WYKŁAD
GEOGRAFII MATEMATYCZNEJ
(KOSMOGRAFII)

dla użytku uczącéj się młodzieży

UŁOŻONY

PODŁUG NAJNOWSZYCH ŹRÓDEŁ

PRZEZ

(elikś)

F. Beneveni.

Nauczyciela Matematyki.

WARSZAWA,

W DRUKARNI JANA KANTEGO PSURSKIEGO.

1864.

WOLNO DRUKOWAĆ,

pod warunkiem złożenia w Komitecie Cenzury, po wydrukowaniu, prawem przepisanéj liczby egzemplarzy.

Warszawa dnia 27 *Listopada* (9 *Grudnia*) 1863 *r.*

Starszy Cenzor,

Antoni Funkensztein.

NIKODEMOWI PĘCZARSKIEMU

PROFESSOROWI WARSZAWSKIEJ

SZKOŁY GŁÓWNEJ.

w dowód wdzięczności za życzliwe rady
i pomoc w dokonaniu niniejszéj pracy,

poświęca

Autor.

WSTĘP.

1. Człowiek zamieszkując ziemię, obdarzony rozumem, chciwy rozszerzenia granic swej wiedzy, zastanawia się nad tą ziemią i uważać ją może pod rozmaitemi względami.

Uważanie ziemi, jako bryły pewnego kształtu i rozciągłości, ruszającej się w przestrzeni świata, oblanéj powietrzem i morzem, należącej do słońca, wystawionej na działanie światła i ciepła, będącej pod wpływem sił natury; jednem słowem: uważanie ziemi jako miejsca rozliczznych zjawisk przyrodzonych, wynikających z jej położenia, biegu i działania na nią innych ciał niebieskich, daje początek *Geografii Matematycznej i Fizycznej.*

Geografija Matematyczna opisuje kształt ziemi, jej wielkość, ruchy jakie odbywa i stosunek jej do innych ciał niebieskich. Nazywa się matematyczną, bo do poznania skutków przyrodzonych, dochodzimy przy pomocy matematyki.

Geografija Fizyczna podaje własności różnych części ziemię składających, tłumaczy zjawiska na niej spostrzegane i dzieli się, na:

Geologiją zastanawiającą się nad utworzeniem się lądów stałych;

Hidrologiją podającą własności wód na powierzchni ziemi rozlanych;—

Meteorologiją w której mówi się o atmosferze otaczającej ziemię.

Tutaj podamy tylko krótki, *elementarny* wykład Geografii Matematycznéj, czyli *Kosmografii.*

GEOGRAFIJA MATEMATYCZNA.

I. Wiadomości Wstępne.

2. Zbiór wszystkich stworzeń materjalnych zowiemy *światem powszechnym.* Zamyka on w sobie oprócz ziemi z jéj tworami: słońce, księżyc i gwiazdy. Przestrzeń niezmierzoną, która mieści w sobie te dzieła stworzenia, zowiemy *niebem.* Siedlisko człowieka, *ziemia* jest cząstką tej niezmierzonej całości. Chcąc ją poznać, potrzeba ją uważać za taką cząstkę i porównać z innemi ciałami po niebie rozsianemi.

W uważaniu ciał niebieskich jeden tylko wzrok jest nam pomocny. Lecz władza widzenia naszego ma swoje granice, po za któremi czucie w nas i widzenie rzeczy ustaje. Granice więc wzroku ludzkiego są tylko granicami czucia, nie zaś granicami świata. Zbiór tego co zobaczyć możemy na niebie gołem, lub wspartem przez jakie narzędzie okiem, nazywamy *światem widocznym*, który jest nieskończenie małą cząstką świata powszechnego. Zmysł widzenia naszego sięga tylko swych granic, dla tego to patrząc z ziemi na gwiazdy, zdają nam się one wszystkie jednakowo odległe. Niebo jest nieskończenie rozległe. Stojąc na ziemi w miejscu odkrytém i patrząc w niebo, nie widzimy jego granicy, lecz widzimy granicę widzenia, która się na wszystkie strony równie odlegle rozciąga;— dla tego niebo przedstawia się nam półkulistém sklepieniem, wspierającém się na ziemi wielkiem okręgiem koła.

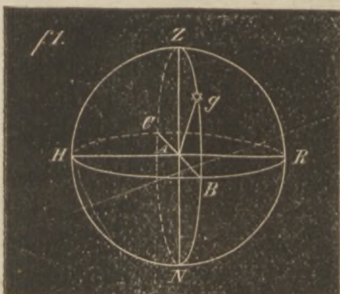
Płaszczyzna tego koła zowie się *płaszczyzną widocznego horyzontu* czyli *poziomu*, a okrąg tego koła *horyzontem* czyli *poziomem widocznym*. Każda płaszczyzna równoległa od płaszczyzny widocznego horyzontu, zowie się *horyzontalną* lub *poziomą*.

3. W nocy widzimy niebo zasiane gwiazdami. Gwiazdy te są i we dnie na niebie, lecz widzieć ich gołem okiem nie możemy, gdyż blask ich ginie przy blasku dziennym słońca.

Obserwując gwiazdy uważamy: że wszystkie poruszają się, że postać nieba zmienia się z téj przyczyny, że jedne gwiazdy kryją się pod poziom t. j. *zachodzą*, drugie znowu wychodzą nad poziom czyli *wschodzą*. Lecz spostrzegamy także, że niektóre gwiazdy, zawsze są w jednej od siebie odległości; zdaje się nam wtedy jakby całe niebo poruszało się z temi gwiazdami, a one miejsca swego na niem nie zmieniały. Gwiazdy takie zowią się *stałemi*. Wszystkie inne gwiazdy, które oprócz ogólnego ruchu całego nieba, zmieniają jeszcze położenie swoje na niebie względem innych gwiazd, zowią się: *błąkającemi* lub *planetami*, *kometami* i t. p.

II. O ruchu pozornym nieba i o ruchu dziennym gwiazd stałych.

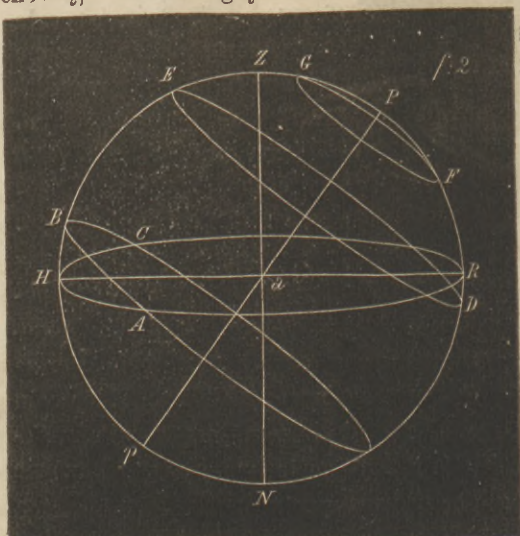
4. Wpatrując się daléj w niebo, widzimy na niém gwiazdy, których poprzednio nie było; to nam dowodzi, że widoczna półkula nie stanowi całego sklepienia nieba, lecz że jest jeszcze druga część będąca pod poziomem, Że zaś z każdego punktu ziemi, widoczna część nieba jest półkulą, zatém przyjąć możemy że niebo jest kulą i że dla każdego punktu ziemi, jedna połowa tej kuli jest widoczna, druga niewidzialna.



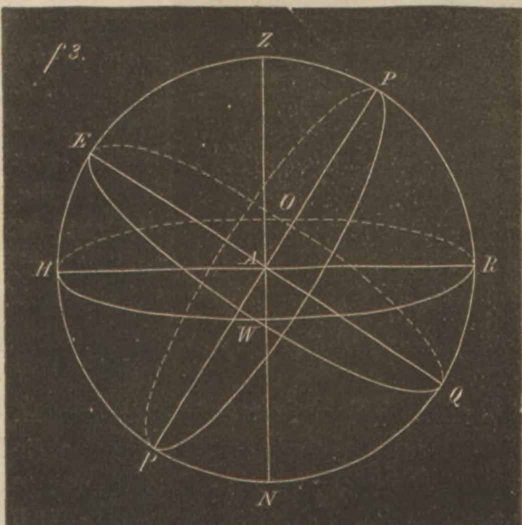
I tak: jeżeli koło *HZRN* (fig. 1) wyobraża nam całe sklepienie nieba, *HR* poziom widoczny, wtedy półkula *HZR* widoczna jest nad poziomém, zaś półkula *HNR* niewidoczna, jest pod poziomem. Z punktu *A* na którym stoimy wyprowadziwszy linją prostą, prostopadłą do płaszczyzny widocznego poziomu, otrzymamy *liniją wierzchołkową.* Linja ta przedłużona nad i pod poziomem aż do przecięcia się ze sklepieniem nieba, wyznaczy nam na témże sklepieniu dwa punkta: jeden *Z* nad poziomem będący zwany *Zenitem* miejsca, drugi *N* pod poziomem, który się zowie *Nadirem.* Każda płaszczyzna przez liniją wierzchołkową przechodząca zowie się płaszczyzną *pionową,* a okrąg koła wielkiego, podług którego płaszczyzna pionowa przecina się ze sklepieniem nieba, zowie się *pionowym* (*wertykalny*).

5. *Wysokością gwiazdy* zowiemy odległość tej gwiazdy od poziomu liczoną na okręgu pionowym. I tak (fig, 1) jeżeli g jest gwiazda, to kąt ostry gAB, czyli łuk gB jest jéj wysokością. Kąt rozwarty gAC przyległy z kątem gAB nie ma znaczenia. Kąt zawarty między linją wierzchołkową i linją prostą poprowadzoną od miejsca obserwacyi do gwiazdy zowie się *odległością zenitalną gwiazdy.* Na figurze (1) kąt ZAg czyli łuk Zg stanowi zenitalną odległość gwiazdy. Widoczną jest rzeczą: że wysokość gwiazdy z jej zenitalną odległością dopełniają się do 90° gdyż $\angle gAB + \angle gAZ = 90^{\circ}$.

6. Widzimy że niektóre gwiazdy wschodzą i zachodzą, inne nigdy niezachodzą. I tak: (fig. 2): gwiazda która nad horyzontem opisuje drogę ABC wschodzi w punkcie A zachodzi w punkcie C; gwiazdy, których drogi są ED lub GF nigdy nie zachodzą. Z gwiazd niezachodzących, jednych drogi są większe, drugich mniejsze; im gwiazda odbywa mniejszą drogę, tym ruch jej jest powolniejszy, aż nareszcie dojrzemy na sklepieniu nieba punkt niewzruszony

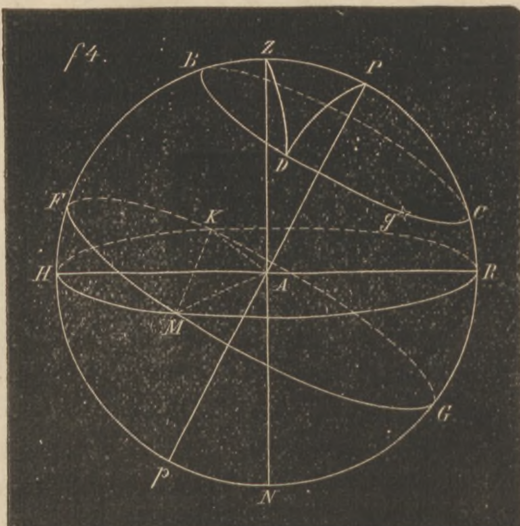


jak na fig. (2) *P*. Ponieważ gwiazdy stałe zdają się poruszać tak: jakby całe sklepienie nieba poruszało się a one były do sklepienia nieba przytwierdzone, więc drogi gwiazd są to koła, których płaszczyzny są równoległe. Na półkuli nieba pod horyzontem będącej, także znajduje się punkt niewzruszony jak na (fig. 2) *p*. Linja *Pp* łącząca te dwa punkta zowie się *osią świata*. Punkta *P* i *p* są *biegunami świata*, jeden jest *północny*, drugi *południowy*; pierwszy zowie się także arktycznym, drugi antarktycznym. Łatwo okazać, że płaszczyzny kół po których zdają się poruszać gwiazdy stałe, są prostopadłe do osi świata.



Koło wielkie sklepienia nieba prostopadłe do osi świata zowie się *równikiem niebieskim* (equator). Dzieli on sklepienie nieba na dwie półkule. Pierwsza, na której jest biegun północny zowie się *północną*, druga *południową*. Okręgi kół równoległych od równika, zowią się *równoleżnikami*.

Płaszczyzna przechodząca przez linją wierzchołkową i oś świata, przecina się ze sklepieniem nieba, podług okręgu koła, które jest *południkiem miejsca*. Ponieważ dla każdego miejsca inna jest linja wierzchołkowa, więc też i południk jest inny. Na (fig. 3) *EQ* jest równikiem, koło zaś *HRZN* jest południkiem miejsca *A*. Płaszczyzna każdego południka jest naturalnie prostopadła i do równika niebieskiego i do poziomu miejsca, gdyż linje przez które przechodzi, prostopadłe są do tych płaszczyzn. W ogóle każda płaszczyzna przechodząca przez oś świata zowie się *południkową*.



7. *Najmniejszą i największą odległość zenitalną gwiazda ma wtenczas gdy przechodzi przez południk miejsca*. Na (fig. 4) łuki *BZ* i *CZ* są zenitalnemi odległościami gwiazdy stałej *g* w czasie przejścia jej przez południk miejsca *A*. Zenitalną odległość tej gwiazdy gdy jest *np.* w punkcie *D* mierzy łuk *DZ* koła pionowego. Należy okazać; że $BZ < DZ$, oraz że $CZ > DZ$. W tym celu przez punkt *D* i przez biegun *P* poprowadźmy łuk koła wielkiego *DP*, natenczas co do 1go w trójkącie kulistym *ZDP*, mamy:

$$DP < DZ + ZP; \text{ lecz } DP = BP,$$

zaś $BP = BZ + ZP$, zatem:

$$BZ + ZP < DZ + ZP, \text{ czyli:}$$
$$BZ < DZ, \text{ co było do okazania.}$$

co do 2go): w tymże trójkącie DZP:

$$ZP + PD > DZ; \text{ że zaś } PD = PC \text{ przeto:}$$
$$ZP + PC = ZC > ZD; \text{ co należało dowieść.}$$

Przejście gwiazdy przez południk zowią *kulminacyą gwiazdy*. Gdy gwiazda przechodzi przez tę połowę południka w której zenit, wtedy jest w *kulminacyi górnej*, w czasie zaś drugiego przejścia przez południk jest w *kulminacyi dolnej* (*). Z powyższego wypada, że w kulminacyi górnéj wysokość gwiazdy jest największa, w kulminacyi zaś dolnej najmniejsza. Nie wszystkich gwiazd możemy obserwować obie kulminacye; dla gwiazdy bowiem, której droga jest $MFKG$ (fig. 4), dolna kulminacya jest wtedy, gdy gwiazda jest pod poziomem. W ogóle tylko gwiazd niezachodzących możemy obserwować obie kulminacye.

Wysokości gwiazd w czasie przejścia ich przez południk, zowią się *wysokościami południkowemi*.

8. *Południk dzieli na dwie części równe, drogę opisywaną przez gwiazdę nad poziomem.* Dla gwiazdy niezachodzącej prawda ta jest oczywista, lecz gdy gwiazda, nad poziomem opisuje tylkó łuk MFK (fig. 4), to aby dowieść, że $MF = FK$ uważamy: że linja MK prostopadła do płaszczyzny południka, prostopadłą jest także do linii FG leżącej na tej płaszczyznie i przechodzącej przez

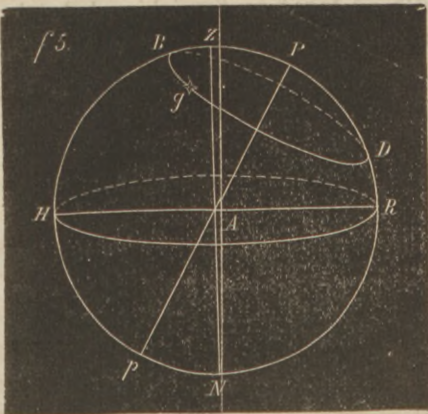
(*) *Kulminacyą górną* Śniadecki zowie *górowaniem* albo *południem* gwiazdy, czyli połową czasu bawienia się jej nad poziomem; *kulminacyą* zaś *dolną* zowie momentem *największego pogrążenia* albo *północą* gwiazdy, t. j. połową czasu bawienia się jej pod poziomem.

jej spodek; że zaś linja *FG* jest średnicą koła, zaś *MK* cięciwą, przeto średnica prostopadła do cięciwy, dzieli tę cięciwę i łuk na niej wsparty na dwie części równe t. j. $MF = FK$. Lecz linja *MK* prostopadła jest także do *HR* średnicy poziomu, przeto łuki *MH* i *HK* są sobie równe, czyli kąt $MAH =$ kątowi HAK; mamy ztąd ważną własność południka: *Południk dzieli na dwie części równe kąt, utworzony przez linje wzroku skierowane z tegoż miejsca na wschód i zachód gwiazdy.*

Ta własność służyć może do wyznaczenia południka miejsca, należy tylko obserwować wschód i zachód pewnéj gwiazdy i kąt utworzony przez linje skierowane do wschodu i zachodu tej gwiazdy, podzielić na dwie równe części, a płaszczyzna przechodząca przez linją wierzchołkową i przez tę linją, dzielącą kąt rzeczony na dwie części równe, jest płaszczyzną południka miejsca.

9. Płaszczyzna południka miejsca przecina płaszczyznę poziomu podług linii *HR* (fig. 3), która zowie się *liniją południkową.* Punkta *H* i *R* w których okręgi tych kół przecinają się są ważne. Punkt *R* który znajduje się w tej stronie zenitu gdzie biegun północny jest punktem *północy*, drugi *H* punktem *południa.* Równik przecina poziom w punktach *O* i *W*, które są punktami *wschodu* i *zachodu.* Punkt wschodu znajduje się w stronie poziomu, gdzie gwiazdy zdają się wschodzić; punkt zachodu jest tam gdzie gwiazdy zdają się zachodzić. Punkta wschodu, południa, zachodu i północy nazywają się *głównemi stronami poziomu* i dzielą go na 4 części równe. Każda z tych części podzielona jeszcze na połowę daje punkta: północo-wschodu, południowo-wschodu, południowo-zachodu i północo-zachodu.

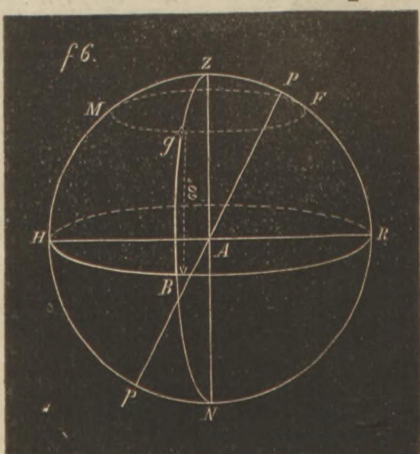
10. Dla zbadania ruchu sklepienia nieba, potrzeba oznaczyć położenie osi, na około któréj ruch ten odbywać się zdaje. Dla tego należy znać położenie tego bieguna,



który jest nad naszym poziomem. *Wysokością bieguna*, zowiemy odległość jego od poziomu, liczoną na kole południkowem. Aby oznaczyć wysokość bieguna dla pewnego miejsca, trzeba obserwować jakąkolwiek niezachodzącą gwiazdę g, któréj droga koło BD (fig. 5). Aby znaleść wysokość bieguna t. j. łuk PR, widzimy że: $PR = PD + DR$ lecz:

$$DP = BP = \frac{BD}{2} = \frac{BR - DR}{2}, \text{ zatem:}$$

$$PR = DR + \frac{BR - DR}{2} = \frac{DR + BR}{2},$$

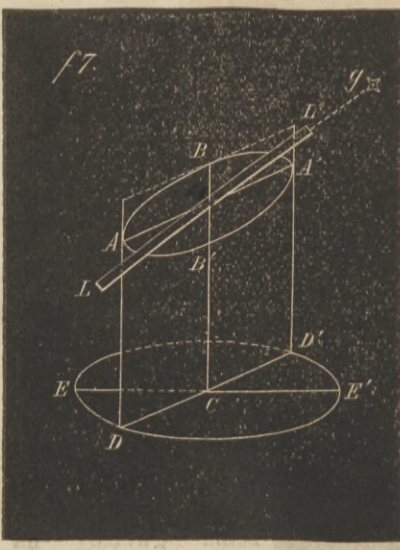


co znaczy, że: *wysokość bieguna, który jest nad naszym poziomem, równa się połowie summy południkowych wysokości niezachodzącej gwiazdy.*

11. Dla oznaczenia zupełnego położenia gwiazdy na sklepieniu nieba w pewnej chwili, nie do-

syć jest znać jej wysokość, bo jeżeli *np*, wysokość gwiazdy *g* (fig 6) jest 60°, to poprowadziwszy koło *MF* równoległe od poziomu i odległe od tegoż na 60° jakiegokolwiek koła pionowego, gwiazda *g* w każdym punkcie okręgu *MF* położona, ma jednakową wysokość 60°. Trzeba więc znać jeszcze położenie gwiazdy *g* na kole *MF*. Położenie to oznaczy nam dokładnie, odległość koła pionowego przechodzącego przez gwiazdę, od południka miejsca, mierzona na kole poziomu t. j. jak na (fig 6) łuk *HB*. Łuk ten zowie się *azymutem gwiazdy*. Azymuty liczą się od punktu południa ku północy od 0 do 180° w obie strony.

12. Dla wyznaczenia jednocześnie wysokości i azymutu gwiazdy, służy narzędzie zwane *teodolitem*. Składa się on głównie z lunety *LL'* (fig. 7). poruszającéj się w punkcie *O* na płaszczyznie koła pionowego *AA' BB'*. Płaszczyzna tego koła ruchoma, obraca się na około osi pionowej *CB*, przechodzącej przez środek *O* lunety i przez środek *C* płaszczyzny koła stałego, poziomego *DD' EE'*.

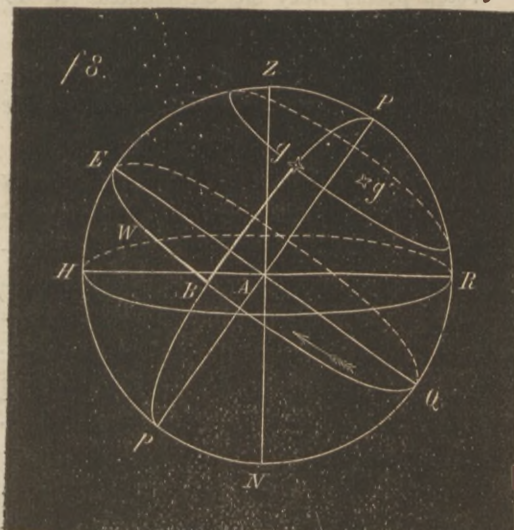


Jeżeli luneta skierowana jest na gwiazdę *g*, wtedy kąt *L' OA'* utworzony przez oś lunety i poziomą *AA'* daje nam wysokość gwiazdy; a jednocześnie kąt *D'CE'* między linją

DD' i liniją południkową *EE'* zawarty, wskazuje nam azymut gwiazdy *g*.

Jeżeli linja południkowa nie jest znana, wtedy położenie jej musi być oznaczone poprzednio sposobem powyżéj podanym, także za pomocą teodolitu.

13. Ponieważ położenie gwiazd względem poziomu w skutku ciągłego ich ruchu pozornego zmienia się, przeto żeby mieć dokładne pojęcie o położeniu gwiazd, trzeba oznaczać ich położenie względem pewnego koła na sklepieniu nieba, takie albowiem położenie nie zmienia się. Za takie koło przyjęto równik niebieski, a odległość gwiazdy od równika mierzy się na kole przechodzącem przez tęż gwiazdę i oś świata. I tak na (fig 8) odległość gwiazdy *g* od równika, mierzy łuk *gB* koła przez tęż gwiazdę i oś świata przechodzącego i ta odległość zowie się *zboczeniem gwiazdy*, które bywa północne i południowe.



Koło *Pg Bp*, na którem liczy się zboczenie, zowie się *kołem zboczeń* lub *kołem godzinnem*.

14. Lecz samo zboczenie nie jest dostateczne do oznaczenia położenia gwiazdy względem równika; bowiem

gwiazda w każdym punkcie na kole równoległem od równika przez punkt g poprowadzoném położona, ma toż samo zboczenie gB (fig. 8). Należy więc znać położenie gwiazdy na tem kole. Wtym celu obieramy stały i niezmienny punkt na równiku, i na tymże równiku mierzymy odległość koła zboczeń od tego stałego punktu. Za taki punkt stały na równiku przyjmują zwykle punkt W (fig. 8), t. j. punkt wiosennego porównania dnia z nocą w którym słońce jest 21 Marca (*). Łuk WB mierzący tę odległość zwać będziemy: *wstępem prostym gwiazdy*, który w połączeniu ze zboczeniem oznacza dokładnie jéj położenie. Wstęp prosty liczy się od pnnktu W do 360^0 w kierunku przeciwnym pozornemu ruchowi nieba.

Zboczenie gwiazd i ich wstęp prosty czyli *proste wznoszenie* albo jeszcze jak inaczej zowią *proste wschodzenie* łatwo może być oznaczone.

Weźmy bowiem pod uwagę (fig. 8). Zboczenie gwiazdy g czyli łuk gB jest dopełnieniem odległości jej biegunowej gdyż $gB + gP = 90^0$. Znając zatem wysokość bieguna, możemy zmierzyć łatwo, czy to odległość biegunową gwiazdy, czy też jej zboczenie. Używają w tym celu koła z podziałami, osadzonego stale na płaszczyznie południka, opatrzonego przytem lunetą ruchomą, osadzoną w środku koła. Przyrząd ten zwykle urządzany na murze zowie się *kołem murowém.* Przy pomocy lunety obserwujemy kulminacyą górną gwiazdy, kierunek lunety oznaczy nam wtedy na podziałach koła odległość biegunową gwiazdy, dopełnienie zaś tej odległości daje nam zboczenie.

(*) Znaczenie tego punktu będzie objaśnione w dalszym ciągu wykładu.

Prosty wstęp gwiazdy może być wyprowadzony z jej kulminacyi górnéj czyli przejścia przez południk miejsca. Nadmienimy przedewszystkiem, że znając wstęp prosty jednej gwiazdy, wstępy proste innych gwiazd mogą być znalezione obserwując ich kulminacje górne. Spójrzyjmy bowiem na figurę 8ą; bieg pozorny dzienny nieba odbywa się w kierunku jak strzałka pokazuje, oczywistą przeto jest rzeczą, że gdy gwiazda *g* będzie na południku *HZRN* miejsca *A*, gwiazda inna *np*. *g'* przejdzie przez ten południk późniéj, a różnica czasu ich przejścia przez południk czyli kulminacyi, wsknże różnicę wstępu prostego tych gwiazd.

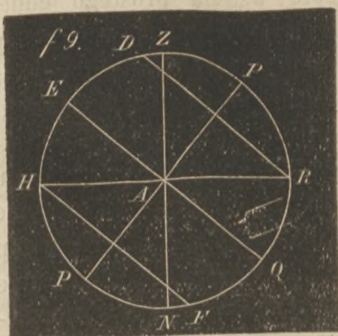
Idzie więc tylko o oznaczenie wstępu prostego jednej gwiazdy. W tym celu astronomowie, chcąc oznaczyć wstęp prosty gwiazdy, oznaczają dokładnie chwilę przejścia przez południk, punktu *W* (fig. 8) porównania wiosennego od którego liczą się na równiku wstępy proste. W chwili przejścia punktu *W* przez południk, zegar w tym celu użyty pokazuje 0 godzin 0 minut 0 sekund. Następnie obserwują przejście przez południk gwiazdy, której wstęp prosty ma być oznaczony; godzina jaką zegar wskazuje w chwili kulminacyi gwiazdy, jest jej wstępem prostym oznaczonym w czasie. Następnie licząc na godzinę czasu 15°, wstęp prosty z łatwością w stopniach może być oznaczonym. Dla obserwowania przejścia gwiazdy przez południk używają astronomowie *lunety południkowéj*, od dokładności której zależy dokładność obliczenia, wstępu prostego gwiazdy.

Koło murowe; wahadło gwiazdowe (zegar astronomiczny), i luneta południkowa są narzędzia, na których zasadzają się wszystkie, rzec można, obserwacje astronomiczne.

Opis szczegółowy tych narzędzi, warunki jakim czynić zadosyć powinny, wychodzą po za kres niniejszego wykładu i do astronomii należą.

Na (fig. 8) widzimy że ZE jest *zboczeniem zenitu* $ZE = 90^o - ZP$; lecz wysokość bieguna $PR = 90^o - ZP$; czyli: $ZE = PR$, to jest, *zboczenie zenitu, równa się wysokości bieguna, będącego nad poziomem danego miejsca.*

15. Widzieliśmy, że nad naszym poziomem niektóre gwiazdy wschodzą i zachodzą, drugie ciągle są nad poziomem, inne znowu nigdy nad poziomem nie są widzialne. Wskazać więc wypada, jakie gwiazdy dla danego miejsca, należą do każdego z powyższych podziałów. Oczewistą jest rzeczą, że dla miejsca, którego poziom HR, (fig. 9) wschodzą i zachodzą wszystkie gwiazdy zawarte między okręgami RD i HF t. j. wszystkie te gwiazdy, których zboczenie północne lub połpołudniowe nie jest większe od $EH = RQ = PQ - PR = 90^o - PR$; lecz PR jest wysokością bieguna, przeto *dla każdego miejsca wschodzą i zachodzą te gwiazdy, których zboczenie północne i południowe, nie jest większe od dopełnienia wysokości bieguna, będącego nad poziomem.*



Wszystkie gwiazdy, których zboczenie północne większe od RQ nigdy nie zachodzą; te zaś których zboczenie południowe większe od EH, nigdy nad poziom miejsca nie wschodzą.

Z powyższego wypada, że w punktach wschodu i zachodu, wschodzą i zachodzą te tylko gwiazdy, które w biegu dziennym opisują równik; wszystkie gwiazdy, których zboczenie północne mniejsze od *RQ*, wschodzą i zachodzą w punktach bliżej punktu północy położonych; te znowu gwiazdy, których zboczenie południowe mniejsze od *EH*, wschodzą i zachodzą w punktach bliżej punktu południa leżących.

III. Podział gwiazd stałych.

16. Odległość gwiazd stałych od ziemi jest nieskończenie wielka, dla tego to przyjąć można, że gdy patrzymy z różnych miejsc ziemi na tę samą gwiazdę, linje widzenia są równoległe, bowiem choćby największa odległość dwóch punktów na ziemi, jest nieskończenie małą w porównaniu z odległością gwiazdy.

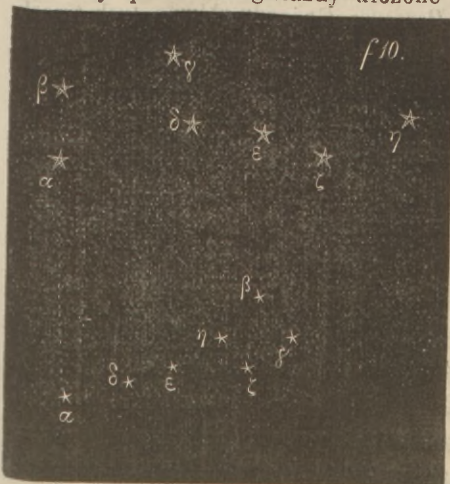
17. Blask jednych gwiazd stałych jest mniejszy, drugich większy i zapewne gwiazdy mocniej świecące są bliżej ziemi. Stosownie do większego lub mniejszego blasku tych gwiazd, dzielą je na gwiazdy *pierwszej wielkości*, *drugiej wielkości*, *trzeciej wielkości*, i t. d. Gołem okiem widzimy gwiazdy aż do *szóstej wielkości*, inne tylko przy pomocy teleskopów. Mamy kilka tysięcy gwiazd widzialnych gołem okiem a między niemi 20 pierwszej wielkości, które mają swe nazwy jako to: *Syrjusz*, *Arctur*, *Wega*, *Aldebaran*, *Altaïr*, *Regulus*, *Castor*, i inne.

18. Liczba gwiazd stałych jest tak wielka że dla dokładniejszej i łatwiejszej obserwacyi nieba, jeszcze starożytni dzielili je na gruppy zwane *konstellacyami*, dając każdej oddzielną nazwę, i oznaczając gwiazdy w skład każdej konstellacyi wchodzące, kolejnemi głoskami gre-

ckiego abecadła, tak, że pierwsza gwiazda konstellacyi jest α, druga β, trzecia γ, czwarta δ i t. d.

Konstellacya którą najłatwiej widzieć na niebie nosi nazwę *niedźwiedzicy wielkiej*. Składa się ona z 7 gwiazd α, β, γ, δ, ε, ζ, η, (fig. 10) drugiej wielkości, wyjąwszy gwiazdy δ która jest wielkości trzeciej.

Cztery pierwsze gwiazdy ułożone są w kształcie trapeza. Trzy pozostałe tworzące ogon, są prawie na przedłużeniu przekątniej $\beta\delta$. Przedłużając po sklepieniu nieba liniją $\alpha\beta$ wielkiej niedźwiedzicy w górę, mamy na przedłużeniu tej linii *gwiazdę polarną a*, która jest zarazem α drugiej konstellacyi, złożonéj także z 7 gwiazd i tak samo prawie ułożonych jak w niedźwiedzicy wielkiej, tylko że ta konstellacya jest mniejsza, ma odwrotne położenie, a gwiazdy ją składające są daleko słabszego blasku. Zowie się *niedźwiedzicą małą*. Gwiazda *a* zwana polarną jest najjaśniejsza w téj konstellacyi, zowie się polarną, gdyż leży najbliżej bieguna północnego, odległą jest tylko od niego na $1\frac{1}{2}^{0}$. Z gwiazdy polarnej można z przybliżeniem wielkiem oznaczyć położenie stron swiata. Oprócz powyżéj opisanych dwóch konstellacyj jest jeszcze wiele innych i tak: (patrz tablicę) od gwiazdy δ niedźwiedzicy wielkiej prowadząc po sklepieniu nieba liniją do gwiazdy polarnej



i przedłużając ją mniej więcej na długość $\delta\alpha$ znajdziemy konstellacyą zwaną *Cassiopea*, w kształcie złamanej głoski *Y*, złożonej z 5 gwiazd trzeciej wielkości.

Cefeusz składa się z trzech gwiazd trzeciej wielkości, tworzących łuk którego koniec γ jest prawie w środku prostej, poprowadzonej od δ małej niedźwiedzicy do β *Cassiopei.*

Pegaz, *Andromeda*, *Perseusz*. Gwiazdy główne, tych trzech konstellacyj są drugiej wielkości, w liczbie siedmiu: ich układ jest prawie ten sam jak wielkiej niedźwiedzicy. Nadto przez α i β wielkiej niedźwiedzicy poprowadzona po sklepieniu nieba linija do Cassiopei, przedłużona spotyka α i β Pegaza.

Smok. Ta konstellacya składa się ze znacznej liczby gwiazd drugiej wielkości, trzeciej i t. d. które będąc między wielką i małą niedźwiedzicą, krążą około tej ostatniej, zbliżają się do Cefeusza i oddalają się od niego, kończą się zaś czterema gwiazdami trzeciej wielkości, które stanowią głowę *smoka*.

Woźnica. Przez β smoka i gwiazdę polarną poprowadzona linija przedłużona, spotyka trzy piękne gwiazdy należące do tej konstellacyi, z których dwie są drugiej a trzecia pierwszej wielkości zwana *koźlę*.

Wolarz. Prawie na przedłużenie w dół ogona wielkiej niedźwiedzicy, spotykamy *Arctura*, gwiazdę pierwszej wielkości, należącą wspólnie z czterema jeszcze gwiazdami trzeciej wielkości do tej konstellacyi.

Lira. Niedaleko głowy smoka leży *Wega* gwiazda pierwszej wielkości. Z trzema jeszcze gwiazdami trzeciej wielkości stanowi konstellacyą Liry.

Łabędź. Leży między Lirą i Pegazem lecz bliżej liry; składa się z pięciu gwiazd ułożonych w kształcie krzyża.

Orzeł. Linija poprowadzona od gwiazdy polarnej do δ łabędzia, prowadzi do srodka tej konstellacyi, złożonej z wielu gwiazd trzeciej wielkości i z jednej zwanej *Altaïr* pierwszej wielkości.

Orion. Ta konstellacya jedna z najznaczniejszych na niebie, jest w kształcie wielkiego trapezu, którego jeden bok jest na przedłużeniu linii, łączącej gwiazdę polarną z gwiazdą *kożlę*; jedna z gwiazd składających ten bok pierwszej wielkości, zowie się *Rigel* albo *lewa noga Oriona*. Do konstellacyi Oriona, wchodzi jeszcze w skład trapezu gwiazda pierwszej wielkości *Betagajca*, zwana *prawem ramieniem Oriona*. W srodku trapezu leżą trzy gwiazdy drugiej wielkości, położone na linii prostej, zwane *pasem Oriona.*

Wielki pies. Na przecięciu się prawie przekątni β δ wielkiej niedźwiedzicy z pasem Oriona przedłużonym, leży gwiazda *Syrïusz* najświetniejsza na niebie, należąca do konstelacyi wielkiego psa wspólnie z innemi jeszcze sześcioma gwiazdami drugiej wielkości.

Mały pies. Przekątnia β δ o której wyżej mowa przechodzi obok *Procyona*, gwiazdy pierwszej wielkości, która z inną gwiazdą drugiéj wielkości stanowi konstellacyą małego psa.

Byk, Plejady, Hyady. Pas Oriona przedłużony w kierunku przeciwnym *Syrjusza*, spotyka sześć gwiazd są to Plejady albo grzbiet byka. Gwiazda pierwszej wielkości *Aldebaran*, różowawego koloru jest okiem byka. W bliskości Aldebarana widzimy pięć gwiazd stanowiących czoło byka, są to Hyady.

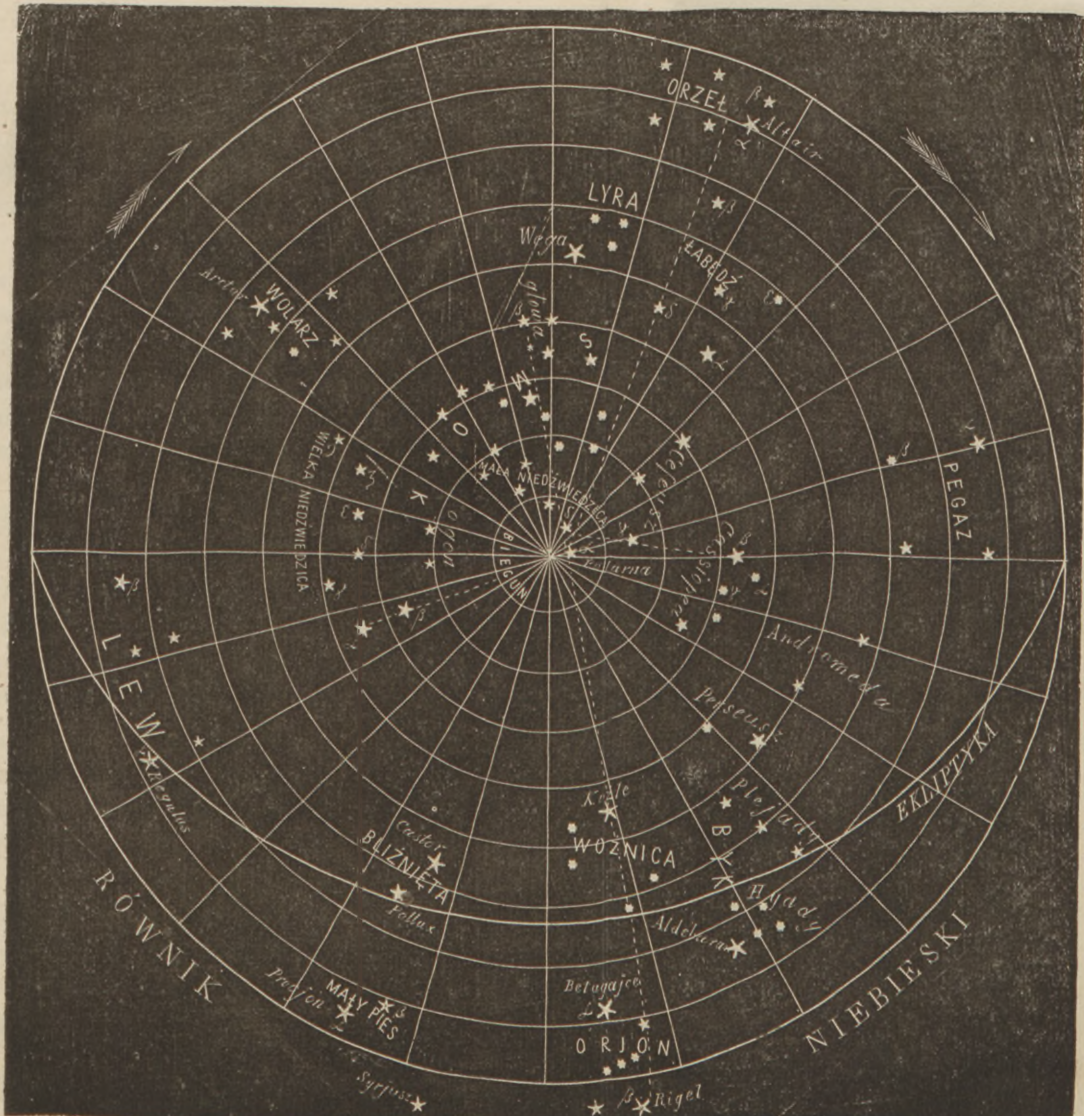
Lew. Do tej konstellacyi należy gwiazda *Regulus* pierwszej wielkości i inne gwiazdy drugiej i trzeciej wielkości ułożone w kształcie trapeza. Gwiazda Rogulus leży na przedłużeniu linii α β wielkiej niedźwiedzicy w stronę przeciwną gwiazdy polarnej.

Bliźnięta. Konstelacya ta leżąca między Wielką Niedźwiedzicą i konstellacyą wielkiego psa, złożona jest z dwóch gwiazd z których jedna pierwszej wielkości zowie się *Castor*, druga wielkości drugiej nosi nazwę *Pollux*. Jest jeszcze wiele innych konstellacyi, tak na półkuli północnej jak i na południowej sklepienia nieba, lecz gdy szczegółowy ich opis do astronomii należy, przeto poprzestajemy na powyżej podanym, ogółowym przeglądzie gwiazd stałych na niebie rozsianych.

Załączona tablica pokazuje układ gwiazd stałych i konstellacyj główniejszych leżących na północnéj półkuli sklepienia nieba.

Dodamy jeszcze, że w noc pogodną nie księżycową, łatwo dostrzedz gołem okiem, ciągnący się na niebie świetny białawy pas, zwany *drogą mleczną.* Obserwując przez teleskopy tę drogę mleczną, przekonywamy się, że jest zbiorem nieskończonej liczby gwiazd Oprócz drog mlecznej dostrżegamy na niebie plamy białawe, zwane *obłoczkami*, które także są zbiorem wielkiej ilości gwiazd.

TABLICA pokazująca układ główniejszych gwiazd stałych i konstellacyj na północnej pół kuli sklepienia nieba.



IV. O ruchu pozornym rocznym słońca.

19. Słońce, jak wszystkie inne ciała niebieskie zdaje się poruszać około osi świata. Lecz oprócz tego ruchu wspólnego dla całego nieba, który się nazywa dziennym, zdaje się nam że słońce ma jeszcze inny ruch w kierunku przeciwnym ruchowi dziennemu, w skutku czego słońce zmienia na sklepieniu nieba położenie swoje względem gwiazd słałych. Kiedy obrot nieba na około osi odbywać się zdaje w ciągu jednego dnia od wschodu na za chód; słońce ulegając wirowemu ruchowi nieba, zdaje się oprócz tego poruszać od zachodu na wschód po kole wielkiem sklepienia nieba i do przebieżenia tego okręgu potrzebuje przeszło 365 dni. Jeżeli gwiazda jaka stała, przechodzi pewnego dnia przez południk miejsca, jednocześnie ze słońcem, to nazajutrz gwiazda w przejściu przez tenże południk wyprzedzi słońce i to opóźnianie się słońca w skutku wstecznego jego ruchu z każdym dniem się zwiększa; wynosić będzie wreszcie cały dzień, gdy słońce przebieży całą swą drogę.

O istnieniu ruchu słońca, o którym wyżej mowa, łatwo się przekonać obserwując miejsca w których słońce wschodzi i zachodzi; punkta te w rożnych dniach są różne. Niekiedy słońce wschodzi w punkcie wschodu i zachodzi w punkcie zachodu, wtedy znajduje się na równiku niebieskim; w innych razach miejsca wschodu i zachodu słońca, bywają zbliżone ku północy lub ku południowi.

Ze zmianą punktów wschodu i zachodu słońca, zmienia się przeciąg czasu, jaki słońce przebywa nad i pod poziomem, czyli między dniem i nocą. Gdy słońce jest na równiku t. j. kiedy wschodzi w punkcie wschodu, i zachodzi w punkcie zachodu, wtedy w skutku wirowego dziennego ruchu całego nieba, połowę swej drogi obiega nad i połowę pod poziomem miejsca i wtedy dzień równy jest nocy. Gdy słońce jest na półkuli północnej, to większą część swego dziennego ruchu opisuje nad niż pod poziomem, wtedy dzień dłuższy jest od nocy. Nakoniec gdy słońce jest na półkuli południowej wtedy krócej znajduje się nad niż pod poziomem, a ztąd też wtenczas dzień krótszy jest od nocy.

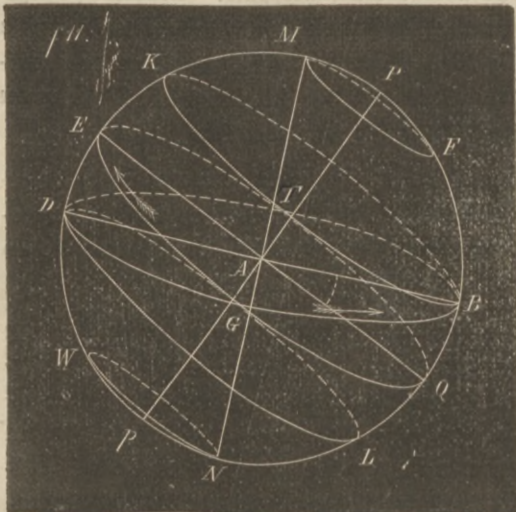
20. Zmiana punktów wschodu i zachodu słońca, oraz rozmaity czas przebywania jego nad poziomem, dowodzą nam, że zboczenie słońca zmienia się. Przy oznaczeniu zboczenia słońca, trzeba mieć wzgląd na tę okoliczność: że gdy gwiazdy stałe obserwowane czy gołem okiem, czy opatrzonem w teleskop, przedstawiają się nam jako punkt matematyczny, słońce przedstawia nam tarczę kołową, której średnica jest nawet gołem okiem widoczna, to jest: że promienie skierowane z punktu obserwacyi do obwodów tarczy, tworzą pewien kąt. Przy oznaczeniu przeto zboczenia, wstępu prostego i t. p. tak słońca, jakoteż innych gwiazd, których tarcza ma średnicę widoczną, ponieważ tarcze te są kołowe, środek okręgu tarczy przyjmuje się za punkt do którego odnosić należy, czynione obserwacye.

Powiedzieliśmy że zboczenie słońca się zmienia. W rzeczy samej, gdy słońce jest na równiku niebieskim jest ono równe zeru, dalej jest północne i powiększa się do pewnej granicy, następnie zmniejsza się aż do zera, czyli gdy słońce po raz drugi przychodzi na równik; potem zboczenie jest południowe, powiększa się do tejże samej co i północne granicy, dalej zmniejsza się do zera, staje się północnem i tak następnie. Granica powiększania się północnego i południowego zboczenia słońca wynosi 23°, 27′ 37″. Takie północne zboczenie ma słońce 22 Czerwca, południowe zaś 22 Grudnia. Na równiku jest dwa razy, 21 Marca i 23 Września.

21. Lecz oprócz zboczenia słońca, zmienia się także jego wstęp prosty, o czém przekonywa nas powyżéj przytoczona obserwacya gwiazdy jakiéj stałéj ze słońcem, co do przechodzenia ich przez południk miejsca.

Skoro tedy zboczenie i wstęp prosty słońca ciągle się zmieniają, wnosimy, że słońce porusza się po płaszczyznie, która nie jest ani równoleżnikową ani południkową, lecz pochyłą do równika pod pewnym kątem ostrym. Ponieważ nadto słońce raz bywa na półkuli północnej drugi raz na południowej, to i ta płaszczyzna przecina obie półkule. Znalazłszy każdego dnia położenie słońca na sklepieniu nieba, oznaczone przez zboczenie i wstęp prosty, zbiór tych punktów wyznaczy nam drogę po której słońce poruszać się zdaje. Przekonamy się że droga ta leży na płaszczyznie koła wielkiego. Droga ta zowie się *ekliptyką*.

I tak jeżeli EQ (fig. 11) jest równik niebieski, *P* i *p* bieguny, to płaszczyzna *BGDF* pochyła do równika jest ekliptyką t. j. drogą po której słońce poruszać się zdaje. Kierunek tego ruchu po ekliptyce jest przeciwny kierunkowi ruchu dziennego całego sklepienia nieba, jak to sztrzałki na (fig. 11) zamieszczone pokazują.



Kąt jaki płaszczyzna ekliptyki tworzy z płaszczyzną równika zowie się *pochyłością ekliptyki do równika*. Kąt linijny BAQ jest miarą tego kąta dwuściennego, pod którym ekliptyka pochyloną jest do równika, zaś łuk BQ jest miarą tego kąta linijnego, mierzy zatem nachylenie ekliptyki do równika. Że zaś BQ mierzy największe zboczenie słońca, przeto: *nachylenie ekliptyki do równika, równa się największemu zboczeniu słońca.* Nachylenie to zatem wynosi 23°, 27′, 37″ czyli blizko $23\frac{1}{2}$ stopni,

Punkta *F* i *G* w których ekliptyka przecina się z równikiem zowią się *punktami równonocnemi*, albowiem kiedy słońce znajduje się w tych punktach, wtedy w dziennym biegu swoim, z całem sklepieniem nieba, opisuje równik, czyli dla wszystkich punktów ziemi dzień równy jest nocy. Punkt *G* w którym słońce jest 21 Marca i przez który przechodzi z półkuli południowej do północnej, zowie się *punktem porównania dnia z nocą wiosennego*. Punkt zaś *F* w którym słońce jest 23 Września i przez który przechodzi z półkuli północnej do południowej, zowie się *punktem porównania dnia z nocą jesiennego.* Punkt porównania wiosennego jest stałym punktem równika, od którego liczą się wstępy proste gwiazd, jak to już wyżej nadmieniono. Oznacza się zwykle znakiem ♈. Ważną jest rzeczą oznaczenie dokładne położenia tego punktu w chwili, w której słońce w nim znajduje się. Dokonywa się to obserwując bieg słońca po ekliptyce z biegiem dziennym gwiazdy stałej, której koło zboczeń przechodzi bardzo blisko punktu równonocnego wiosennego.

Punkta znowu *B* i *D* w których słońce znajduje się najdalej od równika, zowią się *punktami przesileń dnia z nocą;* nazwa ta ztąd pochodzi: że w punktach tych słońce nie oddala się więcej od równika i zdaje się nawet być w swym ruchu zatrzymane, chociaż w rzeczy samej tak nie jest, tylko że zmiana zboczenia przy punktach przesileń bardzo jest mała. Punkta przesileń zowią jeszcze punktami *stanowisk słońca.* Z punktów przesileń, ten który znajduje się na półkuli północnej t. j. *B* zowie się *punktem przesilenia letniego* i w nim słońce jest 22 Czerwca, drugi zaś *D* jest *punktem przesilenia zimowego*, słońce zaś w nim jest 22 Grudnia. Koła, jakie słońce opisuje w biegu dziennym będąc w punktach przesileń, zowią się *kołami zwrotnikowemi*, lub krócej *zwrotnikami.* Zwrotnik *BK*, jaki opisuje słońce będąc w punkcie przesilenia letniego zowie się *zwrotnikiem Raka*, koło zaś *DL* odpowiadające przesileniu zimowemu *zwrotnikiem Koziorozca.*

Średnica kuli niebieskiej *MN* fig. 11 prostopadła do płaszczyzny ekliptyki zowie się *osią ekliptyki* i wyznacza na sklepieniu nieba punkta *M* i *N* zwane *biegunami ekliptyki.* Biegun północny *M* przypada w konstellacyi *Smoka.* Równoleżniki *MT* i *NW* fig. 11 przechodzące przez bieguny ekliptyki, zowią się *kołami biegunowemi niebieskiemi.*

Dwa koła wielkie kuli niebieskiej z których jedno przez bieguny świata i przez punkta równonocne, a drugie przez też bieguny i punkta przesileń jest poprowadzone, jak na fig. 11 koła: *PFGp i PDpB*, zowią się *kołami wrębnemi.* Płaszczyzny tych kół oczewiście są do siebie prostopadłe, a koło wrębne przesileń, przechodzi nadto przez bieguny ekliptyki. Koła wrębne dzielą ekliptykę na cztery ćwiartki; przez każdą z tych ćwiartek, słońce zdaje się przebiegać w czasie każdej z pór roku.

22. Odnoszą niekiedy gwiazdy do ekliptyki, jak poprzednio odnosiliśmy je do równika lub poziomu miejsca.

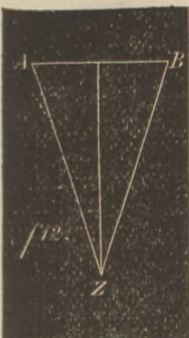
Odległość gwiazdy od ekliptyki mierzona na kole przechodzącem przez tęż gwiazdę i oś ekliptyki, zowie się *szerokością* gwiazdy; zaś *długością* gwiazdy, zowiemy łuk ekliptyki zawarty między kołem szerokości i punktem porównania wiosennego.

Długości i szerokości gwiazdy wyprowadza się ze wstępu prostego i zboczenia i odwrotnie, znając długość i szerokość gwiazdy, możemy oznaczyć jej wstęp prosty i zboczenie, przy pomocy wzorów które podaje trygonometrya kulista.

23. Przyjmując sklepienie nieba za kulę, ekliptyka, albo droga czyli orbita, jaką słońce zdaje się przebiegać w swoim podwójnym ruchu, powinnaby być kołem wielkiem tej kuli, jak to nawet poprzednio przypuściliśmy. W takim razie dla obserwatora, będącego w środku tego koła, średnica widoczna tarczy słońca, będąc zawsze od ziemi w równej odległości, nie zmieniałaby się i byłaby zawsze jednakową. Tymczasem jest inaczej: Średnica tarczy słońca, której kąt wynosi średnio 32′, zmienia się w granicach od 31′—31,″01 do 32′—35,″58. Ztąd wypada, że

prosta poprowadzona z punktu obserwacyi (przypuśćmy że ze środka ziemi) do środka słońca, czyli promień wodzący orbity słonecznej, nie zawsze jest jednakowej długości.

Dajmy że SZ jest tym promieniem wodzącym (*fig*. (12) oraz że S jest środek słońca, zaś Z środek ziemi; AB średnica tarczy słońca, prostopadła do SZ. W trójkącie ASZ mamy:

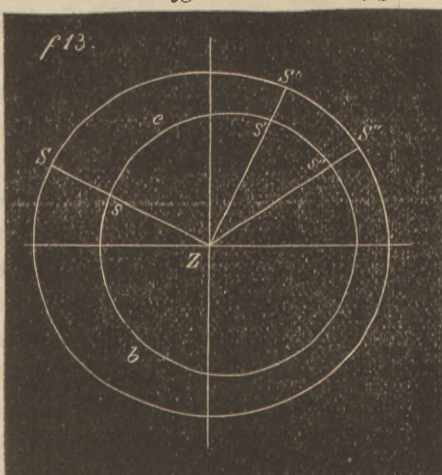


$$SZ = \frac{AS}{\text{Sty } \frac{1}{2}\, AZB}$$

albo z uwagi, że kąt AZB jest bardzo mały

$$SZ = \frac{AS}{\text{Sty } \frac{1}{2}\, \delta}$$

gdzie δ wyraża średnicę widoczną. Z tego wzoru widzimy że odległość SZ zmienia się w stosunku odwrotnym stycznej połowy średnicy widocznej. Jeżeli zatem na okręgu koła $abcd$ (*fig*. 13)



wyobrażającem ekliptykę, oznaczymy położenie s, s', s'' słońca w każdym dniu, i jeżeli na promieniach Zs, Zs', Zs'' przedłużonych już w kierunku oznaczonym, odetniemy długości proporcyonalne do

$$\frac{1}{\text{Sty } \frac{1}{2}\, \delta};$$

końce tych promieni, będą położone na krzywej, podobnej do drogi, jaką słońce odbywać się zdaje.

Sprawdzimy wówczas pierwsze prawo Keplera: *Orbita pozorna słońca jest elipsą, w jednym ognisku której jest ziemia.* (O prawach Keplera będzie niżej)

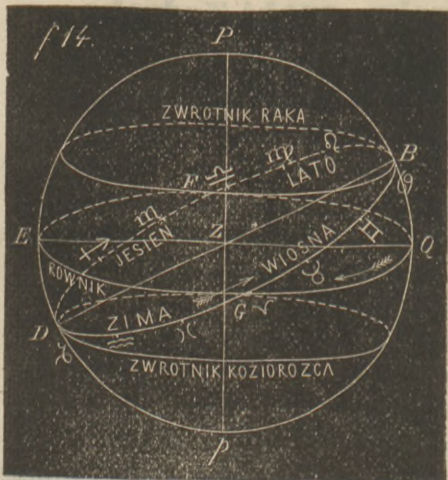
V. Pory roku, znaki Zodyaka.

24. Czas zawarty między dwoma następnemi przejściami słońca, przez ten sam punkt porównania lub przesilenia, zowie się *rokiem*. Rok taki dzieli się na cztery pory roku, a różnorodność pór roku, wynika głównie ze zmiany zboczenia słońca, a tem samem i południkowéj jego wysokości, oraz długości dnia i nocy. Cztery pory roku są: *wiosna*, *lato*, *jesień*, *i zima*.

25. *Wiosna* zaczyna się gdy słońce jest na ekleptyce w punkcie G (fig. 14) porównania dnia z nocą wiosennego (21 Marca). Wtedy na całéj ziemi dzień równy jest nocy, bo słońce w biegu dziennym opisuje równik. Z tego punktu słońce, poruszając się po ekliptyce w kierunku strzałki, wstępuje do półkuli północnéj, w skutku czego dla mieszkańców półkuli północnéj ziemi dnie stają się coraz dłuższe i powiększają się razem z powiększeniem się zboczenia słońca aż dotąd, puki słońce nie dojdzie punktu przesilenia letniego B (22 Czerwca); wtedy w biegu dziennym opisuje zwrotnik raka, dla półkuli północnéj dzień jest

wtenczas najdłuższy, noc najkrótsza. Temperatura w czasie wiosny coraz się powiększa; skoro bowiem dni są dłuższe od nocy, to ziemia przez dłuższy przeciąg czasu we dnie odbiera ciepło od słońca, niżeli je w nocy traci. Podwyższenie temperatury pochodzi jeszcze i ztąd :że z powiększaniem się północnego zboczenia słońca, powiększa się południkowa jego wysokość; że zaś, według zasad Fizyki, liczba promieni ciepła padających na daną powierzchnią tym jest większa, im większy jest kąt padania, przeto za powiększaniem południkowej wysokości słońca rzuca ono coraz więcéj promieni na ziemię.

26. *Lato.* Z wejściem słońca do punktu przesilenia letniego (22 Czerwca) zaczyna się lato i trwa, dopóki słońce nie przyjdzie do punktu *F* porównania jesiennego (23 Września). W téj porze roku, zboczenie słońca coraz się zmniejsza aż do zera; dlatego i dnie są coraz krótsze, lecz zawsze jeszcze dłuższe od nocy. Południkowa wysokość



słońca także się zmniejsza, lecz ponieważ to zmniejszenie następuje zwolna, przeto zawsze liczba promieni jaką ziemia odbiera od słońca, większą jest od téj jaką w noce traci, zatem temperatura jeszcze wzrasta. Nareszcie będzie dzień, że liczba promieni odebranych od słońca, równa będzie liczbie promieni straconych, i to będzie dzień najgorętszy. Potem już ziemia odbiera mniej promieni od słońca a więcéj traci, w skutku czego następuje zniżenie się temperatury. Z powyższego wypada, że w początku lata temperatura wzrasta, potem się zniża, zaś najgorętsze dni bywają po 22 Czerwca, mianowicie w końcu Lipca.

27. *Jesień.* Gdy słońce jest w punktcie *F* porównania jesiennego (23 Września), w tedy znowu dzień równy jest nocy i zaczyna się nowa pora roku, jesień. Słońce przechodzi z punktu porównania do półkuli południowéj, południowe zboczenie jego coraz się powiększa, dopóki nie dojdzie punktu *D* zimowego przesilenia (22 Grudnia). W tej porze dla półkuli północnej ziemi, dni krótsze są od nocy i coraz się zmniejszają; zmniejsza się także południkowa wysokość słońca i w skutku tych przyczyn temperatura się zniża. Słońce w punktcie przesilenia zimowego opisuje w biegu dziennym zwrotnik Koziorozca; w tenczas dzień jest najkrótszy, noc najdłuższa i zaczyna się czwarta pora roku: *Zima.*

28. *Zima.* Trwa dopóki słońce z punktu przesilenia zimowego nie przejdzie do porównania wiosennego, (od 22 Grudnia do 21 Marca). W ciągu téj pory roku południowe zboczenie słońca zmniejsza się aż do zera, w skutku tego dla półkuli północnéj ziemi dni coraz są większe, jednakże jeszcze krótsze od nocy; południkowa wysokość słońca powiększa się. Z przyczyny powiększania się dni i południkowéj wysokości słońca, powiększa się liczba promieni jaką ziemia odbiera od słońca; lecz że to powiększenie, przy punktcie przesilenia zimowego, bardzo jest nieznaczne, bo zboczenie słońca nieznacznie się powiększa, przeto w początku zimy, ilość promieni jakie ziemia od słońca we dnie od biera, mniejszą jest od téj ilości jaką, w nocy traci, zatem temperatura się zniża. Nareszcie będzie

taki dzień, że ilość promieni odebranych zrówna się z ilością promieni straconych i wtedy będzie dzień najzimniejszy. Następnie temperatura wzrasta. Z powyższego wypadâ że z początkiem zimy dni są coraz zimniejsze, pod koniec cieplejsze i że najzimniejsze dni są po 22 Grudnia.

29. Gdy słońce dojdzie punktu porównania wiosennego, rozpoczyna się znowu wiosna i pory roku powtarzać się będą w powyższym porządku.

30. Dla półkuli południowéj porządek pór roku jest tenże sam, lecz pory roku nie schodzą się z porami półkuli północnéj. Itak: gdy dla półkuli północnéj jest wiosna, dla półkuli południowéj jest wtedy jesień, w czasie lata dla półkuli północnéj, jest zima dla półkuli południowéj; jednem słowem zupełnie odwrotnie, co wreszcie fig. 14 pokazuje.

31. To co powyżéj powiedziano, jest tylko teoryą pór roku. Gdy mówić będziemy o ziemi, o jéj prawdziwym ruchu około słońca, zobaczemy jakim odstąpieniom od téj teoryi, ulegają pory roku dla różnych miejsc ziemi.

32. Nazywamy *zodyakiem* pas sklepienia nieba szerokości na 17°, podzielony przez ekliptykę ná dwie części symetryczne. Konstellacye położone w téj części nieba, uważane były od najdawniéjszych czasów, gdyż słońce w swoim ruchu pozornym po ekliptyce, zdaje się przechodzić kolejno przez te konstellacye. Oto nazwy i znak konstellacyj zodyaka, których jest 12:

Baran	♈	Waga	♎
Byk	♉	Niedźwiadek	♏
Bliźnięta	♊	Strzelec	♐
Rak	♋	Koziorożec	♑
Lew	♌	Wodnik	♒
Panna	♍	Ryby	♓

Dla wskazania położenia słońca na niebie starożytni dzielili zodyak, począwszy od punktu porównania wiosennego, na dwanaście części równych, zawierających każda na ekliptyce łuk 30°, te części równe są *znakami zodyaka.* Wówczas znaki odpowiadały dokładnie konstellacyom zodyaka. Właściwie przeto stosował się znak bàrana do pierwszej części zodyaka;znak byka do drugiej i t. d.

33. Lecz pnnkt porównania wiosennego nie jest stały na ekliptyce, lecz się porusza w kierunku pozornego ruchu dziennego nieba, czyli przeciwnym ruchu pozornego słońca po ekliptyce. Od czasów starożytnych astronomów, przebiegł już prawie 30° na ekliptyce, i dziś znajduje się prawie w konstellacyi ryb. Z tego zjawiska znanego pod nazwą *cofania się punktów równonocnych*, o którem w właściwem miejscu mówić będziemy, wypada: że 30° pierwszych stopni równika niebieskiego nie obejmuje jak kiedyś konstellacyi Barana. Mimo to, zachowano dawne nazwy i znaki; w efemerydach astronomicznych czyli tablicach, wykazujących położenie słońca na zodyaku, czytamy zawsze: 21 Marca słońce wchodzi w znak Barana, gdy tymczasem wtedy słońce już od miesiąca prawie jest w konstellacyi ryb. O téj niezgodności nazw z rzeczywistością, trzeba pamiętać zawsze, dla uniknienia błędów ważnych.

Stosownie tedy do nazw przyjętych, słońce wstępuje w znak barana w punktcie wiosennego porównania; w znak raka w czasie przesilenia letniego; w znak wag w czasie porównania jesiennego; w znak koziorozca w czasie przesilenia zimowego. Widzimy to na fig. 14 gdzie zarazem położenie innych znaków zodyaka jest oznaczone.

VI. O mierzeniu czasu.

34. Przeciąg czasu zawarty między dwoma kolejnemi przejściami gwiazdy stałej w wirowym ruchu pozornym całego sklepienia nieba, przez południk miejsca, zowie się *dniem gwiazdowym*. Gdyby słońce nie miało drugiego ruchu po ekliptyce, nie trzeba by było szukać innej miary czasu, bowiem dzień gwiazdowy stosowałby się do słońca. Tymczasem w skutku pozornego, niejednostajnego (jak zobaczemy później) ruchu słońca pó ekliptyce, a szczególniej z powodu pochyłości tej eklipty ki do równika niebieskiego, przeciąg czasu zawarty między dwoma kolejnemi przejściami słońca przez południk, t. j. *dzień słoneczny* nie jest zawsze jednakowy, większy zaś jest od gwiazdowego o 4 minuty blisko. Jeżeli przyjmiemy, że dzień gwiazdowy zawiera 24 godzin, wtedy długość dnia słonecznego wynosi od 24 g. 3 m. 13 sek., do 24 g. 3 m. 29,9 sek. Ponieważ słońce jest gwiazdą regulującą wszystkie czynności człowieka, przeto dzień słoneczny zowią *dniem słonecznym prawdziwym*. Że zaś długość dnia sło-

necznego nie zawsze jest jednakowa, przeto zegary używane do mierzenia czasu, których ruch z natury rzeczy musi być jednostajny, nie mogą się stale zgadzać ze słońcem. Jednakże starać się musiano, aby tak zwany *czas cywilny* przez zegary wskazywany, różnił się jak można najmniej od czasu prawdziwego W tym celu astronomowie przyjęli słońce fikcyjne, wychodzące jednocześnie z prawdziwem słońcem z pewnego punktu na ekliptyce i przebiegające ruchem jednostajnym ekliptykę w tym samym czasie co słońce prawdziwe. Ponieważ zaś ekliptyka eliptyczna pochylona jest do równika,ztąd powstaje nieregularność ruchu, przeto dalej przypuszczają jeszcze jedno słońce, wychodzące z poprzedniem fikcyjnem z punktu porównania wiosennego i przebiegające ruchem jednostajnym równik, w tymże samym kierunku co pierwsze słońce przypuszczalne po ekliptyce i tak aby dopunktu wyjścia, powróciło jednocześnie z pierwszem słońcem fikcyjnem. To słońce przypuszczalne zwane *słońcem średniem równikowem*, przechodzi przez południk miejsca w odstępach czasu zawsze jednakowych; każdy taki przeciąg czasu zowie się *dniem słonecznym średnim.*

35. Niezależnie przeto od *dnia gwiazdowego*, mamy *dzień słoneczny prawdziwy* i *dzień słoneczny sredni.* Z powyższego pokazuje się, że zegary winny być regulowane z czasem średnim czyli: powinny pokazywać południe średnie nie prawdziwe. (*)

Wychodzą tablice, pokazujące dla każdego dnia godzinę, jaką zegar według czasu średniego regulowany,

(*) Południe prawdziwe, jest to chwila przejścia słońca przez południk miejsca.

ma wskazywać w prawdziwe południe, co zowie się zwykle: *czasem średnim o południu prawdziwem*. Południe prawdziwe z południem średniem schodzi się prawie cztery razy rocznie, około: 15 Kwietnia, 15 Czerwca, 1 Września i 25 Grudnia. W ciągu zaś roku, słońce średnie pośpiesza się lub opóźnia względem słońca prawdziwego o ilość czasu, która wynosi najwyżej 17 minut i dosięga tego maximum 11 Lutego, 15 Maja, 26 Lipca i 3 Listopada. (*)

36. Francuzi, Anglicy, Hiszpanie i inne narody Europejskie, przyjmują za początek dnia cywilnego północ, i dzielą go na dwie części równe, zawierające po 12 godzin.

Astronomowie za początek dnia przyjmują południe licząc od południa do południa; dzielą go na 24 godzin. Tym sposobem data astronomiczna *np.* 6 Maja o godzinie 2-giej, znaczy datę cywilną 7 Maja, o godzinie 10-ej rano.

Godzina czyli $^1/_{24}$ dnia dzieli się na 60 minut, minuta na 60 sekund, sekunda na 60 tercyj.

37. Jak nie wielkie przestrzenie czasu mierzą się dniami (dobami), godzinami i t. d., tak za miarę większych służy *rok*.

Rok cywilny u wszystkich narodów Europejskich wyjąwszy Turków, zasadza się na *roku zwrotnikowym*, czyli czasie jakiego potrzebuje słońce do przebieżenia ekliptyki. Liczba dni zawartych w takim roku zwrotnikowym, nie jest całkowita, lecz zawarta między 365 i 366. Liczne spostrzeżenia i doświadczenia przekonały, że rok zwrotni-

(*) Daty tutaj podane odnoszą się do r. 1855.

kowy zawiera 365, 242264 dni średnich słonecznych, czyli 365 dni, 5 godzin, 48 minut, 47,8 sekund.

Rok gwiazdowy jest to przeciąg czasu jakiego potrzebuje słońce aby wrócić do tego samego punktu na niebie. Z przyczyny cofania się punktów równonocnych, rok gwiazdowy dłuższy jest od zwrotnikowego i wynosi 365, 256383 dni średnich. Wyrażony w dniach gwiazdowych rok zwrotnikowy wynosi 366, 242226 takich dni, zaś rok gwiazdowy 366, 256384 dni gwiazdowych.

O Kalendarzu.

38. Nazywamy w ogólności *Kalendarzem* tablice, zawierające podział jednego lub więcej lat na dnie, tygodnie i miesiące, z wskazaniem główniejszych, zajmujących ogół zjawisk astronomicznych, oraz dat świąt i dni ważniejszych.

Najgłówniejszą rzeczą w każdym kalendarzu jest ustanowienie liczby dni zawartych w roku cywilnym. Ponieważ rok zwrotnikowy, jak widzieliśmy, nie zawiera całkowitej liczby dni średnich, a przewyżka nad dni 365 jest niewymierną, zawsze przeto rok cywilny był dłuższy lub krótszy od roku zwrotnikowego. Dla unikienia błędow od najdawniejszych czasów przyjmowano różne w tej mierze zasady, ztąd powstały rozmaite kalendarze, między któremi zasługują na uwagę: Egipski, Juljański i Gregorjański.

39. *Kalendarz Egipski.* Mniemają, że Egipcyanie przyjmowali pierwiastkowo w roku podzielonym na 12 miesięcy, dni 360. Ponieważ taki rok różnił się od zwrotnikowego o $5^1/_4$ dni prawie, zatem *np.* porównanie dnia z nocą wiosenne przypadało co rok o $5^1/_4$ dni później tak, że

w ciągu lat 70 przypadając w rozmaitych datach, wracało do daty pierwotnej.

Później Egipcyanie przyjmowali w roku 365 dni; różnica od roku zwrotnikowego o $1/4$ dni, powodowała także błąd, o którym wyżej mówiliśmy, wynoszący w ciągu 4-ch lát dzień jeden, czyli w ciągu lat 1460 cały rok.

40. *Kalendarz Juljański.* Rok rzymski za Romulusa zawierał 304, za *Numy* 355, a następnie 366 dni. W ogólności Rzymianie niemieli dokładnej chronologii. Oprócz tego, miały miejsce liczne nadużycia w tem, że stoso wnie do potrzeby i okoliczności długość roku była ustanawianą. Dopiero Juljusz Cezar dla położenia tamy podobnego rodzaju nieporządkom, przedsięwziął w r. 46 przed narodzeniem Chrystusa zaprowadzenie nowego kalendarza. Wezwany w tym celu do Rzymu Aleksandryjski astronom Sozigen, uważał rok zwrotnikowy jako mający 365 dni i 6 godzin i taki rok przyjął za podstawę nowej chronologii. Aby jednak nie zaczynać roku w różnych godzinach, od trzech lat kolejnych odjął po 6 godzin, i tak zebrane godzin 18 dodał do roku czwartego; tym sposobem każde trzy lata kolejne miały mieć po dni 365, czwarty zaś 366, tak: że w czterech latach zawierało się dni 1461, co prawie zgadza się z przyjętą długością roku zwrotnikowego. Lata mające po dni 365 zowią się *prostemi* lub *zwyczajnemi*, te zaś które mają po 366 dni *przestępnemi.* Taka Chronologija zowie się według Kalendarza Juljańskiego czyli *podług starego stylu.* Kalendarz Juljański zaprowadzony został w Rzymie 44 roku przed narodzeniem Chrystusa, i używany jest dotąd w Rossyi, Grecji i w ogóle u Chrześcijan wschodnich.

W skutku zaprowadzenia zmiany kalendarza przez Juljusza Cezara i korzyści jakie ztąd wypływały, Marek Antonjusz, wówczas Konsul postanowił, dla uwiecznienia pamięci Juljusza, miesiąc w którym się on urodził, zwany wówczas *quintilis*, nazywać *Julius*.

Dodawany do każdego czwartego roku, dzień jeden zamieszczono w miesiągu Lutym, co dotąd się utrzymuje.

41. **Kalendarz Gregorjański.** Lecz długość roku zwrotnikowego przyjęta za zasadę kalendarza Juliańskiego nie jest prawdziwa, nie zawiera on bowiem 365 dni i 6 godzin, lecz 365 dni, 5 godzin, 48 minut 47,8 sekund przeto rok Kalendarza Juljańskiego dłuższy jest od roku zwrotnikowego o 11 minut, 12,2 sekund. Każdy zatem rok Kalendarza Juljańskiego zaczyna się później od zwrotnikowego, o powyższą różnicę. Po upływie lat 128 różnica ta wynosi prawie 24 godzin, czyli że za 128 lat od chwili zaprowadzenia Kalendarza Juljańskiego, rok tego kalendarza zaczął się prawie o całą dobę później od roku zwrotnikowego. W roku 325 porownanie dnia z nocą wiosenne było 21 Marca, za lat 128 czyli w roku 453, przypadło w dniu 20 Marca i tak następnie; wreszcie w roku 1582 było już 11 Marca.

Od czasu w którym przypada w każdym roku porównanie dnia z nocą wiosenne, zależy data największej uroczystości kościoła katolickiego, święto Zmartwychwstania Pańskiego; ze zmianą przeto daty porównania wiosenngo, Wielkanoc przypadać musiała w różnych zbyt odległych od siebie dniach roku. To mając na uwadze Papież Grzegorz XIII, aby porównanie wiosenne przyprowadzić znowu na 21 Marca, od roku 1582 odrzucił zbyteczne 10 dni, wynikłe w skutek błędu Kalendarza Juljańskiego; kazał 5 Października 1582 roku uważać za 15 Października tegoż roku; żeby zaś na przyszłość uniknąć zmiany porównania wiosennego, postanowił w każdych 400 latach Kalendarza Juljańskiego, 3 lata które mają być przestępne, uważać za proste; mianowicie zaś z czterech kolejnych lat wiekowych, czyli zakończonych dwoma zerami, które według Kalendarza Juljańskiego miały być przestępne, uważać trzy za proste a ten tylko za przestępny, którego liczba po odtrąceniu dwóch zer końcowych dzieli się przez 4. I tak, rok 1600 był przestępny, albowiem 16 dzieli się przez 4; lata 1700, 1800 były zwyczajne, takiż będzie rok 1900, dopiero rok 2000 będzie przestępny gdyż 20 dzieli się przez 4. — Taka Chronologja zowie się podług *Kalendarza Gregorjańskiego*, czyli podług *nowego stylu.*

Podług zasady powyższéj, łatwo można obliczyć jaka jest długość średnia roku Kalendarza Gregorjańskiego— W samej rzeczy, w 400 latach jest 100 — 3 czyli 97 lat przestępnych, gdy tymczasem w Kalendarzu Juljańskim było ich 100. — Liczba dni średnich zawarta w 400 latach będzie tedy:

$$365 \times 400 + 97$$

zkąd wypada:

rok średni $= 365 + \frac{97}{400}$ dni $= 366, 2425$ dni średnich. Porównywając tę długość z długością roku zwrotnikowego, podaną powyżéj, widzimy, że błąd popełniony w Kalendarzu Gregorjańskim jest bardzo mały i wynosi tylko 0,000 236 dnia średniego—Błąd ten sprowadzi na 4000 lat różnicę jednego dnia, co jest rzeczą prawie nic nie znaczącą.

Ponieważ rok 1700 w Kalendarzu Juljańskim był przestępny, w Kalendarzu Gregorjańskim zaś zwyczajny, przeto różnica między temi kalendarzami po roku 1700 powiększyła się o dzień jeden—Po roku 1800 dla téj saméj przyczyny powiększyła się jeszcze o dzień, czyli razem dni 2, co w połączeniu z różnicą wynoszącą dni 10, z przyczyny przyjęcia 5 Października 1582 roku za 15 Października, jak o tém wyżéj nadmieniono, różnica między temi kalendarzami wynosi w bieżącym stuleciu dni 12 — Po roku 1900 wynosić będzie dni 13 aż do roku 2100 — po którym znowu się powiększy o dzień jeden i tak następnie co 400 lat powiększać się będzie o dni 3. Tym sposobem porównanie dnia z nocą wiosenne przypada według Kalendarza Juljańskiego 9 Marca, według zaś Gregorjańskiego 21 Marca, co się wyraża zwykle w ułamku $^{9}/_{21}$ Marca, kładąc datę starego stylu za licznik.

Kalendarz Gregorjański zaprowadzony został w Rzymie $^{5}/_{15}$ Października 1582 roku; we Francyi 10 (20) Grudnia t. r., w Niemczech w krajach katolickich w r. 1584 a w krajach protestanckich w r. 1600; w Polsce w r. 1586; w Danii, Szwecyi i Szwajcarii na początku XVII wieku. Nareszcie w Anglii 3 (14) Września 1752 r.

Tak w Kalendarzu Juljańskim jakoteż Gregorjańskim miesiąc Luty ma dni 28, zaś w roku przestępnym 29, inne zaś miesiące mają po dni 30 lub 31, a mianowicie: Kwiecień, Czerwiec, Wrzesień, Listopad mają po dni 30, inne po dni 31.

42. Powiedzieliśmy wyżéj że we Francyi Kalendarz Gregorjański zaprowadzony został w r. 1582: Od owego czasu do obecnéj chwili, w ciągu lat kilku mianowicie, od 6 Października 1793 roku do 1 Stycznia 1806 używany był Kalendarz różny od Gregorjańskiego zwany *Kalendarzem Republikańskim*:—W czasie rewolucyi Francuzkiéj, kiedy usiłowano obalić wszystko co dawne, odrzucono nazwy miesięcy i dni przed rewolucją używane, uważano za początek roku, jesienne porównanie dnia z nocą, przyjęto za *erę* proklamacyą Rzeczypospolitéj, dzielono rok na 12 miesięcy każdy po dni 30, poprzedzonych 5 lub 6

dniami dodatkowemi.—Oprócz tego każdy miesiąc podzielono na trzy części po dni 10 zwane *dekadami* (decades).

Nazwy miesięcy w tym Kalendarzu były następujące:

Vendémiaire	(winobraniec)	Gérminal	(zieleniec)
Brumaire	(mglisciec)	Floréal	(kwiatowiec)
Frimaìre	(szronowiec)	Prairial	(łąkowiec)
Nivôse	(śniegowiec)	Messidor	(żniwiec),
Pluviôse	(deszczowiec)	Thermidor	(ciepłowiec)
Ventôse	(wiatrowiec)	Fructidor	(owocowiec)

Te nazwy przypominały stan atmosfery i wegetacyi właściwéj każdemu miesiącowi, wreszcie porę roku. Stosowało się to tylko jednak do klimatu Francyi. Dni *dekady* zwały się: primidi, duodi, tridi i t. d.

Od 1go Stycznia 1806 roku wrócono do Kalendarza Gregorjańskiego.

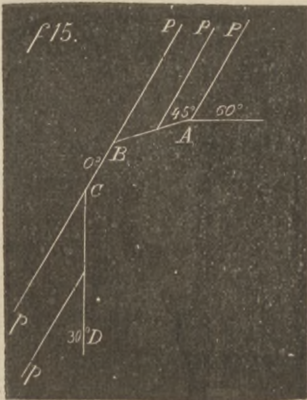
VII. O kształcie i wielkości ziemi. Długość i szerokość Geograficzna.

Zjawiska z których wnosić można o kształcie ziemi.

43. Gdy obserwator w jedném ciągle pozostaje miejscu, a patrząc na ziemię i niebo, wspiera swe wnioski na tem co widzi, mniema wówczas że ziemia jest płaszczyzną, zamkniętą kołem widocznego poziomu, że niebo wspierając się na ziemi jest sklepieniem spłaszczonem i t. d. Lecz przeniosłszy się z miejsca na miejsce, przekona się jak mylne było jego zdanie.

W saméj rzeczy, postępując ku północy widzimy, że biegun północny wznosi się nad poziom; pewne gwiazdy które wschodziły i zachodziły stają się nie zachodzącemi. Przeciwnie posuwając się ku południowi, wysokość bieguna północnego zmniejsza się, nareszcie biegun ten jest na poziomie czyli wysokość jego równa się zeru. Następnie nad poziomem widzimy już biegun południowy. Z tego wnosimy, że poziomy różnych miejsc ziemi, nie stanowią jednéj płaszczyzny.

Dajmy np. że miejsca *A B C* i *D* leżą na powierzchni ziemi w kierunku od północy ku południowi (fig. 15) i że wysokość bieguna północnego w $A=60^0$ w $B=45^0$ w $C=0$; zaś w *D* wysokość bieguna już południowego wynosi 30^0. Niech linja *Pp* wyobraża nam oś świata, natenczas, jak wiemy z powyższego, kierunki osi świata dla miejsc *A*, *B*, *C* i *D* są równoległe; więc linje *AP*, *BP*, *CP*, *Dp*, wyobrażają nam takowe kierunki. Linja *FE* pod kątem 60^0 do



osi, linja *GF* pod kątem 45^0, linja *HG* pod kątem zero i t. d. są poziomami tych miejsc. Zdawałoby się więc, że tym sposobem powierzchnia ziemi od północy ku południowi, ograniczona jest płaszczyznami, wzajemnie przecinającemi się. Lecz tak nie jest; w powyższém bowiem przypuszczeniu, na całéj przestrzeni ziemi *EF* lub *FG* wysokość bieguna byłaby jednakowa i zmieniłaby się nagle z 60^0 na 45^0; gdy jednak spostrzeżenia czynione pokazują, że wysokość bieguna ciągle się zmniejsza od północy ku południowi i nawet na bardzo małych przestrzeniach zmiana ta czuć się daje, należy zatem płaszczyzny *EF*, *FG* i t. d., przyjąć za nieskończenie małe, czyli powierzchnię ziemi za krzywą powierzchnię. Toż samo zjawisko dowodzi nam, że ziemia ku północy jest również krzywą powierzchnią.

Że w kierunku od wschodu ku zachodowi powierzchnia ziemi nie jest płaszczyzną, dowodzą różne zjawiska a mianowicie: Oddalając się od wieży lub innego wysokiego przedmiotu, najprzód niknie nam z oczu podstawa tego przedmiotu, dalej widzimy coraz mniejszą jego część, nareszcie tracimy z oczu wierzchołek i odwrotnie: zbliżając się do przedmiotu wysokiego, widzimy najprzód wierzchołek. Patrząc na okręt wychodzący z portu na pełne morze, tracimy z oczów najprzód pokład, a następnie wyższe części, aż nakoniec widzimy tylko koniec najwyższego masztu.

Znajdując się na miejscu wzniesionem, widzimy większą część powierzchni ziemi niż będąc na ziemi, chociażby nie było żadnych przeszkód, tamujących granicę wzroku. Wypływa to oczywiście ztąd, że powierzchnia ziemi jest krzywą. Przestrzeń ziemi jaką widzimy, czyto będąc na ziemi, czy też na miejscu wzniesionem, zdaje się nam być zawsze ograniczoną okręgiem koła, co znaczy: że punkta styczności stycznych poprowadzonych z jakiegokolwiek punktu do powierzchni ziemi, tworzą okrąg koła; że zaś to ma miejsce zawsze i wszędzie, a własność ta odnosi się do kuli, przeto wnosić możemy, że ziemia mniej więcej jest kulistą.

44. Zjawiska powyżej wymienione, a dowodzące krzywizny powierzchni ziemi, są znane oddawna i dały myśl objechania ziemi w około. Pierwszą taką podróż odbył w r. 1519 *Ferdynand Magellan*, który wypłynął z portu San Lucar na brzegach Andaluzyi 21 Września, przepłynął Ocean Atlantycki, Cieśninę od jego imienia Magelańską zwaną i wypłynął na Ocean Wielki, gdzie dosięgnąwszy wysp Maryańskich (Rozbójniczych), został zabity. Towarzysze jego pod dowództwem *Sebestyana del Kano* odbywali dalszą podróż i minąwszy Wyspy Molluckie, przylądek Dobrej Nadziei, wypłynęli znowu na Ocean Atlantycki i powrócili do San Lucar w trzy lata po odjeździe, 6 Września 1521 r. Podróże podobne odbyli Drak (1577 r.) Kawendisz (1586). Obecnie takie podróże odbywają się często.

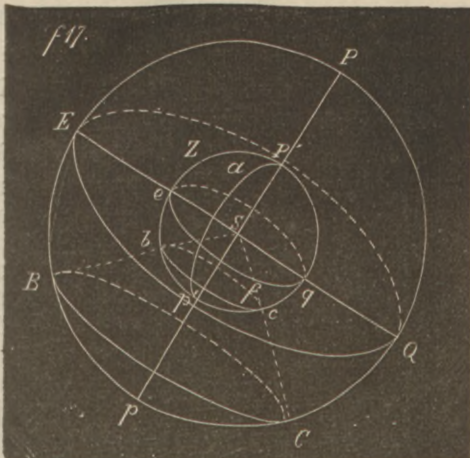
45. Oprócz powyższych zjawisk, zaćmienia księżyca dowodzą kulistości ziemi. Zaćmienia jak to zobaczymy niżej, pochodzą ztąd, że księżyc wchodzi w cień, jaki rzuca ziemia. Cień ten jest zawsze okrągły. Że zaś cień taki rzuca tylko kula, przeto przyjąć trzeba ziemię za kulę. Lecz że cień rzucony przez ziemię na księżyc, różni się nieco od koła; dla tego też ziemię jeżeli nie za kulę, to przynajmniej za bryłę mało różniącą się od kuli przyjąć potrzeba. Dalej przyjmować będziemy ziemię za kulę.

Że my nie widzimy krzywizny powierzchni ziemi, pochodzi to z przyczyny wielkiego promienia kuli ziemskiej. Im bowiem promień koła jest większy, tym mniej różni się łuk tego koła od stycznej, przez punkt jakikolwiek koła, poprowadzonej, co (fig. 16) wskazuje.

Oś ziemi, bieguny, południk, równoleżniki i równik.

46. Wiemy, że linja wierzchołkowa jest prostopadła do płaszczyzny widocznego poziomu, że zaś płaszczyzna ta jest płaszczyzną styczną do powierzchni ziemi, zatem linja wierzchołkowa jest przedłużeniem promienia ziemi przez punkt obserwacyi przechodzącego. Niezmiernie wielka odległość gwiazd od ziemi, pozwala nam każdy punkt ziemi na którym stoimy uważać za środek kuli niebieskiej. Tym sposobem rozumując, możemy środek ziemi przyjąć również za środek kuli niebieskiej i uważać: że oś świata, płaszczyzna równika przechodzą przez ten punkt. Średnica ziemi, której

kierunek schodzi się z kierunkiem osi świata, zowie się *osią ziemi*, końce tej średnicy na powierzchni ziemi są jej *biegunami*. Toż samo, *równikiem ziemskim* nazywamy koło wielkie ziemi, prostopadłe do jej osi i leżące na płaszczyznie *równika niebieskiego*. I tak jeżeli (fig. 17) *Pp* jest oś świata, to *P'p'* jest osią ziemi, *EQ* jest równikiem nieba, zaś *eq* równikiem ziemi *Z*. Dla punktów *P'* i *p'* na powierzchni ziemi (ponieważ poziomy tych punktów są prostopadłe do osi świata), wysokości biegunów świata są 90° zatem: *bieguny ziemi są to te punkta ziemi w którychwysokość odpowiedniego bieguna świata jest* 90°. Dla każdego

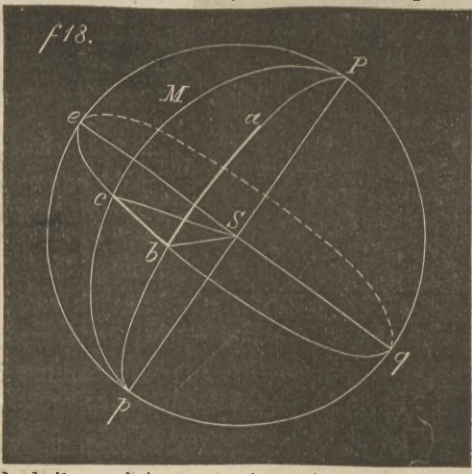


znowu punktu ziemi położonego na równiku, jak *e*, *g*, *f* i t. p. poziom równoległy jest od osi świata, czyli wysokość bieguna świata jest zero, przeto równik ziemi ma tę własność, *że w każdym jego punkcie wysokość bieguna równa się zeru*. Równik ziemski dzieli też ziemię na dwie półkule: *północą* i *południową* stosownie do bieguna. Małe koła ziemi, powstające z przecięcia się z ziemią ostrokręgu, którego wierzchołek jest w środku ziemi a podstawą równoleżnik niebieski, zowią się *równoleżnikami* jak na (fig. 17) ostrokrąg *SbBcC*; każdy zatem równoleżnik ziemski, ma odpowiedni równoleżnik niebieski. Koło wielkie ziemi przechodzące przez oś ziemi i jakikolwiek punkt *a* na powierzchni ziemi położony, zowie się *południkiem miejsca*: Południk ten leży oczywiście na płaszczyznie południka niebieskiego.

Długość i szerokość geograficzna.

47. Położenie miejsca na powierzchni ziemi wyznacza nam długość i szerokość geograficzna tegoż miejsca.

Długością miejsca jest łuk równika, zàwarty między południkiem tegoż miejsca i innym południkiem ziemi przyjętym za pierwszy. I tak: jeżeli południk ziemi (fig. 18)

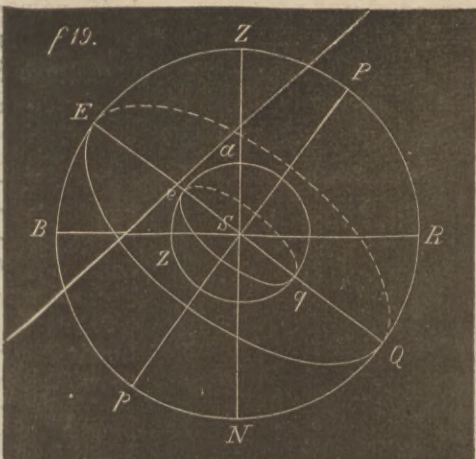


PMp jest pierwszy, to natenczas długością miejsca *a* na powierzchni ziemi jest *bc* łuk równika, zawarty między południkiem tego miejsca i pierwszym południkiem. Łuk ten *bc* jak widzimy, jest miarą kąta dwuściennego jaki płaszczyzna południka miejsca czyni z pierwszym południkiem.

Południk pierwszy. Długo przyjmowali za południk pierwszy ten, który przechodził przez wyspę Ferro jedną z Wysp Kanaryjskich. Obecnie Francuzi uważają za południk pierwszy, południk Obserwatorjum Paryzkiego, Anglicy południk Obserwatorjum Greenwich (Grynicz). Geografowie innych krajów, prawie zawsze uważają przy obliczeniach swoich za południk pierwszy, południk paryzki, chociaż nie którzy stosują się jeszcze do południka wyspy Ferro.

Szerokością miejsca zowiemy odległość tego miejsca od równika, mierzoną na łuku południka miejsca. I tak łuk *ac* oznacza szerokość miejsca *a*.

48. Według powyższego szerokością miejsca *a* (fig 19) jest łuk południka *ae* lub kąt *aSe*. Lecz promień ziemi przedłużając aż do sklepienia nieba mamy punkt *Z*, który

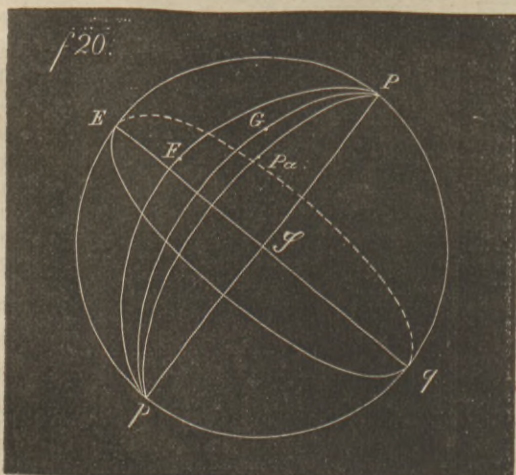


jest zenitem miejsca, łuk *ZE* oznacza nam zboczenia zenitu. Ten łuk *ZE* może być tak jak łuk *ae* przyjęty za miarę kąta *aSe*; zatem szerokość miejsca równa się zboczeniu zenitu. Lecz z powyższego wiemy, że zboczenie zenitu równa się wysokości bieguna to jest $ZE = PR$; zatem $ae = PR$ czyli *szerokość geograficzna miejsca, równa się wysokości bieguna niebieskiego dla tegoż miejsca.*

49. Długości miejsca liczą się dwojako; albo od 0 do 180° na wschód od południka pierwszego i od 0 do 180° na zachód i tym sposobem długość geograficzna miejsc ziemskich bywa *wschodnią* i *zachodnią*; albo liczą tylko od 0 do 360° na wschód od południka pierwszego i wtenczas długość jest tylko wschodnią. Tak więc długość

wschodnia 310° odpowiada długości zachodniej 50°. Pierwszy sposób jest najczęściej używany.

Szerokość liczy się zawsze od 0 do 90° na półkuli północnej i od 0 do 90° na półkuli południowej i dla tego bywa *północną* i *południową*. I tak dla: *Warszawy* szerokość jest północna i wynosi 52° 13′ 5,″ długość zaś liczona względem południka Paryzkiego, uważanego za pierwszy, jest wschodnia i wynosi 18°—42′ 30;″ dla *Petersburga* szerokość północna wynosi 59°—56′—23″ długość wschodnia 27° 58′; dla *Londynu* szerokość północna wynosi 51° 30′ 49″ długość zachodnia 2°, 26′, 11″. Dla *Wiednia* szerokość północna czyni 48° 12′ 36,″ długość wschodnia 14° 2′ 36-″ Dla *Krakowa* szerokość północna jest 50° 3′ 50,″ długość wschodnia 17° 37.′



Na (figurze 20) widzimy południki Wyspy Ferro, obserwatorjum Londyńskiego w Greenwich i Paryzkiego. Południk Wyspy Ferro leży od Paryzkiego na zachód prawie 20° chcąc więc podane poprzednie długości Warszawy i Krakowa obliczyć względem południka Wyspy Ferro, należy do nich dodać po 20° i będzie: długość wschodnia Warszawy 38°—42′ 30,″ długosć wschodnia Krakowa 37°—37′. Południk obserwatorjum w Greenwich leży między Paryzkim i wyspą Ferro; odległy jest od pierwszego na 2° 20′, od drugiego na 17°—40.′

Sposoby znajdowania szerokosci i długości geograficznej miejsc na powierzchni ziemi.

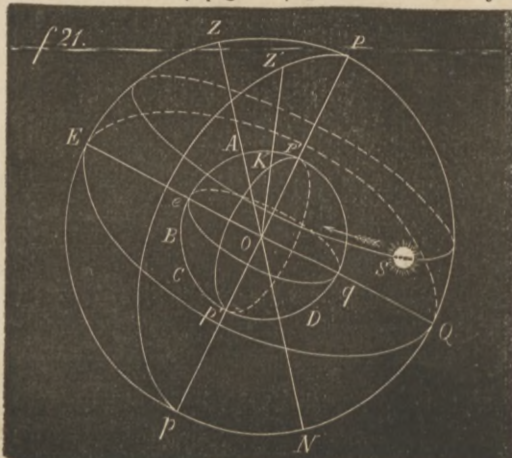
50. Własność ta, że szerokość geograficzna miejsca, równa się wysokości biegnua niebieskiego dla tegoż miejsca, służy do oznaczenia tejże szerokości dla różnych miejc powierzchni ziemi. Wiedząc bowiem z powyższego: że wysokość bieguna niebieskiego znajduje się obserwując jaką nie zachodzącą gwiazdę i że mianowicie: równa się połowie summy wysokości tej gwiazdy wczasie jej obu kuluminacyj, należy tylko chcąc mieć szerokość geograficzną jakiegokolwiek miejsca, oznaczyć wysokość bieguna niebieskiego dla tegóż miejsca, a wysokość ta będzie zarazem żądaną szerokością.

Na morzu, powyżéj podanym sposobem szerokość geograficzna nie może być oznaczona, z przyczyny ruchu okrętu, dla tego mierzą tylko wysokość południkową gwiazdy, której zboczenie jest znane z tablic astronomicznych; prosty rachunek da nam wtedy szukaną szerokość geograficzna miejsca. Oznaczając ją bowiem przez s, wiadome zboczenie gwiazdy przez d, a znalezioną wysokość południkową przez h mamy:

$$s \pm (90° - d) = h, \text{ skąd } s = h \mp (90° - d).$$

51. Co się tyczy długości geograficznej, weźmy pod uwagę następującą okoliczność.

Południk ziemi miejsca, jak wiemy z powyższego, zlewa się z południkiem niebieskim. I tak, dla miejsca *A* na powierzchni ziemi, (fig. 21) południk ziemi jest *AP'p,'* południk zaś niebieski *ZPNp* i oba te południki są na jednej płaszczyznie; kiedy za tem słońce w biegu swoim pozornym na około osi jest na południku niebieskim wtedy jest ono i na południku ziemi, czyli że południa względem południka niebieskiego i ziemskiego przypadają jednocześnie. Nadto, dla wszystkich miejsc powierzchni ziemi, leżących na tymże samym południku co i miejsce *A* jako to, dla miejsc *B*, *C*, *D*, *F* i t. d. południe przypada jednocześnie. Jednocześnie też przypadają wszystkie inne godziny. Tak więc jeżeli w punkcie *A* jest godzina 10 rano, czyli że słońce dopiero za 2 godziny będzie na południku, to w miejscach *B*, *C* *D*, *F* i t. d. na tymże samym południku leżących, jest także godzina 10 z rana.



Lecz weźmy inne miejsce ziemi np. *K*, leżące na innym południku niż miejsce *A*, mianowicie na południku *KP'p.'* Południkowi temu odpowiada południk niebieski *PZ'p* również inny niż dla miejsca *A*. Pamiętając że pozorny dzienny obrót sklepienia nieba na około osi, odbywa się od wschodu na zachód, w kierunku jak strzałka na figurze pokazuje, uważamy: że gdy dla miejsca *A* jest południe, w miejscu *K* już jest popołudniu. Nadto słońce w pozornym swym ruchu dziennym na około osi, przebiega przez godzin 24 cały okręg koła czyli 360°, zatem przez godzinę przebiega stopni 15. Jeżeli zatem odległość południka miejsca *K* od południka miejsca *A* mierzona na równiku wynosi 15°, to gdy w miejscu *A* jest południe, czyli godzina 12-ta, w miejscu *K* jest już pierwsza po południu. Na odwrót gdy w miejscu *K* jest 12 w południe w miejscu *A* jest dopiero 11 z rana, bo dla miejsca *A* słońce dopiero za godzinę będzie na południku. Z powyższego wynika: że za miarę długości geograficznej jakiego miejsca: *przyjąć można różnicę czasu, w tej samej chwili wskazywanego w miejscach ziemi, leżących na różnych południkach.* I tak jeżeli południk miejsca*A*, (o którym powyżej była mowa) jest pierwszy, to natenczas skoro wtedy gdy w miejscu *A* jest 12 w południe w miejscu *K* jest już 1-sza popołudniu wnosimy: że długość miejsca *K* wynosi 15° i że jest wschodnią. Dla wszystkich miejsc położonych na zachód od tegoż pierwszego południka, godzina jest mniejsza, licząc godzinę mniej na każde 15° długości.

52. Do obliczenia różnicy czasu, wskazywanego w tej samej chwili w miejscach ziemi, leżących na różnych południkach, pomaga telegraf elektryczny z uwagi, że elektryczność przebiega kilka tysięcy mil na sekundę. I tak, obserwujmy godzinę 12 w południe w Warszawie; w tej chwili podajmy wiadomość o tej godzinie do Konstantynopola. Tam jest wtedy godzina 12, minut 31, sekund 45 co znaczy: że Konstantynopol leży od Warszawy na

na wschód o 31′—45.″ Że zaś na godzinę idzie 15° odległości, przeto na 31′—45″ wyniesie 7°—56′—20″. Znając zatem długość wschodnią Warszawy wynoszącą 18° 42′ 30″ dodajmy do niej 7°—56′—20″ a otrzymamy na długość wschodnią Konstantynopola 26°—38′—50.″

Chcąc obliczyć długość jakiego miejsca względem południka *np.* Wiedeńskiego, podaje się telegrafem wiadomość o godzinie w pewnej chwili, a różnica czasu między godziną podaną i tam wskazaną, pokaże szukaną długość w czasie, którą łatwo zamienić na łuk pamiętając, że każda godzina znaczy 15°.

53. Przed wynalezieniem telegrafów, różnicę czasu obliczali przy pomocy chronometrów. Oznaczywszy na chronometrze godzinę wskazaną np. w Warszawie, przenieść się należało z tymże chronometrem do Paryża, aby otrzymać różnicę czasu, czyli szukaną długość Warszawy względem południka Paryzkiego. Aby obliczenie to mogło mieć wartość, należało mieć chronometr, któryby ani się spóźniał ani pospieszał. Najczęściej różnicę czasu obliczano z kilku chronometrów biorąc średnią. Oprócz podanych powyżej sposobów obliczania długości geograficznych miejsc, jest jeszcze wiele innych, które polegają zawsze na obliczeniu różnicy czasu, wskazanego w tej samej chwili w dwóch miejscach, z których jedno leży na południku pierwszym drugie, którego długości szukamy. Za chwilę tę przyjmują często zjawisko, które może być z obu miejsc widziane. Zjawiska te bywają naturalne i sztuczne. Do naturalnych należą: zaćmienia księżyca, zaćmienia satellitów Jowisza i inne, które na całej powierzchni ziemi są widziane. Ponieważ bowiem w kalendarzach, oznaczony jest zwykle czas przypadać mającego zjawiska, obliczony na południku przyjętym za pierwszy (Paryzki lub Greenwich), przeto

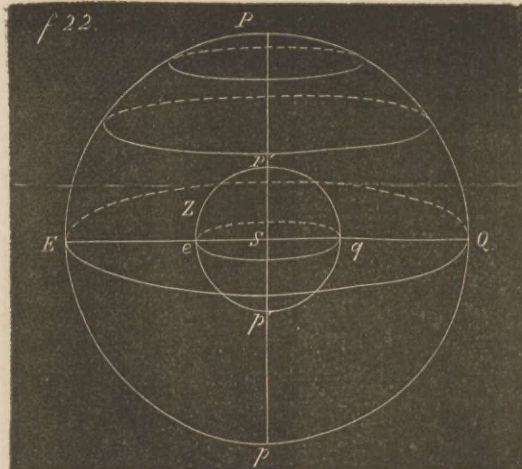
obserwując w danem miejscu pewne zjawisko, różnica czasu w kalendarzu wskazanego od czasu, w którym to zjawisko w danem miejscu przypada, pokaże nam długość geograficzną tegoż miejsca. Będzie ona zachodnią, gdy zjawisko wypadnie wcześniej niż w kalendarzu wskazano, wschodnią gdy zjawisko wypadnie później. I tak, jeżeli zaćmienie księżyca w kalendarzu wskazane na godzinę 1, minut 30 popółnocy, w danem miejscu przypada o godzinie 2, to oznacza, że długość tego miejsca jest wschodnią i wynosi 7° 30′.

Do zjawisk sztucznych należą: sygnały ogniowe, używane do oznaczenia różnicy długości miejsc nie bardzo odległych.

Trojakie położenie sfery.

54. Wiedząc że szerokość geograficzna miejsca danego na ziemi, rowna się wysokości bieguna, możemy objaśnić to, co w geografii matematycznej, zowią położeniem sfery niebieskiej względem ziemi. Położenie to bywa trojakie: *równoległe*, *proste* i *ukośne*,

Jeżeli przeniesiemy się do bieguna P' lub p', ziemi Z (fig. 22) natenczas dla tego miejsca, wysokość odpowiedniego bieguna niebieskiego jest 90°. Wszystkie gwiazdy znajdujące się w odpowiedniéj półkuli, zdają sią krążyć na około tego bieguna po drogach, których płaszczyzny równoległe są do poziomu miejsca przy biegunach. *Takie położenie sfery jest równoległe.* Jeżeli obserwator jest na równiku, wysokości obu biegunów niebieskich są zerem, bieguny te są na poziomie, wszystkie gwiazdy

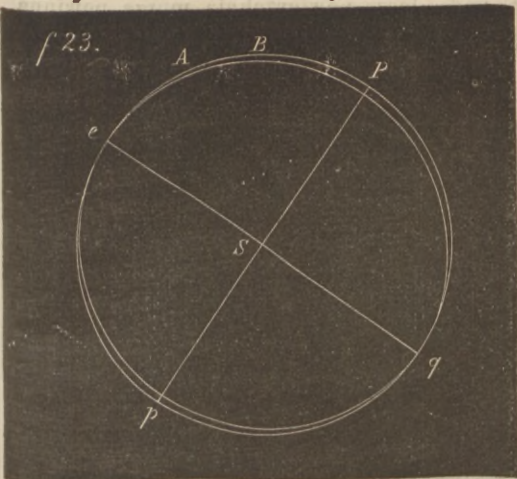


widziane są przez połowę ich biegu, a drogi, po których w pozornym biegu na około osi krążą, są prostopadłe do poziomu. *Takie położenie sfery jest proste.* Nareszcie dla wszystkich miejsc położonych między biegunami i równikiem, *położenie sfery jest ukośne.*

O wielkości ziemi.

55. Przyjmowaliśmy dotąd ziemię za kulę; tym sposobem wszystkie południki ziemi, były kołami wielkiemi kuli. W tem przypuszczeniu nadto, dzieląc południk na 360°, długości wszystkich stopni południka są jednakowe. Dla obliczenia wielkości ziemi wypadałoby zatem znać długość jednego stopnia południka, z tej bowiem wielkości, łatwo znaleść obwod całego południka, następnie jego powierzchnię, dalej zaś powierzchnię kuli ziemskiéj. Aby znaleść długość jednego stopnia południka, należy znaleść szerokość geograficzną dwóch miejsc leżących na tym samym południku *n. p. A* i *B* (fig. 23), których odległość dokładnie jest znana: następnie tę odległość dzieląc przez

różnicę szerokości znalezioną w stopniach, otrzymamy długość jednego stopnia południka.



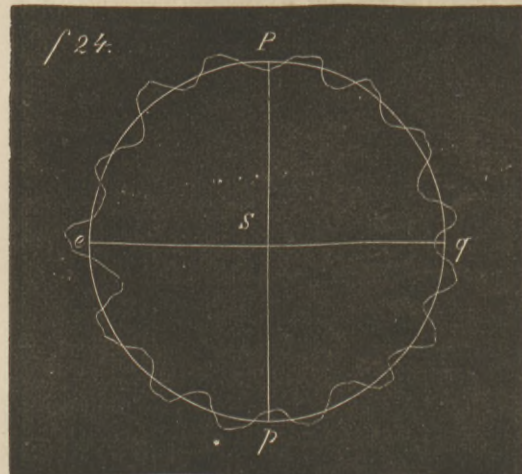
Lecz jeżeli ziemia nie jest foremną kulą, na tenczas południki ziemi nie są kołami, a ztąd wynika że długości stopni południka nie są jednakowe; w takim tedy razie, z wiadomej długości jednego stopnia południka, nie można wnosić o obwodzie południka, a tem samém nie można obliczyć powierzchni tegóż południka, a następnie powierzchni ziemi.

Z powyższego wynika, że dla oznaczenia dokładnego kształtu południka, należy wiedzieć długość stopni tegoż południka w różnych miejscach.

Przedsięwzięte w różnych miejscach pomiary stopni południka pokazały: że stopnie te nie są jednakowej długości lecz są tym większe im bliżej bieguna. Znaczy to: że krzywizna południka zmniejsza się ku biegunom, a zatem ziemia nie jest kulą lecz sferojdą spłaszczoną przy biegunach jak (fig. 23) pokazuje.

Pomiary powyższe pokazały nadto, że różne południki mają różny kształt; dowodzi to że ziemia nie jest foremną sferojdą.

Lecz można przyjąć taką sferojdę, któraby mało różniła się od powierzchni ziemi, mianowicie żeby powierzchnia sferojdy była w jednych miejscach nad powierzchnią ziemi w innych pod, lecz powierzchnia morza powinna zlewać się z powierzchnią tej elipsojdy, jak to (fig. 24) okazuje.



56. Pomiarami o ktorych wyżej mowa, zajmowano się od najdawniejszych czasów. Już *Erastostenes* Astronom żyjący w 3 wieku przed Chrystusem, robił pomiary w Egipcie i na nich gruntując się, podał obwód ziemi 252000 stadium (stadium wynosiło prawdopodobnie 158 metrów).

W nowszych czasach pierwsze pomiary południka, dopełnił *Fernel* Doktór Henryka IIgo.

Lecz pierwszy pomiar zasługujący na tę nazwę i który przyniósł korzyść nauce, był wykonany przez *Picarda* astronoma francuzkiego w r. 1669, który długość stopnia południka podaje na 57060 toazów (toaz trzy metry).

Następnie w r. 1734 z polecenia Paryzkiej Akademii nauk, dokonywano nowe pomiary. Mierzono stopnie południka w dwóch miejscach na: równiku w Peru i w Laponii na Torneo. Pomiary te okazały:

długość stopnia południka	w Laponii	57422	toazów
„ „ „	w Peru	56750	„
	różnica	672	toazów

We Francyi, wymierzono już w bieżącym stuleciu stopień południka od Dunkierki do wyspy Formentero.

Inne pomiary przedsiębrane w Anglii, w Szwecyi, Włoszech, Niemczech, Rossyi, Danii, potwierdziły, że długość stopnia południka ku biegunom powiększa się.

Wszystkie pomiary południka sprawdziły twierdzenie teoretyczne Newtona o kształcie ziemi, dowiodły one: *że ziemia nie jest kulą lecz sferojdą u biegunów spłaszczoną.*

Ścisłe obliczenia pokazały: że:

Długóść promienia równika (fig 24) es =	6377398	metrów
długość połowy małej osi południka SP =	6356080	metrów
Różnica wynosi	21318	metrów
czyli blizko	3	mile.

Oznaczając długość promienia równika przez a, długość zaś połowy małej osi południka przez b, otrzymujemy: że tak zwane *spłaszczenie* ziemi u biegunów wynosi:

$$\frac{a-b}{a} = \frac{1}{299} \text{ prawie.}$$

Obwód koła równa się $2\Pi R$, znając zatem promień równika es, należy tę długość pomnożyć $2\Pi = 6{,}283185$ a otrzymamy, że obwód równika wynosi przeszło 40 miljonów metrów, że zaś równik zawiera w sobie 360°, dzieląc więc znaleziony obwód równika przez 360°, otrzymamy, że długość stopnia równika wynosi 111306 metrów.

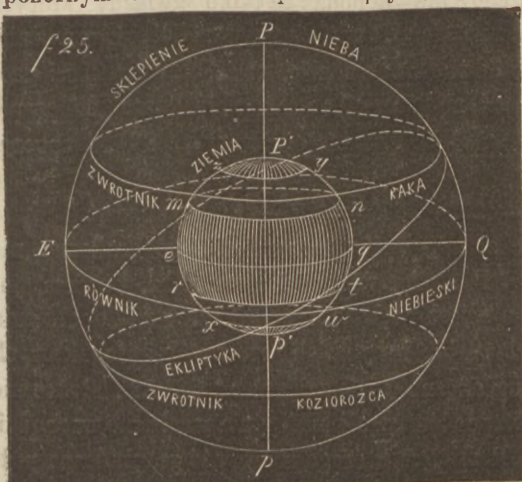
Piętnasta część stopnia równika zowie się milą geograficzną. Ponieważ różnica długości linij ps i es w porównaniu z długością równika jest mała, można zatem przyjąć ziemię za kulę o promieniu mającym długości około 860 mil; w tem przypuszczeniu powierzchnia ziemi $4\Pi R^2 = 2\Pi R \times 2R$ wynosi około 9280000 mil □; bryłowatość ziemi$=\frac{3}{4}\ \Pi\ R^3$ czyni około 26000 milionów mil kubicznych.

Nadmienić tutaj wypada, że za jednostkę miar i wag przyjęto we Francyi metr równy dziesięciomiljonowej części cwierci południka Paryzkiego, od bieguna do równika.

VIII. Podział powierzchni ziemi na pasy

Powierzchnia ziemi dzieli się na pięć pasów: 1 gorący 2 umiarkowane i 2 zimne.

Wiemy z powyższego, że zboczenie słońca w ruchu jego pozornym około ziemi po ekliptyce, zmienia się od 0 do



23° 28' na północ i południe, zatem słońce może przechodzić przez zenit tych wszystkich miejsc ziemi, dla których zboczenie zenitu północne lub południowe, czyli także szerokość geograficzna, nie przenosi 23° 28'. W pasie ziemi *mn rt*. zawartym między dwoma kołami równoleżnemi odległem na północ i południe od równika na 23° 28' mieszczą się przeto miejsca ziemi, przez zenit których słońce przechodzi. Ten pas zowie się *gorącym*. Koła równoleżne *mn* i *rt* (fig. 25) zowią się jak i odpowiednie koła na sklepieniu nieba *zwrotnikami*, jeden *mn zwrotnikiem raka*, drugi *rt zwrotnikiem koziorozca. Pas więc ziemi, zawarty między zwrotnikami jest pasem gorącym.*

Dla każdego miejsca w pasie gorącym leżącego, słońce jest w zenicie dwa razy, raz gdy się od równika oddala, drugi raz gdy się do niego zbliża. Dla miejsc będących na zwrotnikach, słońce bywa w zenicie raz, mianowicie gdy się znajduje w punktach przesileń.

Od granic pasu gorącego czyli od kół zwrotnikowych ku biegunom, leżą pasy ziemi umiarkowane i zimne. Aby znaleść granicę, w której kończy się pas umiarkowany i zaczyna zimny, uważmy że dla każdego miejsca (jak wiemy z powyższego) nie zachodzą te tylko gwiazdy, których zboczenie jest większe od dopełnienia wysokości bieguna niebieskiego lub od zboczenia zenitu, czyli od szerokości geograficznej tegoż miejsca. Że zaś największe zboczenie słońca wynosi 23° 28', przeto odjąwszy od 90° to zboczenie będzie:

$$90^0-(23^0-28') = 66^0-32' \text{ co znaczy:}$$

że dla miejsc ziemi, których szerokość geograficzna nie przenosi 66° 32' słońce wschodzi i zachodzi, bowiem jego zboczenie nie jest większe, lecz mniejsze od dopełnienia tej szerokości. Dla wszystkich znowu miejsc, których szerokość geograficzna większa jest od 66° 32', słońce nie zachodzi przez pewien czas i następnie wcale nie wschodzi.

I tak np: dla miejsca którego szerokość geograficzna północna 70°, słońce dosięgnąwszy 20° zboczenia północnego wzrasta do 23° 28' i następnie maleje znowu do 20°; przez cały więc ten przeciąg czasu, słońce dla tego miejsca nie zachodzi.

Następnie, gdy zboczenie słońca z północnego przejdzie w południowe i wzrasta, to począwszy od 20° południowego zboczenia przez cały czas wzrastania do 23° 28′ i zmniejszania się znowu do 20°, dla danego miejsca nigdy nie wejdzie.

Wyobraziwszy więc sobie dwa równoleżniki, odległe od równika na północ i południe na 66° 32′,, dla wszystkich miejsc w pasach, zawartych między zwrotnikami a temi kołami, słońce nie będzie nigdy w zenicie, ale też nie będzie nigdy niezachodzącą gwiazdą. Pasy te zowią się *umiarkowane.* Koła zaś równoleżne odległe od równika na 66° 32′ *kołami biegunowemi*; jedno *z y północne*, drugie *w x południowe.*

Pasy zatem umiarkowane rozciągają się od kół zwrotnikowych do kół biegunowych. Oczywistą jest rzeczą że dla miejsc w pasach umiarkowanych leżących, słońce zawsze wschodzi i zachodzi, wyjąwszy tylko miejsca na kołach biegunowych położone. Dla nich słońce nie zachodzi wtenczas, gdy zboczenie biegunów odpowiednie jest 23° 28′ i nie wschodzi, gdy zboczenie przeciwne jest takie samo. To jest dla miejsc na kołach biegunowych położonych, w ciągu roku raz nie ma wcale nocy, drugi raz nie ma wcale dnia i to wtedy, gdy słońce jest w punktach przesileń.

Części nareszcie pozostałe powierzchni ziemi od kół biegunowych do biegunów, stanowią *pasy zimne.* Dla miejsc na tych pasach położonych, słońce przez pewien czas wcale nie zachodzi i przez pewien czas nie wschodzi. Dla biegunów zaś słońce przez połowę swej drogi po ekliptyce wcalen e zachodzi, przez drugą zaś połowę wcale nie wschodzi, to jest dzień trwa półroku i noc półroku.

Koła biegunowe odległe są tak od biegunów, jak zwrotniki od równika, to jest na 23° 28′.

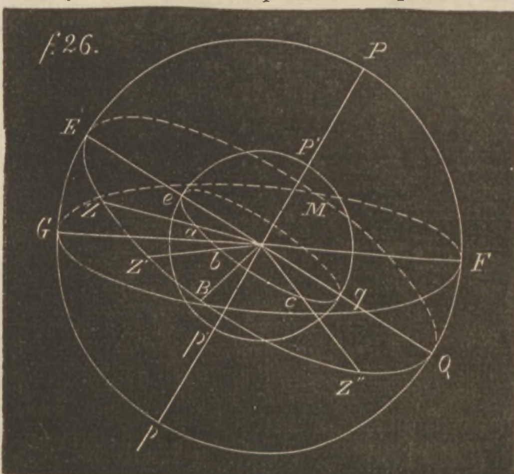
Obliczono, że pas gorący = 0,398 powierzchni ziemi
pas umiarkowany = 0,260 „ „
pas zimny = 0,041 powierzchni ziemi,
przyjmując powierzchnią ziemi za jedność.

Pory roku w pasie gorącym i zimnych.

58. Powiedzieliśmy wyżej jak następują pory roku. Stosuje się to tylko do pasów umiarkowanych. W pasach gorącym i zimnych rzecz się ma inaczej.

Weźmy pod uwagę pas gorący. Dla wszystkich punktów na równiku położonych dzień równy jest zawsze nocy. Tam więc na pory roku nie może wpływać długość dnia lub nocy, lecz tylko wysokość słońca, bo od niej zależy kąt, pod jakim promienie słońca padają na ziemię.

Gdy słońce jest w punkcie *B* porównania wiosennego



(fig.26) natenczas przejdzie przez zenit wszystkich miejsc *a*, *b*, *c* i t. d. równika, wtedy promienie słońca padają na ziemię pionowo, wysokość zaś południkowa słońca jest 90°. Wyszedłszy słońce z tego punktu, wchodzi do półkuli północnéj; wysokości południkowe słońca dla miejsc na równiku położonych zmniejszają się, dopóki nie dosięgnie punktu przesilenia letniego, to jest gdy odległość zenitalna słońca, w czasie przejścia jego przez południk miejsca na równiku ziemi leżącego, wynosi 23° 28′, zaś wysokość południkowa najmniejsza 66°—32′. Postępując od punktu przesilenia letniego do punktu porównania jesiennego, słońce powiększa swoją wysokość południkową, a dosięgnąwszy punktu *M* przejdzie znowu przez zenit wszystkich miejsc równika. Gdy słońce przejdzie następnie do półkuli południowej, wysokości południkowe zmniejszają się tak samo jak to miało miejsce w półkuli północnej. Okazuje się z tego, że dla miejsc na równiku położonych są cztery pory roku. W ciągu pierwszej, wysokość południkowa zmniejsza się, w ciągu drugiej powiększa się, w ciągu trzeciej i czwartej pory roku, (gdy słońce przejdzie do drugiej półkuli), zmiany wysokości południkowej są takież same, więc z czterech pór roku dwie są tylko różne, czyli na równiku, pory roku powtarzają się co półroku. Wreszcie z powyższego okazuje się, że dla miejsc ziemi w pasie gorącym, słońce dwa razy do oku przechodzi przez zenit.

Dla miejsc leżących w blizkości równika między zwrotnikami, pory roku następują takim porządkiem jak i na równiku, z tą różnicą, że długość dwóch pór roku, gdy słońce oddala się na północ od zenitu miejsca, nie jest równa długości dwóch drugich pór roku, i różnica jest tym większa, im miejsce bardziej oddalone jest od równika. Równocześnie dla miejsc nie na równiku, lecz w pasie gorącym leżących, powiększa się różnica między najmniejszą i największą wysokością południkową słońca. I tak dla miejsc na równiku, wysokość południkowa największa wynosi 90°, najmniejsza, zaś 66°—32′, różnica zatem wynosi 23°—28′.

Lecz dla miejsca którego szerokość geograficzna, północna jest 20°, największa wysokość południkowa wynosi także 90°, gdyż słońce przejdzie przez zenit tego miejsca, najmniejsza zaś jest wtenczas, gdy słońce jest w punkcie przesilenia zimowego, wynosi bowiem 46°—32′, różnica zatem czyni 43°—28′. Wypada ztąd, że ogrzewanie ziemi przez słońce, gdy ono jest w półkuli północnej, znacznie jest większe od ogrzewania ziemi przez słońce, gdy ono jest w półkuli południowej; pory roku zatem różnią się i tym bardziej, im miejsce dalej od równika jest położone.

Na kołach zwrotnikowych różnica między największą i najmniejszą wysokością południkową, wynosi 46°—56′.

W pasach umiarkowanych, słońce nie przechodzi przez zenit miejsc tam będących i dla tego w czasie najmniejszej wysokości południkowej, promienie słońca czynią bardzo małe kąty z poziomem i dostarczają mało ciepła ziemi. Dla tego to różnica ogrzewania ziemi w lecie i zimie jest bardzo znaczna. Różnica ta jeszcze powiększa się z przyczyny nie równości dni, gdy tymczasem na równiku dzień zawsze jest równy nocy, zaś w pasie gorącym różnica między długością dnia i nocy nigdy nie jest znaczną.

Dla miejsc w pasach zimnych leżących, najdłuższy dzień trwa parę dni lub miesięcy, toż samo najdłuższa noc. Następnie słońce wschodzi i zachodzi jak wszędzie i dzień równy jest nocy, gdy słońce jest na równiku. Lecz w pasie zimnym wysokość słońca zawsze jest mała, dla tego więc, chociaż długo jest nad poziomem, mało ciepła udziela ziemi.

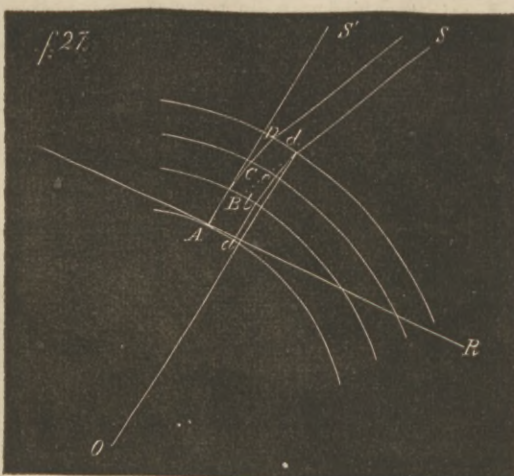
Na biegunach, ponieważ poziom zlewa się z równikiem, słońce nie zachodzi przez cały ciąg swego bytu w jednej półkuli i nie wschodzi, gdy jest w półkuli nieba drugiej. Zatem na biegunach dzień trwa półroku i noc półroku. Dla bieguna np: północnego, dzień trwa od punktu porównania wiosennego, aż do jesienego, przez drugie półroku trwa ciągła noc.

Dla miejsc w pasie gorącym leżących słońce dwa razy do roku przechodzi przez zenit. Wtedy słońce jest nad głowami mieszkańców pasa gorącego i ci nie rzucają żadnego cienia, dla tego zowią ich niekiedy *bezciennemi*. Lecz ciż sami mieszkańcy pasa gorącego przed przejściem słońca przez zenit, rzucają cień na północ, po przejściu zaś słońca przez zenit, na południe, czyli cień przez nich rzucany bywa na dwie strony przeciwne; z uwagi tedy na tę okoliczność, zowią się także *dwucienni.* Mieszkańcy pasów umiarkowanych nigdy nie mają słońca w zenicie i zawsze rzucają cień, mianowicie zaś: mieszkańcy pasa umiarkowanego północnego, rzucają ten cień zawsze ku północy, mieszkańcy pasa umiarkowanego południowego ku południowi; dla tego zowią się *jednocienni.* Nareszcie mieszkańcy obudwóch pasów zimnych, gdy mają dzień, słońce wcale nie zachodzi, lecz się kręci nad poziomem, a zatem cień przez nich rzucany obraca się i dla tego nazwano ich: *Wkołocienni.*

IX. Zjawiska wpływające na przedłużenie dnia.

59. Jakkolwiek długość dnia zależy głównie od położenia miejsca na ziemi i słońca na ekliptyce, to jednak na długość dnia wpływa także ziemska atmosfera.

Ziemia nasza jak wiemy otoczona jest atmosferą, gęstość któréj zmniejsza się, im daléj od ziemi. Możemy więc przyjąć, że ziemia otoczona jest warstwami powietrza współśrodkowemi z ziemią, w których powietrze coraz jest rzadsze. Jeżeliby nie było powietrza, natenczas z punktu *A* (fig. 27) na ziemi widzielibyśmy ciało świecące *S*



po linii prostéj *AS*. Lecz w skutku atmosfery, promień *SA* nie dojdzie oka postrzegacza. Bowiem promień ten od punktu *d* na granicy atmosfery złamie się i przyjmie kierunek np. *dc* zawsze zbliżony do promienia *dO*. (*) Przechodząc w następną warstwę gęstszą, znowu się złamie i przyjmie kierunek *cb*; przechodząc przez warstwę trzecią przyjmie kierunek *ba*. Kierunek zatem promienia w atmosferze przedstawia linja łamana *dcba*. Linją tę przyjąć potrzeba za krzywą z uwagi: że gęstość powietrza ciągle się zmniejsza, a temsamem warstwy równéj gęstości nieskończenie są małe. Z powyższego wypada, że promień któryby powinien dosięgnąć powierzchni ziemi w *A*, pod wpływem atmosfery pada w punkcie *a*. Promień więc ten nie dosięgnie postrzegacza, lecz go dosięgnie promień w kierunku *SDCBA*. Że zaś każdy przedmiot widzimy w tym kierunku jaki ma promień światła padając do naszego oka, zatém ciało świecące *S* widziéć będziemy w punkcie *S'* po linii *AS'* stycznéj do krzywéj *DCB*. Zdawać się zatém będzie, że wysokość tego ciała jest *S'AR*, gdy tymczasem ona jest tylko *SAR*.

Zjawisko to, w skutek którego widzimy ciała na niebie wyżéj niż są w istocie, zowie się *refrakcją astronomiczną*. Refrakcja ta zależy od wysokości ciała. Gdy ciało swiecące jest w zenicie miejsca, refrakcja jest *0*. Refrakcja jest największa gdy ciało jest na poziomie i wynosi około 33'. Dla tegoto widzimy słońce nad poziomem, prędzéj niż ono wejdzie rzeczywiście i widzimy je, chociaż już zajdzie. Refrakcja zatem wpływa na przedłużenie dnia.

60. Drugie zjawisko, które chociaż nie wpływa rzeczywiście na przedłużenie dnia, lecz zmniejsza ciemność nocy jest *zorza*.

Promienie słońca przed wschodem i po zachodzie, padając na cząstki powietrza i pary wodnéj w powietrzu znaj-

---

(*) Patrz: „Fizyka Ganot'a" § 423 i następne dującéj się, odbijają się i dochodzą do ziemi. Dlatego to nieco przed wschodem słońca, oświecona jest wschodnia część, nieco po zachodzie, zachodnia część nieba.

W ogólności zorza zaczyna się i kończy w odległości słońca na 18° od poziomu. W Petersburgu, zorza trwa od Kwietnia do Sierpnia całą noc. Bowiem szerokość geograficzna czyli wysokość bieguna wynosi prawie 60°, zaś jéj dopełnienie 30°.

Kiedy zatem słońce jest w punkcie przesilenia letniego, najdaléj wtenczas jest od poziomu, czyli odległość ta wynosi $30^\circ-(23^\circ; 28')$=prawie $6\frac{1}{2}^\circ$, więc mniéj daleko od téj odległości, w któréj zorza zaczyna się.

Czas trwania zorzy, zależy od szerokości miejsca. Im szerokość większa, tym zorza trwa dłużéj, na równiku trwa najkrócéj. Oprócz tego, zorza zależy od stanu powietrza; gdy ono jest przezroczyste, słabo odbija promienie i temsamem zorza trwa krócéj. W okolicach zwrotnikowych zorza trwa krótko.

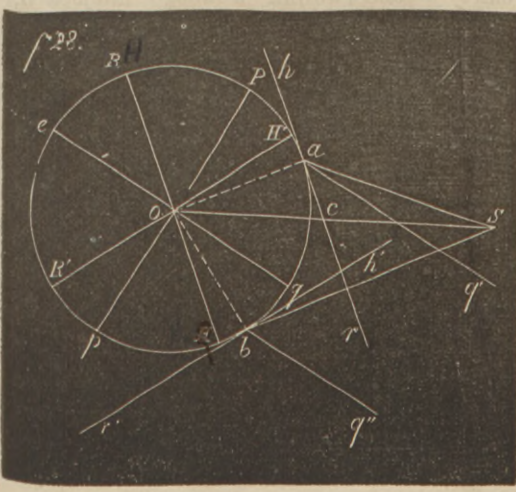
U nas zorza ma miejsce przed wschodem lub po zachodzie słońca. Lecz w pasach zimnych, w czasie długiéj nocy daje się widziéć zorza, choć potem słońce nie wschodzi. To ma miejsce wtenczas, gdy zboczenie słońca jest takie, że przechodząc przez południk miejsca, odległe jest od poziomu mniéj niż na 18°.

Na biegunie północnym zorza trwać powinna ciągle od zajścia słońca, aż dopóki zboczenie południowe nie przejdzie 18°, następnie potem ciemność przerywana jest tylko zorzą północną i trwa dopóty, póki słońce po przejściu punktu przesilenia zimowego, nie zbliży się do równika na 18°, wtedy znowu zaczyna się zorza trwająca aż do wejścia słońca. Zjawisko to ma miejsce w taki sam sposób, na biegunie południowym.

X. O paralaxie.

61. Położenie na niebie gwiazd stałych, zupełnie niezależne jest od miejsca obserwacyi; odległość bowiem tych gwiazd od ziemi tak jest wielka, że promienie padające od tych gwiazd na różne miejsca powierzchni ziemi, uważać można za równoległe, w skutek czego ze wszystkich miejsc ziemi widzimy też gwiazdy w tym samym kierunku. Lecz ciała niebieskie, które zmieniają swe położenie na sklepieniu nieba jak słońce, księżyc, planety i komety, nie są w tak wielkiéj od ziemi odległości, dla tego to położenie ich na niebie oznaczone w tym samym czasie z różnych miejsc ziemi, może być różne.

62. Jeżeli np. jakie z tych ciał *S*, obserwujemy z punktu *a*, na powierzchni ziemi położonego, (fig. 28)



wtedy gdy ciało to *S* przechodzi przez południk tegoż miejsca; natenczas, przyjmując miejsce *a* za środek kuli niebieskiéj a zatem i równika ziemskiego, uważać możemy płaszczyznę *aq'* równoległą od równika, za równik niebieski względem miejsca *a*, zaś zboczenie ciała *S* dla danego miejsca *a*, mierzy kąt *Saq'*. Zaś *hr* oznacza nam położenie poziomu widocznego miejsca *a*, zatem kąt *Sar* mierzy wysokość ciała *S*, która pamiętając, że obserwujemy ciało *S* w czasie przejścia jego przez południk, jest wysokością południkową. Poprowadziwszy przez środek ziemi płaszczyznę *HR* równoległą od płaszczyzny widocznego poziomu, otrzymujemy tak nazwany *prawdziwy poziom* miejsca *a*.

Kąt *aOq* jest szerokością geograficzną miejsca *a*, zaś kąt *qoR* jest dopełnieniem téj szerokości do 90°. Daléj kąt *qoR*=*q'ar* czyli, kąt *q'ar* jest także dopełnieniem szerokości geograficznéj miejsca *a*. Lecz na figurze widzimy;

kąt *Saq'*=*Sar*—*q'ar*

co znaczy: *zboczenie ciała niebieskiego dla danego miejsca, równa się jego wysokości południkowéj mniéj dopełnieniem szerokości geograficznéj tegoż miejsca.*

Jeżelibyśmy ciało *S* obserwowali z innego miejsca *b*, leżącego na tym samym południku, lecz w innéj szerokości, to równik niebieski dla tegoż miejsca wyobraża nam płaszczyzna *bq''*, poziom widoczny *h'r'*, zaś poziom prawdziwy *H'R'*. Jeżeliby promienie od ciała *S* idące do miejsc *a* i *b* były równoległe (jak to ma miejsce dla gwiazd stałych), wtenczas zboczenie tegoż ciała w miejscach *a* i *b* byłoby jednakowe. Jeżeli jednak odległość ciała *S* od ziemi nie jest tak wielka i promienie *Sa* i *Sb* czynią pewien kąt, natenczas zboczenia ciała, obserwowanego w tym samym czasie z różnych miejsc będą różne. Ażeby spostrzeżenia czynione na różnych miejscach powierzchni ziemi, można porównywać, należy wskazać wypadki jakiebyśmy otrzymali, czyniąc te obserwacje w jedném miejscu. Za takie miejsce przyjmujemy środek ziemi. Jeżelibyśmy ciało S widzieli ze środka ziemi, zboczenie jego wtenczas mierzyłby kąt Soq. To właśnie jest prawdziwem zboczeniem ciała i należy wskazać sposoby, jakiemi zboczenie to otrzymać można z obserwacyj czynionych na powierzchni ziemi.

Dla oznaczenia tego prawdziwego zboczenia, należy tylko znaleść wysokość ciała, względem poziomu prawdziwego, z wysokości względem poziomu widocznego.

W tym celu uważmy: że wysokość południkowa ciała S dla miejsca a względem poziomu widocznego hr, którą jak wiemy z powyższego łatwo znaleść, jest kąt Sar. wysokość zaś tego ciała względem poziomu prawdziwego HR jest

$$\text{kąt } SOR = SCr.$$

Kąt SCr, jako zewnętrzny względem trójkąta SaC, równa się summie dwóch wewnętrznych nie przyległych, czyli:

$$SCr = Sar + aSO$$

zatem,

$$SOR = Sar + aSC$$

zkąd:

$$SOR - Sar = aSO$$

co znaczy:

różnica wysokości ciała niebieskiego względem poziomu widocznego i prawdziwego, równa się kątowi, jaki tworzą promienie widzenia, skierowane na też ciało z danego miejsca i ze środka ziemi. Kąt ten aSO zowie się *paralaxą* ciała niebieskiego.

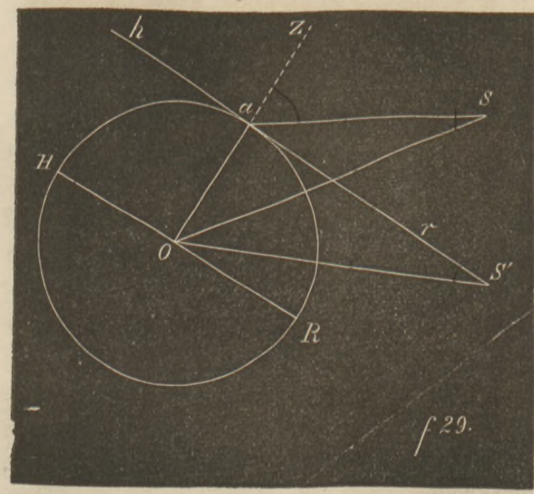
63. Idzie zatem tylko o wyznaczenie paralaxy: gdyż do wysokości ciała względem poziomu widocznego, dodając paralaxę, otrzymamy wysokość względem poziomu prawdziwego.

Następnie od téj wysokości *SOR*, odejmując *qOR* czyli dopełnienie szerokości geograficznéj danego miejsca, znajdziemy *SOq* czyli prawdziwe zboczenie.

64. Paralaxa bywa rozmaita, przy rozmaitéj wysokości ciała.

I tak: gdy ciało niebieskie jest w zenicie czyli gdy jego wysokość jest 90°, paralaxa wtenczas równa się zeru, bo ciało z miejsca *a* i ze środka ziemi widzimy w tym samym kierunku.

Gdy ciało jest na poziomie, czyli gdy wysokość jego równa zeru, paralaxa wówczas jest największą i zowie się *paralaxą poziomą*.



Znając paralaxę poziomą, można znaleść paralaxę odpowiednią jakiéj bądź wysokości.

Dajmy bowiem że paralaxę poziomą ciała *S* czyli kąt *aSO* znamy fig 29, i chcemy oznaczyć paralaxę tegoż ciała wtedy, gdy wysokość jego jest *Sar*, czyli chcemy znaleść kąt *aSO*.

Gdy wysokość ciała *S* jest *Sar*, wtedy odległość zenitalna jest *Saz*, oznaczamy ją przez *z*; oznaczmy daléj promień ziemi przez *R* (przyjmując ziemię za kulę); odległość ciała S od środka ziemi, czyli liniją SO przez D, nareszcie szukaną paralaxę czyli kąt aSO przez p; natenczas z trójkąta aSO, ponieważ boki są proporcyonalne do wstaw kątów przeciwległych, mamy:

$$D : R = wst\ SaO : wst\ p$$

lecz kąt $SaO = 180 - z$, zatem

$$D : R = wst\ (180 - z) : wst\ p$$

zkąd:

$$wst\ p = \frac{R}{D}\ wst\ (180^0 - z) = \frac{R}{D} wst\ z$$

Z wzoru tego widzimy: że $wst\ p$ zatem i sam kąt p ma wartość największą gdy $z = 90^0$, bo wtedy tylko $wst\ 90^0 = 1$.

Lecz gdy zenitalna odległość wynosi 90^0, wtenczas mamy paralaxę poziomą i oznaczając tę paralaxę przez P będzie:

$$wst\ \ P = \frac{R}{D}$$

dzieląc poprzedni wzór przez ten ostatni będzie:

$$\frac{wst\ p}{wst\ P} = wst\ z$$

Paralaxa jest zwykle bardzo małym kątem tak, że można stosunek wstaw kątów, przyjąć za stosunek samych kątów, czyli możemy pisać:

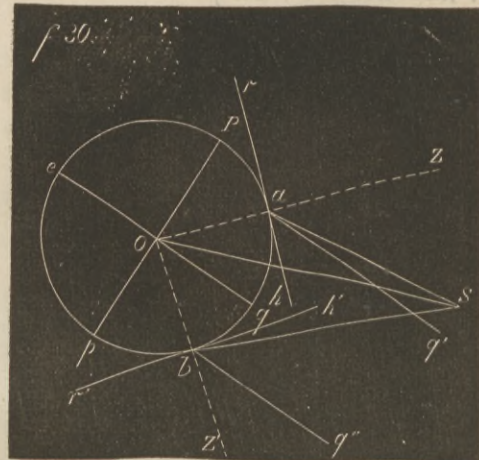
$$\frac{p}{P} = z$$

zkąd

$$p = P\ z$$

zatem: *paralaxa przy danéj wysokości, równa się paralaxie poziomej, pomnożonéj przez wstawę odległości zenitalnéj lub przez dostawę danéj wysokości.*

65. Najłatwiejszy sposób oznaczenia paralaxy pozioméj, z któréj widzieliśmy inne łatwo znaleść, jest następujący, Z dwóch miejsc a i b obserwując w tym samym czasie ciało S (fig. 30), znajdujemy zboczenia odpowiednie Saq' i Sbq'', a to znając wysokość południkową a tem samem odległość zenitalną i szerokość miejsca, mianowicie: należy od wysokości południkowéj ciała odjąć dopełnienie szerokości.



Znalazłszy tym sposobem Saq' i Sbq'' uważamy, że: kąt $Sbq'' = Scq'$; zaś Scq' jako kąt zewnętrzny trójkąta acS, równa się summie wewnętrznych nie przyległych kątów czyli:

$$Scq' = Saq' + aSb$$

zatem także:

$$Sbq'' = Saq' + aSb$$

zkąd:

$$Sbq'' - Saq' = aSb$$

Lecz: $aSb = aSO + bSO$ czyli summie paralax dla miejsc a i b przy odległościach zenitalnych, z których jedną przez z, drugą przez z' oznaczmy.

Dajmy wreszcie, że szukana paralaxa pozioma ciała S jest P zatem mamy:

$$aSO = P \text{ wst } z$$
$$bSO = P \text{ wst } z'$$

czyli dodając:

$$aSO + bSO = P(\text{wst } z + \text{wst } z')$$

że zaś:

$$aSO + bSO = aSb$$

zatem,

$$aSb = P(\text{wst } z + \text{wst } z')$$

zkąd:

$$P = \frac{aSb}{\text{wst } z + \text{wst } z'}$$

Wartości dla ilości na drugiéj stronie ostatniego wzoru będących, mogą być znalezione z obserwacyj, tym więc sposobem paralaxa pozioma może być oznaczona.— Żeby jednak wypadek na obserwacyi oparty, był dokładny, potrzeba aby kąt aSb nie był bardzo mały; dla tego sposobem powyżéj podanym, może być oznaczona paralaxa pozioma księżyca lub planety Marsa, bliżéj ziemi położonych, bacząc nawet, aby miejsca obserwacyj a i b były w znacznéj odległości, dla powiększenia kąta aSb.

Dla oznaczenia paralaxy pozioméj ciał niebieskich będących od ziemi w większéj odległości, astronomja podaje inne sposoby—wskazanie których przechodzi granice mniejszego wykładu.

66. Znając paralaxę poziomą można z niéj znaleść odległość ciała od ziemi. Bowiem według poprzedzającego, oznaczając odległość ciała od środka ziemi przez D promień ziemi przez R, paralaxę poziomą przez P znaleźliśmy

$$\text{wst } P = \frac{R}{D}$$

zkąd:

$$D = \frac{R}{wst\ P}$$

I tak paralaxa pozioma księżyca wynosi 57′; wstawa tego łuku przyjmując promień ziemi za jedność, wynosi prawie $^1/_{60}$ promienia, zatem odległość księżyca od środka ziemi, wynosi prawie: $\frac{R}{^1/_{60}} = 60\ R$; przyjmując zatem promień ziemi za 860 mil, mamy: że odległość księżyca od ziemi wynosi średnio około 52000 mil.

Paralaxa pozioma słońca wynosi około 8″. 6, zatem na odległość słońca od ziemi mamy:

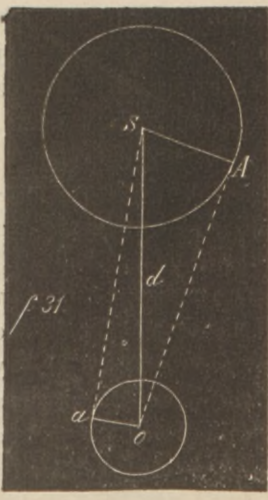
$$D = \frac{R}{wst\ 8'',\ 6}$$

że zaś wstawę łuku 8″, 6 przyjąć można za sam łuk, który jest $\frac{1}{24000}$ promienia, zatem:

$$D = \frac{R}{\frac{1}{24000}} = 24000\ R \text{ przeszło} = 24000 \times 860$$

mil przeszło, czyli odległość słońca od ziemi wynosi przeszło 20 milijonów mil, średnio zaś 20682329 mil geograficznych.

67. Znajomość paralaxy posłużyć może, do oznaczenia stosunkn promienia jakiegokolwiek ciała niebieskiego do promienia ziemi, należy tylko znać średnicę tarczy widocznéj ciała.



Bowiem w trójkącie prostokątnym ASO (fig. 31.) mamy:

$$AS = SO.\ wst\ AOS$$

lecz z trójkąta OaS mamy także:

$$Oa = SO.\ wst\ OSa;$$

dzieląc będzie:

$$\frac{AS}{Oa} = \frac{wst\ AoS}{wst\ OSa}.$$

OSa jest paralaxą, zaś $wst\ AOS$ przyjąć można za połowę widocznéj średnicy ciała, zatem mamy: *szukany promień ciała ma się do promienia ziemi, jak widoczny promień ciała do paralaxy tegoż ciała.*

Widoczna średnica księżyca wynosi 31′—7″ czyli promień 15′ — 33″; zaś paralaxa księżyca wynosi 57′; zatem stosunek promienia księżyca do promienia ziemi wynosi $\frac{15'\ 33''}{57'} = \frac{1}{3^4/_5}$ prawie;

co znaczy, że promień księżyca jest $3^4/_5$ razy mniejszy od promienia ziemi.

Widoczna średnica słońca wynosi 32′, zatem promień 16′, stosunek więc promienia słońca do promienia ziemi, pamiętając, że paralaxa pozioma wynosi prawie 8″,6 jest $\frac{16}{8'',6} = 112$; czyli promień słońca jest **112** razy większy od promienia ziemi.

68. Stosunkowa wielkość promieni ciał niebieskich do promienia ziemi, służy do obliczenia stosunkowéj wielkości powierzchni i objętości tych ciał pamiętając: że powierzchnie mają się do siebie jak kwadraty z promieni, bryłowatości jak sześciany z tychże promieni.

Na mocy tego bryłowatość słońca ma się do bryłowatości ziemi jak $112^3 : 1$ czyli jest 1405000 razy większa od objętości ziemi.

Badania teoretyczne okazały: że massa słońca jest 355500 razy większa od massy ziemi. Jeżeliby zatem te dwa ciała miały tę samą objętość, słońce ważyłoby 355500 razy więcéj od ziemi. Lecz gdy objętość słońca jest 1405000 razy większa od objętości ziemi, przeto gęstość średnia słońca wyniesie

$$\frac{355500}{1405000} = 0{,}253,$$

przyjmując gęstość ziemi za jedność. Że zaś ciężar gatunkowy naszego planety, według Cavendischa jest 5, 44— zatem materya składająca słońce nie jest gęstszą od wody.

XI. O obrocie ziemi około osi.

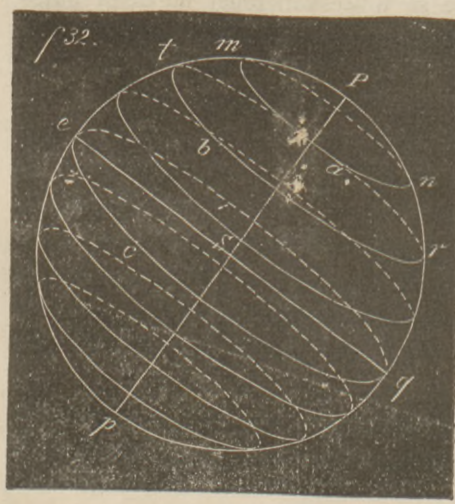
69. Wszystkie gwiazdy stałe zdają się nam w ciągu 24 godzin blizko, obracać około osi świata, która zlewa się z osią ziemi.

Starożytni chcąc ten ruch usprawiedliwić, uważali gwiazdy stałe jako przytwierdzone do sklepienia nieba, które to sklepienie obracać się miało z gwiazdami około osi świata. Lecz sklepienie nieba w samej rzeczy nie egzystuje, jest to tylko złudzenie optyczne wynikające ztąd, że człowiek pozbawiony środków znalezienia różnicy w od dległości gwiazd stałych, widzi je wraz ze słońcem i księżycem na granicy wzroku, w jednej odległości, chociaż słońce i księżyc są bliżej, od ziemi niż gwiazdy stałe, a i te nie są w jednakowej od ziemi odległości.

Skoro gwiazdy stałe są w nieskończonej od ziemi odległości, to gwiazdy szczególnie bardziej od bieguna odległe, biegną po kołach nie skończenie wielkich. Że zaś całe koło takie przebiegają w 24-ch godzinach. jakżeż ogromna jest prędkość? Czem usprawiedliwić ten szalony bieg ogromnych ciał niebieskich? żadne prawo ciążenia i ruchu, nie daje nam w tym razie zadawalniającej odpowiedzi. Jednakże w tym błędzie i omamieniu trwali uczeni, dopóki Mikołaj Kopernik Polak w XVI wieku żyjący nie dowiódł, że bieg widzialny dzienny całego bajecznego sklepienia nieba, pochodzi od rzeczywistego biegu ziemi około swéj osi.

W saméj rzeczy, przypuszczając że ziemia obraca się około swéj osi, wszystkie niepodobieństwa, jakoto: niezmierna prędkość przypisywana ogromnym gwiazdom w biegu dziennym, przytwierdzenie ich do sklepienia nieba, którego niéma i t. d. wszystko to ustaje. Płynąc łódką, jadąc drogą ileż razy nam się zdaje że jesteśmy w miejscu, gdy tym czasem przedmioty nad brzegiem rzeki będące, drzewa przy drodze stojące, poruszać się zdają w kierunku przeciwnym temu, w jakim płyniemy lub jedziemy. Tutaj rzecz się ma tak samo. Ziemia obraca się około swéj osi, nam się zaś zdaje, że wszystkie gwiazdy biegną na około tejże osi w kierunku przeciwnym. Pojmiemy teraz łatwo, dlaczego wszystkie gwiazdy i planety bez względu na ich odległość od ziemi, bieg ten dzienny w jednym czasie to jest prawie w 24 godzinach odbywają.

70. Przypuszczając że ziemia obraca się około swéj osi, każdy punkt na powierzchni ziemi obiega dziennie to koło równoleżne na którem jest położony, jak to na (figurze 32.) widzimy.



Jeżeli *Pp* jest oś około któréj ziemia się obraca, to punkt *a* obiega dziennie koło równoleżne *m n*, punkt *b* koło *tr*, punkt *c* koło *eq* czyli równik. Oczywistą jest rzeczą, że punkt im daléj od bieguna jest położony, tym większe koło obiega; największe koło jest równik, koło to obiegają punkta na równiku położone, czyli których szerokość jest zero. Że zaś wszystkie punkta ziemi po jakichkolwiek kołach biegną, w tym samym czasie wraz z ziemią bieg swój odbywają, przeto im który punkt po większem kole bieży, tym bieg jego jest prędszy. I tak: punkta równika obiegają w 24 godzin cały równik, czyli 5400 mil, zatem na sekundę 218 sążni; prędkość ta jakkolwiek znaczna, nie jest jeszcze tak przerażającą, jest bowiem wiele mniejsza od prędkości z jaką bieży kula armatnia. Dla biegunów prędkość jest żadna.

71. Jeżelibyśmy nie mieli pewnych dowodów, przekonywających o obrocie ziemi około osi, samo porównanie prostoty obrotu ziemi około osi, z ogromem przypuszczalnego obrotu sklepienia nieba, już powinno być dostateczne do przyjęcia pierwszego.

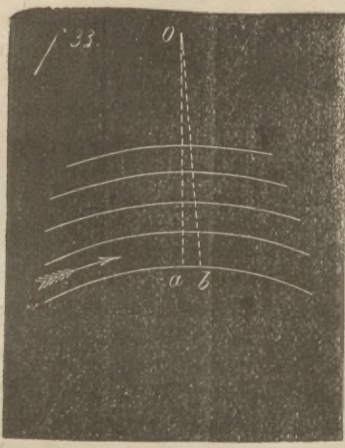
Są jednak zjawiska dowodzące obrotu ziemi około osi o których teraz mówić będziemy.

Zjawiska dowodzące obrotu ziemi około osi.

72. Jeżeli przypuścimy że ziemia obraca się około osi, musimy koniecznie przyjąć, że wraz z ziemią obraca się i atmosfera ziemię otaczająca; inaczéj bowiem—gdyby atmosfera była niewzruszoną, mielibyśmy wiatr przeciwny bardzo silny, czego doświadczamy jadąc ze znaczną prędkością np. drogą żelazną. Lecz cząstki atmosfery, są daléj od osi obrotu niż cząstki ziemi, więc w obrocie te cząstki atmosfery, biegną po kołach większych, zatem prędzéj, niż znajdujące się na téj saméj pionowéj lini

cząstki ziemi. Toż samo się stosuje do każdego ciała będącego w pewnéj odległości nad powierzchnią ziemi.

Dlatego z jakiéjkolwiek wysokości puszczając wolno kamień na ziemię, wystawiamy go na działanie dwóch sił: siły ciężkości, któréj kierunek jest pionowy i siły w skutek obrotu ziemi około osi. Przez cały czas spadku, kamień pod wpływem téj drugiéj siły, większéj niż dla punktów ziemi, przebieży większą drogę niż punkt na ziemi i nie padnie na ziemię w punkcie, w którymby padł tylko pod działaniem siły ciężkości, lecz zawsze bardziéj na wschód. I tak, pozorny bieg dzienny jest od wschodu na zachód, rzeczywiście zatem ziemia obraca się około swéj osi w kierunku przeciwnym, to jest od *zachodu na wschód* jak strzałka na (figurze 33.) pokazuje. Kamień zatem rzucony z punkta *O* tylko pod działaniem siły ciężkości padłby w punkcie *a*, lecz ponieważ kamień padający obiega na około osi prędzéj niż punkt *a* na ziemi, gdyż biegnie po kole większem, więc też nie padnie w punkcie *a*, lecz zawsze na wschód to jest w punkcie *b*. Zboczenie to jest bardzo małe, widoczne tylko przy rzucaniu ciał ze znacznéj wysokości, starając się przytem, aby na ciało spadające nie ziałały siły zewnętrzne, jak wiatr lub t. p. Doświadczenia zynione z największą ścisłością, sprawdziły to zdanie, że ciało spadające zbacza na wschód od pionowéj linii, co wypływa oczywiście z obrotu ziemi około osi.



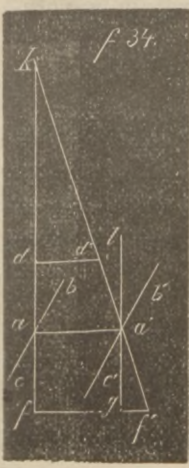
Doświadczenia P. Foucault.

73. Wyraźniejszy dowód obrotu ziemi około osi, przedstawiają nam spostrzeżenia czynione nad poruszaniem się wahadła.

Aby wpływ obrotu ziemi na wahadło był widoczny, należy je urządzić tak, aby wahadło mogło odbywać wahania nie na jednéj płaszczyznie pionowéj, jak przy zegarach, lecz na wszystkich płaszczyznach pionowych.

Zobaczmy, jaki wpływ wywierać powinien obrót ziemi około osi, na poruszania się wahadła.

Dajmy że miejscem obserwacyi jest punkt *a* na powierzchni ziemi w półkuli północnéj położony (fig. 34.)

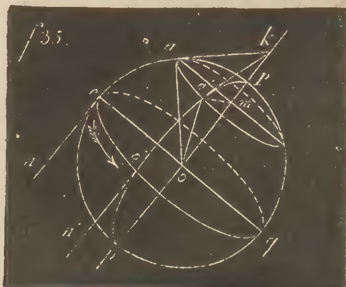


Dajmy nadto, że w tym punkcie *a* wahadło jest w równowadze i że kierunek linii południkowéj jest *df*, gdzie punkt *d* zwrócony jest ku północy, *f* ku południowi. Jeżeli wahadło na początku doświadczenia porusza się od *a* do *b* i do *c* tak, że łuk jaki zakreśla jest bardzo mały, to ten łuk można przyjąć za cięciwę *bc* i wtedy kierunek poruszeń wahadła z linją południkową tworzy kąt *dab*.

74. Aby oznaczyć skutek, jaki wywiera na wielkość tego kąta obrót ziemi około osi, trzeba oznaczyć zmiany, jakim w skutek tego obrotu ulega linija południkowa i kierunek wahań.

Co do linii południkowéj.

Dla miejsca *a* (fig. 35.) linja południkowa jest *ak*, wypadająca z przecięcia się poziomu tego miejsca z płaszczyzną południka. Linja ta *ak* przecina oś ziemi w punkcie *k* i gdy w skutek obrotu ziemi około osi, punkt *a*



obiegając swój równoleżnik przejdzie do punktu *a'*, wtedy punkt *k* nie ruszy się z miejsca i linja południkowa miejsca *a'* będzie *a'k*. Gdy łuk *aa'* jest tak mały, że bardzo mało różni się od linii prostéj to na poprzedzającéj figurze gdy *k* jest punktem, w którym linja południkowa przecina oś ziemi, przyjąć można, że gdy na początku ruchu wahadła, przez małą chwileczkę czasu punkt *a* przeniósł się ku wschodowi do *a'*, wtedy linja południkowa będzie *kf'*.

Co do kierunku wahań.

Wahadło wskutek działania siły ciężkości, porusza się w kierunku *bc* i na mocy bezwładności zachowuje ten kierunek, chociaż punkt *a* przeniesie się do punktu *a'*; więc kierunki wahań są zawsze równoległe, zatem w punkcie *a'* kierunek wahań jest *b'c'* równoległy od poprzedniego *bc*, fig. (34.)

Ponieważ zmiany linii południkowéj z *df* na *d'f'* nie możemy zauważać, gdyż wszystkie przedmioty zachowują względem niéj to samo położenie, zdawać się nam będzie że kierunek wahań zmienił się, bo kierunek ten czynił poprzednio z linją południkową kąt *dab*, teraz zaś czyni kąt $d' a' b'$ większy od poprzedniego. Prowadząc przez punkt a' linją $l g$ równoległą od $d f$ mamy:

$$\text{kąt } d' a' b' = d' a' l + l a' b' = a k a' + d a b.$$

Z równości téj widzimy, że *kierunek wahań w ciągu pewnego czasu, zmienia się na kąt równy kątowi, jaki czynią linje południkowe na początku i na końcu tego czasu.*

Należy zatem oznaczyć tylko kąt $a k a'$ fig. 35. Ponieważ łuk $a a'$ jest bardzo mały, przeto trójkąt $a m a'$ (fig. 35.) uważać możemy za linijny; trójkąt ten nadto dla równości boków $a m$ i $a' m$ jest równoramienny, toż samo trójkąt $a k a'$. Z trójkąta $a k a'$ otrzymamy: $\text{wst } \tfrac{1}{2}\, a k a' = \frac{\tfrac{1}{2}\, a a'}{k a}$, z trójkąta $a m a$ będzie: $\text{wst } \tfrac{1}{2}\, a m a' = \frac{\tfrac{1}{2}\, a a'}{m a}$, że zaś wstawy małych kątów mają się do siebie jak same kąty, przeto z dwóch powyższych równań będzie: $\frac{a k a'}{a m a'} = \frac{m a}{k a}$. Lecz z trójkąta prostokątnego $a k m$ mamy, $\frac{m a}{k a} = \text{wst } a k m$; zaś kąt $a k m = a o e$ tojest szerokości miejsca, oznaczając ją tedy przez α mamy: $\frac{a k a'}{a m a'} = \text{wst } \alpha$; czyli: *stosunek zmiany kierunku wahań do zmiany płaszczyzny południka, równa się wstawie szerokości.*

Wyprowadzony powyżéj stosunek, gdy kąty $a k a'$ i $a m a$, są bardzo małe, ma miejsce dla jakichkolwiek kątów, bowiem jeżeli małe cząsteczki są w tym stosunku, to i całości z tych cząstek złożone są w tymże samym stosunku.

Z ostatniego wzoru mamy:

$a k a = a m a' \; wst \; \alpha$.

Widzimy, że zmiana kierunku wahań tym jest większa im szerokość miejsca jest większa.

Dla biegunów $wst \; \alpha = wst \; 90^0 = 1$. zatem $a k a' = a m a'$ czyli, zmiana kierunku wahań równa się zmianie płaszczyzny południka.

Na równiku zmiana kierunku wahań równa się zeru bo $\alpha = 0$ zatem i $wst \; \alpha = 0$.

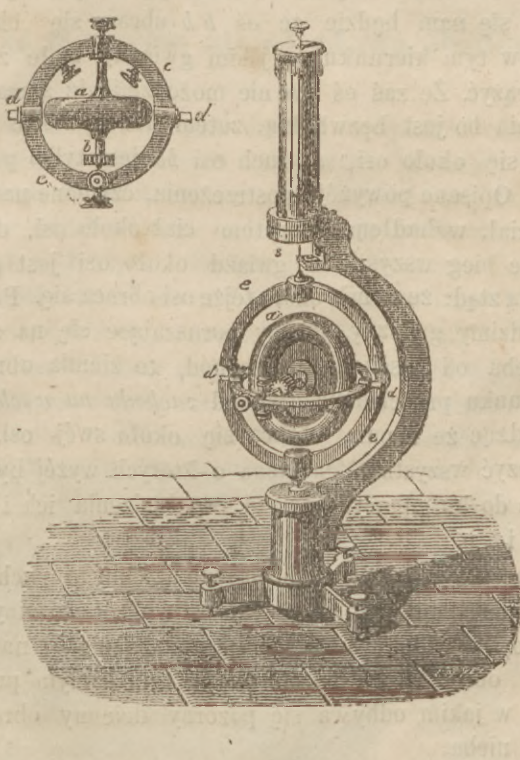
Dla miejsc na półkuli południowéj, trzeba szerokość α brać ze znakiem—, skoro szerokość północną przyjęliśmy za dodatną.

Przypuszczając zatem, że ziemia obraca się około osi, widzimy jakie zmiany zachodzić powinny w kierunku wahań poruszającego się wahadła. Doświadczenia po raz pierwszy przez Fizyka francuzkiego Foucault czynione i następnie przez innych powtórzone, sprawdziły powyższe wnioski i zjawiska, wypadające z obrotu ziemi około osi.

75. Tenże Fizyk francuzki Foucault inaczéj jeszcze dowodzi obrotu ziemi około osi. Przyrząd użyty przez niego w tym celu zowie się *hyroskopem.*

Urządzenie hyroskopu polega na takiéj zasadzie: jeżeli jakiekolwiek ciało obraca się około swéj osi, to każda cząstka tego ciała na mocy bezwładności zachowuje ruch jéj nadany, zatem i oś obrotu zachowuje swoje położenie, jeżeli na nią nie działa żadna inna siła. Lecz żeby ta oś przy obrocie ziemi mogła zachować swój kierunek, trzeba ją tak ustawić: aby jéj kierunek był niezależny od przedmiotów na ziemi będących, tojest tak: aby względem tych przedmiotów oś ta mogła przyjmować wszystkie kierunki.

Dla tego hyroskop urządzony jest w ten sposób: Dosyć ciężki krąg metalowy *a a* (fig. 36.) obracać się może około osi *b b* przechodzącéj przez jego środek ciężkości. Oś *b b* jest średnicą pierścienia *Cc*. Pierścień *Cc*



ma dwie pryzmy *dd* na średnicy prostopadłéj do osi *bb*. Temi pryzmami pierścień *C c* wspiera się na pierścieniu *e e* zawieszonym pionowo na nici *s*. Tym sposobem oś *b b* może przyjmować wszelkie dowolne kierunki. Aby zrobić doświadczenie, pierścień *C c* wraz z osią *b b* i krągiem *a a* wyjmuje się i nadawszy silny bieg wirowy kręgowi *a a*, wstawia się wszystko w pierścień *e e*.

Na mocy powyższego oś *b b* zachować powinna swój kierunek, lecz z powodu obrotu ziemi około osi, ponieważ przedmioty wszystkie zmieniają swoje położenie zdawać się nam będzie że oś *b b* obraca się około osi świata w tym kierunku w jakim gwiazdy stałe zdają się nam krążyć. Że zaś oś *b b* nie może zmienić sama swego położenia bo jest bezwładną, zatem rzeczywiście ziemia obraca się około osi, a ruch osi *bb* jest tylko pozorny.

76. Opisane powyżéj spostrzeżenia, czynione nad spadkiem ciał, wahadłem i obrotem ciał około osi, dowodzą nam, że bieg wszystkich gwiazd około osi jest pozorny i wynika ztąd: że ziemia około tejże osi obraca się. Ponieważ zaś widzimy gwiazdy, jakoby poruszające się na sklepieniu nieba od wschodu na zachód, to ziemia obraca się w kierunku przeciwnym czyli od *zachodu na wschód.*

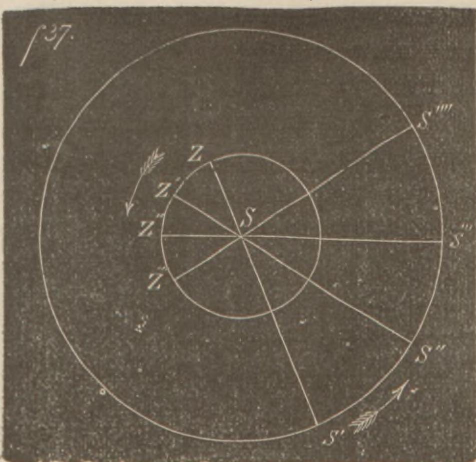
Wiedząc że ziemia obraca się około swéj osi, łatwo tłumaczyć wszystkie fenomena o których wyżéj była mowa, co do kulminacyi gwiazd, wschodzenia ich i zachodzenia i t. p.

W ogólności, zamiast pozórnego dziennego ruchu sklepienia nieba, przyjmując rzeczywisty obrót dzienny ziemi około osi, w widoku nieba nic się nie zmienia—i naturalnie ziemia obrót około osi odbywa w tym samym przeciągu czasu, w jakim odbywa się pozorny dzienny obrót sklepienia nieba.

XII. O ruchu ziemi około słońca.

77. Okazaliśmy, że ruch dzienny wszystkich ciał niebieskich z ziemi widzialnych, jest tylko pozorny. Słońce oprócz tego ruchu dziennego, ma jeszcze inny ruch roczny, w skutek którego zmienia swoje położenie względem gwiazd stałych. Zachodzi pytanie: czy ten ruch słońca około ziemi nie jest także pozorny i czy nie wynika z rzeczywistego ruchu ziemi około słońca?

78. W samej rzeczy przypuszczając, że słońce jest niewzruszone, zaś ziemia ruch roczny około słońca odbywa, możemy łatwo wytłumaczyć wszystkie zjawiska opisane powyżej, z biegu rocznego słońca wypadające. Ażeby się o tem przekonać dajmy że S jest słońce, (fig. 37) zaś ziemia Z odbywa około słońca ruch, w kierunku jak strzałka pokazuje.



Gdy ziemia jest w Z, wówczas widzimy słońce na sklepieniu nieba w punkcie S', gdy ziemia przejdzie do punktu Z' widzimy słońce w punkcie S'', gdy ziemia przejdzie do punktu Z'', widzimy słońce w punkcie S''', i tak dalej, nie czując ruchu ziemi zdawać się nam będzie, że słońce biegnie na około ziemi w kierunkn przeciwnym.

Że słońce nie może krążyć na około ziemi, to względna wielkość tych dwóch ciał niebieskich, najlepszym jest tego dowodem. Nie podobna bowiem, aby słońce, którego promień jest 112 razy większy od promienia ziemi, czyli którego massa jest 112^3 razy większa od massy ziemi, niepodobna powtarzamy, aby taka massa ogromna krążyła około massy ziemi. Przyjmując bowiem, że przyczyną ruchu ciał niebieskich jest siła pierwotnego rzutu i powszechnego ciążenia, to trudno przypuścić ażeby ziemia miała przewagę w sile ciążenia ze słońcem. Raczej przyjąć musimy, że massa słońca przyciąga massę ziemi i tym sposobem nie słońce na około ziemi, lecz ziemia na około słońca krąży.

79. Oprócz tego dowodu opartego li tylko na prawach ruchu ciał niebieskich, są jeszcze inne dowody stwierdzające ruch ziemi na około słońca.

Opuszczając te, które wymagają znajomości nauki o świetle, wspomnimy tutaj o aberracyi gwiazd stałych.

80. Jeżeli w skutek obrotu rzeczywistego ziemi około słońca, widzimy pozorny ruch słońca około ziemi, to i gwiazdy stałe powinny także pozornie krążyć na około ziemi. Ten właśnie pozorny ruch gwiazd stałych, zowiemy *aberracją.*

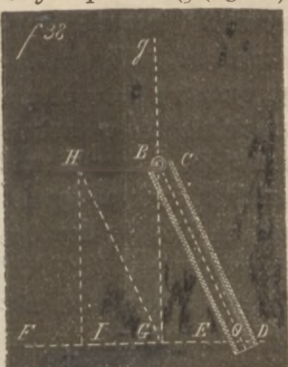
Bradley Angielski Astronom w r. 1727 piewrszy odkrył aberracją gwiazd stałych. Z licznych obserwacyj przekonał się on, że wszystkie gwiazdy stałe w skutek obrotu ziemi na około słońca, zdają się nam opisywać około ich prawdziwego miejsca koła; kątowa wielkość promieni tych kół dla wszystkich gwiazd stałych jest jednakowa i wynosi 20,″ 5. Gwiazdy położone w bliskości biegunów ekliptyki, zdają się nam krążyć po kołach, dla innych, gwiazd stałych pozorne te drogi są elipsami, nareszcie dla gwiazd leżących na płaszczyznie ekliptyki, drogi te są linjami prostemi.

Aberracya gwiazd stałych, której przyczyny w systemie Ptolomeusza, nie było można wytłumaczyć, jest naturalnie zjawiskiem pozornym, wynikającym z rzeczywistego obrotu ziemi na około słońca.

81. Aby lepiej zrozumieć tę aberracją, przytoczymy następujące przykłady:

1-o. Jeżeli na ulewie pionowej, stoimy prosto w spoczynku, wtedy deszcz spada na wierzch głowy, czyli tylko na kapelusz lub czapkę pokrywające głowę. Biegnąc ednak, taż sama ulewa pionowa pada nam na twarz, tak jakbyśmy stali w spoczynku a deszcz padał ukośny.

2-o. Dajmy że kulka nie bardzo ciężka, spadająca na ziemię z punktu g,(fig. 38), spotyka w punkcie B, otwór rurki



pochyłej CD, której średnica większa jest niéco od średnicy kulki. Jeżeliby rurka była stała, wtedy kulka padłaby zaraz na spód przebiegając cały otwór; wrazie jednak gdy rurka porusza się od punktu E do punktu F ze znaczną prędkością, zachowując toż samo nachylenie, wtedy kulka dosięgnąwszy punktu B, spada dalej po linii pionowej BG, znajdując się przy tem zawsze na osi BO rurki. Jeżeli obserwator ulega temuż samemu ruchowi co i rurka, nie czując tego ruchu, wtedy będąc w G zdawać mu się będzie, że kulka biegła w kierunku HG.

Dajmy, że zamiast kulki mamy w punkcie B atom światła gwiazdy g, dajmy nadto że CD jest lunetą poruszającą się tak, że przebiega przestrzeń OG, wtedy gdy atom światła B przebieży BG. Zatem obserwator umieszczony w G, zamiast widzieć gwiazdę w kierunku Gg, widzi ją w kierunku HG; kąt gGH jest właśnie *aberracją* gwiazdy. Nadto linja GH jest przekątną prostokąta $BGHJ$, zbudowanego na linjach GB i $GJ = OG$. Linje zaś te GB i GJ są proporcyonalne do prędkości światła i obserwatora.

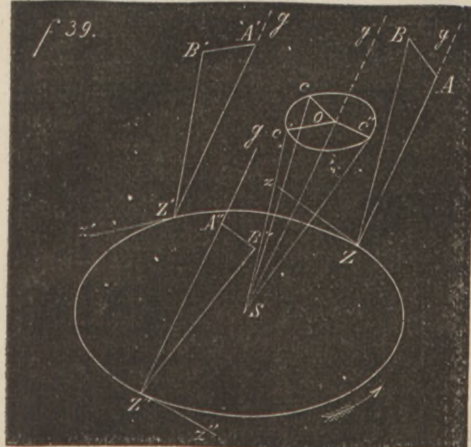
Wiedząc to, uważmy: że gdyby ziemia stała niewzruszona w przestrzeni, jakąkolwiek gwiazdę widzielibyśmy, w każdej chwili w tym kierunku gdzie się rzeczywiście znajduje; jeżeli zaś ziemia porusza się po kole Z, Z' Z'' (fig. 39). (w tym razie drogę ziemi możemy przyjąć za koło), w skutku tego ruchu powstają następujące zmiany:

Jeżeli ziemia jest w Z, wtedy gwiazdy g nie będziemy widzieć w kierunku Zg równoległym od Sg, lecz w kierunku ZB, który jest trzecim bokiem trójkąta BAZ; dwa boki tego trójkąta AZ i AB są proporcyonalne i równoległe do prędkości światła i ziemi. Jeżeli ziemia jest w punkcie Z', gwiazdy g nie widzimy w kierunku $Z'A'$, lecz zdawać się nam będzie położona w kierunku $Z'B'$, i tak następnie.

Dla uproszczenia rysunku, weźmy na linii Sg dowolną długość So, i przez punkt O poprowadźmy OC, OC', OC'' równoległe od stycznych Zz, $Z'z'$, $Z''z''$ i równe sobie tak: aby stosunek $\frac{OC}{OS}$ był równy stosunkowi prędkości ziemi do prędkości światła. Punkta C, C', C'' będą położone na okręgu koła równoległym od ekliptyki, linje zaś SC, $S'C'$

S'' C''... równoległe od ZB, $Z'B'$, $Z''B''$ i t. d. utworzą ostrokrąg kołowy, którego oś tworzyć będzie z podstawą kąt równy szerokości gwiazdy.

Według tego, zjawisko odbywa się tak, jakby ziemia była niewzruszona w S, gwiazda zaś g poruszała się po kole CC', C''..... Przecięcie ostrokręgu, o którym wyżej, że sklepieniem nieba jest elipsą, której osie co do kierunku i wielkości łatwo znaleść można. Mianowicie zaś



znaleziono: że *oś mała elipsy aberracyi, leży na płaszczyznie przechodzącej przez gwiazdę i przez oś ekliptyki. Wielka oś elipsy aberracyi jest stała a stosunek małej osi do wielkiej, równa się wstawie szerokości gwiazdy.* Ztąd to pochodzi, że jak wyżej mówiliśmy, gwiazdy stałe zdają nam się w skutku aberracyi, krążyć prawie po kołach, te które są przy biegunach ekliptyki, a po linjach prostych, leżące na płaszczyznie ekliptyki.

Aberracya tedy gwiazd stałych, przekonywa nas najlepiej o obrocie ziemi około słońca.

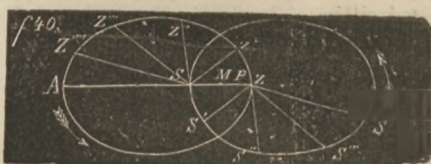
82. Mówiąc o pozornym ruchu słońca po ekliptyce, powiedzieliśmy: że średnica widocznej tarczy słońca, nie jest zawsze tej samej wielkości, lecz się zmienia, co pochodzi z niejednakowej zawsze odległości ziemi od słońca. Okazaliśmy, że kątowe wielkości średnicy słońca, są odwrotnie proporcyonalne do odległości ziemi od słońca. Wła-

sność ta posłużyła nam nadto, do oznaczenia rzeczywistego kształtu ekliptyki, mianowicie: że ona nie jest kołem lecz elipsą mało różniącą się od koła, której mimośród wynosi tylko 0, 017.

Skoro zaś okazaliśmy teraz, że bieg słońca pozorny wypływa z rzeczywistego obrotu ziemi około słońca, przyjąć więc musimy, że ziemia obiega ekliptykę takiego kształtu jak powyżej znaleziono, t. j. elipsę, w jednym ognisku której jest słońce; nie jednakowa zaś wielkość średnicy widocznej tarczy słońca pochodzi ztąd: że ziemia w biegu po swej orbicie eliptycznej, nie zawsze jest w jednakowej odległości od słońca.

Że ziemia w obrocie swoim rocznym około słońca, musi opisywać elipsę taką samą, jaką słońce opisywać się zdaje w biegu pozornym po ekliptyce, pokazuje najlepiej (fig. 40).

Niech S S' S'' S''' wyobraża ekliptykę, jaką słońce zdaje się opisywać na około ziemi. Wyobraźmy sobie, że ekliptyka ta robi pół obrotu na swej płaszczyznie, około punktu M środka prostej SZ, wtedy punkt Z padnie na punkt S i odwrotnie punkt S na punkt Z; elipsa zaś



SS' S'' S''' przyjmie położenie ZZ' $Z''Z'''$. Ta ostatnia elipsa jest właśnie drogą, jaką ziemia opisuje na około słońca nieruchomego, a wtedy w widoku nieba dla mieszkańca ziemi, nic się nie zmienia. W rzeczy samej, skoro widzimy słońce na sklepieniu nieba idące od S do S', kierunek ZS zmienia się na ZS'; jeżeli zaś słońce jest nieruchome, a przeciwnie ziemia idzie od Z od Z', opisując uk ZZ' równy łukowi SS', kierunek w którym widzimy słońce po tym przebiegu ziemi, zmieni się zupełnie tak samo jak poprzednio, bowiem prosta $Z'S$ jest równoległa do ZS'. Nadto odległość słońca od ziemi wynosi ZS', gdy słońce przejdzie pozornie od S do S'; skoro zaś w rzeczy samej, ziemia wtedy posunie się od Z do Z' a słońce pozostaje w S, odległość tych dwóch ciał wynosi $Z'S = ZS'$. Zamiast przeto przypuszczenia, że słońce przebiega kolejno łuki ekliptyki SS', $S'S''$, $S''S'''$.... na około nieruchomej ziemi, przyjmujemy że ziemia w tym samym czasie przebiega po takiejże samej elipsie, łuki ZZ', $Z'Z''$, $Z''Z'''$... poszczególe równe poprzedzającym, słońce zaś S jest nieruchome. Nie zmienia się tym sposobem nic, co do kierunku w którym słońce widzimy i co do zmiany odległości ziemi od słońca.

83. Droga jaką ziemia w biegu około słońca opisuje, zowie się *orbitą* ziemską. Oś ziemi czyni z płaszczyzną ekliptyki czyli téj orbity kąt $66^0\ 32'$, skoro jak wiemy z powyższego ekliptyka nachylona jest do równika pod kątem $23^0\ 28'$. Promień orbity ziemi, wynosi tyle prawie co odległość ziemi od słońca t. j. 24000 promieni ziemskich czyli 20600000 mil geograficznych. Ponieważ ziemia całą swoję orbitę przebiega w $365\frac{1}{2}$ dni, zatem na sekundę przebiega 4, 1 mil geograficznych.

Przyjmując obrót ziemi około słońca, o istnieniu którego od czasów Kopernika nikt nie wątpi, można wytłumaczyć wszystkie zjawiska, jakie wyprowadziliśmy wyżéj z pozornego ruchu słońca, mianowicie co do pór roku, różnicy w długości dnia i nocy i t. d.

84. Końce osi wielkiej orbity ziemskiej czyli ekliptyki, są to punkta w których ziemia jest najbliżej i najdalej od słońca, jak to na (fig. 40) widzimy. Punkt P w którym ziemia jest najbliżej słońca, zowie się *perihelium*, punkt

zaś A, największej odległości od słońca zowie się *aphelium*. W perihelium jest ziemia około 1-go Stycznia, w aphelium około 2-go Lipca.

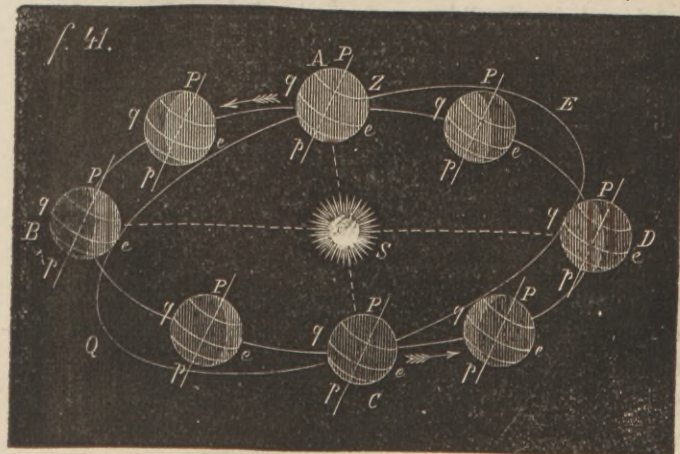
Jeżeli spostrzeżenia w których oznaczyliśmy położenia ziemi Z', Z'', Z'''... na ekliptyce, czynione są w równych odstępach czasu, wtedy kąty $Z'SZ''$, $Z''SZ'''$... nie są jednakowe, lecz okazano, że: powierzchnie orbity ziemi zakreślone w równych czasach przez promienie wodzące SZ', SZ'', SZ''' są sobie równe, co zawarte jest w takiem prawie: *Powierzchnie opisane promieniami wodzącemi, są proporcyonalne do czasów.*

Z powyższego prawa wnosimy, że prędkość ruchu ziemi tym jest większa, im ona bliżej jest słońca. Jeżeli bowiem powierzchnia $Z'SZ'' = Z'''SZ^{IV}$, zaś odległości SZ''' i SZ^{IV} większe są od odległości SZ', SZ'', to musi być $Z'Z'' > Z'''Z^{IV}$ bo gdyby $Z'''Z^{IV} = Z'Z''$ wtedy powierzchnia $Z'SZ''$ byłaby mniejsza od powierzchni $Z'''SZ^{IV}$ co być nie może.

W lecie i na wiosnę, ziemia jest dalej od słońca niż w zimie i podczas jesieni, dla tego podczas pierwszych dwóch pór roku biegnie wolniej, niż w ciągu dwóch drugich. Ztąd też u nas wiosna i lato dłuższe są od jesieni i zimy. Różnica między porami roku, wynosi około 8 dni.

85. Na figurze 41 widzimy ziemię w prawdziwym jej biegu około słońca na ekliptyce. S jest słońce, EQ równik niebieski, $ABCD$ ekliptyka czyli orbita ziemi, pochylona do równika na $23^0\ 28'$. Punkta A i C są punktami *porównań:* A wiosennego, C jesiennego. Punkta D i B przesileń: B *letniego*, D zimowego. Położenie ziemi w punktach A, B, C i D jest na początku czterech pór roku: A wiosny, B lata. C jesieni, D zimy. Pp oznacza oś obrotu dziennego ziemi.

Ziemia krążąc w przestrzeni około słońca; obraca się jednocześnie około swojej osi; zatem oś obrotu wirowego ziemi, przenosi się wraz z ziemią z miejsca na miejsce. Ponieważ jednak ta oś, oraz równik niebieski, prostopadły do tej osi, ma zawsze to samo położenie względem gwiazd stałych, zatem nie zmienia swego kierunku; przyjąć za-



tem musimy, że: gdy środek ziemi bieży na około słońca po orbicie eliptycznej, oś obrotu dziennego ziemi porusza się równolegle od pierwotnego swego położenia.

W każdem położeniu ziemi na jej orbicie w ciągu roku, słońce oświeca i ogrzewa połowę jej powierzchni oddzieloną od półkuli ciemnej tak zwaną płaszczyzną świetlnika, w skutku zaś wirowego ruchu dziennego ziemi, prawie cała powierzchnia korzysta z dobroczynnych promieni słonecznych. Z przyczyny zaś pochyłości osi Pp ziemi do ekliptyki, jeden z jej biegunów jest obrócony ku słońcu, drugi w stronę przeciwną, zkąd wypada, że części powierzchni ziemi przy biegunowe, pozostają stale: jedna w części oświeconej, druga w części ciemnej. Ruch ziem około słońca sprawia, że każdy z biegunów znajduje się z kolei w położeniu takiém, że odbiera promienie słoneczne. Gdy linja przecięcia się ekliptyki z równikiem ziemi, przechodzi przez środek słońca, wtedy ziemia jest w porównaniach wiosenném lub jesienném. Po wyjściu z punktu *A* porównania wiosennego, biegun północny ziemi, zwrócony jest ku słońcu i odbiera promienie słońca, dopóki ziemia nie przyjdzie do punktu *C* porównania jesiennego. Wtedy biegun północny pozostaje już ciągle w części nieoświeconéj, a natomiast biegun południowy korzysta z promieni światła, aż do powrotu ziemi do porównania wiosennego Łatwo teraz pojmujemy dla czego część półkuli północnej ziemi oświecona, powiększa się od porównania wiosennego do przesilenia letniego, a następnie zmniejsza się do porównania jesiennego. Uważając nadto na fig. 41 równoleżniki ziemi w różnych ich położeniach na orbicie, pojmujemy przyczynę różnicy między długością dnia i nocy dla różnych punktów ziemi, oraz że w czasie porównań dzień równy jest nocy

86. Powiedzieliśmy już, że pierwszy Kopernik poważył się zwalić dawny system Ptolomeusza, puścić ziemię wraz z innemi planetami w obieg około słońca, i przypisća jéj ruch wirowy około osi. Po trzydziestu latach niezmordowanéj pracy Kopernika, stanęła okazała budowa dzisiejszej astronomii, nacechowana związkiem i godnością, których, według słów Kopernika, żadnym innym sposobem zastąpić niepodobna.

Zasady swoje wypowiedział Kopernik w dziele pod tytułem: *O obrocie ciał niebieskich* (*De Revolutionibus Orbium Coelestium*), których żadne zarzuty ówczesnych a nawet intrygi, zachwiać nie były w możności. Obecnie, przekonani o prawdziwości systemu Kopernika, zachwyceni jego prostotą, zdumiewamy się nad potęgą genjuszu, który w owych czasach, w obec wszelkiego rodzaju przeciwności, pozbawiony nawet środków materjalnych, narzędzi do obserwacyj potrzebnych, zdołał przeniknąć tak wielkie prawdy stworzenia.

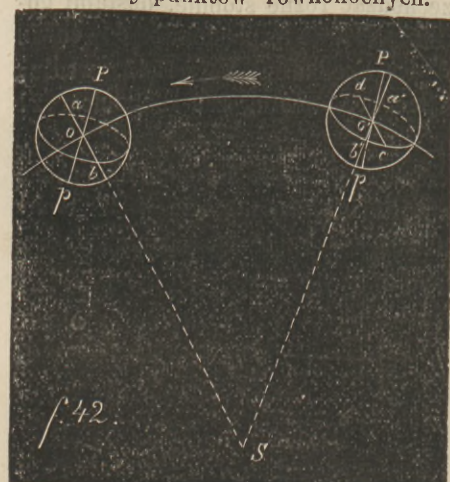
Kopernik Mikołaj ziomek nasz, urodził się 19 Lutego 1473 r. w Toruniu mieście dawnego województwa chełmińskiego, z ojca Mikołaja obywatela miasta Torunia i Barbary z Wacelrodów. Po ukończeniu nauk początkowych, kształcił się w Uniwersytecie Krakowskim pod *Brudzewskim*, okazując szczególniejsze zamiłowanie do matematyki i samomodzielność myślenia.

Zwiedził następnie Włochy, a poświęciwszy się zawodowi duchownemu, przechodząc różne stopnie, dostąpił godności kanonika Warmińskiego i tę piastował do chwili zgonu, który nastąpił we Frejburgu w r. 1543, według Śniadeckiego Jana 1 Czerwca, według zaś D. Szulca 21 Maja.

Po szczegóły dotyczące życia, prac i dzieł Kopernika, odsełamy do dzieł Jana Śniadeckiego, gdzie w II tomie wydania Michała Balińskiego z r. 1837, znajdujemy obszerną rozprawę o Koperniku.

XIII. Cofanie się punktów równonocnych.

87. Przyjmowaliśmy dotąd, że linja przecięcia się ekliptyki z równikiem jest stała i kierunku swojego nie zmienia. Lecz tak w rzeczy samej nie jest; linja ta zmienia swoje położenie w kierunku przeciwnym biegu ziemi na około słońca i na około osi, i sprawia to, co zowiemy cofaniem się punktów równonocnych. Wielkość tego cofana wynosi $50\frac{1}{4}''$ na rok. W skutek tego ziemia w ciągu roku zwrotnikowego obiega mniej niż całą ekliptykę.



W samej rzeczy przypuśćmy, że w czasie wiosenngo porównania, środek ziemi znajduję się na ekliptyce w punkcie *O* fig. 42; wtedy na linii *ab* podług której równik przecina się z ekliptyką, znajduje się słońce *S*.

Jeżeliby kierunek tej linii nie zmieniał się, to gdy ziemia wróci do punktu porównania jesiennego, powinniśmy słońce widzieć na linii *ab*. Lecz linja *ab* zmienia swoje położenie w kierunku przeciwnym biegu ziemi około słońca, tak, że gdy ziemia przyjdzie do punktu O' czyli, gdy do przebiegu całej orbity brakuje łuku OO' linja ta ma położenie $a'b'$ nie równoległe od ab i zdawać się będzie że ziemia przebiegła całą orbitę, bo na tej linii $a'b'$ widzieć będziemy słońce. Linja właśnie $a'b'$ czyni z linją ab czyli równoległą od niej cd kąt $a'o'c = 50''{}^1/_4$; że zaś o S o' $= a'o'c$ przeto kąt $oso' = 50''{}^1/_4$, czyli ziemia przebiega rocznie $360^o - 50''{}^1/_4$.

Zatem po upływie roku zwrotnikowego, widzimy słońce nie na przeciwko tych samych gwiazd co z początkiem roku; widzieć będziemy dopiero słońce na przeciwko tych samych gwiazd gdy ziemia dosięgnie punktu O. Rok taki dłuższy od zwrotnikowego zowie się rokiem gwiazdowym; w ciągu roku gwiazdowego ziemia przebiega 360^o, zaś w ciągu roku zwrotnikowego $360^o - 50''{}^1/_4$. Rok gwiazdowy tym sposobem zawiera 365 dni, 6 godzin, 9 minut i 10, 8 sekund, gdy tymczasem zwrotnikowy, jak widzieliśmy wyżéj, ma tylko 365 dni 5 godzin 48 minut 47,8 sekund.

Ponieważ punkta równonocne cofają się corocznie o $50''{}^1/_4$ przeto do przebieżenia całej ekliptyki czyli 360^o potrzebują one około 25868 lat.

Jednocześnie z cofaniem się punktów równonocnych, oś ziemi odbywa ruch obrotowy na około osi ekliptyki. Wypada ztąd, że biegun świata czyli punkt, w którym oś ziemi przedłużona, przecina się ze sklepieniem nieba, obraca się zwolna około bieguna ekliptyki. W samej rzeczy, gwiazda polarna dziś położona tylko na 1^o, 28 od bieguna północnego, kiedyś była od tego bieguna odległa na 12^o; zatem biegun północny zbliżył się do tej gwiazdy, zbliży on się jeszcze więcej, a następnie oddalać się będzie i znowu się zbliży po upływie wieków.

Przyczyna obrotu osi ziemi na około równoległej od osi ekliptyki, a zatem i przyczyna cofania się punktów równonocnych, wynika z przyciągania wywieranego przez słońce na wypukłość ziemi przy równiku. Podajemy tę teoryę nie wchodząc w szczegóły, wychodziłoby to bowiem po za granicę naszego wykładu.

88. Oś ziemi oprócz obrotu około równoległej od osi ekliptyki, który sprawia cofanie się punktów równonocnych i jest spowodowany działaniem słońca, ma jeszcze inny nieznaczny obrot czyli wachanie się zwane *nutacyą*, wynikające z działania księżyca na oś ziemi. Droga nutacyj jest bardzo małą elipsą, której osie wynoszą tylko 13″, 7 i 18″, 5. Peryod tego obrotu wynosi około 19 lat. Oś wielka elipsy, skierowana jest ku biegunowi ekliptyki.

---

89. Dla skończenia naszego wykładu, pozostaje nam jeszcze obznajmić uczących się z satelitą ziemi, księżycem, z innemi ciałami niebieskiemi wspólnie z ziemią krążącemi około słońca czyli z planetami i kometami; wspomnieć wreszcie o zaćmieniach i o wynikajacem z działania słońca i księżyca na ziemię, przypływie i odpływie morza.

Za nim jednak do tego przystąpimy, powtórzymy w streszczeniu to, nad czem powyżej poszczególe zastanawialiśmy się.

Ziemia krąży po elipsie na około słońca, będącego w jednym z ognisk tej elipsy, potrzebując rok czasu do przebieżenia tej orbity. Ruch ziemi po swej orbicie ulega prawu takiemu: że powierzchnie elipsy zakreślone promieniami wodzącemi, są proporcyonalne do czasów. Jednocześnie z ruchem rocznym około słońca, ziemia odbywa ruch wirowy dzienny na około osi, pochyłej do orbity. Oś obrotu wirowego ziemi, przenosi się z miejsca na miejsce wraz z ziemią, prawie równolegle od pierwotnego swego położenia. Równoległość ta jednak nie jest ścisła, gdyż oś ziemi odbywa pewien ruch około prostopadłej do płaszczyzny orbity ziemskiej.

Ruch dzienny ziemi około osi, powoduje ruch pozorny dzienny sklepienia nieba w odwrotnym kierunku. Takim samym sposobem, z przyczyny ruchu rocznego ziemi około słońca, słońce zdaje nam się krążyć w tymże samym czasie, po takiej samej orbicie, ekliptyce. Nadto, z przyczyny ruchu rocznego ziemi około słońca, gwiazdy stałe, zdają nam się zmieniać swe położenie na sklepieniu nieba i zdają się odbywać pewien ruch zwany aberracyą gwiazd stałych.

Ruch wirowy dzienny ziemi około osi, powoduje następstwo dnia i nocy dla każdego miejsca ziemi. Nareszcie ruch roczny ziemi około słońca, sprawia tak ważne dla mieszkańca ziemi, zjawisko pór roku.

XIV. O księżycu.

90. Nieodstępny towarzysz ziemi księżyc, krąży od zachodu na wschód na około naszego planety, lecz odbierając światło swe od słońca, w nocy tylko jest widzialny, bo gdy słońce jest nad poziomem czyli we dnie, wcale lub tylko blado z ziemi jest widzialny. Że księżyc niema własnego światła, lecz odbiera je od słońca, najlepiej dowodzą odmiany czyli lunacye księżyca, o których niżéj. Jeżeliby księżyc miał światło własne, wtedy widoczna jego tarcza zawsze byłaby kołową.

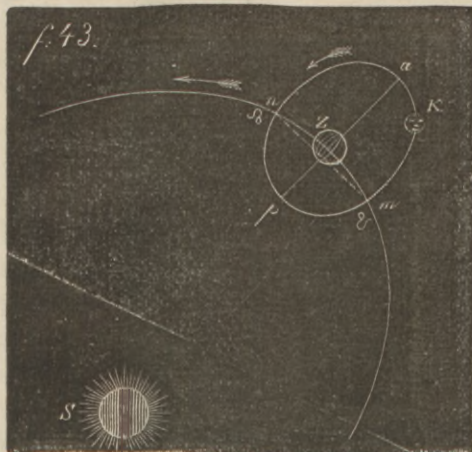
91. Aby zbadać ruch księżyca na około ziemi, należy odnosząc go do równika, oznaczyć jego zboczenia i wstępy proste. Tym sposobem znajdziemy, że księżyc zmienia swe położenie na sklepieniu nieba względem gwiazd stałych, w kierunku jak pozorny bieg słońca, Tylko, że bieg księżyca daleko jest prędszy od biegu pozornego słońca, gdyż księżyc obiega całą orbitę na około ziemi w ciągu 27 dni 7 godzin 13 minut i 11,5 sekund. Po upływie tego czasu, widzimy księżyc naprzeciw tych samych gwiazd stałych. Taki przeciąg czasu nazywa się *miesiącem gwiazdowym.*

Orbita księżyca, jak pokazały obserwacye jest elipsą, której mimośród wynosi 0,055, zatem większy jest od mimośrodu orbity ziemi. Płaszczyzna orbity księżyca stanowi z płaszczyzną ekliptyki ziemskiej kąt 5° $8'$, $48''$.

Widoczna tarcza księżyca wynosi średnio $31'$ $7''$, zatem jest prawie téj saméj wielkości co tarcza widoczna słońca. Powyżej okazaliśmy, że księżyc mniejszy jest nawet od ziemi, bo promień jego jest $3^4/_5$ razy mniejszy od promienia ziemi; widocznie więc odległość księżyca od ziemi jest mniejsza znacznie, niż odległość ziemi od słońca;

i w saméj rzeczy, według powyższego, promień orbity księżyca wynosi tylko prawie 60 promieni ziemskich czyli $^1/_{401}$ odległości ziemi od słońca (*). Obserwacye pokazały że średnica tarczy księżyca zmienia się od 29'—21," 9 do 33'—31",07.

Ze zmiany średnicy widocznej tarczy księżyca, tak jak i słońca, oznaczono kształt orbity księżyca, która jest elipsą. W jednym jéj ognisku znajduje się ziemia. Ten punkt orbity księżyca, w którym jest najdalej od ziemi nazywa się *apogeum*, punkt zaś w którym księżyc jest najbliżéj ziemi, zowie się *perigeum*. Oś wielka orbity eliptycznéj księżyca łącząca apogeum i perigeum, zwana *osią absidów*, nie jest stała, lecz odbywa na około ziemi ruch w tymże samym co i księżyc kierunku, potrzebując około 9-ciu lat na zrobienie całego obrotu.

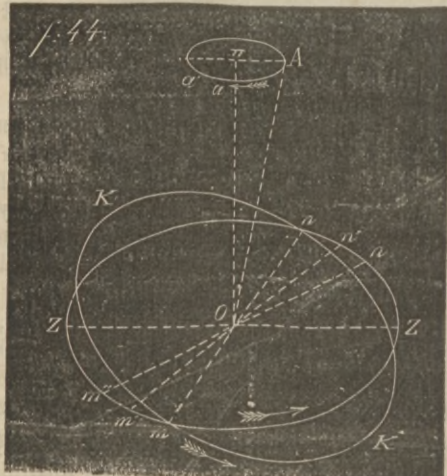


92. Punkta, w których orbita księżyca przecina się z płaszczyzną ekliptyki, zowią się *węzłami*. Ten punkt z którego księżyc wznosi się nad ekliptykę ku północy, zowie się *węzłem podniesienia*, drugi *węzłem spadania*, z którego

(*) Sciśle obliczona odległość księżyca od ziemi, wynosi średnio 59, 96 promieni ziemskich, zmieniając się od 57 do 61 tychże promieni.

księżyc idzie pod ekliptykę ku południowi. Na (fig. 43) widzimy ziemię Z na ekliptyce, księżyc K na swéj orbicie, punkt a jest apogeum, p perigeum, zaś punkta m i n są węzłami. Węzły m i n oznaczają czasem znakami ☊ i ☋.

Podobnie jak punkta równonocne nie są stałe na równiku, węzły zmieniają swe położenie na ekliptyce, mia-



nowicie cofają się, lecz daleko prędzéj niż punkta równonocne, tak: że węzły obrót cały dokonywają prawie w 18, 6 lat. Cofanie się węzłów można przedstawić geometrycznie następującym sposobem: Dajmy że oś OA (fig. 44) jest prostopadła do orbity księżyca Kk, zaś $O\Pi$ prostopadła do orbity Zz ziemi; punkta m i n są węzłami; jeżeli oś OA obraca się na około osi $o\Pi$ ekliptyki, w kierunku strzałki t. j. od wschodu na zachód, i tak, że cały obrót dokonywa w ciągu 18,6 lat, wtedy skoro punkt A, zajmować będzie położenie a, a' i t. d. węzły m i n znajdować się będą w punktach m', m'' i n', n'' na ekliptyce.

93. Ponieważ ziemia krąży na około słońca, zatem księ-

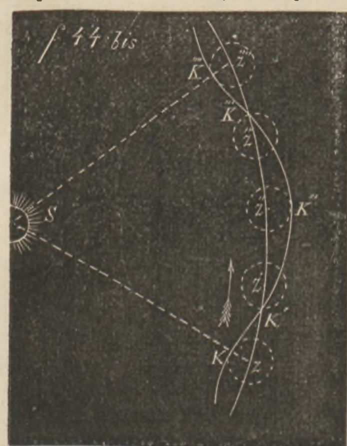
życ ma dwa ruchy w przestrzeni; jeden na około ziemi drugi wraz z ziemią na około słońca.

Księżyc zatem uważany z ziemi krąży na około niej po swéj orbicie eliptycznej, lecz uważając księżyc z punktu jakiegokolwiek w przestrzeni nie na ziemi położonego, moglibyśmy obserwować prawdziwą drogę, jaką księżyc przebiega w przestrzeni, ulegając podwójnemu ruchowi: na około ziemi i wraz z ziemią na około słońca. Przykład połączenia tych dwóch ruchów mamy, porównywając księżyc i ziemię z dwoma osobami tańczącemi razem walca; jedna z tych osób obraca się około drugiej i jednocześnie obydwie przebiegają koło w salonie. Badając ściśle ten bezwzględny ruch księżyca w przestrzeni znaleziono, że on zakreśla w przestrzeni krzywą k, k' k'' k''' na (fig. 44 *bis*)· przedstawioną, wtedy gdy ziemia przebiega po swej orbicie eliptycznéj drogę z z' z'' z''' na około słońca S. Części krzywej k, k' k'' k''' są daleko bardziej zbliżone do ekliptyki, niż na figurze pokazano, gdyż odległość kz, księżyca od ziemi, jest tylko $^1/_{400}$ odległość sz, ziemi od słońca.

Ziemia biegnie na sekundę 4, 1 geograficznych mil czyli ną minutę 246 mil, zaś księżyc przebiegając całą orbitę, któréj promień wynosi 60 promieni ziemskich, w dni 27, godzin 7 i 43 minut t. j w 39343 minut. przebiega 1755 mil, zatem na minutę mil 8, czyli bieży daleko wolniéj od ziemi.

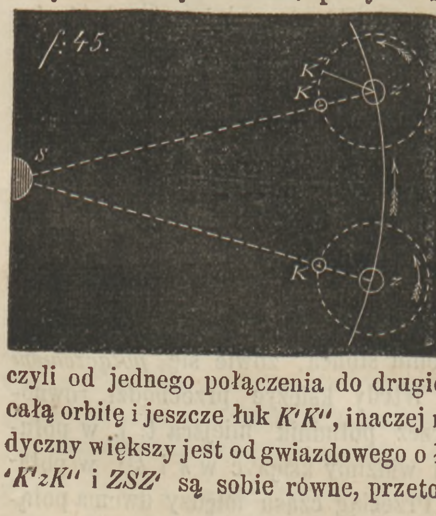
94. Takie położenie księżyca, w którém zboczenie ego równa się zboczeniu słońca, zowie się *połączeniem księżyca ze słońcem.* Wtedy księżyc przechodzi równocześnie ze słońcem przez południk miejsca t. j. w południe. Na (fig. 44 *bis*) widzimy księżyc w k i k^{IV} w połączeniu ze słońcem. Przeciąg czasu między dwoma połączeniami, zowie się *miesiącem synodycznym*; jest on dłuż-

szy od gwiazdowego i wynosi 29 dni, 12 godzin, 44 minut i 2, 9 sekund.



Różnica ta pochodzi z obrotu ziemi około słońca, o czem łatwo przekonać się można.

Dajmy bowiem że ziemia jest Z na ekliptyce, słońce S a księżyc K w połączeniu ze słońcem (fig. 45) na swej orbicie. Dajmy nadto, że następne połączenie przypada gdy ziemia przyjdzie na ekliptyce do punktu Z'. Wtedy księżyc będzie na linii $Z'S$ w punkcie K' a przeciąg czasu jakiego potrzebował księżyc, żeby na swéj orbicie przejść z punktu K do punktu K', stanowi miesiąc synodyczny. Jeżeliby w czasie przejścia ziemi z Z do Z' upłynął miesiąc gwiazdowy, w ciągu którego księżyc przebiega całą swą orbitę, to by się znajdował w punkcie K'', na linii $Z'K''$ równoległej od ZK i do następnego połączenia musiałby jeszcze przebiedz na orbicie łuk $K'K''$;



czyli od jednego połączenia do drugiego, księżyc przebiega całą orbitę i jeszcze łuk $K'K''$, inaczej mówiąc, miesiąc synodyczny większy jest od gwiazdowego o łuk $K'K''$. Że zaś kąty $K'zK''$ i ZSZ' są sobie równe, przeto łuki $K'K''$ i $Z'Z''$ zawierają też samą liczbę stopni, możemy więc powiedzieć, że miesiąc synodyczny większy jest od gwiazdowego o tyle stopni, ile ich ziemia w ciągu miesiąca gwiazdowego przebiega po ekliptyce. Znając zatem długość miesiąca gwiazdowego, łatwo jest obliczyć długość miesiąca synodycznego.

Widzieliśmy powyżéj że paralaxa pozioma księżyca wynosi 57′, 2, zaś średnica tarczy widocznej księżyca 31′,7″. Niech a oznacza promień księżyca zaś b promień ziemi, wtedy postępując sposobem, powyżej mówiąc o paralaxie wskazanym, (67) będzie:

$$\frac{a}{b}=\frac{15',\ 33'',}{57',2}=\frac{933''}{3420''}=0,2729.$$

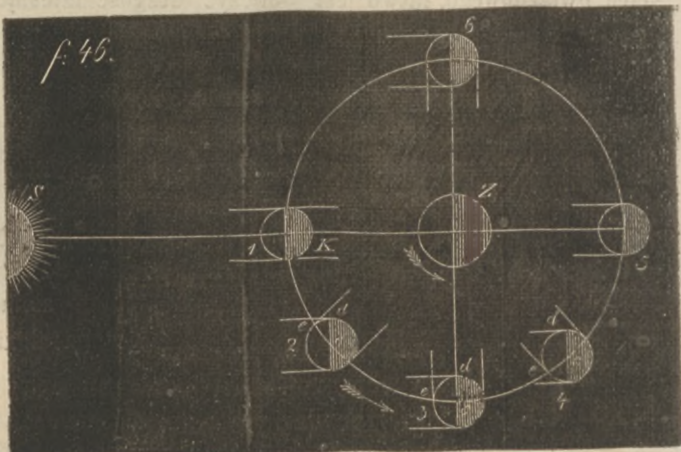
Ułamek ten prawie równa się $^3/_{11}$; zatem promień księżyca wynosi $^3/_{11}$ promienia ziemskiego. Bryłowatość zaś księżyca podług tego wynosi blizko $^1/_{49}$ bryłowatości ziemi. Laplace podaje wreszcie, że massa księżyca jest $^1/_{75}$ massy ziemi; stosunek zatem massy księżyca do massy wynosi $^{49}/_{75}$ prawie 0,653.

Odmiany czyli lunacye.

95. W ciągu miesiąca synodycznego, księżyc przedstawia się w rozmaitych postaciach. Postacie te zowią

się *odmianami* lub *lunacyami* i pochodzą ztąd, że księżyc świeci światłem od słońca nabytem, nie swojem własnem.

Niech *S* (fig. 46) oznacza słońce, *Z* ziemię i *K* księżyc. Gdy księżyc znajduje się w położeniu 1-m czyli *w połączeniu* ze słońcem, natenczas do ziemi obrócona jest część



ciemna księżyca. Takie położenie księżyca zowie się *nowiem.* Za kilka dni księżyc będzie względem ziemi i słońca w położeniu 2-iem, wtedy z ziemi widać pewną część księżyca oświeconą, mianowicie część *d c e*, widoczną w kształcie sierpa. Sierp ten powiększa się aż gdy księżyc przyjdzie do tak zwanéj kwadratury, t. j. gdy odejdzie od połączenia na 90°, do punktu 3 na swéj orbicie; wtedy widoczna jest część oświecona *d c e* w kształcie półkola, co zowie się *pierwszą kwadrą.* Gdy księżyc przyjdzie do punktu 4, wtedy widoczna jest więcéj jak połowa oświeconéj części księżyca i wtedy księżyc widzimy tak, jak na (fig. 46) pokazano. Następnie, gdy księżyc przyjdzie do punktu 5°, t. j. odejdzie na 180° od połączenia, widać całą część oświeconą i wtedy jest *peł-*

nia. Takie położenie zowiemy przeciwstaniem. Od punktu 5 widoczna część oświecona księżyca zmniejsza się, w ten sam sposób, jak się do pełni powiększała, tak że gdy przyjdzie do punktu 6' to jest do przeciwnéj kwadratury, wtedy znowu widzimy półkole i jest *ostatnia kwadra.* Następnie księżyc wraca do nowiu i daléj odmiany idą w tym samym porządku.

96. Lecz niekiedy i nieoświecona część księżyca bywa widoczna, ma to miejsce niedługo przed nowiem i po nowiu, gdy widzimy część oświeconą księżyca w kształcie sierpa; pozostałą część mamy oświeconą bladem światłem; światło to pochodzi nie od słońca lecz od ziemi, bo jak widzimy na figurze, wtedy oświecona połowa ziemi obróconą jest do księżyca.

97. W skutku cofania się węzłów, księżyc wraca do węzła nim obiegnie całą swą orbitę i dla tego, jak wyżéj powiedziano, miesiąc gwiazdowy krótszy jest od synodycznego. Porównywając bieg księżyca co do lunacyi z biegiem rocznym ziemi, znajdujemy: że 12 miesięcy synodycznych zamykają 354½ dni czyli rok taki księżycowy, krótszy jest od zwykłego blizko o 11 dni. Jeżeli zatem jakiego roku nów przypadł 1-go Stycznia, to na drugi rok nów przypadnie na 11 dni przed 1-m Stycznia, na trzeci rok na 22 dni przed 1-m Stycznia i t. d. czyli w każdym trzecim roku przybędzie przeszlo 30 dni czyli *miesiąc synodyczny*; taki rok zowie się przybyszowy. Zachodzi pytanie, czy nów wróci kiedy do 1-go Stycznia i cała rzecz się w tym samym porządku powtórzy? Pytanie to rozwiązał Meton astronom Ateński i znalazł że po upływie lat 19, lunacye księżyca wracają do tych samych dni i prawie godzin. Peryod ten 19-to letni zowie się okręgiem księżyca, a liczba wyrażająca rok bieżący tego okręgu

zowie się *liczbą złotą*. Ponieważ era chrześciańska zaczęła się w drugim roku okręgu księżycowego, zatem chcąc znaleść dzisiejszą liczbę złotą, należy do roku bieżącego 1864 dodać 1 i otrzymaną liczbę 1865 podzielić przez 19: iloraz całkowity pokaże liczbę okręgów księżycowych od narodzenia Chrystusa, reszta z dzielenia pozostała jest liczbą złotą i wynosi w roku bieżącym 3.

98. Widzimy gołem nawet okiem na tarczy księżyca liczne plamy, których zbiór tworzy czasem dla imaginacyi, podobieństwo do twarzy człowieka. Od najdawniejszych czasów układ tych plam jest jednakowy; karty księżycowe wykonane przed 18-tu wiekami, nie wiele różnią się od kart dzisiejszych. Inaczej mówiąc, półkula księżyca przez nas widoczna, zawsze jest taż sama. To dowodzi, że księżyc oprócz obrotu około ziemi, dokonywa jednocześnie obrót wirowy około swej osi. Jeżeliby w czasie potrzebnym do dokonywania tych dwóch obrotów była jaka różnica, wtedy z czasem z tych różnic powstałaby pewna liczba dni i nowe karty tarczy księżycowéj niebyłyby podobne do dawnych. Teorya ciążenia powszechnego tłómaczy nam to ciekawe zjawisko, dowodzi nadto, że ono będzie wieczne, że nigdy nie zobaczymy drugiej półkuli księżyca, gdyż księżyc potrzebuje takiego czasu do obrotu około swej osi, w jakim przebiega całą orbitę na około ziemi.

99. Równie jak oś ziemi pochyłą jest do płaszczyzny ekliptyki, oś wirowego obrotu księżyca także jest pochyłą do orbity księżyca. Równik księżyca tworzy z ekliptyką kąt $1^{\circ}, 30', 11''$; ponieważ zaś ekliptyka jest pochyła do orbity księżyca na $5^{\circ}\ 8', 48''$, zatem pochyłość równika księżycowego do jego orbity wynosi $6^{\circ}, 39'$.

100. Obserwując księżyc przy pomocy teleskopu, dostrzegamy, że powierzchnia jego tarczy pokryta jest pun-

ktami świecącemi; otoczonemi ciemnością, których położenie i rozciągłość zmienia się w czasie lunacyj. Niemożna wątpić że punkta świetne są wierzchołkami gór, a części ciemne są albo cieniem rzuconym przez te góry, albo też głębokiemi dolinami, do których swiatło słońca niedochodzi.

Z wymiarów cienia rzucanego przez góry księżycowe można mieć pojęcie o ich wysokości. Według pomiarów PP. Beer i Maedler, niektóre góry księżycowe są o kilka tysięcy stóp wyższe od góry ziemskiéj Chimborazo.

Góry księżycowe nieprzedstawiają się w postaci łańcuchów, prawie prostolinijnych, jak to ma miejsce na ziemi, lecz prawie wszystkie tworzą koła podobne do gór Pirenejskich, w których śródku widzimy cypel, znacznie wyniesiony. Nadto, podnóża tych gór kołowych, znajdują się często zapadłe głęboko, pod ogólną powierzchnią księżyca. Wszystko to dowodzi, że góry księżycowe są dawne wulkany, ich postać nienaprowadza bynajmniéj na myśl, aby góry tę spowodowane być mogły działaniem wód.

101. Znajdują się liczne karty, przedstawiające mniéj lub więcéj dokładnie góry, doliny, cyple i kratery téj półkuli księżyca, która jest dla nas widoczna. Zasługują głównie na uwagę karty PP. Beer i Maedler. Na tych kartach główniejsze plamy zowią się: *Insula*, *Manilius*, *Erastosthenes*, *Copernicus*. i t. d.

102. Co do budowy fizycznéj księżyca, liczne doświadczenia oparte na teoryi światła przekonały, że księżyc nie jest otoczony atmosferą, podobną w czemkolwiek do naszéj, gdyż światło przechodząc w blizkości księżyca, niełamie się, czyli niedoznaje żadnej refrakcyi. Księżyc pozbawiony atmosfery, nie może także mieć wody,

gdyż przypuszczając istnienie na księżycu mórz i rzek do naszych podobnych, parowanie ich ciągłe tworzyłoby atmosferę.

Brak atmosfery i wody na księżycu, każe wnosić, że życie organiczne, takie jak my go rozumiemy, wymagające do swego istnienia gazów i płynów, na księżycu miejsca mieć niemoże, czyli że księżyc jest nie zamieszkały.

Co do klimatu księżyca, to z uwagi, że księżyc w téj samej jest mniéj więcéj odległości od słońca co ziemia, że dzień księżycowy jest 30-ci razy dłuższy od naszego, klimat ten powinien być niezwykły; różnica temperatury powinna być szczególna, w obec działania promieni słonecznych przez dni 15 i przez takiż sam przeciąg czasu trwającej nocy. Nic jednak z naszéj ziemi nie możemy wyrzec stanowczego, co do gorąca lub zimna na księżycu.

W zakończeniu wreszcie tego pobieżnego wykładu o księżycu, nadmieniamy: że księżyc nie udziela ziemi żadnego ciepła; termometry bardzo czułe, ustawione w ognisku zwierciadła parabolicznego, zwróconego na księżyc, nie pokazują żadnego podniesienia temperatury.

103 Scisłe obserwacye plam, leżących przy brzegach widocznej dla nas tarczy księżyca, okazują: że księżyc chwieje się perjodycznie około położenia średniego. Te chwiania się zowią zwykle *libracyami* księżyca.

Libracye bywają albo *w długości*, albo *w szerokości*, albo też są *pozorne*.

Libracye w długości wynikają szczególniej ztąd: że księżyc biegnie po orbicie biegiem niejednostajnym, zaś około swej osi wiruje jednostajnie. Dla tego, gdy księżyc biegnie ód apogeum ku perigeum, plama będąca w środku tarczy księżyca, zbacza z tego środka ku brzegowi zachodniemu tarczy, a gdy księżyc jest w perigeum, plama ta powróci do środka tarczy. W biegu księżyca z perigeum do apogeum, plama ze środka tarczy zejdzie ku brzegowi wschodniemu i w apogeum powróci do środka. Libracye te zowią się *w długości* dla tego, że odbywają się rownolegle od ekliptyki.

Stosownie do tego, czy księżyc jest nad, czy pod ekliptyką, widzimy jego biegun południowy lub północny, czyli tak, jakby księżyc pochylał się w tył lub naprzód względem obserwatora. To chwianie się w kierunku prostopadłym do ekliptyki, zowie się *libracyą w szerokości.*

Płaszczyzna orbity księżyca przechodzi przez środek ziemi. Pomijając przeto dwie poprzednie libracye, dla obserwatora w środku ziemi umieszczonego, plamy tarczy księżyca niezmieniałyby swego położenia. Ponieważ jednak zwykle obserwujemy księżyc z punktów na powierzchni ziemi leżących, w miarę zatem wznoszenia się księżyca nad poziom miejsca obserwacyi, widzimy na powierzchni księżyca punkta niewidzialne dla obserwatora w środku ziemi umieszczonego. Zdaje się nam zatem, że księżyc pochyla się ku obserwatorowi to w tym, to w owym kierunku, i ztąd pochodzi *libracya pozorna.*

XV. Niektóre wiadomości o planetach i kometach.

Planety.

104. Oprócz słońca i księżyca, inne gwiazdy zdają się także zmieniać na sklepieniu nieba, położenie swoje względem gwiazd stałych. Takie gwiazdy nazywamy *planetami* czyli *gwiazdami błąkającemi się.*

Mamy głównych 7 planet, z których 5 w przyjaznych okolicznościach, widzieć można z ziemi gołem okiem; te są: *Merkury. Venus, Mars, Jowisz i Saturn.* Znano ich w najodleglejszej starożytności. Dwie pozostałe *Uranus* i *Neptun*, widziane być mogą tylko przy pomocy teleskopów. Uranus odkryty został przez astronoma W. Herschel; Neptun wskazany przez astronoma Le Verrier i Adams'a, obserwowany był po raz pierwszy przez Gallego w Berlinie w r. 1846. Oprócz tego jest gruppa planet między Marsem i Jowiszem położonych. Planety te zwane inaczéj *asteroidami* lub *teleskopowemi* są w znacznéj liczbie. Dziś znamy ich przeszło 70 a bezwątpienia jest ich jeszcze daleko więcéj.

105. Główna cecha odróżniająca planety od gwiazd stałych jest ta: że planety uważane przez teleskop mają tarczę, której średnica jest widoczną, gdy tymczasem gwiazdy stałe są zawsze tylko punktami swiecącemi. Niektóre planety przedstawiają nam lunacye podobne do lunacyj księżyca, ztąd wnosimy, że świecą światłem nabytem.

Widoczna średnica tarczy planet dowodzi, że są o wiele bliżej ziemi niż gwiazdy stałe.

Wszystkie prawie planety, leżą na sklepieniu nieba w pasie zodyaka.

106. Merkury i Venus nie oddalają się nigdy od słońca na znaczną odległość kątową; zdają się oscillować na około niego. Odległości kątowe między słońcem i innemi, planetami, przyjmują wszelkie wartości od 0^0 do 360^0. Jeżeli przypuścimy że orbity planet są położone na jednej płaszczyznie z ekliptyką, wtedy na mocy powyższego wypada: że jedne planety są *wewnętrzne* względem ekliptyki, drugie *zewnętrzne*. Inaczéj mówiąc, odległość od słońca Merkurego i Venusa jest mniejsza od odległości ziemi, innych zaś planet większa. Ztąd pierwsze zowią się *niższemi*, drugie *wyższemi* planetami.

Prawa Keplera.

107. Kopernik zdołał obalić dawną hypotezę Ptolomeusza; zamłast 75 kół powiązanych jedne z drugiemi, przy pomocy których przedstawiano niedokładnie ruchy gwiazd, znanych od najdawniejszych czasów, przyjęto orbity eliptyczne, mało różniące się od koła, nachylone nieco jedne do drugich, po których poruszają się od zachodu na wschód *ziemia* i *inne planety*; słońce, część główna systemu planetarnego, stoi niewzruszone w przestrzeni w środku tego ruchu (*). Brak obserwacyj do-

(*) Prawdopodobnie słońce porusza się w przestrzeni, lecz ruch ten, nie ma wpływu na ruch planet około słońca.

kładnych, owczesny stan nauk, nie dozwolił Kopernikowi postąpić dalej. Sława odkrycia rzeczywistych praw ruchu planet, należy się *Keplerowi* uczniowi sławnego astronoma *Tycho-Brachè*. Zastanawiając się nad teorjami starożytnych, Kepler przedewszystkiem rzucił pytanie: dlaczego planet ma tylko 6 i na jakiej zasadzie stosususunek odległości tych planet od słońca, został wyznaczony? Szukając w wszechświecie harmonii, utrzymywał że między Marsem a Jowiszem, oraz między Merkurym i Venusem brakuje planety. Badał usilnie wszystko co przed nim zrobiono i podawano, robił nowe doświadczenia i po 22 letniej niezachwianej i niezmordowanej pracy, w r. 1618, znalazł trzy następujące prawa:

1° *Orbity planet są elipsy, w których jednem ognisku wspólnem jest słońce.*

2° *W ruchu każdego planety około środka słońca, powierzchnie zakreślone przez promienie wodzące, są proporcyonalne do czasu.*

3° *Kwadraty z czasów obrotu planet, są proporcyonalne do sześcianów z wielkich osi ich orbit.*

108. Z powyższych praw Keplera, ostatnie jest najważniejsze. Nie tylko bowiem podaje oś wielką orbity z *perjodu gwiazdowego*, czyli czasu potrzebnego do przebieżenia całej drogi każdej planety; lecz tłumaczy nadto związek, jaki zachodzi między planetami. Przy pomocy tęgo prawa Newton dowiodł *jedność* i *powszechność ciążenia.*

Prawo Bodego.

109. Kepler przypuszczał, że istnieje prosty stosunek pomiędzy odległościami planet od słońca. Opierając się

na tem *Bode*, professor Uniwersytetu Berlińskiego, znalazł: że te odległości są prawie proporcyonalne do takiego szeregu liczb:

4, 7, 10, 16, 28, 52, 100, 196, 388,—

który się otrzymuje z postępu ilorazowanego:

3, 6, 12, 24, 48, 96, 192, 384;

dodając do każdego wyrazu 4, i biorąc 4 za pierwszy wyraz szeregu.

Podług powyższego prawa, jeżeli 4 oznacza odległość Merkurego od słońca, wtedy 7 oznacza odległość średnią Venusa, 10 takąż odległość ziemi i tak następnie. Wówczas, gdy Bode podał powyższe prawo, nie odkryto jeszcze żadnej z planet teleskopowych, pracowano tylko nad sprawdzeniem przepowiedni Keplera, że miedzy Marsem a Jowiszem musi być planeta, czyli między wyrazami 16 i 52 szeregu Bodego. W samej rzeczy planety teleskopowe później odkryte, znajdują się w tej przestrzeni w odległości wynoszącej mniej więcej 24 według szeregu Bodego. Nieszczęściem jednak dla sławy tego astronoma, odległość Neptuna od słońca nie jest proporcyonalna do 388 powyższego szeregu, lecz tylko do 300.

Prawa powszechnego ciążenia.

110. Kepler, po odkryciu trzech praw o których wyżej była mowa, starał się znaleść *przyczynę fizyczną* ruchu planet. Jego czynna imaginacya, ciągle zajęta była tą kwestyą; lecz chwila tego wielkiego odkrycia jeszcze wówczas nie nadeszła. Dopiero pod koniec XVII

wieku *Newton* rozwiązał to zadanie. Opierając się na odkryciach Galileusza, Hughensa i własnych, podał następujące prawdy wynikające z praw Keplera (*).

1° *Siła, która utrzymuje planetę na właściwej orbicie pochodzi od środka słońca.*

2° *Siła ta zmienia się, w stosunku odwrotnym kwadratów z odległości planety od słońca.*

3° *Siły utrzymujące dwie planety, są proporcyonalne do mass tych planet, a odwrotnie proporcyonalne do kwadratów z odległości ich od słońca.*

To ostatnie prawo jest najważniejsze. Podług niego, siła oznaczająca ruch planety, nie zależy od natury materyi składającej planetę i tym sposobem, dwie planety jednakowej massy, z których jedna byłaby *np.* z żelaza, druga z marmuru, poruszane będą jednakową siłą, jeżeli są tylko jednakowo odległe od słońca.

Te są prawa, którym podlegają wszystkie planety w ruchu swoim około słońca, i w ogóle wszystkie ciała niebieskie w wszechświecie. Oprócz tego ruchu postępowego, ulegają one wszystkie ruchowi wirowemu około swej osi.

111. Planety główne idą w następującym porządku stosownie do odległości ich od słońca: *Merkury*, *Venus*, *Ziemia*, *Mars*, *Jowisz*; *Saturn*, *Uranus*, *Neptun*. Łącznie z planetami teleskopowemi i kometami stanowią *sy-*

(*) Kopernik w księdze I Rozd. 9 dzieła swego, wyraźnie mówi o sile powszechnego ciążenia. Zdaje się więc, że Newton rozwinął tylko myśl Kopernika, i tym sposobem sława odkrycia praw powszechnego ciążenia, w części się Kopernikowi należy.

stem słoneczny, gdyż wszystkie podległe przeważającej massie słońca, około niego ruchy swe odbywają.

112. **Merkury**, planeta najbliższy słońca, nie oddalający się od niego więcej jak na 28 do 29 stopni, jest mały, średnica jego wynosi około 4980 kilometrów; średnica tarczy widocznej wynosi średnio 7''. Merkury przedstawia lunacye tak jak księżyc, lecz te mogą być widziane tylko przy pomocy teleskopu. Niekiedy w chwili niższych połączeń on wchodzi na słońce; wtedy przedstawia się nam jako punkt czarny na tarczy słońca, Jeżeliby orbita Merkurego leżała na płaszczyznie ekliptyki, zjawisko to byłoby perjodyczne i powtarzałoby się prawie co dni 116. Lecz z powodu nachylenia płaszczyzn tych dwóch orbit, które wynosi 7°, przejście Merkurego przez słońce jest rzadkie; ostatnie było 12 Listopada 1861 a następne będzie dopiero w r. 1868. Merkury obraca się na około swej osi w ciągu 24 godzin, 5 minut, 8 sekund; równik jego z orbitą tworzy kąt znaczny. Podług Newtona ciepło i światło jest 7 razy większe niż na ziemi, zatem na Merkurym istoty nam podobne istnieć by nie mogły. Przypuszczają jednak, że ma atmosferę bardzo gęstą, być więc może że jest zamieszkały. Odległość Merkurego od słońca wynosi 0,387 przyjmując odległość ziemi za 1.

113. **Venus**. Ten piękny planeta, poznaje się po świetle, bielszym daleko i świetniejszem od blasku gwiazdy Syriusz. Niekiedy widać go nawet w dzień. Nie oddala się od słońca dalej jak na 48° lub 49° i dla tego zwykle widać go tylko o 3-ej lub 4-ej rano przy wschodzie, lub też wieczorem przy zachodzie słońca. Mniemano dawniej że to są dwie różne gwiazdy, z których jedną zwano *Lucy-*

fer albo *gwiazdą dnia*, drugą *Vesper* czyli *gwiazdą wieczorną* lub *pasterzy*.

Venus przedstawia lunacye równie jak Merkury, łatwiej są one widoczne niż lunacye Merkurego, lecz zawsze widzieć je można tylko przy pomocy teleskopu. Obserwacye Venusa przekonały, że ma atmosferę podobną co do gęstości i rozciągłości atmosferze ziemskiej. Na około swej osi podług Schrötera obraca się w ciągu 23 godzin 21 minut. Równik z orbitą tworzy kąt 72 stopni, obserwacye tarczy pokazały, że na Venusie są góry; według Schrötera są one 6 razy wyższe od gór ziemskich; lecz Herschel w swej Astronomii utrzymuje: że na Venusie nie dostrzega się ani gór ani cieniów.

Odległość Venusa od słońca wynosi 0,723 przyjmując odległość ziemi za 1. Światło i ciepło są dwa razy wyższe jak na ziemi. Średnica tarczy widocznej zmienia się od 9″. 6 do 61″, 2. Prawdziwa zaś średnica prawie równa się średnicy ziemi.

Venus podobnie jak Merkury wchodzi niekiedy na słońce i wtedy zdaje się jakby czarnym punktem, przechodzącym tarczę słońca od strony lewej ku prawej. Przejścia Venusa przez słońce następują peryodycznie i przeciąg czasu między dwoma przejściami wynosi kolejno: 8 lat, 121,5 lat, 8 lat, 105, 5 lat, 8 lat, 121, 5 lat i t. d. Podobne przejścia nastąpią w latach 1874 i 1882.

114. **Mars**. Średnica widoczna wynosi od 4″ do 18″, prawdziwa zaś prawie połowę średnicy ziemi. Łatwo może być gołem okiem widziany i poznaje się po różowawem świetle. Podług Herschla obserwowany przez teleskop Mars, pokazuje na swej powierzchni kontury, jakby odznaczające ląd stały od morza. Ląd stały jest koloru różowawego, morze zielonawego. Plamy te są kształtu

bardzo określonego i zdają się poruszać, zatem Mars obraca się na około osi potrzebując 24 godzin, 30 minut, 21 sekund, do dokonania obrotu. Oś pochyła jest do orbity Marsa, na 30° 18′. Odległość od słońca w stosunku odległości ziemi wynosi 1,523. Tarcza widoczna nie jest kołowa lecz spłaszczona i podług Arago wynosi to spłaszczenie $^1/_{30}$.

115. **Jowisz.** Odznacza się na sklepieniu nieba, światłem żywszem daleko od światła Venusa. Największy ten planeta jest 1414 razy większy od ziemi. Srednica widoczna tarczy zmienia się od 30″ do 40″. Promień jego orbity jest 5 razy większy od promienia ekliptyki.

Tarcza widoczna nie jest kołowa, a spłaszczenie wynosi $^1/_{15}$. Orbita Jowisza bardzo mało pochyłą jest do ekliptyki (1° 18′ 52″); obrot około osi dokonywa się w ciągu 9 godzin, 56 minut, a równik czyni tylko kąt 3° z orbitą Jowisza. Wynika ztąd, że na tym planecie dnie powinny być prawie równe nocom. Odległość Jowisza od słońca wynosi 5,202 odległości ziemi.

Jowisz ma aż czterech satelitów, czyli cztery księżyce, obracające się około niego od zachodu na wschód po orbitach, których płaszczyzny są mało nachylone do orbity Jowisza. Czas potrzebny do przebiegu orbit satelitów jest różny i tak:

1-szy	potrzebuje	1	dzień	18	godzin	przeszło.
2-gi	—	3	—	13	—	—
3-ci	—	7	—	3	—	—
4-ty	—	16	—	16	—	—

Satelity przedstawiają pyszne zjawiska dla mieszkańców Jowisza (jeżeli są); satelity wschodzą albo razem albo oddzielnie nad poziom Jowisza; niekiedy wchodzą na tarczę słońca i t. p. Satelity Jowisza odkryte przez Galilleusza prawdopodobnie podały Kopernikowi myśl, do teoryi systemu dziś przyjętego. Co więcej, te satelity posłużyły Duńskiemu astronowowi Roemer do wymierzenia *prędkości przebiegu światła.*

116. **Saturn**. Z powodu znacznej odległości, średnica widoczna wynosi tylko od 16″ do 40″, chociaż planeta ten jest 735 razy większy od ziemi. Promień orbity, leżącej prawie na jednej płaszczyznie z ekliptyką, jest $9\frac{1}{2}$ razy większy od promienia ekliptyki. Odległość Saturna od słońca, wynosi 9,538 odległości ziemi. Obraca się w ciągu 10 godzin 29 minut, 17 sekund na około osi, pochyłej do orbity Jowisza na 61°, 20′. Na tarczy widać pasy ciemne równoległe od równika, będące według mniemania niektórych, zbiorem obłoków. Spłaszczenie tarczy wynosi prawie $\frac{1}{13}$.

Oprócz świetnych pierścieni otaczających Saturn, o których niżéj, planeta ten ma 8 księżyców czyli satelitów, biegnących na około niego po różnych orbitach, z różną prędkością tak: że jedne potrzebują do przebieżenia swej orbity nie cały dzień, inne po dni kilkanaście, zaś satelita *Japet* potrzebuje do zrobienia całego obrotu, około 80 dni. Satelity te dostrzeżono jeszcze w XVII wieku, ostatni zaś odkryto w r. 1848.

Saturn przedstawia zjawisko jedyne w systemacie słonecznym; otoczony jest trzema pierścieniami, położonemi prawie na płaszczyznie równika: współśrodkowemi z planetą. Raz widzimy je w kształcie elipsy, drugi raz w postaci linii prostéj poprowadzonej przez środek tarczy. Z trzech pierścieni dwa szersze są *świetne* czyli mocno oświetlone przez słońce, trzeci jest *ciemny* i *przezroczysty*, dozwala widzieć przez siebie planetę. Prawdopodobnie ten oryginalny satelita Saturna, składa się z szeregu pierścieni, obracających się z wielką prędkością około planety; obrót ten według Herschla dokonywa się w ciągu 10 godzin 29 minut 17 sekund.

117. **Uranus**. Ten planeta odkryty w r. 1781 przez Herschla, jest bardzo odległy od słońca a zatem i od ziemi. Odległość jego od słońca wynosi 19,182 odległości ziemi. Z powodu takiéj odległości nic nie można wyrzec o jego budowie fizycznéj. Średnica tarczy widocznéj wynosi 4'', tarcza ta cała oświetlona nie przedstawia ani pierścieni, ani pasów, ani plam. Jego bryłowatość jest 80 razy większa od ziemi. Otoczony jest satelitami, których jest około *sześciu*. Dwa z tych satelitów zdają się krążyć około Uranusa *od wschodu na zachód*, co stanowi jedyny wyjątek w całym systemacie słonecznym.

118. **Neptun**. Planeta, wywiera na bliżéj położone planety, w skutku ciążenia powszechnego, wpływ, powodujący mało znaczące zboczenie w biegu ich po swych orbitach. Te zboczenia zwane są *perturbacyami* i mają ważne znaczenie w Astronomii. Perturbacye Uranusa przyprowadziły astronomów M. Leverrier we Francyi i Adam'sa w Anglii w końcu r. 1844 do wniosku: że oprócz Jowisza i Saturna, wywierających wpływ na Uranusa, musi być inny jeszcze planeta i wskazali miejsce, w którem znajdować się powinien, oraz inne szczegóły dotyczące tego planety. Na wielką chlubę dla uczonych astronomów i mechaniki niebieskiéj, professor Galle w Berlinie 23 Września 1846 znalazł planetę przez Leverrier i Adams'a wskazanego, prawie zupełnie w miejscu i okolicznościach przez tychże oznaczonych. Planeta ten nazwany został *Neptunem*.

Odległość Neptuna od słońca wynosi 30,04 odległości ziemskich; średnica tarczy widocznéj zaledwie jest znaczącą. Z powodu takiéj odległości brak nam innych szczegółów o tym planecie. Jednakowoż dostrzeżono, że Neptun ma satelitę, którego odkrył astronom Lassell w r. 1847,

119. Wszystkie planety wyższe nie przedstawiają lunacyj, bo rzeczywiście przedstawiać ich nie mogą, gdyż jak to widzieliśmy mówiąc o lunacyach księżyca, następują one w skutku położenia księżyca między ziemią a słońcem. Planety wyższe położone daléj od słońca niż ziemia, nie mogą być w tym wypadku względem ziemi; lecz za to ziemia przedstawia dla planet wyższych lunacye, takie jak dla niej przedstawiają Merkury i Venus planety niższe. Pewnego rodzaju lunacye przedstawia dla ziemi Mars, lecz nigdy nie jest obróconą do ziemi półkula ciemna tego planety, co pochodzi ztąd, że orbita ziemi jest wewnątrz orbity Marsa; zawsze widzimy część oświeconą tego planety.

Planety niższe w przebiegu po swoich orbitach około słońca, są niekiedy w tak zwanem *połączeniu* ze słońcem. Takich połączeń jest dwa w ciągu każdego roku planety, jedno *górne* gdy widzimy słońce i którą z planet niższych w tej samej części nieba, lecz planeta jest dalej od ziemi niż słońce; drugie zaś połączenie *dolne* kiedy słońce i planeta widzialne są także w tejże samej części nieba, lecz planeta jest bliższym ziemi niż słońce.

Przed połączeniem górnem i nieco po niem, planety niższe zdają się biedz w kierunku właściwym na około słońca, czyli jak zowią mają *ruch prosty*; przed połączeniem zaś dolnem i nieco poniem, planety te zdają się biedz po swych orbitach w kierunku wstecznym i wtedy mają tak zwany ruch *wsteczny*.

Planety wyższe, przy każdym przebiegu po swej orbicie raz znajdują się *w połączeniu ze słońcem*, t. j. słońce znajduje się między ziemią i planetą wyższym, drugi raz *w przeciw-*

staniu, t. j: ziemia jest między planetą i słońcem. Nadto, przed przeciwstaniem i nieco po niem planety wyższe zdają się mieć ruch wsteczny. Łatwo przytem pojąć, że w przeciwstaniu odległość planety wyższej od ziemi jest najmniejsza w połączeniu największa, czego dowodzą odpowiednie zmiany średnicy widocznej tarczy tych planet.

120. **Asteroidy** czyli **planety teleskopowe**. Powiedzieliśmy wyżej, że gruppa tych planet leży między Marsem i Jowiszem, jakby uzupełniając prawo Bodego. Pierwsza z tych asteroid odkrytą została 1 Stycznia 1801 r. przez P. *Piazzi*, Dyrektora Obserwatoryum w Palermo i nazwano ją *Ceres*; druga *Pallas* w r. 1802, trzecia *Vesta* w r. 1807. Następnie ciągle ich odkrywano tak, że obecnie liczą ich przeszło 70.

Planety główne, jak widzieliśmy, poruszàją się prawie na płaszczyznie ekliptyki; t. j. orbity planet głównych pochylone są do ekliptyki pod bardzo małym kątem. Asteroidy przeciwnie, biegną po orbitach rozmaicie nachylonych do ekliptyki tak, że gdy nachylenia asteroidy *Massalia* wynosi tylko 50′ 16″, pochylenie Pallasa tworzy kąt 34°, 37′ 20″.

Asteroidy tak są małe, że nic prawie nie wiemy o ich budowie fizycznej; jednakowoż z obserwacyj pokazało się, że Pallas otoczony jest atmosferą. Vestę zaś Schröter widział raz gołem okiem. Nazwy pierwszych dziesięciu, asteroid są: *Ceres*, *Pallas*, *Juno*, *Vesta*, *Astrea*, *Hebe*, *Iris*, *Flora*, *Metis i Hygja*. Odległości asteroid od słońca wynoszą od 2,20 do 3,2 odległości ziemi.

Astronom Olbers, cztery asteroidy, znane za jego czasów, uważał za części jednego wielkiego ciała niebieskiego, zgruchotanego przez uderzenie komety. Hypoteza ta jednak została odrzucona; przyjmujemy obecnie, że asteroidy stanowią równie jak planety, główne części systemu słonecznego i prawdopodobnie oprócz dziś znanych, jest ich jeszcze daleko więcej. Według Leverrier: *summa ogólna materyj składających asteroidy, położone w granicach powyżej podanych odległości od słońca, nie może przenosić czwartej części massy ziemi.*

O budowie fizycznej słońca.

121. Dla dopełnienia opisu naszego systemu słonecznego pozostaje nam jeszcze powiedzieć kilka słów o budowie fizycznej słońca Mówiąc o paralaxie podaliśmy już jego wymiary, objętość, massę i gęstość materyi składającej słońce. Powiedzieliśmy nadto, że średnica tarczy widocznej wynosi 32′.

Obserwując słońce, czy to przez lunetę opatrzoną szkłami kolorowemi, czy też wprost przez szkło okopcone, widzimy na tarczy słońca plamy czarne, nieregularnie rozrzucone. Obserwując ciągle te plamy przez pewien przeciąg czasu, przekonamy się: że taż sama plama widoczną jest najprzód przy brzegu wschodnim tarczy, następnie zbliża się do środka, dosięga brzegu zachodniego tarczy w ciągu dni 14-tu, znika wreszcie i po dniach 14-tu znowu ukazuje się na brzegu wschodnim. Ruch ten plam nie jest jednostajny; prędkość jest mała, gdy plama jest przy wschodnim brzegu tarczy, powiększa się ku środkowi i zmniejsza się znowu, gdy plama od środka tarczy idzie ku brzegowi zachodniemu. Z ruchu plam wnosimy, że słońce odbywa ruch wirowy na około swej osi i jak doświadczenia pokazały, ruch ten dokonywa *pozornie* w ciągu dni 27, 3.

Mówimy pozornie, albowiem rzeczywiście obrót ten dokonywa się w ciągu 25, 4 dni, różnica zaś pozorna, wynika z obrotu ziemi na około słońca. Oś obrotu słońca tworzy z ekliptyką kąt 82° 50′ 48″.

Scisłe badanie plam słonecznych, dozwala nam w pewnym stopniu wnioskować o naturze słońca. Według

Galileusza, Herschla i innych, każda plama składa się zwykle z jądra zupełnie czarnego, otoczonego nieregularnie przycieniem szarawem. Plamy nie są stałe; zmieniają swoją postać, znikają i ukazują się znowu w innem miejscu tarczy. Czasem plama dzieli się na kilka innych i t. p.

Część tarczy słonecznej, na której nie ma plam nie jest także jednostajnie świetna. Zdaje się być pokrytą punktami czarnemi, albo też szwami czyli porami, które w ciągłym są ruchu. Oprócz tych szwów, powierzchnia tarczy cała jest pofałdowana we wszystkich kierunkach, te fałdy nazwano *garbami*. Nareszcie, w okolicy wielkich plam dostrzegać się dają znaczne przestrzenie tarczy, świetniejsze niż reszta tarczy, które nazwano *pochodniami*.

122. Astronomowie podawali rozmaite teorye dla wytłumaczenia tych zjawisk spostrzeganych na tarczy słońca. Dziś przyjmujemy następującą teoryą podaną przez Herschla i Arago.

Słońce składa się z kuli stałej i ciemnej, otoczonej dwoma warstwami mgły, z których jedna, bliższa jądra, jest mało oświetlona, gdy tymczasem druga pokrywająca pierwszą, jest utworzona z mgły bardzo świetnej. Ta warstwa zewnętrzna świetna zowie się *fotosferą* (photosphère), wewnętrzna zaś *atmosferą* (*).

Plamy tworzą się, gdy z jakiejkolwiek przyczyny w powłokach robi się otwór, przez który widzieć można ciemną powierzchnią jądra, tak jak aeronauta może widzieć powierzchnią ziemi, przez szpary między chmurami. Jeżeli wielkości względne tych otworów, pozwalają widzieć tylko część ciemną słońca, wtedy jest plama bez przycienia, czyli samo jądro. Jeżeli nareszcie otwór w fotosfe-

(*) W rozdziale o zaćmieniach, jest mowa o trzeciej atmosferze słońca.

rze jest większy od otworu w drugiej warstwie, mamy wtedy jądro z całym lub cząstkowym przycieniem.

Jeżeliby otwory tworzące się w dwóch warstwach, były niezależne jedne od drugich, nie widzielibyśmy prawie nigdy ciemnej części słońca, czyli że plamy nie miałyby jądra. Herschel przypuszcza: że płyn elastyczny, nieznanej natury, tworzy się ciągle na powierzchni ciemnej słońca i z przyczyny swej bardzo małej ciężkości gatunkowej, wznosi się w wyższe warstwy atmosfery. Jeżeli ten płyn czy gaz jest w małej ilości, wtedy zdolny jest zrobić tylko małe otwory w powłoce wewnętrznej fotosfery i ztąd pochodzą *szwy*.

Gaz ten wchodząc w fotosferę, łączy się z innym gazem a temu związkowi towarzyszy światło. Światło to nie jest wszędzie jednakowe i ztąd powstają *fałdy* czyli *garby*.

Gaz ten wreszcie przebija fotosferę i tworzy otwory, a przebite części fotosfery gromadzą się około otworu i ztąd plamy świetne (pochodnie) w okolicy plam spostrzegane.

Herschel wreszcie sądzi, że słońce może być zamieszkałe.

123. Zamieszczamy poniżej tablicę głównych planet należących do systematu słonecznego.

SATURN.

PLANETY GŁÓWNE.

N A Z W A	Czas przebiegu po orbicie dni śred:	Średnia odległość od słońca	Mimośród orbity	Pochylenie orbity planet do ekliptyki	Średnica	Objętość	Massa w stosunku do słońca
Merkury	87,96926	0,387098	0,205606	7° 0′ 3″	0,391	0,060	$\frac{1}{2025810}$
Venus	224,70080	0,723332	0,006862	3 23 29	0,985	0,957	$\frac{1}{401847}$
Ziemia	365,25638	1	0,016792	0 0 0	1	1.	$\frac{1}{354936}$
Mars	686,97964	1,523691	0,093217	1 51 61	0,519	0,140	$\frac{1}{2680337}$
Jowisz	4332,58480	5,202767	0,048162	1 18 52	11,225	1414,2	$\frac{1}{1050}$
Saturn	10759,21980	9,538850	0,056150	2 29 36	9,022	734,8	$\frac{1}{8500}$
Uranus	30686,82050	19,1824	0,046688	0 46 28	4,344	82	$\frac{1}{24000}$
Neptun	60127	30,04	0,008719	1 46 59	4,719	110,6	$\frac{1}{14446}$

O kometach.

124. O prócz gwiazd stałych i planet, przedstawiających się nam, czyto w postaci punktów, czy tarcz świecących, spostrzegamy niekiedy na sklepieniu nieba, ciała niebieskie niezwykłego kształtu, zjawiające się nagle i niknące równie niespodzianie. Ciała te niebieskie zowią się kometami. Kiedyś były one postrachem dla ludzkości. Zjawienie się komety, na niebie, poprzedzało według ówczesnego mniemania, objawy gniewu Bożego. Dziś, dzięki postępom ludzkości na drodze nauk, przekonano się że komety nie są zjawiskami przypadkowemi, nadzwyczajnemi, lecz ulegają jak wszystkie inne ciała świata powszechnego ogólnym, przepisanym przez stwórcę prawom. Dla swego jednak niezwykłego kształtu, po dziś dzień jeszcze zjawienie się komety, nie jest bez wrażenia dla ogółu. Kometa przedstawia się nam zwykle w kształcie *jądra* mniej lub więcej świetnego, otoczonego pewnym rodzajem aureoli, która się zowie *warkoczem*. Od warkocza wreszcie ciągnie się pas świetny mniej lub więcej długi, zwany *ogonem*.

125. Główną cechą komet jest: że mają ruch własny oraz że oddalają się na tak wielką odległość od ziemi, że przestają być widzialne.

Co do ruchu komet, ten podległy jest pierwszemu prawu Keplera: *orbity komet są elipsy, w których jednem ognisku jest słońce* Lecz elipsy te bardzo są przedłużone, dla tego komety niewidzialne są w większej części przebiegu swego po tych orbitach.

126. Wszystkie planety krążą około słońca po swych orbitach, w kierunku od zachodu na wschód. Tymczasem niektóre komety odbywają ten ruch w kierunku przeciwnym i mówimy wtedy, że ruch takich komet jest *wsteczny*.

Skoro zatem komety krążą na około słońca, przeto równie jak planety, należą do systemu słonecznego.

127. Co do budowy fizycznej komet, przyjmują obecnie następującą teoryą.

Jądro komet często podobne jest co do kształtu i światła do planet. W ogólności, są one bardzo małe. Jądra komet według niektórych astronomów są zupełnie przezroczyste, czyli że są zbiorem prostym gazów. Taka teorya zbyt przesadzona zmoderowaną została przez Arago; według niego bywają:

1-o Komety, bez jądra,

2-o Komety, których jądro może być jest przezroczyste, i

3-o Komety świetniejsze od planet, których jądro jest prawdopodobnie stałe i nieprzezroczyste.

Warkocz. Wszystkie komety mają jądro otoczone takim warkoczem, który często jest znacznych wymiarów. Materya składająca te warkocze jest tak rzadka i przezroczysta, że najsłabsze światło może być przez warkocz widziane. Jeżeli kometa jest z jądrem, wtedy rzadko się trafia, aby gęstość warkocza otaczającego kometę rosła w stosunku odległości od jądra; części zaś warkocza bliższe jądra są zwykle mało oświecone, rzadkie i przezroczyste. W pewnej odległości przyrost swiatła jest nagły tak, że widzimy jeden albo więcej pierścieni współśrodkowych, oddzielonych pasami w których światło zaledwie jest widoczne.

Ogon prawie zawsze towarzyszy kometom. Zwykle kometa poprzedza ogon, leżący na linii łączącej kometę ze słońcem. Czasem jednak oś ogona tworzy z tą linją kąt dosyć nawet znaczny. Niekiedy znowu ogon nie przedstawia linii prostej lecz krzywą. Oddalając się od głowy komety, ogon się rozszerza; środkiem jego przechodzi pas ciemny, dzielący ogon prawie na dwie części równe.

Przyjmują zwykle, że ten pas ciemny pochodzi ztąd: iż ogon jest ostrokręgiem ściętym, którego powłoka ma pewną grubość; promień zatem wzroku skierowany do brzegów ogona, przenika więcej cząstek, niż skierowany do jego środka.

Ogony komet zajmują często bardzo znaczną przestrzeń tak *np.* ogon komety z 1680 r. miał przeszło 164000000 kilometrów.

Massa komet jest bardzo mała i materya z której są złożone, jest w stanie gazu mniej lub więcej zgęszczonego, nie wywierają z tego powodu żadnego wpływu na ciała niebieskie. Kometa 1770 r. był blizkim ziemi (*) nie sprawił jednak żadnej zmiany w jej ruchu.

128. Powiedzieliśmy wyżej, że komety jak planety krą-

(*) Blizkość ta jest względna. Odległość komet od ziemi jest tak wielka, że kometa 1770 r. będąc według wyrażenia naszego blizkim ziemi, był od niej wtedy odległy na 368 promieni ziemskich.

żą po elipsach na około słońca. W takim razie, obserwując pewnego kometę, możnaby przewidzieć i obliczyć jego powrót, czyli wszystkie komety byłyby *peryodyczne.* Z przyczyny jednak bardzo małej massy komet, perturbacye sprawione w ich ruchu przez planety, są bardzo znaczne i dla tego powrót ich z trudnością może być oznaczony. Niektóre nawet komety będąc na swej drodze blizko słońca, oddalają się od niego następnie na taką odległość, że przeszedłszy granicę przyciągania słońca stają się podległe innemu słońcu, czyli wchodzą do innego systematu słonecznego. Wreszcie mechanika uczy, że droga po której bieży ciało utrzymywane siłą ciążenia, nie zawsze jest elipsą; może ono być parabolą albo nawet hyperbolą; że zaś te krzywe są otwarte, przeto gwiazda poruszająca się po takiej drodze, od chwili gdyśmy ją widzieli, niknie nam z oczu na zawsze.

129. Dla tych to przyczyn, ze 140 komet znanych, zaledwie jest 12 peryodycznych, między któremi zasługują na uwagę komety: *Halleya*, *Enckego*, *Biéla*, *Faya i Arresta.*

Kometa Halleya, obserwowany był przez astronoma tegoż nazwiska w r. 1682., który twierdził: że ten kometa już był widziany w r. 1607; że powrót jego następować musi co lat 77; czyli że będzie widzialny w końcu r. 1758. Z powodu perturbacyj, które Clairaut obliczył, powrót jego nastąpił nieco później t. j: 12 Marca 1759. Następnie kometa Halleya, widziany był w r. 1835.

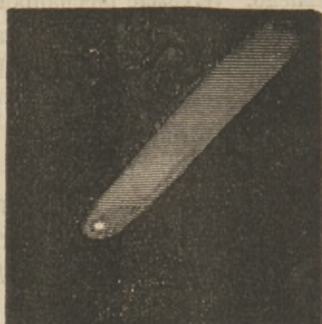
Kometa Enckego odkryty został w Marsylii w r. 1818. Podług obliczeń Enckego kometa ten potrzebuje do przebieżenia swej orbity tylko 1200 dni. Był też widziany w latach 1822, 1825, 1828 i t. d.

Kometa Biela odkryty przez astronoma tegoż nazwiska w r. 1826, uważany był za kometę, widzianego już w latach

1772. Gambardt obliczył, że peryod tego Komety wynosi $6^3/_4$ lat; jakoż był widzialny w latach 1832 i 1846.

Kometa Faya. Odkryty został w r. 1843 przez astronoma Faye, który obliczył jéj peryod na 7, 8 lat. Widziany był powtórnie w r. 1851 i 1859.

Kometa Aresta został dostrzeżony przez Aresta w r. 1851; według obliczeń Villarceau, peryod jego wynosi około $6^1/_2$ lat. Widziany był powtórnie w r. 1857.



XVI. O zaćmieniach.

130. Jeżeli księżyc biegnąc po swej orbicie, przyjdzie między ziemię i słońce, wtedy dla mieszkańców ziemi słońce nie jest widzialne i mówimy że jest *zaćmienie słońca.* Jeżeliby orbita księżyca zlewała się z ekliptyką, zaćmienia słońca miałoby miejsce na każdym nowiu.

131. *Zaćmienia księżyca* pochodzą z innej przyczyny Ziemia oświecona od słońca, w pewnym kierunku, rzuca w każdej chwili w kierunku przeciwnym ostrokrąg cienia. Jeżeli księżyc wchodzi w ten ostrokrąg, wtedy pozbawiony jest przez jakiś czas promieni słonecznych, tarcza księżyca zamiast być oświetloną i jasną staje się niewidzialną dla mieszkańców ziemi, w całości lub w części.

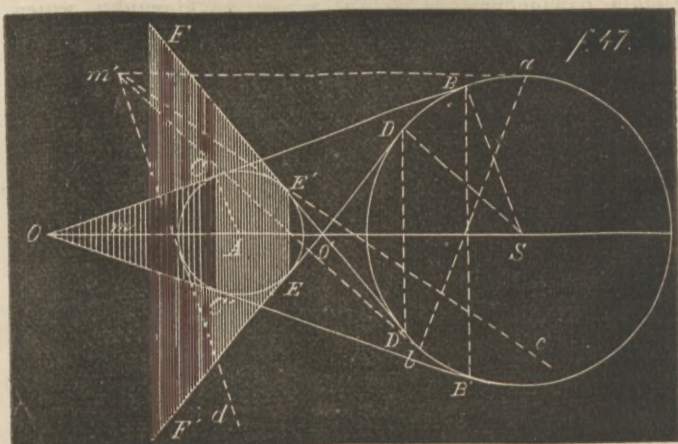
132. Zaćmienia słońca tem się szczególniej różnią od zaćmień księżyca, że pierwsze są *miejscowe*, drugie *powszechne*, przynajmniej dla jednej półkuli. Nadto, zaćmienia księżyca zaczynają się i kończą w tym samym czasie dla wszystkich miejsc gdzie są widzialne; gdy tymczasem zaćmienia słońca, zaczynają się i kończą w różnych godzinach, dla różnych miejscowości. Przyczynę tego łatwo wytłumaczyć.

W samej rzeczy, aby dla pewnego punktu ziemi było zaćmienie słońca, trzeba: aby księżyc rzucił cień na ten punkt; punkt ten więc musi być wierzchołkiem ostrokręgu opisanego na słońcu. Lecz w miarę biegu księżyca, cień przez niego rzucony, zmienia także swoje położonie. Przeciwnie zaś zaćmienie księżyca, jest cień rzucony przez ziemię na tego satelitę, widzialne więc jest jednocześnie dla wszystkich miejsc, mających księżyc nad poziomem.

133. W chwili zaćmienie słońca dla ziemi, jest odwrotnie dla słońca zaćmienie ziemi. Kiedy zaś ziemia rzuca cień na księżyc, mamy dla księżyca zaćmienie słońca.

134. Za nim wskażemy warunki jakim muszą czynić zadosyć zaćmienia słońca i księżyca, powiemy kilka słów o cieniu, potrzebnych dla dalszego zrozumienia rzeczy.

Niech *BDD'B'* i *CEE'C'* przedstawiają przecięcia słońca *S* i gwiazdy jakiejkolwiek *A*, płaszczyzną przechodzącą przez linją środków (fig. 47). Poprowadźmy do



kół tym sposobem otrzymanych dwie styczne wspólne: jedną *zewnętrzną BC*, drugą *wewnętrzną DE*. Dwie te proste *BC* i *DE* obracając się około osi *AS* utworzą: *ostrokrąg cienia BOB'* i *ostrokrag przycienia FO'F'*. Obserwator umieszczony wm, w części COC' pierwszego ostrokręgu, nie widzi żadnego punktu powierzchni słońca czyli jest *w cieniu zupełnym*.

Stojąc zaś w punkcie m', zewnątrz pierwszego ostrokręgu a wewnątrz drugiego $FO'F'$, widzimy część tarczy ab będącą po za ostrokręgiem widzenia $m'cd$; i wtedy jesteśmy w przycieniu czyli w *półcieniu.*

135. Z powyższego wypada że: 1°) *żeby było zaćmienie księżyca potrzeba: aby ten satelita, był zupełnie w części ostrokręgu cienia ziemi.*

2°) *Żeby było zaćmienie słońca całkowite lub cząstkowe dla danego miejsca, potrzeba: aby to miejsce było w ostrokręgu cienia lub w ostrokręgu przycienia księżyca.*

136. Przyjmując promień ziemi za jedność, oznaczmy przez R promień słońca, zaś przez d odległość AS; z trójkątów podobnych OBS i OCA (gdy gwiazda A jest ziemią,) mamy:

$$AO = d.\ \frac{1}{R-1}$$

lecz jak wiemy z powyższego $R=112$, $d=24068$; wstawiając, będzie:

$$AO = \frac{24068}{111} = 216,9...$$

Zatem wierzchołek ostrokręgu cienia ziemi, jest w odległości od naszego planety na 217 prawie promieni ziemi; skoro zaś odległość średnia księżyca od ziemi, wynosi według powyższego 59,96 promieni ziemskich, zatem księżyc może wejść w ostrokrąg cienia przez ziemię rzucony, czyli *że zaćmienia księżyca mogą mieć miejsce.*

Dajmy teraz że A jest środkiem księżyca. Oznaczając tedy przez ϱ jego promień, przez δ odległość od ziemi zamiast wartości dla AO poprzednio otrzymanej, znajdziemy:

$$AO = (d-\delta)\,\frac{\varrho}{R-\varrho}$$

W tym wzorze $R=112$, $\varrho=0{,}2729$, $d=24068$, zaś $\delta=59{,}96$, będzie zatem:

$$AO=24008.\,\frac{0{,}2729}{111{,}7271}=58{,}6.$$

Przyjmując odległość księżyca od środka ziemi równą 59,96 promieni ziemi, czyli od powierzchni ziemi 58,96 promieni, ostrokrąg cieniu księżyca zdaje się nie może dosięgnąć ziemi skoro $AO=58{,}6$. Lecz wartości d i δ i nie są stałe, lecz się zmieniają:

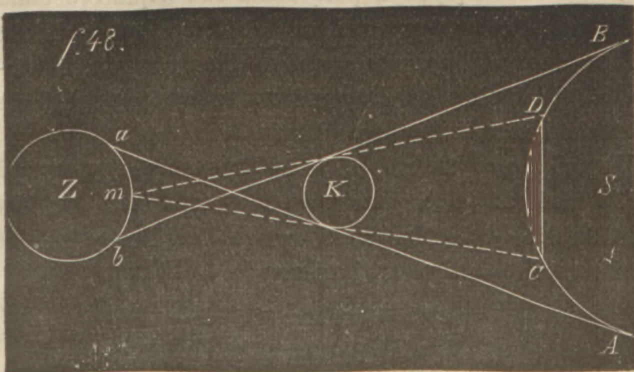
W skutku tych zmian, możemy otrzymać maximum i minimum wartości dla OA; oznaczając pierwszą z tych wartości przez M, drugą przez m, będzie.

$$M=59{,}635 \text{ i } m=57{,}644$$

Skoro tedy długość ostrokręgu cienia dosięgnie wartości $M=59{,}635$, wtedy odległość środka księżyca od powierzchni ziemi najmniejsza wynosi: $56{,}7-1=55{,}7$ czyli mniej od wartości dla M; *całkowite przeto zaćmienie słońca jest możliwe wtedy, kiedy księżyc jest w perigeum a ziemia w aphelium.* Przeciwnie $m=57{,}644$ wtedy, gdy odległość księżyca od ziemi największa wynosi 61,2; że zaś $57{,}6<61{,}2$ przeto: *zaćmienie słońca całkowite jest nie możliwe, gdy księżyc jest w apogeum a ziemia w perihelium.*

Warunki powyżéj podane nie są jeszcze dostateczne do oznaczenia możliwości zaćmień. I tak np. nie może być zaćmienia księżyca, gdy jego szerokość przenosi 63′; nie może być zaćmienia słońca, gdy szerokość księżyca jest większa od 93′; i t. d. Dowodzenia tych prawd jednak przechodzą zakres niniejszego wykładu.

137. Wskazalismy już, kiedy mogą być zaćmienia *całkowite* lub *cząstkowe*. *Zaćmienia obrączkowe* słońca mogą mieć miejsce wtedy, gdy druga powłoka ostrokręgu cienia rzuconego przez księżyc, spotyka powierzchnią ziemi.



Dajmy bowiem że obserwator jest w punkcie *m* pasu ziemi *ab*, (fig. 48), oznaczonego przez powyżej rzeczony ostrokrąg. Z tego punktu *m* nie będziemy widzieć części tarczy słońca *CD*, lecz otrzymujemy promienie z części *BDCA*. W takim razie, tarcza słońca wydaje się nam w kształcie świetnej obręczy otaczającej koło czarne *CD*. (*)

138. Powiedzieliśmy już wyżej, że gdyby orbita księżyca leżała na płaszczyznie ekliptyki, mielibyśmy przy każdem połączeniu zaćmienia słońca, a przy każdem przeciwsta-

(*) Zdarza się, chociaż bardzo rzadko, że zaćmienie słońca dla jednych miejsc jest całkowite, dla drugich obrączkowe. Zdarza się to wtenczas. gdy średnice widocznych tarcz księżyca i słońca są prawie równe.

niu zaćmienie księżyca. Z przyczyny jednak pochylenia orbity księżyca do ekliptyki, zaćmienia nie są tak częste, przecież jednak prawie są *perjodyczne.*

W samej rzeczy, skoro zaćmienie miało miejsce wtedy, gdy szerokość księżyca w połączeniu lub w przeciwstaniu ze słońcem nie była znaczna, to jest kiężyc był niedaleko węzłów, wtedy po upływie pewnego czasu, szerokość księżyca i linja węzłów, znajdują sie w tem samem względnem położeniu i zaćmienie się powtórzy.

Wiemy z powyższego, że miesiąc synodyczny wynosi 29,530 dni średnich zaś perjod obrotu linii węzłów 346,619 takich dni. Mnożąc powyższe dwie liczby kolejno przez rozmaite liczby, znajdujemy:

$$29{,}530 \times 223 = 6585{,}3$$
$$346{,}619 \times 19 = 6585{,}7$$

czyli w ciągu 6585 dni średnich albo w ciągu przeszło lat 18 jest prawie 223 łunacyj i 19 obrotów synodycznych węzłów. Zaćmienia więc powinny się przedstawiać w tym samym porządku po upływie każdych 6585 dni i łatwoby je było przewidzieć. Lecz że różnica między iloczynami otrzymanemi wyżej, wynosi prawie pół dnia, błądzilibyśmy sądząc że tak jest w istocie; różnica bowiem w powtórzeniu się zaćmienia od powyższego prawidła jest znaczna i tak np. zaćmienie księżyca całkowite widzialne 26 Grudnia 1833, powtórzyło się ~~dopiero~~ 7 Stycznia 1851 roku.

Według Arago w ciągu 18 lat możemy widzieć 70 zaćmień: 29 księżyca i 41 słońca. W ciągu roku nie przypada więcej jak *siedm* a mniej jak *dwa* zaćmienia.

Zaćmienia słońca całkowite lub cząstkowe dla danego miejsca, trafiają się bardzo rzadko.

W Paryżu np. w ciągu całego XIX stulecia nie było i nie będzie widzialne żadne zaćmienie słońca całkowite.

U nas w tem stuleciu było dla Polski widzialne całkowite zaćmienie słońca w r. 1851, i w tem stuleciu drugie już nie będzie.

139. Kiedy księżyc wchodzi w ostrokrąg przycieniu, światło tarczy słabnie tak zwolna, że bardzo trudno rozpoznać początek lub koniec zaćmienia. Jeżeli zaćmienie księżyca jest całkowite, księżyc czasem staje się zupełnie niewidzialny; niekiedy tarcza jest widzialna i zdaje się różowawą, co pochodzi z rozkładu promieni słonecznych w atmosferze ziemi.

Przy zaćmieniu całkowitem słońca, spotrzegamy na około tarczy księżyca krąg świetny. Ponieważ ze zmianą położenia księżyca, krąg ten pozostaje współśrodkowym ze słońcem, przypuszczają dla słońca *trzecią atmosferę*. (*)

W czasie całkowitego zaćmienia słońca, na niebie panuje taka ciemność, że w obec niej możemy widzieć gołem okiem, niektóre gwiazdy pierwszej wielkości. Brak światła w połączeniu ze zniżeniem temperatury i kolorem bladawym, jaki przybierają wszystkie przedmioty, czyni wrażenie na świadków tego zjawiska. Zwierzęta nawet nie jedzą i chronią się.

(*) Ta trzecia atmosfera jest zdaje się przyczyną światła fosforycznego widzianego po zachodzie i przed wschodem słońca, w kształcie trójkąta kulistego różnobocznego o podstawie zwróconej ku słońcu w kierunku [zodyaka, .zkąd światło to zowią *zodyakalnem*. Wieczorem widzialne ono jest około porównania wiosennego, rano zaś około porównania jesiennego.

140. Niegdyś, zaćmienie całkowite słońca lub księżyca było uważane za przepowiednią klęsk ogólnych.

Dziś, dzięki postępowi na drodze nauk i umiejętności, uprzedzeni o nastąpić mającem zjawisku, patrzymy na nie spokojnie, mając więcej jeden powód wielbić mądrość Stworzenia.

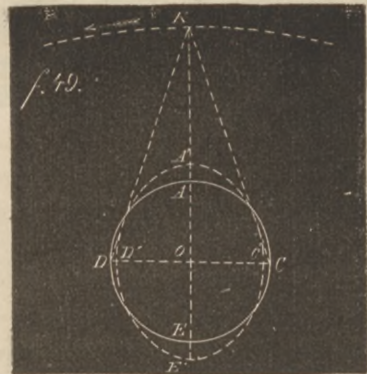
XVII. O przypływie i odpływie morza.

141. Nazywamy *przypływem i odpływem morza*, ruch peryodyczny wód morskich, w skutku którego wznoszą się one i opadają w danem miejscu to po nad, to pod pewną wysokość średnią. W pierwszym razie mówimy, że jest *przypływ morza* czyli *morze wysokie*, w drugim razie zowiemy to *odpływem* czyli *morzem nizkiem*.

Dwa razy na dobę czyli dokładniej, podwakroć w ciągu 24 godzin, 52 minut, morze dosięga swej największej wysokości i dwa razy spada do najniższego poziomu. Te cztery oscyllacye, dokonywają się w odstępach czasu prawie równych, czyli morze wznosi się przez 6 godzin, 13 minut, opada w ciągu takiegoż czasu i tak następnie.

142. Czas zawarty między dwoma przypływami kolejnemi, równa się połowie dnia księżycowego średniego Wnosić ztąd wypada, że zjawisko to pochodzi z przyczyny przyciągania przez księżyc wód morskich. O prawdziwości tego wniosku, łatwo możemy się przekonać.

Przypuśćmy bowiem, że księżyc *K* (fig. 49) porusza się na płaszczyznie równika ziemskiego *AECD*. Przypuśćmy nadto, że ziemia złożona jest tylko z massy płynnej i że jest doskonale kulistą. Podług prawa ciążenia powszechnego, siła przyciągania wywarta przez księżyc na cząstkę tej massy, leżącą w punkcie O, proporcyonalna jest do $\frac{1}{d^2}$; oznaczając przez d odległość OK. Oznaczmy nadto przez R promień ziemi, wtedy siła przyciągania przez księżyc atomu będącego w punkcie A, będzie proporcyonalna do: $\frac{1}{(d-R)^2}$



Ponieważ ułamek ostatni większy jest od pierwszego, przeto punkt A *musi się oddalać od środka.* Siła tego oddalania się jest proporcyonalna do

$$\frac{1}{(d-R)^2} - \frac{1}{d^2}$$

Dla tejże samej przyczyny punkt E przeciwny punktowi A, oddali się także od środka O massy płynnej.

Co do punktów C i D, te ulegną tym samym prawie zmianom co punkt O, gdyż prostę CK i DK mało się różnią co do kierunku i wielkości od OK, z uwagi na odległość księżyca od ziemi.

Możemy zatem wnioskować, *że przyciąganie księżyca:* 1-*o zmienia kulę płynną ną sferoidę, której oś wielka przechodzi przez środek księżyca*; 2-*o sprawia przypływ we wszystkich miejscach położonych na południku przechodzącym przez księżyc, czyli mających księżyc prawie w zenicie*; *zaś odpływ, dla wszystkich miejsc położonych na południku prostopadłym.*

143. Przyciąganie słońca, sprawia skutek takiż sam jak przyciąganie księżyca.

Mamy też codziennie w pewnem miejscu dwa przypływy i dwa odpływy spowodowane przez słońce; przypływy i odpływy słoneczne są daleko słabsze od przypływów i odpływów księżycowych.

144. Przypływy i odpływy nie są zawsze tej samej wielkości, gdyż raz działanie słońca powiększa działanie księżyca, drugi raz zmniejsza.

Przyjęto prawidło: *że siła, w skutku której atomy płynne oddalają się od środka ziemi, jest proporcyonalna do massy księżyca i promienia ziemi, zaś odwrotnie proporcyonalna do odległości księżyca od ziemi.*

145. Z tego co poprzedza, odrzucając działanie słońca, chwila przypływu powinna być chwilą przejścia księżyca przez południk miejsca. Różne okoliczności miejscowe sprawiają, że zjawisko przypływu opóźnia się i doświadczenia pokazały że opóźnienie to jest rozmaite w Breście *np*: wynosi 3 godzin, 45 minut; w Saint Malo dochodzi do 6 godzin i t. d.

Nietylko w portach, ale w pośrodku oceanów, zjawisko przypływu opóźnia się, co przypisać należy nierówność, dna morskiego, które jest pokryte górami, przepaściami, skałami i t. p. nierównościami.

Nadmienimy wreszcie, że na morzach lodowatych przy biegunach ziemi położonych, przypływy i odpływy morza czuć się nie dają.

Poprzestajemy na ogólnym zarysie rzeczy dotyczącej przypływu i odpływu mórz ziemię oblewających. Rozwinięcie w szczegółach tego przedmiotu, właściwie do Geografii Fizycznej należy.

XVIII. O globusach i kartach geograficznych czyli mappach.

146. Widzieliśmy w ciągu niniejszego wykładu, jakim sposobem zboczenie i wstęp prosty, oznaczają nam dokładnie położenie gwiazdy stałej na sklepieniu nieba. Jeżeli więc powierzchnia jakiejkolwiek kuli drewnianej, przypuśćmy, oklejonej papierem, wyobraża nam sklepienie nieba, to przyjąwszy jeden z okręgów kół wielkich za równik, pewien punkt na tym okręgu za punkt porównania wiosennego, moglibyśmy znając zboczenie i wstępy proste gwiazd stałych, oznaczyć położenie ich na tem sztucznem sklepieniu nieba, odpowiadające położeniu na sklepieniu prawdziwem. Takie sztuczne wyobrażenie sklepienia nieba i gwiazd stałych na niem położonych, zowie się *globusem niebieskim*.

147. Podobnież, znajomość szerokości i długości miejsc rozmaitych ziemi, dozwala nam oznaczyć na kuli sztucznej, wyobrażenie powierzchni ziemi, co do miejsc na niej położonych. Kula sztuczna z kulą ziemską, z powodu bardzo małego spłaszczenia tej ostatniej, mogą być uważane za bryły podobne.

Tym sposobem, przyjąwszy pewien okrąg koła wielkiego kuli sztucznej za równik ziemski, przy pomocy południków i równoleżników, możemy oznaczyć położenie głównych miast, kształty lądów, mórz, rzek wielkich, łańcuchów gór: a kula z takiemi oznaczeniami zwana *globusem ziemskim*, daje powierzchowne pojęcie o powierzchni ziemi, pod względem główniejszych miejsc.

Do żadnego jednak dokładnego rezultatu, globus ziemski doprowadzić nie może. Jeżeli idzie o oznaczenie miejsc od siebie odległych, globus taki może być wystarczający, gdy jednak chcemy wskazać położenie na powierzchni ziemi, miejsc blizkich siebie, albo innych szczegółów mniejszych rozmiarów, wtedy globus ziemski, będący zwykle bardzo mały, w porównaniu z prawdziwą kulą ziemską, nie jest już pożyteczny.

148. Niedogodność tę usuwają prawie w zupełności, tak zwane *karty geograficzne* albo *mappy*. Są to rysunki wykonane na płaszczyznie papieru, przedstawiające częściowo powierzchnię kuli ziemskiej, mianowicie: pewien kraj, prowincją lub tym podobne części.

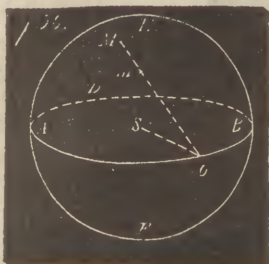
Zdejmując sposobami w miernictwie wskazanemi, plany miejscowości nie zajmujących znacznego obszaru ziemi, przyjmujemy tę miejscowość za płaszczyznę, plan zaś zdjęty na płaszczyznie równoległej, przedstawia nam figurę w zupełności podobną do figury miejscowości. Nie tak się rzecz ma z *mappą*, wyobrażać mającą znaczną przestrzeń powierzchni ziemi. Wtedy krzywiznę tej powierzchni ziemi, trzeba mieć na uwadze. Lecz powierzchnia ta nie jest rozwijalną, wyobrażenie więc jej matematycznie dokładne, na płaszczyznie miejsca mieć nie może. Zwykle tedy na papierze kreśli się pewna ilość linij, z których jedne przedstawiają równoleżniki, drugie południki ziemskie, a następnie na tak otrzymanej *kanwie geograficznej* oznacza się od oka, według znanej szerokości i długości miejsc, względne ich na mappie położenie.

149. Sposób jakim oznacza się linje, o których mowa wyżej, przedstawiać mające równoleżniki i południki ziemskie, stanowi to co zowią zwykle *rzutem*. Jest wiele podawanych sposobów oznaczania tych rzutów. W Każdym z nich starano się o to: aby kanwa czyli siatka geograficzna była łatwą do wykreślenia, i żeby nie była zbyt wielkich rozmiarów. Używa się albo: systemu *rzutów ortograficznych*, które są rzutami prawdziwemi, o jakich mowa w geometryi wykreślnej, to jest wyobrażamy z pewnych głównych punktów, spuszczone na daną stałą płaszczyznę prostopadłe, wyznaczające rzuty tych punktów; albo też: rzutów perspektywicznych zwanych *stereograficznemi* lub *rzutami Ptolomeusza*. Ten ostatni system używany jest szczególniej przy mappach całej półkuli ziemi.

150. *Rzuty ortograficzne*. Nie wiele można powiedzieć co by się tyczyło tego sposobu kreślenia mapp. Jeżeli, (jak zwykle przyjmują) płaszczyznę rzutów wyobraża nam jeden z południków ziemi, równoleżniki ziemi na tę płaszczyznę rzucają się podług linij prostych, równoległych od rzutu równika; wszystkie zaś inne południki ziemi na rzutach przedstawiają się jako elipsy, mające wszystkie w biegunach wierzchołki wspólne. Południk zaś, którego płaszczyzna prostopadła jest do płaszczyzny rzutów, rzuci się podług linii prostej, łączącej bieguny i przedstawiającej tem samem oś obrotu ziemi.

Mappy nakreślone według tego systematu, są dokładne w częściach środkowych, lecz po brzegach są bardzo błędne; w środku bowiem część równika rzuca się prawie w naturalnej długości, gdy tymczasem po brzegach taka sama część równika w rzucie jest bardzo małą.

151. *Rzuty stereograficzne lub Ptolomeusza.* W tym systemacie rzutów przyjmuje się za podstawę do działania czyli za *obraz* (*tableau, surface transparente*), płaszczyzna koła wielkiego *AEBF* służąca za podstawę półkuli *AEBFD*, którą chcemy przedstawić w rysunku (fig. 50). Punkt wi-

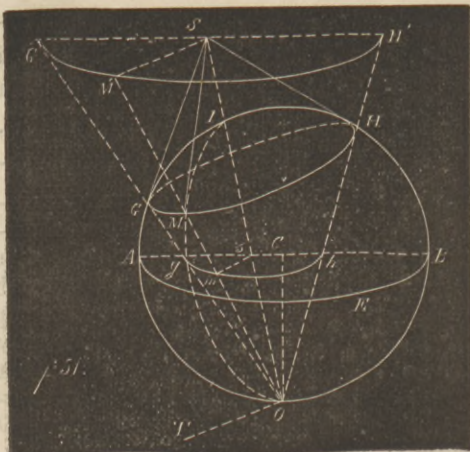


dzenia *O* jest na końcu promienia *SO* prostopadłego do płaszczyzny *AEBF*. Dajmy że ziemia wewnątrz pusta, przedzielona jest tylko płaszczyzną przezroczystą *AEBF*; dajmy nadto że chcemy oznaczyć położenie punktu *M* na półkuli *AEBFD*, o którą idzie, leżącego. Wtedy w punkcie *O* otrzymamy od punktu *M* promień światła *MO*, który spotyka płaszczyznę obrazu w punkcie *m*. Ten właśnie punkt *m* jest *rzutem stereograficznym punktu M.*

152. Rzuty stereograficzne posiadają ważne własności. *Własność I. Rzut stereograficzny okręgu małego koła powierzchni ziemi, jest okręgiem koła, którego środkiem jest takiż rzut wierzchołka ostrokręgu, opisanego na powierzchni ziemi podług danego okręgu.*

Dajmy bowiem że koło wielkie *AEB* kuli ziemkiej (fig. 51) jest płaszczyzną obrazu, wtedy *O* jest punktem widzenia. Chcąc znaleść rzut stereograficzny okręgu małego koła *GMH*, znajdujemy podanym wyżej sposobem, rzuty rozmaitych punktów tego okręgu, jak *m*, *g*, *h*; chcemy okazać: że te rzuty leżą na okręgu koła, którego środkiem *s*, to jest rzut wierzchołka *S* ostrokręgu opisanego na kuli podług danego okręgu małego koła *GMH*.

W tym celu przez punkt widzenia *O*, prowadzimy wielkie koło *AOB* prostopadłe do płaszczyzny koła *GMH*; oraz do tego koła styczne *GS i HS*: punkt ich przecięcia *S*, jest



wierzchołkiem ostrokręgu stycznego do kuli podług koła *GMH*. Następnie przez znaleziony wierzchołek *S* prowadzimy płaszczyznę równoległą od płaszczyzny *AEB* obrazu i niech koło *G' M'H'* przedstawia nam przecięcie się tej płaszczyzny z ostrokręgiem widzenia *OGMH*. Ponieważ przecięcia ostrokręgu płaszczyznami równoległemi są krzywe, podobne, przeto jeżeli *G'M'H'* jest kołem, krzywa *gmh* o którą idzie, także musi być kołem. Dla tego uważmy, że tworząca *SM* ostrokręgu *SGMH* i rzut tej tworzącej stereograficzny *SM'*, leżą na jednej płaszczyznie, która kulę przecina podług łuku *JMO*, a płaszczyznę styczną do tej kuli w punkcie *O*, podług linii *TO* równoległej do *SM'* a stycznej do łuku *JMO*.

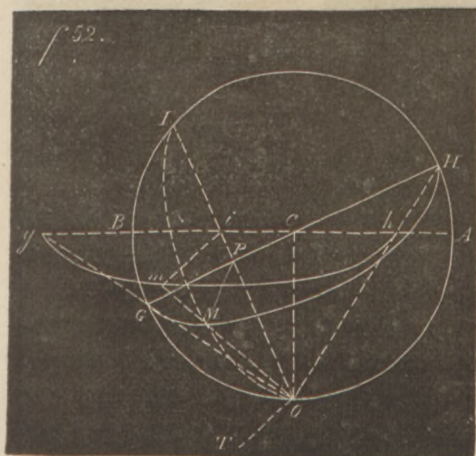
Płaszczyzna styczna do kuli w punkcie *O*, będąc prostopadłą do promienia *CO*, jest równoległa do płaszczyzn *AEB* i *GM'H'*; zatem kąty *SM'O* i *M'OT* są równe jako naprzemianległe zewnętrzne; zkąd wypada że kąty *SMM'* i *M'OT* są także równe, jako mające wspólną miarę, więc kąt *SMM'* = *SM'M*, czyli trójkąt *SMM'* jest równoramienny t. j: *SM'* = *SM* = *SG*. Tak samo okazać można, że

$SG' = SG$, $SH' = SG$, co znaczy że krzywa $G'M'H'$ jest kołem.

Własność 2. *Rzut stereograficzny* **gmh** *okręgu koła wielkiego* **GMH** (*fig.* 52) *kuli ziemskiej, jest kołem, którego środek* **i** *leży na prostopadłej* **OP** *spuszczonej z punktu widzenia* **O** *na płaszczyznę koła wielkiego, a którego promień równa się odległości tego środka od punktu widzenia.*

Dajmy że koło AOB prostopadłe jest do danego koła GMH i przechodzi przez punkt widzenia O; poprowadźmy: OP prostopadłą do płaszczyzny GMH, oraz promień widzenia OM, który w punkcie m wyznaczy nam rzut stereograficzny punktu M; poprowadźmy wreszcie PM oraz **i m**; chcemy dowieść: że $gi = im = Oi$.

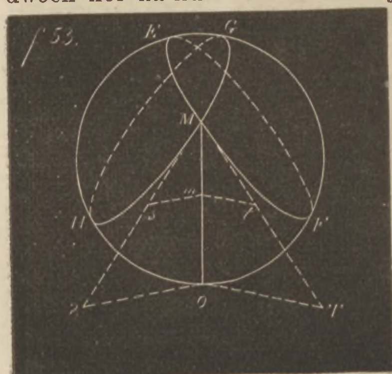
Płaszczyzna OMP przecina, kulę podług łuku koła, przechodzącego przez końce cięciwy OJ; płaszczyznę zaś styczną do kuli w punkcie O, podług stycznej OT do łuku OMJ; wreszcie płaszczyznę GMH podług linii MP prostopadłej do cięciwy OJ. Nadto linije im i OT są równoległe, a promień widzenia OM przechodzący przez środek łuku OMJ dzieli kąt TOJ na dwie części równe. Zatem kąt $i\,m\,O = T\,O\,m = m\,O\,i$, czyli trójkąt $mO\,i$ jest równoramienny, zatem $m\,i = i\,O$ co było do okazania.



Własność 3-cia. Dwa koła kuli i dwa ich rzuty stereograficzne, przecinają się pod tym samym kątem.

Przez punkt wspólny *M* dla dwóch kół *GMH* i *EMF* (fig. 53), poprowadźmy styczne *MT* i *MS* do tychże kół, przecinające się w punktach *T* i *S* z płaszczyzną styczną do kuli przez punkt widzenia *O* poprowadzoną. Niech punkta *t* i *s* oznaczają punkta przecięcia się tych stycznych z płaszczyzną obrazu i niech *m* oznacza rzut na tęż płaszczyznę punktu *M*; poprowadźmy wreszcie *mt*, *ms*, *OT*, *OS*.

Kąt *TMS* stanowi to, co zowiemy kątem nachylenia się dwóch kół na kuli. W Geometryi wykreślnej dowodzi się



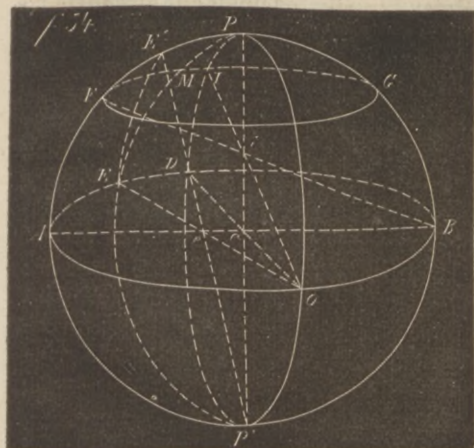
nadto: że rzut stycznej do krzywej jest styczny do rzutu tej krzywej. Dla okazania zatem, że własność o którą idzie ma miejsce, należy dowieść że kąty *SMT* i *smt* są równe; że zaś kąt *smt* = *SOT* trzeba okazać że kąt *TMS*=*TOS*. Lecz linje *MS* i *SO* są to dwie styczne do kuli poprowadzone z tego samego punktu *S*, zatem są sobie równe; podobnie *TM* = *TO*; zatem trójkąty *TMS* i *TOS* są równe, a kąt *TMS*=*TOS*.

Uwaga. Według tej ostatniej własności, trójkąt sferyczny bardzo mały i jego rzut stereograficzny, są figury podobne; zatem część bardzo mała powierzchni ziemi i jej rzut stereograficzny, są także figury podobne.

153. *Rzut na południk.* Dajmy że idzie o przedstawienie półkuli ziemskiej *APBP,D* (fig. 54) na płaszczyznie południka *APBP'*, który tej półkuli służy za podstawę. Według powyższego, punkt widzenia *O* znajdować się musi na końcu promienia *CO*, prostopadłego do płaszczyzny południ-

ka. Niech *M* przedstawia nam punkt na półkuli danej położony, przez który przechodzi półokręgu południka *PEP'* i pół okręgu równoleżnika *FMG*. Rzut sterograficzny pierwszego półkola będzie łuk koła przechodzący przez bieguny *Pip'*; drugiego równie łuk koła przechodzący przez końce średnicy *FG*. Należy więc oznaczyć na rzutach, jeszcze jeden punkt należący do każdego z tych łuków.

Co do 1-*go*. Rzutem punktu *E*, w którym półokrąg po-



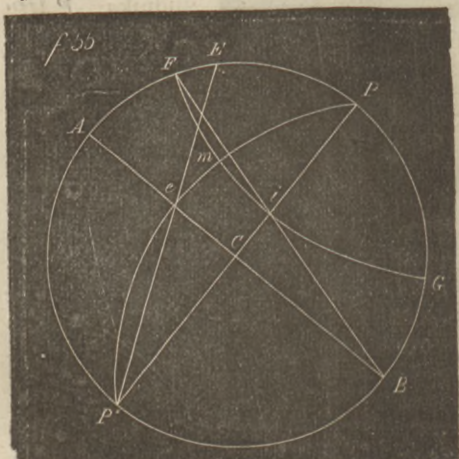
łudnika *PMP'* przecina się z okręgiem równika *AEB*, jest punkt *e*. Jeżeli całą figurę obrócimy około *AB*, tak aby punkt widzenia *O* przyszedł do punktu *P'*, punkt *e* w czasie tego obrotu, jako na osi położony, nie ruszy się z miejsca, punkt zaś *E* znajdzie się w punkcie *E'* na południku *APBP'*; w odległości od punktu *A* równej łukowi *AE*; trzy zaś punkta *E'*, *e*, *P'* znajdować się muszą na jednej linii prostej.

Co do 2-*go*. Rzutem punktu *J*, w którym półokrąg równoleżnika *FMG* przecina się z okręgiem południka *PDP'* przechodzącego przez punkt widzenia, jest punkt *i*. Jeżeli całą figurę obrócimy około *PP'*, tak żeby punkt widzenia *O* przyszedł do punktu *B*, wtedy punkt *J* przyjdzie do punktu *F*, zaś punkt *i* nie ruszy się z miejsca, a trzy punkta *i*, *F*, *B* leżą na jednej linii prostej.

Wiedząc to, jesteśmy obecnie w możności wyrżec co następuje:

1o. Na okręgu południka będącego obrazem (fig. 55) biorąc od równika łuk AE, równy długości geograficznej miejsca M, łączymy punkt E z biegunem P'. Linija EP', przecina się ze średnicą równika w punkcie e, a łuk koła przechodzący przez ten punkt i bieguny P i P' jest rzutem stereograficznym półokręgu południka punktu M.

2o. Od końców średnicy równika odcinając na obwodzie po



łudnika, będącego obrazem, łuki AE i GB równe sobie i równe szerokości miejsca M, prowadzimy pr stą FB, która przecina oś PP' w punkcie i; łuk koła FiG, jest rzutem stereograficznym półokręgu równoleżnika miejsca M.

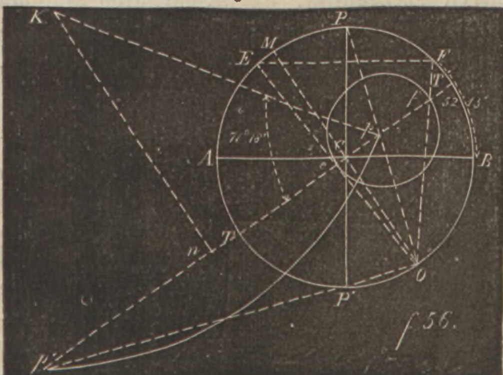
3o. Oczewiście punkt m przecięcia się łuków $P\ e\ P'$ i $F\ i\ G$, jest rzutem stereograficznym miejsca M na południk dany.

154. *Rzuty na równik.* Rzuty te bardzo rzadko używane, są łatwe. Przyjmując bowiem równik za płaszczyznę obrazu, rzuty południków są linijami prostemi, równoleżniki zaś rzucają się podług kół współśrodkowych.

155. *Rzuty na poziom.* Weźmy za płaszczyznę obrazu, płaszczyznę, przechodzącą przez środek ziemi, prostopadłą do promienia ziemi dla pewnego punktu M. Punkt widzenia O (fig. 56) będzie na drugim końcu średnicy ziemi

dla punktu M. Średnica TT' prostopadła do średnicy MO, jest śladem płaszczyzny obrazu na południk $PMP'O$. Biorąc łuk MA równy szerokości miejsca, średnica ACB jest śladem równika; nareszcie średnica PCP' prostopadła do ACB wyobraża oś ziemi. Ponieważ poziom punktu M, jest to płaszczyzna styczna do kuli w tym punkcie, zatem płaszczyzna obrazu równoległą jest od tego poziomu, dla tego to rzuty na taką płaszczyznę, zowią się *rzutami na poziom.*

Mając to, poprowadźmy dwa promienie widzenia OpP i $OP'p'$, przecinające w punktach p i p' ślad TT' obrazu, i obróćmy całą figurę około linii TT' na ćwierć okręgu koła, tak: żeby punkt widzenia O był zakryty przez figurę. Punkta p i p' na osi obrotu położone, nie ruszą się z miejsca, półokrąg, zaś południka przedstawiać będzie średnica TT', punkt M znajdzie się w punkcie C, płaszczyzną wreszcie obrazu po tym obrocie, jest płaszczyzna PMP' papieru.

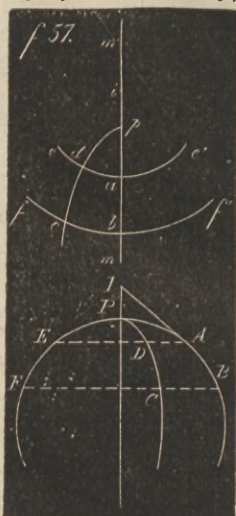


Chciejmy teraz przedstawić w rzucie jakikolwiek równoleżnik i południk; *np*: równoleżnik odpowiadający naszej szerokości 52°—13' i południk również odpowiadający naszej długości względem południka Paryzkiego 18°—42'. Wziąwszy $AE = BF = 52^\circ - 13'$ i prowadząc EeO i OFf, okrąg koła zakreślony na ef jako na średnicy, da nam rzut równoleżnika żądanego.

Co do rzutu południka, ten będzie łukiem koła przechodzącym przez punkta p i p' i przecinającym tę liniją pp' pod kątem $18^0—42'$. Jeżeli zatem ze środka linii pp' wystawimy prostopadłą do niej nk, a przez punkt p poprowadzimy liniją pk nachyloną do pp' pod kątem $71^0—18'$, wtedy punkt przecięcia się tych dwóch linij, wyznaczy nam środek łuku, będącego rzutem żądanego południka na równik.

156. Powiedzieliśmy już wyżej, że rzuty stereograficzne używają się tylko do przedstawienia na mappie całej półkuli, do mapp zaś części świata, krajów, prowincyj lub tym podobnych szczegółów, używa się albo systemu rzutów ortograficznych, albo innych jeszcze, między któremi zasługuje na uwagę system *rzutów francuzkich*, polegający na bardzo prostej zasadzie.

Jeżeli A jest takie miejsce na ziemi, że na mappie, którą rysować chcemy, zajmować będzie środek, na rzucie a (fig. 57), wtedy prowadzimy przez ten punkt a liniją nieograniczoną $m\ m'$, uważając ją za rzut południka PAB środkowego na mappie o którą idzie. Aby znaleść taki równoleżnik środkowy ADE, bierzemy na linii $m\ m'$ długość $ai = AJ$ stycznej i promieniem ia kreślimy łuk $e'\ a\ e$, który nam wyobraża równoleżnik środkowy. Inny równoleżnik BCF przedstawi nam na mappie łuk fbf' współśrodkowy z poprzednim, zakreślony promieniem ia powiększonym lub zmniejszonym o łuk AB stosownie do tego, czy szerokość punktu B jest większa lub mniejsza od szerokości punktu A. Aby na mappie przedstawić południk jaki, np.



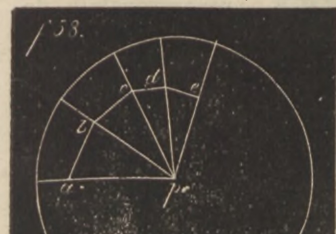
PDC, na rzutach równoleżników bierzemy $cb=BC$, $ad=$

AD i punkta *c, d*..... tak otrzymane łączymy krzywą *cd*.....

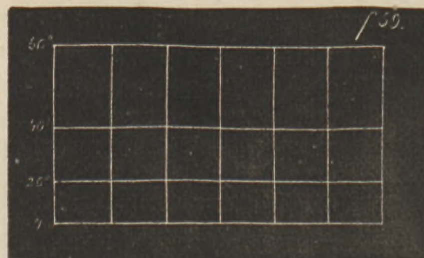
Nadmienić wypada, że w rzutach francuzkich, część powierzchni ziemi na karcie przedstawionej, uważa się za powierzchnią rozwiniętą ostrokręgu, stycznego do powierzchni kuli podług danego równoleżnika.

157. We wszystkich rodzajach rzutów, które dotąd podaliśmy, południki rzucają się podług linij wzajemnie przecinających się; chcąc zatem na karcie podług tych rzutów zrobionej, oznaczyć kierunek wiatru, drogę okrętu i t. p. czyniące z południkiem zawsze ten sam kąt, kierunek ten na karcie nie może być oznaczony liniją prostą, lecz szczególnego rodzaju krzywą.

Naprzykład, chcąc oznaczyć kierunek północnozachodni, to kierunek ten *ba* z południkiem *ap* (fig. 58) powinien czynić kąt 45°; lecz przyjmując ten kierunek za liniją prostą,



to on z południkiem *bp* utworzyłby kąt większy; musi zatem zmienić się na prostą *bc* czyniącą z *bp* kąt 45° i tak dalej, skoro kierunki południków na karcie ciągle się zmieniają, to i kierunek linii o którą idzie ciągle musi się zmieniać i przedstawi się nie w kształcie linii łamanej, lecz krzywej, zwanej *loksodromiją*. Ponieważ dla żeglugi morskiej przedstawianie tego samego kierunku liniją krzywą nie jest dogodne, przeto używają zwykle do kart morskich takiego rodzaju rzutów, w których południki rzucają się podług linij prostych, równoległych; równik zaś i równoleżniki podług takichże linij prostopadłych do pierwszych. Lecz w takim razie stopnie równoleżników są wszędzie równe, gdy tymczasem rzeczywiście zmniejszają się proporcyonalnie do dostawy szerokości. Przyjmując zatem stopnie południków, także wszędzie za jednakowe, rzuty takie nie przedstawiałyby dokładnego kształtu danej powierzchni, gdyż wymiary co do szerokości i długości miejsc nie byłyby prawdziwe, pierwsze bowiem zostałyby się bez zmiany a drugie zwiększałyby się tymbardziej, im większa szerokość miejsca. Aby w rzucie takim zachować stosunek istotny, co do szerokości i długości miejsc danej powierzchni, powiększają stopnie południka w tym samym stosunku, w jakim powinny się zmniejszać stopnie równoleżników t. j. w stosunku dostaw szerokości (fig. 59). Tym sposobem stopnie południka w miarę oddalania się od ró-



wnika, powiększają się odwrotnie proporcyonalnie do dostaw szerokości. Tego rodzaju rzuty zowią się *merkatorskiemi*, a karty czyli mappy, kartami *merkatorskiemi* albo *morskiemi*. Na takiej mappie, nie można przedstawić całej powierzchni ziemi, gdyż w bliskości biegunów stopnie południka powinny być bardzo wielkie, dla tego że dostawy szerokości miejsc przy biegunach leżących, są bardzo małe.

Dodatek.

O Kompasach.

158. *Kompasem*, zowiemy przyrząd służyć mający, do wskazania w każdej chwili dnia, godziny jaką winien wskazać zegar zwyczajny, regulowany z czasem słonecznym prawdziwym. Kompas przeto uważać można za pewien rodzaj zegaru słonecznego,

159. Jest wiele rodzajów kompasów; wszystkie one jednak polegają na jednej zasadzie, którą tutaj podać zamierzamy.

Wystawmy sobie 12 płaszczyzn, przechodzących przez oś świata i dzielących przestrzeń na 24 kątów dwuściennych równych, pierwsza z tych płaszczyzn niech się zlewa z płaszczyzną południka miejsca. Oczywiście że gwiazda każda, potrzebować będzie godziny czasu żeby przejść z pierwszej płaszczyzny południka do płaszczyzny drugiej, za godzinę znowu przejdzie z płaszczyzny drugiej na trzecią i tak następnie. Jeżeli oznaczymy raz na zawsze, linije przecięcia się 12-tu płaszczyzn godzinnych z jaką stałą płaszczyzną sieczną i odrzucimy płaszczyzny godzinne a wspólne ich przecięcie t. j. oś świata, zastąpimy *skazówką* albo *igłą* ciemną, nieprzezroczystą, stale osadzoną, wtedy skoro słońce oświeci należycie podobny przyrząd, cień rzucony przez skazówkę na płaszczyznę sieczną, zlewać się będzie kolejno z rozmaitemi linjami godzinnemi, t. j. ze śladami płaszczyzn godzinnych. *W prawdziwe* południe, cień skazówki zleje się z przecięciem płaszczyzny południka z płaszczyzną sieczną, i tak dalej.

Z powyższego wypada, że skazówka powinna być ustawiona na kierunku osi świata albo co na jedno wychodzi osi ziemi, około której odbywa się ruch pozorny dzienny słońca. Niepodobieństwo jednak uczynić zadosyć temu warunkowi. Z uwagi jednak, że stosunkowo do odległości słońca od ziemi, wymiary ziemi są bardzo małe, można bez widocznego błędu, oś świata zastąpić przez linją od niej równoległą i w takim kierunku, ustawiać skazówkę kompasu. Zresztą. kompasy nie są przyrządami przeznaczonemi do dokładności, gdyż nie mogą wskazywać bardzo małych części godzin.

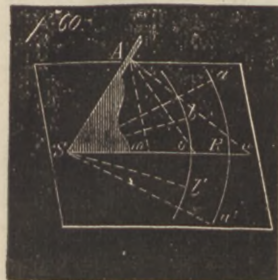
Zasady zatem kompasów, według tego co wyżej powiedziano, są następujące:

1° *W każdym kompasie, skazówka, rownoległa jest od osi ziemi; leży zatem na południku miejsca i pochyloną jest do poziomu pod kątem, równym wysokości bieguna.*

2° *Linje godzinne są przecięciami płaszczyzny kompasu z* 12-*toma płaszczyznami przechodzącemi przez skazówkę i pochylonemi jedna do drugiej pod kątem* 15°; *wszystkie linje godzinne schodzą się w środku kompasu t.j. w punkcie przytwierdzenia skazówki do płaszczyzny kompasu.*

160. Zanim mówić będziemy o rozmaitego rodzaju kompasach, wskażemy jakim sposobem, z cienia rzuconego przez skazówkę na płaszczyznę poziomą, można oznaczyć na takiej płaszczyznie linją południkową.

Dajmy bowiem, że na płaszczyznie poziomej utwierdzona jest skazówka *A*, której kierunek równoległy jes od osi świata (fig. 60). Cień rzucony przez skazówkę może nam wskazać położenie słońca na niebie w ciągu dnia. W samej rzeczy, cień ten bardzo długi o wschodzie słońca, następnie zmniejsza się do południa, po-



cząwszy zaś od południa, długość tego cienia będzie się powiększać do zachodu słońca, w tym samym stosunku, jak się przed południem zmniejszała. Z punktu *S* jako ze środka, zakreślmy parę kół współśrodkowych na płaszczyznie poziomej, i oznaczmy na okręgu *aa'*, punkt *a*, gdy cień kończy się na tym okręgu przedpołudniem, oraz punkt *a'*, gdy cień ten kończy się na tymże okręgu po południu; oznaczmy dalej punkt *b*, gdy cień skazówki kończy się na okręgu *bb*' przed południem, i puunkt *b*' gdy cień kończy się na tymże okręgu po południu. Linja *SR* dzieląca kąty *a'Sa* i *bSb'* na dwie części równe, jest linją południkową. Oznaczając koniec cienia w rozmaite dni roku, możemy oznaczyć chwile przesileń i porównań. Mianowicie zaś, porównanie letnie jest wtedy, gdy cień rzucony przez skazówkę w południe jest najmniejszy, przesilenie zaś zimowe, gdy cień ten jest najdłuższy; przyczynę tego łatwo zrozumieć pamiętając, że w czasie przesilenia letniego, wysokość południkowa słońca jest największa, w czasie zaś przesilenia zimowego najmniejsza.

Dajmy tedy, że na figurze 60 długość najmniejsza cienia najkrótszego w czasie przesilenia letniego jest *Sm*, czyli że kierunek promieni słonecznych wtedy jest *Am*; dajmy nadto, że cień najdłuższy w czasie przesilenia zimowego jest *Sn*, czyli kierunek promieni słońca *An*; dzieląc kąt *mAn* na dwie części równe, linja *Ao* tym sposobem otrzymana, wskaże nam kierunek promieni słonecznych w czasie porównań, zaś *So*, długość cienia rzuconego przez skazówkę w chwili obu porównań.

Mając te punkta stale oznaczone na linii południkowej, wiedzieć będziemy, że gdy długość cienia jest *So*, wtedy jest porównanie, skoro zaś długość cienia jest *Sm* lub *Sn* wtedy są przesilenia.

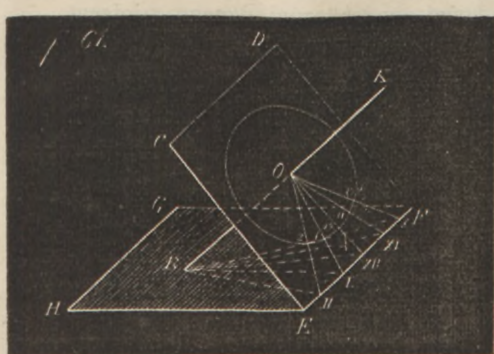
161. Najprostszym ze wszystkich kompasów jest ten, który pokazuje tylko chwilę południa. Należy tylko na płaszczyznie poziomej lub na ścianie pionowej, oznaczyć cień rzucony przez stałą skazówkę, leżącą na płaszczyznie południka miejsca. Jeżeli to zrobimy w południe prawdziwe, wtedy w każdym dniu w chwili południa prawdziwego, cień skazówki zleje sie z oznaczoną linją południkową.

162. Bardzo prosty jest także *kompas równikowy*, Płaszczyzna takiego kompasu jest równoległa od równika. Zatem skazówka jest prostopadła do płaszczyzny tego kompasu. Linje zaś godzinne, wychodzące ze spodka skazówki, są pochylone jedna do drugiej pod kątem 15°. Należy więc ze spodka, zakreślić na płaszczyznie kompasu okrąg koła, podzielić go na 24 części równych, promienie koła przez punkta podziału przechodzące, są linjami godzinnemi.

Mając zbudowany kompas równikowy, należy go przedewszystkiem zregulować t. j. tak ustawić: aby skazówka była równoległa od osi świata i linja południa była na płaszczyznie południka.

W tym celu rysujemy trójkąt *AOB* prostokątny przy *O*, a którego kąt ostry *B*, równa się szerokości geograficznej miejsca; ustawiamy następnie ten trójkąt pionowo w ten sposób, aby jego przeciwprostokąt na *AB* zlewala się z linją południkową poprzednio oznaczoną (fig. 61). Następnie ustawiamy kompas *CDEF* tak, aby skazówka poszła po przedłużeniu boku *BO* trojkąta *AOB*, oraz linja południa poszła po boku *AO*. Mamy wtedy kompas równikowy zregulowany.

Zboczenie słońca od porównania wiosennego do jesiennego jest północne, przez drugie pół roku południowe. Ztąd wypada, że wciągu pierwszego półrocza część *OK* skazówki rzucać będzie cień na część wyższą kompasu, zaś w ciągu drugiego półrocza część *OK* skazówki, rzuci cień na część niższą kompasu. Koniecznie zatem kompas musi być podzielony na obie strony i po bokach, dla użycia w czasie porównań,



163. *Kompas poziomy* jest taki, w którym płaszczyzna równoległa jest od poziomu miejsca. Aby zbudować taki kompas na płaszczyznie *EFGH* poziomej, (fig. 61) dajmy że linja *EF* powstaje z przecięcia się danej płaszczyzny poziomej, z płaszczyzną kompasu równikowego; sposobem powyżej podanym zregulowanego, i mającego skazówkę *OB* na jednej linii prostej ze skazówką *KO* danego kompasu poziomego. Przedłużając linje godzinne

kompasu równikowego, do przecięcia się z płaszczyzną poziomą i spodki ich łącząc linjami prostemi z punktem *B* otrzymamy *B XII*, *B XI*, *B I*, i t. d. linje godzinne kompasu poziomego.

164. *Kompas pionowy południkowy*, jest taki, w którym płaszczyzna kompasu pionowa, prostopadła jest nadto do płaszczyzny południka miejsca. Urządzenie jego jest takie samo jak kompasu poziomego z tą różnicą, że skazówka pochylona jest do kompasu pod kątem równym dopełnieniu szerokości geograficznej danego miejsca.

Uwaga. Kompas poziomy dla danej szerokości geograficznej, jest pionowym dla miejsca, którego szerokość jest dopełnieniem do 90° pierwszej szerokości.

165. Jeżeli płaszczyzna pionowa na któréj kompas urządzić chcemy, nie jest prostopadłą do płaszczyzny południka, wtedy postępowanie prowadzące do oznaczenia na takim kompasie linij godzinnych, dosyć jest skomplikowane. Opisanie tego sposobu, jako należące do Geometryi Wykreślonej, mianowicie zaś do jej zastosowania wteoryi cieniów, opuszczamy, gdyż jak wyżéj powiedziano, chcieliśmy tylko wskazać główne zasady, na jakich polegają kompasy.

KONIEC.

Treść Rozdziałów.

ERRATA.

Stron.	Wiersz	Zamiast	powinno być
35	18	w femerydach	w efemerydach
65	18	33^0	23^0
67	15	wysokość	wysokości
67	20	oku	roku
77	9	$180^0\ z$	$180^0 — z$
99	7	z'	$z'S$
105	7	$a'o'c$	$b'o'c$
108	23	5	5^0
146	25	dopiero	już

UWAGA. W niektórych drzeworytach głoski zbyt płytko cięte nie wyszły w odbiciu, lub są zmylone, jako to:

fig. 7. W środku linii LL' brakuje głoski O.
fig. 11. Zamiast koła MF powinno być MT.
fig. 12. W środku linii AB brakuje głoski S.
fig. 22. Gdzie głoska H powinna być głoska R i odwrotnie.
fig. 30. Na przecięciu się linij aq' i os brakuje głoski c.

1168

45

993 [illegible] 276

GWuttke