

R O Z D Z I A Ł II.

Opisanie składu i użycia koła powtarzającego Bordy. (Cercle répétiteur de Borda).

16. Do mierzenia odległości zenitalnych i kątów położeń, równie iak do oznaczenia wielu bardzo elementów w Jeodezyi, używa się z najpomyślniejszym skutkiem koło powtarzające *Bordy*. *Fig. C. tabl. III.* wystawia to narzędzie w położeniu pionowém.

Składa się ono z koła podzielonego na stopnie i drobniejsze części, po którego okręgu posuwa się wolnie luneta *AB*, i w jakimkolwiek punkcie szrubą może bydz przymocowana. Druga luneta *A'B'* umieszczona z tyłu narzędzia posuwa się po jego okręgu niepodzielonym. Kiedy narzędzie weźmie położenie poziome, w tenczas luneta *AB* leżąca na wierzchu koła nazywa się pospolicie lunetą górną, a *A'B'* dolną. Szruby mikrometryczne *R* i *R'* nadaia powolny ruch lunetom; a werniery zastosowane przy iednym i drugim końcu lunety, służą do oznaczenia mierzonych kątów i daia ich wartość w minutach, a czasem nawet iak w kołach *Reichenbacha* i w sekundach. W obserwacyach nocnych wkłada się na końcu lunet reflektor *BF*. Z tyłu narzędzia umieszczone są dwie libelle, iedna równoległa do jego powierzchni, a druga do niej prostopadła. Używaią się one do upoziomowania koła powtarzającego.

Os *SS'* utrzymuiąca całe narzędzie stoi na trzech nogach szrubowych *V, V', V''*; a do iedney z nich stosuie się czasem podstawek z nóżką szrubową *veé*, dla tém łatwiejszego ustawienia narzędzia. Całe narzędzie może się obracać przed-

ko i powoli azymutalnie na 360° . W doskonalszych nawet narzędziach bywa przy nogach umieszczone koło azymutalne podzielone na stopnie i drobniejsze części; za pomocą iego można przez przybliżenie mierzyć poziomość.

Koło powtarzające kiedy stoi w położeniu pionowém, iak to na *fig. C* widzimy, wtenczas służy do mierzenia odległości zenitalnych. Gdy zaś mu nadamy położenie poziome lub bliskie poziomemu, wtedy mierzymy niém kąty mające wierzchołek w iednym stanowisku A, a ramionami obejmujące inne stanowiska B i C, czyli tak nazwane w Jeodezyi kąty położen (*angles de position*).

Nie rozszerzamy się nad opisaniem szczegółowém składu mechanicznego części narzędzia; bo przypatrzenie się samo lepiej nas tego nauczy, aniżeli naydłuższe na figurach wykłady. Opowiemy zaś teorię brania i powtarzania kątów i poprawki do nich się stosujące; nadto wyszczególnimy wszystkie sprawdzania narzędzia, i opiszemy w całej obszerności sposób szukania szerokości jeograficznej i poziomości stanowisk, elementów nieodbitie potrzebnych w Jeodezyi.

17. Zastanówmy się naprzód nad braniem odległości zenitalnych. Na ten koniec ustawiam narzędzie pionowo, i położenie iego zgadzam za pomocą dwóch libell na krzyż postawionych (*fig. 2*). Niech koło LBVL' wyobraża brzeg narzędzia podzielony na stopnie, minuty i drobniejsze części; LV niech będzie osią optyczną lunety, która wolnie się obraca około środka C. Przez ten środek przechodzi drugie prawidło L'V' prostopadłe do LV, a na czterech końcach tych prawideł są werniery, które ze szrubą mikrometryczną ułatwiają oznaczenie części mniejszych podziału, to iest: minut i sekund. W naynowszych kołach powtarzających, osobliwie robionych przez *Reichenbacha* i *Ertela*, werniery wyrżnięte są na kole spółśrodkowém z kołem stanowiącém brzeg narzędzia, które może się wolnie obracać z lunetą, i bardzo ściśle do pierwszego koła przystaie. Tak urządzone werniery trwalsze są i nie ulegają schyleniu. Jakkol-

wiek zaś będą urządzone te cztery werniery, zawsze wzięwszy odległość od zenitu jakiegoś przedmiotu, mamy na nie cztery wartości; z których wyciągnięta średnia daie wypadek bliższy prawdy.

Wyobraźmy naprzód, dla łatwiejszego pojęcia naszych rezonowań, że narzędzie wisi na nici wierzchołkowej ZC. Kiedyśmy lunetę wykie rowali *np.* do punktu stałego E w kierunku CVE, kąt ZCE, jaki ta linia czyni z linią wierzchołkową, daie odległość od zenitu. Przymocowawszy lunetę w punkcie V, dajmy ruch azymutalny kołu na 180° około linii wierzchołkowej ZC (*fig. 3*); luneta będzie leżała w kierunku LV, a przedmiot obserwowany zostanie w położeniu CE. Kąt ZCE zawsze wyrazi odległość od zenitu, ZCV będzie drugą gwiazdy od zenitu odległością, a zatem kąt VCE będzie odległością zenitalną podwójną. Przypuszczamy tu, że w czasie obrotu narzędzia, linia wierzchołkowa ZC nie odmieniła swojego położenia; o czém się za pomocą libelli przekonamy. Przymocowawszy koło, postawmy lunetę w kierunku CE; różnica wartości kąta pod jakim stała luneta w pierwszej i w drugiej obserwacyi, iest podwójną odległością przedmiotu od zenitu nie zarażoną kollimacyą. Bo oczywista iest rzecz, że za obrotem azymutalnym narzędzia na $180,0$ nastawiając powtórnie lunetę na punkt obserwowany, luneta przewraca się, i błąd kollimacyi wchodzi do drugiej obserwowanej odległości zenitalney ze znakiem przeciwnym; a zatem summa obserwowanych dwóch odległości zenitalnych nie zależy od kollimacyi.

Pospolicie w pierwszej obserwacyi stawia się luneta na $0.0\ 0.0''$ a koło samo tak się porusza wierzchołkowo, żeby punkt obserwowany leżał w luncie na nici poziomey, blisko środka lunety.

18. Nie konieczn ie jednak potrzeba oceniać wartość podziału koła w drugiej obserwacyi; można takich parzystych obserwacyi zrobić ile się podoba, a znalazłszy wartość podziału w ostatniej obserwacyi, rozdzielić wszystko przez

liczbę obserwacyi, dając tylko wzgląd na liczbę przebieżonych okręgów kół. Otrzymany wypadek da odległość zenitalną uwolnioną od kollimacyi i od błędu podziału narzędzia. Wykonywa się zaś ta robota następującym sposobem.

Przytwierdziwszy śrubą lunetę po drugiej obserwacyi, daymy znowu ruch azymutalny koła na 180° ; luneta weźmie położenie LV. (*fig. 3*). Nie tykając lunety posuńmy tak koło, żeby nie pozioma przecięła punkt E; przeto położenie narzędzia będzie zupełnie toż samo, co w pierwszej obserwacyi (*fig. 2*). Obróćmy teraz koło azymutalnie na 180° (*fig. 3*); luneta będzie w kierunku LCV. Wycelujemy ją do przedmiotu E po linii CE, przytwierdziwszy wprzód mocno samoż koło; kąt VCE da drugą podwójną odległość od zenitu gwiazdy. Przeto zrobiliśmy już cztery obserwacje. Tym sposobem można powiększyć liczbę parzystych obserwacyi do $2n$, zapisawszy dobrze podział koła iakiemu odpowiada luneta w ostatniej obserwacyi. Dodając zaś do pewney liczby okręgów kół, które przebiegła luneta, kąt zanowany na limbum i na wernierach, i dzieląc to wszystko przez liczbę obserwacyi, wpadamy na odległość zenitalną przedmiotu obserwowanego E bez kollimacyi; a błąd obserwacyi i podziału narzędzia znacznie jest zmniejszony.

19. Dla ustawienia narzędzia w kierunku wierzchołkowym i dla utrzymania w praktyce linii wierzchołkowej ZC, wynalazca *Borda* umieścił za kołem dwie libelle do siebie prostopadłe. Jedna służy do przekonania się czy płaszczyzna koła jest prostopadłą do poziomu, i ta jest pionową do samegoż koła; druga zaś libella zawieszona równolegle do powierzchni koła, służy do sprawdzenia linii wierzchołkowej ZC.

Podczas każdej obserwacyi, gdy jeden obserwator kieruje lunetę np. do gwiazdy, drugi powinien zręcznie zgodzić libelle. Za obrotem azymutalnym koła na 180° mogą się zruszyć libelle, kiedy nogi narzędzia nie są dobrze upozi-

mowane, lub też dla innych przyczyn; przeto trzeba się starać znowu dobrze zgodzić libelle.

20. Zastanówmy się nad sprawdzeniem położenia narzędzia. Chcąc się dowiedzieć czy brzeg koła leży na płaszczyźnie wierchołkowej, powinienem uważać na libellę umieszczoną z tyłu narzędzia, prostopadle do jego powierzchni. Jeżeli libella jest dobrze urządzona, wtenczas iey poziome położenie, wskazane przez kroplę powietrza umieszczoną w wysoku nalanym do rurki szklanej, przekona mię o położeniu wierchołkowym koła. W początku iednak używając narzędzia należy sprawdzić samę libellę.

Na ten koniec umieszczone są na brzegu koła dwa znaczki, do których można szrubką przymocować szczypczyki, i do górnego zastosować nić wierchołkową. Pospolicie artysta tak urządza te znaczki, że kiedy koło ma położenie wierchołkowe, wtenczas nić wierchołkowa doskonale odpowiada tym znaczkom. W tym przypadku, środek kropki powietrza umieszczonego w libelli, powinien odpowiadać zeru wyrzniętemu na powierzchni rurki szklanej. Jednym słowem, libella prostopadła do koła powinna być pozioma. W przeciwnym zdarzeniu, trzeba upoziomować libellę za pomocą szrubki do niey zastosowanej.

Chcąc się przekonać o dokładności naznaczania znaczków, potrzeba obrócić koło wierchołkowie na 180° tak żeby znaczek dolny był na górze, a górny na dole. W tém położeniu nić wierchołkowa powinna padać na oba znaczki. Inaczej potrzeba szrubkami tak posuwać małe szczypczyki, żeby się nić wierchołkowa w obu doświadczeniach zgodziła.

21. Dobrze koło powtarzające łatwo jest ustawić wierchołkowo, za pomocą szrub w nogach będących; i nie prędko się ono zruszy z tego położenia. Jeżeliby zaś wątpliwość zachodziła co do położenia wierchołkowego koła, potrzeba

się przynajmniej starać żeby obserwacya nie była blisko zenitu; bo w tém położeniu największy błąd popełnimy. Obserwując zaś gwiazdę biegunową, nie wpły- nie na iey obserwacyą mała pochyłość koła. Zresztą mając tę pochyłość za pomo- cą libelli, łatwo jest ocenić błąd obserwacyi, ze wzoru na to podanego przez *Delambra*.

I tak wystawmy sobie płaszczyznę brzegu koła przedłużoną aż do kuli nie- bieskiej, przetnie ona ią w kształcie półkola $HZ'H'$ (*fig. 4*). Z' znaczy zenit fałszywy wskazany przez narzędzie, a $Z'O$ linią wierzchołkową pozorną. Niech będzie zenit prawdziwy Z , ZO linią wierzchołkową prawdziwą, $ZOZ' = ZZ'$ zboczenie koła od płaszczyzny wierzchołkowej.

Jeżeli obserwujemy gwiazdę S , wtenczas odległość iey prawdziwa od zeni- tu Z jest $ZS = Z$, a zaś odległość obserwowana od pozornego zenitu Z' jest $Z'S = Z'$. Kąt $ZOZ' = ZZ' = I$. W trójkącie kulistym ZSZ' prostokątnym w Z' mamy: $\text{dost } Z = \text{dost } Z' \cdot \text{dost } I = \text{dost } Z' \cdot (1 - 2 \cdot \text{wst}^2 \frac{1}{2} I) = \text{dost } Z' - 2 \cdot \text{wst}^2 \frac{1}{2} I \cdot \text{dost } Z'$. $\text{dost } Z' - \text{dost } Z = 2 \cdot \text{wst}^2 \frac{1}{2} I \cdot \text{dost } Z' = 2 \cdot \text{wst} \frac{1}{2} (Z - Z') \cdot \text{wst} \frac{1}{2} (Z + Z')$.

$$\text{Stąd: } \text{wst} \frac{1}{2} (Z - Z') = \frac{\text{dost } Z' \cdot \text{wst}^2 \frac{1}{2} I}{\text{wst} \frac{1}{2} (Z + Z')}.$$

Ponieważ nachylenie I jest zawsze małe, przeto po drugiej stronie licznik jest ilością małą, a mianownik względem niego ilością bardzo wielką. Można więc w mianowniku za $\text{wst} \frac{1}{2} (Z + Z')$ wziąć $\text{wst } Z'$. Przez co będzie:

$$\text{wst} \frac{1}{2} (Z - Z') = \text{dost } Z' \cdot \text{wst}^2 \frac{1}{2} I. \quad Z - Z' = \frac{2 \cdot \text{wst}^2 \frac{1}{2} I \cdot \text{dost } Z'}{\text{wst } 1''} = \frac{I^2 \cdot \text{dost } Z'}{\text{wst } 2''}. \quad (b)$$

(b) We wzorze przytoczonym w tym § zachodzi zamiana łuku danego w czę- ściach promienia, na sekundy. W tym celu dzieliliśmy otrzymane wyrażenie przez $\text{wst } 1''$. Dowieść tego można następującym sposobem. Nazwiemy promień wyrażony w miarach podłużnych przez P . Łuk iakikolwiek wyrażony w częściach

Według tego wzoru ułożył *Delambre* tablicę na poprawkę $Z - Z'$ biorąc $I = 10'$. Chcąc użyć tej tablicy na inną pochyłość I' potrzeba wypadek z niej otrzymany mnożyć przez $\frac{I'^2}{I^2}$.

22. Sprawdziwszy małą libellę prostopadłą do powierzchni koła powtarzającego, potrzeba się przekonać za pomocą drugiej libelli równoległej do koła, która służy do sprawdzenia linii wierchołkowej, czy oś narzędzia stoi pionowo. Na ten koniec trzeba koło okręcać powoli azymutalnie i robić szrubami będącymi w nogach dopóty, póki libella duża nie będzie stać ciągle dobrze, w czasie obrotu azymutalnego nadanego kołu na 360° .

Dobrze zrobione i urządzone narzędzie powinno mieć tę własność: że gdy zgodzę w iednym położeniu obie libelle i nić wierchołkową, obracając azymutalnie koło na 360° libelle i nić wierchołkowa nieporuszenie stać powin-

koła, to jest w sekundach, nazwiemy przez L'' ; a wartość jego daną w częściach promienia, to jest w miarach podłużnych, oznaczmy przez L . Promień zaś wykrzywiony na łuk, albo wyrażony w sekundach, niech się równa P'' . Mamy oczywiście $P'' = \frac{P}{\text{łuk } 1''} = \frac{P}{\text{wst } 1''}$. Bo łuk $1'' = \text{wst } 1''$. Oprócz tego, $L' : L =$

$$P'' : P = \frac{P}{\text{wst } 1''} : P = \frac{1}{\text{wst } 1''} : 1. \text{Przeto: (a) } L' = \frac{L}{\text{wst } 1''} = L \frac{P''}{P}. L = L'' \text{wst } 1'' =$$

$$L \frac{P}{P''}. \text{ Kiedy } P = 1, \text{ wtenczas (b) } \dots P'' = \frac{1}{\text{wst } 1''}. L' = \frac{L}{\text{wst } 1''} = L \cdot P'';$$

$$L = L'' \text{wst } 1'' = \frac{L''}{P''}. \text{ Wartość na } P'' \text{ znajduie się następującym sposobem.}$$

$\text{Wst } 1'' = 0,00004841. \log \text{wst } 1'' = 4,6855749. \log P'' = 5,3144251. P'' = 206264,8 = 57^\circ 17' 44,8$. Pamiętać potrzeba, że tu się biorą sekundy koła podzielonego na 360° . Można ieszcze wartość na P'' oznaczyć z następney proporcyi. $0'' : P'' = 6,2838184 : 1. P'' = \frac{180^\circ}{3,141592} = 57^\circ 17' 44,8$. Mając P'' można znaleźć $\text{wst } 1''$.

ny. Jeżeli zachodzi w niektórych punktach małe uchylanie się od poziomu libell; narzędzia mogą śmiało użyć do obserwacyi, zgadzając szrubami za każdą obserwacyą obie libelle.

23. Chcąc się przekonać czy oś optyczna lunety jest równoległą do płaszczyzny koła, można tego dokazać za pomocą małej lunetki probierczej (*lunette d'épreuve*), tak iak się to robi w kwadransach astronomicznych; albo ieszcze łatwiej można użyć następującego sposobu.

Wycelujemy lunetę na iakiekolwiek ciało ziemskie leżące blisko poziomu, tak żeby jego pewny punkt leżał na przecięciu środkowém nici lunety. Postaramy się żeby znak pokazujący poziomofuk na kole azymutalném zgodził się z całkowitym iakim podziałem. Następnie obróćmy azymutalnie koło na 180° ; i przymocowawszy je, zwróćmy lunetę na przedmiot obserwowany. Gdy oś optyczna lunety jest równoległą do brzegu koła, wtenczas punkt obserwowany przedmiotu padnie na przecięcie środkowe nici. Kiedy zaś oś optyczna w pierwszym położeniu nachylona była do płaszczyzny koła np. na prawo na kąt x , za obrotem azymutalnym narzędzia na 180° i za zwróceniem lunety na przedmiot, luneta się przewróciła, przeto oś optyczna lunety zboczy w tém drugiem położeniu od brzegu koła na lewo o x , a od swego pierwszego położenia o $2x$. Stąd przedmiot obserwowany za drugim razem w luncie nie padnie na przecięcie nici, ale zboczy dwa razy więcej aniżeli zbacza oś optyczna od brzegu koła. Chcąc to zboczenie ocenić, trzeba pomału szrubą będącą przy kole azymutalném poruszać narzędzie, dopóki nie postawimy punktu obserwowanego przedmiotu na środku przecięcia nici lunety. Zanotowawszy łuk iakiśmiy w tym razie przebiegli na kole azymutalném, połowa jego da zboczenie osi optyczney lunety od brzegu koła.

Starając się zaś znieść tę niedogodność, potrzeba doprowadzić nić środkową pionową mikrometru lunety, do połowy oddalenia punktu obserwowanego

przedmiotu od środkowego przecięcia nici. To działanie kilkakrotnie ze staraniem powtórzone, może całkowicie błęd ten uchylić.

Używając pierwszy raz narzędzia, należy sprawdzić oś optyczną lunety w rozmaitych punktach koła. W dobrém narzędziu zbaczanie osi optycznej w każdym punkcie powinno być iednosłajne.

24. Znając zboczenie osi optycznej KS, równe kątowi $SKS' = I$, łatwo możemy znaleźć poprawkę na obserwowane odległości zenitalne. Poprowadźmy bowiem linią wierzchołkową KZ. Jeżeli obserwowaliśmy odległość zenitalną jakiegoś przedmiotu wyrażoną na brzegu koła przez $ZKS' = ZS' = Z'$ potrzeba znaleźć odległość prawdziwą od zenitu $ZKS = ZS = Z$.

W trójkącie kulistym ZSS'.... dost $Z = \text{dost } Z'$ dost I. Przeto, stosownie do wypadku otrzymanego w §. 21 będzie:

$$\text{wst } \frac{1}{2} (Z - Z') = \frac{\text{wst } \frac{1}{2} I}{\text{sty } Z'} \quad \text{p. } Z - Z' = \frac{I^2 \text{ dosty } Z'}{\text{wst } 2''}.$$

Ze wzoru dost $Z = \text{dost } Z'$ dost I widzimy: że kiedy Z i Z' są mniejsze od 90° , wtenczas dost $Z < \text{dost } Z'$ zatem $Z > Z'$. Przeto poprawka jest dodatna.

Poprawka ta jest niezmiernie małą i najczęściej zaniedbaną być może; osobliwie kiedy $I < 1'$. Maximum iey przypada na gwiazdy zenitalne. Na gwiazdę biegunową poprawka jest = zeru.

25. Oprócz błędów wynikających z niedokładnego wierzchołkowego położenia koła i ze zboczenia osi optycznej lunety, które już poznawać, oceniać i poprawiać umiemy; są jeszcze inne ważne niedokładności w tém narzędziu, już ze złego wykonania, już to z zepsucia pochodzące. Istotną jest rzeczą je poznać, żebyśmy używając do obserwacji koła powtarzającego, śmiało i z pewnością mogli powiedzieć, że ono jest dobrze wykonane i sprawdzone. Bo nie umiając

ściśle poznać wad narzędzia; nie potrafimy zaręczyć za dokładność obserwacyi przez nas odbytych.

Taką *np.* wadą jest chętnie się lunety około iey osi, zwane przez francuzów (*l'erreur du centrage*). Jeżeli oś na której się obraca luneta nie jest dobrze szrubą przytwierdzona, albo też kiedy luneta dla niedokładnego wykonania narzędzia, lub też dla zepsucia, nie przystaie dobrze i chęta się około swojej osi; wtenczas w powtarzaniu obserwacyi luneta będzie coraz innym punktem wspierać się na osi, i kąty oznaczone na brzegu narzędzia zupełnie będą fałszywe.

Powtórę: kiedy szruby przytwierdzające lunetę do brzegu koła nie są dokładnie wyrobione, lub się zużywały, iednym słowem gdy nie utrzymują dobrze lunety; wtenczas w obserwacyach nie parzystych, obracając wierzchołkowo samo koło dla wprowadzenia gwiazdy do lunety, luneta może się cokolwiek zruszyć. Dla tego właśnie obserwacye będą niedokładne.

Oto są ważne dwa błędy kół powtarzających, które można poznać i ocenić za pomocą następujących doświadczeń. Weźmy gwiazdę świetną, której zboczenie z katalogu jest dobrze znane, i obserwujemy iey odległości zenitalne na południku za pomocą naszego koła. W dobrém narzędziu, każda para obserwacyi powinna dać na odległość od zenitu prawie też same wypadki. A wyciągnięta wartość ze wszystkich obserwacyi, po odbytym krótkim wiadomym z astronomii rachunku, powinna dać także samo zboczenie, iakie mamy z katalogu na moment obserwacyi. Jeżeli zachodzi znaczna różnica *np.* w minutach, wtenczas narzędzie jest zepsute lub źle zrobione. Jeszcze lepiej jest obserwować gwiazdę biegunową, lub inne gwiazdy około-biegunowe dobrze znane, i porównywać wypadki obserwacyi i katalogów. Jeżeli odległości zenitalne statecznie o iedną ilość x są większe lub mniejsze, to można używać do obserwacyi narzędzia,

poprawiając wypadki obserwacyi ilością x. W przeciwném zdarzeniu lepiej jest nie używać narzędzia, lub starać się je naprawić.

Potrzebie. W kołach powtarzających doskonale wykonanych, luneta opatrzona jest przeciwnemi ciężarami (*contre poids*). Tym sposobem ieden koniec lunety nie przeważa drugiego; luneta dobrowolnego nie nabiera ruchu, i ciśnienie całkowite lunety wywiera się na oś obrotu, która jest także dwóma przeciwnemi ciężarami w górę podnoszona. W innych zaś narzędziach, pospolicie ieden koniec lunety przeważa drugi; luneta więc, w czasie posuwania iey po kole i zwracania do przedmiotu, nieco się ugina. A kąt mierzony statecznie będzie mniejszy lub większy o całe to uginanie się lunety, (*flexion de la lunette*). Jeżeli koniec lunety zwrócony do oka przeważa, odległości zenitalne obserwowane będą za wielkie. Kiedy zaś drugi koniec lunety przeważa, odległości zenitalne będą za małe. Uginanie się lunety może być różne w rozmaitych wysokościach; największe jest w położeniu poziomém lunety, a żadne w pionowém. Dodanie reflektora, lub też obciążenie czémkolwiek końców lunet, może wpływać na odmianę obserwowanych odległości zenitalnych.

Błąd ten nie znosi się bynajmniej w powtarzaniu obserwacyi tak iak kolimacya. Bo za obrótem koła luneta zawsze tymże samym końcem i w tę samą stronę przeważa co i w pierwszej obserwacyi.

Na ocenienie tego błędu rozliczne podaia sposoby. Pominawszy inne niepe-
wne, bardzo dobrze jest obserwować iakąkolwiek gwiazdę znaną, a osobliwie około-biegunową, i porównywać zboczenie wyciągnięte z obserwacyi i z rachunku.

Ale jeszcze prościej można ten błąd ocenić następującym sposobem. Obserwujemy za pomocą koła powtarzającego wprost odległość zenitalną gwiazdy lub iakiegokolwiek przedmiotu ziemskiego odległego, np. wierzchołka wieży B,

wyrażoną na figurze 6 przez BSZ. Powtórnie postawiwszy wanieńkę z żywém srebrem m p o n, obserwujemy w niej odległość zenitalną tegoż przedmiotu ESR. Odległość zenitalna pierwsza BSZ jest za mała lub za wielka dla uginania się lunety II. Jeżeli jednak luneta w położeniu pierwszym I S I B ugięła się przybliżając np. przedmiot do zenitu, to w drugim położeniu I S I E oczywiście ugięła się w tę samą stronę, oddaliła pozornie przedmiot od zenitu. Czyli o ile kąt BSZ był np. mniejszy od prawdziwej odległości zenitalnej, o tyle kąt ESR będzie za wielki. Przeto $\frac{BSZ + ESR}{2}$ da odległość zenitalną prawdziwą; a BSZ — $\frac{(BSZ + ESR)}{2}$ da błąd pochodzący z uginania się lunety w odległościach zenitalnych obserwowanych pod wysokością BSH. Obserwacje te potrzeba wielokrotnie powtórzyć, i brać z nich średnie wypadki. Potrzeba uginanie się lunety wysledzić pod różnemi wysokościami. Można końce lunety umyślnie obciążać rozmaitemi ciężarami, i uważać ile one wpływają na powiększenie lub zmniejszenie tego błędu. Nareszcie wypada spróbować czy dodanie i odjęcie reflektora nie wpływa na odmianę tego błędu, i czy nie możnaby go jakimś sposobem zniszczyć.

Uwaga. Obserwując w kwadransach i w kołach astronomicznych wysokości gwiazd wprost widzianych i widzianych w wanieńce z żywém srebrem, i biorąc półsummę obu odległości zenitalnych, otrzymany ~~średni wypadek~~ da odległość od zenitu gwiazdy uwolnioną od błędu kollimacyi.

26. Co się tyczy odbywania obserwacyi gwiazd, słońca, lub ciał ziemskich za pomocą koła powtarzającego, w tém powinniśmy zachować wszystkie przepisy i ostrożności, jakie się w obserwacyach astronomicznych praktykują, i które z astronomii powinny nam być znane. Zaobodzi tu tylko jedno ważne w praktyce zagadnienie: jakim sposobem, biorąc szereg obserwacyi gwiazdy,

znaleźć ją prędko za każdym razem w lunecie koła powtarzającego. Robiąc bowiem w dzień obserwacye, gwiazda jest niewidzialna i ciągle odmienia poziomówek i wysokość. W nocy nawet, dla oświecania lunety i libell, często bardzo jest trudno za obrotem koła i lunety wprowadzić na nią gwiazdę.

Znajdziemy zawsze gwiazdę w lunecie koła powtarzającego, jeżeli znamy jej poziomówek i wysokość na moment obserwacyi.

Co do poziomówki: możemy na jego znalezienie ułożyć tablicę służącą na kilkanaście minut trwania obserwacyi, i według niej nastawiać poziomówek na kole azymutalném będącém przy nogach koła powtarzającego. Sposób ten teorycznie dokładny, zabiera wiele czasu w praktyce; trudno jest bowiem, zwłaszcza w dzień, czytać podziały na kole azymutalném i na wernierze. Często jednak do tego sposobu udać się należy. Daleko jest prościej, osobliwie obserwując gwiazdę biegunową i β małego niedźwiedzia, które najlepiej służą do oznaczenia szerokości jeograficznej miejsca, w oknie pokoiku w którym stoi koło powtarzające, rozciągnąć tak sznurek, żeby dał mu położenie południka miejsca. Tego łatwo dokazać, obserwując przeyscie gwiazdy przez południk za pomocą koła powtarzającego, i naciągając tak sznurek, żeby się on zgodził z nicią pionową lunety. Obróciwszy koło azymutalnie na 180° oś optyczna lunety już się nie zgodzi z naciągniętym sznurkiem; potrzeba więc i na to położenie naciągnąć drugi sznurek. Dla małej odległości jeden nawet sznurek wystarczy.

Ponieważ gwiazda biegunowa, w zwyczajnych szeregach obserwowana, najwięcej odstępnie na $18'$ od południka, a pole lunety daleko większą przestrzeń obejmie: przeto zwracając za każdym razem lunetę na sznurek południkowy, gwiazdę tę łatwo znajdziemy, dając lunecie stosowną wysokość.

Podobnie β małego niedźwiedzia najwięcej odstępnie od południka na ie-

den stopień. Stąd cokolwiek oddalaiać lunetę od sznurka południkowego, łatwo znajdziemy i tę gwiazdę.

Inne gwiazdy im bardziej są odległe od bieguna, tém więcej się oddalaia w iednymże czasie od południka, i tém się trudniej daia wprowadzić do lunety. Ale *Delambre* słusznie radzi obserwować tylko α i β małego niedźwiedzia, w celu oznaczenia szerokości jeograficzney miejsca; bo gwiazdy bliskie zenitu potrzebuia dokładnego sprawdzenia narzędzia, gwiazdy zaś bliskie poziomemu, zależa od niepewności tablic refrakcyi. Stąd nie tak można na nich polegać w ważnym celu oznaczenia szerokości jeograficzney miejsca, iak na gwiazdzie biegunowej i na β małego niedźwiedzia. Nakoniec obserwacya tych dwóch ostatnich gwiazd nie tyle zawisła od regularności biegu zegaru, ile obserwacya gwiazd innych, iak o tém się wkrótce przekonamy.

Co do wysokości: można na kilkanaście minut przed przejściem i po przejściu gwiazdy przez południk ułożyć na nią tablicę, ze wzoru znanego z Astronomii. Podług tej tablicy, za każdą parzystą obserwacyą odmieniać należy położenie lunety. Trudność atoli zachodzi, iak zgodzić lunetę z gwiazdą w obserwacyach nieparzystych, gdzie samo koło tak posuwamy, żeby gwiazdę wprowadzić do lunety.

W kole niedawno zrobioném dla obserwatoryum wileńskiego przez sławnego *Reichenbacha*, obracaiąc koło wierzchołkowie, drugi koniec osi obrotu wychodzący z tyłu narzędzia, ma przystosowaną pionową do niego skazówkę z wernierem, która się obraca po pół-okręgu koła podzielonego na stopnie i drobniejsze części. W takim narzędziu łatwo iest, za pomocą tablicy wyrachowanej, ustawić za każdym razem lunetę pod wysokością gwiazdy. Inne iednak koła powtarzaiące nie maią tego urządzenia. Chcąc więc w takich na-

rzędziach prędko nastawić lunetę na wysokość żadaną, najlepiej udadź się do sposobu podanego przez *Delambra*.

Na ten koniec wymierzmy za pomocą koła powtarzającego wysokość iakiegokolwiek ziemskiego przedmiotu. Niech ta wysokość będzie *np.* równą jednemu stopniowi. Nastawiwszy lunetę na 1° przymocujemy ją szrubą w tém położeniu, i tak obrócimy samo koło, żeby wierzchołek przedmiotu ziemskiego dotykał się nici poziomey lunety. Wtenczas zgodziwszy zero werniera lunety z zerem wyrzniętém na kole, oś optyczna będzie linią poziomą. A zgadzając zero werniera lunety z jakimkolwiek podziałem koła *x*, lunetę pod tą samą wysokością nastawimy. Zgodźmy szrubą małą libellę, albo jeszcze prościcy, iak mi się zdaie, pociągniemy scyzorykiem rys prosty, w tym punkcie gdzie część zewnętrzna ruchoma osi koła przystaie do części z nią stykającej się nieruchomey. Z takiego działania wypada: że gdy koło w jakimkolwiek czasie tak obrócimy wierzchołkowo, że libella mała równoległa do niego dobrze się zgodzi, albo że znaczek wyrznięty na części zewnętrzney osi koła stanie w linii prostej ze znaczkiem wyrzniętym na części nieruchomey, wtenczas zgodziwszy zero werniera lunety z jakimkolwiek podziałem koła *x*, lunetę pod tą samą nastawimy wysokością.

To wszystko mając zręcznie przygotowane, pozwólmy że chcemy brać szereg odległości zenitalnych gwiazdy, której wysokość południkowa iest *y*. Ustawmy więc koło na południku, zgadzając nie pionową lunety ze sznurkiem południkowym; i za pomocą tylko co opisanego sposobu, daymy lunecie wysokość *y*. Przytwierdziwszy ją szrubą, naciagniemy w oknie sznurek pionowy do sznurka południkowego, i zgodźmy go z nicią poziomą lunety. Sznurek ten odpowię przez przybliżenie równoleżnikowi gwiazdy; a przecięcie dwóch sznurków oznaczy miejsce gwiazdy na południku. Doświadczenie przekonało *Delambra*, że nastawiając za każdym razem lunetę za pomocą tych dwóch sznur-

ków, bardzo prędko i daleko pewniey niż innemi sposobami postrzega się gwiazda w lunecie. Sznurek poziomy na każdą gwiazdę, stosownie do icky wysokości, odmieni swoje położenie.

27. Chcąc za pomocą koła powtarzającego oznaczyć szerokość jeograficzną znaku, która jest nieodbycie potrzebną w jeodezyi, ustawiamy narzędzie na południku, i bierzemy odległości od zenitu gwiazd znaiomych około-biegunowych i innych. Sposób rachowania szerokości jeograficznej, z obserwowanych wysokości południkowych, znaiomy jest z astronomii; tu tylko nad tém ważnem zastanowimy się zagadnieniem. Jak, za pomocą koła powtarzającego brane odległości zenitalne gwiazd lub słońca przed ich przeysciem przez południk i po przeysciu, przywieść do południka, żebyśmy z tego szerokość jeograficzną wyciągnęli. Poszukaymyż wzoru na tę poprawkę.

Niech będzie zenit Z, (*fig. 7*) P biegun świata, ZE odległość zenitalna obserwowana blisko południka. Nazwiemy szerokość jeograficzną miejsca przez L, zboczenie gwiazdy przez D, kąt godzinny ZPE przez P. Koło HPZeR wyraża południk miejsca.

W trykacie PZE... dost ZE = dost P. dost L. dost D + wst L. wst D.
Stąd; dost ZE = $(1 - 2 \text{ wst}^2 \frac{1}{2} P)$ dost L. dost D + wst L. wst D =

$$= \text{dost } (L - D) - 2 \text{ wst}^2 \frac{1}{2} P. \text{ dost L. dost D.}$$

$$\text{dost ZE} - \text{dost } (L - D) = -2 \text{ wst}^2 \frac{1}{2} P. \text{ dost L. dost D.}$$

*Druga strona tego zrównania jest koniecznie odjemną; przeto:
dost ZE < dost (L - D) i ZE > L - D... ZE = (L - D) + x. x oznaczy przywiedzenie odległości obserwowanej zenitalney ZE do południka,

$$\text{dost } \{ (L - D) + x \} - \text{dost } (L - D) = -2 \text{ wst}^2 \frac{1}{2} P. \text{ dost L. dost D.}$$

Uczynmy L - D = a, $-2 \text{ wst}^2 \frac{1}{2} P. \text{ dost L. dost D} = b$. Będzie:

$$\text{dost } (a + x) - \text{dost } a = b.$$