że dla gwiazd będących na poziomie jest ona największą i wynosi wtedy $33' 48''$.

ROZDZIAŁ II.

Ruch dzienny ciał niebieskich.

Treść: Gwiazdy opisują koła równoleżne. — Os i bieguny świata. Południk, linija południowa, jej wyznaczenie. — Doba gwiazdowa. — Punkta główne poziomu. — Równik niebieski. Kąt godzinowy.

9. *Gwiazdy opisują koła równoleżne.* Niech $PZQP'$ (Fig. 8) będzie kulą niebieską, O jej środek i zarazem oko dostrzegacza, AQ poziom, Z zenit dla punktu O . Obserwując gwiazdy z punktu O podczas

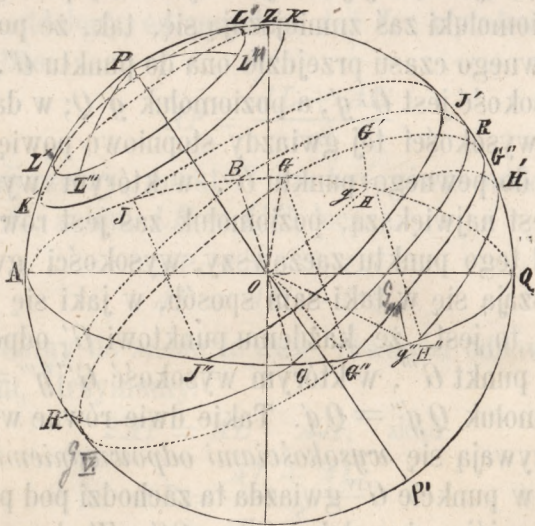


Fig. 8.

wypogodzonej nocy, zobaczymy, że każda z nich ukazuje się nad poziomem, czyli *wschodzi* w jednej stronie nieba, podnosi się ukośnie i dosięga w pewnym punkcie największej wysokości; następnie zniża się

w ten sam sposób, w jaki się podnosiła, i nareszcie kryje się pod poziom, czyli *zachodzi* na przeciwnej stronie nieba.

Dla bliższego poznania tego ruchu mierzyć, należy od miejsca do miejsca wysokości i poziomoluki (6) dla dowolnie obranej gwiazdy. Poziomoluki rachować będziemy od punktu Q położonego na poziomie w tej stronie nieba, w której gwiazdy dosięgają największej wysokości.

Przypuśćmy, że pewna gwiazda wschodzi w punkcie G , wtedy wysokość jej jest zerem, poziomoluk zaś jest GQ . Gwiazda ta wznosi się ukośnie ponad poziom, to jest: że jej kolejne wysokości powiększają się, poziomoluki zaś zmniejszają się, tak, że po upływie pewnego czasu przejdzie ona do punktu G' , gdzie jej wysokość jest $G'g'$, a poziomoluk $g'Q$; w dalszym ciągu, wysokości tej gwiazdy stopniowo powiększają się aż do pewnego punktu G'' , w którym wysokość $G''Q$ jest największą, poziomoluk zaś jest równy zeru. Od tego punktu zacząwszy, wysokości gwiazdy zmniejszają się w taki sam sposób, w jaki się powiększały, to jest, że każdemu punktowi G' odpowiada pewien punkt G''' , w którym wysokość $G'''g''' = G'g'$ i poziomoluk $Qg''' = Qg'$. Takie dwie równe wysokości nazywają się *wysokościami odpowiedniami*. Nareszcie w punkcie G^{IV} gwiazda ta zachodzi pod poziom, przyczem jej poziomoluk $QG^{IV} = QG$. Ztąd wynika, że w najwyżej położonym punkcie G'' droga gwiazdy nad poziomem odbywana jest podzielona na dwie równe części, czyli $GG'' = G''G^{IV}$.

Podobnież inna gwiazda H odbywa nad poziomem drogę $HH'H''$, dosięgając największej wysokości

w punkcie H' , dzielącym też drogę na dwie równe części, t. j. $HH' = H'H''$. Gwiazda J wschodzi w punkcie J' , największą wysokość ma w punkcie J' , zachodzi zaś w punkcie J'' tak, że znowu $JJ' = J'J''$ i t. d.

Niektóre gwiazdy nie zachodzą wcale pod poziom, lecz każda z nich opisuje nad poziomem drogę, której jeden punkt jest najwyżej, drugi zaś najniżej położony. I tak: gwiazda L opisuje drogę LL' , w której L jest punktem najniżej, L' punktem najwyżej położonym, czyli że AL jest najmniejszą wysokością, AL' zaś największą. Oba te punkta leżą w jednej płaszczyźnie pionowej $ZLL'AQ$. Znajdźmy punkt P równo oddalony od punktów L i L' ; wysokość jego AP będzie:

$$AP = \frac{AL + AL'}{2}.$$

W samej rzeczy, punkt P ma być równo-oddalonym od L i L' , zatem $LP = L'P$, lecz:

$$AP = AL + LP$$

$$AP = AL' - L'P.$$

Gdy dodamy do siebie te dwie równości odpowiednio stronami, otrzymamy:

$$2AP = AL + AL', \quad \text{z kąd}$$

$$AP = \frac{AL + AL'}{2}.$$

Uczyniwszy to samo dla każdej innej gwiazdy np. K , to również:

$$AP = \frac{AK + AK'}{2}$$

i otrzymana ztąd wartość na AP będzie dla wszystkich gwiazd jednakowa.

Gdy wykreślimy, lub też znajdziemy rachunkiem, odległości różnych punktów drogi $LL'L''L^*$ od punktu P , zobaczymy, że odległości te $LP, L'P, L''P, \dots$ są sobie równe, t. j., że droga $LL'L''L^*$ opisywana przez gwiazdę, jest okręgiem koła, którego biegunem punkt P . Podobnie znajdziemy, że każda inna gwiazda opisuje okrąg koła, którego biegunem jest ten sam punkt P . Tak więc, drogi opisywane przez wszystkie gwiazdy są okręgami kół, leżącymi w płaszczyznach równoległych względem siebie, ztąd nazywają się one *równoleżnikami niebieskimi*. Ku punktowi P równoleżniki te są coraz mniejsze, tak, że nareszcie jedna z gwiazd, w bliskości punktu P będąca, pozostaje prawie nieruchomą, czyli opisuje równoleżnik bardzo mały.

Wszystkie gwiazdy dokonywają swoje drogi *równocześnie*, to znaczy, że każda z nich potrzebuje na dokonanie całego okręgu koła jednego i tegoż samego czasu. Nadto łuki opisywane przez każdą z gwiazd w równych przeciągach czasu są sobie równe, to jest, że ruch gwiazd jest *jednostajny*.

10. *Oś i bieguny świata*. Widzieliśmy poprzednio, że wszystkie gwiazdy nie zmieniając swego względnego położenia, opisują ze wschodniej strony ku zachodniej ruchem jednostajnym okręgi kół równoległe względem siebie, mające wspólny biegun P (fig. 8), na powierzchni kuli niebieskiej położony. Punkt ten P nazywa się *biegunem świata* i leży w bliskości prawie nieruchomej gwiazdy, tak zwaną *gwiazdą polarną*. Ona jest oznaczona głośką α w konstellacyi Małej Niedźwiedzicy. (Zobacz mapę gwiazd).

Inaczéj, można sobie wystawić, że cała kula niebieska, wraz ze wszystkimi gwiazdami na niej położonemi obraca się ze wschodniej strony ku zachodniej okolo linii prostéj, łączącej punkta O , czyli, co wszystko jedno, środek ziemi (3) z biegunem świata P ; linija ta nazywa się *osią świata*. Ona jest prostopadłą do płaszczyzn kół opisywanych przez gwiazdy i przechodzi przez środki wszystkich tych kół.

Oś świata przedłużona dostatecznie spotyka kulę niebieską w drugim punkcie P' , zwanym także *biegunem świata*. Biegun P u nas wyniesiony nad poziom nazywa się *biegunem północnym*; biegun zaś P' *biegunem południowym*.

11. *Południk*. Płaszczyzna $PZQP$ (fig. 8), poprowadzona przez liniją OZ pionową danego miejsca i oś świata OP nazywa się *plaszczyzną południkową* dla tegoż miejsca. Ona przecina kulę niebieską podług koła wielkiego nazwanego *południkiem niebieskim*, z poziomem zaś przecina się wzdłuż linii AQ zwanej *liniją południkową*.

Ponieważ płaszczyzna południkowa przechodzi przez liniją OZ , prostopadłą do poziomu i przez liniją OP prostopadłą do płaszczyzn kół opisywanych przez gwiazdy, zatem jest ona prostopadła do linii: GG^{IV} , HH' , JJ' , ... podług których koła te przecinają się z poziomem; dzieli tedy cięciwy GG^{IV} , HH' , JJ' , ... i łuki przez nie podparte na dwie części równe w punktach przecięcia się z temi łukami, t. j. te punkta przecięć przypadają w punktach G'' , H' , J' , ... w których gwiazdy dosięgają największej wysokości, gdyż jak wiemy, drogi $GG'' = G''G^{IV}$; $HH' = H'H'$, ... (9). Tak więc *każda gwiazda przechodząc przez południk*

danego miejsca, ma największą wysokość nad poziomem tegoż miejsca. Wysokość ta nazywa się *wysokością południkową* tej gwiazdy.

Słońce, zarówno jak gwiazdy, przechodząc przez południk danego miejsca, ma największą wysokość, i w tym punkcie droga jego nad poziomem odbywana, jest podzieloną na dwie równe części; ztąd to moment, w którym słońce przechodzi przez tę płaszczyznę nazywa się *południem*, a płaszczyzna ta *południkową*.

Ta własność południka, że on dzieli drogę gwiazdy na dwie części równe, służy do wyznaczenia jego położenia, zatem i do wyznaczenia położenia linii południkowej AQ , od której liczymy poziomoluki (6). Linija bowiem dzieląca na dwie części równe kąt, jaki z sobą czynią kierunki promieni ocznych OG i OG^{IV} idących do punktów wschodu i zachodu i gwiazdy, jest linią południkową. Podobnież linią południkową jest linija dzieląca na dwie równe części kąt zawarty pomiędzy kierunkami promieni ocznych Og' i Og'' , idącemi do spodków dwóch *wysokości odpowiednich* (9).

12. *Punkta główne poziomu.* Gdy staniemy na poziomie w punkcie O (fig. 8) tak, abyśmy za sobą mieli biegun północny P , punkt Q znajdujący się przed nami, nazywa się *południem*; punkt zaś A znajdujący się za nami *północą*. Linija BC prostopadła do linii południkowej AQ i przechodząca przez punkt O spotyka kulę niebieską z lewej strony w punkcie B nazwanym *wschodem*, gdyż w tej stronie nieba gwiazdy wschodzą; z prawej zaś strony w punkcie C nazwanym *zachodem*; w tej bowiem stronie nieba gwiazdy zachodzą. Wszystkie te cztery punkta nazywają się *punktami głównymi poziomu*.

13. *Doba gwiazdowa.* Czas, w ciągu którego jedna z gwiazd np. G (fig. 8) zacząwszy od punktu najwyżej położonego G' , obiega cały okrąg koła i wraca do tegoż punktu, zawsze jest jednakowy, i nazywa się *dobą gwiazdową*. Doba gwiazdowa może więc służyć za jednostkę do mierzenia czasu. Dzieli się ona na 24 równych części nazwanych *godzinami gwiazdowymi*; każda godzina dzieli się na 60 równych części zwanych minutami; każda minuta nareszcie na 60 równych części zwanych sekundami.

Przejście gwiazdy przez południk nad poziomem w punkcie G'' nazywa się *górowaniem gwiazdy*; przejście zaś jej pod poziomem przez południk w punkcie G^v nazywa się jej *dołowaniem*.

Dla gwiazd nie zachodzących pod poziom, punkta górowania i dołowania $L', L, K', K; \dots$ znajdują się nad poziomem. Widzieliśmy poprzednio, że znając wysokości południkowe gwiazdy nie zachodzącej pod poziom, czyli znając łuki AL' i AL wyznaczyć możemy wysokość bieguna, t. j. łuk AP .

$$AP = \frac{AL + AL'}{2}. \quad (9)$$

Ten łuk jest miarą kąta, jaki oś świata czyni z poziomem, zatem powiedzieć można, że *nachylenie osi świata do poziomu danego miejsca równa się połowie summy wysokości południkowych dla dowolnie obranej gwiazdy, niezachodzącej pod tenże poziom*. Dla obserwatorium Warszawskiego nachylenie to wynosi $52^\circ, 13', 5''$.

14. *Równik niebieski.* Płaszczyzna prostopadła do osi świata PP' (fig. 8) i przechodząca przez środek ziemi O przecina kulę niebieską podług okręgu koła

wielkiego RR' nazwanego *równikiem niebieskim*. Równik tedy jest największym równoleżnikiem niebieskim i dzieli kulę niebieską na dwie półkule, — ta z nich, w której leży biegun północny nazywa się *północną*, druga zaś *południową*. Z poziomem przecina się podług linii BC prostopadłej do linii południkowej AQ .

Gwiazda znajdująca się na równiku odbywa swój ruch dzienny po okręgu tegoż równika; 12 więc godzin gwiazdowych bawi nad poziomem i tyleż pod nim, ztąd koło to nazywa się *równikiem*. Gwiazdy znajdujące się na północnej półkuli bawią nad poziomem w ogóle więcej aniżeli 12 godzin, przeciwnie zaś gwiazdy położone na południowej półkuli bawią nad tymże poziomem mniej niż 12 godzin.

Wyniesieniem równika nad poziom danego miejsca, nazywamy kąt, jaki on czyni z tym poziomem. Kąt ten mierzy się łukiem południka RQ i jest równy kątowi POZ , jaki czynią z sobą linije do tych płaszczyzn prostopadle, czyli, że łuk $RQ =$ łukowi PZ . Ten ostatni łuk łatwo oznaczyć możemy, gdyż

$$PZ = AZ - AP = 90^\circ - AP,$$

łuk zaś AP już wyznaczyliśmy poprzednio (9 i 13).

15. *Kąt godzinowy*. Płaszczyzna $PGDO$ (Fig. 9)

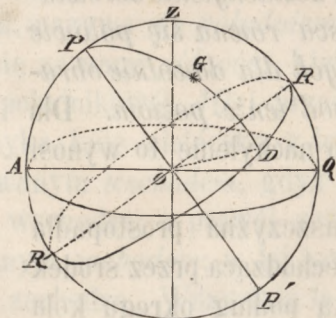


Fig. 9

przechodząca przez oś świata PP' i przez jaką bądź gwiazdę G , nazywa się *płaszczyzną godzinową* dla tej gwiazdy; kąt zaś, jaki ona czyni z południkiem $PZQP'A$, mierzący się łukiem równika RD , nazywa się *kątem godzinowym*.

Gwiazda G , wraz z płaszczyzną godzinową, zacząwszy od południka opisuje w ciągu jednej doby gwiazdowej ze wschodu na zachód cały okrąg koła, czyli 360° w ciągu 24 godzin, co daje 15° na każdą godzinę gwiazdową, — z kądem też kąt ten nazywa się *godzinowym*.

ROZDZIAŁ III.

Ruch wirowy ziemi.

Treść: Niemożliwość dziennego obrotu całej kuli niebieskiej. — Ziemia obraca się około osi. — Bieguny, równik i południki ziemskie. Ruch wirowy ziemi wyjaśnia w zupełności pozorny obrót gwiazd. — Trojaki położenie kuli niebieskiej.

16. *Niemożliwość dziennego obrotu całej kuli niebieskiej.* Powiedzieliśmy, (10), że cała kula niebieska wraz ze wszystkimi gwiazdami, które zdają nam się być stale do niej przytwierdzonemi, odbywa w ciągu każdej doby gwiazdowej ruchem jednostajnym jeden obrót około osi świata t. j. około linii przechodzącej przez oba bieguny świata i środek ziemi.

Lecz gwiazdy są to oddzielne ciała niebieskie rozrzucone w przestrzeni i odległe od nas na miliony milionów mil, te więc z nich, które leżą w okolicy równika opisują w ciągu 24 godzin okręgi kół o tak niezmiernym promieniu, zatem z prędkością niezmierną. Okręgi te zmniejszają się stopniowo idąc ku biegunom, prędkość więc obrotu gwiazd przybiegunowych stopniowo się zmniejsza.

Gdy przyjmujemy, że kula niebieska obraca się, przyjąć należy, że wszystkie bez wyjątku gwiazdy rozsiane w przestrzeni, jakby umówione obiegają w jednym kierunku większe okręgi kół z niezmierną prędkością, mniejsze zaś z prędkościami stopniowo mniejszemi, tak, że obrót całkowity każdej z gwiazd trwa jeden i ten sam czas. Nadto oś tego ogólnego obrotu przechodzi przez środek ziemi, która w porównaniu z odległością gwiazd jest tylko bardzo małym pyłkiem.

17. *Obrót ziemi około osi.* Hipoteza więc obrotu dziennego całej kuli niebieskiej jest niemożliwą i dla tego Kopernik, astronom polski, (zmarły w 1543 r.) przekonał, że nie gwiazdy obracają się ze wschodu na zachód około osi świata, lecz *ziemia około tejże osi obraca się w przeciwną stronę, t. j. z zachodu na wschód i wykonywa ruchem jednostajnym jeden całkowity obrót w ciągu doby gwiazdowej.*

Niech $PZRP'$ (Fig. 10) będzie kulą niebieską, $pzrp'r'$ kulą ziemską; wspólnym ich środkiem jest punkt O . Punkta p i p' , w których oś świata PP' spotyka powierzchnię ziemi nazywają się *biegunami ziemi*. Biegun p jest północny, p' południowy. Płaszczyzna południka niebieskiego $PZRP'$ (11.) przecina ziemię podług *południka ziemskiego $parp'$* . Zatem południk ziemski dla danego miejsca przechodzi także przez linię pionową tego miejsca i oś ziemi. Podobnie płaszczyzna równika niebieskiego RR' spotyka

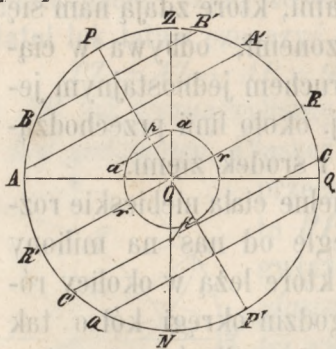


Fig. 10.

południk ziemski dla danego miejsca przechodzi także przez linię pionową tego miejsca i oś ziemi. Podobnie płaszczyzna równika niebieskiego RR' spotyka

ziemię według *równika ziemskiego* rr' . Ziemia obraca się około osi świata PP' , czyli około swój osi pp' , każdy punkt jój powierzchni opisuje w ciągu 24 godzin gwiazdowych okrąg koła równoległy od równika i nazwany *równoleżnikiem* tego punktu; — równoleżnikiem punktu a jest koło aa' .

18. *Ruch obrotowy ziemi wyjaśnia obrót kuli niebieskiej*. Hipoteza Kopernika obrotu ziemi około osi, stwierdzona w późniejszych czasach różnemi zjawiskami fizycznemi (*), jest daleko prostszą od tamtej i w zupełności wyjaśnia opisany wyżej ruch dzienny całej kuli niebieskiej.

W samej rzeczy nam wydaje się, że jesteśmy w spoczynku, nie czujemy bowiem ruchu ziemi, w którym zarówno biorą udział wszystkie przedmioty ziemskie otaczające nas, jako to: drzewa, domy, góry, obłoki i t. p. Ruch zaś, jaki posiadamy, przypisujemy gwiazdom w stronę przeciwną. Toż samo doznaje każdy, gdy np. płynie łódką po spokojnej wodzie. Własnego ruchu nie czuje, ztąd wydaje mu się, że brzegi w przeciwną stronę poruszają się.

Niech powierzchnia ziemi będzie DOC (Fig. 11).

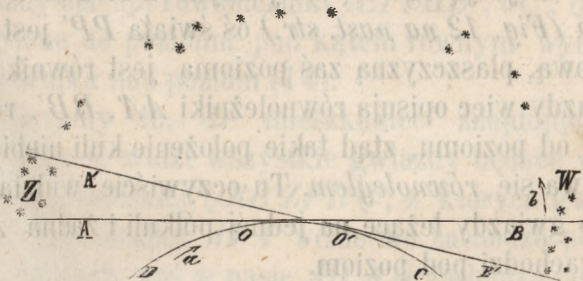


Fig. 11.

(*) Patrz notę 1.

Dla dostrzegacza znajdującego się w punkcie O poziom jest AB . na którym W oznacza wschodnią, Z zachodnią stronę nieba. Gdy ziemia obróci się nieco z zachodu na wschód, punkt O przejdzie do O' i poziom AB przyjmie położenie $A'B'$. Wskutek tego dostrzegacz znajdujący się w punkcie O' ujrzy na wschodniej stronie poziomu wznoszące się gwiazdy, na zachodniej zaś stronie gwiazdy będą stopniowo zakrywane przez poziom. Tak więc obrót ziemi z zachodu na wschód w kierunku strzałki a , sprowadza pozorny obrót gwiazd w kierunku strzałki b ze wschodu na zachód.

Poprzednio uważaliśmy południk za stały, i mówiliśmy, że płaszczyzna godzinowa (15) danej gwiazdy, obracając się wraz z nią ze wschodu na zachód co 24 godzin przechodzi przez tenże południk. Właściwie teraz powiedzieć należy, że gwiazda pozostaje nieruchomą, południk zaś obracając się wraz z ziemią z zachodu na wschód wstępuje w płaszczyzny godzinowe kolejnych gwiazd i przechodzi co 24 godzin przez płaszczyznę godzinową każdej z gwiazd.

19. *Trojakię położenie kuli niebieskiej.* Dla mieszkańca znajdującego się na jednym z biegunów ziemi np. p (Fig. 12 na nast. str.) oś świata PP' jest linią pionową, płaszczyzną zaś poziomą jest równik RR' . Gwiazdy więc opisują równoleżniki AA' , BB' , równoległe od poziomu, ztąd takie położenie kuli niebieskiej nazywa się *równoległem*. Tu oczywiście widziane są tylko gwiazdy leżące na jednej półkuli i żadna z nich nie zachodzi pod poziom.

Dla mieszkańca znajdującego się w punkcie r (Fig. 13 na nast. str.) na równiku rr' , bieguny świata

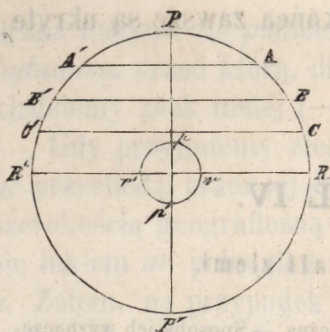


Fig. 12.

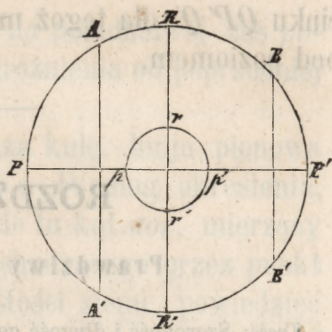


Fig. 13.

P i P' znajdują się na poziomie. Gwiazdy opisują tedy równoleżniki AA' , BB' , ... prostopadłe do poziomemu: z kądem takie położenie kuli niebieskiej nazywa się *prostym*. W tem położeniu wszystkie gwiazdy są widziane, każda z nich bawi jednakowy przeciąg czasu nad poziomem i pod nim, mianowicie po 12 godzin.

Nakoniec *ukośne* położenie kuli niebieskiej mają mieszkańcy każdego punktu położonego na powierzchni ziemi pomiędzy równikiem i biegunami. I tak, dla mieszkańca znajdującego się w punkcie a (fig. 10) linija pionowa jest OaZ , poziom zaś jest AQ . Jeżeli osią świata jest linija PP' , to RR' jest równikiem. Gwiazdy opisują równoleżniki AA' , BB' , CC' , QQ' , ... nachylone do poziomemu pod kątem równym wyniesieniu równika nad poziom (14).

Uważmy tu, że mieszkaniec znajdujący się w punkcie a , widzi wszystkie gwiazdy będące w części kuli niebieskiej $QRB'ZPR'Q'$, z których gwiazdy zawarte w odcinku APA' wcale nie zachodzą pod poziom, zawarte zaś w pasie $AQ'A'Q$ zachodzą pod tenże poziom i bawią tam tem dłużej, czem bliżej leżą punktu południa Q . Gwiazdy nareszcie będące w od-

cinku $QP'Q'$ dla tegoż mieszkańca zawsze są ukryte pod poziomem.

ROZDZIAŁ IV.

Prawdziwy kształt ziemi.

Treść: Szerokość i długość geograficzna. — Sposoby ich wyznaczenia dla danego miejsca powierzchni ziemi. — Sferoidalny kształt ziemi. Globus i karty geograficzne.

20. *Szerokość i długość geograficzna.* Położenie punktu na powierzchni ziemi danego, wyznacza się w zupełności za pomocą dwóch kątów, czyli łuków kół wielkich mierzących te kąty, mianowicie szerokości i długości geograficzej. I tak, dajmy na to, że chcemy wyznaczyć położenie punktu a (Fig. 14) znaj-

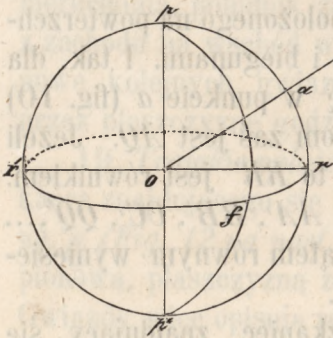


Fig. 14.

dującego się na powierzchni ziemi, dla której p i p' są biegunami, rr' równikiem. Poprowadźmy przez ten punkt a płaszczyznę południkową $aprpr'$ t. j. płaszczyznę przechodzącą przez oś ziemi pp' i linię pionową danego miejsca az (17). Kąt, jaki czyni linija pionowa az z płaszczyzną równika rr' nazywa się szerokością geograficzną punktu a . Kąt ten liczy się od 0° do 90° idąc od równika ku biegunowi. Dla punktów leżących na północnej półkuli, szerokość geogra-

ficzna nazywa się *północną*, na południowej zaś *południową*, przed którą, dla odróżnienia od poprzedniej kładziemy znak mniej (—).

Gdy przyjmiemy ziemię za kulę, linija pionowa *az* przechodzi przez jej środek *o*. Według określenia, szerokością geograficzną będzie tu kąt *aor*, mierzący się łukiem *ar* południka przechodzącego przez punkt *a*. Zatem, na przypadek kulistości ziemi, powiedziec można, że *szerokość geograficzna danego miejsca jest to odległość tegoż miejsca od równika, mierzona łukiem południka przez ten punkt przechodzącego*.

Szerokość geograficzna nie jest dostateczną do wyznaczenia danego punktu, jeszcze znać należy położenie płaszczyzny południkowej przechodzącej przez tenże punkt. Położenie to wyznacza się przez kąt, jaki taż płaszczyzna *parp'r'* czyni z płaszczyzną południka przyjętego za *pierwszy*. Zwykle za południk pierwszy przyjmują południk przechodzący przez wyspę Feroer, jedną z wysp Kanaryjskich, najbardziej na zachód położoną. Francuzi za południk pierwszy przyjmują południk przechodzący przez Obserwatorium paryzkie; Anglicy zaś, południk przechodzący przez obserwatorium w Greenwich (Griniez).

Przypuśćmy, że południkiem pierwszym jest *pfp*. Kąt, jaki czyni płaszczyzna południka przechodzącego przez dane miejsce z płaszczyzną południka pierwszego, nazywa się *długością geograficzną*, która na przypadek kulistości ziemi ma za miarę łuk równika *fr*. Długość liczy się od 0° do 180° w obie strony od pierwszego południka zacząwszy i jest wschodnią dla miejsc na wschodniej półkuli położonych, zachodnią zaś dla miejsc na zachodniej półkuli położonych

21. *Wynajdywanie szerokości geograficznej.* Szerokość geograficzną danego miejsca znajduje się na mocy następującej prawdy: *Szerokość geograficzna danego miejsca jest równa wzniesieniu bieguna nad poziom tegoż miejsca, czyli kątowi jaki oś świata czyni z tym poziomem.*

W samej rzeczy, płaszczyzna równika jest prostopadła do osi świata, linija zaś pionowa jest prostopadła do poziomu, zatem kąt, jaki czyni linija pionowa z równikiem, t. j. szerokość geograficzna, równa się kątowi, jaki oś świata czyni z poziomem (C. n. d.).

Toż samo okażemy na figurze. Przyjmijmy ziemię za kulę $parp'r'$, (Fig. 15), której środek jest O ; niech $PZRPR'$ będzie kulą niebieską, PP' oś świata, RR' płaszczyzna równika. Dla punktu a położonego na powierzchni ziemi, linija pionowa jest aZ , poziom zaś jest płaszczyzna AQ , zatem szerokość geograficzna tego punktu a jest kąt ZOR . Kąt zaś POA jest wzniesieniem bieguna nad poziom tegoż punktu a , czyli nachyleniem osi świata do poziomu. Łatwo dowieść, że kąt $ZOR = POA$. W samej rzeczy kąty:

$$ZOR + ZOP = 90^{\circ}$$

$$AOP + ZOP = 90^{\circ},$$

z kądem otrzymujemy

$$ZOR + ZOP = AOP + ZOP;$$

odjąwszy wspólnie ZOP , będzie:

$$ZOR = AOP. \quad (\text{C. n. d.})$$

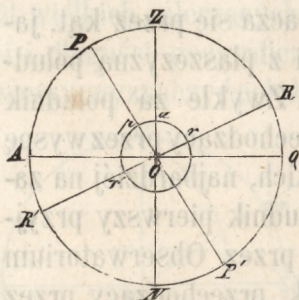


Fig. 15.

Na mocy tego, dla każdego punktu danego na powierzchni ziemi, można wyznaczyć szerokość geograficzną; dość jest znaleźć nachylenie osi świata do poziomu tegoż miejsca za pomocą sposobu wyżej podanego (13). Dla Obserwatorium Warszawskiego szerokość geograficzna wynosi $52^{\circ}13'5''$.

22. *Wynajdywanie długości geograficznej.* Mówiliśmy poprzednio (13), że za jednostkę do mierzenia czasu może służyć doba gwiazdowa, t. j. czas, w ciągu którego kula niebieska, swym biegiem pozornym dziennym ze wschodu na zachód, wykonywa jeden całkowity obrót. Początek doby rachuje się na każdym miejscu zacywszy od chwili, w której pewien punkt na kuli niebieskiej położony przechodzi przez południk tegoż miejsca (*).

Zobaczymy następnie (29), jaki to punkt został obrany, tymczasem możemy sobie wystawić, że tym punktem jest pewna znana nam gwiazda.

Tak więc początek doby, czyli $O_{\text{god.}}$ $O_{\text{m.}}$ $O_{\text{s.}}$ nie ma miejsca o jednej chwili na całej powierzchni ziemi. Punkt, o którym mówiliśmy, wraz z całą kulą niebieską ma ruch jednostajny ze wschodu na zachód, przechodzi więc wcześniej przez południki miejsc leżących na wschód, następnie wstępuje w kolejne południki miejsc ku zachodowi położonych, a ponieważ ten punkt w ciągu 24 godzin opisuje cały okrąg koła t. j. 360° , zatem w ciągu 1 godziny, opisuje łuk 15° , w ciągu 1^m czasu opisuje $15'$ (łuku), w ciągu nareszcie 1^s czasu opisuje $15''$ (łuku).

(*) Astronomowie liczą od téj chwili 24 godzin w dobie, nie dzieląc jej na dwie części równe zawierające po 12 godzin, jak to ma miejsce w zwykłej rachubie czasu.

Ztąd też i początek doby w tym samym stosunku wcześniej wypada w miejscach ku wschodowi położonych, później zaś w miejscach położonych ku zachodowi. I tak, w miejscu leżącym pod południkiem, czyniącym z południkiem Warszawskim 15° ku wschodowi, początek doby wypada wcześniej o godzinę, zatem i czas liczy się tam o godzinę wcześniej, np. gdy u nas 8^{ma} godzina, tam rachują 9^{ta} godzinę. Odwrotnie, pod południkami na zachód położonemi, początek doby, zatem i czas rachuje się później (*).

Znając różnicę pomiędzy czasami rachowanemi w dwóch danych miejscach, można znaleźć kąt, jaki czynią z sobą ich południki, czyli długość geograficzną jednego z tych miejsc względem drugiego (**). Aby

(*) *Zadanie.* Która jest godzina pod południkiem, czyniącym z południkiem Warszawskim $6^\circ 7' 21''$ ku zachodowi, gdy w Warszawie od początku doby ubiegło $13^{\text{god}} 15^{\text{m}} 17^{\text{s}}$?

Oczywistém jest, że od tego czasu *odjąć* należy czas potrzebny na przebycie łuku $6^\circ 7' 21''$ przez punkt na kuli niebieskiej położony.

15°	$1^{\text{god.}}$		
1°	$4^{\text{m.}}$, więc 6°	$24^{\text{m.}}$	
$1'$	4^{s} więc $7'$	$28^{\text{s.}}$	
$1''$	$\frac{1^{\text{s}}}{15}$ więc $21''$	$1^{\text{s}}, 4.$	

$24^{\text{m.}} 29, 4$ czasu.

Po odjęciu, otrzymamy, że pod tym południ. jest $12^{\text{god}} 50^{\text{m}} 47^{\text{s}}, 6.$

(**) *Zadanie.* W pewnym miejscu jest $10^{\text{god}} 15^{\text{m}} 23^{\text{s}}$, gdy w Warszawie w tej samej chwili jest $12^{\text{god}} 27^{\text{m}} 18^{\text{s}}$. Jaki kąt czyni południk tego miejsca z południkiem Warszawskim?

Ponieważ czas w tem miejscu rachuje się później aniżeli w Warszawie o $1^{\text{god}} 11^{\text{m}} 55^{\text{s}}$, zatem południk tego miejsca jest położony *na zachód* od południka Warszawskiego i czyni z nim kąt odpowiadający téj różnicy czasów:

1^{god}	15° , atemz	2^{god}	30°
1^{m}	$15'$	11^{m}	$2^\circ 45^{\text{m}}$
1^{s}	$15''$	55^{s}	$13^{\text{m}} 45^{\text{s}}$
			$32^\circ 58^{\text{m}} 45^{\text{s}}$

Kąt ten wynosi $32^\circ 58^{\text{m}} 45^{\text{s}}$

wynaleźć różnicę czasów dla dwóch danych miejsc, dość jest mieć w tych miejscach dokładne zegary astronomiczne sprawdzone z ruchem gwiazd, i naznaczyć na każdym z nich czas, w którym dostrzeżono jedno i toż samo zjawisko, widziane z obu tych miejsc jednocześnie.

Cała trudność zależy jedynie na obraniu zjawiska jednocześnie widzianego z obu miejsc. Takim na przykład, jest zaćmienie księżyca, widziane w tym samym momencie z każdego punktu jednej półkuli ziemi, i t. p.

Niekiedy urządzają sztuczne sygnały. Zwykle są to ognie wysoko umieszczone, mogące być z obu miejsc jednocześnie widziane. W ostatnich czasach zaczęto używać telegrafu do dania jednoczesnego sygnału na dwóch miejscach.

Różnicę czasów, odpowiadających dwóm danym miejscom, można także znaleźć przewożąc chronometr dokładny, wskazujący czas jednego miejsca, na drugie, i tam porównywając go z miejscowym chronometrem.

Zwykle wszakże, szczególnie na morzu, wyznacza się długość geograficzną za pomocą znanych położenia księżyca i gwiazd.

23. *Rzeczywisty kształt ziemi.* Dotąd przyjmowaliśmy, że ziemia ma kształt kuli, na co stawiane przez nas dowody nie były ścisłymi (1). Aby ze wszelką możliwą ścisłością wyznaczyć istotny kształt ziemi, należy w różnych miejscach na powierzchni ziemi obranych, zmierzyć *długość linii południkowej zawartej pomiędzy dwoma punktami, których szero-*

kości geograficzne różnią się na 1° . Taka długość nazywa się *długością jednego stopnia południka*.

Jeżeli te długości jednego stopnia południka wszędzie będą jednakowe, to ziemia ma ściśle kształt kuli; w przeciwnym zaś razie wniesć należy, że ziemia ma inny kształt.

Zanim podamy długości stopnia południkowego, otrzymane w różnych miejscach powierzchni ziemi, wskażemy zasady *trójkątowania* (triangulacyi), za pomocą którego pomiary tego rodzaju dokonywają się.

Niech AB (Fig 16.) będzie kierunkiem linii południkowej danej do zmierzenia. Z obu jej stron obiera się pewną liczbę punktów C, D, E, F i t. d. W każdym z nich mierzą się kąty, jakie czynią z sobą kierunki linii łączących te punkta; np. w punkcie C mierzą się kąty ACD, DCE , i tak w innych punktach. Prócz tego mierzy się z jak największą ścisłością długość jednej z tych linii np. AC i ta wtedy nazywa się *podstawą*.

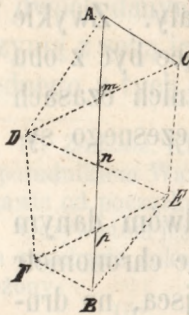


Fig. 16.

Za pomocą tych danych można rozwiązać wszystkie trójkąty ACD, DCE, DEF, \dots , czyli znaleźć wszystkie ich części. W samej rzeczy, w trójkącie ACD , mając bok AC i kąty przy A i C dane, możemy obliczyć wszystkie pozostałe jego części, zatem i bok DC ; podobnie w trójkącie DCE mając bok DC i kąty przy D i C , możemy obliczyć pozostałe jego części i t. d. Następnie możemy rozwiązać cząstkowe trójkąty ACm, mDn, nEp i t. d. czyli znaleźć długości Am, mn, np i pB , których summa stanowi szukaną długość AB .

Za pomocą podanych już sposobów (21) znaleźć możemy szerokości geograficzne punktów *A* i *B*. Różnica tych szerokości jest liczbą stopni zawartych w łuku *AB*. Gdy podzielimy otrzymaną długość łuku *AB* przez liczbę stopni w nim zawartych, znajdziemy w wypadku długość jednego stopnia południkowego.

Takie pomiary poczyniono pod różnemi szerokościami geograficznemi; *Bouguer* i *La-Condamine* udali się w 1736 roku do Peru dla zmierzenia stopnia południkowego w bliskości równika. Jednocześnie, w tym samym celu, *Maupertuis* i *Clairaut* udali się ku biegunowi północnemu do Laponii. Na pół wieku przedtém, *Picard* wymierzył długość stopnia południkowego we Francyi. Wypadki, otrzymane przez nich na długość jednego stopnia południka, są następujące:

w Peru	64009	sążni
we Francyi	64359	„
w Laponii	64767	„

W późniejszych czasach dokonano podobne pomiary w różnych miejscach powierzchni ziemi na znacznych rozciągłościach. Wszystkie wypadki otrzymane zgodnie okazują, że *długość jednego stopnia południka powiększa się w miarę zbliżania się od równika ku biegunowi*.

Z tych wypadków wniesć należy, że ziemia nie jest ściśle kulistą, ale jest nieco spłaszczoną pod biegunami, wypukłą zaś pod równikiem i ma kształt *sferoidy*, czyli bryły utworzonej obrotem elipsy (*) *prp'r'*

(*) Patrz notę 2.

(Fig. 17) około osi mniejszej pp' . Ta oś jest zara-

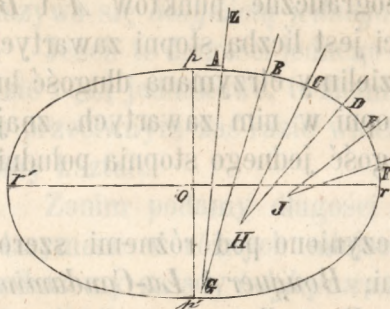


Fig. 17.

zarem osią ziemi,— punkta p i p' są biegunami ziemi, oś zaś większa rr' jest średnicą równika.

W samej rzeczy, gdy przyjmiemy, że ziemia ma kształt sferoidy, każde jej przecięcie płaszczyzną przechodzącą przez oś pp' , czyli każ-

dy południk jest elipsą $ppp'r$. Obierzmy na takim południku trzy długości AB , CD i EF , z których każda odpowiada jednemu stopniowi. Każdy więc z kątów AGB , CHD , EIF zawartych pomiędzy linijami pionowymi poprowadzonymi w końcach tych długości, jest równy 1° . Ponieważ elipsa jest więcej wypukłą w końcach osi wielkiej rr' , niżeli w końcach osi małej pp' , zatem te pionowe nie przecinają się w jednym punkcie np. w środku O , lecz punkta ich przecięć wypadają tém dalej od obwodu elipsy, im bliżej bieguna znajdują się te długości. Ztąd też łuki AB , CD , EF , które można przyjąć za łuki kół zakreślone z wierzchołków G , H , I , nie są sobie równe, lecz jako zawarte pomiędzy ramionami kątów równych, są tém większe, im większym promieniem są zakreślone. I tak: łuk AB , jest większy od CD , a ten znowu jest większy od EF . Tak więc kształt sferoidalny ziemi zgadza się z otrzymanymi wypadkami na długość jednego stopnia południka.

Za pomocą rachunku zdołano wyznaczyć dokładnie sferoidalny kształt ziemi, i zarazem znaleziono, że



połowa osi większej Or , czyli promień równika, który oznaczmy przez a , jest:

$$a = 3690609 \text{ sążni.}$$

Półowę osi mniejszej Op oznaczmy przez b , znalezione, że

$$b = 8367272 \text{ sążni.}$$

Splaszczaniem ziemi nazywamy stosunek

$$\frac{a-b}{a},$$

który podług tych danych jest równy $\frac{1}{299}$ prawie.

Wiedziemy ztąd, że splaszczanie ziemi jest bardzo małe. W samej rzeczy, gdy wystawimy sobie kulę, której promień równika wynosi 299 linii (nieco więcej niż 1 lokieć), to dla przedstawienia kształtu ziemi, promień przy biegunie powinien być tylko o jedną linię krótszy, czyli zawierać 298 linii.

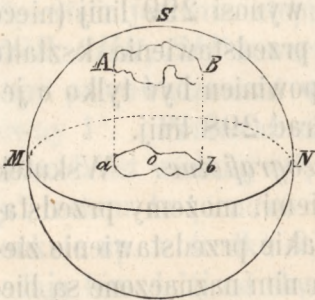
24. *Globus i Karty geograficzne.* Wskutek bardzo małego splaszczania ziemi, możemy przedstawić jej kształt przez kulę. Takie przedstawienie ziemi nazywa się *globusem*. Na nim naznaczone są bieguny, równik, południki, równoleżniki i t. p. Granice części świata, mórz, i t. d. wyznaczają się w taki sposób, że każdy punkt na powierzchni ziemi będący przenosi się na globus, za pomocą znanych jego szerokości i długości geograficzej.

Przedstawienie ziemi, lub też jej części tylko na płaszczyźnie, nazywa się *mappą* lub *kartą geograficzną*. Ponieważ ziemia jest kulą, a powierzchnia kuli nie może być rozwiniętą na płaszczyznę bez rozerwania lub też zagięcia, zatem obmyślono sposoby kreślenia powierzchni ziemi na płaszczyźnie, starając się o to,

żeby kształty figur, znajdujących się na powierzchni ziemi, zostały jak najmniej zmienione na karcie. W każdym z tych sposobów nakreślić należy przedewszystkiém tak nazwaną siatkę mapy t. j. południki i równoleżniki równooddalone od siebie, następnie łatwo jest w odpowiednich kratkach téj siatki dokonać mapy, przenosząc na nie różne punkta powierzchni ziemi.

Wymienimy tu główniejsze sposoby kreślenia map:

1^{szy} Sposób, za pomocą tak zwanego *rzutu ortograficznego*. Tutaj za płaszczyznę karty obieramy płaszczyznę MN (Fig. 18) przechodzącą przez środek ziemi O . Aby na niej przedstawić figurę AB znajdującą się na powierzchni ziemi, należy z każdego punktu na obwodzie téj figury położonego, poprowadzić linię prostą do płaszczyzny MN . Spodki wszystkich tych prostych na płaszczyźnie MN , dadzą nam figurę ab ,

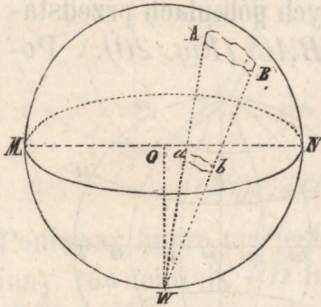


(Fig. 18)

będącą ortograficzném przedstawieniem danéj figury na mappie. Za płaszczyznę mapy możemy obrać równik, lub też jeden z południków, lub nareszcie dowolną inną płaszczyznę. Dajmy na to, że chcemy tym sposobem wykonać mapę całej kuli ziemskiej, biorąc za płaszczyznę mapy południk pierwszy. Oczywiście jest, że w tym razie równik przedstawi się na mappie jako linija prosta, południki zaś jako linije krzywe (elipsy) przechodzące przez oba bieguny.

Rzut ortograficzny ma tę niedogodność, że figury znajdujące się w bliskości płaszczyzny MN mają na karcie znacznie zmieniony kształt, gdy zaś figury około S leżące prawie wcale nie są zmienione.

2-gi Sposób jest za pomocą tak zwanego rzutu stereograficznego. Niech płaszczyzną karty będzie płaszczyzna MN (Fig. 19) przechodząca przez środek



(Fig. 19)

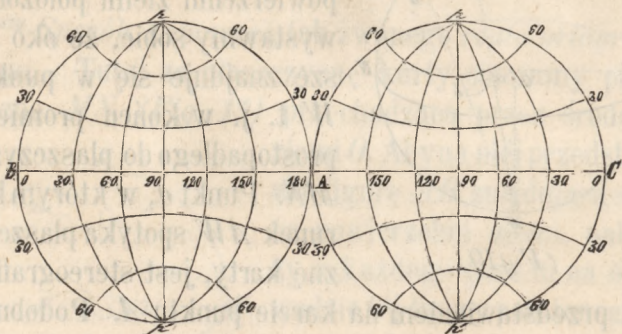
ziemi O . Dla przedstawienia na tej karcie figury AB na powierzchni ziemi położonej, wystawmy sobie, że oko nasze znajduje się w punkcie W t. j. w końcu promienia prostopadłego do płaszczyzny MN . Punkt a , w którym kierunek AW spotyka płaszczyznę karty, jest stereograficznym przedstawieniem na karcie punktu A . Podobnie punkt b jest przedstawieniem punktu B i t. d. dla każdego punktu.

Kreślenie mapp tym sposobem, uskutecznia się na mocy dwóch własności rzutu stereograficznego; mianowicie: 1° Każde koło jakkolwiek położone na powierzchni ziemi przedstawia się na karcie jako koło. Gdy płaszczyzna koła przechodzi przez punkt oka, wtedy okrąg tego koła przedstawia się na karcie jako linija prosta. 2° Wszelkie dwie linije przecinające się na karcie czynią w punkcie przecięcia się taki sam pomiędzy sobą kąt, jak w tym punkcie czynią odpowiadające im linije na powierzchni ziemi położone. Na mocy tych dwóch własności, karta wykreślona za pomocą rzutu stereograficznego, daje figury podobne do figur na po-

Wykład Kosmografii.

wierzchni ziemi położonych, co stanowi ważną dogodność tego rodzaju mapp.

Zwykle za pomocą rzutu stereograficznego wykonywa się mappa całej powierzchni ziemi w taki sposób, że za płaszczyznę karty obiera się południk pierwszy, każda zaś z półkul tak wschodnia, jak i zachodnia przedstawia się na téj karcie za pomocą rzutu stereograficznego. Równik na obu tych półkulach przedstawiony jest przez linię prostą *BAC* (Fig. 20). Po-

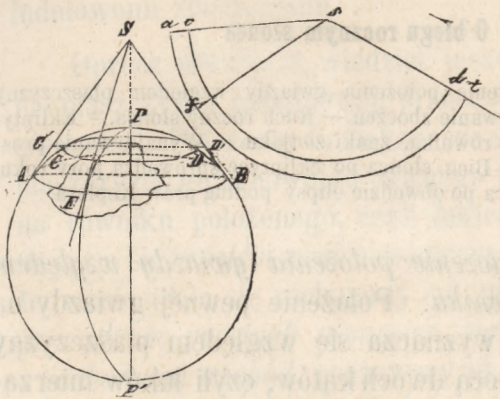


(Fig. 20)

łudniki zaś są to łuki kół przechodzące przez bieguny p i p' ;— jeden z tych południków na 90° odległy od południka pierwszego, jest linią prostą pp' . Równoleżniki nakoniec są także łukami kół prostopadłymi do południków w punktach wzajemnych przecięć się.— Mając taką siatkę równoleżników i południków, łatwo te kratki zapełnić, przenosząc na nie odpowiednie punkta powierzchni ziemi.

3-ci Sposób: Gdy idzie o zrobienie mappy nie bardzo znacznej części powierzchni ziemi, np. jakiego kraju, wtedy odbywa się to najczęściej za pomocą tak zwanego *rozwiniecia ostrokregu*.

Przypuśćmy, że AB (Fig. 21) jest równoleżnikiem



(Fig. 21)

średnim dla tego kraju (równooddalonym od obu skrajnych). Poprowadźmy ostrokąg ASB styczny do kuli ziemskiej wzdłuż tego równoleżnika AB .

Ponieważ figura nie jest zbyt rozległa, zatem każdy inny równoleżnik CD bardzo mało różni się od koła $C'D'$, otrzymanego z przecięcia ostrokągu przedłużoną płaszczyzną tego równoleżnika. Płaszczyzna południka PFP' przedłużona, spotka ostrokąg podług tworzącej SF . Przetnijmy ten ostrokąg wzdłuż jednej z tworzących, np. SA , i rozwińmy go na płaszczyznę; — z rozwinięcia tego otrzymamy wycinek kołowy sab , w którym $sa = SA$ i łuk $ab =$ okregowi AB . Łuk ten przedstawia na mapie równoleżnik AB . Każdy inny równoleżnik CD jest przedstawiony przez łuk współśrodkowy cd , przyczem $sc = SC'$. Każdy zaś południk jest przedstawiony przez linię prostą; i tak: południk PFP' przez linię prostą sf i t. d. Takim sposobem można nakreślić siatkę dostatecznie blizkich równoleżników i południków.

Gdy mamy do nakreślenia mapę kraju leżącego pod równikiem, ostrokąg zamienia się na walec styczny do kuli ziemskiej wzdłuż równika.

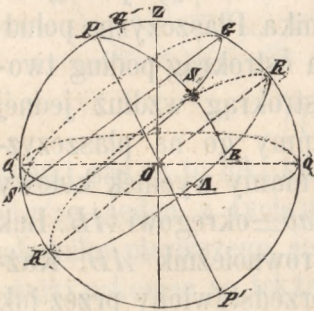
ROZDZIAŁ V.

O biegu rocznym słońca.

Treść. Wyznaczenie położenia gwiazdy względem płaszczyzny równika.— Wynajdywanie zbroczeń.— Ruch roczny słońca.— Ekliptyka, jej nachylenie do równika, znaki zodiaku.— Wynajdywanie prostych wzniesień się.— Bieg słońca po ekliptyce sprowadza pory roku.— Pozorny bieg słońca po obwodzie elipsy podług praw Keplera.

25. *Wyznaczenie położenia gwiazdy względem płaszczyzny równika.* Położenie pewnej gwiazdy na kuli niebieskiej wyznacza się względem płaszczyzny równika za pomocą dwóch kątów, czyli łuków mierzących te kąty. Łuki te nazywają się *zbroczeniem i prostym wzniesieniem się.*

Przypuśćmy, że punkt O (Fig. 22) jest środkiem ziemi i zarazem kuli niebieskiej, na której P i P' są biegunami świata, RR' jest równikiem, Z zenitem danego punktu na powierzchni ziemi. Aby do płaszczyzny równika odnieść gwiazdę S na kuli niebieskiej położoną, poprowadźmy przez oś świata PP' i przez tę gwiazdę S płaszczyznę godzinową, ta przetnie się z kulą niebieską podług okręgu ko-



(Fig. 22)

ła wielkiego PSB . Łuk SB , mierzący odległość gwiazdy S od równika, jest *zbroczeniem tej gwiazdy.*

Zbroczenia rachują się od równika ku biegunom zaczawszy od 0° do 90° , — i mogą być północne i południowe, w miarę tego, czy gwiazda S leży na półkuli północnej, czy też południowej; dla odróżnienia

tych zboczeń, kładziemy znak *mniej* (—) przed południowemi zboczeniami.

Oprócz zboczenia, wiedzieć jeszcze należy położenie płaszczyzny godzinowej, przechodzącej przez daną gwiazdę. Położenie to wyznacza się przez odległość płaszczyzny godzinowej od pewnego punktu stałego A , na równiku położonego, czyli łukiem AB . Łuk ten nazywa się *prostém wzniesieniem się gwiazdy S*. Proste wzniesienia się rachujemy od punktu A , zwanego *początkiem prostych wzniesień się*, wzdłuż równika z zachodu na wschód, począwszy od 0° wkoło do 360° . Zobaczymy następnie (29), jakie znaczenie ma punkt A , położony na równiku.

26. *Wynajdywanie zboczeń*. Aby znaleźć zboczenie danej gwiazdy S (Fig 22), uważmy, że ona przy ruchu dziennym opisuje koło SGS' równoległe od równika, jój więc zboczenie nie zmienia się w ciągu tego ruchu, tak, że w chwili jój przejścia przez południk danego miejsca $ZRP'PZ$ w punkcie G , zboczeniem tém jest łuk $GR=SB$. Lecz:

$$GR=ZR-GZ.$$

Na przypadek, gdy gwiazda góruje między zenitem Z i biegunem P , np. w punkcie G' , wtedy

$$G'R=ZR+G'Z.$$

Łuk ZR jest szerokością geograficzną danego miejsca, zatem jest ilością wiadomą. Łuk zaś GZ lub $G'Z$ jest odległością gwiazdy od zenitu w chwili jój przejścia przez południk danego miejsca. Łuk ten GZ można wyznaczyć za pomocą teodolitu (7), lecz daleko dogodniejszym do tego użytku jest tak zwane *ko-*

ło mrowe. Jest-to koło pionowe *MN* (Fig. 23), usta-



(Fig. 23)

wione dokładnie w płaszczyźnie południka danego miejsca, i osadzone zwykle w murze, ztąd mrowem zwane. Obwód tego koła jest podzielony na stopnie, zaczawszy od linii pionowej *OZ*; w płaszczyźnie jego obraca się luneta *LL'* około środka *O*. Gdy gwiazda przechodzi przez południk danego miejsca, kierujemy na nią lunetę;

luk mierzący kąt *ZOG* jest odległością téj gwiazdy od zenitu w chwili jój przejścia przez południk.

27. *Ruch roczny słońca.* Mówiąc o ruchu dziennym gwiazd, widzieliśmy, że one (10) opisują koła równoleżne. Każda więc gwiazda w ciągu tego ruchu nie zmienia swój odległości od równika, czyli jój *zbożenie* nie zmienia się. Podobnież pozostaje niezmiennem *proste wzniesienie się* każdej gwiazdy, gdyż w obrocie dziennym całej kuli niebieskiej bierze zarówno udział punkt, od którego rachujemy proste wzniesienia się.

Przeciwnie zaś, dostrzegając w ciągu pewnego czasu położenia słońca na kuli niebieskiej, zauważyć możemy, że ono, opisując przy ruchu dziennym koła równoleżne podobnie jak gwiazdy, nie wschodzi w jednym oznaczonym punkcie poziomu, lecz punkt jego wschodu zmienia się; — przybliża on się w lecie ku północy, w zimie zaś oddala się od niej; — tak samo zmienia położenie swoje punkt zachodu słońca. W południe słońce dosięga większej wysokości nad po-

ziomem w lecie niż w zimie. Wszystko to dowodzi, że słońce to się oddala, to się przybliża do równika, czyli, że jego zboczenie zmienia się w ciągu roku.

Również dostrzegając gwiazdy w sąsiedztwie słońca będące (co można uczynić zaraz po zachodzie słońca, lub też przed jego wschodem) zauważymy, że słońce nie zachowuje wśród nich stałego położenia, lecz posuwa się wciąż prawie na 1° dziennie z *zachodu na wschód*; tak więc i proste wzniesienie się słońca ulega ciągłej zmianie.

Przeciąg czasu zawarty pomiędzy dwoma kolejnymi południami (11) t. j. przejściami słońca przez południk danego miejsca nazywamy *dobą słoneczną*. Z przyczyny tego, że słońce nie zachowuje stałego położenia względem gwiazd, doba słoneczna w ogóle dłuższą jest od doby gwiazdowej. W samej rzeczy, — wystawmy sobie, że pewna gwiazda przechodzi przez południk danego miejsca jednocześnie ze słońcem. Gwiazda ta, jak również i słońce wykonywają w ciągu doby ruchem jednostajnym ze wschodu na zachód jeden całkowity obrót, lecz podczas téj doby słońce posunie się prawie na 1° ku wschodowi, zatem w następne południe gwiazda przejdzie przez południk danego miejsca wcześniej aniżeli słońce. Doba więc słoneczna jest dłuższą od doby gwiazdowej o przeciąg czasu potrzebny na opisanie przy ruchu dziennym téj odległości, na jaką słońce odsunęło się od gwiazdy.

28. *Ekliptyka, jój nachylenie do równika, znaki zodiaku.* Znajdując codziennie proste wzniesienie się i zboczenie słońca w chwili jego przejścia przez południk danego miejsca t. j. w południe, i otrzymane wartości łuków przenosząc na kulę sztuczną, na któ-

rój są oznaczone oba bieguny P i P' (Fig. 24) i równik RR' , otrzymamy na niej szereg punktów A, A', K, \dots

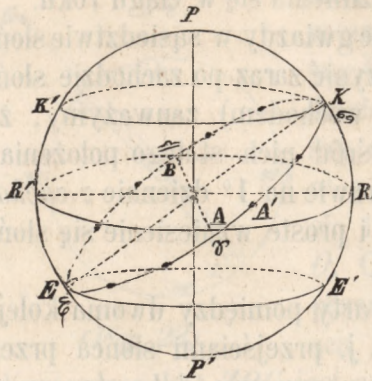


Fig. 24.

przedstawiających położenie słońca w kolejne dni roku. Wszystkie te punkta leżą na okręgu koła wielkiego EK zwanego *ekliptyką*. Słońce więc w ciągu pewnego czasu, zwanego rokiem i zawierającego 366,242217... dni gwiazdowych, czyli 366 dni 5 god. 48^m

47^s, 549..., przebywa z zachodu na wschód cały obwód ekliptyki, która do równika RR' jest nachylona pod kątem równym prawie $23^{\circ}28'$.

Uwaga. W ogólności wszelki ruch, posiadający kierunek, w jakim słońce się porusza, t. j. z zachodu na wschód, nazywa się *prostym*, ruch zaś odbywający się w przeciwną stronę, t. j. ze wschodu na zachód, nazywa się *wstecznym*.

Słońce przechodząc w ciągu roku kolejne punkta ekliptyki, wskutek ogólnego ruchu dziennego całej kuli niebieskiej, opisuje w każdym z nich odpowiedni równoleżnik. I tak: 21 Marca znajduje się na równiku w punkcie A ; w tym dniu opisuje przy ruchu dziennym okrąg równika RR' , mamy wtedy dzień równy nocy, czyli porównanie dnia z nocą, ztąd punkt ten nazywa się punktem *równonocnym wiosennym*. Około 22 Czerwca słońce znajduje się w punkcie K odległym od punktu A na 90° , — wtedy najwięcej jest

oddalone od równika ku północy i opisuje w tym dniu równoleżnik KK' zwany *zwrotnikiem raka*. Zaczawszy od tego punktu wraca się ku równikowi, ztąd też punkt K nazywa się *letniem stanowiskiem* słońca. Około 23 Września słońce znajduje się znowu na równiku w punkcie B , zwanym punktem *równonocnym jesiennym*. Następnie przechodzi na półkulę południową, i oddalając się coraz bardziej od równika, dosięga około 22 Grudnia największej od niego odległości ku południowi w punkcie E , gdzie opisuje równoleżnik EE' , zwany *zwrotnikiem koziorożca*. Punkt E nazywa się *zimowém stanowiskiem* słońca; — od tego punktu słońce wraca na równik do punktu A i t. d. wokoło. Punkta równonocne A i B znajdują się na końcach średnicy, podług której koło wielkie równika przecina się z kołem wielkiém ekliptyki; punkta zaś E i K na końcach średnicy prostopadłej do AB .

Oprócz tych czterech głównych punktów A , K , B i E , oznaczono na ekliptyce inne jeszcze punkta; wszystkie one razem dzielą okrąg ekliptyki na 12 równych części. Znaki i nazwiska tych punktów, zaczawszy od punktu A , są następujące:

Υ Baran A.	♋ Waga B.
♉ Byk	♌ Niedźwiadek
♊ Bliźnięta	♍ Strzelec
♈ Rak K.	♎ Koziorożec E.
♌ Lew	♏ Wodnik
♍ Panna	♐ Ryby

Nazwy tych znaków nadane zostały przez starożytnych. Konstellacje gwiazd, w których słońce znajdowało się przechodząc wtedy przez te punkta, zachowały też same nazwiska, jakkolwiek punkt A ,

od którego rachują się te znaki, nie znajduje się obecnie w konstellacyi Barana, lecz w skutek tak zwanego *wyprzedzania punktu równonocnego* (48) cofnął się na pewną odległość, tak, że teraz znajduje się w poprzedniej konstellacyi Ryb. Podobnież i każdy z pozostałych znaków przeszedł do poprzedniej konstellacyi. (Zobacz Mapę Gwiazd).

Punkta, dzielące ekliptykę na 12 równych części, nazywają się *znakami zodiaku*, a pas kulisty zawarty pomiędzy zwrotnikiem raka KK' i zwrotnikiem koziorożca EE' nazywa się *zodiakiem*.

29. *Wynajdywanie prostych wzniesień się*. Ze wszystkich znaków zodiaku najważniejszy jest znak Barana (γ) (Fig. 24), czyli punkt A równonocny wiosenny; — punkt ten właśnie przyjęty został za początek prostych wzniesień się (25). Od tego więc punktu zacząwszy, rachujemy z zachodu na wschód proste wzniesienie się gwiazdy. Także początek doby, liczy się od chwili przejścia tego punktu przez południk danego miejsca (22).

Na mocy tego, że punkt γ ma jednocześnie te dwa znaczenia, łatwo znaleźć proste wzniesienie się danej gwiazdy. Zegar astronomiczny, dobrze idący, wskazuje $O^sO^mO^s$, gdy punkt γ , ulegając ogólnemu ruchowi całej kuli niebieskiej, przechodzi przez południk danego miejsca; — następnie przez tenże południk przechodzą kolejne płaszczyzny godzinowe gwiazd ku wschodowi położonych. Tak więc czas, jaki wskazuje ten zegar, w chwili przejścia danej gwiazdy przez południk, jest odległością płaszczyzny godzinowej przechodzącej przez tę gwiazdę od punktu równo-nocnego, wyrażoną w czasie gwiazdowym. Czas ten za-

mieniony na łuk, rachując po 15° na każdą godzinę gwiazdową (15), daje nam odległość płaszczyzny godzinowej od punktu γ mierzoną łukiem równika, czyli proste wzniesienie się tej gwiazdy (25). Dla oznaczenia chwili, w której pewna gwiazda przechodzi przez południk danego miejsca, używa się tak nazwaną *lunetę południkową* albo *lunetę przejść*. Jestto luneta znacznych rozmiarów, ustawiona w płaszczyźnie południka danego miejsca i mogąca się dokładnie w tej płaszczyźnie obracać, około osi poziomej osadzonej na dwóch słupach murowanych. W ognisku lunety znajduje się nić pionowa, przedstawiająca kierunek południka. Gdy gwiazda, której proste wzniesienie się wyznaczyć chcemy, zbliża się do południka danego miejsca, kierujemy na nią lunetę południkową;—wtedy gwiazda, w skutek swego ruchu dziennego, opisze w polu lunety pewną drogę. Czas, jaki wskazuje zegar w chwili, gdy gwiazda ta przechodzi przez nić umieszczoną w lunecie, jest czasem jej przejścia przez południk danego miejsca.

30. *Bieg słońca po ekliptyce sprowadza pory roku.* Zobaczymy teraz w jaki to sposób bieg słońca po ekliptyce sprowadza różne pory roku, nierówność dni i nocy w ciągu roku i niejednostajną temperaturę na całej powierzchni ziemi.

Słońce ogrzewa ziemię, posyłając na jej powierzchnię *cieplik promienisty*. Od kierunku, w jakim promienie tego cieplika padają na poziom danego miejsca, zależy wyższa lub niższa temperatura tegoż miejsca. Wiadomo bowiem z Fizyki, że im ukośniej padają promienie cieplika na pewną płaszczyznę, tem mniej ją ogrzewają, przeciwnie zaś ogrzewanie to powiększa

się, gdy ich kierunek staje się bliższym kierunku prostopadłego, tak, że największe ogrzewanie ma miejsce wtedy, gdy promienie padają zupełnie prostopadle. Prócz tego, temperatura danego miejsca zależy od długości dnia, czyli od czasu, przez jaki słońce bawi nad poziomem tegoż miejsca.

Przypuśćmy, że ziemia zajmuje punkt O (fig. 25) środek kuli niebieskiej (*); niech płaszczyzna AB będzie poziomem danego miejsca, linia zaś OZ pionową w temże miejscu, i niech oś

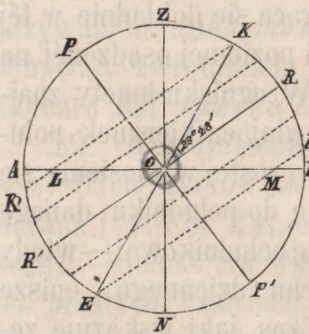


Fig. 25

świata będzie PP' . Płaszczyzna EK , czyniąca z płaszczyzną równika RR' kąt $23^{\circ}28'$, jest płaszczyzną ekliptyki. Słońce znajdując się w punkcie O , t. j. w jednym z punktów równonocnych np. wio-

sennym, opisuje w ciągu doby przy ruchu dziennym okrąg równika RR' i wtedy dzień jest równy nocy. W miarę tego, jak słońce przechodzi z tego punktu do stanowiska letniego K , opisuje równoleżniki, których części nad poziomem leżące są coraz większe, to jest, że dni stają się coraz dłuższe, noce zaś krótsze. Najdłuższy dzień mamy wtedy, gdy słońce znajduje się w stanowisku letniem K , opisuje tam bowiem równoleżnik KK' , którego część KL nad poziomem będąca jest największa. Od punktu K słońce wraca napowrót ku równikowi i doszedłszy do punktu O , równonocne-

(*) Tu znowu przyjmujemy wielkość ziemi za nic nie znaczącą w porównaniu z jej odległością od słońca.

go jesiennego, daje dzień równy nocy. W dalszym ciągu słońce przechodzi na półkulę południową, gdzie w ogóle opisuje równoleżniki, których części nad poziomem leżące są mniejsze od części będących pod poziomem, to jest, że dni są krótsze od nocy. Najkrótszy dzień mamy wtedy, gdy słońce znajduje się w stanowisku zimowém E , opisuje tam bowiem równoleżnik EE' , którego część $E'M$ nad poziomem leżąca jest najmniejszą. Od punktu E słońce wraca na równik do punktu O , równonocnego wiosennego, dając znowu dzień równy nocy i t. d. wokóło.

Bieg roczny słońca jest więc zawarty w pasie kulistym $EE'KK'$ tak, że w ciągu roku słońce góruje, t. j. przechodzi przez południk danego miejsca w różnych punktach łuku KE' . W punkcie K słońce znajduje się najbliżej zenitu Z , promienie jego są najbardziej zbliżone do kierunku pionowego, ztąd mieszkańcy północnej półkuli mają wtedy najcieplejszą porę roku, czyli lato. W punkcie zaś E' znajduje się słońce najdalej od zenitu, wtedy też na półkuli północnej jest najzimniejsza pora roku czyli zima. Przejście od zimy do lata nazywamy *wiosną*; przejście zaś od lata do zimy—*jesienią*. Słońce zajmuje w tych porach roku pośrednie punkta łuku KE' , ztąd też i temperatura tych pór roku jest pośrednią pomiędzy skrajnymi temperaturami zimy i lata. Prócz tego temperatura lata staje się wyższą jeszcze wskutek dłuższego bawienia słońca nad poziomem, czyli wskutek dłuższych dni. Przeciwnie zaś, w zimie dni są krótsze, co wpływa na niżenie temperatury téj pory roku.

Im mniejsza szerokość geograficzna danego miejsca na powierzchni ziemi, czyli im mniejszy

ką ZOR , tém punkt K znajduje się bliżej zenitu Z , tak, że dla miejsc, których szerokość geograficzna wynosi $23^{\circ}28'$, punkt K znajduje się w zenicie. To znaczy, że w miejscach powierzchni ziemi leżących na równoleżniku oddalonym od równika na $23^{\circ}28'$, słońce dochodzi w lecie do zenitu. Równoleżnik ten nazywa się *zwrotnikiem raka*. Odpowiedni temu równoleżnik położony na półkuli południowej w odległości od równika $23^{\circ}28'$, nazywa się *zwrotnikiem koziorożca*. Dla miejsc na równiku położonych, punkt R znajduje się w zenicie Z , czyli, że łuk KE' jest podzielony w zenicie na dwie równe części; słońce więc oddala się tylko na $23^{\circ}28'$ od zenitu w obie strony. Ztąd też pas zawarty na powierzchni ziemi pomiędzy zwrotnikami jest najgorętszy i nazywa się *pasem zwrotnikowym*.

Przeciwnie zaś, im szerokość geograficzna ZOR jest większa, tém bardziej punkt K oddala się od zenitu, przez co pory roku w ogólności są chłodniejsze, punkt zaś K' przybliża się do punktu A , z kąd dni letnie stają się coraz dłuższe, gdy zaś przeciwnie dni zimowe coraz krótsze, co wznosi temperaturę lata, a zniża temperaturę zimy, i dla tego też miejsca ziemi położone ku północy, mają znaczną różnicę pomiędzy temperaturą lata i zimy. Gdy szerokość geograficzna ($ZOR = AOP$) wynosi dopełnienie $23^{\circ}28'$ czyli kąt $66^{\circ}32'$, punkt K' znajduje się w punkcie A ; to znaczy, że słońce będąc w stanowisku letniem, nie zachodzi dla punktów położonych na powierzchni pod tą szerokością geograficzną. Punkta te leżą na równoleżniku ziemskim, oddalonym od równika na $66^{\circ}32'$, czyli od bieguna na $23^{\circ}28'$ i nazwanym *kołem biegunowem*. Nareszcie, gdy dane miejsce znajduje się

na jednym zbiegunów, *np* północnym, równik RR' z płaszczyzną poziomą AB stanowią jedną płaszczyznę, i wtedy oczywiście słońce przez pół roku znajduje się nad poziomem, przez drugie zaś pół roku pod poziomem; — czyli, że tam pół roku (właściwie $186^d 11^{\text{god}} 12^m$) trwa dzień i zarazem lato, drugie pół roku noc i zarazem zima ($176^d 18^s 37^m$).

To, co się powiedziało o jednej półkuli północnej, stosuje się i do drugiej południowej, tylko tam pory roku wypadają przeciwnie jak na północnej; i tak, gdy na półkuli północnej jest lato, tam ma miejsce zima i odwrotnie.

Widzimy tedy, że bieg słońca po ekliptyce nachylonej do równika, jest przyczyną różnych pór roku dla każdego danego miejsca, i nadto jest przyczyną większego ciepła miejsce położonych w okolicach równika, aniżeli wokolicach przybiegunowych. Podzielono więc powierzchnią ziemi na pięć *pasów*; i tak: *pas gorący* leży z obu stron równika pomiędzy zwrotnikami, dwa *pasy umiarkowane*, leżące pomiędzy zwrotnikami i kołami biegunowymi, nareszcie dwa *pasy zimne*, rozciągające się od każdego z kół biegunowych do odpowiedniego bieguna.

31. *Pozorny bieg słońca po obwodzie elipsy podług praw Keplera.* Przy wyznaczaniu biegu rocznego słońca, nie zwracaliśmy uwagi na jego odległość od ziemi, tak, że znaleziona droga roczna słońca jest raczej przecięciem się promieni, w kierunku których widzimy słońce, z powierzchnią kuli niebieskiej. Dostrzegając jednakowoż w różne pory roku kąty, pod jakimi widzimy średnicę tarczy słońca, czyli kątową wielkość tejże średnicy, znajdujemy, że w zimie ką

ten jest większy, mianowicie dochodzi do największej wartości $32'36'',2$ około 31 Grudnia; w lecie zaś kąt ten jest mniejszy, i posiada najmniejszą wartość $31'30'',3$ około 1 Lipca. Ztąd wnieść należy, że słońce znajduje się bliżej ziemi w zimie aniżeli w lecie, czyli, że ono nie bieży po okręgu koła, środek którego zajmuje ziemia.

Podobnie, mierząc kątową wielkość łuków, na jakie słońce posuwa się w ciągu jednej doby z zachodu na wschód w różne pory roku, znajdujemy, że łuki te są większe dla doby zimowej aniżeli dla doby letniej, a mianowicie dosiegają największej wartości $1^{\circ}1'9''$ około 31 Grudnia, najmniejszej zaś wartości $57'12'',3$ około 1 Lipca. Słońce więc szybciej bieży w zimie niż w lecie.

Kepler, czyniąc podobnego rodzaju obserwacje, jak również posilkując się obserwacyjami w tym względzie czynionemi, szczególniej przez *Tychona-de-Brahe*, doszedł za pomocą rachunku do następujących praw, które ogłosił w 1618 roku. Prawa te znane są pod nazwiskiem *praw Keplera*.

I-sze Prawo. Bieg pozorny słońca odbywa się na płaszczyźnie ekliptyki z zachodu na wschód po obwodzie elipsy, której jedno ognisko zajmuje ziemia.

Przypuśćmy, że słońce bieży w kierunku strzałki *a* (*Fig. 26 na nast. str.*) po obwodzie elipsy *PA*, ziemia zaś znajduje się w jednym z jej ognisk w punkcie *Z*. Gdy słońce, przy biegu swoim rocznym, przechodzi przez końce osi wielkiej *PA*, raz jest najbliżej, drugi raz najdalej od ziemi *Z*. I tak: w punkcie *P* słońce znajduje się 31 Grudnia i wtedy jego odległość *PZ* od ziemi jest najmniejszą, ztąd ten punkt *P* na-

zywa się *punktem przyziemnym* (perigeum); w punkcie zaś *A* znajduje się 1 Lipca, i wtedy jego odległość od ziemi jest największą. Ztąd ten punkt *A* nazywa się *punktem odziemnym* (apogeum).

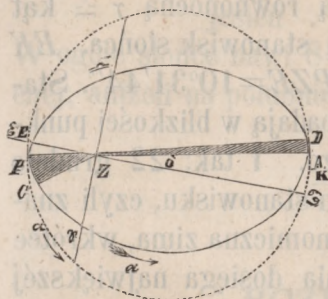


Fig 26.

Stosunek odległości ogniska od środka elipsy, do połowy osi wielkiej, czyli $\frac{OZ}{OP}$ stanowi tak zwany *mimośród*;— jest on bardzo mały dla elipsy opisywanej przez słońce; wynosi tylko 0,0168 czyli prawie $\frac{1}{60}$ coznaczy, że elipsa ta bardzo mało różni się od koła. (*)

Niejednostjany ruch słońca po obwodzie elipsy wyraża się przez drugie prawo Keplera, mianowicie:

Prawo 2-ie. Wycinki eliptyczne, opisywane przez promień wodzący poprowadzony od ziemi do słońca, są proporcjonalne do czasów użytych na ich opisanie.

I tak, przypuśćmy, że przez jedną dobę zimową słońce przebyło drogę *PC*, przez dobę zaś letnią drogę *AD*. Ponieważ podług tego prawa, wycinki eliptyczne *PZC* i *AZD* są sobie równe, odległość zaś *PZ* < *AZ*, zatem łuk *PC* > *AD*. Wypadki więc, otrzymane z tego prawa, są w zupełności zgodne z obserwacjami czyzionem nad biegiem słońca.

Z tego, co się o ruchu rocznym słońca powiedziało wynika, że słońce obiega ruchem niejednostajnym

(*) Dla wyrazistości rysunku powiększono na figurze jęj spłaszczenie.

z zachodu na wschód, obwód elipsy położonej w płaszczyźnie ekliptyki. Oś wielka tej elipsy PA czyni obecnie (1861 roku) z linią równonocną $r \doteq$ kąt PZr $79^{\circ}28'16''$, zatem z linią stanowisk słońca, EK prostopadłą do $r \doteq$ czyni kąt $PZE=10^{\circ}31'44''$. Stanowiska więc słońca E i K wypadają w bliskości punktu przyziemnego i odziemnego. I tak: 22 grudnia słońce znajduje się w zimowym stanowisku, czyli znaku $\bar{\tau}$ i wtedy zaczyna się astronomiczna zima, wkrótce potem słońce około 31 grudnia dosięga największej prędkości w punkcie P , który jest zarazem punktem przyziemnym. Od tego punktu zacząwszy, prędkość słońca zmniejsza się stopniowo. 21 marca słońce przechodzi przez punkt równonocny wiosenny r , z kądem ruchem coraz wolniejszym dosięga około 22 czerwca letniego stanowiska ε , a około 1 lipca dochodzi do punktu A , gdzie posiada najwolniejszy ruch. Od tego punktu prędkość słońca wzrasta stopniowo. Około 21 września słońce przechodzi przez punkt równonocny jesienny \doteq , powracając z kądem ruchem coraz szybszym do punktu $\bar{\tau}$ i t. d. w około.

Tak więc, zima astronomiczna trwa podczas ruchu słońca od stanowiska zimowego $\bar{\tau}$ do punktu równonocnego wiosennego r , wiosna od tegoż punktu do stanowiska letniego ε , lato znowu od tegoż stanowiska do punktu równonocnego jesiennego \doteq , nakoniec jesień od tego ostatniego punktu do stanowiska zimowego. Te cztery pory roku astronomiczne nie są jednakowej długości, co pochodzi z niejednostajnego biegu słońca po obwodzie elipsy i z położenia tej elipsy na płaszczyźnie ekliptyki. I tak:

zima trwa . . , $89^{\text{d}} 0^{\text{g}} 2^{\text{m}}$

wiosna	92 ^d 20 ^g 59 ^m
lato	93 ^d 14 ^g 13 ^m
jesień	89 18 35.

W ogóle słońce bawi 8 dni dłużej na półkuli północnej, aniżeli na południowej.

ROZDZIAŁ VI.

0 rachubie czasu.

Treść: Czas słoneczny prawdziwy.— Nierówność doby słonecznej w ciągu roku.— Czas średni.— Rok zwrotnikowy.— Kalendarz i jego reformy.

32. *Czas słoneczny prawdziwy.* Mówiliśmy poprzednio, że przeciąg czasu zawarty pomiędzy dwoma kolejnymi przejściami słońca przez południk danego miejsca nazywa się dołą słoneczną, i okazaliśmy, że w ogólności doba ta jest dłuższą od doby gwiazdowej (26). Doba słoneczna dzieli się na 24 równe części nazwane godzinami słonecznymi, każda z nich na 60 minut, minuta zaś na 60 sekund. Tak mierzony czas nazywa się czasem *słonecznym prawdziwym*.

Ponieważ prawa, według których słońce porusza się, są znane, można więc za pomocą rachunku wyznaczyć czas słoneczny prawdziwy z danego położenia słońca na kuli niebieskiej. Czas ten można także znaleźć za pomocą przyrządów w tym celu zrobionych.

Przyrządy, wskazujące czas słoneczny prawdziwy, nazywają się *zegarami słonecznymi* albo *kompasami*. Budowa ich polega na następującej zasadzie:

Wystawmy sobie pręt AB , zwany *gnomonem* (*Fig. 27*), równoległy od osi świata, to jest, ustawiony w płaszczyźnie południkowej danego miejsca i czyniący z poziomem kąt równy szerokości geograficznej tegoż miejsca (21). Po-

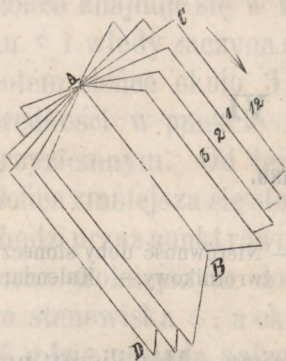


Fig. 27.

nieważ wymiary ziemi w porównaniu z jej odległością od słońca, są małoznaczne, można więc przyjąć z zupełną ścisłością, że słońce około tego pręta tak, jak około osi świata opisuje w ciągu doby słonecznej jeden całkowity obrót.

Płaszczyzna pionowa CD , poprowadzona przez ten pręt AB , jest południkiem danego miejsca. Zaczawszy od niego, podzielmy przestrzeń na około linii AB na 24 równe części, przesuwając przez też linie, 12 płaszczyzn przedłużonych w obie strony. Każda z tych płaszczyzn jest płaszczyzną godzinową; dwie takie płaszczyzny sąsiednie czynią z sobą kąt równy 15° .

W południe słoneczne, słońce, a raczej jego środek, znajduje się na przedłużonej płaszczyźnie południka CD ,— co godzinę zaś wstępuje na kolejne płaszczyzny godzinowe. I tak, o godzinie 1^{szej} wstępuje na płaszczyznę 1, o godzinie 2^{giej} na płaszczyznę 2 i t. d.

Gdy znajdziemy przecięcia się tych płaszczyzn godzinowych z pewną daną płaszczyzną, lub powierzchnią, otrzymamy na niej szereg linii godzinowych,

podług których rzuca się cień pręta podczas obrotu słońca. Można więc w każdej chwili oznaczyć czas prawdziwy, dość jest zobaczyć na którą z tych linii pada cień pręta.

Płaszczyzna, na której kręśla się linie godzinowe może być dowolnie obrona.— Nakreśliśmy kompas na płaszczyźnie CD (fig 28) prostopadłej do pręta AB , czyli równoległej od równika. W tym celu poprowadźmy na płaszczyźnie CD przez punkt O , spodek linii AB , linię $O12$ leżącą na płaszczyźnie południka danego miejsca, i od téj linii zacząwszy, podzielmy przestrzeń na około punktu O na 24 równe części, otrzymamy linie godzinowe na płaszczyźnie równoległej od równika, czyli tak zwany zegar równikowy (ekwatorjalny). Na nim w południe cień pręta pada podług linii $O12$, o godzinie 1^{szej} w kierunku

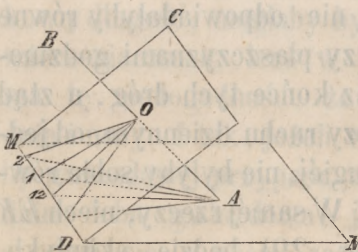


Fig. 28.

01 i t. d.— Zegar taki, jakkolwiek bardzo łatwy do nakreślenia, przedstawia tę niedogodność, że linie godzinowe powinny być kręślane na nim z obu stron płaszczyzny CD , słońce bowiem znajduje się u nas w lecie nad równikiem, w zimie zaś pod równikiem. Dla tego też pospolicie wykręśla się kompas na płaszczyźnie poziomej MN , przenosząc na nią linie godzinowe równikowego zegaru. I tak, niech punkt A będzie spodkiem linii AB na płaszczyźnie MN , to linia $A12$ jest linią południową,— w kierunku téj linii rzuca się cień pręta w południe; o godzinie 1^{szej} cień ten pada w kierunku linii $A1$ i t. d.

Szczegóły, tyżące się kręślenia kompasów na różnych płaszczyznach i powierzchniach, ustawiania takowych, należą do oddzielnój nauki, zwanój *Gnomoniką*.

33. *Nierówność doby słonecznej w ciągu roku.* Mówiliśmy już (26), że w ogólności doba słoneczna jest dłuższą od doby gwiazdowej z tego powodu, że słońce w ciągu każdój doby pozornie posuwa się ku wschodowi na pewien łuk po obwodzie ekliptyki. Lecz te przewyżki doby słonecznej nad gwiazdową nie są równe w ciągu całego roku, a to z dwóch przyczyn: po 1^{szo}, że słońce obiega pozornie obwód ekliptyki z prędkością niejednakową, mianowicie szybciej w zimie, jak w lecie; po 2^{gie}, z powodu nachylenia ekliptyki do równika.

Gdyby nawet słońce posiadało niezmienną prędkość w ciągu całego pozornego obiegu swego po ekliptyce, to jednakowoż w skutek tój drugiej przyczyny, równym drogom na ekliptyce nie odpowiadałyby równe łuki równika zawarte między płaszczyznami godzino-

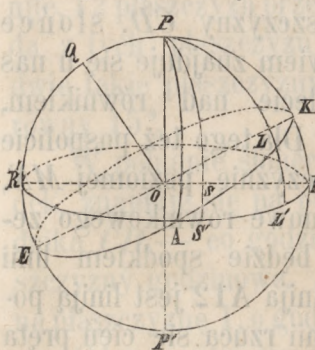


Fig. 29.

ne. W samój rzeczy, niech EK (Fig. 29) będzie ekliptyką, RR' równikiem, linija PP' osią świata. Przypuśćmy, że słońce w ciągu jedneój doby wiosenneój opisało łuk ekliptyki AS , w ciągu zaś jedneój doby letnieój łuk LK i przyjmijmy nadto, że łuk $AS = LK$. Płaszczyzny godzinowe popro-

wadzone przez oś świata i końce tych łuków odcinają na równiku łuki AS' i $L'R$. Lecz wiadomo, że $AS' < AS$, zaś $L'R > LK$, ztąd, tém bardziej $AS < L'R$, co należało dowieść.

Z tego cośmy powiedzieli, wynika, że *aby doby słoneczne były sobie równe, słońce powinnyby w ciągu roku posuwać się ruchem jednostajnym po okręgu równika, lub też koła równoleżnego.*

Ponieważ słońce porusza się po obwodzie ekliptyki z prędkością zmienną, zatem doby słoneczne prawdziwe, ztąd i godziny słoneczne, mają rozmaitą długość w ciągu roku; i jakkolwiek różnice tych długości są nieznaczne, wszelakoż przy ściśłym mierzeniu czasu nie można przyjąć taką dobę za jednostkę. Zegar *regularnie* idący nie może się zgadzać z ruchem słońca, czyli wskazywać czas prawdziwy.

Doba zaś gwiazdowa, jako mająca wciąż jednokową długość, mogłaby być przyjętą za jednostkę do mierzenia czasu, lecz w praktycznym zastosowaniu ma tę niedogodność, że się zaczyna w różne pory dnia i nocy. I tak, jeżeli w pewnym dniu początek doby gwiazdowej przypada w południe, to w następnym dniu doba gwiazdowa, jako krótsza od słonecznej, skończy się, a więc i zacznie się następna na kilka minut przed południem, i tak dalej początek jój przypada coraz wcześniej.

34. Czas średni. Ponieważ ani doba słoneczna prawdziwa, ani doba gwiazdowa nie może być przyjętą za jednostkę do mierzenia czasu, używa się więc pospolicie za taką jednostkę *doba słoneczna średnia*, to jest, średnia długość jednego dnia słonecznego prawdziwego, wzięta z bardzo wielkiej liczby takich dni.

Idzie tylko o naznaczenie codziennie chwili, w której zaczyna się doba słoneczna średnia.

Wystawmy sobie, że pewien punkt α , będący razem ze słońcem w punkcie przyziemnym P (Fig. 26), ma ruch *jednostajny* z zachodu na wschód po obwodzie ekliptyki z prędkością średnią pomiędzy zmiennymi prędkościami słońca, że nadto ten punkt α wykonywa jeden całkowity obrót jednocześnie ze słońcem prawdziwym. Ponieważ w bliskości punktu przyziemnego słońce ma ruch najszybszy, zatem wyprzedzi przypuszczalny punkt α coraz więcej oddalając się od niego ku wschodowi. To oddalenie będzie największe wtedy, gdy rzeczywista prędkość pozornego biegu słońca stanie się równą prędkości średniej, z jaką porusza się punkt α . Od tego miejsca zaczawszy punkt α dogania słońce tak, że dochodzi jednocześnie z nim do punktu odziemnego A. W drugiej połowie ekliptyki rzecz się ma przeciwnie, tam punkt α w ogólności wyprzedza słońce, i, oddaliwszy się od niego najwięcej w pewnym miejscu, wraca razem ze słońcem do punktu przyziemnego i t. d.

Przyjmijmy jeszcze drugi punkt β który znajdując się razem z punktem α w punkcie równonocnym wiosennym γ , obiega okrąg *równika* ruchem *jednostajnym* z tą samą prędkością, a więc uskutecznia jeden całkowity obrót po okręgu równika w tym samym czasie, w jakim poprzedni punkt α obiega cały okrąg ekliptyki. Oba te punkta α i β , zawsze jednocześnie przechodzą przez punkta równonocne.

Ten drugi wyobraźalny punkt β , *obiegający ruchem jednostajnym okrąg równika*, nazywa się *słońcem średniem*. Przeciąg czasu, zawarty pomiędzy

dwoma kolejnymi przejściami słońca średniego przez południk danego miejsca, nazywa się *dobą średnią*. Ponieważ słońce średnie *obiega ruchem jednostajnym okrąg równika*, zatem (33) doby średnie są zawsze sobie równe;— jedna więc taka doba może być przyjęta za jednostkę do mierzenia czasu. Dzieli się ona tak, jak i inne doby na 24 równe części zwane *godzinami średnimi*,— każda godzina dzieli się na 60 minut, minuta na 60 sekund. Tak mierzony czas nazywa się *czasem średnim*. W życiu potocznym początek doby rachuje się od średniej północy, dzieląc całą dobę na 2 części równe, zawierające po 12 godzin. W Astronomii zaś początek doby rachuje się od następnego średniego południa,— i godziny idą z kolei od 0 do 24 (*).

Znając ruch słońca prawdziwego i średniego, można za pomocą rachunku wyznaczyć położenie tak jednego, jak i drugiego w danym czasie, a więc można znaleźć różnicę pomiędzy południem prawdziwym i średnim. Różnica ta nazywa się *równaniem czasu*.

Południe średnie tylko 4 razy do roku przypada razem z południem prawdziwym, mianowicie: około 10 kwietnia, 15 czerwca, 1 września i 25 grudnia; zwykle zaś wyprzedza je, lub też po nim następuje, lecz na ilości bardzo małe, tak, że największe równanie czasu wynosi 15 minut.

Równanie czasu jest wyrachowane naprzód, i podaje się w kalendarzach astronomicznych tak, że na

(*) Łatwo ztąd datę zwyczajną zamienić na astronomiczną i odwrotnie. I tak, data zwyczajna 12 kwietnia o godzinie 10 z rana odpowiada dacie astronomicznej 11 kwietnia o godzinie 22-iej.

każdy dzień roku jest zamieszczony w oddzielnej tablicy „*czas, jaki wskazywać powinien zegar dobrze idący, gdy Kompas wskazuje południe.*”

Tablica ta ulega corocznie bardzo małym zmianom w skutek tego, że elipsa, jaką słońce obiega nie ma stałego położenia na płaszczyźnie ekliptyki, lecz posuwa się na nią w ten sposób, że punkt przyziemny porusza się z zachodu na wschód o $11'',7$ rocznie. Zresztą i nachylenie ekliptyki do równika ulega bardzo małym zmianom. Obecnie nachylenie to zmniejsza się o $0'',48$ na rok.

35. Rok zwrotnikowy. Czas, w ciągu którego słońce średnie, zaczawszy od punktu równonocnego wiosennego, obiega raz jeden okrąg równika i napowrót przychodzi do tegoż punktu, nazywa się *rokiem zwrotnikowym*. Przeciąg zaś czasu, w którym słońce średnie, zaczawszy od pewnej gwiazdy stałej, obiega cały okrąg równika i wraca napowrót do tejże gwiazdy, nazywa się *rokiem gwiazdowym*.

Gdyby punkt równonocy wiosenny zajmował niezmiennie położenie na równiku, np. gdyby ten punkt wciąż zajmował jedno i toż samo położenie względem pewnej gwiazdy stałej, wtedy długość roku zwrotnikowego byłaby równą długości roku gwiazdowego. Lecz punkt równonocy γ cofa się po okręgu równika ze wschodu na zachód t. j. porusza się w przeciwną stronę względem ruchu słońca na $50'',2$ rocznie (48);— ztąd też pochodzi, że rok zwrotnikowy jest nieco krótszy od roku gwiazdowego, słońce bowiem wcześniej powraca do punktu równonocnego niżeli do gwiazdy, od której tenże punkt odsunął się w kierunku wstecznym.

Ponieważ od powrotu słońca na równik, zależy początek wiosny, czyli pory roku, dla tego też rok zwrotnikowy jedynie jest przyjęty za jednostkę do mierzenia dłuższych przeciągów czasu.

Długość roku zwrotnikowego znajduje się, wyznaczając datę przejścia słońca przez pewien punkt na obwodzie ekliptyki położony, *np.* równonocny wiosenny, i datę jego powrotu tegoż punktu po wykonaniu jednego całkowitego obrotu po obwodzie ekliptyki.

Dla uniknięcia znacznych błędów obserwacyi, najlepiej jest znaleźć datę, w której słońce przechodziło przez punkt równonocny wiosenny i datę jego powrotu do tegoż punktu po wykonaniu znacznej liczby, *np.* 100 obrotów po obwodzie ekliptyki. Różnica dat w ten sposób znalezionych jest czasem użytym przez słońce na wykonanie 100 obrotów. Podzieliwszy ten czas przez liczbę 100, otrzymamy z wielką ścisłością czas jednego obrotu, czyli długość roku zwrotnikowego. Takim sposobem znaleziono, że rok zwrotnikowy zawiera 365,242256 dni słonecznych średnich, czyli 365 dni 5 god. 48 min. 50, 948 sek. w czasie średnim, co zamienione na czas gwiazdowy wynosi 366,242217 dni gwiazdowych.

36. *Kalendarz i jego reformy.* Ponieważ rok zwrotnikowy nie trwa okrągłej liczby dni średnich, należy więc wskazać pewne sposoby pogodzenia roku cywilnego, mogącego się składać z całkowitej liczby dni, z rokiem astronomicznym, tak, żeby początek

roku zwrotnikowego przypadał w jedną i też samą datę roku cywilnego, co jest zadaniem nauki o kalendarzach.

Egipcyanie liczyli w roku 365 dni, ztąd początek wiosny przypadał u nich kolejno w różne dni roku. I tak: przypuśćmy że pewnego roku dnia 21 marca o godzinie 8 zrana zaczynała się wiosna, t. j. słońce znajdowało się w punkcie równonocnym wiosennym; na przyszły rok tenże początek przypadał prawie o 6 godzin później, gdyż rok zwrotnikowy zawiera $365^{\text{dni}} 5^{\text{g}} 48^{\text{m}} 50^{\text{sek}}$. W następnych latach początek ten przypadał coraz później, tak, że miał miejsce kolejno 22, 23, marca i tak następnie przechodził wszystkie dni roku cywilnego.

Juliusz Cezar dla zaradzenia tej ważnej niedogodności, wsparty radą Aleksandryjskiego matematyka Sosigenesa, postanowił aby w roku 46 przed N. Ch. nie rachowano 365 dni, lecz 445 dla sprowadzenia początku wiosny do poprzedniej daty swojej:— ztąd rok ten nazwano rokiem *zamięszania*. Na przyszłość zaś, przyjąwszy, że rok zwrotnikowy zawiera 365 dni i 6 godzin, czyli $365\frac{1}{4}$ dni, wprowadził następującą reformę, zasadzającą się na tak zwaném *wstawianiu* (interkalacyi), mianowicie: zachował 365 dni w roku cywilnym, lecz do każdego czwartego roku dodał po jednym dniu, tak, że z kolei 3 lata zawierają po 365 dni, i te nazywają się latami *zwyczajnymi*, czwarty zaś rok zawiera 366 dni i nazywa się rokiem *przestępnym*. Dzień ten dodatkowy załiczono do miesiąca lutego, który w zwyczajnym roku ma dni 28, zatém w przestępnym ma ich 29.

Sobór Nicejski, zebrany w roku 325 po N. Ch. potwierdził kalendarz Juliański i postanowił, aby z pomiędzy czterech kolejnych lat, ten rok był przestępnym, którego liczba da się bez reszty podzielić przez cztery. W roku zebrania Soboru, t. j. 325 r. po N. Ch. początek wiosny przypadł dnia 21 marca.

Według kalendarza Juliańskiego, rok cywilny byłby zupełnie zgodny z rokiem zwrotnikowym, to jest początek wiosny przypadłby zawsze w tę samą datę roku cywilnego w tém przypuszczeniu jedynie, że rok zwrotnikowy trwa ściśle 365 dni i 6 godzin, czyli 365,25, co jak wiadomo jest liczbą za wielką;— w rzeczywistości bowiem trwa 365,242256 dni, zatem rok Juliański jest za długi o 0,0074 dnia, czyli o $11^m 8^{sek},052$. Początek więc wiosny przypada tu, przeciwnie jak w roku Egipcyan, corocznie o $11^m 8^{sek},052$ wcześniej. Po upływie 400 lat początek ten przypadnie wcześniej o $0,0074 \times 400 = 3,096$ dni, czyli prawie o 3 dni, i tak następnie początek wiosny przypada wcześniej o 3 dni na każde 400 lat kalendarza Juliańskiego.

W roku 1582, t. j. w 1257 lat po Soborze Nicejskim, zajęto się poprawą tego kalendarza; wtedy początek wiosny przypadł o $0,0074 \times 1257 = 9,72918$ dni, prawie o 10 dni wcześniej, czyli 11 marca. W tym-to roku papież Grzegorz XIII, z pomocą uczonego Neapolitańskiego Lilio, wprowadził nową reformę. Najprzód, dla sprowadzenia początku wiosny do daty poprzedniej, to jest do 21 marca. (jaka była podczas Soboru Nicejskiego), usunął 10 dni z roku 1582, rozkazując, aby w tym roku nazajutrz po 4 października nie rachowano 5^{ty} lecz

15 października. Następnie, dla uniknięcia podobnej niezgody pomiędzy rokiem cywilnym i astronomicznym, pochodzącej ze zbyt częstego wstawiania dni dodatkowych ustanowił, aby w ciągu 400 lat nie było 100 lat przestępnych, lecz tylko 97; albowiem 400 lat kalendarza Juliańskiego zawierają w sobie prawie 3 dni za wiele. Reformę tę ustanowił Grzegorz XIII na wzór kalendarza Juliańskiego w następujący sposób: W kalendarzu Juliańskim rok jest przestępnym, gdy jego liczba jest podzielna przez 4. Z tego powodu lata zaczynające wieki (1500, 1600, 1700, 1800,.....) są przestępne. Ponieważ po odrzuceniu dwóch końcowych zer, z 4^{ch} takich kolejnych liczb (15, 16, 17, 18,....) tylko jedna jest podzielna przez 4, trzy zaś pozostałe nie są podzielne,— postanowił więc, aby rok odpowiadający tej liczbie podzielnej był przestępnym,— usunął tym sposobem 3 dni w ciągu 400 lat, co właśnie było zbyt czynnem w kalendarzu Juliańskim.

Według więc kalendarza Gregoriańskiego, rok 1600 był przestępnym, lata zaś: 1700 i 1800 zwyczajnymi. Podobnież rok 1900 będzie zwyczajnym i t. d.

Kalendarz zreformowany przez Grzegorza XIII został kolejnie przyjmowany przez różne kraje, najprzód katolickie a następnie i protestanckie.

Podług kalendarza Juliańskiego początek wiosny przypada teraz 9 marca, to jest o 12 dni później jak podług Gregoriańskiego. W roku 1582, podczas reformy Grzegorza XIII, początek wiosny przypadał 11 marca, a ponieważ w kalendarzu Juliańskim lata: 1700 i 1800 były przestępnymi, ztąd

więc razem data tego kalendarza jest o 12 dni niższą od daty kalendarza Gregoriańskiego. W kalendarzu Juliańskim rok 1900 będzie przestępnym,— od tego roku zaczawszy więc różnica dat wynosić będzie 13 dni i t. d.

Dla odróżnienia, stawiamy po dacie kalendarza Gregoriańskiego znak (n. s.), po dacie zaś kalendarza Juliańskiego znak (v. s.). I tak data 24₂ maja (n. s.) odpowiada dacie 12 maja (v. s.), co zwykle pisze się w ten sposób $\frac{12}{24}$ maja.

ROZDZIAŁ VII.

Odległość słońca od ziemi i jego ustrój fizyczny.

Treść: Paralaxa śródoziemna.— Odległość słońca od ziemi.— Wielkość słońca.— Ruch wirowy słońca— jego ustrój fizyczny.— Światło zodjakalne.

37. *Paralaxa śródoziemna.* Mówiąc o położeniu gwiazd i słońca na kuli niebieskiej, przyjmowaliśmy ziemię za punkt, czyli inaczej odnosiliśmy te położenia do środka ziemi. Że zaś obserwacje wszystkie czynione są z powierzchni ziemi, zobaczymy przeto jaka ztąd wypada różnica w położeniach tych ciał niebieskich.

Niech punkt *C* (*Fig. 30 na następ. str.*) będzie środkiem kuli ziemskiej, *A* punkt zajmowany na jej powierzchni przez dostrzegacza, dla którego *AZ* jest linią pionową. Gwiazda *S* widziana jest z tego pun-

ktu w kierunku AS , ze środka zaś ziemi widzianaby była w kierunku CS , czyli, w obu tych razach widzimy ją na tej samej płaszczyźnie pionowej przez tą gwiazdę i linię pionową AZ przechodzącej, lecz

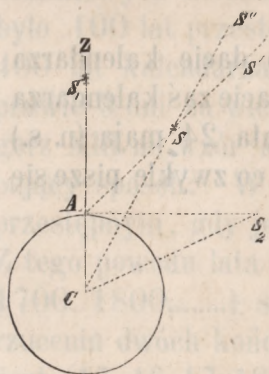


Fig. 30.

z powierzchni ziemi patrząc, wydaje nam się ta gwiazda bardziej od zenitu odległą, czyli widzimy ją na mniejszej wysokości, w punkcie S' , ze środka zaś ziemi bliżej zenitu, w punkcie S'' czyli na większej wysokości—różnicą obu tych wysokości jest kąt $S'S''$, czyli jemu równy kąt ASC . Kąt ten nazywa się *dwugładem* czyli *paralaxą środoziemną*.

Tak więc *paralaxa środoziemna jest to kąt, jaki dodać należy do widzialnej wysokości gwiazdy, aby otrzymać wysokość odniesioną do środka ziemi.*

Gdybyśmy oko nasze umieścili w punkcie S , widzielibyśmy promień ziemi pod kątem ASC , możemy więc powiedzieć jeszcze że *paralaxa środoziemna pewnej gwiazdy, jest to kąt, pod jakim widzielibyśmy promień ziemi, patrząc na niego z tejże gwiazdy.*

Przy niezmiennej odległości gwiazdy S od ziemi, paralaxa jej tem jest mniejszą, im gwiazda ta znajduje się bliżej zenitu tak, że gwiazda S_1 znajdująca się na linii pionowej nie ma paralaxy. Im zaś gwiazda jest bliżej poziomu, tam jej paralaxa jest większą. Największa paralaxa dla danej gwiazdy ma miejsce wtedy, gdy gwiazda ta znajduje się na poziomie, w punkcie S_2 ;— kąt AS_2C nazywa się *paralaxą poziomą*.

Dla każdej gwiazdy dość jest wyznaczyć paralaxę poziomą, z wartości bowiem otrzymanej można znaleźć, za pomocą rachunku trygonometrycznego, paralaxę dla każdego innego położenia téj gwiazdy pomiędzy zenitem i poziomem.

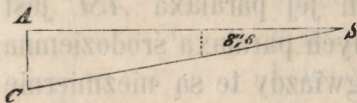
Łatwo jest widzieć, że im dalej od ziemi znajduje się pewna gwiazda, tém jéj paralaxa *ASC* jest mniejsza. Dla gwiazd stałych paralaxa śródoziemna jest zerem, co znaczy, że gwiazdy te są niezmiernie odległe od ziemi. Obserwacje więc gwiazd stałych, czynione z powierzchni ziemi, nie potrzebują żadnej poprawki dla odniesienia ich do środka ziemi. Do znalezionych zaś wysokości wszelkich innych ciał niebieskich, należy dodać odpowiednią paralaxę, dla otrzymania wysokości odniesionych do środka ziemi.

Paralaxę znaleźć można dla pewnego ciała niebieskiego, *np.* księżyca, obserwując jego położenie z dwóch różnych, bardzo odległych miejsc, i różnicę w położeniach otrzymanych z tych dwóch miejsc, czyli odpowiednią paralaxę, zamieniając na *paralaxę poziomą*.

Tego sposobu nie można zastosować do znalezienia paralaxy słońca, jego bowiem odległość od ziemi tak jest znaczna, że kąt, jaki czynią kierunki linii idących od słońca do dwóch miejsc powierzchni ziemi, chociażby najbardziej odległych, jest bardzo mały, a więc trudny do dokładnego wymierzenia. Z tego powodu astronomowie znaleźli paralaxę poziomą słońca, obserwując w 1769 roku przejście planety Wenusy przez tarczę słońca. Z obserwacyj tych

okazało się, że paralaxa pozioma słońca dla średniej jego odległości od ziemi wynosi $8'',6$.

38. *Odległość słońca.* Z wiadomej paralaxy poziomej słońca możemy znaleźć jego odległość od ziemi. W samej rzeczy, niech S (Fig. 31) będzie słońce, AC promień ziemi, który oznaczmy przez r , to kąt ASC jest paralaxą poziomą słońca, a więc wynosi $8'',6$.



(Fig. 31)

Dla tak małego kąta można przyjąć, że AC jest co do długości równe łukowi zakreślonemu z punktu S promieniem SA . Zakreślmy z punktu S łuk promieniem równym jednośc, to:

$$AS:AC=1:\text{łuku } 8'',6$$

Przy promieniu = jednośc, długość półokręgu koła, zawierającego 180° , czyli $648000''$ jest

$$\pi=3,14159\dots; \text{ długość więc łuku } 1''=\frac{3,14159\dots}{648000};$$

$$\text{długość zaś łuku } 8'',6=\frac{3,14159\dots \times 8'',6}{648000}=\frac{1}{23984}.$$

Ztąd ta proporcycja zamieni się na:

$$AS:r=1:\frac{1}{23984}, \text{ czyli}$$

$$AS=r \times 23984,$$

co znaczy, że odległość słońca od ziemi wynosi 23984 promieni ziemskich (okrągło prawie 24000).

Ponieważ promień ziemi zawiera w sobie średnio 858 mil geograficznych, zatem odległość słońca od ziemi wynosi 20577272 mil.

Dla przedstawienia sobie tak ogromnej odległości, uważmy, że szybko jadąca lokomotywa i prze-

bywająca 6 mil na jedną godzinę, a więc 144 mil na dobę, czyli 52560 mil na rok, zatem 5256000 mil w ciągu jednego wieku, potrzebowałyby trzy i pół wieków dla przebycia téj odległości.

39. *Wielkość słońca.* Paralaxa pozioma słońca jest to kąt, pod jakim widzielibyśmy ze słońca promień ziemi w kierunku do niego prostopadłym; kąt ten wynosi 8'',6. Ponieważ średnicę tarczy słońca widzimy pod kątem 32'6'' średnio (30), zatem promień tejże tarczy widzimy pod kątem 16'3'' czyli 963'.

Promień więc słońca i promień ziemi, widziane z jednéj i téj saméj odległości, nie są sobie równe, można więc przyjąć, że te promienie są proporcjonalne do wielkości kątów pod jakimi je widzimy. Oznaczmy przez R promień słońca, przez r promień ziemi,—otrzymamy proporcją:

$$\frac{R}{r} = \frac{963'}{8'',6} = 112,$$

Zkąd:

$$R = 112 r.$$

Zatem promień słońca wynosi prawie 112 promieni ziemskich, czyli 96096 mil geograficznych.

Gdy przyjmiemy słońce za kulę; powierzchnia jego zawierać będzie $(112)^2$ czyli 12544 powierzchni ziemi, objętość zaś $(112)^3$ czyli 1404928 objętości ziemi.

Księżyc, jak to później zobaczymy (50), jest odległy od ziemi na 60 promieni ziemskich. Gdybyśmy tedy umieścili ziemię tak, żeby jój środek znajdował się w środku słońca, to wewnątrz powierzchni

otaczającej słońce mógłby księżyc krążyć naokoło ziemi na zwykłej swej odległości, pozostając jeszcze oddalonym od tej powierzchni prawie natyle, co od środka ziemi.

40. *Ruch wirowy słońca.* Obserwując słońce przez lunetę, w której dla uchronienia wzroku naszego od zbyt silnego blasku, szkło oczne jest zaopatrzone szkłem kolorowem, dostrzedz można na tarczy słońca plamy zupełnie czarne, różnych kształtów, otoczone obwódką popielatego koloru zwaną *przycieniem*. Plamy te ustawicznie się zmieniają; jedne nikną, drugie ukazują się w tych samych, lub innych miejscach tarczy; jedne trwają dłużej, drugie krócej; ukazywały się plamy trwające po sześć tygodni nawet, inne znów zaledwie kilka dni istnieją.

Pozostała, błyszcząca część tarczy słońca nie przedstawia bynajmniej jednakowego natężenia światła. Zwykle miejsca otaczające plamy są jaśniejsze, stąd nazywają się one *pochodniami*. W ogólności cała powierzchnia jest jakby pofalowana i pokryta centkami jaśniejszemi, nazwanemi *perelkami*.

Przyglądając się uważnie całej powierzchni tarczy można dostrzedz, że wszystkie te plamy i miejsca jaśniejsze są w ustawicznym względem siebie ruchu, co naprowadza nas na wniosek, że powierzchnia słońca jest pokryta ciałem nadzwyczajnie ruchliwem, gazowem, będącém w stanie rozżarzenia.

Pomimo tej ruchliwości powierzchni słońca, można dostrzedz, że wszystkie plamy, ukazujące się na tarczy, ulegają ogólnemu ruchowi od wschodniego jej brzegu ku zachodniemu, czyli od lewej ręki ku prawej (patrząc na słońce). Każda plama przy brze-

gach posiada ruch wolniejszy, przyczém ukazuje się w jednym kierunku zwiężoną i tylko z jednej strony zwróconej ku brzegowi tarczy, otoczona jest przycieciem, tak, że plamy te w perspektywie ukazują się jakby pewne zagłębienia będące na powierzchni słońca.

Z tego ruchu ogólnego plam wniesć należy, że słońce posiada ruch wirowy.

Zbadaniem tego ruchu zajął się szczególnie p. Laugier, i z bardzo licznych obserwacyj czynionych nad ruchem tych plam przyszedł do wypadku, że słońce, podobnie jak ziemia, *posiada ruch wirowy około osi pochylonej do płaszczyzny ekliptyki pod kątem $82^{\circ}50'48''$* . Płaszczyzna prostopadła do tej osi poprowadzona przez środek słońca nazywa się *równikiem słonecznym*. Równik słoneczny przecina się z płaszczyzną ekliptyki podług linii, czyniącej z linią punktów równonocnych kąt $80^{\circ}21'$. Jeden całkowity obrót słońca około jego osi trwa 25,3 dni, i jeżeli umieścimy się myślą w kierunku osi obrotu słońca, stając na płaszczyźnie równika głową zwróceniu ku północnemu końcowi tej osi, to ruch słońca wyda nam się od ręki prawej ku lewej, czyli tak samo jak ruch obrotowy ziemi, z zachodu na wschód.

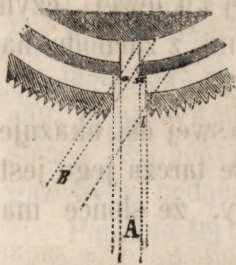
Ponieważ słońce obraca się około swój osi, ukazuje się nam więc z różnych stron, a że tarcza jego jest zawsze kołem, wniesć ztąd należy, że słońce ma kształt kulisty.

41. *Fizyczny ustrój słońca*. Dla objaśnienia, z kąd pochodzą plamy i pochodnie na powierzchni słońca, przyjmowano różne hipotezy,— najwięcej

prawdopodobieństwa ma za sobą hipoteza Herschla, dziś powszechnie przyjęta.

Według tej hipotezy słońce uważać należy jako ciało nieprzezroczyste, kulistego kształtu i otoczone atmosferą tak jak ziemia. W atmosferze tej znajdują się dwie warstwy mgły, umieszczone w pewnej od słońca odległości i unoszące się jedna nad drugą. Zewnętrzna powłoka jest materią bardzo świecąca i nazywa się *światlosferą* czyli *fotosferą*;— ona ze wszech stron otacza drugą warstwę, która znajduje się pomiędzy nią a jądrem słońca i nie ma własnego światła. Te dwie warstwy, oddziaływając na siebie wzajemnie, sprawiają światło słoneczne.

Przyjmując hipotezę Herschla z łatwością objaśnić można tworzenie się plam i pochodni na powierzchni słońca. W samej rzeczy, przypuśćmy, że wskutek pewnej przyczyny, np. wskutek gazu wznoszącego się z powierzchni słońca utworzyły się dwa odpowiednie otwory *aa'* i *bb'* (*Fig. 32*) w tych warstwach. Patrząc na słońce w kierunku *A* ujrzymy na jego tarczy plamę, której wewnętrzna ciemna część jest tłem



(*Fig. 32*).

jądra słońca, przycień zaś jest widzialną częścią drugiej warstwy, od której się odbija światło pochodzące od fotosfery. Patrząc zaś na słońce w kierunku ukośnym *B*, plama ta ukaże nam się na brzegu tarczy, węższa w poprzecznym kierunku i tylko z jednej strony otoczona przycieniem. Przy tworzeniu się tych otworów, usunięte cząstki fotosfery zbie-

rają się obok i tworzą pochodnie, czyli miejsca jaśniejsze.

Że jądro słońca znajduje się w nieroztopionym stanie przy tak znacznej ilości ciepłika, wywiązującego się wraz ze światłem na powierzchni słońca, objaśnia Herschel tém, że atmosfera słońca i ta pośrednia warstwa mgły nie przepuszczają całej ilości ciepłika.

Doświadczenia czynione przez Arago i innych znakomitych fizyków okazały, że światło słoneczne pod pewnemi warunkami, mianowicie będąc polaryzowanym, zachowuje się zupełnie tak, jak przy tych samych warunkach światło pochodzące od żarzących się cząstek gazu, *np.* przy paleniu się knota świecy, gazu do oświetlania i t. p.,— posiada zaś własności zupełnie przeciwne, jak światło pochodzące od ciała stałego lub ciekłego rozżarzonego. Nareszcie Kirchhoff i Bunsen, badając widmo słoneczne otrzymane przez załamanie się promieni słońca w pryzmacie, i porównywając je z widmami otrzymanymi przez załamanie się w pryzmacie promieni pochodzących od lampki alkoholowej, której płomień unosi w sobie rozżarzone cząsteczki sodu, potasu i innych metali, znaleźli, że w atmosferze słonecznej unoszą się cząsteczki rozżarzone różnych metali na ziemi znanych, a przynajmniej mających pod tym względem jednakowe własności.

42. *Światło zodiacalne.* Słońce zdaje się być otoczoném jeszcze jedną atmosferą, rozciągającą się na znaczne przestrzenie i mającą słaby bardzo blask. Czasami, zaraz po zachodzie słońca, lub też przed jego wschodem, widzieć można słabe światło w kształcie trójkąta, którego podstawa zajmuje na poziomie

od 20° do 30° i który wznosi się czasem na 50° nad poziom. Ogólny kierunek tego światła jest wzdłuż ekliptyki, stąd nazywa się *światłem zodiacalnym*. Przyczyna światła zodiacalnego nie jest dotąd znaną, są tylko domniemania nie mające za sobą wiele prawdopodobieństwa.

ROZDZIAŁ VIII.

Roczny ruch ziemi naokoło słońca.

Treść: Roczny ruch słońca może być pozornym.— Dowody ruchu rocznego ziemi naokoło słońca.— Aberracja światła.— Paralaxa roczna gwiazd stałych.— Droga, jaką ziemia opisuje naokoło słońca. Oś ziemi pozostaje równoległą od swego pierwotnego położenia podczas ruchu rocznego ziemi.— Wyprzedzanie punktów równonocnych i kołysanie się osi ziemskiej.

43. *Roczny ruch słońca może być pozornym.* Widzielśmy poprzednio (31), że słońce w ciągu roku odbywa na płaszczyźnie ekliptyki jeden całkowity obrót naokoło ziemi z zachodu na wschód po obwodzie elipsy, której jedno z ognisk zajmuje ziemia.

Ruch ten wszakże może być tylko pozornym, i tak, jak obrót dzienny całej kuli niebieskiej wraz ze wszystkimi gwiazdami na niej umieszczonemi, okazał się być pozornym i pochodzącym z obrotu ziemi około swój osi, tak również i ruch roczny słońca może pochodzić z rzeczywistego ruchu ziemi około słońca, zajmującego niezmiennie położenie.

Na tę hipotezę ruchu ziemi około słońca naprowadzają nas różne uwagi.— Najprzód, słońce jest przeszło 1400000 razy większe od ziemi, łatwiej te-

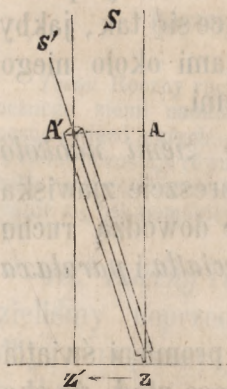
dy wystawić sobie ziemię poruszającą się około słońca, aniżeli tak ogromną bryłę około drobnego ziareczka, jakim jest ziemia w porównaniu ze słońcem, témbardziej, że jak później zobaczymy (73), przyczyną ruchu ciał niebieskich jest ich wzajemne działanie na siebie według pewnych praw. Dalej, przyjąwszy hipotezę ruchu ziemi około słońca, kładziemy ziemię w rzędzie planet, które zarówno opisują pewne drogi na około słońca (65), gdy przeciwnie, przyjąwszy, że ziemia nie zmienia swego położenia, ruchy planet stają się bardzo zawikłane i odbywające się tak, jakby słońce, razem ze wszystkimi planetami około niego krążącymi, poruszało się naokoło ziemi.

44. Dowody ruchu rocznego ziemi naokoło słońca. Aberracyja światła. Są nareszcie zjawiska astronomiczne, które niezaprzeczenie dowodzą ruchu ziemi. Do tych należą: *aberracyja światła* i *paralaxa roczna* gwiazd stałych.

Aberracyją nazywamy zboczenie promieni światła od właściwego ich kierunku, pochodzące ztąd, że oko dostrzegacza nie jest w spoczynku, lecz odbywa ruch, którego prędkość ma pewne znaczenie w porównaniu z prędkością światła. Zupełnie tak samo krople deszczu pionowo padające podczas spokojnego powietrza, upadają na wierzch głowy osoby zostającej w miejscu, gdy zaś ta osoba bieży, krople deszczu padają na jej twarz i zdają się mieć kierunek ukośny.

Prędkość światła wynosi prawie 41 000 mil geograficznych na sekundę;— w tym samym czasie ziemia przebiega 4 mile, to jest drogę prawie 10250 razy mniejszą. To wiedząc przypuścimy że od pewnej gwiaz-

dy S idą promienie $A'Z$, AZ , (Fig. 33), które dla wielkiej odległości gwiazdy mogą być uważane za równoległe. Gdyby ziemia znajdowała się w spoczynku w punkcie Z , widzielibyśmy tę gwiazdę w kierunku ZA . Że zaś ziemia znajduje się w ruchu i przebiega drogę ZZ' w tym samym czasie, w którym światło przebiega pewną drogę AZ , przeto gwiazdę tę ujrzymy w kierunku przekątnej równoległoboku $AZZ'A'$ zbudowanego na prędkościach światła i ziemi.



(Fig. 33).

zobaczenia więc gwiazdy S , należy lunecie nadać kierunek ZA' , i wtedy ujrzymy ją w S' . W samej rzeczy, tylko przy takim położeniu lunety cząsteczka światła A' , przebiegająca drogę $A'Z'$ przejdzie przez lunetę w kierunku jej osi podczas tego, gdy luneta nie zmieniając swego pochylenia, przejdzie wraz z ziemią od punktu Z do Z' .

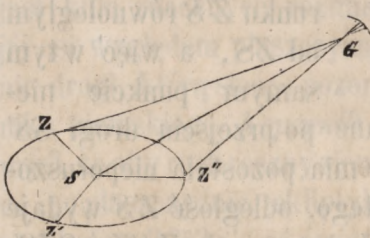
Kąt zboczenia $A'ZA$ nazywa się *aberracją*;— ten kąt jest największy, gdy kierunek światła jest prostopadły do kierunku biegu ziemi i wynosi wtedy $20''{,}45$.

Bradley pierwszy odkrył w 1725 r. aberrację dla gwiazd i utwierdził tym sposobem hipotezę ruchu rocznego ziemi niezaprzeczoną dowodem.

W skutek aberracji, dostrzegane położenia gwiazd różnią się od istotnych, należy więc przy obserwacjach astronomicznych *poprawić* znalezione położenia gwiazd, na ilości odpowiednie aberracji.

45. *Paralaxa roczna gwiazd stałych.* Drugim dowodem ruchu ziemi naokoło słońca, jest paralaxa roczna gwiazd stałych.

Dajmy na to, że ziemia opisuje drogę $ZZ'Z''$ (Fig. 34) naokoło słońca S . Jakkolwiek gwiazda G jest niezmiernie odległą od ziemi, wszelakoż widziana z różnych punktów zajmowanych przez ziemię Z, Z', Z'', \dots ukaże nam się w różnych punktach kuli niebieskiej w kierunku $ZG, Z'G, Z''G, \dots$ tak że w ciągu roku opisze na kuli niebieskiej, w skutek ruchu ziemi na około słońca, elipsę o bardzo małych wymiarach więcej lub mniej zwięzłą. Kąt ZGS , pod



(Fig. 34).

jakim jest widziany promień wodzący drogi opisywanej przez ziemię patrząc z gwiazdy w kierunku do niego prostopadłym, nazywa się paralaxą roczną téj gwiazdy. Bessel,

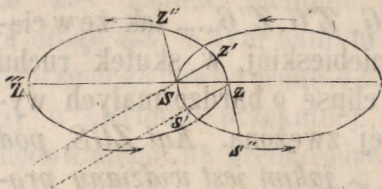
za pomocą bardzo dokładnych narzędzi zręcznych obserwacji, znalazł pierwszy z wielką ścisłością paralaxę dla jednej z najbliższych gwiazd (z konstellacji Łabędzia N° 61). Paralaxa ta wynosi tylko kąt $0'',35$.

46. Droga, jaką ziemia opisuje naokoło słońca. Dowiedliśmy poprzednio że ziemia opisuje naokoło słońca pewną drogę. Zobaczymy teraz, jaką ta droga być powinna, aby nam się wydało, że słońce zostające w spoczynku, opisuje pozornie w ciągu roku drogę według praw Keplera (30).

Niech $SS'S''$ (Fig. 35 na nast. str.) będzie elipsą, opisywaną ruchem pozornym przez słońce z zachodu na wschód, Z ziemią zajmującą jedno z ognisk. Wykręślmy elipsę $ZZ'Z''Z''' \dots$ taką samą jak elipsa opisywana pozornie przez słońce, mającą oś wielką

na jednej linii prostej z osią wielką poprzedniej i ognisko tej elipsy niech zajmuje słońce S .

Ziemia biegnie po obwodzie elipsy $ZZ'Z''\dots$;—my zaś, nie czując tego ruchu, przypisujemy go słońcu. W samej rzeczy, gdy ziemia jest w punkcie Z ,



(Fig. 35).

widziemy słońce w kierunku— ZS , gdy ziemia przejdzie do punktu Z' , słońce ukaże się w kierunku $Z'S$ równoległym od ZS' , a więc w tym samym punkcie nie-

ba, w jakim byłoby widziane po przejściu drogi SS' i w przypuszczeniu, że ziemia pozostała nieporuszoną w punkcie Z . Prócz tego, odległość $Z'S$ wydaje się równą odległości ZS' i wycinek $Z'SZ = SZS'$. Podobnie gdy ziemia przejdzie do punktu Z'' widzimy słońce w kierunku $Z''S$ równoległym od ZS'' i na odległości $Z''S = ZS''$ i t. d. Słowem, że ruch przypisywany słońcu, rzeczywiście wykonywa ziemia podług tychże samych praw Keplera, mianowicie:

1-sze Prawo. *Ziemia w ciągu roku opisuje z zachodu na wschód obwód elipsy położonej na płaszczyźnie ekliptyki. Jedno z ognisk tej elipsy zajmuje słońce.*

2-gie Prawo. *Powierzchnie wycinków, opisywanych przez promień wodzący poprowadzony od słońca do ziemi, są proporcjonalne do czasów użytych na ich opisanie.*

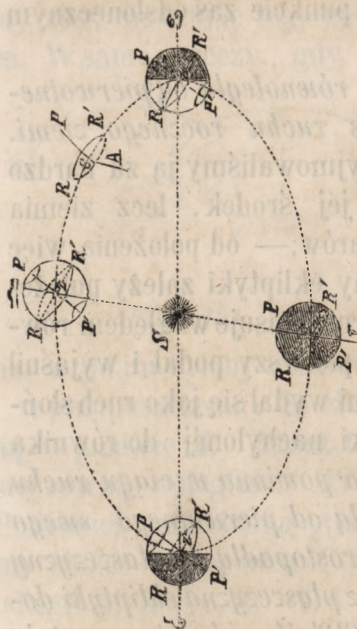
Z tych dwóch praw wypada, jak to już widzieliśmy (30), że ziemia raz znajduje się najbliżej słońca w punkcie Z , ztąd punkt ten nazywa się *przysło-*

necznym (perihelium), — drugi raz najdalej od słońca w punkcie Z'' — punkt ten nazywa się *odslonecznym* (aphelium). Nadto w punkcie przysłonecznym ziemia posiada ruch najszybszy, w punkcie zaś odslonecznym najwolniejszy.

47. *Oś ziemi pozostaje równoległą od pierwotnego swego położenia podczas ruchu rocznego ziemi.* Mówiąc o ruchu ziemi, przyjmowaliśmy ją za bardzo małą, za punkt zajmujący jej środek, lecz ziemia jest kulą znacznych rozmiarów; — od położenia więc jej osi względem płaszczyzny ekliptyki zależy położenie drogi, którą słońce pozornie opisuje względem równika ziemskiego. *Kopernik* pierwszy podał i wyjaśnił myśl, że aby ruch roczny ziemi wydał się jako ruch słońca po płaszczyźnie ekliptyki nachylenej do równika pod kątem $23^{\circ}28'$, *oś świata* powinna w ciągu ruchu ziemi pozostawać równoległą od pierwotnego swego położenia i czynić z linią prostopadłą do płaszczyzny ekliptyki kąt $23^{\circ}28'$, a więc z płaszczyzną ekliptyki dopełnienie tego kąta, czyli $66^{\circ}32'$. Że oś świata pozostaje równoległą od swego pierwotnego położenia, mamy dowód z tego, że biegun świata, czyli punkt na kuli, niebieskiej położony, ku któremu zmierza oś świata, pozostaje prawie nieruchomym w ciągu roku.

Przypuśćmy, że droga opisywana przez środek ziemi na płaszczyźnie ekliptyki jest $ZZ'Z''Z'''$ (Fig. 36 na nast. str.) słońce zaś zajmuje punkt S . Linija, w kierunku której płaszczyzna równika, RR' przecina się z płaszczyzną ekliptyki, niech będzie CA . Ponieważ oś świata PP pozostaje równoległą od swego pierwotnego położenia czyniąc z osią ekliptyki kąt $23^{\circ}28'$, więc i płaszczyzna równika czyni z ekliptyką ten sam kąt $23^{\circ}28'$, pozostając

równoległą od swego położenia w ciągu ruchu ziemi. Podobnie i linija CA zachowuje przy tym ruchu niezmienny kierunek.



(Fig. 36).

Gdy ziemia dojdzie do punktu Z , w którym linija przecięcia CA przedłużona przechodzi punkt S , słońce znajduje się w jednym z punktów równonocnych. W punkcie Z' linija CA będzie prostopadłą do linii ZS , łączącej środka ziemi i słońca, — wtedy też słońce wyda się w największej odległości od równika na półkuli północnej w zenicie dla miejsc, których szerokość geograficzna północna wynosi $23^{\circ}28'$, czyli na zwrotniku raka. Następnie ziemia przejdzie do punktu Z'' , tam linija przecięcia CA przedłużona, znowu przechodzi przez punkt S , a więc słońce znajduje się na równiku w drugim punkcie równonocnym. Nakoniec w punkcie Z''' , linija przecięcia CA będzie prostopadłą do linii $Z'''S$, łączącej środka ziemi i słońca, — wtedy też słońce wyda się w największej odległości od równika na półkuli południowej w zenicie dla miejsc, których szerokość geograficzna południowa wynosi $23^{\circ}28'$, czyli w zwrotniku koziorożca i t. d., ziemia przechodzi do punktów: Z, Z', Z'' .

Łatwo jest widzieć, że w miarę tego, jak ziemia kolejno przechodzi od jednego do drugiego z tych punktów, słońce przechodzi przez zenity miejsc położonych na okręgu koła wielkiego, będącego ekliptyką. Gdy ziemia znajduje się w punkcie Z , słońce na kuli niebieskiej widziane jest w kierunku ZS w znaku Υ (Barana) i wtedy mamy wiosenne porównanie dnia z nocą; gdy zaś ziemia przejdzie do punktu Z' , widzimy słońce na kuli niebieskiej w kierunku $Z'S$ w znaku ε (Raka) i mamy wtedy letnie przesilenie dnia z nocą. Z punktu Z'' widzimy słońce w kierunku $Z''S$ w znaku ζ (Wagi), jesiennego porównania dnia z nocą. Nareszcie z punktu Z''' słońce jest widziane w znaku $\bar{\zeta}$ (Koziorożca) podczas zimowego przesilenia dnia z nocą.

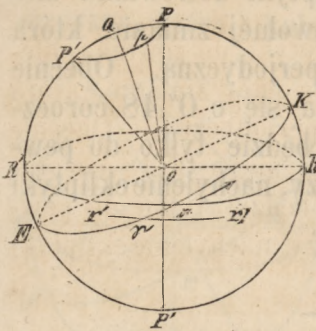
Ponieważ ziemia jest kulą o bardzo małych wymiarach w porównaniu z wielkością słońca i jego odległością, zatem jedna jej połowa zwrócona ku słońcu jest oświetloną. Linija, oddzielająca półkulę oświetloną od półkuli będącej w cieniu, jest okręgiem koła wielkiego, położonego na płaszczyźnie prostopadłej do linii prostej, łączącej środek ziemi ze środkiem słońca. W skutek ruchu obrotowego ziemi około swój osi, punkta na powierzchni ziemi położone opisują równoleżniki, których nachylenie względem ekliptyki pozostaje niezmiennie ($23^{\circ}28'$). Od położenia zaś tych równoleżników względem koła oddzielającego część oświetloną od ciemnej, zależy różna długość dnia i nocy w różne pory roku. I tak; w punktach równonocnych Z i Z'' to koło dzieli każdy z równoleżników na dwie części równe, stąd na każdym punkcie powierzchni ziemi dzień jest równy nocy. W punkcie Z' , gdy półkula północna ma

lato, równoleżniki przecięte są przez koło oddzielające część oświeconą od ciemnej tak, że zbliżając się ku biegunowi północnemu, coraz większe części tych równoleżników pozostają po stronie oświeconej, — wszystkie zaś równoleżniki począwszy od koła biegunowego północnego, do bieguna północnego pozostają wciąż oświecone. Na półkuli zaś południowej odwrotnie, idąc ku biegunowi południowemu coraz mniejsze części są po stronie oświeconej, począwszy nareszcie od koła biegunowego południowego do tegoż bieguna. Wszystkie równoleżniki są w cieniu. W punkcie Z''' wszystko ma się odwrotnie, — słońce przechodzi na półkulę południową oświeca biegun południowy, północny zaś pozostawia w cieniu.

Tak więc ziemia ma jednocześnie dwa ruchy; — obrotowy naokoło swój osi i postępowy w około słońca. Pierwszy ruch jest przyczyną pozornego ruchu dziennego całej kuli niebieskiej, drugi zaś sprawia pozorny ruch roczny słońca po obwodzie ekliptyki.

48. *Wyprzedzanie punktów równonocnych i kątowanie się osi ziemskiej.* Mówiliśmy, że przy ruchu rocznym ziemi, os' jej zachowuje niezmienny kierunek, pozostając wciąż równoległą od pierwotnego swego położenia, co ściśle rzeczy biorąc nie ma miejsca. Punkt bowiem równonocny, jak to już wspominaliśmy, cofa się po okręgu ekliptyki na $50'',2$ rocznie (23). Pochodzi to ztąd, że os' ziemi OP (*Fig. 37 nast. str.*) nie zmieniając swego nachylenia do płaszczyzny ekliptyki EK , zatém i do osi ekliptyki OQ , posuwa się ruchem bardzo powolnym w ten sposób, że opisuje naokoło osi ekliptyki powierzchnię ostrokregową POP' . W skutek tego i linija równonocna $\gamma\zeta$, podług której przecina się równik RR' z ekliptyką, zatém i punkt

równonocny wiosenny posuwa się wstecz na $50'',2$ rocznie, co się nazywa *wyprzedzaniem punktu równonocnego*, czyli *precessyją*. I tak: gdy oś świata przejdzie z położenia OP do położenia Op , równik RR' przyjmie położenie rr' i punkt równonocny γ cofnie się do punktu γ' . Ruch ten osi świata jest bardzo powolny. Jeden całkowity jej obrót trwa około 26000 lat, to znaczy, że biegun północny P w ciągu tego czasu opisze



(Fig. 37)

w ciągu tego czasu opisze na niebie, ze wschodu na zachód, okrąg koła o promieniu $23^{\circ}28'$ i wróci do położenia, które obecnie zajmuje. (Zobacz mapę gwiazd).

Oprócz tego ruchu, oś ziemi około każdego średniego położenia swego odbywa pewne kołysania, powtarzające się perjodycznie co $18\frac{3}{5}$ lat. Kołysania te nazywamy *nutacją osi ziemskiej*. Gdyby oś ziemi nie opisywała powierzchni ostrokątej w skutek precessyi, to w skutek samej nutacyi, biegun *np.* północny opisałby na niebie elipsę, której oś mała, idąca w kierunku ogólnego ruchu osi ziemskiej wynosi $14'',4$, oś zaś wielka $19'',3$. Biegun więc północny w skutek tych dwóch jednoczesnych ruchów osi ziemskiej, opisuje na kuli niebieskiej, nie okrąg koła, lecz linię wężykową, której, linią środkową jest okrąg koła. Wskutek nutacyi osi ziemskiej, nachylenie ekliptyki do równika ulega nadzwyczajnie małym perjo-

dycznym zmianom, powtarzającym się w przeciągu tego czasu $18\frac{3}{5}$ lat.

Nakoniec, nachylenie ekliptyki do równika ulega jeszcze drugiej, bardzo powolnej zmianie, która także w ciągu wieków jest perjodyczną. Obecnie nachylenie ekliptyki zmniejsza się o $0'',48$ corocznie. Zmniejszanie to trwać będzie tylko do pewnego czasu, od którego zaczawszy, nachylenie ekliptyki znowu będzie się powiększać.

ROZDZIAŁ IX.

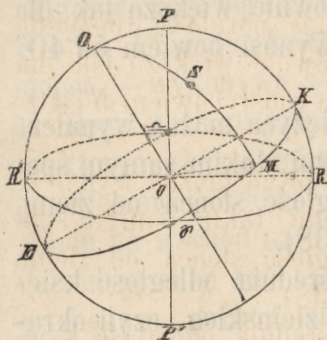
O księżycu.

Treść: Długość i szerokość astronomiczna.— Odległość księżyca od ziemi, jego objętość.— Odmiany światła księżyca.— Objaśnienie tych odmian.— Miesiąc księżycowy synodyczny i perjodyczny.— Bieg księżyca na kuli niebieskiej.— Rzeczywista droga księżyca naokoło ziemi.— Ruch wirowy księżyca; jego budowa fizyczna.

49. Długość i szerokość astronomiczna. Dla zbadania praw, według których odbywają się ruchy pewnych ciał niebieskich, jako to: księżyca, planet, i t. p. odnosi się w astronomii położenie tych ciał do płaszczyzny ekliptyki za pomocą dwóch kątów, lub też łuków te kąty mierzących.

Niech punkt *O* (*Fig. 38 na nast. str.*) będzie środkiem kuli niebieskiej, *RR'* płaszczyzną równika, *OP* osią świata, *EK* płaszczyzną ekliptyki. Linija *OQ* prostopadła do ekliptyki nazywa się jej osią,

punkt zaś Q jój biegunem. Aby wyznaczyć położenie gwiazdy S względem płaszczyzny ekliptyki, poprowadźmy przez tę gwiazdę i oś ekliptyki płaszczyznę, która z kulą niebieską przetnie się podług



(Fig. 38).

okregu koła wielkiego QSM . Kąt SOM , czyli łuk jemu odpowiadający SM , mierzy na tej płaszczyźnie odległość gwiazdy od ekliptyki i nazywa się *szerokością astronomiczną* tej gwiazdy.

Należy jeszcze wyznaczyć położenie tej płaszczyzny $QSMO$, mierząc jój odległość od punktu γ porównania wiosennego dnia z nocą. Odległość ta na powierzchni kuli niebieskiej wyznacza się łukiem ekliptyki γM , nazwanym *długością astronomiczną*.

Szerokość astronomiczna rachuje się, poczynając od okregu ekliptyki ku jój biegunowi, to jest od 0° do 90° , i stosownie do półkuli, na której gwiazda jest położona, szerokość astronomiczna bywa północna i południowa. Dla odróżnienia tej ostatniej kładziemy przed nią znak mniej ($-$). Długość zaś rachuje się zaczawszy od punktu γ , z zachodu na wschód, wzdłuż całego okregu ekliptyki od 0° do 360° .

Szerokość i długość astronomiczna dla pewnej gwiazdy, nie znajdują się przez bezpośrednie obserwacje, lecz dochodzą się za pomocą rachunku ze znanego zboczenia i prostego wzniesienia się tej gwiazdy.

50. *Odległość księżycy od ziemi, jego objętość.* Obserwując położenie księżycy względem zenitów dwóch odległych miejsc na powierzchni ziemi obranych, oznaczyć możemy jego paralaxę poziomą (37). Paralaxa ta jest nierównie większą jak dla słońca, średnia jej wartość wynosi bowiem $57'40''$ czyli $3460''$.

Z wiadomej paralaxy księżycy można wynaleźć jego średnią odległość od ziemi, takim samym sposobem, jak znaleźliśmy odległość słońca od ziemi, mając daną jego paralaxę (38).

Otrzymana w ten sposób średnia odległość księżycy wynosi $59,61$ promieni ziemskich, czyli okrągło prawie 60 takich promieni.

Promień tarczy księżycy widzimy pod kątem, którego średnia wartość wynosi $15'43''$ czyli $943''$. Paralaxa zaś księżycy, czyli kąt, pod jakim widzielibyśmy promień ziemi, patrząc na niego z księżycy, zawiera $3460''$. Promień więc księżycy ma się do promienia

ziemi jak $\frac{943}{3460}$. Ułamek ten w przybliżeniu przyjąć można za $\frac{3}{11}$, to znaczy że promień księżycy wynosi

tylko $\frac{3}{11}$ promienia ziemi. Ztąd objętość księżycy

(przyjawszy go za kulę) jest $\left(\frac{3}{11}\right)^3 = \frac{27}{1331}$, czyli pra-

wie $\frac{1}{50}$ objętości ziemi.

51. *Odmiany światła księżycy.* Księżyc, ulegając wraz ze wszystkimi gwiazdami ogólnemu ruchowi dziennemu kuli niebieskiej ze wschodu na zachód, nie zachowuje stałego położenia pomiędzy gwiazdami, lecz podobnie jak słońce przy ruchu rocznym, posu-

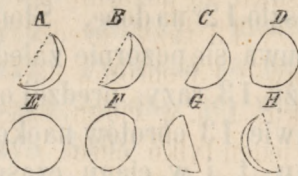
wa się z zachodu na wschód, opisując okrąg mało różniący się od obwodu ekliptyki. Bieg jednakowoż księżycy jest znacznie szybszy od pozornego biegu słońca, wynosi bowiem średnią liczbę przeszło 12° na dobę. Słońce zaś w ciągu tego czasu posuwa się pozornie zaledwie na 1° ; zatem księżyc bieży 13 razy prędzej od słońca,— wykonywa więc prawie 13 obrotów naokoło ziemi w ciągu jednego roku, t. j. w ciągu czasu, w którym słońce dokonywa jeden tylko obrót.

Ponieważ księżyc posuwa się codziennie z zachodu na wschód na 12° prawie, zatem przy ruchu dziennym całej kuli niebieskiej, odbywającym się ze wschodu na zachód, nie przechodzi on przez południk danego miejsca co 24 godzin, lecz od jednego przejścia księżycy przez dany południk do następnego, upływa $24^{\text{h}} 48^{\text{m}}$ czasu średniego. Na opisanie bowiem przy ruchu dziennym łuku wynoszącego 12° , potrzeba 48^{m} czasu średniego.

Tarcza księżycy podczas każdego obrotu jego naokoło ziemi przybiera różne kształty, przedstawiając szczególne zjawisko zwane *odmianami światła księżycy* albo *lunacyjami*.

Gdy księżyc w obrocie swym naokoło ziemi znajduje się na jednej płaszczyźnie południkowej ze słońcem i razem z nim góruje, wtedy weale nie jest widzialny i tę odmianę jego nazywamy *nowiem*. Po upływie pewnego czasu księżyc, jako szybciej od słońca poruszający się, minie je usunawszy się nieco ku wschodowi. wtenczas jego tarcza przedstawia się w kształcie bardzo wąskiego sierpa A (*Fig. 39 na nast. str.*) zwróconego wypukłą stroną ku słońcu. Linija łącząca końce tego sierpa, czyli tak zwane jego *rogi*, ma zawsze ta-

ki kierunek, że linija do niej prostopadła jest skierowaną ku słońcu. Sierp ten ukazuje się wkrótce po zachodzie słońca niedaleko od miejsca, w którym



(Fig. 39).

słońce zaszło i w skutek dziennego obrotu sklepienia nieba, zachodzi wkrótce po słońcu. W następne dni księżyc coraz bardziej oddala się od słońca ku wschodowi,

przyczem tarcza jego przybiera kształt coraz szerszego sierpa *B*. Po upływie 7 dni od nowiu, księżyc jest oddalony od słońca na 90° , wtedy ukazuje się w kształcie półkola *C* zwróconego zarówno wypukłą stroną ku słońcu i przechodzi przez południk danego miejsca o 6 godzin później aniżeli słońce, t. j. około godziny 6 wieczorem,— ta odmiana księżyca nazywa się *pierwszą kwadrą*. W dalszym ciągu księżyc coraz bardziej oddala się od słońca, przyczem oświetlona część jego tarczy wzrasta, stając się większą od półkola (*D*). Gdy księżyc przejdzie na stronę nieba przeciwną tej, w której znajduje się słońce, czyli oddali się od słońca na 180° ,— co ma miejsce prawie w 14 dni po nowiu,— wtedy tarcza jego jest kołem *E* i przechodzi przez południk danego miejsca w 12 godzin po słońcu, czyli o północy. Ta odmiana nazywa się *pełnią*. W ogólności od nowiu do pełni, świecąca tarcza księżyca wzrasta, ztąd księżyc w ciągu tego czasu nazywa się *rosnącym*.

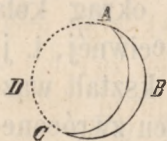
W parę dni po pełni, kołowa tarcza księżyca zaczyna się zmieniać,— ze strony zachodniej ubywa jej wciąż tak, że przybiera ona kształt *F*. W 21

dni po nowiu, księżyc jest oddalony od słońca na 270° i przybiera kształt półkola *G*, ze wschodniej strony zakończonego półokręgiem, z zachodniej zaś linią prostą,— góruje wtedy o godzinie 6^{tej} z rana. Ten kształt tarczy nazywa się *ostatnią kwadrą*. Następnie gdy księżyc dokonywając cały okrąg koła przybliży się napowrót do słońca z przeciwniej, t. j. z zachodniej strony, wtedy przybiera kształt wąskiego sierpa *H*, wypukłą stroną ku słońcu zwróconego. Sierp ten widzieć można przed samym wschodem słońca po nad miejscem, w którym słońce ma wejść. W 29 dni po nowiu, księżyc znowu znajduje się na niebie w jednym kierunku ze słońcem, wtedy wcale nie jest widziany, czyli powtórnie jest w *nowiu*,— poczem te same odmiany w tymże porządku następują.

Od pełni do nowiu świecąca tarcza księżycza zmniejsza się, ztąd księżyc w ciągu tego czasu nazywa się *ubywającym*. Przeciąg zaś czasu od jednej odmiany księżycza do następnej téj samej *np.* od jednego nowiu do następnego, zawiera w sobie 29 dni 12 godz. 44^m 3^s i nazywa się *lunacją* lub téż *mieściacem synodycznym*.

52. *Objaśnienie odmian światła księżycza.* Opisane tu odmiany światła księżycowego nie są skutkiem szczególnej budowy księżycza, który będąc widziany z różnych stron podczas obrotu swego, przedstawia nam się w tych kształtach. O tém przekonywa nas tak zwane *zasłanianie* (okultacja) gwiazd przez księżyc. Zasłanianie to ma miejsce nietylko dla gwiazd będących na kierunku świecącej tarczy księżycza, ale w ogólności zasłonięte są wszystkie

gwiazdy przypadające wewnątrz okręgu koła $ABCD$ (Fig. 40), jaki otrzymamy z przedłużenia zewnętrznej, wypukłej części sierpa księżycowego. Księżyc więc zawsze jest zwrócony ku ziemi tarczą kołową tak, jak podczas pełni, my zaś widziemy tylko pewną jej część oświeconą. Wnieść ztąd



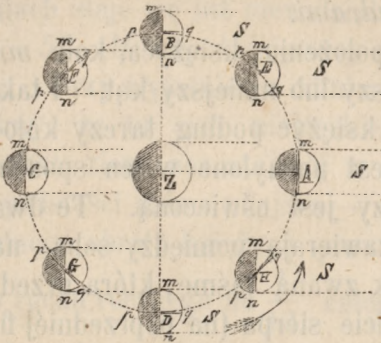
(Fig. 40).

należy, że księżyc ma kształt kulisty, jest ciałem niemającym własnego światła i nieprzezroczystém. Że zaś, jak to widzieliśmy poprzednio, odmiany światła księżycy zależą od jego położenia względem słońca (51), nadto wypukła strona oświeconej części tarczy jest zwrócona ku słońcu tak, że w każdym położeniu księżycy linija prostopadła do linii łączącej jego rogi przedłużona przechodzi przez słońce, przeto księżyc otrzymuje swoje światło od słońca.

Wiedząc, że księżyc bieży naokoło ziemi po okręgu koła lub też po obwodzie linii do koła zbliżonej (51), i że płaszczyzna, na której ten ruch odbywa się jest mało nachyloną do ekliptyki, możemy wyjaśnić, w jaki to sposób otrzymujemy kolejno te różne odmiany światła księżycy w miarę jego ruchu.

W samej rzeczy, niech Z (Fig. 41 na nast. str.) będzie ziemią, $ABCD$ droga, jaką księżyc naokoło niej opisuje z zachodu na wschód. Ponieważ, jak to już wiemy (51) odległość księżycy od ziemi i jego wielkość jest znacznie mniejszą od odległości słońca od ziemi i jego wielkości, możemy więc przyjąć za równoległe względem siebie wszystkie promienie światła, idące od słońca S i oświecające księżyc w różnych jego położeniach.

W położeniu *A* księżyc znajduje się na płaszczyźnie prostopadłej do ekliptyki i przechodzącej przez



(Fig. 41).

środek słońca i środek ziemi. Linija oddzielająca oświeconą półkulę księżycą od ciemnej, jest okręgiem koła wielkiego *mn*,—podług tegoż okręgu widziemy z ziemi tarczę księżycą, a ponieważ półkula ciemna jest ku nam zwró-

coną, nie widziemy wcale księżycą, czyli mamy *now'*.

W położeniu *B* prawie na 90° odległym od *A*, okrąg koła wielkiego *mn* oddziela oświeconą półkulę od ciemnej, tarczę zaś księżycą widziemy według koła *pq* prostopadłego do *mn*,—połowa więc téj tarczy, ku zachodniej stronie zwrócona, jest oświeconą, druga zaś ciemną, co stanowi *pierwszą kwadrę* (na figurze poprzedniej, C). Księżyc doszedłszy do punktu *C* na 180° odległego od *A*, znajduje się znowu na płaszczyźnie prostopadłej do ekliptyki i przechodzącej przez środek słońca i ziemi—tarczę więc jego widziemy podług koła *mn*, które oddziela zarazem półkulę oświeconą od ciemnej; że zaś w tém położeniu półkula oświecona jest ku nam zwrócona, przeto księżyc przedstawia nam się w *pełni* (na figurze poprzedniej, E). Nareszcie w położeniu *D* znowu koło *pq*, podług którego widziemy tarczę księżycą, jest prostopadłe do koła *mn*—połowa więc tarczy ku wschodniej stronie zwrócona jest oświecona,—co stanowi *ostatnią kwadrę* (na poprzedniej figurze, G.)

Położenia księżycy podczas jego nowiu i pełni w punktach A i C nazywają się *syzygijami*, w punktach zaś B i D — *kwadrami*.

W każdym inném położeniu księżycy, koła mn i pq czynią z sobą większy lub mniejszy kąt. I tak, w punkcie E widziemy księżycę podług tarczy kołowej pq , do której mn jest nachylone w ten sposób, że mniejsza część tarczy jest oświetloną. Te dwa koła przecinając się, zawierają pomiędzy sobą na powierzchni księżycy tak zwaną taśmę, która przedstawia nam się w kształcie sierpa (na poprzedniej figurze, A). W położeniu zaś F' znowu te koła są nachylone do siebie, lecz tak, że większa część tarczy widzianej z ziemi jest oświetloną (na poprzedniej figurze, F). W punkcie G widziany kształt księżycy jest taki sam, jak w F , tylko wypukła część jego jest w przeciwną stronę zwrócona. Nareszcie w punkcie H księżycę ma znowu kształt sierpa, podobnie jak w E , lecz zwróconego w przeciwną stronę.

Ziemia widziana z różnych położen przez księżycę zajmowanych, przedstawia takie same odmiany światła jak księżycę, lecz w odwrotnym porządku. I tak, gdy księżycę jest na nowiu w punkcie A — ziemia jest zwrócona ku księżycowi oświetloną stroną, czyli ukazuje się w pełni. W punkcie B księżycę jest w pełni, ziemia zaś jest obrócona ku niemu ciemną stroną, ukazuje się tedy w nowiu i t. d.

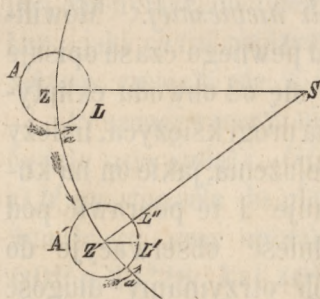
Gdy księżycę znajduje się w bliskości punktu A , to jest w ciągu kilku dni przed nowiem i ponowiu, promienie słońca padające na ziemię odbijają się od jej powierzchni i napotykają księżycę, przez co oświetlają ciemną część jego tarczy. Ztąd też często widziemy tę część tarczy oświetloną słabem

światłem, zwaném *światłem popielatém*. Światło to słabnie w miarę rosnącego księżycyca i po kilku dniach staje się już niewidzialném.

53. *Miesiąc księżycowy synodyczny i perjodyczny*. Przy wyjaśnieniu odmian księżycyca, przyjmowaliśmy, że to ciało niebieskie obiega pewną drogę naokoło ziemi pozostającą w spoczynku, — co w rzeczywistości niema miejsca — ziemia bowiem podczas jednego obrotu księżycyca posuwa się w skutek swego ruchu rocznego na $\frac{1}{13}$ całego obwodu ekliptyki

(51). Lecz w tym razie przy wyjaśnieniu odmian światła nic się nie zmieni, tylko księżyc użyje więcej czasu na przejście od pewnej odmiany do téj samej następnej np. od nowiu do nowiu.

W samej rzeczy, niech *Z* (*Fig. 42*) będzie położeniem ziemi, *LA* drogą jaką księżyc naokoło niej opisuje, *S* słońce. W punkcie *L*, na płaszczyźnie przechodzącej przez *S* i *Z* i prostopadłej do ekliptyki,



(*Fig. 42*).

księżyc znajduje się w nowiu. Podczas tego jak księżyc, po dokonaniu całego okręgu koła *LA*, powraca znowu na tę płaszczyznę, ziemia przechodzi pewną drogę *ZZ'* w skutek swego ruchu naokoło słońca i znajdzie się w punkcie *Z'*, — księżyc zaś zajmie położenie *L'* na płaszczyźnie prostopadłej do ekliptyki i przechodzącej przez *Z'S*, czyli będzie w nowiu. Nakreślmy promień *Z'L'* równoległy od *LZ*, to staje się oczywistém, że księżyc od jednego nowiu do na-

stepnego obiegi cały okrąg koła i jeszcze łuk $L'L'$, który mierzy kąt $L'ZL''=ZSZ'$, czyli kąt, na jaki się ziemia w ciągu tego czasu posunęła.

Przeciąg czasu, użyty przez księżyc na przebycie od pewnego względem słońca położenia do następnego takiego samego, czyli od jednej odmiany do następnej téj samej, np. od nowiu do nowiu nazywa się *miesiącem księżycowym synodycznym*. Z bardzo licznych doświadczeń, czynionych w tym względzie, wypada, że miesiąc synodyczny trwa 29 dni 12^{go} 44^m 2^s,9.

Miesiącem zaś *perjodycznym* czyli *gwiazdowym* nazywamy przeciąg czasu użyty przez księżyc na obieżenie całego okręgu koła, zaczawszy od pewnego punktu stałego na niebie, do tegoż samego punktu (np. pewnej gwiazdy stałej). Ten miesiąc jest krótszy od synodycznego, i łatwo go wyznaczyć, odtrącając od tamtego czasu użyty przez księżyc na przebieżenie łuku LL' . Wtaki sposób znaleziono, że miesiąc gwiazdowy zawiera 27 dni 7^{god} 43^m 4^s,5.

54. *Bieg księżycy na kuli niebieskiej.* Mówiliśmy już, że księżyc w przeciągu pewnego czasu opisuje na niebie okrąg mało różniący się od obwodu ekliptyki. Dla dokładnego wyznaczenia drogi księżycy, należy od czasu do czasu znajdować położenia, jakie on na kuli niebieskiej pozornie zajmuje i te poprawić pod względem paralaxy, czyli odnieść obserwacje do środka ziemi. W ten sposób otrzymamy długość i szerokość astronomiczną (49) księżycy w różnych miejscach jego biegu.

Gdy naznaczymy na kuli sztucznej kolejne punkta odpowiadające otrzymanym długościom i szerokościom, znajdziemy, że księżyc na niebie opisuje z zachodu na wschód w kierunku strzałki a (fig. 43 na nast. str.)

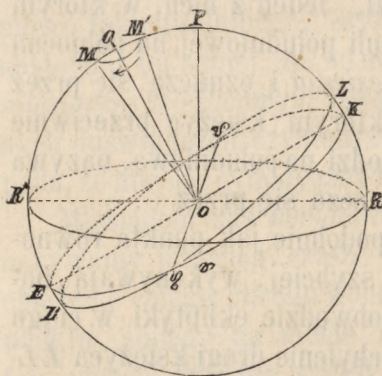
okrag koła LL' nachylony do ekliptyki EK pod kątem wynoszącym prawie $5^{\circ}9'$. Ten kąt jednakowoż nie jest stałym, ulega on bardzo małym perjodycznym zmianom wśród każdego obrotu księżycyca. Droga księżycyca przecina się z okręgiem ekliptyki w dwóch punktach zwanych *węzłami*. Jeden z nich, w którym księżycyca przechodzi z półkuli południowej na północną nazywa się *węzłem podniesienia* i oznacza się przez znak Ω , — drugi zaś, w którym księżycyca przeciwnie z półkuli północnej przechodzi na południową, nazywa się *węzłem opadania* i oznacza się przez ϖ . —

Węzły te cofają się, podobnie jak punkta równonocne (48), lecz znacznie szybciej, wykonywają bowiem całkowity obrót po obwodzie ekliptyki w ciągu $18\frac{3}{5}$ lat; — przyczem nachylenie drogi księżycyca LL' do ekliptyki nie zmienia się. Można więc wystawić sobie, że płaszczyzna na której księżycyca odbywa swoją drogę obraca się wciąż, zachowując niezmiennę nachylenie do ekliptyki. Że zaś ekliptyka jest nachyloną do równika pod kątem $23^{\circ}28'$, przeto kąt, jaki czyni płaszczyzna drogi księżycyca z równikiem zmienia się w granicach $18^{\circ}19'$ i $28^{\circ}37'$.

W samej rzeczy, niech OP (*Fig. 43 na nast. str.*) będzie osią świata, OQ osią ekliptyki EK . Linija OM prostopadła do płaszczyzny LL' , na której księżycyca drogę swą opisuje, jest jej osią, — zatem kąt $QOP = 23^{\circ}28'$, kąt zaś $QOM = 5^{\circ}9'$. Ponieważ droga księżycyca, niezmieniając swego nachylenia do ekliptyki obraca się, więc i jej oś OM czyni niezmiennie kąt $5^{\circ}9'$ z osią ekliptyki OQ i opisuje naokoło niej ostrokrag MOM' . Najmniejsza tedy wartość dla kąta, jaki OM czyni z osią świata wynosi:

$MOP = QOP - QOM' = 23^{\circ}28' - (5^{\circ}9') = 18^{\circ}19'$;
 największa zaś wynosi:

$MOP = QOP + QOM = 23^{\circ}28' + (5^{\circ}9') = 28^{\circ}37'$.
 Ztąd to pochodzi, że księżyc zbaczając od równika, raz
 ku północy, drugi raz ku południowi w tych granicach,



(Fig. 43).

ukazuje nam się w tak
 różnych miejscach kuli
 niebieskiej podczas swe-
 go ruchu.

55. *Rzeczywista dro-
 ga księżyc naokoło zię-
 mi.* Dotąd wyznaczyli-
 śmy drogę opisywaną
 przez księżyc nie zwraca-
 jąc uwagi na jego odle-
 głość od ziemi, czyli ra-
 częj wyznaczyliśmy tyl-

ko miejsca, w jakich on nam ukazuje się na kuli
 niebieskiej podczas swego ruchu (54). Lecz znajdując
 od czasu do czasu kąt, pod jakim widzimy promień
 tarczy księżyc, wynoszący średnio $15'43''$, prze-
 konać się możemy, że wartość tego kąta zmienia
 się w znacznych granicach, mianowicie, najmniejsza
 wynosi $14'43''$. największa zaś $16'47''$.

Ponieważ odległości księżyc od ziemi są odwrot-
 nie proporcjonalne do katowych wielkości promienia
 jego tarczy, możemy więc wyznaczyć względne od-
 ległości naszego satelity w różnych miejscach jego
 drogi,— wtedy znajdziemy, że *księżyc bieży z za-
 chodu na wschód na płaszczyźnie swęj drogi po obwo-
 dzie elipsy, której jedno z ognisk zajmuje ziemia.*

Podobnież jak przy ruchu słońca, punkt *przyziemny* i *odziemny* (31) są końcami osi wielkiej, która tu przybiera nazwisko *linii apsidów*. Mimośród téj elipsy jest równy prawie $\frac{1}{18}$ — jest więc ona więcej rozciągnięta jak elipsa przez słońce opisywana (30). Największa odległość księżycy od ziemi wynosi 55,947 promieni ziemskich — największa zaś 63,802 takich promieni.

Mierząc łuki przebiegane przez księżyc w równych przeciągach czasu i porównywając je z odległościami na jakich pozostaje księżyc od ziemi, znajdziemy, że on nie bieży ruchem jednostajnym, lecz prędkość jego ruchu zmienia się według drugiego prawa Keplera, mianowicie: *powierzchnie wycinków opisanych przez promień wodzący poprowadzony od ziemi do księżycy, są proporcjonalne do czasów użytych na ich opisanie*. Z tego prawa, jak to już wiemy (30), wypada, że księżyc najszybciej bieży w punkcie przyziemnym, najwolniej zaś w punkcie odziemnym.

Ruch księżycy, odbywający się podług tych dwóch praw, ulega licznym, bardzo małym zboczeniom, zwanym *perturbacyjami* — pochodzą one z różnego położenia względnego słońca, ziemi i księżycy wzajemnie na siebie działających (79).

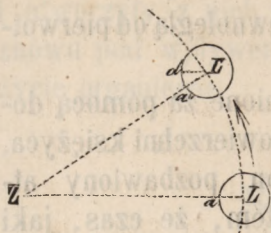
56. *Ruch wirowy księżycy, jego ustrój fizyczny*. Przyglądając się tarczy księżycowej, chociażby gołym okiem, widziemy na niej plamy, które kształtu swego nie zmieniają i nadają księżycowi zgruba postać twarzy ludzkiej. Plamy te mylnie miano za morza na księżycu będące, bliższe bowiem zbadanie rzeczy za pomocą wydoskonalonych

lunet pokazało, że powierzchnia księżyca jest pokryta bardzo wielkimi górami w porównaniu z jego promieniem,—ciemne zaś miejsca są kotlinami tych gór i cieniem przez nie rzuconym. Szczególniej górzystość powierzchni księżycowej okazuje się podczas kwadry,—wtedy linija oddzielająca oświeconą część tarczy od ciemnej, obserwowana przez lunetę, nie jest prostą, jaką golem okiem być się wydaje, lecz w najrozmaitszy sposób pociętą z przyczyny nierównej powierzchni księżyca. Nadto w niewielkiej odległości od téj linii, na ciemnej stronie tarczy widzieć można oddzielne punkta świecące—są to szczyty gór oświecone przez promienie słońca styczne do powierzchni księżyca.

Wszystkie znaczniejsze góry księżycowe otrzymały nazwiska, i położenia ich na tarczy są dokładnie oznaczone. Dostrzegając tarczę księżyca i punkta na niej znane w ciągu jakkolwiek długiego czasu, przekonać się możemy, że księżyc zawsze jedną stroną jest ku nam zwrócony, a ponieważ on obraca się naokoło ziemi z zachodu na wschód, kończąc jeden całkowity obrót perjodyczny w ciągu $27^{\text{dni}} 7^{\text{god}} 43^{\text{m}} 4^{\text{s}}, 5(53)$, wniesć ztąd należy, że *księżyc posiada ruch wirowy*, mianowicie w ciągu tegoż czasu $27^{\text{d}} 7^{\text{g}} 43^{\text{m}} 4^{\text{s}}, 5$ wykonywa w téż samą stronę, t. j. z zachodu na wschód, jeden całkowity obrót około osi przechodzącej przez jego środek.

W samej rzeczy, niech Z (*Fig. 44 na nast. str.*) będzie ziemią, L księżycem. Przypuśćmy, że w kierunku ZL widziemy na powierzchni tarczy, w samym jej środku plamę a . Księżyc po upływie pewnego czasu, w skutek swego biegu około ziemi, przejdzie

do punktu L' , i gdyby nieposiadał ruchu wirowego wtedy wszelka linija np. La podczas ruchu księżycyca naokoło ziemi zachowałaby swój kierunek niezmiennie, tak, że w punkcie L' przyjęłaby położenie $L'a'$ równoległe od La . Plama więc a widziana poprzednio w środku tarczy posunęłaby się obecnie ku jój brzegowi, — w rzeczywistości zaś ujrzymy ją i w tém



(Fig. 44).

położeniu księżycyca w środku jego tarczy w punkcie a'' na kierunku linii $L'Z$. Co może mieć miejsce jedynie w skutek obrotu księżycyca z zachodu na wschód około osi, przechodzącej przez jego środek tak, że kąt $a'La'' = LZZ$.

Ruch wirowy księżycyca, jak każdy taki ruch, jest jednostajny, — bieg zaś księżycyca naokoło ziemi jest niejednostajny (55). Ztąd pochodzi, że jakkolwiek jeden obrót księżycyca około swój osi trwa tyleż co jego obrót naokoło ziemi, wszelakoż, w skutek niejednostajności tego ostatniego, plamy widziane na tarczy księżycyca nie zachowują ściśle niezmiennego położenia, lecz raz ku zachodniej, drugi raz ku wschodniej stronie poruszają się, przyczém z tych stron na krańcach tarczy ukazują się nowe plamy. To zjawisko nazywamy *ważeniem się księżycyca w długości*, dla odróżnienia od drugiego *ważenia się w szerokości*, które pochodzi ztąd, że księżycyca nie bieży po ekliptyce, lecz raz znajduje się nad, drugi raz pod nią, w skutek czego ukazują nam się nowe plamy raz na północnej drugi raz na południowej części księżycyca. Nadto ważenie się w szerokości powiększa się przez to, że

oś obrotu księżyca nie jest prostopadła do płaszczyzny jego drogi, lecz czyni z nią kąt $83\frac{10}{2}$ prawie, pozostając wśród ruchu księżyca równoległą od pierwotnego swego położenia.

Wszystkie dostrzeżenia czynione za pomocą dokładnych lunet w celu zbadania powierzchni księżyca, zdają się wskazywać, że jest on pozbawiony atmosfery;— co potwierdza się tém, że czas, jaki trwać powinno zasłonięcie (okkultacyja) pewnej gwiazdy przez księżyc, otrzymany za pomocą rachunku, jest zupełnie zgodny z czasem otrzymanym przez obserwacyją tego zjawiska, coby nie miało miejsca, gdyby promienie idące od gwiazdy do oka w chwili jej zasłonięcia, a więc styczne do powierzchni księżyca, przechodziły przez jego atmosferę, wtedy bowiem uledezby tam musiały załamaniu a ztąd skrócić czas trwania tego zasłonięcia.

Ponieważ księżyc nie jest otoczony atmosferą,— żadna więc ciecz np. woda nie może istnieć na jego powierzchni, albowiem ciecz ta nie doznając ciśnienia atmosfery, zamieniałaby się na parę i w ten sposób utworzyłaby atmosferę księżyca.

Z tego cośmy o księżycu powiedzieli wynika, że on ma kształt kulistój, nadzwyczaj nierównój i chropowatój bryły, pokrytój skałami i pozbawionój wszelkiego życia organicznego, tak, że można go uważać jako bryłę powstałą przez zakrzepnięcie masy poprzednio ogniem roztopionój.

Z wypadków, do jakich geologija doszła okazuje się, że i ziemia była pierwotkowo w stanie roztopionój ogniem masy, lecz po jej zakrzepnięciu, wo-

da i atmosfera otaczające ją, działając wspólnie, zniszczyły w części powstałe po zakrzepnięciu skały i utworzyły z nich warstwy pokładowe, na których znowu pod wpływem wody i atmosfery rozwija się życie organiczne.

ROZDZIAŁ X.

O zaćmieniach księżyca i słońca.

Treść: Przyczyna zaćmienia księżyca.— Warunki przy jakich ono może mieć miejsce.— Wyznaczenie czasu, w jakim zaćmienie księżyca przypada.— Wpływ atmosfery ziemi na zaćmienie księżyca. Przyczyna zaćmienia słońca.— Wyznaczenie czasu, w jakim ono ma przypaść.—

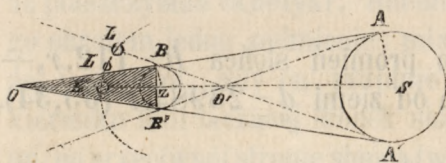
57. *Przyczyna zaćmienia księżyca.* Ziemia, będąc z jednej strony oświetloną przez słońce, rzuca w przeciwną stronę cień.

Niech S (Fig. 45) będzie kulą przedstawiającą słońce, Z kulą ziemską. Nakreślmy ostroką AOA'

styczny do obu tych kul. Łatwo jest widzieć, że do przestrzeni zawartej w ostroką BOB' nie wchodzi wcale

promienie słońca,— ostroką ten jest więc cieniem rzuconym przez ziemię. Ośią jego jest linija prosta SZO łącząca środek słońca ze środkiem ziemi.

Gdy droga LL' , jaką księżyc opisuje naokoło ziemi, przechodzi przez oś tego ostroką, lub w niewielkiej od niej odległości, wtedy księżyc, przebywając część swęj drogi zanurzoną w cieniu, nie otrzy-



(Fig. 45).

muje promieni słońca, staje się więc niewidzialnym—co stanowi jego zaćmienie.

Aby księżyc mógł się zanurzyć w ostrokregu cienia przez ziemię rzuconego, długość tegoż cienia powinna przewyższać odległość księżycy od ziemi, i nadto koło, wynikłe z przecięcia tegoż ostrokregu w odległości, na jakiej księżyc znajduje się od ziemi, powinno mieć promień większy od promienia tarczy księżycowej. Co w samej rzeczy ma miejsce. Poprowadźmy promienie AS i BZ ,—z trójkątów podobnych OAS i OBZ wypada proporcya:

$$AS : BZ = OS : OZ, \text{ ztąd}$$

$$AS - BZ : BZ = OS - OZ : OZ.$$

Gdy promień ziemi BZ oznaczymy przez r , promień słońca $AS = R$, nadto $OS - OZ = ZS$ oznaczymy przez d i nareszcie niewiadomą długość cienia OZ przez x ,—otrzymamy:

$$R - r : r = d : x \text{ ztąd:}$$

$$x = \frac{d \cdot r}{R - r}$$

Lecz, jak wiadomo promień słońca $R = 112 \cdot r$,—odległość zaś słońca od ziemi $d = 23984 \cdot r$ (33,34), zatem:

$$x = \frac{23984 \cdot r^2}{112 \cdot r} = 214 \cdot r. —$$

Tak więc, długość cienia przez ziemię rzuconego wynosi 214 promieni ziemskich, a ponieważ największa odległość księżycy od ziemi nie przechodzi 63 takich promieni, zatem księżyc może zanurzyć się w tym cieniu.

Także łatwo widzieć, że koło wynikłe z przecięcia ostrokregu cienia w odległości, na ja-

kiej księżyc się znajduje, ma promień większy od promienia tarczy księżycowej. Koło wynikłe z przecięcia tego ostrokągu w połowie jego długości, ma promień równy połowie promienia ziemi; — że zaś promień księżycy jest prawie $\frac{1}{4}$ promienia ziemi, i nadto księżyc znajduje się zawsze w odległości od ziemi mniejszej od połowy tej długości, zatem nie tylko, że księżyc może w zupełności być zaćmionym, ale nadto zaćmienie jego może trwać pewien przeciąg czasu.

Najdłuższy czas trwania zaćmienia ma miejsce wtedy, gdy środek księżycy przechodzi przez oś ostrokągu cienia; im zaś dalej przechodzi od tej osi, tem czas trwania zaćmienia jest krótszy. Zdarzyć się może, że księżyc tak daleko od osi tej przechodzi, że tarcza jego nie zupełnie zanurza się w cieniu, wtedy zaćmienie nazywa się *częstkowem* i trwa krócej od tamtych, zwanych *całkowitemi*.

58. *Warunki, przy jakich zaćmienie księżycy może mieć miejsce.* Gdyby księżyc opisywał drogę swoją na płaszczyźnie ekliptyki, mielibyśmy za każdym jego obrotem jedno zaćmienie, mianowicie podczas każdej jego pełni, gdy on znajduje się na przedłużonym kierunku linii łączącej środek słońca ze środkiem ziemi, po przeciwnej stronie słońca (w punkcie *C* na fig. 41). Lecz płaszczyzna drogi księżycowej jest nachylona do ekliptyki pod kątem $5^{\circ}9'$, może się więc zdarzyć, że podczas pełni, księżyc jest od płaszczyzny ekliptyki, a zatem i od osi cienia oddalony na pewną liczbę stopni (najwyżej $5^{\circ}9'$), i wtedy przechodzi nazewnątrz ostrokągu cienia nie zanurzając się w nim. Widziemy ztąd, że zaćmienie może przypaść wtenczas tylko, gdy księżyc będąc po stronie ziemi przeciwnej słońcu, czyli mając długość astronomiczną

różniącą się od długości słońca na 180° ma także i małą szerokość astronomiczną (nie przechodzącą $1^\circ 2' 37''$), czyli znajduje się w bliskości jednego z swoich węzłów (54).

59. *Wyznaczenie czasu, w jakim przypada zaćmienie księżyca.* Zaćmienia więc księżyca zależą od położenia węzłów drogi księżycowej względem słońca. Lecz, jak wiemy (54), węzły te cofają się wciąż ze wschodu na zachód, tak, że w przeciągu jednego roku, czyli 365 dni, zdążają ku słońcu na $19\frac{1}{3}\%$, ztąd też słońce wraca do poprzedniego względem nich położenia po upływie czasu krótszego od 365 dni, mianowicie po upływie $346^{\text{dni}} 14^{\text{go}} 52^{\text{m}} 35^{\text{sek}}$. Ponieważ ten przeciąg czasu ma się do długości miesiąca księżycowego $29^{\text{dni}} 12^{\text{g}} 4^{\text{m}} 3^{\text{s}}$ prawie jak 223 do 19, zatem po upływie 223 miesiące księżycowych, czyli $6585^{\text{dni}} 7^{\text{g}} 42^{\text{m}} 29^{\text{sek}}$, = $18^{\text{lat}} 11^{\text{dni}} 7^{\text{god}} 42^{\text{m}} 29^{\text{sek}}$, zaćmienia wracają w tym samym porządku. Ten perjod czasu zawierający $18^{\text{lat}} 11^{\text{dni}} 7^{\text{god}} 42^{\text{m}} 29^{\text{sek}}$ nazywa się *cyklem Metona*, od nazwiska astronoma ateńskiego, który go pirwszy wyznaczył. Za pomocą tego perjodu można znaleźć w przybliżeniu (do jednego dnia) czasy, w których przypadają zaćmienia, — w każdym bowiem takim perjodzie też same zaćmienia powtarzają się.

Zresztą czas, w którym zaćmienie księżyca ma przypaść, kilka lat naprzód z wielką ścisłością wyznaczyć można za pomocą *tablic astronomicznych*, które dają na każdy dzień roku długość i szerokość słońca, księżyca i t. p. W tablicach tych znaleźć możemy czas, w którym przy dostatecznie małej

szerokości astronomicznej księżyca, długość jego różni się od długości słońca na 180° .— W tym to czasie zaćmienie będzie miało miejsce. Nadto wyznaczyć można za pomocą rachunku czas trwania zaćmienia, i inne towarzyszące mu okoliczności.

Zaćmienie księżyca nie zaczyna się raptownie od chwili jego wejścia w cień ostrokągowy *BOB'* (fig. 44). Pochodzi to ztąd, że w około tego cienia znajduje się tak zwany *przycień*. Granice jego otrzymujemy, prowadząc drugi ostrokąg styczny do słońca i ziemi, lecz mający wierzchołek swój w punkcie *O'* pomiędzy temi ciałami. Łatwo jest widzieć, że do przestrzeni *OBC*, *OB'C'* nie wszystkie promienie słońca dochodzą, i że w dane miejsce téj przestrzeni tém więcej dochodzi promieni, im ono bliżej leży ostrokągu cienia, czyli, że przycień w miarę przybliżania się do cienia głównego jest ciemniejszy. Zanim więc księżyc dojdzie do ostrokągu cienia, traci stopniowo blask swój przechodząc przez przycień.

60. *Wpływ atmosfery ziemi na zaćmienia księżyca.* Dotąd nie zwracaliśmy uwagi na atmosferę ziemi, to jest przyjmowaliśmy, że promienie styczne do powierzchni ziemi nie zmieniają swego kierunku prostodrożnego. W rzeczywistości tak nie jest, ziemia bowiem jest otoczona atmosferą składającą się z warstw współśrodkowych coraz gęstszych w miarę zbliżania się do powierzchni ziemi. Gdy więc promienie słońca wchodzą w atmosferę ziemską, załamują się i zbaczą od swego kierunku, wychodząc z niej znowu się załamują przez co jeszcze bardziej

zbaczają. Niech S (Fig. 46) będzie słońce. Z ziemi otoczona warstwą atmosfery $bBb'B'$.— Promień np. Ab padając na atmosferę załamuje się tak, że dotyka powierzchni ziemi w punkcie b i wychodzi w kierunku bC . Wszystkie promienie jednakowo



(Fig. 46).

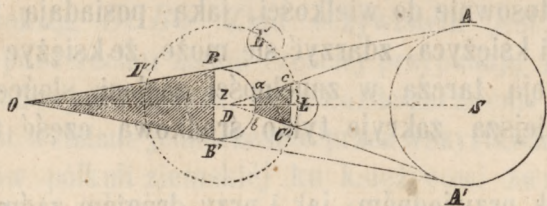
z tym położone schodzą się w pewnym punkcie C , znajdującym się bliżej powierzchni ziemi

aniżeli punkt O , w którym promienie niezłamane spotykały się,— ztąd ostrokąg cienia BCB' jest znacznie krótszy od poprzedniego BOB' . Do miejsc zaś pomiędzy punktami O i C położonych dochodzą promienie, które padając na atmosferę w kierunku bardziej ukośnym, doznają mniejszego załamania się. Znalezione, że długość cienia ZC wynikłego przez załamanie się promieni słońca w atmosferze, wynosi tylko 42 promieni ziemskich, zatem księżyc nigdy w nim się nie zanurza, nawet przy swój najmniejszej odległości od ziemi, wynoszącej 55,9 promieni ziemskich, lecz przechodzi w części ostrokregu pomiędzy O i C , gdzie dochodzą niektóre promienie załamane.

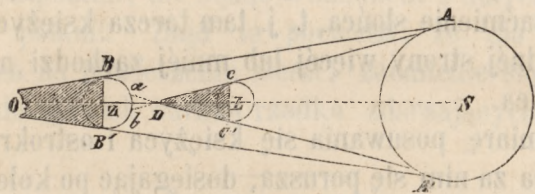
I dla tego to księżyc podczas swego zaćmienia nie traci nigdy w zupełności blasku, lecz nabiera *ślabego różowego światła*, pochodzącego ztąd, że światło słoneczne dochodzące do ostrokregu BOB' , przebyło grubą warstwę atmosfery ziemskiej, przez co wiele straciło na swém nateżeniu i nadto pozbawioném zostało błękitnych promieni, które też atmosfera pochłoneła.

61. *Przyczyna zaćmień słońca.* Księżyc, znajdując się pomiędzy ziemią i słońcem na linii prostej łączącej ich środki, jako ciało nieprzezroczyste zakrywa nam słońce, przez co sprawia jego zaćmienie.

Niech S (Fig. 47) będzie kulą przedstawiającą słońce, Z kulą ziemską. Księżyc L , z jednej strony oświetlony, rzuca w stronę przeciwną cień CDC' , jaki otrzymamy prowadząc ostrokąg, styczny do dwóch kul S i L . Gdy księżyc znajduje się w punkcie L na linii ZS , to natenczas ostrokąg cienia CDC' do-



(Fig. 47).



(Fig. 47 bis)

sięga powierzchni ziemi lub nie, w miarę mniejszego lub większego oddalenia księżycy od ziemi. W pierwszym razie (Fig. 47) mieszkańcy części powierzchni ziemi ab , podług której ten ostrokąg przecina się z powierzchnią ziemi, wcale słońca wtedy nie widzą — tam bowiem promienie jego nie dochodzą — mają więc *całkowite* zaćmienie słońca. W drugim razie, gdy wierzchołek D ostrokągu cienia, nie dosięga powierzchni ziemi (fig. 47 bis), wtedy

przedłużywszy ten ostrokąg, łatwo zauważyć, że mieszkańcy części powierzchni ziemi *ab* widzą tylko brzeg słońca w kształcie obrączki (*Fig. 48*), z kądem takie zaćmienie nazywa się *obraczkowém*.



Że mogą się zdarzyć te dwa rodzaje zaćmień, widzieć można już ztąd, że kąta wielkość promienia tarczy słonecznej zmienia się w granicach $31'31''$ i $32'35''$, ta zaś wielkość dla promienia tarczy księżyca (*Fig. 48*). zmienia się w granicach $29'22''$ i $34'6''$; zatem, stosownie do wielkości, jaką posiadają tarcze słońca i księżyca, zdarzyć się może, że księżyc większą swoją tarczą w zupełności zasłoni słońce, lub też mniejszą zakryje tylko środkową część tarczy słońca.

Tak przy jedném, jak i przy drugiem zaćmieniu, mieszkańcy okoliczni dla powierzchni *ab* mają *cząstkowe* zaćmienie słońca, t. j. tam tarcza księżyca tylko z jednej strony więcej lub mniej zachodzi na tarczę słońca.

W miarę posuwania się księżyca i ostrokąg jego cienia za nim się porusza, dosiegając po kolei różnych miejsc powierzchni ziemi. Każde więc zaćmienie słońca może być widziane pokolei z różnych miejsc tak zupełnie, jak niewielka, gęsta chmura, pędzona wiatrem, zasłania od słońca kolejne miejsca powierzchni ziemi.

62. *Wyznaczenie czasu, w którym zaćmienie słońca ma przypaść.* Czas, w którym zaćmienie słońca ma mieć miejsce wyznajduje się podobnie jak czas zaćmienia księżyca, z tą jedynie różnicą, że tu znaleźć należy moment, w którym przy małej sze-

rokości astronomicznej księżyca, długość jego jest równa długości astronomicznej słońca. Lecz wyrachowanie innych okoliczności, mianowicie wyznaczenie miejsc powierzchni ziemi, z których zaćmienie słońca będzie całkowicie lub częściowo widziane i t. p. stanowi więcej trudności, jak przy zaćmieniach księżyca.

Zaćmienie słońca ma miejsce, skoro księżyc przy L' (fig 47) wejdzie w ostrokąt $ABB'A'$, — zaćmienie zaś księżyca, gdy on przy L'' wejdzie w ostrokąt BOB' . Ztąd oczywistém jest, że na całej powierzchni ziemi, częściej przypadają zaćmienia słońca jak księżyca. Lecz każde zaćmienie księżyca jest widziane jednocześnie przez wszystkich mieszkańców półkuli ziemskiej ku księżycowi zwróconej. Zaćmienie zaś słońca może być widziane z jednego miejsca półkuli, nie będąc widzianém z innych miejsc tejże półkuli. Ztąd to pochodzi, że dla danego miejsca na powierzchni ziemi, zaćmienie słońca należy do zjawisk bardzo rzadko zdarzających się.

ROZDZIAŁ XI.

O planetach i kometach.

Treść: Planety niższe i wyższe, ich ruch względem słońca — Pozorne drogi planet na kuli niebieskiej. — Rzeczywisty ruch planet w przestrzeni. — Objaśnienie zatrzymywań się i cofań planet. — Element menaruchu planet. — Opisanie głównych planet. — O kometach. —

63. *Planety niższe i wyższe, ich ruch względem słońca.* Sąciała niebieskie, które gołym okiem wi-

dziane, mają postać gwiazd stałych. Wszelakoż dostrzegając je przez pewien przeciąg czasu, przekonać się możemy, że one nie zachowują stałego położenia względem tych gwiazd, lecz poruszają się pomiędzy niemi. Starożytni znali takich ciał pięć, mianowicie: Merkury, Wenera, Mars, Jowisz, Saturn i nazwali je *gwiazdami blakającemi się*, czyli *planetami*. Planety można odróżnić od gwiazd stałych obserwując je przez lunety;— ukazują się one wtedy w kształcie kołowej, oświeconej tarczy,— gwiazdy zaś stałe są zawsze tylko punktami świecącemi.

Dwa pierwsze z tych planet, Merkury i Wenera nazywają się *niższemi*. Nie oddalają się one nigdy znacznie od słońca. I tak, Wenera znajdując się w jednym kierunku ze słońcem, po upływie pewnego czasu oddala się od niego ku wschodowi, i zatrzymawszy się nieco na największej odległości wynoszącej 45° lub 47° wraca ku słońcu i minawszy je, znowu się oddala na tyleż w przeciwną stronę t. j. ku zachodowi. Ztąd to Wenerę widzieć można jako świetną gwiazdę, jaśniejącą zaraz po zachodzie słońca w miejscu nie bardzo odległym (najwyżej 45° lub 47°) od miejsca, w którym słońce zaszło. Nazywają ją pospolicie *gwiazdą wieczorną*. Gwiazda ta ulegając ogólnemu ruchowi dziennemu całej kuli niebieskiej ze wschodu na zachód, wkrótce po słońcu zachodzi. To znowu, gdy Wenera przejdzie na zachodnią stronę słońca, wyprzedza jego wschód i ukazuje się niedaleko miejsca w którym ono ma wejść, jako świetna gwiazda, pospolicie zwana *gwiazdą poranną*.

Merkury odbywa podobne ruchy na obie strony słońca, lecz jego kątowe oddalenia się od słońca nie są

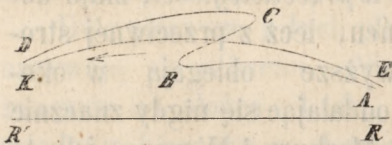
tak znaczne jak dla Wenery,— wynoszą bowiem tylko od $16^{\circ}\frac{1}{4}$ do $28^{\circ}\frac{3}{4}$,—prócz tego Merkury niema tak mocnego blasku.

Trzy pozostałe planety, to jest: Mars, Jowisz i Saturn nazywają się planetami *wyższemi*. Każdy z nich, zacząwszy *np.* od miejsca, w którym był widziany w jednym kierunku ze słońcem, czyli *w złączeniu*, oddala się od tego miejsca coraz bardziej na wszystkie możliwe kątowne wielkości, tak, że nawet może przejść na przeciwną półkulę i tam zająć miejsce przeciwległe ze słońcem, czyli być *w przeciwległości*, z kąd dopiero przybliży się ku słońcu, lecz z przeciwnej strony. Planety więc wyższe obiegają w około całą kulę niebieską, nie oddalając się nigdy znacznie od obwodu ekliptyki. Merkury i Wenera, jak to później zobaczymy (68), przedstawiają odmiany światła podobne do księżycowych; Jowisz zaś i Saturn rzucają w stronę przeciwną słońcu cień ostrokągowy, co dowodzi, że wszystkie planety nie błyszczą własnem światłem, lecz otrzymują je od słońca, podobnie jak ziemia.

64. *Pozorne drogi planet na kuli niebieskiej.* Opisałiśmy dotąd ruch, jaki posiadają planety względem słońca. Lecz, jak wiemy, słońce także porusza się na kuli niebieskiej. Aby więc wyznaczyć drogę, jaką którykolwiek planeta pozornie opisuje na kuli niebieskiej, niezależnie od ruchu słońca, należy od czasu do czasu wyznaczyć położenie, jakie ten planeta zajmuje na kuli niebieskiej względem równika, czyli zmierzyć jego proste wzniesienie się i zboczenie. Gdy znalezione tym sposobem położenia przeniesiemy na kulę sztucz-

ną i połączymy je nieprzerwaną linią, otrzymamy linię krzywą niewiele zbaczającą od obwodu ekliptyki i wskazującą drogę, jaką ten planeta na kuli niebieskiej opisuje.

W ogólności te linie krzywe mają kształt przedstawiony na figurze 49, gdzie RR' jest równikiem, EK ekliptyką, po której słońce porusza się w kierunku strzałki. Droga planety któregośkolwiek czy to wyższego, czy też niższego, ma kształt $ABCD$. Planeta przebywszy drogę AB w kierunku *prostym*



(Fig. 49).

(z zachodu na wschód) zatrzymuje się w punkcie B , z kąd cofa się wzdłuż BC , i zatrzymawszy się w punkcie C , znowu przybiera ruch

prosty w kierunku CD .

Wszystkie planety opisując tego rodzaju linie krzywe oddalają się od ekliptyki więcej nad 8° w jedną lub drugą stronę, tak, że wszystkie drogi odbywają się w pasie okrążającym kulę niebieską wzdłuż ekliptyki i rozciągającym się z obu jej stron na 8° . Pas ten nazwali jeszcze starożytni *zodjakiem*. Znaki zodiaku (28) dzielą także i ten pas na 12 równych części.

65. *Rzeczywisty ruch planet w przestrzeni.* Dla objaśnienia ruchu planet, ich zatrzymań się i cofań, stawiano różne systemata. Ptolomeusz podał systemat, którego trzymali się starożytni. W nim, ziemia uważana jest za nieruchomą, słońce zaś, razem ze wszystkimi planetami w około niego krążącemi, obraca się naokoło ziemi. Dla objaśnienia nierówno-

ści zachodzących przy obrocie planet około słońca, przyjął Ptolomeusz, że one opisują okręgi małych kół ruchomych, środki których biegną po okręgach kół większych, mających znowu środki swoje w środku słońca. W taki sposób planety w biegu swoim raz zbliżają się, to znowu oddalają się od słońca. Kola te nazywano *epicyklami*.

Systemat Ptolomeusza, jakkolwiek zawily, nie tłumaczył w zupełności ruchów planet. Pierwszy dopiero Kopernik, genialną myślą obalił dawne, zakłócone systemata starożytnych i podał swój systemat prostszy i bliższy prawdy. W nim przyjmuje, że słońce jest nieruchome, ziemia zaś i wszystkie planety opisują kola mniej lub więcej nachylone do płaszczyzny ekliptyki i mające środki swoje w środku słońca.

Nie mając dostatecznej liczby danych z obserwacyj i odpowiednich środków matematycznych, nie mógł Kopernik ściśle wyznaczyć drogi, jakie planety odbywają naokoło słońca. Wrzeczywistości bowiem planety nie poruszają się jednostajnie po okręgach kół, lecz raz bardziej, drugi raz mniej oddalają się od słońca, zmieniając szybkość swego ruchu, dla wytłumaczenia czego znowu Kopernik przyjął epicykle starożytnych.

Dopiero Kepler zebrawszy znaczną liczbę własnych i poprzednich obserwacyj, szczególnież czynionych przez Tycho de Brahe, i zajmawszy się głównie zbadaniem ruchu Marsa, doszedł nareszcie, po siedemnastoletniej niezmiordowanej pracy, do swych 3-ch praw, które ogłosił w 1618 roku.

1-sze Prawo. *Każdy z planet porusza się z zachodu na wschód po obwodzie elipsy, której jedno z ognisk zajmuje słońce.*

2-gie Prawo. *Powierzchnie wycinków eliptycznych opisywanych przez promień wodzący, poprowadzony od planety do słońca, są proporcjonalne do czasów użytych na ich opisanie.*

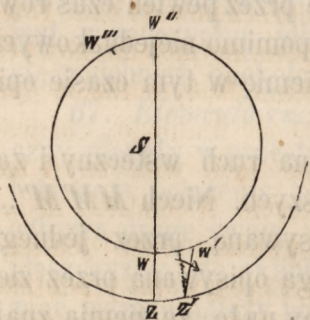
3-cie Prawo. *Kwadraty z czasów użytych przez różne planety na dokonanie całkowitego obrotu, są proporcjonalne do sześciątów ze średnich odległości tychże planet od słońca.*

Widzieliśmy już, że według pierwszych dwóch praw porusza się ziemia naokoło słońca (46). Każdy więc z planet tak, jak ziemia, poruszając się według prawa pierwszego, zmienia swoją odległość od słońca, i raz najbardziej zbliża się do niego, to jest znajduje się w punkcie *przysłonecznym*, to znowu najbardziej się oddala, czyli jest w punkcie *odslonecznym*. Prawo zaś drugie wskazuje, że ruch planet nie jest jednostajny, lecz szybszy przy punkcie przysłonecznym, — wolniejszy przy punkcie odslonecznym (46 i 30).

Trzecie nareszcie prawo daje związek, zachodzący pomiędzy czasami, użytymi przez różne planety na dokonanie całkowitego obrotu około słońca i średnimi odległościami tychże planet od słońca. Ponieważ kwadraty z tych czasów są proporcjonalne do sześciątów z odległości, czasy więc obrotów rosną szybciej jak te odległości, to jest, im planeta bardziej jest oddalony od słońca, tém ruch jego jest wolniejszy.

66. *Objaśnienie zatrzymywania się i cofań planet.* Na mocy tego, że planety posiadają ruch tém wolniejszy, im bardziej są oddalone od słońca, objaśnić można zatrzymywanie się i cofanie planet niższych i wyższych. Planety niższe: Merkury i Wenera,— znajdują się pomiędzy ziemią i słońcem; wyższe zaś: Mars, Jowisz, Saturn i t. d. są bardziej oddalone od słońca jak ziemia. (Tablica elementów ruchu planet str. 117).

Niech $WW'W'' \dots$ (Fig. 50) będzie drogą opisywaną przez jednego z planet niższych, zaś $ZZ'Z'' \dots$ drogą przez ziemię opisywaną naokoło słońca S . Obie



(Fig. 50).

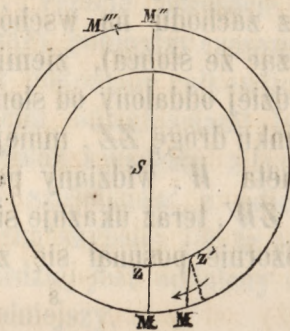
te drogi są elipsami, niewiele różniącemi się od koła, i nachylenemi do siebie pod małym kątem. Przypuśćmy, że planeta znajduje się w punkcie W , ziemia zaś w punkcie Z , wtedy widzimy tego planetę w kierunku ZWS , czyli w tak zwanem *dolnem złączeniu* ze słońcem. Gdy planeta przebieży pewną drogę WW' z zachodu na wschód (od prawej ręki ku lewej patrząc ze słońca), ziemia podczas tego, jako planeta bardziej oddalony od słońca, opisze w tym samym kierunku drogę ZZ' , mniejszą od WW' . Tak więc planeta W , widziany poprzednio z ziemi w kierunku ZW , teraz ukazuje się w kierunku $Z'W'$, zatem, pozornie posunął się ze

wschodu na zachód (od ręki lewójku prawej patrząc z ziemi) t. j. przebył pewną drogę ruchem wstecznym.

Gdy planeta znajduje się w tak zwaném *górném złączeniu* ze słońcem w punkcie W'' , ziemia zaś w punkcie Z' , wtedy jednocześnie planeta ten opisze łuk $W''W'''$, ziemia zaś łuk ZZ' . W skutek obu tych ruchów, planeta posunie się z zachodu na wschód (od ręki prawej ku lewej), to jest, otrzyma ruch prosty.

Łatwo pojąć, że przy przejściu od ruchu wstecznego do prostego jest moment, w którym planeta wydaje się nieruchomym, czyli zatrzymuje się. Ma to miejsce wtedy, gdy promień widzenia idący od planety do ziemi, pozostaje przez pewien czas równoległym od swego kierunku, pomimo niejednakowych przestrzeni przez planetę i ziemię w tym czasie opisanych.

Podobnie objaśnić można ruch wsteczny i zatrzymywanie się planet wyższych. Niech $MM'M'...$ (Fig. 51) będzie drogą opisywaną przez jednego z tych planet, $ZZ'Z''...$ drogą opisywaną przez ziemię naokoło słońca S . Dajmy na to, że ziemia znajduje się w punkcie Z , planeta zaś w punkcie M , t. j.



(Fig. 51).

w przeciwległości ze słońcem. Gdy ziemia w ciągu pewnego czasu przejdzie łuk ZZ' , planeta M , jako bardziej od słońca odległy, opisze w ciągu tegoż czasu łuk mniejszy MM' . Tak więc ten planeta widziany poprzednio z ziemi w kierunku ZM , teraz jest widziany w kierunku $Z'M'$, czyli po-

zornie posunął się ruchem wstecznym ze wschodu na zachód (od ręki lewej ku prawej patrząc z ziemi). Gdy zaś planeta ten znajduje się *w złączeniu* ze słońcem, t. j. zajmuje punkt M'' podczas tego jak ziemia jest w punkcie Z , wtedy drogi $M''M'''$ i ZZ' , jakie jednocześnie planeta i ziemia opisują, sprawiają pozorne posunięcie się tego planety w kierunku prostym. Tu znowu łatwo pojąć, że planeta przechodząc z ruchu wstecznego do prostego, zatrzymuje się.

Widziemy więc, że ruch prosty i wsteczny, jak również zatrzymywanie się planet, jest wynikiem ich ruchu względnego, pochodzącego ztąd, że ruch rzeczywisty tychże planet odnosimy do ziemi, która nie jest w spoczynku, jak nam się wydaje, lecz porusza się podobnież naokoło słońca.

67. *Elementa ruchu planet.* Ażeby ruch eliptyczny planety w przestrzeni dokładnie wyznaczyć, należy znać położenie płaszczyzny, na której planeta odbywa drogę swoją, do czego samo nachylenie tej płaszczyzny do ekliptyki nie jest dostatecznym,—znac jeszcze należy położenie linii, podług której ta płaszczyzna przecina się z ekliptyką, czyli położenie linii *węzłów*. Średnia odległość planety od słońca i mimośród dostatecznie wyznaczają elipsę opisywaną przez planetę. Lecz należy jeszcze wiedzieć jak ta elipsa jest położona na płaszczyźnie, po której się droga planety odbywa. W tym celu dość oznaczyć kąt jaki czyni oś wielka tej elipsy z linią węzłów. Nareszcie wiedzieć należy w jakim punkcie drogi znajdował się planeta w pewnym, oznaczonym czasie.

Tak więc ruch planet zależy od sześciu elementów: 1° nachylenie płaszczyzny, w której planeta

drogę swoją odbywa, do ekliptyki; 2° kąt, jaki linija węzłów czyni z liniją równonocną. 3° Położenie osi wielkiej elipsy, czyli średnia odległość planety od słońca. 4° Mimośród elipsy. 5° Kąt, jaki oś wielka elipsy czyni z liniją węzłów. Nareszcie 6° Kąt, jaki w pewnym, oznaczonym czasie, czyni promień wodzący poprowadzony od słońca do planety z osią wielką elipsy.

Co się zaś tyczy czasu, w ciągu którego planeta wykonywa całkowity swój obrót naokoło słońca, to ten wynajduje się z danych średnich odległości planet od słońca. Na mocy bowiem trzeciego prawa Keplera, kwadraty z tych czasów są proporcjonalne do sześcienników ze średnich odległości.

Podajemy tu niektóre elementa ruchu dla ośmiu głównych planet. Oprócz sześciu dotąd wymienionych które w miarę rosnących odległości od słońca idą z kolei: Merkury, Wenera, Ziemia, Mars, Jowisz i Saturn, są jeszcze dwa planety bardziej odległe i dopiero w późniejszych czasach odkryte. I tak: *Uranus*, odkryty przez Wiliama Herschla dnia 13 marca 1781 r. i *Neptun* znaleziony dnia 23 września 1846 r. przez P. Galle w Berlinie, według wskazań z rachunku otrzymanych przez P. Le-Verrier Dyrektora Obserwatorium Paryzkiego.

Tablica dająca elementa ruchu głównych planet.

Nazwiska Planet.	Średnie odległości od słońca	Czas trwania jednego obrotu		Mimo- śród.	Nachyle- nie drogi do ekli- ptyki
		w dniach	w latach		
Merkury	0,38710	87,969	0,24	0,20561	7° 0' 5''
Wenera.	0,72333	224,701	0,62	0,00686	3 23 29
Ziemia	1,00000	365,256	1,00	0,01679	0 0 0
Mars	1,52369	686,980	1,88	0,09322	1 51 6
Jowisz	5,20280	4332,585	11,86	0,04816	1 18 52
Saturn	9,53885	10759,220	29,46	0,05615	2 29 36
Uran	19,18273	30686,820	84,02	0,04668	0 46 28
Neptun.	30,04	60127	164,6	0,00872	1 46 59

Oprócz tych planet głównych, pomiędzy Marsem i Jowiszem znajduje się znaczna liczba (79 po koniec 1863 roku) drobnych planet, zwanych *asteroidami*, które zaczęto odkrywać z początkiem tego wieku za pomocą wydoskonalonych lunet.

68. *Opisanie głównych planet.* Opiszemy wkrótce każdego po szczególe z głównych planet:

Merkury ♿. Pierwszym z niższych planet i najbliższym słońca jest Merkury. Jego średnia odległość od słońca wynosi 0,387 odległości ziemi od słońca. Droge swoją odbywa po elipsie znacznie rozciągniętej, ztąd jego odległość od słońca zmienia się w znacznych granicach. Promień Merkurego zawiera 300 mil geograficznych, zatem jego powierzchnia 1073000 mil kwadratowych, objętość 104 milionów mil sześciennych, jest więc tylko $\frac{1}{25}$ objętości ziemi.

Planeta ten wykonywa jeden całkowity obrót około słońca względem gwiazd stałych w ciągu 87,969

dni, czyli tyle wynosi czas trwania jego gwiazdowego obrotu. Względem zaś punktów równonocnych dokonywa ten obrót w ciągu 87,968 dni, co stanowi czas jego zwrotnikowego obrotu.

W skutek małej odległości, na jakiej Merkury pozostaje od słońca, jest on 7 razy silniej oświetlony jak ziemia. Zapewne i w tym stosunku ma się ogrzewanie.— Mała odległość tego planety od słońca jest także przyczyną, że z trudnością widzieć go można, pomimo jego mocnego, białego światła.

Merkury, podobnie jak księżyc, przedstawia odmiany światła. Niewyraźne odgraniczenie części świecącej jego tarczy od ciemnej, a szczególnie sposób, w jaki odbywają się zasłonięcia pojedynczych gwiazd przez jego tarczę, niezaprzeczenie dowodzą, że jest on otoczony atmosferą. Obserwacje czynione nad odmianami światła tego planety, wskazały także, że on posiada ruch wirowy, odbywający się z zachodu na wschód i trwający prawie tyleż co i ruch wirowy ziemi.

Ponieważ droga Merkurego jest nachyloną do jego równika pod kątem prawie 20° , zatem tam poro roku następują po sobie prawie tak samo jak na ziemi.

Wenera ♀. Drugim planetą niższym jest Wenera. Ze wszystkich planet przybliżyła on się najbardziej do ziemi. W dolnem złączeniu ze słońcem jest on odległy od ziemi na 5 milionów mil, w górnem zaś na 35 milionów. Ztąd to tarcza jego przedstawia nam się w bardzo rozmaitej wielkości. Posiada on mocne białe światło i rzuca cień łatwo

widzieć się dający. Droga Wenerę posiada bardzo mały mimośród, dla tego też planeta ten nie oddala się w znacznych granicach od słońca. Średnia odległość wynosi 0,723 odległości ziemi od słońca, czyli 15 milionów mil.

Promień Wenerę wynosi 1680 mil, powierzchnia zaś 8376000 mil kwadratowych. Masa tego planety wynosi $\frac{9}{10}$ masy ziemi, objętość zaś $\frac{8}{10}$ objętości ziemi, tak więc gęstość jego jest $\frac{8}{9}$ gęstości ziemi.

Czas gwiazdowego obrotu Wenerę około słońca wynosi 224,701 dni, zwrotnikowego zaś 224,595. Nareszcie planeta ten wraca do tego samego położenia względem ziemi i słońca w ciągu 583,921 dni, czyli tyle wynosi jego obrót *synodyczny*.

Wenera przedstawia także odmiany światła podobne do księżycowych. Spostrzeżenia, jakie Schröter czynił nad linią, podług której część oświetlona, tarczy jest oddzielona od pozostałej części ciemnej, jak również nad ciemnymi plamami znajdującymi się na tejże tarczy i podobnymi do obłoków, wskazują najdowodniej, że planeta ten jest otoczony atmosferą. Jasne punkta dające się widzieć na ciemnej części tarczy, gdy pozostała część jest oświetlona świadczą o wysokich górach znajdujących się na jego powierzchni. Ruch zaś tych punktów wskazuje, że Wenera posiada ruch wirowy odbywający się z zachodu na wschód. Jeden całkowity obrót trwa 23^{god} 21^m. Ponieważ oś tego obrotu jest nachylona do płaszczyzny drogi Wenerę pod kątem 72°, zatem pory roku na tym planecie przedstawiają znaczne różnice w temperaturze.

Mars δ . Pierwszym z planet wyższych jest Mars. Łatwo go poznać po blade czerwonym świetle. Średnia odległość tego planety od słońca, wynosi 1,52 odległości ziemi od tejże gwiazdy czyli 32 miliony mil. Mimośród drogi Marsa wynosi 0,093, opisuje więc ten planeta dość rozciągniętą elipsę.

Promień Marsa zawiera 1000 mil geograficznych, objętość zaś wynosi 467 milionów mil sześciennych, zatem tylko $\frac{1}{3}$ objętości ziemi.

Czas gwiazdowego obiegu Marsa naokoło słońca wynosi 686,98 dni, zwrotnikowego zaś 686,93 dni. W ciągu jednej sekundy przebywa on drogę $3\frac{2}{3}$ mil. Z obserwacji czynionych nad ciemnymi plamami jego tarczy, oznaczającymi zapewne stały ląd, znaleziono, że on posiada także ruch wirowy odbywający się z zachodu na wschód. Jeden całkowity obrót około osi jego trwa $24^{\text{god}} 40^{\text{m}}$. Plamy będące na powierzchni Marsa znikają, gdy wskutek jego ruchu wirowego zbliżają się do brzegów tarczy, nadto brzegi są więcej oświetlone od pozostałej części tarczy. Te dwa zjawiska doprowadzają nas do wniosku, że planeta ten jest otoczony atmosferą.

Bardzo błyszczące, białe plamy, zjawiające się naprzemian na biegunach Marsa, świadczą o bytności tam śniegu i lodu. Za pomocą tych plam znaleziono, że nachylenie drogi Marsa do jego równika wynosi $28^{\circ}42'$. Natym więc planecie pory roku są bardzo do naszych zbliżone.

Jowisz ζ . Drugim z kolei planetą wyższym jest Jowisz. Łatwo go poznać po jasno-żółtym, mocnym świetle. Średnia odległość jego od słońca wynosi 5,2 odległości ziemi od tejże gwiazdy, czyli $108\frac{1}{2}$ milio-

nów mil. Promień jego zawiera 19980 mil, powierzchnia zaś jest 121, objętość 1333 razy większą od odpowiednich ilości dla ziemi. Masa Jowisza jest trzy razy większą od masy wszystkich planet razem wziętych. Gęstość zaś jego jest $\frac{1}{4}$ średniej gęstości ziemi.

Drogę swoją odbywa po okręgu elipsy o małym mimośrodku, przebywając 1,7 mili na sekundę. Jeden całkowity obrót naokoło słońca wykonuje w ciągu 12 lat. W ciągu zaś 10 godzin uskutecznia jeden całkowity obrót naokoło swjej osi. Tak szybki obrót wymaga znacznego spłaszczenia przy biegunach. W rzeczy samej wynosi ono $\frac{1}{16}$ prawie.

Ponieważ pochylenie drogi Jowisza do jego równika wynosi tylko 3° , zatem pory roku przedstawiają tam nieznaczne różnice w temperaturze.

Jowisz otoczony jest bardzo gęstą atmosferą, w której wyraźnie widać ciemne pasy i plamy, ulegające znacznym zmianom, co dowodzi, że atmosfera jego podlega silnym wzburzeniom.

Naokoło Jowisza krążą 4 jego satelity. Pierwszy wykonuje obrót naokoło tego planety w ciągu $1\frac{3}{4}$, drugi w ciągu $3\frac{1}{2}$, trzeci w ciągu $7\frac{1}{8}$, czwarty nareszcie w ciągu $16\frac{2}{3}$ dni. Zaćmienia tych satelitów, które prawie codziennie przypadają, posłużyły Römerowi do znalezienia prędkości światła. Mianowicie znalazł on, że światło przebywa odległość od słońca do ziemi w przeciągu $8^m 17^s,8$ (*).

Saturn 5. Trzecim z kolei planetą wyższym jest Saturn. Odległość jego od słońca jest 9 razy więk-

(*) Fizyka Ganot'a.

sza jak odległość ziemi od słońca, czyli wynosi 197 milionów mil. Ruch tego planety jest $3\frac{1}{2}$ razy wolniejszy od ruchu ziemi, wynosi zatem 1,3 mili na sekunde. Wielkość Saturna mało co jest mniejszą od wielkości Jowisza, promień bowiem jego zawiera 17090 mil. Objętość więc Saturna jest 928 razy większą od objętości ziemi. Masa zaś jego jest tylko 95 razy większą od masy ziemi, ztąd wypada, że planeta ten posiada gęstość bardzo małą, bo zaledwie dwa razy większą od gęstości korka.

Powierzchnia tarczy Saturna przedstawia pasy ciemne, równoległe od równika, podobne do znajdujących się na tarczy Jowisza. Wskazują one, że i planeta ten jest otoczony atmosferą. Znaczne odmiany zachodzące w tych pasach są dowodem wielkich wzburzeń odbywających się w atmosferze Saturna. Z obserwacyj plam ukazujących się na tarczy tego planety, wypada, że on posiada ruch wirowy z zachodu na wschód. Jeden całkowity obrót trwa $10\frac{1}{2}$ godzin, co pociąga za sobą znaczne spleśzczenie przy biegunach.

Saturn przedstawia to szczególne zjawisko nie dostrzeżone na żadnym z innych planet, że jest otoczony świetnym pierścieniem prawie płaskim o znacznej szerokości (fig. 52). Pierścień ten nie jest ciągłym, lecz dzieli się wyraźnie na dwie części tak, że właściwie są to dwa oddzielne pierścienie współśrodkowe. Wewnętrzny jest szerszy od zewnętrznego. Oba razem posiadają ruch wirowy i wykonywają jeden całkowity obrót w ciągu $10\frac{1}{4}$ godzin.

Pierścienie Saturna są położone tak, że ich wspólny środek nie przypada w środku planety, dla tego też odbywają one ciągłe wahania około tegoż środka, pozostając tym sposobem w równowadze ruchomej. Gdyby środek ich znajdował się w środku planety, mogłyby pozostawać w równowadze, lecz niestałej, najmniejsza bowiem siła, np. przyciąganie innego planety lub blizkie przejście komety, naruszyłaby tę równowagę i pierścienie upadłyby na planetę

Po za pierścieniami, krąży naokoło Saturna 7 jego satelitów.

Nachylenie drogi Saturna do jego równika wynosi 30° , z kąd pochodzą tam znaczne różnice w temperaturze pór roku.


Uranus ☿ Jest odległy od słońca na 19,18 odległości ziemi od tejże gwiazdy czyli na 396 milionów mil. Jeden całkowity obrót naokoło słońca wykonywa w ciągu 84 lat. W skutek powolnego ruchu, wynoszącego tylko 1 milę na sekundę, został bardzo późno, bo dopiero dnia 13 marca 1781 r. poznany jako planeta przez Wiliama Herschela.

Promień tego planety jest 4,3, powierzchnia 18, objętość 76, masa 17, gęstość nareszcie $\frac{1}{5}$ razy większe od odpowiednich dla ziemi wielkości. Ma on więc średnią gęstość wody.

Dostrzegane spłaszczenie tarczy Uranusa, za pomocą wydoskonalonych teleskopów, wskazuje, że on siada szybki ruch wirowy naokoło osi swojej.

Podobnież znaleziono, że naokoło Uranusa krąży 8 satelitów. Dwa z nich odbywają swoją drogę pod kątem znacznie nachylonym do drogi opisywaną przez

tego planetę (co jest wyjątkiem) i nadto wszystkie one naokoło Uranusa biegną ruchem wstecznym.

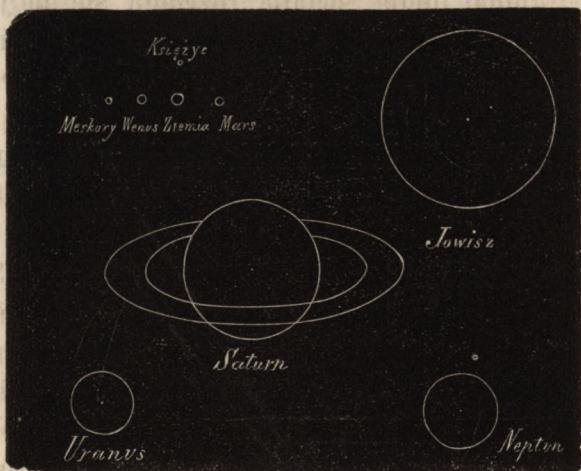
Neptun . Ruch Uranusa, w skutek działania innych planet, ulega znacznym zmianom, czyli *perturbacyjom*. Zauważano, że po wprowadzeniu w rachunek wszystkich tych perturbacyj, obserwowane położenia tego planety różnią się od położzeń otrzymanych za pomocą rachunku. Sądzono więc, że zapewne planeta nieznaną i znajdującą się po za Uranusem jest przyczyną tych różnic. P. Le-Verrier, Dyrektor Obserwatorium Paryżkiego, znalazł w 1846 roku za pomocą rachunku położenie, jakie na niebie ten planeta zajmować powinien, i według jego wskazań p. Galle w Berlinie odszukał w rzeczy samej nowego planetę dnia 23 września 1846 r. Planecie temu dano nazwisko *Neptun*. Średnicę tarczy jego widzimy tylko pod kątem wynoszącym 3".

Pomimo znacznej odległości, na jakiej Neptun znajduje się, a ztąd trudności obserwowania go, zdołano dojść za pomocą wydoskonalonych lunet do następujących wypadków: średnia odległość tego planety od słońca wynosi 30,04 odległości ziemi od słońca. Jeden gwiazdowy jego obrót trwa 164,6 lat. Mimośród elipsy przez niego opisywanej jest 0,00872. Nakoniec Lassell w Liverpoolu odkrył satelitę Neptuna.

Figura 52 (*na nast. str.*) przedstawia stosunkowe wielkości planet głównych.

69. *O kometach.* Od czasu do czasu pojawiają się ciała niebieskie, które nie są planetami, jakkolwiek poruszają się naokoło słońca. Ciała te nazwano *kome-*

tami. Ukazują się one w różnych miejscach na kuli niebieskiej i odbywają ruch swój w rozmaitych kierunkach.



(Fig. 52).

W ogólności każdy z komet od chwili ukazania się, powiększa prędkość swego biegu przybliżając się do słońca tak, że w punkcie przysłonecznym, czyli w punkcie drogi najbliższym słońca, posiada największą prędkość. Od tego punktu prędkość biegu maleje stopniowo, przyczem kometa zaczyna oddalać się coraz bardziej od słońca. W skutek tego, po upływie pewnego czasu przestajemy go widzieć gołym okiem, a następnie i przez lunetę. Wielką liczbę komet można widzieć jedynie za pomocą teleskopów,— nie zbliżają się one dostatecznie do słońca i do ziemi, aby mogły być widziane gołym okiem.

Komety przedstawiają się nam w najrozmaitszych kształtach. Zwykle jednak wewnątrz komety znajduje się mała, błyszcząca tarcza, nazwana *jądrem*

komety, otoczona ze wszystkich stron mgłą świetną, zwaną *warkoczem*. Jądro i warkocz razem wzięte stanowią *głowę* komety. U większej liczby komet mgła światła rozciąga się po jednej stronie więcej na długość aniżeli na szerokość, i wtedy ta część mgły przybiera nazwisko *ogona komety*. Częstokroć komety nie mają wyraźnego jądra, ukazują się wtedy jako obłoczki jaśniejące. W ogólności mgła światła otaczająca komety jest nadzwyczaj rzadką tak, że nawet gołym okiem widzieć można przez nią gwiazdy rozsiane na niebie. Samo jądro komety ma masę bardzo małą, co znaleziono ztąd, że komety przechodząc około większych planet, doznają od nich znacznych perturbacyj, nie wywierając na ruch tychże planet najmniejszego wpływu.

Komety zawdzięczają swoje światło działaniu promieni słonecznych, albowiem zbliżając się do słońca nabierają coraz większego natężenia światła, oddalając się, tracą je. Ztąd to, gdy kometa znacznie jest od słońca, a więc i od nas oddalony, przestajemy go widzieć, pomimo tego, że pozorna jego wielkość jest jeszcze dość znaczną.

Komety odbywają drogi swoje naokoło słońca według praw Keplera (65) po obwodach elips, których jedno z ognisk zajmuje słońce. Lecz te drogi różnią się bardzo od dróg, jakie planety opisują,— są to bowiem znacznie rozciągnięte elipsy, mogące nawet w pewnych granicach być przyjęte za parabole. Wierzchołek tej elipsy, leżący bliżej ogniska, jest punktem przysłonecznym, kometa więc zbliżając się do tego wierzchołka staje się widzialnym z ziemi i ma wtedy najszybszy ruch. Zaczawszy od tego

punktu kometa oddala się od słońca ruchem coraz wolniejszym i po upływie pewnego czasu staje się niewidzialnym z ziemi.

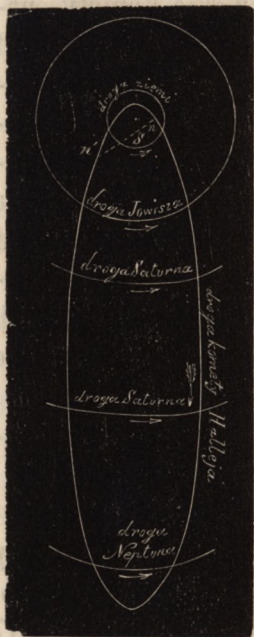
Niektóre z komet zniknąwszy w skutek zbyt dużego oddalenia się od słońca, znowu się ukazują po upływie pewnego czasu i odbywają też samą co i poprzednio drogę naokoło słońca. Takie komety nazywano *perjodycznemi*. Właściwie każdy z komet powinien po upływie pewnego czasu powrócić do punktu przysłonecznego. Lecz nie zdołano dotąd za pomocą rachunku dla każdego z nich ten perjod wyznaczyć, kometa bowiem oddaliwszy się od słońca na bardzo znaczną odległość, może się znaleźć pod wpływem przyciągania planet, będących po za ostatnim znanym planetą, lub też pod wpływem innych ciał, i tym sposobem zmienić swój ruch tak, że go weźmiemy za innego kometę.

Dotąd znamy tylko cztery komety, których perjodyczność stwierdzoną została.

1) *Kometa Halleya*. Najpierwszym i najgłośniejszym z komet perjodycznych jest kometa zwany Halley'a, od nazwiska znakomitego astronoma, który zebrawszy obserwacje czynione w 1531, 1607 i 1682 roku nad zjawiającymi się w tych latach kometami, znalazł elementa ruchu (67) tych komet. Zwypadków jakie otrzymał, pokazało się, że to są pojawienia się jednego i tego samego komety.

W samą rzecz kometa ten zjawia się co 75 lub 76 lat w czasie, który dosyć dokładnie oznaczyć można naprzód, wprowadziwszy w rachunek perturbacje, jakie doznaje to ciało niebieskie od pla-

net, około których przechodzi. *Fig. 53* przedstawia drogę komety Haley'a jaką w systemacie planetarnym odbywa. *S.* jest słońce, *nn'* linią węzłów t. j. linią, podług której płaszczyzna téj drogi przecina się z płaszczyzną ekliptyki. Nachylenie tych dwóch płaszczyzn względem siebie wynosi $17^{\circ}\frac{1}{2}$.



(*Fig. 53*)

Kometa Halley'a widzianym był także w 1006 roku po Narodzeniu Chrystusa. Tarcza jego jądra była wówczas 4 razy większą od tarczy Wenus i rzucała światło tylko 4 razy słabsze od światła księżyca w pełni. Ten także kometa zjawiał się w 1456 r.; przechodził wtedy bardzo blisko ziemi; ogon jego zajmował na niebie 60° i był zakrzywiony w kształcie szabli. Podczas ostatnich swoich pojawień się, nie przedstawiał się już w takiej wielkości. W 1835 r. przeszedł niedostrzeżony gołym okiem.

2) *Kometa Encke'go*. Drugi kometa perjodyczny dostrzeżony został po raz pierwszy w 1818 roku przez Pons'a. Encke wyrachował elementa ruchu nowego komety i znalazł, że to jest ten sam, który ukazywał się i był obserwowany w 1786, 1795 i 1805 roku. Jeden całkowity jego obrót trwa 1211 dni, czyli $3\frac{1}{2}$ lat, ztąd nazwano go także kometą o *krótkim perjodzie*. Porusza się w kierunku

ku *prostym* po obwodzie elipsy, której płaszczyzna jest pochylona do ekliptyki na 13° , mimośród zaś jej wynosi 0,849. Punkt przysłoneczny przypada około drogi Merkurego, punkt zaś odsłoneczny około drogi Jowisza (fig. 54).

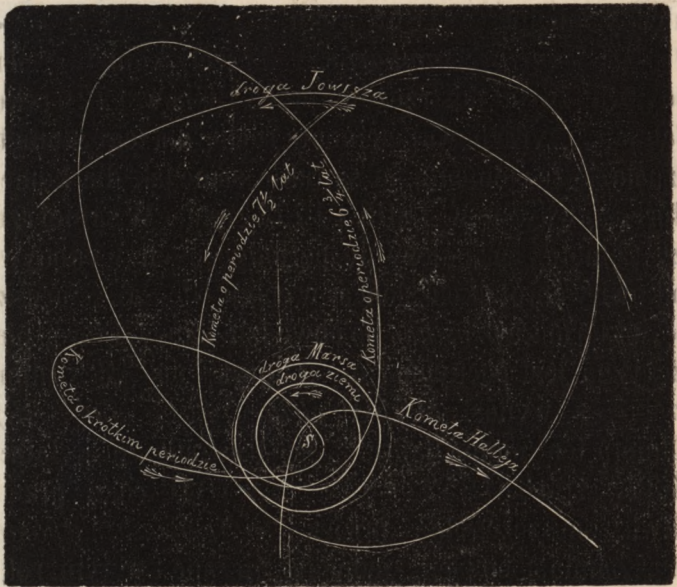
Kometa ten niema ogona. Obserwowanego często, między innymi w 1858 roku.

3) *Kometa Gambart'a*. Trzeci kometa perjodyczny został dostrzeżony przez Biela w 1726 roku. Gambart wyrachował elementa ruchu dla tego komety i znalazł, że elementa te są takie same jak dla komety, które zjawily się w 1805 i 1772 roku. W samej rzeczy kometa ten należy do perjodycznych, wykonywa całkowity obrót około słońca w ciągu $6\frac{3}{4}$ lat. Porusza się w kierunku *prostym* po obwodzie elipsy, której płaszczyzna jest pochyloną do ekliptyki na 13° , mimośród zaś wynosi 0,750 (*Fig. 54 na nast. str.*). Kometa ten niema jądra. Dostrzegano go w latach 1832, 1846, 1852 i 1859. W 1846 roku przedstawił on szczególne zjawisko *rozdwojenia się komety*. Zamiast bowiem jednego ujrzano w tym roku dwa, jeden obok drugiego. Nie dotykając się poruszyły się one po drodze wyznaczonej poprzednio. To rozdwojenie było także widzianem w następnych pojawieniach się tego komety, czyli w latach 1852 i 1859.

4) *Kometa p. Faye*. W roku 1843 pan Faye, odkrył w Paryżu kometę, którego elementa ruchu wyrachował. Kometa ten wykonywa jeden całkowity obrót naokoło słońca w przeciągu $7\frac{1}{2}$ lat. Widziano go znowu w latach 1851 i 1858. Ruch jego jest *prosty* po

obwodzie elipsy, nachylenej do ekliptyki pod kątem 11° (fig. 54).

Wyliczyliśmy komety, których perjodyczność jest z pewnością dowiedziona. Inne komety uważają za takie, lecz ich perjodyczność nie została stwierdzoną obserwacjami. I tak, *Olbers* wyznaczył elementa



(Fig. 54).

eliptyczne komety, który się zjawił w 1815 roku i znalazł, że perjod jego obrotu wynosi 75 lat. Wypadek ten można dopiero stwierdzić przy następnym ukazaniu się tego komety, mającym przypaść w 1889 roku.

ROZDZIAŁ XII.

Fizyczna przyczyna biegu ciał niebieskich.

Treść: O biegu planet w ogólności.— Ciało poruszające się według prawa wycinków jest pod działaniem siły dośrodkowej.— Siła odśrodkowa.— Prawo Newtona ogólnego ciężenia.— Siła ciężkości. Przyciąganie się ciał o nierównych massach.— Massa słońca.— Z prawa Newtona można wyznaczyć drogi opisywane przez planety.— Perturbacje ruchu ziemi i planet.— Perturbacje księżyca.— Wyprzedzanie punktów równonocnych i kołysanie się (nutacja) osi ziemskiej.— Przyływ i odpływ morza.

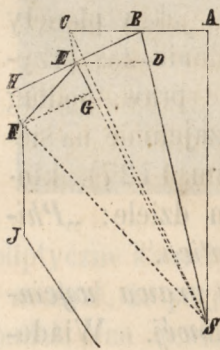
70. *O biegu planet w ogólności.* Widzieliśmy poprzednio, że ziemia wraz ze wszystkimi planetami i ich satelitami stanowi oddzielny systemat ciał niebieskich, krążących naokoło słońca podług praw Keplera (65). Kepler, ogłaszając znalezione przez siebie prawa ruchu planet, nadmienił tylko, że wszystkie te ruchy odbywają się tak, jakby planety przyciągane były przez słońce. Zbadanie zaś przyczyny fizycznej tych ruchów i odkrycie praw, podług których ciała wszechświata działają wzajemnie na siebie, należy się Newtonowi (ur. 1643 zm. 1727), który je ogłosił w swém nieśmiertelném dziele: „*Philosophiae naturalis principia mathematica.*“

71. *Ciało poruszające się według prawa wycinków jest pod działaniem siły dośrodkowej.* Wiadomo, że każde ciało pchnięte siłą rzutu porusza się w skutek bezwładności swojej, w kierunku liniiprostej z jednakową prędkością, czyli ruchem jednostajnym, jeżeli na to ciało nie działają żadne inne siły. Ponieważ zaś planety poruszają się naokoło słońca po obwodach elips, według drugiego prawa Keplera (65), mianowicie: wycinki opisywane przez promień wo-

dzący poprowadzony od planety do słońca są proporcjonalne do czasów użytych na ich opisanie, wnieść ztąd należy, że każdy z planet jest pod wpływem dwóch sił, jednej siły rzutu, w skutek której ruch jego byłby prostodrożny i jednostajny, drugiej zaś siły wciąż działającej i skierowanej ku jednemu punktowi, mianowicie ku słońcu, naokoło którego ruch się odbywa,

W samej rzeczy, przypuśćmy, że ciało *A* (Fig. 55) w skutek prędkości poprzednio nabytej przebyło drogę *AB* w ciągu jednostki czasu np. jednej sekundy. Promień wodzący *AS*, poprowadzony od tegoż ciała do pewnego punktu *S*, opisał powierzchnię trójkąta *ASB*. Gdyby to ciało w ciągu następnej sekundy nie doznawało działania żadnej siły, wówczas na mocy

bezwładności swojej przeszłoby w tym samym kierunku drogę $BC = AB$, i promień wodzący opisałby trójkąt *BSC* równoważny trójkątowi *ASB*. Lecz przyjmijmy, że ciało to na początku drugiej sekundy, będąc w punkcie *B*, otrzymało od siły umieszczonej w punkcie *S* pewną prędkość tak, że od działania tylko tej siły przeszłoby



(Fig. 55).

w ciągu drugiej sekundy drogę *BD* skierowaną ku punktowi *S*; w skutek zatem tych dwóch dróg *BC* i *BD* nachylonych do siebie pod kątem, ciało przejdzie w ciągu tejże sekundy drogę *BE*, po przekątnej równoległoboku *CBDE* wystawionego na wielkościach i kierunkach tych dróg. Promień zaś wodzący opiszę trójkąt *BSE* i ponieważ linija *CE*

jest równoległą od BD , ten trójkąt jest równoważny trójkątowi BSC , czyli trójkątowi ASB .

Podobnież na początku trzeciej sekundy ciało to, w skutek prędkości nabytej, przeszłoby drogę $EH = BE$, lecz otrzymawszy od siły umieszczonej w punkcie S pewną prędkość EG , przejdzie po przekątnej EF , i promień wodzący opiszę trójkąt ESF , równoważny każdemu z poprzednich i t. d.

Widziemy więc, że ciało poruszające się według drugiego prawa Keplera, t. j. według *prawa wycinków* proporcjonalnych do czasów użytych na ich opisanie, jest przyciągane przez pewną siłę umieszczoną w punkcie, naokoło którego to ciało się porusza. Siła taka nazywa się w ogóle *siłą dośrodkową*.

Przyjmowaliśmy tu, że siła dośrodkowa umieszczona w punkcie S działa w przerwach, to jest na początku każdej sekundy. W dowodzeniu poprzedniem nie się nie zmieni, jeżeli przeciągi czasów zawartych pomiędzy dwoma kolejnymi działaniami téj siły stawać się będą coraz mniejszemi. Gdy siła dośrodkowa działa wciąż, należy uważać te przeciągi czasów za nieskończenie małe, i wtedy droga opisywana przez ciało A zamieni się na linię krzywą, trójkąty zaś na wycinki powierzchni ograniczonej tą linią krzywą, co w rzeczywistości ma miejsce przy ruchu planet naokoło słońca.

72. *Siła odśrodkowa.* Przy każdym ruchu krzywodrożnym wyradza się tak zwana *siła odśrodkowa*. Wielkość jęj jest proporcjonalną do kwadratów z prędkości ciała poruszającego się, i odwrotnie proporcjonalną do promienia krzywizny drogi opisywanęj w tém miejscu przez ciało. Gdy ruch jest ko-

lowy, wtedy siła odśrodkowa w każdym punkcie jest równa i wprost przeciwna sile dośrodkowej (*). Przy ruchu eliptycznym planet, ta siła odśrodkowa działa także w kierunku wprost przeciwnym sile dośrodkowej, czyli sile przyciągania słońca, lecz jej wielkość jest zmienną. I tak, w punkcie przysłonecznym bieg planety jest najszybszy, zatem siła odśrodkowa jest największa; a że działa w przeciwną stronę sile przyciągania, przeto sprawia stopniowe oddalanie się planety aż do punktu odslonecznego, w którym prędkość planety jest najmniejsza. Tam też siła odśrodkowa słabnie, tak, że przewagę otrzymuje siła dośrodkowa, czyli przyciąganie słońca, wskutek czego w drugiej połowie swój drogi, planeta przybliży się do słońca, opisując wciąż elipsę, ognisko której zajmuje słońce.

73. *Prace Newtona ogólnego ciążenia.* Newton wyprowadził za pomocą rachunku z pierwszego prawa Keplera ruchu eliptycznego planet (65), że *natężenie siły dośrodkowej, czyli siły przyciągającej jest odwrotnie proporcjonalne do kwadratów z odległości planety od słońca*, co znaczy, że na odległości 2, 3, 4, ... razy większej, natężenie to maleje w stosunku do liczb 4, 9, 16. ...

Nakoniec trzecie prawo Keplera (65) doprowadziło Newtona do tego twierdzenia, że *w równych odległościach od słońca, siła przyciągająca jest proporcjonalną do masy każdego z planet, bez względu na jego szczególną naturę*, czyli inaczej, że każdy z planet, czy to większy, czy mniejszy, będąc umieszczonym na jednakowej odległości od słońca,

(*) Fizyka. Ganot'a

upada na słońce, to jest przybliża się do niego w ciągu jednostki czasu na jednakową ilość.

Stosując znalezione poprzednio twierdzenia do wszystkich bez wyjątku cząstek materjalnych, Newton doszedł do następującego prawa *powszechnego ciężenia*. *Każde dwie cząstki materjalne przyciągają się wzajemnie z siłą proporcjonalną do ich masy i odwrotnie proporcjonalną do kwadratów z ich odległości.*

74. *Sila ciężkości*, Ciężenie powszechne objawiające się we wzajemnym przyciąganiu się cząsteczek ziemi i ciał na jej powierzchni będących, jest przyczyną spadku tychże ciał swobodnie pozostawionych i nazywa się *siłą ciężkości*.

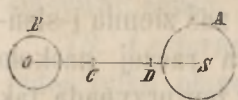
Punkt materjalny znajdujący się nad powierzchnią ziemi jest przyciągany podług prawa Newtona przez każdą cząsteczkę ziemi. Działa więc na niego tyle sił, ile cząsteczek materjalnych ziemia zawiera. Za pomocą rachunku można znaleźć kierunek wypadkowej wszystkich tych sił cząstkowych, czyli *kierunek siły ciężkości*, jak również punkt, położony wewnątrz masy ziemi, ku któremu ta siła jest skierowaną. Punkt ten nazywa się *środkiem ciężenia* ziemi. Gdy przyjmiemy ziemię za kulę, to natenczas przedłużony kierunek siły ciężkości przechodzi przez środek ziemi, i w tym także punkcie znajduje się środek jej ciężenia. Każda bowiem płaszczyzna dowolnie poprowadzona przez dany punkt materjalny i przez środek ziemi, dzieli kulę ziemską na dwie półkule objawiające jednakowo swe przyciągania na tenże punkt materjalny.— W każdym razie kierunek siły ciężkości, działającej na powierzchni ziemi, jest prostopadły do poziomu cieczy będącej w spoczynku.

Wszelkie ciało jest zbiorem bardzo małych cząsteczek, które przyjąć można za punkta materyjalne. Każda więc taka cząsteczka, jak to widzieliśmy, jest przyciągana siłą skierowaną ku środkowi ziemi. Z przyczyny wielkiej odległości, na jakiej znajduje się środek ziemi, w porównaniu z wymiarami ciał ziemskich, siły te, działające na cząstki jednego i tegoż samego ciała, można uważać za równoległe względem siebie. Punkt przyłożenia wypadkowej wszystkich tych sił nazywa się *środkiem ciężkości* danego ciała. Dla kuli, środek ciężkości przypada w jej środku.— Za pomocą rachunku można wyznaczyć środki ciężkości dla ciał, mających różne kształty geometryczne.

Z tego cośmy powiedzieli, wynika: że ziemia przyciąga dane ciało w kierunku linii prostej, łączącej środek ciężkości tegoż ciała ze środkiem ciężenia ziemi.

75. *Przyciąganie się ciał o nierównych massach.* Według prawa Newtona, ciała niebieskie podobnie przyciągają się cząsteczkami swojemi tak, że każda cząsteczka jednego ciała przyciąga się wzajemnie z cząsteczką drugiego. Wypadkowa wszystkich tych sił, czyli wzajemne przyciąganie się dwóch ciał, ma kierunek linii prostej, łączącej *środku ciężenia* tychże ciał (74). Ponieważ ciała niebieskie są kulistemi, a przynajmniej w przybliżeniu możemy je za takie uważać, zatem przyciągają się wzajemnie w kierunku linii prostej łączącej ich środki tak, jakby masa każdego z nich była zjednoczoną w jego środku.

Niech A i B (Fig. 56) będą dwa ciała kuliste o nie równych massach, i niech ich środki będą punkta S i O . Ciało A przyciąga B w kierunku OC z siłą, której nateżenie jest wyznaczone według prawa Newtona. Z tą samą siłą ciało B przyciąga A w kierunku SD . W skutek wzajemnego działania na siebie tych ciał, każde z nich otrzyma pewną prędkość w kierunku siły na niego działającej. Lecz prędkości te nie będą jednakowe, albowiem równe siły, z jakimi te dane ciała przyciągają się, działając na różne massy, nadają im prędkości odwrotnie proporcjonalne do tychże mass. I tak, gdy masa ciała A jest 2, 3, 4, ... razy większą od massy B , prędkość SD tego ciała A jest 2, 3, 4, ... razy mniejszą od prędkości OC ciała B .



(Fig. 56).

76. Wyznaczenie massy słońca. Na zasadzie praw Newtona możemy znaleźć masę słońca w porównaniu z massą ziemi, lub też z massą każdego z innych planet. W samej rzeczy, wiedząc, że ziemia w ciągu 365^{dni} 5^g 48^m 50^s,948 wykonywa jeden całkowity obrót naokoło słońca, możemy znaleźć drogę przebytą przez nią w ciągu pewnego czasu, np. jednej sekundy, a ztąd wyznaczyć ilość, na jaką w tym czasie oddaliła się od kierunku linii stycznej do swęj drogi, czyli zbliżyła się ku słońcu, w skutek przyciągania wywartego na nią przez tę gwiazdę. Z drugiej strony, znamy ilość na jaką w ciągu jednej sekundy przybliżyła się do środka ziemi ciało swobodnie spadające na powierzchni ziemi. Gdy podzielimy tę ilość przez kwadrat z odległości ziemi od słońca, przyjąwszy za jednostkę pro-

mień ziemski, otrzymamy na mocy prawa Newtona ilość, na jaką w ciągu tegoż czasu przybliży się do środka ziemi ciało, przeniesione od tegoż środka na odległość, równą odległości słońca od ziemi. Ta ostatnia ilość jest 384936 razy mniejsza od tej, na jaką ziemia w ciągu tegoż czasu przybliży się do słońca, co znaczy, że masa słońca jest 384936 razy większa od masy ziemi. Gdy tak otrzymaną masę słońca podzielimy przez jego objętość, wynoszącą 1400000 objętości ziemi, znajdziemy ułamek 0,2543 wskazujący, że gęstość słońca jest 0,2543 gęstości ziemi.

W skutek tego, że słońce posiada masę znacznie większą od masy ziemi, pozostaje ono prawie w spoczynku, ziemia zaś opisuje naokoło niego elipsę według praw Keplera. W istocie zaś ziemia i słońce obracają się naokoło siebie, a raczej naokoło wspólnego ich środka ciężenia, lecz ten przypada tak blisko środka słońca, że elipsa, którą opisuje środek tej gwiazdy jest niezmiernie małą. Toż samo stosuje się do każdego z innych planet, jak również do satelitów krążących naokoło swoich planet o znacznie większej massie.

77. *Z prawa Newtona można wyznaczyć drogi opisywane przez planety.* Widzieliśmy poprzednio (71, 72) że ruch eliptyczny planet według praw Keplera jest wynikiem trzech sił działających na każdego z tych planet, mianowicie: 1° siły bezwładności, mocą której planeta dąży do poruszenia się w kierunku linii prostej z prędkością pierwotną jego rzutu; 2° siły przyciągającej słońca, odbywającej swoje działanie po-

dług prawa Newtona i nakoniec 3° , siły odśrodkowej wyradzającej się wśród ruchu.

Naodwrot, Newton znalazł za pomocą rachunku, że przyjąwszy wzajemne przyciąganie się cząstek materji proporcjonalne do masy i odwrotnie proporcjonalne do kwadratów z odległości, każdy z planet opisywać powinien naokoło słońca elipsę, lub też linię należącą do przecięć ostrokregowych (koło, elipsę, hiperbole lub parabolę), w ognisku której znajduje się słońce. Rodzaj linii krzywój zależy w ogólności od stosunkowej wielkości i kierunku siły pierwotnego ich rzutu.

Podobnież każdy z satelitów powinien opisywać naokoło swego planety elipsę, i jednocześnie, oba te ciała, a raczej wspólny ich środek ciężenia, powinien opisywać elipsę, w ognisku której jest słońce.

78. *Perturbacje ruchu planet.* Gdyby istniał jeden tylko planeta, to on w skutek przyciągania słońca opisałby elipsę według praw Keplera; lecz na niego działają inne planety i zmieniają nieco jego drogę. Jednakowoż z przyczyny bardzo małej masy planet w porównaniu z masą słońca, droga każdego z nich zostanie nieznacznie zmienioną, doznając małych *nierówności*, czyli tak zwanych *perturbacyj*. Mechanika niebieska zajmuje się wyznaczeniem tych perturbacyj na mocy prawa powszechnego ciężenia, podanego przez Newtona;— w niej znaleziono, że w ogólności wszystkie te perturbacje są *perjodycznemi*, to jest po upływie pewnego czasu, planety wracają do pierwotnego swego położenia. Perjody tych perturbacyj zawierają krótsze, lub dłuższe prze-

ciągi czasów,— te ostatnie nazywają się *wiekowemi perturbacjami*, do nich należą zmiany elementów eliptycznego ruchu planet, jako to: zmniejszanie się nachylenia ekliptyki do równika (48) wynoszące $0'',48$ narok, stopniowe zmniejszanie się mimośrodowi drogi ziemi około słońca, przesuwanie się punktu przyziemnego i tym podobne zmiany w ruchach innych planet.

Systemat więc planetarny kołysze się około swego średniego położenia, nie oddalając się znacznie od tego położenia, co stanowi właśnie jego stateczność dowiedzioną przez Laplace'a i Lagrange'a.

79. *Perturbacje w ruchu księżycyca.* Gdyby księżyc był tylko pod wpływem przyciągania ziemskiego opisałby naokoło niej elipsę według praw Keplera. Lecz na odległości od ziemi wynoszącej 400 razy wziętą odległość księżycyca od naszego planety, znajduje się słońce. Księżyc więc, opisując swoją drogę raz zbliża się do słońca na $\frac{1}{400}$ odległości słońca od ziemi, gdy jest w złączeniu dolnym, czyli na inii łączącej te dwa ciała, drugi raz oddala się na leż ilość, gdy jest w przeciwległości czyli na przedłużeniu tej linii. Działanie więc słońca na ziemię i na księżyc nie jest jednakowe, lecz w pierwszym razie silniejsze na księżyc, w drugim zaś razie na ziemię, w skutek czego w obu razach księżyc oddala się nieco od ziemi. Podobnież działanie słońca na księżyc i ziemię nie jest jednakowe w pośrednich punktach drogi księżycowej, zkad powstają perturbacje ruchu naszego satelity o których mówiliśmy, mianowicie: cofanie się węzłów, posuwanie się linii apsidów (54,55) i t. d.

80. *Wyprzedzanie punktów równonocnych i nutacja osi ziemi.* Mówiliśmy, że ciała niebieskie kulistego kształtu przyciągają się tak, jakby masa każdego z nich była zjednoczoną w jego środku. Takie działanie powszechnego ciężenia wpływa wyłącznie na ruch postępowy tych ciał.

Ziemia niema ściśle kształtu kulistego, lecz jak wiemy (23) jest wypukłą pod równikiem. Słońce więc, znajdujące się zawsze na płaszczyźnie ekliptyki, wywiera swe działanie niejednakowo na wypukłe części ziemi pod równikiem. Działanie to, kombinując się z ruchem wirowym ziemi, sprawia, że oś jej obrotu nie pozostaje równoległą od pierwotnego swego położenia, lecz opisuje powierzchnię ostrokregową naokoło osi ekliptyki, co właśnie stanowi *wyprzedzanie punktów równonocnych* (48).

Prócz tego księżyc, stosownie do położenia swego względem słońca i ziemi, wywiera wpływ podobny na oś ziemską, sprawiając małe kołysanie się około średniego jej położenia, czyli tak zwaną *nutację* (48). Perjod tej nutacyi wynosi $18\frac{3}{5}$ lat, to jest przeciąg czasu, w którym księżyc przychodzi do tegoż samego położenia względem słońca i ziemi (59).

81. *Przyptyw i odpływ morza.* Prawa powszechnego ciężenia tłumaczą nam jedno z najwspanialszych zjawisk, odbywających się perjodycznie na powierzchni naszego planety. Wody oceanów i mórz podnoszą się do pewnej wysokości i następnie opadają dwa razy w ciągu jednej doby, a raczej w ciągu 24^{god} 48^{m} czasu średniego. Bieg morza wznoszącego się i zalévającego brzegi swoje nazywamy *przyptywem morza*, opadanie zaś jego, *odplywem*. Gdy mo-

rze dosięgnie największej swęj wysokości podczas przyptywu, nazywa się *morzem wysokim*; gdy zaś opadnie do najniższego swego położenia, nazywa się *morzem niskim*. Różnica pomiędzy poziomami morza wysokiego i niskiego jest rozmaita dla różnych miejsc. Dla portu np. Brest wynosi ona średnio 13 stóp paryzkich.

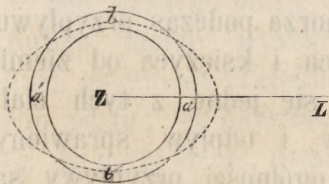
Zjawisko to rozciąga się tylko do 66° szerokości północnej i południowej, i ma miejsce jednocześnie na obu półkulach, tak, że morze wysokie objawia się na wszystkich punktach leżących wzdłuż jednego południka, podczas tego morze niskie ma miejsce we wszystkich punktach leżących wzdłuż południka, czyniącego z tamtym kątem 90° .

Morze wysokie objawia się na danym południku podczas przejścia księżyca przez tenże południk, a że księżyc przez każdy południk przechodzi dwa razy w ciągu $24^{\text{h}} 48^{\text{m}}$, t. j. podczas swego *górowania* i *dołowania*, zatem na każdym miejscu mamy w ciągu tegoż czasu dwa razy morze wysokie. W miarę tego, jak księżyc w skutek ruchu dziennego przechodzi od jednego południka do drugiego ze wschodu na zachód, morze wysokie także przechodzi za nim kolejno te same południki, opóźniając jednakowoż swoje przybycie do każdego z nich na pewien przeciąg czasu. Morze niskie zarówno obiega w ciągu tego czasu całą kulę ziemską, pozostając zawsze na południku, czyniącym z południkiem morza wysokiego 90° .

Widziemy więc, że przyptyw i odpływ morza ma związek z ruchem księżyca, i w rzeczy samej łatwe

okazać, że przyczyną podnoszenia się wód oblęwających ziemię jest przyciąganie księżycy, i w części słońca.

Przyjmijmy, że cała kula ziemską Z (Fig. 57) jest oblana warstwą wody $aba'b'$. Niech księżycy zajmuje położenie L . Przyciąganie, jakie on wywiera na stałą część kuli ziemskiej, jest, jak to widzieliśmy poprzednio, zjednoczone w środku jęj massy, to jest w punkcie Z tak, że w skutek działania tęj siły, cała masa ziemi przybliża się do księżycy na pewną ilość, bardzo małą z powodu znacznej wielkości ziemi w porównaniu z księżycem. Częsteczki zaś wody, oblęwającej ziemię, nie mają tego środka ciężenia, lecz każda z nich, jako doskonale ruchliwa, ulega działaniu siły przyciągania księżycy. Działanie to nie jest jednakowe; i tak: czę-



(Fig. 57).

steczki położone około a , są silniej przyciągane przez księżyc i przybliżają się do niego na większą ilość, jak punkt Z , zatem oddalają się od środka ziemi, co stanowi przyływ morza w tęp miejscu. Częsteczki zaś położone około a' są słabiej przyciągane jak punkt Z , przybliżają się więc do księżycy na mniejszą ilość jak tenże punkt, ztąd znowu wypada, że te częsteczki oddalają się od środka ziemi, co i w tęp miejscu stanowi przyływ morza. Wody zebrane w miejscach a i a' przyplývają tam z miejsc b i b' , wktórych tęp ma miejsce morze nizkie.

W taki sam sposób działa przyciąganie słońca, sprawiając tak zwany przyływ i odpływ morza słoneczny, lecz z przyczyny wielkiej odległości słońca od ziemi wysokość do jakiej się wznoszą wody w skutek tego przyływu i odpływu, jest zaledwie połową wysokości sprawionej przez przyływ i odpływ księżycowy.

Podczas syzygij (52), księżyc znajduje się na jednej linii prostej ze słońcem i ziemią, działa więc na przyływ morza w tym samym kierunku co słońce, i dla tego wysokość, do jakiej się wody wznoszą, jest znaczniejszą jak w każdym innym razie. Przeciwnie zaś podczas kwader, przyciągania te działają w strony przeciwne, podnoszą więc wody do mniejszej wysokości.

Prócz tego wysokość morza podczas przyływu zależy od odległości słońca i księżyca od ziemi. Im bliżej ziemi znajduje się jedno z tych ciał, tém większy jest przyływ i odpływ sprawiony przez toż ciało. I tak, w ogólności przyływy są znaczniejsze w zimie, jak w lecie, w pierwszym bowiem razie słońce znajduje się bliżej ziemi, jak w drugim.

Przyjmowaliśmy, że cała powierzchnia ziemi jest pokryta warstwą wody jednakowej grubości, i znaleźliśmy, że wzdłuż każdego południka ziemskiego, wody wznoszą się jednakowo podczas przyływu. Lecz wody pokrywają tylko pewną część powierzchni ziemi, wchodząc więcej lub mniej wgląb'

lądów, dla tego też przyplwy nie są jednakowe pod różnemi południkami. W ogólności największe są na oceanach, daleko mniejsze na morzach wchodzących w głąb lądu, np. na morzu Śródziemném, tak, że na niektórych morzach wcale niema przyplwów np. na morzu Czarném, Kaspjskiém i t. p.

Gdy księżyc przechodzi przez południk pewnego miejsca, wywiera jednocześnie przyciąganie swe na wszystkie wody pod tym południkiem położone, podnosi jednakowoż do znaczniejszych wysokości tylko większe ich masy, czyli głębsze wody. To podniesienie rozchodzi się na wszystkie strony w kształcie fali, lecz z przyczyny nierówności dna morskiego i różnych przeszkód miejscowych udziela się różnym punktom dopiero po upływie pewnego czasu.

Dla każdego portu oznaczono czas, po upływie którego morze wysokie ma miejsce, licząc od chwili ostatniego przejścia księżycy przez południk tego portu, co daje tak zwane *ustanowienie portu*. Np. dla portu Brest, ustanowienie to wynosi 3 godziny.

ROZDZIAŁ XIII.

O gwiazdach stałych.

Treść: Podział gwiazd stałych,— ich odległość, wielkość i natężenie światła.— Gwiazdy podwójne, potrójne i wielokrotne.— Droga mléczna.— Ruch własny gwiazd.— Gwiazdy mgliste: obłoczki rozkładające się na gwiazdy, gwiazdy mgliste właściwe i obłoczki planetarne.

82. *Podział gwiazd stałych.* Pozostaje nam jeszcze powiedzieć słów parę o tak zwanych gwiazdach stałych rozsianych na sklepieniu nieba. Nazywają się one stałemi dla tego, że ich względne położenia nie ulegają żadnym, widzieć się dającym zmianom. Prócz podziału na konstellacje, podzielono je jeszcze, co do stopnia ich światła, na gwiazdy pierwszej wielkości, do których liczą 15 lub 20 najświetniejszych gwiazd, dalej idą gwiazdy drugiej, trzeciej wielkości i tak następnie aż do szóstej wielkości, do której liczą się najslabsze gwiazdy widziane gołym okiem. Wszystkich gwiazd widzianych bez pomocy lunet na obu półkulach liczą 15000 do 20000. Za pomocą lunet widzieć można gwiazdy niedostrzegane gołym okiem, i te znowu, stosownie do ich blasku podzielono na gwiazdy siódmej, ósmej i t. d. aż do szesnastej wielkości. Podział ten jest zupełnie dowolny.

Nie można z tego stopniowania blasku gwiazd nic powiedzieć o względnej ich odległości od ziemi, niekoniecznie bowiem gwiazdy slabsze są bardziej od nas odległe. W ogólności blask gwiazdy zależy: od jej odległości od ziemi, jej istotnej wielkości i natężenia światła jej właściwego.

83, *Odległość gwiazd.* Mówiliśmy już, że zdolano wyznaczyć paralaxę roczną dla niektórych gwiazd stałych (45). W ogólności nie przechodzi ona kąta $1''$. Tak mała paralaxa świadczy o wielkiej odległości gwiazd. Ażeby bowiem promień drogi ziemskiej, (czyli średnia odległość ziemi od słońca), był widziany w kierunku do niego prostopadłym pod kątem $1''$, należy umieścić się na odległości od ziemi, zawierającej w sobie 200000 takich promieni. Najbliższa więc gwiazda jest, *co naj-mniej*, 200000 razy od nas bardziej odległą jak słońce, a że ta ostatnia odległość wynosi 20576272 mil geograficznych (38), zatem najbliższa od nas gwiazda jest na odległości 4115454400000 mil geograficznych. Tak ogromną odległość niepodobna przedstawić sobie, i dla tego wyrazimy ją przez czas, jaki światło używa na jej przebycie. Wiadomo, że światło porusza się z nadzwyczajną szybkością, przebywa bowiem drogę od słońca do ziemi w ciągu $8^m 17^s,8$ (68), zatem odległość 200000 razy większą przebiega w ciągu 3 lat przeszło.

Paralaxa najbliższej gwiazdy α w konstellacyi Centaura wynosi $0'',91$. Syriusza $0'',15$, Gwiazdy Polarniej $0'',106$. (*Obacz mapę gwiazd*). Odległości więc tych gwiazd są daleko większe, jak gwiazdy, której paralaxa byłaby równa $1''$. Według tych wartości światło potrzebuje na przebycie od α Centaura 3,622 lat, od Syriusza 21,968 lat, od gwiazdy Polarniej 31,136 lat i t. d.

84. *Wielkość gwiazd.* Gdyby można wyznaczyć kąt, pod jakim średnica danej gwiazdy jest widziana, moglibyśmy, przyjąwszy odległość tej gwiazdy za

wiadomą, znaleźć jej wielkość takim samym sposobem, jak dla słońca i księżyca (39 i 50).

Gwiazdy gołym okiem widziane wydają się mieć pewnej wielkości tarczę, jednakowoż obserwowane przez dobrą lunetę stają się tylko punktami blyszczącymi, czyli nie mają żadnych wymiarów, co pochodzi ztąd, że promienie światła, idące od gwiazdy, z przyczyny niezmierniej odległości tej gwiazdy, są równoległe, i jako takie, zbierają się w jednym punkcie lunety, mianowicie w jej ognisku. Nie znając tedy kąta, pod jakim ukazuje nam się średnica gwiazd, nie możemy sądzić o ich wielkości.

85. *Natężenie światła gwiazd.* Światło dochodzące do nas od gwiazd, nie jest światłem słonecznem przez te gwiazdy odbitem, albowiem nie mogłoby ono być tak silne. Gdyby słońce przeniesionem zostało na odległość najbliższej gwiazdy, miałoby blask i pozór gwiazdy 2-giej, lub 3-ciej wielkości, to jest taki, jak na przykład gwiazda Polarna. Światło zaś, jakie nam ta gwiazda przesyła na ziemię, jest tak nie nieznaczącem, że trudno przypuścić, aby ono po odbiciu się i przebieżeniu takiej odległości mogło być dostrzeżonem. Ztąd też gwiazdy stałe uważać należy jako słońca, około których krążą zapewne inne ciała, planety, i otrzymują od nich światło i ciepło. Niektóre z tych gwiazd są słońcami wydzielającymi z siebie daleko więcej światła i ciepła jak nasze słońce. W samej rzeczy, gdybyśmy słońce przeniesli na odległość Syrjusza, otrzymalibyśmy gwiazdę zaledwie gołym okiem widzianą i należącą do 6-jej wielkości, gdy Syriusz jest jedną

z najświetniejszych gwiazd, należących do 1-jej wielkości.

86. *Gwiazdy podwójne, potrójne i wielokrotne.* Niektóre gwiazdy dla gołego oka wydają się pojedynczemi, dostrzegane zaś przez dobrą lunetę rozdzielają się na dwie lub więcej gwiazd. Zdarza się, że takie dwie bliskie gwiazdy są tylko perspektywicznem przedstawieniem się dwóch gwiazd bardzo odległych od siebie, lecz widzianych prawie w kierunku jednej linii prostej. Powiększłej części, jednakowoż, gwiazdy te znajdują się w istocie blisko jedna od drugiej i wtedy właściwie nazywają się *podwójnemi*.

Struve, Dyrektor Obserwatorium w Pulkowie, obserwując 120000 gwiazd przez dobrą lunetę, znalazł w tej liczbie 3000 podwójnych, — na 40 więc gwiazd przypada jedna podwójna. Zauważył on, że w ogólności gwiazdy podwójne częściej napotykają się pomiędzy świetniejszymi gwiazdami. Gwiazda Kastor, czyli α w konstellacyi Bliźniat, jest jedną ze znaczniejszych gwiazd podwójnych.

Wyznaczając dokładnie od czasu do czasu kątową wielkość linii prostej, łączącej dwie gwiazdy, składające gwiazdę podwójną, jak również położenie na kuli niebieskiej tej linii, znaleziono, że jedna z tych gwiazd obraca się naokoło drugiej, a raczej obie one około ich wspólnego środka ciężenia według praw Keplera, co dowodzi, że i do tych ciał niebieskich rozciąga się prawo powszechnego ciężenia.

Czasy, w ciągu których te gwiazdy dokonywają jeden całkowity obrót są bardzo rozmaite. I tak, w gwiazdzie podwójnej ζ konstellacyi Herkulesa, mniejsza z nich dokonywa jeden całkowity obrót

naokoło większej w ciągu 36 lat, w gwiazdzie zaś γ konstellacyi Lwa obrót ten trwa 1200 lat i t. d.

Niewielka liczba gwiazd, obserwowana przez dobre lunety, przedstawia się jako trzy gwiazdy bardzo blisko położone obok siebie i dęące w zależności jedna od drugiej. Do znaczniejszych gwiazd potrójnych należy α w konstellacyi Andromedy, μ w konstellacyi Lwa i t. d.

Z pomiędzy gwiazd poczwórnych najznaczniejsza jest ε w konstellacyi Liry.

Gwiazdy składające się z więcej jak 4-ch gwiazd nazywają się wielokrotnemi. Do takich należy gwiazda θ w konstellacyi Oriona. Składa się ona z 6-ciu gwiazd. (*Obacz mapę gwiazd*).

87. *Droga mléczna.* Podczas wypogodzonej i bezksiężycowej nocy, widzieć można na sklepieniu nieba smugę białawego światła, zwaną *drogą mléczną*. Opasuje ona całą kulę niebieską prawie podług okręgu koła wielkiego, przecinającego ekliptykę w dwóch miejscach blizkich punktów równonocnych. Droga mléczna posiada szerokość bardzo rozmaitą— w jednych miejscach się rozszerza, w innych zwięża się, to nareszcie rozchodzi się na dwie drogi, które następnie znowu się łączą.

Od czasu skierowania lunet na drogę mléczną, utwierdzono mniemania niektórych starożytnych filozofów, że światło jej pochodzi od niezliczonego mnóstwa gwiazd nagromadzonych w tych kierunkach.

Wiliam Herschel, który z niezmierną pracą oddał się astronomii gwiazdowej, liczył gwiazdy ukazujące się jednocześnie w polu jego olbrzymiego teleskopu, skierowanego w różne strony nieba. Z tych

jego poszukiwań pokazało się, że liczba gwiazd widzianych w polu teleskopu jest najmniejsza w dwóch miejscach nieba równooddalonych od okręgu drogi młecznej. W miarę zaś stopniowego przybliżania się od któregośkolwiek z tych miejsc do tejże drogi, liczba gwiazd w ten sposób widzianych rośnie bardzo szybko.

I tak, Herschel znalazł, że w polu jego teleskopu, obejmującym na niebie $15'$, to jest, w przestrzeni wynoszącej zaledwie połowę tarczy słońca, w miejscach najmniej gwiazdami zasianych, ukazywało się po 1, po 2, po 3 i t. d. gwiazdy, w miejscach zaś najbogatszych w gwiazdy, liczba gwiazd jednocześnie ukazujących się w polu tegoż teleskopu dochodziła do 600.

Z tych wypadków Herschel wyznaczył w przybliżeniu względne odległości gwiazd rozsianych w różnych stronach nieba. Przyjawszy bowiem, że gwiazdy są mniej więcej jednostajnie rozrzucone w przestrzeni, liczba tych gwiazd ukazujących się w polu teleskopu jest tém większą, im większą jest odległość, do jakiej rozciągają się. Pole lunety uważać można jako ostrokrag, mający wierzchołek w oku dostrzegacza, podstawę zaś na odległości najdalszych gwiazd. Ze zaś objętości takich ostrokregów są proporcjonalne do sześciannów z ich wysokości, przeto odległości gwiazd krańcowych, ukazujących się w polu teleskopu, są proporcjonalne do pierwiastków sześciennych liczby tychże gwiazd. Takim sposobem znalazł Herschel, że granice drogi młecznej są od nas 500 razy bardziej odległe jak najbliższe gwiazdy. Ponieważ od tych ostatnich gwiazd światło przebie-

ga do nas w ciągu 3 lat, zatem od krańcowych gwiazd drogi młecznej, światło do nas dochodzi w ciągu 1500 lat. Dla przebieżenia więc od jednego krańca drogi młecznej do drugiego, na przeciwnej stronie nieba położonego, światło potrzebuje 3000 lat.

Ogólny widok drogi młecznej, jej kształt i budowa gwiazdowa, słowem wszystko to, do czego można było dojść za pomocą obserwacyj teleskopowych, bardzo łatwo objaśnia się, przyjąwszy wraz z Herschlem, że miliony gwiazd mniej więcej jednostajnie rozrzuconych w przestrzeni, tworzą *warstwę* czyli *krażek* zawarty pomiędzy dwiema powierzchniami prawie płaskimi i równoległymi od siebie. Krażek ten ma nieznaczną szerokość w porównaniu z niezmiernymi odległościami, do jakich rozciągają się te powierzchnie we wszystkie strony.

Słońce jest jedną z niezliczonego mnóstwa gwiazd, składających ten krażek, ten *świat światów*, jak go Kant nazywa. Zajmuje ono wraz z całym systematem planetarnym, zatem i ziemią, położenie bardzo bliskie środka tego krażka. W skutek takiego położenia ziemi, gwiazdy ułożone w tym krażku i widziane przez nas nie we wszystkich kierunkach są jednakowo rozsiane na sklepieniu nieba. W kierunku szerokości krażka, tylko niewielką liczbę gwiazd widzimy, w kierunku zaś jego średnicy liczba gwiazd widzianych jest tak wielką, że one przypadają jedna obok drugiej, przez co stanowią białawą smugę światła opasującą kulę niebieską prawie podług okręgu koła wielkiego. Nadto, w skutek perspektywnego przedstawienia się, krańcowa szerokość te-

go krążka, czyli szerokość drogi mlécznej, wydaje nam się nie wielką, — pochodzi to z przyczyny niezmiernie wielkiej odległości, na jakiej krańcowe gwiazdy tego krążka znajdują się.

Podobne zupełnie złudzenie otrzymujemy, gdy podczas spokojnie padającego śniegu znajdujemy się w wąziem przejściu pomiędzy dwoma wysokimi budynkami. Płatki śniegu po bokach widziane nie bardzo gęsto przypadają, w górze zaś widzimy je w wielkiej ilości nagromadzone, i jakby stanowiące jedną masę śnieżną.

88. *Ruch własny gwiazd.* Każda gwiazda prócz ogólnego ruchu, wynoszącego 52'' na rok z przyczyny cofania się punktów równonocnych i nutacyi (48), jak również zmian pochodzących od aberracyi światła i paralaxy rocznej gwiazd (44 i 45), posiada pewien ruch *własny*. Ruch ten wszakże widziany z ziemi tak jest nieznaczny, że jego kątowna wielkość nie przechodzi 7'' na rok. Ztąd też gwiazdy, pomimo tego ruchu, zdają się nie zmieniać względnych miejsc zajmowanych na kuli niebieskiej.

Ze znacznej liczby obserwacyj ruch ten okazało się, że w ogólności odbywa się w różne strony.

89. *Ruch postępowy słońca.* Zauważano, że gwiazdy, prócz własnego ruchu, odbywającego się w różnych kierunkach, posiadają jeszcze ruch wspólny, skierowany w jedną stronę, mianowicie ku punktowi położonemu w stronie nieba przeciwległej konstellacyi Herkulesa. Herschel wywiódł ztąd, że słońce wraz z całym systematem planetarnym, ztém i ziemią, porusza się ku gwiazdzie ζ z konstellacyi Herkulesa.

W samej rzeczy, jeżeli systemat słoneczny posiada ruch postępowy, to gwiazdy leżące w stronie nieba, ku której ruch ten jest skierowany, powinny pozornie oddalać się jedna od drugiej, przeciwnie zaś gwiazdy na przeciwległej stronie nieba położone zbliżać się do siebie. Tak samo, gdy jedziemy przez las, drzewa przed nami będące stają się coraz rzadszemi, te zaś, od których się oddalamy skupiają się.

Z ostatnich poszukiwań astronoma Peters'a, okazało się, że słońce wraz z całym systematem planetarnym porusza się z prędkością 2 mil na 1".

90. *Gwiazdy mgliste.* W różnych stronach nieba można widzieć za pomocą lunet plamy białawe, podobne do małych obłoczków, i w ogólności nazwane *gwiazdami mglistemi*. Kształt ich bywa najrozmaitszy,— kołowy, eliptyczny. Są obłoczki tego rodzaju mające kształt spiralny, inne znowu posiadają kształt płomienia świecy i t. p. Gwiazdy mgliste dzielą się głównie na trzy rodzaje. Do pierwszego należą obłoczki rozkładające się na gwiazdy. Drugim rodzajem są właściwe gwiazdy mgliste, do trzeciego nareszcie należą tak zwane obłoczki planetarne.

Obłoczki rozkładające się na gwiazdy. Obserwując gwiazdy mgliste przez doskonale teleskopy, można zauważyć, że niektóre z nich składają się z niezliczonego mnóstwa gwiazd najrozmaiciej ułożonych. Do takich należy obłoczek widziany obok gwiazdy θ w konstellacyi Oriona. Obłoczków takich napotykamy na sklepieniu niebieskiem bardzo wiele. Herschel obserwował ich 2500 i prócz tego zauważył, że największa ich liczba znajduje się w pasie prostopadłym do kierunku drogi młecznej. Za pomocą ol-

brzymiego teleskopu zbudowanego w Irlandyi przez Lorda Rosse, dostrzeżono wiele nowych obłoczków rozkładających się na gwiazdy, jak również znaleziono, że wiele ze znanych poprzednio obłoczków da się na gwiazdy rozłożyć. Gwiazd składających jeden obłoczek niepodobna policzyć, biorąc jednakowoż kątową odległość dwóch gwiazd sąsiednich, położonych na brzegu obłoczka, a więc nie rzucających się jedna na drugą, i tę wartość porównawszy z ogólną średnicą obłoczka, znaleziono, że obłoczek o średnicy 10', zatem zajmujący na kuli niebieskiej powierzchnię wynoszącą zaledwie $\frac{1}{10}$ tarczy księżycowej, zawiera niemniej jak 200000 gwiazd.

Gwiazdy składające te obłoczki, są bardziej ku środkowi skoncentrowane, z kąd wniesć należy, że one ulegają sile wzajemnego ciężenia, skierowanej ku temu miejscu.

Podobnie jak gwiazdy, składające drogę mleczną, stanowią oddzielny systemat, w którym słońce jest jedną z gwiazd składowych, tak również i te obłoczki, rozkładające się na gwiazdy, są oddzielnymi systematami, leżącemi po za granicami drogi mlecznej.

Przyjąwszy, że jeden z takich systematów, widziany jako obłoczek, mający średnicę 10', posiada wymiary naszej drogi mlecznej, możemy w przybliżeniu oznaczyć jego odległość od nas. W samej rzeczy, aby pewna długość widziana była pod kątem 10', należy ją przenieść na odległość od oka wynoszącą 334 razy tę długość. Ponieważ zaś średnica naszej drogi mlecznej jest tak wielka że światło przebiega ją w ciągu 3000 lat, zatem odległość 334 razy większą, na jakiej znaj-

duje się taki obłoczek, światło przebiega w ciągu 1002000 lat. A ileż jest obłoczków, być może większych nawet od naszej drogi mlecznej, widzianych pod mniejszym jeszcze kątem, lub wcale niedostrzeżonych przez najdoskonalsze lunety. Tu wykazuje się ogrom wszechświata i potęga jego Stwórcy.

Gwiazdy mgliste właściwe i obłoczki planetarne. Jeszcze William Herschel zauważył, że są obłoczki, które wcale nie mają pozoru obłoczków rozkładających się na gwiazdy. W rzeczy samej obłoczki te obserwowane przez najlepsze teleskopy nie rozkładają się na pojedyncze gwiazdy. W ogólności mają one kształt kulisty lub sferoidalny; w niektórych widzieć można w środku jeden, czasem dwa lub nawet trzy świetniejsze punkta, czyli gwiazdy, co czyni je podobnymi do komet ukazujących się bez ogona. Obłoczki te właściwie nazywają się *gwiazdami mglistymi*.

Inne znowu nie mają tych świetniejszych punktów, lecz przedstawiają po większej części kołową tarczę, jednakowo na całej powierzchni oświetloną, przez co są podobne do planet i nazywają się *obłoczkami planetarnymi*.

Przyjmują powszechnie, że obłoczki te składają się z materii świecącej, nadzwyczaj rzadkiej, która zbiera się około pewnych punktów, i ulegając koncentracji stopniowej, tworzy gwiazdy. I w rzeczy samej, wiele z takich obłoczków uległo od czasu pierwszego ich obserwowania pewnym zmianom, dowodzącym, że to tworzenie się nowych gwiazd odbywa się wciąż, jakkolwiek bardzo powolnie.

NOTA I.

Fizyczne dowody ruchu ziemi naokoło swęj osi.

Dowody fizyczne, stwierdzające ruch obrotowy ziemi około swęj osi, są następujące:

1) *Brak siły dośrodkowej, sprawiającej obrót wszystkich gwiazd naokoło osi świata.* Wiadomo z Fizyki, że ciało poruszające się po linii krzywej objawia, w skutek bezwładności, w każdym punkcie swęj drogi, dążność do utrzymania biegu w kierunku linii stycznej do krzywej w tym punkcie,— ta dążność nazywa się *siłą odśrodkową*.— Aby więc ciało mogło zachowywać ruch po linii krzywej, siła odśrodkowa powinna być zwalczona w każdym punkcie drogi siłą równą jęj i działającą w stronę wprost przeciwną,— ta siła nazywa się *siłą dośrodkową*.

Itak *np.* gdy ciężarek przyczepiony do jednego końca sznurka, obraca się około punktu przymocowania drugiego końca tegoż sznurka, wtedy wyradza się siła odśrodkowa, nateżająca sznurek w kierunku normalnym do linii opisywanęj przez ciężarek. Wielkość tęg siły odśrodkowej jest proporecyjonalna do kwadratów z prędkości ciężarka obracającego się i odwrotnie proporecyjonalna do promienia koła opisywanego. Działanie zaś siły odśrodkowej równoważy się wprost przeciwną siłą dośrodkową, objawiają-

cą się w spójności cząstek sznurka. Jeżeli siła odśrodkowa przewyższy siłę spójności sznurka, to natenczas nastąpi zerwanie jego i ciężarek poruszać się będzie w kierunku linii prostej, stycznej do linii krzywój w tym punkcie, w którym zerwanie nastąpiło.

Gdy przyjmiemy, że ziemia znajduje się w spoczynku, to wszystkie gwiazdy opisywać muszą okręgi kół położone na płaszczyznach prostopadłych do osi świata, przechodzącej przez środek ziemi. Z przyczyny nieskończenie małej wielkości ziemi w porównaniu z odległościami, na jakich gwiazdy się znajdują od ziemi, środki tych okręgów przypadają w różnych punktach osi świata poza granicami ziemi. Wyraźająca się siła odśrodkowa przy tym ruchu, musiałaby być równoważoną siłą dośrodkową umieszczoną w tych punktach położonych na osi. Tak więc wzdłuż osi znajdowałyby się musiały ciała nieruchome, których obecność mogłaby wywołać to przyciąganie. Ponieważ w naturze nie podobnego nie dostrzegamy, zatem ruch gwiazd naokoło osi świata nie możemy uważać jako istotny, lecz jako pozorny, pochodzący z obrotu ziemi około swój osi.

2) *Splaszczanie ziemi przy jój biegunach.* Zobaczymy następnie (23), że ziemia nie ma ściśle kształtu kulistego, lecz jest nieco splaszczoną przy biegunach, czyli ma kształt sferoidalny. Z licznych zjawisk geologicznych wniesć należy, że pierwotnie ziemia była w stanie płynnym i dopiero przez stopniowe stygnięcie zakrzepła na swojej powierzchni.

Płynny stan ziemi w połączeniu z jój ruchem wirowym z łatwością objaśnia jój splaszczanie przy biegunach.

Gdyby ziemia znajdowała się w spoczynku, to będąc pierwotnie w stanie ciekłym, przybrałaby ściśle kształt kuli, jak to widzimy na każdej innej cieczy swobodnie pozostawionej jedynie działaniu sił międzycząsteczkowych. Lecz z przyczyny obrotu ziemi, każda jej cząsteczka doznawała działania siły odśrodkowej, tém większej, im ta cząsteczka bardziej była oddalona od osi obrotu. Ztąd płynna masa ziemi przybrała kształt sferoidalny, i w tym kształcie zakrzepła.

3) *Zmiana nateżenia siły ciężkości na powierzchni ziemi.* Spłaszczenie ziemi i siła odśrodkowa wynikająca z obrotu ziemi około swęj osi, wpływają razem na zmianę nateżenia siły ciężkości. I tak, ciężar ciała umieszczonego przy jednym z biegunów jest większy niż ciężar tegoż ciała umieszczonego pod równikiem, raz dla tego, że promień ziemski przy biegunie jest mniejszy od promienia pod równikiem, i powtóre, że przy biegunach nie działa siła odśrodkowa, pod równikiem zaś z przyczyny obrotu ziemi, siła odśrodkowa wywiera swe działanie w stronę wprost przeciwną sile ciężkości i znosi pewną część ciężaru ciała. W punktach pośrednich, położonych pomiędzy równikiem i biegunami, siła ciężkości ma nateżenie pośrednie pomiędzy nateżeniami téj siły przy biegunach i pod równikiem,— tu bowiem promień ziemski ma długość pośrednią pomiędzy promieniami ziemi przy biegunie i na równiku; nadto, siła odśrodkowa jest mniejsza jak pod równikiem i prócz tego nie działa w stronę wprost przeciwną sile ciężkości, lecz jedna z jej składowych, i ta tylko znosi pewną część siły ciężkości (Fizyka Ganot'a, 56).

4) *Zboczenie ciał swobodnie spadających ze znacznych wysokości.* Jeżeli ziemia obraca się, to wszelki punkt, znajdujący się na znacznej wysokości od powierzchni ziemi i biorący udział w ruchu dziennym ziemi (np. wierzchołek wieży) porusza się z prędkością większą niż punkt powierzchni ziemi położony z tamtym na jednej linii pionowej (np. spodek wieży).

Ciało swobodnie spadające w kierunku pionowym ze znacznej wysokości, zachowuje u dołu prędkość z zachodu na wschód, jaką w skutek ruchu ziemi miało u góry, a że ta prędkość jest większa od prędkości punktu na powierzchni ziemi położonego, więc ciało spadające zboczy od kierunku pionowego na pewną odległość ku wschodowi.

Newton pierwszy podał myśl sprawdzenia w ten sposób obrotu ziemi. Doświadczenia tego rodzaju dopiero w naszym stuleciu wykonano z wielką ścisłością. Wypadek najbardziej zgodny z rachunkiem otrzymał p. Reich, mianowicie znalazł zboczenie 14,15 linii dla ciała, spadającego z wysokości 516 stóp. Rachunek podaje 13,8 linii.

5) *Wahadło p. Foucault.* Bezpośrednim i najbardziej dotykającym dowodem obrotu ziemi około osi, jest doświadczenie wykonane po raz pierwszy w Paryżu przez P. Foucault nad ruchem wahadłowym.

Najprostsze wahadło składa się z ciężarku przyczepionego do jednego końca bardzo cienkiej i nierozciąganej nici, której drugi koniec jest stale przytwierdzony. Gdy wahadło takie znajduje się w spoczynku, czyli w stanie równowagi, wtedy nie przybiera

kierunek pionowy. Jeżeli zaś wyprowadzimy je z kierunku pionowego w którąkolwiek stronę i pozostawimy w tém położeniu samemu sobie, wtedy ono odbywać będzie wahania na płaszczyźnie pionowej, przechodzącej przez kierunek, jaki mu nadaliśmy. *Ta płaszczyzna wahań nie zmieniałaby swego położenia, gdyby ziemia pozostawała w spoczynku.*

Skrećanie nici, w skutek naprzykład skrećania jój końca przymocowanego, nie wpływa bynajmniej na zmianę położenia téj płaszczyzny, o czém łatwo przekonać się, gdy na ciężarku wahadłowym zrobimy pewien znaczek, np. nakleimy kawałek białego papieru. Przy skrećaniu się nici, ciężarek obracać się będzie około osi będącej przedłużeniem nici, a płaszczyzna wahań pozostanie niezmienną.

Gdybyśmy takie wahadło zdołali umieścić na jednym z biegunów, np., na biegunie północnym, wtedy ono będąc w stanie równowagi przyjąłoby kierunek przedłużonej osi ziemskiej, wahnienia zaś swoje odbywałoby wciąż na płaszczyźnie jednego z południków ziemskich, lecz wtém przypuszczeniu, że ziemia pozostaje w spoczynku. Jeżeli zaś ziemia obraca się około swój osi z zachodu na wschód, to płaszczyzna południkowa obracając się razem z ziemią wyszłaby z płaszczyzny na której wahnienia niezmiennie odbywają się. Ponieważ ruchu ziemi nie czujemy, zatem wydałoby nam się, że południk zachował pierwotny swój kierunek, a płaszczyzna wahań obróciła się względem niego *ze wschodu na zachód*, czyli dla znajdującego się tam dostrzegacza, od ręki lewej ku prawej. W taki sposób płaszczyzna

wahań w ciągu jednej doby gwiazdowej dokonałaby jeden całkowity obrót.

To samo miałyby miejsce na biegunie południowym, lecz pozorny obrót płaszczyzny wahań *ze wschodu na zachód*, dla znajdującego się tam dostrzegacza odbywałby się w stronę przeciwną, t. j. od ręki prawej ku lewej.

Pod równikiem zaś płaszczyzna wahań nie zmienia swego położenia względem płaszczyzny południka. Itak, jeżeli w pewnym miejscu na równiku wahania odbywają się, naprzykład na płaszczyźnie południka przechodzącego przez to miejsce, wtedy płaszczyzna wahań niezmiennie pozostanie na płaszczyźnie tegoż południka.

W każdym miejscu pośrednim, pomiędzy równikiem a jednym z biegunów położonym, pozorne zбочenia płaszczyzny wahań są różne;—powiększają się w miarę oddalania się danego miejsca od równika. I tak, niech $parp'r'$ (Fig. 58) będzie kulą z emską, na której p i p' są biegunami, rr' równikiem. Dla danego miejsca, a , południkiem będzie o krąg koła pap' ;—linija ao styczna do niego w punkcie a i spotykająca oś świata w punkcie o , będzie liniją południkową dla tegoż miejsca. Gdy w skutek dziennego obrotu ziemi punkt a opisze łuk równoleżnika aa' i przejdzie do punktu a' , południk przyjmie położenie pap' , linija południkowa zaś będzie $a'o$.

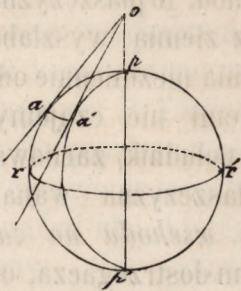


Fig. 58.

Przypuśćmy, że w punkcie a ustawiliśmy wahadło p. Foucault. Wahania jego odbywać się będą na jednej z płaszczyzn pionowych, np na płaszczyźnie południka, w kierunku bc (fig. 58 bis). Gdy punkt a przejdzie do punktu a' , płaszczyzna tych wahań zachowa kierunek $b'e'$, równoległy od bc , czyniąc więc będzie z odpowiednią linią południkową kąt $oa'b'$ równy kątowi aoa' , jaki czynią pomiędzy sobą



linije południkowe. I w ogólności na jakiegokolwiek płaszczyźnie pionowej wahania odbywają się, zawsze pozorne zboczenie tej płaszczyzny, ze wschodu na zachód, po upływie pewnego czasu równa się kątowi, na jaki w ciągu tego czasu odchyliła się linija południkowa miejsca obserwacyi w skutek obrotu ziemi.

Dla miejsca położonego na równiku *Fig. 58 bis.* linija południkowa podczas obrotu ziemi pozostaje równoległą od pierwotnego swego położenia, tam też zboczenie płaszczyzny wahań równe jest zeru. W miarę oddalania się danego miejsca od równika, kąt na jaki w ciągu pewnego czasu odchyliła się linija południkowa tego miejsca, staje się coraz większy, zatem i zboczenia płaszczyzny wahań powiększają się.

P. Foucault urządził po raz pierwszy w roku 1851 doświadczenie z takim wahadłem w Panteonie Paryżkim, w obec licznie zgromadzonych widzów.— Do sklepienia tego budynku przymocował górny koniec drutu stalowego, unoszącego na dolnym końcu swoim kulę mosiężną ważącą około 100 funtów (*Fig. 59. na nast. str.*) Długość tego wahadła wynosiła 223

stóp, zatem jedno wahnienie trwało prawie 8 sekund czasu. Aby uwydatnić zboczenia płaszczyzny wahań, do dolnej części kuli przymocował kolec, który wśród ruchu wahadła zsypywał piasek z dwóch górek piaskowych, ustawionych po obu stronach w kierunkach prostopadłych do płaszczyzny wahań.



Fig. 59.

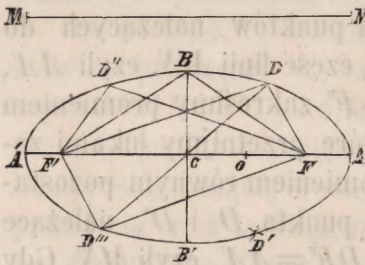
NOTA II.

O elipsie.

Elipsa—sposób jej kreślenia. Elipsą nazywamy linię krzywą, płaską, mającą tę własność, że summa odległości każdego punktu na niej obranego od dwóch punktów stałych F i F' (Fig. 60 na nast. str.) na jej płaszczyźnie znajdujących się, jest stałą.

Punkta F i F' nazywają się *ogniskami* elipsy, linie zaś proste DF i DF' , łączące jakikolwiek punkt D na elipsie obrany z jej ogniskami, nazywamy *promieniami wodzącymi* dla tego punktu. Podług określenia elipsy, summa promieni wodzących $DF + DF'$ jest stałą.

Mając dane ogniska F i F' i summe promieni wodzących MN ; można nakreślić elipsę ruchem ciągłym, lub téż punkt po punkcie.



(Fig. 60).

Dla nakreślenia elipsy pierwszym sposobem, przymocujmy w punktach F i F' końce cienkiej, nierozciągalnej nici, której długość równa się MN , następnie, wyteżając nić za pomocą końca zaostzonego ołówka tak, aby ona przybrała kształt linii łamanej FDF' , oprowadzajmy w ten sposób dalej ołówkiem, to wykreślimy obwód elipsy. Sposób ten nie jest dokładny i przy kreśleniu niewielkich elips na papierze, użyty być nie może.

Dla dokładnego nakreślenia elipsy używamy drugiego sposobu, t. j. kreślenia punkt po punkcie.— Liniję FF' podzielmy na dwie części równe w punkcie C , i od tego punktu po obu stronach odetnijmy części CA i CA' , równe połowie danej linii MN , to FA będzie równe $F'A'$, linija $AA' = MN$ i punkta A i A' należyć będą do elipsy, summa bowiem odległości każdego z nich od punktów F i F' jest równa MN , i tak, dla punktu A mamy: $AF' + AF = AF' + F'A' = AA'$ czyli MN .— Następnie z punktów F i F' zakresłmy łuki promieniem równym połowie linii MN , otrzymamy z wzajemnych przecięć się tych łuków punkta B i B' , należące do elipsy.— Linija prosta BB' łącząca te punkta, jest prostopadłą do

linii FF' i przechodzi przez jęj środek, czyli przez punkt C ; nadto $BF = BF' =$ połowie MN , czyli linii CA .

Dla nakreślenia innych punktów należących do téj elipsy, weźmy dowolną część linii MN , czyli AA' , np. część $A'O$ i z punktu F zakreślmy promieniem równym téj części łuki, które przetnijmy łukami zakreślonymi z punktu F' promieniem równym pozostałej części AO , otrzymamy punkta D i D' , należące do elipsy, albowiem $DF + DF' = AA'$, czyli MN . Gdy przeciwnie z ogniska F zakreślmy łuki o promieniu równym pierwszej części $A'O$, a z ogniska F' przetniemy je łukami zakreślonymi promieniem równym pozostałej części OA , to otrzymamy dwa inne punkta D'' i D''' , należące także do elipsy. W podobny sposób biorąc punkt O w różnych miejscach linii AA' , czyli dzieląc tę linię coraz to na inne części, otrzymamy szereg punktów należących do elipsy. Połączywszy te punkta nieprzerwaną linią krzywą, otrzymamy żadaną elipsę.

Łatwo widzieć, że najmniejszą częścią, na jaką podzielić można linię AA' jest AF , największą zaś $A'F'$, inaczéj bowiem łuki zakreślone promieniami równymi tym częściom, nie przecięłyby się. Najmniejszym więc promieniem wodzącym jest AF , największym zaś $A'F'$.

Okażemy tu 1°, że linija AA' jest linią symetrii względem punktów należących do elipsy, to jest każdemu punktowi D odpowiada punkt D' , położony z tamtym na jednéj linii prostopadléj do AA' , i w równéj odległości od tejże linii AA' . 2° linija BB' jest także linią symetrii dla punktów należących do

elipsy. 3° wszelka linija prosta przechodząca przez punkt C i kończąca się na obwodzie elipsy, jest w tym punkcie C podzielona na dwie równe części.

Co do 1-go, to uważmy, że punkta D i D' powstały z przecięcia się okręgów kół zakreślonych z punktów F i F' , jako środków, — cięciwa więc łącząca te punkta przecięć D i D' jest prostopadła do linii prostej łączącej środki kół, i podzielona w punkcie przecięcia się z tą liniją na dwie części równe.

Co do 2-go. Trójkąty FDF' i $FD''F'$ są sobie równe, jako mające po trzy boki równe, zatem kąt $DFF' = D''F'F$. Całą figurę przegnijmy wzdłuż linii BB' , to ponieważ linija FF' jest prostopadła do BB' , zatem linija CF skieruje się po linii CF i dla równości tych linij punkt F upadnie na punkt F' , — z przyczyny równości kąta DFF' z kątem $D''F'F$ linija FD pójdzie po linii $F'D''$ i dla ich równości punkt D upadnie na punkt D'' . Tak samo każdy punkt elipsy należący do części BDA upadnie na odpowiedni punkt, należący do części $BD''A'$ zatem BB' jest liniją symetrii dla punktów należących do elipsy.

Co do 3-go. Z wykresienia wypada że $F'D = FD'''$ i $FD = F'D'''$, zatem figura $FDF'D'''$ jest równoległobokiem, a więc przekątne FF' i DD''' dzielą się wzajemnie w punkcie przecięcia C na 2 części równe. Podobnie wszelka inna linija prosta przechodząca przez punkt C i kończąca się na obwodzie elipsy, jest podzielona w punkcie C na 2 części równe. Z tej to przyczyny punkt C nazywa się *środkiem elipsy*.

Linije symetrii AA' i BB' nazywają się *osiami* elipsy. Końce tych osi A, A', B, B' nazywają się *wierzchołkami* elipsy. Linija BB' jest mniejsza od

AA' . W samej rzeczy, w trójkącie prostokątnym BCF mamy:

$$BC < BF$$

lecz $BF = \frac{AA'}{2}$, zatem

$$BC < \frac{AA'}{2}, \text{ z kąd}$$

$$2BC \text{ czyli } BB' < AA'.$$

Linija AA' z tój przyczyny nazywa się *osią wielką* elipsy, linija zaś BB' — *osią małą*. Zwykle oś wielka AA' oznacza się przez $2a$, oś mała BB' przez $2b$. Odległość ognisk FF' oznacza się przez $2c$.

Mimośrodem elipsy nazywamy stosunek tój odległości $2c$ do osi wielkiej $2a$, czyli stosunek $\frac{c}{a}$.

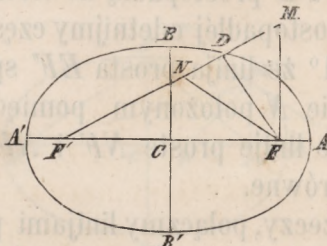
Stosunek ten jest więc zawsze liczbą ułamkową mniejszą od jedności. Im mniejsza jest wartość tego mimośrodu, czyli im mniejsze FF' w porównaniu do AA' , tém elipsa bardziej zbliża się do koła tak, że gdy mimośród stanie się równym zeru, ogniska F' i F znajdować się będą w środku elipsy C i elipsa zamieni się na koło.

Summa odległości każdego punktu położonego na płaszczyźnie elipsy zewnątrz jój obwodu, od ognisk elipsy, jest większa od osi wielkiej, — dla punktu zaś położonego wewnątrz obwodu ta summa jest mniejsza od osi wielkiej. W samej rzeczy, weźmy punkt M (fig. 61 na nast. str.) leżący zewnątrz elipsy, — połączmy go z ogniskami F' i F linijami prostymi i niech MF' przetnie się z elipsą w punkcie D . Gdy ten punkt połączmy z punktem F , otrzymamy trójkąt MDF , w którym:

$$DM + MF > DF,$$

dodając do obu stron po DF' , będzie:

$$DF' + DM + MF > DF + DF', \text{ czyli} \\ MF' + MF > AA', \text{ co należało dowieść.}$$



(Fig. 61).

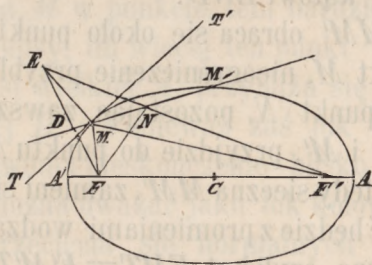
Podobnież obierzmy dowolny punkt N wewnątrz elipsy i połączmy go z ogniskiem F , to otrzymamy w trójkącie NDF :

$$NF < ND + DF,$$

dodając do obu stron po NF' , będzie:

$$NF' + NF < NF' + ND + DF, \text{ czyli} \\ NF' + NF < AA', \text{ co należało dowieść.}$$

O linii stycznej do elipsy. Liniją styczną do elipsy w danym punkcie M (fig. 62) tak, jak do każ-



(Fig. 62).

Punkt M nazywa się punktem *styczności*.

dziej linii krzywej, nazywamy granicę MT , do której, zbliża się sieczna MM' , gdy jeden jej punkt przecięcia się z elipsą, M , pozostaje stałym a drugi zbliża się do niego nieograniczenie.

Linija styczná do elipsy czyni z promieniami wodzącemi punktu styczności kąty równe, to jest kąt $FMT = F'MT'$. Dla okazania tego wyprowadźmy z ogniska F liniją FD prostopadłą do siecznej i na przedłużeniu téj prostopadłej odetnijmy część $DE = DF'$. Dowiedzimy 1° że linija prosta EF' spotyka sieczną MM' w punkcie N położonym pomiędzy punktami M i M' . 2° że linije proste NF i NF' czynią z tą sieczną kąty równe.

W samej rzeczy, połączmy linijami prostemi punkt N z punktem F , jak również punkt M z punktami F , F' i E . Z trójkąta FME wypada:

$$F'E < F'M + ME, \text{ czyli}$$

$$F'N + NE < F'M + ME$$

lecz $NE = NF$ i $ME = MF$, jako pochyłe, których spodki są równo oddalone od spodka prostopadłej, zatem:

$$F'N + NF < F'M + MF$$

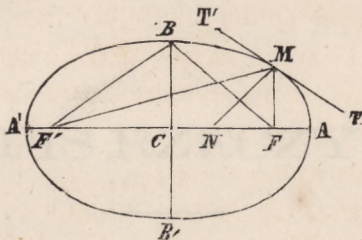
co wskazuje, że punkt N jest położony wewnątrz elipsy, a więc pomiędzy punktami M i M' .

Co do drugiego, to kąt $F'NM' = FNM$, każdy bowiem z nich równy jest kątowi END .

Gdy linija sieczna MM' obraca się około punktu stałego M tak, że punkt M , nieograniczenie przybliża się do punktu M , to punkt N , pozostając zawsze pomiędzy punktami M i M' , przyjdzie do punktu M razem z punktem M' i wtedy sieczna MM' , zamieni się na styczną, która czynić będzie z promieniami wodzącemi MF i MF' kąty równe, czyli kąt $FMT = F'MT'$.

O normalnej do elipsy. Normalną do elipsy nazywamy liniją MN , (fig. 63 na nast. str.) prostopadłą do stycznėj i wyprowadzoną z punktu styczności M . Ponieważ styczná z promieniami wodzącemi punktu styczności czyni kąty równe, czyli kąt $FMT = F'MT'$,

zatem i kąt $FMN = F'MN$. Normalna więc do elipsy w danym punkcie dzieli kąt, zawarty pomiędzy promieniami wodzącymi tegoż punktu na dwie części równe.



(Fig. 63).

Uwaga. Na zasadzie téj własności linii normalnej łatwo widzieć, że normalna w punkcie A będzie miała kierunek osi wielkiej AA' . W punkcie zaś B normalna będzie miała kierunek osi małej BB' . Za pomocą sposobów, nie mogących wejść w zakres niniejszego wykładu, okazać można, że normalna dla jakiegokolwiek punktu M należącego do elipsy, przecina się z normalną punktu nieskończenie blisko położonego od M w punkcie, tém bardziej oddalonym od obwodu elipsy, im więcej ten punkt M , idąc od wierzchołka osi wielkiej A , przybliży się do wierzchołka osi małej B . Ponieważ zaś łuk elipsy zawarty pomiędzy dwoma nieskończenie blisko położonymi punktami, można uważać jako łuk kołowy zakreślony z punktu przecięcia się normalnych w tych punktach, zatem łuk przy A jest zakreślony mniejszym promieniem niż łuk przy B , czyli elipsa jest bardziej wypukłą przy końcach osi wielkiej niż przy końcach osi małej.



SPIS RZECZY.

Wstęp.

Określenie Kosmografii, gwiazdy stałe, gwiazdy błąkające się Stron. **1.**

ROZDZIAŁ I.

Przybliżony kształt ziemi. Kula niebieska **3.**

Kulistość ziemi.— Linija pionowa, poziom.— Wielkość ziemi
niknie w porównaniu z odległością jęj od gwiazd.— Sklepienie
nieba.— Kula niebieska, zenit, nadir.— Wysokość gwiazdy, jęj
poziomołuk— Refrakcyjja atmosferyczna.

ROZDZIAŁ II.

Ruch dzienny ciał niebieskich **9.**

Gwiazdy opisują koła równoleżne.— Oś i bieguny świata.—
Południk, linija południkowa, jęj wyznaczenie.— Doba gwiazdo-
wa.— Punkta główne poziomu.— Równik niebieski.— Kąt
godzinowy.

ROZDZIAŁ III.

Ruch wirowy ziemi **17.**

Niemozżliwość dziennego obrotu całej kuli niebieskiej.— Zie-
mia obraca się około osi.— Bieguny, równik i południki ziem-
skie.— Ruch wirowy ziemi wyjaśnia w zupełności pozorny obrót
gwiazd.— Trojakię położenie kuli niebieskiej.

II

ROZDZIAŁ IV.

Prawdziwy kształt ziemi	Stron. 22.
--	----------------------

Szerokość i długość geograficzna.— Sposoby ich wyznaczenia dla danego miejsca powierzchni ziemi.— Sferoidalny kształt ziemi.— Globus i karty geograficzne.

ROZDZIAŁ V.

O biegu rocznym słońca	36.
---	------------

Wyznaczenie położenia gwiazdy względem płaszczyzny równika.— Wynajdywanie zbroceń.— Ruch roczny słońca.— Ekliptyka, jej nachylenie do równika, znaki zodiaku.— Wynajdywanie prostych wzniesień.— Bieg słońca po ekliptyce prowadzi pory roku.— Pozorny bieg słońca po obwodzie elipsy podług praw Keplera.

ROZDZIAŁ VI.

Orachubie czasu	51.
----------------------------------	------------

Czas słoneczny prawdziwy.— Nierówność doby słonecznej w ciągu roku.— Czas średni.— Rok zwrotnikowy.— Kalendarz i jego reformy.

ROZDZIAŁ VII.

Odległość słońca od ziemi i jego ustrój fizyczny.	63.
--	------------

Paralaxa śródoziemna.— Odległość słońca od ziemi.— Wielkość słońca. Ruch wirowy słońca jego fizyczny.— Światło zodiakalne.

ROZDZIAŁ VIII.

Roczny ruch ziemi naokoło słońca	72.
---	------------

Roczny ruch słońca może być pozornym.— Dowody ruchu rocznego ziemi naokoło słońca.— Aberracja światła.— Paralaxa roczna gwiazd stałych.— Droga, jaką ziemia opisuje naokoło słońca.— Oś ziemi pozostaje równoległą od pierwotnego swego położenia podczas ruchu rocznego ziemi.— Wyprzedzanie punktów równonocnych i kołysanie się osi ziemskiej.

ROZDZIAŁ IX.

O księżycu	82.
-----------------------------	------------

Długość i szerokość astronomiczna.— Odległość księżyca od ziemi, jego objętość.— Odmiany światła księżyca.— Objaśnienie

tych odmian.— Miesiąc księżycowy synodyczny i perjodyczny.— Bieg księżyca na kuli niebieskiej.— Rzeczywista droga księżyca naokoło ziemi.— Ruch wirowy księżyca, jego budowa fizyczna.

ROZDZIAŁ X.

O zaćmieniach księżyca i słońca 99.

Przyczyna zaćmienia księżyca.— Warunki, przy jakich ono może mieć miejsce.— Wyznaczenie czasu, w jakim zaćmienie księżyca przypada.— Wpływ atmosfery ziemi na zaćmienie księżyca.— Przyczyna zaćmienia słońca.— Wyznaczenie czasu, w jakim ono ma przypaść.

ROZDZIAŁ XI.

O planetach i kometach 107.

Planety niższe i wyższe, ich ruch względem słońca.—Pozorne drogi planet na kuli niebieskiej.— Rzeczywisty ruch planet w przestrzeni.— Objaśnienie zatrzymywań się i cofań planet.— Elementa ruchu planet.— Opisanie głównych planet.— O kometach.

ROZDZIAŁ XII.

Fizyczna przyczyna biegu ciał niebieskich 131.

O biegu planet w ogólności.— Ciało poruszające się według prawa wycinków jest pod działaniem siły dośrodkowej — Siła odśrodkowa.— Prawo Newtona ogólnego ciężenia.— Siła ciężkości. Przyciąganie się ciał o nierównych massach.— Masa słońca.— Z prawa Newtona można wyznaczyć drogi opisane przez planety. Perturbacje ruchu ziemi i planet.— Perturbacje księżyca.— Wyprzedzanie punktów równonocnych i kołysanie się (nutacja) osi ziemskiej.— Przyływ i odpływ morza.

ROZDZIAŁ XIII.

O gwiazdach stałych 146

Podział gwiazd stałych, ich odległość, wielkość i natężenie światła.— Gwiazdy podwójne, potrójne i wielokrotne.— Droga mléczna.— Ruch własny gwiazd.— Gwiazdy mgliste: obłoczki rozkładające się na gwiazdy, gwiazdy na mgliste właściwe i obłoczki planetarne.

NOTA I.

Fizyczne dowody ruchu ziemi naokoło ziemi	Stron 157.
--	-------------------

Brak siły dośrodkowej, sprawiającej obrót wszystkich gwiazd naokoło osi świata.— Spłaszczenie ziemi przy jój biegunach.— Zmiana natężenia siły ciężkości na powierzchni ziemi.— Zboczenie ciał swobodnie spadających ze znacznych wysokości.— Wahadło p. Foucault.

NOTA II.

O elipsie	164.
----------------------------	-------------

Elipsa, sposób jój kreślenia.— O linii stycznėj do elipsy.—
O normalnej do elipsy.— Uwaga.





KSIĘGARNIA

ANTYKWARIAT



Nr 723541

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Biblioteka WSP Kielce



0320113