O BUDOWIE DRÓG I MOSTÓW.

O BUDOWIE
DRÓG I MOSTÓW.

PRZEZ

Stanisława Jarmunda.

Tom I.

PRACE PRZYGOTOWAWCZE.

POMIARY. — POZIOMOWANIE.

Z TABLICAMI.

WARSZAWA.

HENRYK NATANSON.

1861.

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

w Warszawie, d. 26 Lipca (7 Sierpnia) 1860 r.

Starszy Cenzor,

ASSESSOR KOLLEGIALNY, **T. Hertz.**

W Drukarni Gazety Codziennéj.

Zupełny brak w języku polskim, dzieł sztuce budowania dróg i mostów poświęconych, ośmielił mię do ogłoszenia pracy przedmiotu tego dotyczącéj. Aż nadto przekonany jestem, iż praca ta, któréj część pierwszą dzisiaj pod sąd publiczny oddajemy, nie zdoła wyczerpać zupełnie tak obszernego przedmiotu; będzie to jednak krok pierwszy u nas na téj drodze postawiony, a początek zawsze jest najtrudniejszy.

Od lat kilkudziesięciu cała Europa najusilniejszą zwróciła działalność, na ułatwienie środków kommunikacyi, pokryła się gęstą siecią dróg bitych, kolei żelaznych, kanałów, uspławniła swe rzeki i tysiące mil drutów telegraficznych we wszystkich rozciągnęła kierunkach. Wykłady po szkołach wyłącznie wykształceniu inżynierów poświęcone i ogromna liczba pism i dzieł, przedmiot ten rozbierających, podają każdemu sposobność poznania zasad, na nauce i doświadczeniu opartych, które wykonaniu wszystkich tych robót przewodniczyły.

Daleko pod tym względem pozostaliśmy po za innemi narodami, a ludzie zawodowi inżynierskiemu poświęcić się chcący, w obcych szkołach, lub w obcych dziełach, wykształcenia szukać są zmuszeni; zdaje mi się przeto, iż zebranie w języku polskim zasad, główną podstawę nauki inżynierskiéj stanowiących, prawdziwą będzie dla kraju usługą.

*

Z początku mieliśmy zamiar rozpocząć nasz wykład podaniem zasad, podług jakich przygotowanie projektów i wykonanie robót na gruncie, przy budowie dróg bitych dokonywane być winno; wypracowanie jednak projektu drogi opierać się musi na danych, które za pomocą stosownych pomiarów i poziomowania, czyli niwellacyi na gruncie zebrane być muszą.

Zasady podług których prace te przygotowawcze dokonywane być winny, zarówno w zakres nauki inżynierskiéj, jak i w ogóle miernictwa policzone być mogą; dlatego téż z razu część tę, jako niewyłącznie przedmiotu naszego dotyczącą, w wykładzie niniejszym opuścić zamierzyliśmy. Bliższe jednak rozpatrzenie się w dziełach, jakie dotąd posiadamy, przekonało nas o potrzebie treściwszego zebrania zasad miernictwa i poziomowania; pierwszy więc tom naszéj pracy przedmiotowi temu poświęcamy.

Przechodzimy tu naprzód zasady miernictwa topograficznego, starając się szczegółowym i o ile możności zrozumiałym opisem, zarówno saméj czynności zdejmowania planów, jak i narzędzi do tego używanych, usposobić czytelnika do praktycznego zastosowania w polu, teoretycznie nabytych wiadomości.

Pomiary obszerniejszych przestrzeni będące przedmiotem właściwéj geodezyi, rzadziéj przy robotach inżynierskich znajdują zastosowanie; część więc ta mniéj szczegółowo została obrobioną: mamy jednak nadzieję, iż w razie potrzeby, podane przez nas wiadomości, okażą się wystarczającemi. Narzędzia najdokładniejsze, jak np. teodolity i t. d., które w tém dziale pomieścić wypadało, częstokroć i przy czynnościach na mniejszych przestrzeniach dokonywanych, użytemi

być muszą, budowę ich więc i użycie jak najdokładniéj staraliśmy się opisać.

Niwellacye zwyczajne topograficzne stanowią główną podstawę wszelkich na powierzchni ziemi dokonywanych robót, na ten więc przedmiot najbaczniejszą należało zwrócić uwagę. Zdaje nam się, że podane wiadomości, opisy narzędzi i ich użycia, zdołają obznajmić dostatecznie każdego z tego rodzaju czynnościami. Jako dopełnienie téj części, podajemy naukę poziomowania trygonometrycznego i barometrycznego. Dwa te rodzaje niwellacyi, jakkolwiek rzadziéj od poprzedniego używane, w niektórych przypadkach korzystne znajdują zastosowanie.

Tom pierwszy obejmujący powyżéj wyliczone przedmioty, stanowić będzie niejako wstęp, do dalszego ciągu naszéj pracy; z drugiéj jednak strony, obejmując przedmioty nie tylko inżyniera, ale w ogólności każdego technika dotyczące, za osobną całość, od innych części niezależną, uważany być może.

W następnym tomie zajmować nas będą drogi bite (*Chaussées*), wypracowanie projektu, wykonanie robót na gruncie i utrzymanie zbudowanéj już drogi w należytym porządku.

Tom trzeci zawierać będzie koleje żelazne, czwarty zaś mosty wszelkiego rodzaju: drewniane, murowane i żelazne.

Przedmiot to ndera obszerny i ważny, nie wiemy przeto, czy siły nasze do gruntownego i odpowiedniego téj ważności opracowania wystarczą; w przekonaniu jednak, iż każda sumienna praca krajowi pożytek przynosi, śmiało część tę wstępną pod sąd publiczny oddajemy.

WSTĘP.

Zbudowanie drogi odpowiadającéj o ile możności najlepiéj wszelkim warunkom i potrzebom miejscowym, z zastosowaniem się do prawideł przez naukę podanych, wymaga dwóch oddzielnych czynności, z których pierwszą jest wypracowanie stosownego i dobrze obmyślanego projektu, drugą wykonanie robót na gruncie.

Każda z dwóch tych głównych części, rozpada się na kilka innych poddziałów, o których z kolei mówić zamierzamy.

Głównym celem, jaki przez zbudowanie drogi osiągnąć zamierzamy, jest zmniejszenie siły potrzebnéj do ciągnienia ciężarów, z miejsca na miejsce przewożonych. Dla poruszenia jakiegokolwiek przedmiotu z miejsca na którém się znajduje, potrzeba przezwyciężyć opór przez siłę ciężkości stawiany; opór zaś ten wzrasta wraz z na-

chyleniem do poziomu płaszczyzny, po któréj ciągnienie ma się odbywać, tojest: im kąt utworzony przez pionową, czyli kierunek siły ciężkości i płaszczyznę po któréj przedmiot ma być posuwanym, czyli kierunek siły działającéj, ostrzejszym się staje, tém do poruszenia danego przedmiotu, tojest do przezwyciężenia oporu przez ciężkość wywołanego, większéj użyć potrzebujemy siły.

Pierwszym zatém warunkiem użyteczności drogi jest to, aby podłużne jéj pochyłości nie przechodziły pewnéj granicy, po za którą ciągnienie po niéj przedmiotów, zbyt uciążliwém staćby się musiało.

Powierzchnia ziemi w stanie naturalnym nie przedstawia zazwyczaj kształtów, warunkowi temu odpowiadających; potrzeba więc na całéj przestrzeni budować się mającéj drogi, kształty te zmienić i dogodniejszemi zastąpić, co się za pomocą stosownych nasypów ziemi i wykopów otrzymuje.

Środek ten jest kosztownym, najoszczędniéj go też, o ile możności, używać należy. Potrzebne jest więc naprzód jak najdokładniejsze poznanie kształtów powierzchni ziemi w naturze istniejących, następnie zastąpienie ich innemi, warunkom powyżéj wymienionym odpowiadającemi, a zarazem o ile można od pierwiastkowych najmniéj się oddalającemi. Do poznania kształtów powierzchni ziemi w naturze istniejących, służą pomiary, czyli zdejmowanie planów i poziomowanie czyli niwellacya. Za pomocą dwóch tych czynności przygotowawczych, otrzymamy dostateczną liczbę danych, do przedstawie-

nia na rysunku wszelkich istniejących kształtów powierzchni, a na tak otrzymanéj podstawie, oprzeć już można wypracowanie stanowczego projektu budować się mającéj drogi.

Poznaniem zasad tych czynności przygotowawczych obecnie zajmować się będziemy.

CZĘŚĆ PIERWSZA.

ZDEJMOWANIE PLANÓW.

DZIAŁ I^szy.

PLANY TOPOGRAFICZNE.

ROZDZIAŁ I.

Wiadomości ogólne.

§ 1.

Rzut jakiegokolwiek przedmiotu na płaszczyznę poziomą, nazywa się planem tegoż przedmiotu. Jeżeli chodzi o przedstawienie na rysunku mniéj lub więcéj rozległéj części gruntu lub całéj nawet okolicy, plan zawierać musi zbiór rzutów pionowych wszelkich przedmiotów stałych, na zdejmowanéj powierzchni się znajdujących. Plany pojedynczych przedmiotów lub mniéj rozległych części gruntu, odnoszą się do płaszczyzny pozioméj; przy zdejmowaniu jednak planów znaczniejszych przestrzeni, zwracać należy uwagę na kulistość ziemi, rzuty więc przedmiotów już nie na płaszczyznę, lecz na powierzchnię bezwzględnie poziomą, tojest mającą kształt kuli ziemskiéj padać będą. Podobne plany są przedmiotem *geodezyi*. Jeżeli przestrzeń objęta planem nie jest nader rozległą, można bez naruszenia dokładności roboty nie zwracać wcale uwagi na kulisty kształt ziemi, odnosząc

wszystkie przedmioty do płaszczyzny poziomej, która w takim razie, nie wiele od powierzchni rzeczywistego poziomu różnić się będzie. Nauka podająca sposoby zdejmowania tego rodzaju planów, *topografią*, same zaś plany *topograficznemi* zwykle nazywane bywają.

§ 2.

Przedstawmy sobie obszerną powierzchnię wód oceanu w stanie zupełnie spokojnym, przedłużoną we wszystkie strony i obejmującą swym obszarem całą kulę ziemską Kształt jéj da nam wyobrażenie kształtu kuli ziemskiéj. Poprowadźmy następnie w myśli przez punkt oznaczający środek okolicy, któréj plan zdejmować zamierzamy, płaszczyznę styczną do téj powierzchni kulistéj; płaszczyzna ta przy ogromnym promieniu kuli ziemskiéj w niezbyt wielkich rozległościach, mało się od jéj powierzchni oddalać będzie i za ściśle poziomą uważaną być może (*). Jeżeli następnie przez każdy punkt na powierzchni ziemi, jaki na planie oznaczyć chcemy, wyobrazimy sobie przechodzącą linię pionową, któréj kierunek nić z zawieszonym na niéj ciężarem oznaczy: przecięcie wszystkich tych pionowych z opisaną powyżéj płaszczyzną poziomą, oznaczy nam względne położenie wszystkich punktów i utworzy plan, który się planem naturalnym nazywa. Zbytnia wielkość takiego planu nie dozwalałaby go na rysunku przedstawić, przyjęto więc za zasadę w wykonaniu planów zmniejszanie w pewnych stosunkach odległości, punkta rozmaite przedzielających, o czém obszerniéj przy nauce o rysowaniu planów mówić będziemy; tu tylko dodamy, że plan tym sposobem wykonany, powinien przedstawić figurę mniejszą, lecz zupełnie podobną do tego, cośmy planem naturalnym nazwali. Plany takie zwykle *sytuacyjnemi* są nazywane.

§ 3.

Rozmaite sposoby i rozmaite narzędzia służą do zdejmowania planów. Cała jednak czynność ogranicza się zawsze

(*) Obszerniejsze objaśnienie dotyczące tego przedmiotu, umieszczamy przy nauce o niwellacyi, mówiąc o poziomie bezwzględnym i pozornym.

do mierzenia odległości i oznaczania wielkości kątów. Podamy poniżéj przy opisie narzędzi mierniczych sposoby zdejmowania planów z właściwém do składu i natury każdego narzędzia zastosowaniem; tu więc wypada nam przedstawić przepisy ogólne bez względu na to, jakie narzędzie użytem zostanie.

§ 4.

Celem każdego planu topograficznego jest oznaczenie położenia względnego rozmaitych przedmiotów stałych na przestrzeni zdejmowanéj znajdujących się, jakoto rozmaitych budowli, ogrodzeń, zakrętów dróg, rowów, rzek, granic lasów, łąk, gór i t. p. Linie ograniczające wszystkie te przedmioty na gruncie, rozmaitych bywają kształtów: zazwyczaj jednak nieregularne zakręty dają się zastąpić liniami prostemi czyli łamanemi; jeżeli zaś okaże się potrzeba nakreślenia na planie linij nieregularnych, dostatecznem jest wyznaczenie sposobami poniżéj podanemi pewnéj liczby punktów mniéj lub więcéj do siebie zbliżonych i połączenie ich na rysunku od ręki, przez co otrzymamy kształt istniejących na gruncie zakrętów. Przedmioty pojedyncze, odosobnione, przedstawiamy sobie jako połączone z innemi już oznaczonemi za pomocą poprowadzonych w myśli linij prostych; pozostaje więc tylko do zdjęcia kierunek i długość tych linij, aby same przedmioty w właściwém miejscu i kształcie na planie wyznaczonemi być mogły.

Widzimy więc z powyższego, iż cała nauka zdejmowania planów ogranicza się do umiejętności nakreślenia na papierze kierunku i długości linij znajdujących się rzeczywiście, lub w myśli na gruncie poprowadzonych, i do oznaczenia nachyleń czyli kątów, jakie też linie pomiędzy sobą tworzą: słowem, do zdejmowania figur prostokreślnych, obwodu wielokątów foremnych, lub nieforemnych, lecz zawsze z linij prostych złożonych. Dlatego też mówiąc o sposobach zdejmowania planów, ograniczać się będziemy wskazaniem drogi, jaka w danych warunkach do dokładnego zdjęcia obwodu wielokąta na gruncie istniejącego posłużyć może.

§ 5.

Zamierzając zdjąć plan jakiéj przestrzeni, zaczyna się zwykle od opalikowania wszystkich zakrętów na jéj obwodzie się znajdujących, lub stanowiących wewnątrz jéj odgraniczenia pomiędzy rozmaitemi rodzajami gruntów np. lasów, łąk, pól ornych i t. d. Paliki umieszczają się w takiém jeden od drugiego oddaleniu, ażeby poprowadzona między nimi linia prosta, mało lub wcale się nie różniła od istniejącéj na gruncie nieregularnéj granicy; im więc na gruncie zakręty bardziéj do linij prostych zbliżać się będą, tym paliki daléj od siebie umieszczane być mogą, i przeciwnie im bardziéj nagłe i nieregularne w naturze przedstawiają się zwroty, tym paliki bardziéj do siebie zbliżone być muszą. Tym sposobem przestrzeń ograniczona w naturze liniami krzywemi i nieregularnemi zamienioną zostanie w figurę prostokreślną, stanowiącą wielokąt najczęściéj nieforemny, lecz pomiędzy bokami z linij prostych złożonemi zawarty.

Paliki używane do oznaczania w sposób opisany powyżéj, zakrętów na gruncie istniejących, bywają dwojakie, tojest krótkie lub długie; w piérwszym razie służą tylko do oznaczenia obranych punktów, w drugim za przedmiot celu. Przy użyciu palików krótkich, jeżeli obierzemy stanowisko dla narzędzia takie, z którego do kilku punktów celować nam wypada, wówczas pomocnik z tyczką, lub chorągiewką w ręku obchodzi wszystkie te punkta i na każdym z nich zatrzymując się, ustawia tyczkę prostopadle i pozostaje dopóty w tém położeniu, dopóki skończywszy celowanie nie damy mu znaku polecającego przejście na punkt następny. Jeżeli używamy długich palików, czyli tyczek, te wprost służą za przedmiot celu; skoro jednak zbyt będą zbliżone jedne do drugich, może w celowaniu zajść pomyłka: lepiéj więc pierwszego używać sposobu.

Po wyznaczeniu palikami na gruncie wszystkich punktów, które na planie mają być przedstawionemi, przystępu-

je się do saméj czynności zdjęcia planu, która kilkoma sposobami dokonaną być może, a mianowicie:

§ 6.

1. Przez przecięcia linij celu. Przedstawmy sobie na gruncie przestrzeń ograniczoną obwodem wielokąta *ABCD EFGH* (fig. 1) któréj plan zdjąć zamierzamy. Chcąc użyć sposobu przecięć, obieramy sobie albo jakąkolwiek linię *BG* wielokąt ten przecinającą, albo jeden z jego boków *AH* który nam za podstawę całéj ma służyć czynności. Głównym warunkiem jest to, aby z obu końców takiéj podstawy wszystkie punkta oznaczyć się mające dokładnie mogły być widziane. W jednym z końców tak obranéj podstawy np. w punkcie *A* ustawia się którekolwiek z narzędzi do mierzenia kątów służących i celując kolejno do punktów *BCDEFG* zapisuje się w dzienniku czynności kąty utworzone przez każdą z linij celu i linię *AH*; następnie wymierzywszy dokładnie długość linii *AH* przenosi się narzędzie na drugi jéj koniec do punktu *H*, i na nowo do wszystkich punktów celuje. Tym sposobem utworzy się nam tyle trójkątów, ile punktów mamy do oznaczenia. Trójkąty te będą miały wspólną podstawę *AH* za wierzchołki zaś służyć im będą punkta szukane. Każdy z tych trójkątów będzie miał znany bok jeden, tojest *AH* i dwa kąty temuż przyległe bokowi, możemy zatém bądź przez rachunek, rozwiązując je trygonometrycznie, bądź sposobem wykreślnym oznaczyć położenie każdego z punktów szukanych.

Sposób powyższy dogodny i pospieszny, niezawsze jednak z korzyścią użyć się daje. Ile razy przecięcie dwóch linij celu następuje pod kątem zbyt rozwartym lub zbyt ostrym, jak w punkcie *G*, położenie jego staje się mniéj pewném i z trudnością dokładnie oznaczyć się daje. Położenie przecięcia dwóch linij celu tém jest pewniejsze, im kąt zawarty pomiędzy niemi bardziéj się do kąta prostego przybliża. Kąty przecięć większe niż 160^0, lub mniejsze niż 20^0 bezwarunkowo nigdy przy zdejmowaniu planów użytemi być nie po-

winny. Do niedogodności tego sposobu należy i to, iż nie daje żadnego środka do sprawdzenia dokonanéj roboty.

Z drugiéj strony korzyści z użycia przy należytéj ostrożności pomienionego sposobu o wiele jego niedogodności przewyższają; jest to jedyny środek oznaczenia na planie punktów niedostępnych, a w czynnościach większe przestrzenie obejmujących, wyłącznie prawie musi być używany. Wszystkie narzędzia do mierzenia kątów służące, mogą przy tym sposobie być użytemi, najwłaściwsze jednak znajdują tu zastosowanie narzędzia dokładne, jak np. teodolit i t. p.

§ 7.

2. *Przez promieniowanie.* Jeżeli wewnątrz zdejmowanego wielokąta znajduje się punkt taki, z którego wszystkie załomy na obwodzie i wszystkie szczegóły na objętéj nim przestrzeni dokładnie spostrzegać się dają, wówczas ustawiwszy narzędzie do mierzenia kątów służące, na tym punkcie kolejno zdejmują się wszystkie kąty przez linie celu utworzone. Przedstawmy sobie wielokąt $ABCDEF$ (fig. 2), którego plan zdjąć zamierzamy. Punkt O wewnątrz tego wielokąta się znajdujący może posłużyć za stanowisko dla któregokolwiek z narzędzi do mierzenia kątów na gruncie używanych. Po ustawieniu więc na nim narzędzia w sposób właściwy, celuje się jednocześnie do punktów A i B, w skutek czego otrzymamy wartość kąta AOB; zmierzywszy następnie odległości AO i OB, położenie punktów A i B zostanie oznaczoném. Postępując daléj w podobny sposób mierzymy kąt BOC i odległość OC, która nam położenie punktu C wskaże, następnie mierzy się kąt COD i t. d. Tym więc sposobem dojdziemy do oznaczenia położeń wszystkich punktów obwodu wielokąta, a wykreśliwszy na papierze kąty przy punkcie O zdjęte i poodcinawszy na ich ramionach podług skali, długości na gruncie wymierzone, połączymy punkta te liniami prostemi, przez co utworzy się na planie wielokąt podobny wielokątowi $ABCDEF$ na gruncie się znajdującemu. Jako pierwsze sprawdzenie dokładno-

ści roboty posłużyć tu może summa kątów przy punkcie *O* znalezionych; jak wiadomo, równać się ona powinna czterem kątom prostym; wszelki inny wypadek posłuży za wskazówkę popełnionego w zdejmowaniu kątów błędu, który bezwłocznie wykryć i sprostować należy.

Cały zdejmowany wielokąt podzieliliśmy poprowadzonemi w myśli liniami na trójkąty, wierzchołkami w punkcie *O* się zbiegające, każdego z takich trójkątów zmierzyliśmy kąt wierzchołkowy i dwa obejmujące go boki: bok więc trzeci, będący zarazem podstawą trójkąta i bokiem wielokąta, może być za pomocą rachunku trygonometrycznego wynaleziony. Jeżeli długość wykreślona na rysunku z długością obrachowaną zgadzać się nie będzie, posłuży to za dowód niedokładności w rysunku, która może mieć miejsce, chociażby czynność na gruncie z wszelką została dokładnością uskuteczniona.

Sposób opisany powyżéj bardzo jest dogodnym przy zdejmowaniu nie wielkich przestrzeni, zewsząd liniami prostemi ograniczonych, jak np. placów publicznych w miastach i t. p. Jeżeli mamy pod ręką *stadię*, narzędzie którego poniżéj opis podajemy, a które służy do mierzenia odległości bez przebiegania takowych, sposób ten zdejmowania planów o wiele jeszcze staje się dogodniejszym; bez poruszenia się bowiem z raz obranego stanowiska, całą czynność dokonać możemy.

§ 8.

3. *Przez obchodzenie obwodu wielokąta.* Sposób ten wtenczas tylko zastosowanie znaleźć może, jeżeli wszystkie punkta obwodu zdejmowanéj przestrzeni są dostępnemi. Zamierzając zdjąć plan wielokąta *A B C D E F* (fig. 2), ustawiamy w którymkolwiek z wierzchołków jego np. *A* narzędzie do mierzenia kątów służące i wielkość kąta *B A F* oznaczamy. Mierzy się następnie długość boku *A B* i narzędzie na punkt *B* przenosi dla zdjęcia kąta *A B C*, poczém wymierza się długość boku *B C* i na punkt *C* z narzędziem przechodzi. W ten

sposób postępując dojdziemy do punktu A, z któregośmy czynność rozpoczęli, wymierzywszy wszystkie kąty wielokąta i długość wszystkich jego boków. Te dane będą zupełnie dostateczne do nakreślenia na papierze wielokąta podobnego do tego, który istnieje na gruncie. Rysunek posłuży nam za pierwsze sprawdzenie dokładności roboty. Po wykreśleniu kolejném wszystkich zdjętych na gruncie boków i kątów, kierunek ostatniego z nich, boku $A\,F$, wskazany wielkością kąta EFA powinien być taki, aby dokładnie na punkt A padał, nadto długość tego boku podług skali na rysunku wzięta, powinna być równą długości na gruncie wymierzonéj. Wszelka niedokładność w tym względzie, jest dowodem popełnionego błędu.

Inny sposób sprawdzenia nastręcza tu znana z jeometryi własność wszelkich wielokątów, według któréj summa kątów wewnętrznych w wielokącie, równa się dwóm kątom prostym, tyle razy wziętym, ile wielokąt ma boków mniéj dwa; jeśli więc summa kątów zdjętych na gruncie warunkowi temu nieodpowiada, błąd w ich zdejmowaniu został popełniony.

§ 9.

4. Przez prostopadłe. Sposób ten zależy na obraniu na gruncie jednéj, lub więcéj linij przecinających w kierunku największéj długości zdejmowany wielokąt. Linia taka nazywa się podstawą, postępując po niéj z narzędziem, wyprowadza się prostopadłe kolejno do wszystkich punktów, których położenie oznaczyć na planie zamierzamy. Długości tych prostopadłych i odległości pomiędzy niemi wymierzają się dokładnie, przez co położenie punktów szukalnych zostaje oznaczoném. Sposób ten najwłaściwiéj użytym być może przy robotach za pomocą węgielnicy dokonywanych, szczegółowy jego opis podajemy zatém mówiąc o tém narzędziu: dodamy tu tylko, że do zdejmowania linij krzywych, nieregularnych załomów na gruncie istniejących, sposób ten nadzwyczaj jest dogodnym i prawie wyłącznie używanym bywa.

Mając np. do oznaczenia na planie kręty kierunek strumyka lub rowu *SSS* (fig. 3) wytyka się linię *AB*, która nam za podstawę do całéj czynności posłuży. Linia ta w punkcie *A* przecięta jest przez strumyk, o którego oznaczenie nam chodzi. Od tego więc punktu czynność zaczynamy, a odmierzywszy odległość *AC*, wyprowadzimy prostopadłą *DC* do spotkania z linią krzywą *SSS*; długość téj prostopadłéj odmierzona, oznaczy nam położenie punktu *D*. Odmierzywszy następnie odległość *CE*, wyprowadzimy inną prostopadłą *EF*, która po odmierzeniu wskaże nam położenie punktu *F*. W ten sposób postępując oznaczymy kolejno wszystkie ważniejsze punkta na krzywéj *SSS*, a połączywszy je na rysunku od ręki, otrzymamy figurę podobną do istniejącéj na gruncie. W miarę dokładności większéj, lub mniejszéj, jaką dokonywanéj robocie nadać zamierzamy, prostopadłe bardziéj do siebie zbliżone lub téż rzadziéj rozstawione być mogą. W razach gdy wielka ścisłość zachowana być musi, odległości między prostopadłemi sążnia, a nawet czasem pół sążnia przechodzić nie powinny.

§ 10.

Opisane powyżéj cztery sposoby zdejmowania planów topograficznych, wystarczają w użyciu do wszelkich zdarzyć się mogących wypadków. Każdy z nich może być użyty oddzielnie, lub łącznie z innemi, stosownie do miejscowości, narzędzi użyć się mających i większéj lub mniejszéj dokładności, jaką osiągnąć zamierzamy. Trudno jest wskazać ogólnym przepisem, który sposób w danym razie użytym być powinien: rozsądek jedynie i trochę wprawy o wyborze stanowić mogą.

§ 11.

Któregokolwiek ze wskazanych powyżéj sposobów użyć zechcemy, i jakiekolwiek narzędzie do zdejmowania planu wybierzemy, nieodzownym warunkiem dokładności roboty będzie prowadzenie odpowiedniego dziennika, któryby zu-

pełny obraz czynności przedstawiał. Dziennik podobny w rozmaity sposób może być prowadzony; wzór jednak, który tu załączamy, o ile nam się zdaje wszystkim warunkom najlepiéj odpowiada.

Oznaczenie stanowisk.	Oznaczenie boków wielokąta.	Długość boków.	KĄTY ZAWARTE. Między liniami zdejmowanemi.	KĄTY ZAWARTE. Między liniami zdejmowanemi a południkiem magnetycznym	UWAGI.
A.	AB.	$71^{s},00$		298^{0}	
			132^{0}		
B.	BC.	85,00		290^{0}	
			80^{0}		
C.	CD.	66,00		190^{0}	
			143^{0}		
D.	DE.	68,95		113^{0}	
			97^{0}		
E.	EA.	92,19		30^{0}	
			88^{0}		
	AB.				

Prócz utrzymywania dziennika czynności, należy jeszcze w miarę postępu roboty, kreślić od ręki na papierze szkic zdejmowanéj figury, oznaczając na takowym boki i kąty temi samemi głoskami, jakie w dzienniku do oznaczenia ich służą. Szkic taki posłuży przy wygotowaniu planu do uniknienia błędów, jakie niedostateczne objaśnienia samego dziennika spowodowaćby mogły.

Przepisy powyższe dotyczące utrzymywania dziennika czynności i kreślenia szkicu, odnoszą się do wszystkich narzędzi mierniczych z wyjątkiem stolika, który daje odrazu najzupełniejszy obraz czynności, w miarę bowiem postępu roboty, nakreśla się na papierze do niego przyklejonym plan z wszelką możebną dokładnością. Pomimo to jednak pożyteczną jest rzeczą zapisywanie w dzienniku, nawet przy robocie z stolikiem wykonywanéj, wszelkich mierzonych odległości z oznaczeniem ich w dzienniku i na samym planie jedne-

mi i temi samemi głoskami. Ostrożność taka posłużyć może do rozmaitych sprawdzeń w razie wynikłéj wątpliwości.

§ 12.

Na zakończenie ogólnego tego zbioru prawideł zdejmowania planów dodać musimy, iż pośpiech roboty zależy tu najwięcéj od ścisłości z jaką czynność jest wykonywana. Najmniejsza niedokładność zaniedbana w początku rośnie i wszystkim następnym udziela się wypadkom, do tego stopnia, iż w końcu takie w całéj robocie może wprowadzić zamieszanie, że jako jedyny sposób pozostanie na nowo zdejmowanie planu rozpocząć; dlatego téż nienależy zaniadbywać żadnéj sposobności sprawdzenia w ciągu roboty się nastręczającéj, a po dostrzeżeniu błędu natychmiast trzeba go wyszukać i sprostować wracając do punktów, które z pewnością dokładnie już zostały wyznaczone.

§ 13.

Z powyżéj przytoczonych zasad ogólnych na których zdejmowanie planów się opiera, widzimy, iż cała czynność ta bez względu na sposób do jéj dokonania użyty, polega na mierzeniu odległości pomiędzy rozmaitemi punktami i kątów utworzonych przez linie punkta te łączące. Dla osiągnienia tego celu potrzebujemy koniecznie narzędzi, które odpowiednio swemu przeznaczeniu na dwa główne rodzaje podzielonemi być mogą, tojest: na narzędzia do mierzenia odległości i na narzędzia do wymierzania kątów służące.

ROZDZIAŁ II.

Narzędzia służące do mierzenia długości.

§ 14.

Trzy są rodzaje narzędzi służących do mierzenia długości, tojest: łańcuchy, lunety z właściwym do tego przeznaczenia przyrządem, znane pod nazwiskiem *stadyi* i *łaty*. Użycie tych ostatnich nadzwyczaj jest mozolne i niesłychanie długiego wymaga czasu; dlategotéż przy zdejmowaniu planów topograficznych, narzędzia te nigdy prawie używane nie bywają, pomimo nadzwyczajnéj dokładności wypadków, jakie za ich pomocą otrzymywać można. Przeciwnie przy czynnościach wielkie obejmujących przestrzenie, w zakres geodezyi wchodzących, łaty właściwe znajdą zastosowanie: z téj więc przyczyny opis ich pomiędzy narzędziami geodezyjnemi zamieszczamy.

§ 15.

Łańcuch mierniczy. Ze wszystkich narzędzi do mierzenia długości służących, najbardziéj rozpowszechnionym jest łańcuch, a jakkolwiek wypadki za pomocą tego narzędzia otrzymywane dalekiemi są od zupełnéj ścisłości, w zwykłych jednak czynnościach przy zachowaniu należytych ostrożności z korzyścią może być użyty. Łańcuch zrobiony bywa z kawałków grubego drutu żelaznego, połączonych z sobą za pomocą kółek. Dawniejszy podział łańcucha był następny: łańcuch zawierał 5 prętów, pręt 10 pręcików, pręcik 10 ławek. Podział ten we wszystkich robotach prywatnych dotąd jest w użyciu; ponieważ jednak jednostką miar długości urzędownie uznaną jest dziś sążeń rossyjski, a nadto ponieważ przy najznakomitszéj pracy, jaka obecnie w kraju naszym się dokonywa, tojest linij kolei żelaznéj między Warszawą a Petersburgiem, taż jednostka za zasadę miar długości przyjętą została, z zastosowaniem do niéj podziału dziesiętnego, jakkol-

wiek nie urzędowego, ale nadzwyczaj w użyciu dogodnego; w nadziei przeto, że i przy innych robotach publicznych z czasem taż sama zasada przyjętą zostanie, zamierzamy tu podać opis szczegółowy łańcucha takiego, jaki dziś przy robotach około wspomnianéj dopiéro drogi żelaznéj jest używany (*).

§ 16.

Łańcuch mierniczy *A B* ma długości sążni 10, składa się z ogniw *C C' C''* (fig. 4 i 5) z grubego drutu żelaznego wyrobionych, z których każde prawie $0^s,10$ długości wynosi. Ogniwa te połączone są z sobą za pomocą kółek żelaznych *D*. Ponieważ zaś dziesięć ogniw daje jeden sążeń długości, dla oznaczenia więc każdego sążnia, w miejsce żelaznego, umieszczone jest kółko mosiężne △. Długość ogniw jest tak obrachowana, że pomiędzy środkami dwóch kółek sąsiednich odległość $0^s,10$ wynosi. Pomiędzy piątym i szóstym sążniem czyli w połowie długości łańcucha umieszczone jest albo kółko odmiennego kształtu, albo znak *E* wyraźnie punkt ten oznaczający. Łańcuch z obu stron zakończony jest większemi kółkami lub rękojeściami *a b b a*, które są za pomocą śrubki *d* z pierwszém ogniwém połączone. Długość pierwszego i ostatniego ogniwa dla téj przyczyny musi być zmniejszona tak, aby pomiędzy środkiem pierwszego kółka a we-

(*) Niezaprzeczoną jest wyższość systematu metrycznego francuzkiego nad wszelkiemi znanemi dotąd podziałami miar i wag. Dla téj to przyczyny w wielu krajach Europy zajmują się czynnie w obecnéj chwili wprowadzeniem w użycie tego znakomitego pomysłu. Jesteśmy przekonani, że prędzéj czy późniéj metr, kilogram i t. d. staną się jednostkami miar, wag i t. p. dla całéj Europy wspólnemi; nim jednak chwila ta nastąpi, nic nie staje na przeszkodzie, aby przyjmując jednostkę miary długości taką, jaka jest urzędownie uznaną, zastosować do niéj na wzór metra podział dziesiętny. Myśl tę w wykonanie wprowadziła francuzka kompania kolei żelaznych, dzieląc sążeń rossyjski na części dziesiętne, setne i tysiączne. Wszelkie roboty pod zarządem tego towarzystwa dokonywane na téj zasadzie się opierają, i mamy nadzieję, że pomysł ten wkrótce obszerniejsze znajdzie zastosowanie, dlatego w całym ciągu pracy niniejszéj wszelkie wymiary podajemy w sążniach rossyjskich i dziesiętnych podziałach sążnia. Dodać tu tylko możemy dla łatwiejszego porównania dawnego podziału sążnia z dziesiętnym, że 0^s001 równa się prawie zupełnie 1 linii; sążeń bowiem zawiera w sobie 1008 linij.

wnętrzną stroną rękojeści nie więcéj nad $0^s,10$, czyli długość każdego innego ogniwa się mieściła.

§ 17.

Sposób użycia łańcucha mierniczego jest następujący: Chcąc wymierzyć jakąś odległość, zaczyna się od wytknięcia w kierunku obranym linii prostéj po któréj taż odległość ma być mierzoną, następnie dwóch ludzi bierze łańcuch za rękojeści w ten sposób, iż pierwszy z nich bardziéj obeznany z tą czynnością, umieszcza swoją rękojeść w punkcie od którego mierzenie ma się zaczynać, drugi mniéj wprawny postępuje w kierunku linii wytkniętéj, uważając, aby ogniwa i kółka nie pozakładały się jedne na drugie, i aby łańcuch wyciągnięty przybrał o ile możności kierunek prosty i poziomy. Wyciągnąwszy łańcuch w ten sposób, jedną ręką utrzymuje on rękojeść w położeniu obraném, resztę zaś swego ciała stara się o tyle na bok usunąć, aby ten, który po zanim pozostał, mógł ocenić, czy łańcuch rzeczywiście w kierunku właściwym został wyciągnięty.

Postępujący naprzód niesie dziesięć pręcików żelaznych zwanych *śpilkami* i piérwszy z takowych zatyka w ziemię w miejscu, gdzie się łańcuch kończy, posuwa się potém naprzód, dopóki niosący drugi koniec łańcucha, który jednocześnie za nim postępuje, nie dojdzie do miejsca gdzie śpilka umieszczoną została; tu powtarza się czynność i ostrożności, jakieśmy przy odmierzeniu pierwszego łańcucha opisali; śpilkę przez pierwszego zatkniętą, drugi robotnik wyjmuje i cała robota w ten sam sposób aż do końca się prowadzi. Po odmierzeniu dziesięciu łańcuchów, idący w tyle znajdzie się w posiadaniu wszystkich dziesięciu śpilek, które natychmiast zwraca postępującemu naprzód, a sam zapisuje w dzienniczku na to przeznaczonym, dziesięć łańcuchów odmierzonych (*).

(*) Sposób opisany powyżéj używa się przy wszelkich pracach mierniczych we Francyi, u nas w miejsce trzymania w ręku końców łańcucha, zakładają skrajne jego kółka na kostury, które przy mierzeniu zatykane są w ziemię. Jeżeli przy uży-

Łańcuch za każdym razem powinien być dobrze wyciągnięty w kierunku o ile możności poziomym: wiadomo bowiem z poprzedniego, że przy zdejmowaniu planów nie chodzi o długości mierzone po wszystkich załamach i wypukłościach gruntu, ale o rzuty przedmiotów na płaszczyznę poziomą, odległości więc po téj płaszczyznie mierzone być winny. Jeżeli pochyłość gruntu jest małoznaczną, można łańcuch wyciągać wprost na powierzchni ziemi, nie uważając na jéj spadek; w takich bowiem razach linia mierzona tak mało się różni od swego rzutu pionowego, że samo użycie łańcucha, narzędzia ze swéj natury nie bardzo dokładnego, upoważnia do zaniechania podobnie małych niedokładności. Inaczéj się rzecz ma jeśli grunt gwałtownie podnosi się lub zniża. Wówczas jeden z niosących łańcuch opiera swą rękojeść na ziemi, drugi wyciągając o ile możności łańcuch, aby go w linią prostą i poziomą zamienić, wznosi w miarę potrzeby swoją rękojeść po nad ziemię. Jeżeli grunt się wznosi do góry, robotnik z tyłu idący potrzebuje swój koniec łańcucha trzymać po nad ziemią; powinien się starać wówczas, aby rękojeść trzymaną umieścić na pionowéj przechodzącéj przez punkt, w którym jego poprzednik zatknął śpilkę. Jeżeli przeciwnie grunt się zniża, robotnik naprzód idący po wyciągnięciu łańcucha spuszcza z końca jego śpilkę, a w miejsce w którém taż śpilka utknie w ziemi, znajduje się na pionowéj przez koniec łańcucha przechodzącéj. Sposób ten widocznie jest nader niedokładnym; łańcuch najstaranniéj wyciągany zawsze pewne wygięcie przyjmuje, które długość jego zmniejsza; oznaczenie pionowych przez końce łańcucha przechodzących, także w tym razie nie jest dość ścisłém; jeżeli więc pochyłość gruntu jest jednostajna i dosyć długa, a czynność pewnego stopnia dokładności wymaga, lepiéj jest zmierzyć odległość po pochyłości, tojest wyciągając łańcuch na powierzchni gruntu, a następnie zdjąwszy kąt nachylenia powierz-

ciu piérwszego sposobu otrzymanie wypadków dokładnych jest nader trudnem, przy drugim przyczyny niedokładności o tyle wzrastają, że jedynie w robotach żadnéj ścisłości nie wymagających, użycie kosturów może być dopuszczonem.

chni ziemi za pomocą stosownego narzędzia, o czém poniżéj, rozmnożyć tak otrzymaną długość przez dostawę tegoż kąta nachylenia, co nam da odległość rzeczywistą, czyli rzut pionowy linii mierzonéj po pochyłości gruntu.

§ 18.

Dokładność wypadków przy mierzeniu odległości za pomocą łańcucha zależy także wiele od sposobu w jaki robotnicy niosący łańcuch zatykają śpilki. Jeżeli np. w obu końcach śpilki będą umieszczane na zewnątrz rękojeści, przestrzeń tym sposobem zajęta przez każdy odmierzony łańcuch, będzie w rzeczywistości dłuższą od niego o grubość jednéj śpilki. Niedokładność z téj przyczyny pochodzącą, niektórzy inżynierowie popełniają z umysłu: ten nieznaczny bowiem dodatek do długości, służy do zrównoważenia skróceń jakie przez niedokładne wyciągnięcie łańcucha często bywają spowodowane. Przeciwnie, gdy obiedwie śpilki umieszczone będą wewnątrz rękojeści, w takim razie przestrzeń przemierzana będzie krótszą od długości łańcucha o grubość jednéj śpilki i dwóch rękojeści, jeżeli w łańcuchu przepisana długość dziesięciu sążni rachuje się pomiędzy ścianami zewnętrznemi rękojeści; jeżeli zaś łańcuch trzyma dziesięć sążni pomiędzy ścianami wewnętrznemi swych rękojeści, jak to przy opisie tego narzędzia powiedzieliśmy: wówczas strata na długości mierzonéj, tylko grubość jednéj śpilki wynosi. Niedokładności téj zaradzić można najlepiéj nadając łańcuchowi większą długość o $0^s,003$, tojest o grubość drutu na śpilki zwykle używanego.

Jeżeli wreszcie jeden z robotników umieszcza śpilkę wewnątrz rękojeści, drugi zaś na zewnątrz, długość przemierzana jest wtedy krótsza o grubość jednéj rękojeści od rzeczywistéj. Niedokładności téj zaradzić można w sposób podobny, jak podaliśmy poprzednio.

Ciągłe wytężanie łańcucha, konieczne przy robocie, może powiększyć jego długość przez wyciągnięcie się lub podoginanie kółek: trzeba więc często długość tę sprawdzać. Najlepiéj

w tym celu na jakim przedmiocie stałym, np. ścianie domu, żerdzi lub t. p., naznaczyć dwiema kreskami długość jaką łańcuch trzymać powinien, wówczas sprawdzenie odbywa się przez proste wyciągnięcie łańcucha pomiędzy wspomnianemi kreskami. Jeśli się okaże, że przedłużenie w istocie ma miejsce, łatwo takowemu zaradzić przez przygięcie, lub naprostowanie poodginanych kółek.

Szczegóły powyższe jakkolwiek na pozór mało znaczące, wielki wpływ na dokładność robót wywierają; dlategotéż staraliśmy się tym opisem obeznać o ile możności z nimi czytających. Czynność mierzenia łańcuchem tak łatwa i prosta, potrzebuje jednak wielkiéj staranności i wprawy, któréj się tylko przez częste użycie tego narzędzia nabywa, a któréj najobszerniejsze opisy zastąpić nie są w stanie.

§ 19.

Łańcuch sprężynowy. W miejsce łańcucha mierniczego zwyczajnego, używa się czasem tak nazwanego *łańcucha sprężynowego*, który się robi ze sprężyny stalowéj *A A* (fig. 6 i 7) na $0^s,008$ szerokiéj. W obu końcach przymocowane są rękojeści mosiężne *P P* w kształcie werblików za pomocą śrub *b b*, których jeden koniec zagięty jest i przymocowany do sprężyny, drugi opatrzony gwintem wchodzi w otwór u rękojeści i utrzymywany jest w tém położeniu za pomocą mutry *ε*. Przyrząd ten dozwala przez przykręcanie lub odkręcanie mutry, skracać lub przydłużać o małe ilości cały łańcuch, a zatém służy do regulowania jego długości.

Na zewnętrznéj stronie rękojeści wyżłobione są rowki *r r*, służące do umieszczania w nich śpilek podczas mierzenia. Rowki te powinny miéć głębokość równą połowie grubości śpilek, tym sposobem skoro łańcuch wyciągniętym i w obu jego końcach śpilki zatkniętemi zostaną, pomiędzy środkami śpilek dokładnie długość łańcucha zawartą będzie. Długość ta zazwyczaj pięć sążni wynosi.

Na sprężynie stanowiącéj łańcuch w całéj długości co $0^s,10$ poprzymocowywane są małe kółka mosiężne *m m*. Każ-

dy sążeń oznaczony być winien zapomocą większego kółka, podziały zaś $^1/_{10}$ sążnia wynoszące, podzielone są jeszcze na dwie równe części i oznaczone zapomocą małych dziurek *nn* w sprężynie powybijanych.

§ 20.

Sposób użycia łańcucha sprężynowego jest takiż sam, jak łańcucha zwyczajnego mierniczego; narzędzie to jednak o wiele jest dokładniejszém. Główną jego zaletą jest to, że wyciąganie przy robocie konieczne, nie wpływa na jego przedłużanie się, jakto ma miejsce przy łańcuchu zwyczajnym. Łańcuch sprężynowy lżejszy od zwyczajnego, łatwiéj się daje wyciągać w kierunku poziomym, jeżeli grunt jest nierównym. Tym sposobem dwie ważne przyczyny błędów cechujących roboty z łańcuchem zwyczajnym, zostają usunięte. Pomimo tych zalet, użycie łańcucha sprężynowego mało jest dotąd rozpowszechnione.

§ 21.

Stadia. Drugim rodzajem narzędzi, przeznaczonych do mierzenia odległości, są stosownie do tego użytku urządzone lunety, pospolicie zwane *stadiami.*

Budowa tych narzędzi opiera się na téj zasadzie, iż wielkość obrazu przedmiotów, widzianych przez lunetę, rośnie w stosunku odwrotnym odległości też przedmioty od lunety oddzielających. Z wielkości zatém obrazu przedmiotu znanych rozmiarów, można wnosić o jego oddaleniu.

Jeżeli np. przez lunetę, któréj soczewka znajduje się w punkcie *O* (fig. 8), patrzeć będziemy na jaki przedmiot znanéj wysokości, np. tyczkę *AB*, po za soczewką *O*, w jéj ognisku utworzy się rzeczywisty obraz téj tyczki *ab*. Linie łączące punkta *A* i *a*, *B* i *b*, utworzą dwa trójkąty podobne, w których oznaczywszy bok *AB* przez *S*, bok *AO* przez *a*, *ab* przez *i* i wreszcie *ao* przez *x*, będziemy mieli:

$$a : S = x : i \text{ zkąd}$$

$$a = S\frac{x}{i} \ldots\ldots\ldots\ldots (1).$$

w téj wartości dla *a* czyli odległości pomiędzy soczewką lunety a przedmiotem, mamy *S* wysokość przedmiotu znaną i *x* odległość ogniska soczewki wiadomą; chodzi więc tylko o zmierzenie wielkości obrazu *i*, a wówczas wartość szukana dla *a* z łatwością obrachowaną być może.

Powyższe równanie przypuszcza, iż bez względu na odległość *a* przedmiotu, obraz jego zawsze w jedném i tém samém miejscu tworzyć się będzie, że zatém długość ogniskowa *o a* soczewki jest niezmienną. Przypuszczenie to niezupełnie jest prawdziwém, a o niedokładnościach ztąd wynikających, niżéj cokolwiek mówić zamierzamy; dodać tu tylko należy, iż zasada powyżéj przytoczona stanowi podstawę, na któréj budowa lunet, do mierzenia odległości czyli stadij, spoczywa.

Stadia składa się z dwóch oddzielnych części, tojest lunety z stosownym przyrządem i łaty za przedmiot celu służącéj.

Dwa są oddzielne stadij rodzaje różniące się od siebie przyrządem, z włosami do mierzenia obrazu przedmiotów służącemi: pierwsze z nich mają włosy osadzone stale, drugie włosy ruchome; o każdym z dwóch tych rodzajów z kolei mówić będziemy.

§ 22.

Stadia z włosami nieruchomemi. Narzędzie to składa się z lunety zwyczajnéj opatrzonéj tuleją i kolanem ruchomém, z których pierwsza służy do osadzania narzędzia na trójnogu zwykle do narzędzi mierniczych używanym, drugie do nadawania lunecie kierunku, lub nachylenia wedle potrzeby.

Wewnątrz lunety w ognisku soczewki przedmiotowéj umieszczony jest bębenek *l l* (fig. 9, 10, 11) utrzymujący ramki *a b c d*, na których osadzone są dwa włosy poziome. Boki *a b* i *c d* tych ramek zachodzą w wydrążenia okrągłe *m m* i mogą się w nich posuwać w górę lub na dół za pomocą poruszeń nadawanych śrubkom *v v*. To urządzenie pozwala zmienić w razie potrzeby odległość pomiędzy włosami.

Drugą część *stadii* stanowi łata niwellacyjna, któréj opis w właściwém miejscu, tojest mówiąc o niwellacyi umieszczamy; dodać tu tylko należy, że długość takiéj łaty musi być podzielona na równe części, których wielkość zależeć będzie od większéj lub mniejszéj odległości pomiędzy włosami wewnątrz lunety umieszczonemi.

Aby przysposobić łatę do oznaczania odległości, potrzeba zacząć od dokładnego wymierzenia jéj części AB (fig. 12) objętéj ramionami kąta AOB, która w ognisku F soczewki zajmuje przestrzeń przedzielającą dwa włosy ff'. Jeżeli odległość OD między soczewką lunety a łatą AB zawiera całkowitą liczbę jakichkolwiek miar długości np. sążni, co zresztą zawsze może miéć ~~więjsce~~ miejsce, należy część łaty AB na tyleż równych podzielić części i następnie na całéj długości łaty, takież same pooznaczać przedziały.

Jeżeli następnie umieścimy tęż samą łatę w innym punkcie np. D', część jéj $A'B'$ objęta ramionami kąta będzie mniejszą niż w piérwszym razie, a ilość przedziałów na łacie widzianych pomiędzy włosami ff' wskaże nam różnicę pomiędzy AB i $A'B'$ zachodzącą; przypuściwszy zaś, że ze zmianą odległości przedmiotu, długość ogniskowa soczewki pozostaje niezmienną, kąt AOB także się nie zmieni, będziemy zatém mieli dwa trójkąty podobne ABO i $A'B'O$, które nam dadzą następującą proporcyę:

$$AB : OD = A'B' : OD' \text{ ztąd}$$

$$OD' = A'B' \times \frac{OD}{AB}$$

Trzy ilości stanowiące drugą stronę powyższego równania są znane, wartość zatem dla OD' może być obrachowana. Nadto jeżeli część łaty AB została podzielona na tyle równych przedziałów, ile OD zawierało jednostek miary długości, jakeśmy to powyżéj uczynić radzili, ułamek $\frac{OD}{AB}$ stanie się jednością, a zatém w równaniu opuszczony być może, a ilość przedziałów łaty zawartych w $A'B'$ odrazu wskaże odległość OD' wyrażoną w miarach, jakie w piérwszym razie użyte były. Widoczną jednak jest rzeczą, iż zastósowanie

podziałów łaty w sposób opisany powyżéj, nie jest rzeczą konieczną, i że jakiejkolwiek wielkości byłyby te podziały, byle równe sobie, do ocenienia odległości zawsze służyć mogą; w takim tylko razie potrzeba raz na zawsze wynaleźć wartość ułamku $\frac{OD}{AB}$ przez zmierzenie odległości OD i odczytanie ilości podziałów w AB się zawierających i przez tak otrzymany ułamek mnożyć odczytywaną na każdém stanowisku ilość przedziałów objętych pomiędzy włosami lunety.

Stosunek taki, raz wynaleziony, służyć będzie dopóty, dopóki odległość między włosami lunety zmienioną nie zostanie; sposób jednak taki mniéj jest dogodnym i pośpiesznym, aniżeli zastósowanie, odpowiedniéj do odległości, liczby podziałów na łacie: lepiéj więc ile możności tego drugiego używać sposobu. Z drugiéj strony odległość pomiędzy włosami lunety może różnym ulegać zmianom, potrzebaby więc nieledwie codziennie, nowe na łacie robić podziały, aby stosunek raz zachowany istnieć nie przestawał. Niedogodności téj zaradza przyrząd opisany powyżéj, za pomocą którego poruszając śrubkę v, można w miarę potrzeby mniejszą lub większą pomiędzy włosami nadawać odległość. Piérwszą zatém rzeczą, przed zaczęciem czynności, powinno być zapewnienie się, czy odległość między włosami i podziały łaty odpowiadają sobie; po powtórzonéj raz lub dwa w tym celu próbie i stosownéj jeśli się pokaże potrzeba poprawce położenia włosów, narzędzie jest uregulowane i do użycia zdatne.

§ 23.

Stadia z włosem ruchomym. Główną częścią składową stadij z włosem ruchomym, podobnie jak dopiéro co opisanéj stadii z włosami stałemi, jest luneta AA (fig. 13, 14, 15, 16 i 17), któréj urządzenie wewnętrzne z wyjątkiem przyrządu utrzymującego włosy, nie różni się w niczém od zwykłych lunet używanych przy narzędziach mierniczych, których opis bardziéj szczegółowy, mówiąc o narzędziach niwellacyjnych umieścić zamierzamy.

Luneta ta osadzona jest w ten sposób, iż obracając się około sworznia *a* może rozmaite przybierać nachylenia. Poniżéj sworznia *a* znajduje się walec prostopadły zapuszczony w górną część tulei *b*, który służy do nadawania lunecie wszelkich obrotów w kierunku poziomym.

Przyrząd utrzymujący włosy i umieszczony w ognisku szkła przedmiotowego, składa się z dwóch oddzielnych części: stałéj i ruchoméj. Stała jestto obrączka *O*, która się daje spostrzegać wewnątrz lunety po wyjęciu rurki utrzymującéj szkło oczne (fig. 16). Na téj obrączce utwierdzony jest włos *p*, w kierunku poziomym, z boku zaś umieszczona pionowo podziałka *s* służy do oceniania odległości pomiędzy włosem stałym i ruchomym zachodzącéj.

Ramka ruchoma *d d* ma na sobie osadzone dwa włosy: pionowy *n* i poziomy *m*. Pierwszy z nich służy tylko do oznaczenia dokładnego kierunku linii celu. Ramka ta może się posuwać w górę lub na dół w przestrzeni *eeee*; do nadawania jéj tych poruszeń służy śruba *f* stale do ramki *d d* przytwierdzona i obejmująca tęż śrubę mutra *g*, na któréj jest stale osadzona wskazówka *i*. Wskazówka ta za każdym całkowitym obrotem mutry przebiega całe koło *hh*, jeżeli zaś mutra część tylko obrotu wykonała, również i wskazówka część tylko koła przebiegając zatrzyma się na jednym ze stu podziałów na kole oznaczonych i wskaże tym sposobem jaka część obrotu została dokonaną.

Podziałka *s* którąśmy opisali powyżéj, tak jest urządzona, że każdy jéj przedział odpowiada posunięciu się włosa czyli całéj ramki przez jeden całkowity obrot mutry spowodowanemu. Tym sposobem każdy całkowity obrot mutry jest oznaczony na podziałce *s* i wprost na niéj może być odczytany, każda zaś część obrotu za pomocą wskazówki *i* oceniać się daje.

Jako dopełnienie opisu powyższego dodać należy, że część śruby *f* znajdująca się wewnątrz otworu *ee* otoczona jest sprężyną spiralną *ll*, która odpychając mutrę *g* od ramki *d d* przyciska pierwszą z nich do podstawy i przezto nie dozwala na żadną zmianę w położeniu jéj nadaném.

§ 24.

Łata stanowiąca przedmiot celu, przy użyciu stadii z włosem ruchomym, nie potrzebuje mieć żadnych podziałów pośrednich; dosyć jest wyznaczyć na niéj jakąkolwiek długość, która pozostaje niezmienną, a odległość pomiędzy łatą i narzędziem ocenia się według wielkości kąta, którego ramiona obejmują wyznaczoną długość na łacie, a którego miarą jest, większa lub mniejsza odległość pomiędzy włosami lunety.

Wystawmy sobie np. łatę AB (fig. 18) ustawioną w odległości znanéj OD od lunety O. W takim razie łata AB w ognisku soczewki utworzy obraz, którego wielkość ff' przez stosowne naprowadzenie włosów i odczytanie odpowiedniéj liczby na podziałce i kole narzędzia, dokładnie da się oznaczyć. Jeżeli długość ogniskową soczewki nazwiemy d i oznaczymy przytem AB przez H, ff przez h, a OD przez D, podobieństwo trójkątów AOB i fof da nam proporcyę następującą:

$$D : H = d : h \text{ zkąd}$$
$$Hd = Dh.$$

Jeżeli następnie przeniesiemy łatę i ustawimy ją w odległości OD' którą nazwiemy x, obraz łaty powiększy się, a włosy naprowadzone tak aby go objąć mogły, bardziéj od siebie niż w pierwszym razie będą oddalone; oddalenie to $f'f''$ nazwiemy h'. Przypuszczając równie, jakto uczyniliśmy przy opisie stadii z włosami stałemi, że przy zmianie oddalenia przedmiotu długość ogniskowa soczewki pozostaje niezmienna, będziemy mieli nowe dwa trójkąty ABO i $f'of''$ podobne do siebie i dające proporcyę:

$$x : H = d : h' \text{ ztąd}$$
$$x = \frac{Hd}{h'}$$

ponieważ zaś z powyższego $Hd = Dh$ będzie więc:

$$x = \frac{Dh}{h'}$$

przy pierwszém ustawieniu łaty ilości D i h były nam znane, wielkość h' wskazuje nam przyrząd już opisany, odległość zatém x jest z zupełną dokładnością oznaczona; obrachunek jednak podobny, który na każdém stanowisku narzędzia ponawiaćby trzeba, jest mozolnym i długiego wymaga czasu: do uniknienia téj niedogodności służy tabella, którą postępując w sposób powyżéj wskazany, do każdego w szczególności zastosowując narzędzia, można z łatwością wyrachować, a któraby podawała wartości na x w rozmaitych odległościach h' pomiędzy włosami zachodzących.

§ 25.

W ten sposób otrzymane odległości za pomocą stadii wtedy tylko za dokładne mogą być uważane, jeżeli oś lunety i środek łaty podczas celowania na jednym znajdują się poziomie, lub jeżeli różnica ich wzniesienia tak była małą, że wynikający ztąd błąd, pominiętym być może; w razie przeciwnym należy do otrzymanego wypadku zastósować poprawkę, o któréj mówiliśmy przy mierzeniu odległości za pomocą łańcucha, po gruncie jednostajnie pochyłym, a która zależy na pomnożeniu otrzymanéj długości przez dostawę kąta nachylenia linii, po któréj mierzenie zostało dokonaném; oznaczywszy więc odległość rzeczywistą przez x, odległość otrzymaną za pomocą narzędzia przez D, a kąt nachylenia przez α będzie:

$$x = D \text{ dost } \alpha.$$

Oprócz powyżéj wymienionéj niedokładności w wypadkach otrzymywanych za pomocą stadii zachodzi jeszcze inna. Przypuśćmy, narzędzie nasze ustawione w punkcie O (fig. 19) a łatę za przedmiot celu służącą w punkcie N. Łata ta musi być ustawiona pionowo, tojest w kierunku $n\,N$, obraz jednak malujący się w ognisku soczewki będzie takim, jak gdyby łata była prostopadłą do pochyłości gruntu, tojest jak gdyby miała położenie $m\,N$. Złudzenie to optyczne ma ten skutek, iż odległość jaką nam narzędzie wskaże, będzie za wielką o $m\,n$ jeżeli łata stoi niżéj od narzędzia, i przeciwnie jeżeli

narzędzie niżéj, a łata wyżéj będzie umieszczona, długość otrzymana będzie za krótką.

Chcąc usunąć tę niedokładność zauważmy, iż rzeczywista długość łaty nN w obrazie w ognisku lunety utworzonym, przedstawiła nam się pozornie w wielkości Nm; że zaś rachuba nasza odległości na stosunku zachodzącym między wielkością obrazu, a wielkością przedmiotu czyli łaty zależy, zacząć więc wypada od obliczenia dokładnego téj pozornéj wielkości łaty mN, do czego posłuży nam trójkąt nmN, którego bok Nm równa się bokowi nN, pomnożonemu przez dostawę kąta mNn, temiż bokami zawartego. Długość jednak łaty jest dla nas rzeczą podrzędną, lecz ściśle związaną z oznaczeniem odległości dwóch punktów O i N tak dalece, że w jakim stosunku długość ta wydawać nam się będzie pozornie za wielką lub za małą, w takim odległość otrzymana za pomocą lunety będzie także za wielką lub za małą; przeto w miejsce obliczenia dokładnego pozornéj długości łaty, możemy odrazu wypadek otrzymany za pomocą lunety pomnożyć przez dostawę kąta nNm, przez co otrzymamy odległość NO, punkta N i O przedzielającą. Ramiona kąta nNm są prostopadłe do ramion kąta ONM, któryśmy przez α oznaczyli; kąty te są więc sobie równe i w miejsce dostawy kąta nNm możemy wziąć dostawę kąta α.

Tak obrachowana poprawka da nam długość linii NO, lecz linia ta będąc pochyłą, nie daje nam prawdziwéj odległości między punktami N i O i wiadomo już z poprzedniego, iż jéj długość przez dostawę kąta α pomnożyć należy. Ztąd widzimy, że otrzymany wypadek za pomocą lunety trzeba pomnożyć raz przez dostawę α dla poprawienia błędu z niewłaściwego położenia łaty pochodzącego, drugi raz przez tęż dostawę α dla otrzymania odległości pozioméj, czyli używając zgłosek, któreśmy poprzednio do oznaczenia tych ilości użyli będzie:

$$x = D \text{ dost } {}^2\alpha.$$

Dla uniknienia ciągłego obliczania poprawek dla otrzymanych za pomocą stadii odległości, ułożono tablice,

które stosownie do pozornéj odległości przez lunetę wskazywanéj i kąta nachylenia podają wprost poprawkę, jaką do ostatecznego wypadku wprowadzić należy.

Dodać tu musimy, iż nader ważną jest rzeczą, ażeby łata za każdym razem dokładnie w pionowém ustawiana była położeniu; do zapewnienia się o tém służy ciężarek zawieszony na nitce lub mała libella w drzewie łaty osadzona.

§ 26.

Stadia zastąpioną być może przez spadkomierz, za pomocą którego na tejże saméj zasadzie odległości obrachowywać można. Bliższe szczegóły dotyczące téj czynności podamy przy niwellacyi mówiąc o spadkomierzach, tutaj zaś to tylko nadmienić wypada, że spadkomierze nie będąc opatrzone lunetami, na mniejszą tylko odległość użytemi być mogą i w ogóle z mniejszą dokładnością oznaczając linię celu wątpliwsze dają wypadki.

Zresztą dopiéro co opisane przez nas stadie nie mogą także być uważane za narzędzia bezwzględną zalecające się ścisłością. Główną podstawą na któréj się ich budowa opiera, jest jakeśmy to już wyżéj powiedzieli, przypuszczenie, że pomimo zmian w oddaleniu przedmiotu celu, odległość pomiędzy soczewką, a jéj ogniskiem pozostaje niezmienną. Przypuszczenie to jest fałszywém, zatem i wypadki na niém się opierające, muszą być błędami nacechowane.

§ 27.

Jako wyrażenie odległości pomiędzy soczewką a przedmiotem celu przyjęliśmy na początku niniejszego rozdziału równanie:

$$a = \frac{xs}{i} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

w którém x długość ogniskowa soczewki za stałą jest uważana; jeżeli jednak główną długość ogniskową oznaczymy przez f, x oznaczać będzie tylko długość ogniskową podrzędną, czyli odpowiadającą pewnéj danéj odległości przedmiotu, którą przez a wyrażamy. Wiadomo z nauki o soczewkach,

iż w takim razie stosunek zachodzący pomiędzy ilościami x i a za pomocą następnego równania może być wyrażony:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{x} = \frac{1}{f}.$$

czyli znosząc mianowniki

$$fx + af = ax$$

$$\text{lub } af = ax - fx$$

$$\frac{af}{x} = a - f$$

$$\frac{a}{x} = \frac{a-f}{f}$$

Ze zaś z równania (1) otrzymujemy

$$\frac{a}{x} = \frac{S}{i}$$

$$\text{więc } \frac{a-f}{f} = \frac{S}{i}$$

$$\text{albo } a - f = \frac{fS}{i}$$

w równaniu tém f, jako długość ogniskowa główna jest ściśle niezmienném, lecz wyrażenie $a - f$ oznacza tylko odległość przedmiotu od ogniska poprzedzającego soczewkę; ztąd więc wynika, że zapomocą stadii jedynie odległość pomiędzy temże ogniskiem a przedmiotem z dokładnością oznaczoną być może. Okoliczność ta pociąga inną za sobą niedogodność: ognisko poprzedzające soczewkę znajduje się na zewnątrz lunety, punkt więc ten na każdém stanowisku z trudnością mógłby być na gruncie oznaczany.

Najdogodniejsze urządzenie wtenczas ma miejsce, gdy odległości liczyć można od punktu na którym luneta jest przytwierdzona, czyli od jéj osi obrotowéj; oznaczywszy więc odległość między tym punktem a soczewką przez d, potrzebaby do każdéj otrzymanéj przez celowanie długości dodawać stałą ilość $f + d$. Dla ułatwienia tego ciągle powtarzać się mającego dodawania, niektóre stadie tak urządzone bywają, że stała ilość $f + d$ równa się liczbie okrągłéj; np.: $0^s,25$, przezco łatwiéj pomyłek w dodawaniu uniknąć można.

§ 28.

Tak urządzona luneta teoretycznie jest zupełnie dokładną, pozostają jednak błędy od natury rzeczy nieodłączne, a pochodzące z niepodobieństwa oznaczenia z matematyczną ścisłością linij celu, lub wielkości kąta, którego ramiona obejmują przedmiot celu. Największa dokładność jaką za pomocą tego rodzaju narzędzi otrzymać można, ogranicza błąd do $^1/_{100}$ mierzonéj odległości, jak to wielokrotnie powtarzane doświadczenia stwierdzają; takiego jednak stopnia ścisłości jedynie za pomocą bardzo dokładnego narzędzia i wprawnego oka dosięgnąć można.

Dodać tu jeszcze należy, że kiedy błąd w odległościach mierzonych za pomocą stadii o włosach stałych rośnie w stosunku prostym do odległości przemierzanych, jakeśmy dopieroco powiedzieli, przy użyciu stadii z włosem ruchomym, błąd zwiększa się w stosunku kwadratów z tychże odległości i zależy głównie od większéj lub mniejszéj dokładności mikrometru, czyli przyrządu do mierzenia wielkości obrazu przeznaczonego. I rzeczywiście wracając do pierwiastkowego naszego równania $a = \frac{fS}{i}$, ponieważ przy stadii z włosem ruchomym S czyli długość łaty jest stałą, również f czyli długość ogniskowa soczewki za niezmienną ma być uważana; przeto ilość fS możemy także za stałą uważać, oznaczając ją przez C, ztąd:

$$a = \frac{C}{i}$$

lub $ai = c$

Oznaczmy błąd popełniany za każdém celowaniem w ocenieniu wielkości kąta na mikrometrze przez $\frac{1}{m}$; w takim razie na daną odległość a błąd może być wyrażony przez

$$B = \frac{C}{i} - \frac{C}{i + \frac{1}{m}}$$

albo $$B = \frac{C\left(i + \frac{1}{m}\right) - Ci}{i\left(i + \frac{1}{m}\right)}$$

lub wreszcie $B = \frac{C \frac{1}{m}}{i\,(i + \frac{1}{m})}$

że zaś z poprzedniego $\frac{C}{i} = a$; będzie:

$$B = a \frac{1}{mi + 1}$$

Ponieważ m będzie zawsze dość wielkie w porownaniu z jednością, możemy bez wielkiéj niedokładności tęż jedność w mianowniku powyższego ułomka opuścić, będzie więc:

$$B = \frac{a}{m\,i}.$$

Jeżeli oba wyrazy nowego tego ułomku pomnożymy przez a, otrzymamy:

$$B = \frac{a^2}{m \times ai}$$

Mieliśmy zaś na początku $ai = c$, więc

$$B = \frac{a^2}{cm}$$

wyrażenie oznaczające, iż wielkość błędu rośnie w stosunku kwadratów z odległości mierzonych, co właśnie zamierzyliśmy udowodnić.

§ 29.

Stadia z lunetą analatyczną. Widzieliśmy mówiąc o stadiach zwyczajnemi opatrzonych lunetami, jakie niedogodności stoją na zawadzie do otrzymywania dokładnych wypadków za pomocą tych narzędzi. Jedną z najważniejszych wad zwykłego urządzenia jest zmienność długości ogniskowéj soczewek przy różnych odległościach lunetę od przedmiotu oddzielających. Poprawienie wadliwego pod tym względem urządzenia lunet i usunięcie wynikających ztąd niedokładności było przedmiotem badań p. Porro oficera głównego sztabu armii piemonckiéj. Urządzone podług jego pomysłu lunety *analatycznemi* zwane, o wiele od zwyczajnych są dokładniejszemi, a budowa ich na następnych polega zasadach.

§ 30.

Wiadomo, iż w lunetach zwyczajnych obrazy przedmiotów nie jednakowo oddalonych, lecz ramionami jednego kąta widzenia objętych, są nierównéj wielkości i w rozmaitych od soczewki tworzą się odległościach. Jeżeli jednak pomiędzy szkłem przedmiotowém i oczném umieścimy trzecią soczewkę pośrednią, którejby ognisko zbiegało się w jednym punkcie z ogniskiem szkła przedmiotowego; wtenczas wszystkie przedmioty jakakolwiek będzie ich wielkość i oddalenie, będą miały obrazy sprzężone jednakowéj wielkości.

Wystawmy sobie np. soczewkę przedmiotową NM umieszczoną w punkcie O (fig. 20) i szereg przedmiotów różnéj wielkości AB, $A'B'$, $A''B''$ w nierównéj znajdujących się odległości, lecz ramionami jednego kąta widzenia, którego wierzchołek w punkcie H się znajduje, objętych. Wszystkie promienie AN, $A'N$... BM, $B'M$ po załamaniu się w soczewce MN wyjdą z takowéj w jednym i tymże samym kierunku, a przeciąwszy się wspólnie w punkcie C utworzą obrazy $\alpha\beta$, $\alpha'\beta'$, $\alpha''\beta''$ nierównéj wielkości i nierówno od soczewki oddalone. Jeżeli cokolwiek po za tworzącemi się obrazami umieścimy drugą soczewkę mn, z ogniskiem na punkt C przypadającém; widoczną jest, że wszystkie promienie załamane w pierwszéj soczewce, przeszedłszy przez ognisko drugiéj, wyjdą z niéj w kierunku dwóch równoległych do osi optycznéj, $naa'a''$ i $mbb'b''$. Pomiędzy temi liniami równoległemi utworzą się obrazy wszystkich przedmiotów AB, $A'B'$ $A''B''$. Obrazy więc te będą sprzężone i jednakowéj wielkości. Za pomocą powyżéj opisanego sposobu usuwa się główna wada zwyczajnych stadij, a udokładnione przez przydanie trzeciego szkła, lunety, zowią się *analatycznemi*; punkt zaś H wierzchołek kąta obejmującego *środkiem analatycznym*. Od tego to punktu liczą się odległości przy mierzeniu za pomocą stadii udokładnionéj, dlategotéż punkt ten znajdować się winien wewnątrz lunety, a najdogodniéj umieszczać go na prostopadłéj przechodzącéj przez oś obrotową narzędzia.

§ 31.

Drugiém ulepszeniem jakie p. Porro wprowadza do budowy swych lunet, jest nowe urządzenie dotyczące włosów i szkieł ocznych.

Włosy te osadzone są na bębenku podobnym do tych, jakie w zwyczajnych znajdują się lunetach, w miejsce jednak dwóch włosów poziomych p. Porro umieszcza pięć urządzonych w sposób następujący:

Włos wyższy a (fig. 21) który służy w zwyczajnych stadiach do naprowadzenia linii celu na zero podziałki łaty (*) zastąpiony jest przez dwa inne γ i δ, które są równoległe względem siebie i równo oddalone od miejsca, które powinno być zajętém przez pojedynczy włos a; oddalenie to wynosi $\frac{1}{10}$ średniéj długości ab przedzielającéj włosy górne od dolnych. W podobny sposób miejsce włosa dolnego b służącego zwykle do wskazywania ilości objętych na łacie przedziałów zajmują dwa inne g i d a odległości pomiędzy każdym z nich a miejscem w którém się włos b miał znajdować, podobnie jak przy górnych $\frac{1}{10}$ długości ab wynoszą.

Środkowy włos c jest pojedynczy i służy do wytykania linii, lub w razie potrzeby do podwojenia doniosłości lunety, co zresztą tylko ze zmniejszeniem jéj dokładności otrzymać można.

Przy podobnym rozkładzie włosów będziemy mieli:

$$ag = ab + \frac{1}{10}ab.$$
$$ad = ab - \frac{1}{10}ab.$$

Dodając strony odpowiadające sobie tych równań, będzie:

$$ag + ad = 2ab = 2S$$

odejmując zaś

$$ag - ad = \frac{2}{10}ab = \frac{2}{10}S$$

(*) Stadia z lunetą analatyczną wynalazku p. Porro jest ulepszoną stadią o włosach nieruchomych, jakąśmy poprzednio opisali; z tego téż powodu podobnie jak przy tamtéj łata, za przedmiot celu służąca, podzielona być powinna na mniejszą, lub większą ilość części równych; i najlepiéj jeżeli wielkość każdéj z tych części, tak może być zastosowaną aby odpowiadała w odległościach jednostce miar, w jakich wypadek otrzymać chcemy.

W podobny sposób otrzymamy:

$$\gamma b + \delta b = 2ab = 2S$$
$$\gamma b - \delta b = \tfrac{2}{10}\, ab = {}^{2}/_{10}\, S.$$

lub wreszcie:

$$\gamma g + \delta d = 2ab = 2S$$
$$\gamma g - \delta d = {}^{4}/_{10}\, ab = {}^{4}/_{10}\, S.$$

Przez S oznaczamy tu długość łaty odpowiadającą odległości między włosami.

Podobne urządzenie włosów i odczytywanie podziałów na łacie o wiele jest dokładniejszém od zwykłego sposobu przy lunetach, dwoma tylko włosami opatrzonych używanego; jeżeli zaś dla skrócenia czynności chcemy usunąć współczynnik 2, dostateczną jest rzeczą podziały na łacie dwa razy dłuższe pooznaczać, a przy odczytywaniu za pojedyncze je tylko uważając, czynność dzielenia przez 2, otrzymanego wypadku mechanicznie zostanie już dokonaną.

§ 32.

Do opisanego powyżéj przyrządu z włosami zastósowane jest urządzenie szkieł ocznych w sposób zupełnie od zwyczajnego odmienny.

Odległość pomiędzy włosami ogranicza rozwartość kąta widzenia, którego ramiona przedmiot celu obejmować mają. W zwykłych lunetach nie można téj odległości dowolnie powiększać; przekroczywszy bowiem pewną granicę, włosy będąc zanadto zbliżone do brzegów soczewki ocznéj, nie mogłyby czysto być widzianemi. Téj niedogodności zaradza p. Porro dając swoim lunetom w miejsce jednéj trzy soczewki oczne, z których pierwsza odpowiada dwom włosom górnym i jest naprzeciwko nich umieszczona, druga dwom dolnym a trzecia pojedynczemu włosowi środkowemu. Za pomocą takiego urządzenia szkieł ocznych p. Porro doprowadza swoje lunety do tego, iż mogą 60 do 80 razy powiększać spostrzegane przedmioty, co przy pojedynczém szkle oczném zupełném jest niepodobieństwem. Z drugiéj strony przez użycie trzech takich mocno powiększających szkieł ocznych, obrazy

spostrzegane stają się mniéj jasnemi i wyraźnemi, a dla usunięcia téj niedogodności potrzebaby znacznie powiększyć średnicę przedmiotowéj. Lecz chcąc zużytkować w lunecie całą powierzchnię tak powiększonéj przedmiotowéj, potrzebaby odpowiednio powiększyć długość samejże lunety, która najmniéj dwanaście razy wziętéj długości ogniskowéj szkła przedmiotowego równać się powinna.

Podobne powiększenie rozmiarów narzędzia uczyniłoby je zupełnie do użytku polowego niezdatném, utrudzając przenoszenie z miejsca na miejsce. Nową tę niedogodność usuwa wynalazca umieszczając w miejsce jednéj, dwie jedna za drugą tuż przy sobie osadzone soczewki, które razem wzięte stanowią przedmiotową. Długość ogniskowa tak złożonéj przedmiotowéj, będzie prawie o połowę mniejszą, a strata światła przechodzącego przez dwie w miejsce jednéj soczewki jest wynagrodzona powiększeniem powierzchni światła przepuszczającéj.

Tak urządzona luneta powinna być osadzona na pionowém kole z podziałką stopniową. Środek tego koła powinien odpowiadać środkowi analatycznemu lunety. Urządzenie podobne dozwoli mierzyć odległości pochyłe, sprowadzać je do poziomu, a zarazem mierzyć wysokość na jakiéj się znajduje zero podziałki łaty względnie do środka koła.

§ 33.

Obrachowanie odległości szukanéj za pomocą opisanego powyżéj narzędzia uskutecznia się w sposób następujący:

Oznaczmy przez S (fig. 22) długość łaty $M' M''$ objętą ramionami kąta widzenia, przez φ kąt utworzony przez pionową od środka koła wyprowadzoną i $O C$ oś optyczną lunety, ω niech oznacza kąt widzenia $M' O M''$ obejmujący swemi ramionami na łacie długość S; d odległość poziomą $O P$ od łaty do środka koła: w końcu z niech wyraża $M' P$ względną wysokość zera podziałki na łacie w porównaniu z punktem O środkiem koła narzędzia.

W tójkącie $M' M'' O$ będziemy mieli

$$S : O M' = \text{wst. } \omega : \text{wst. } O M'' M'$$

Że zaś kąt $O M'' M' = \varphi - \frac{1}{2} \omega$ będzie

$$S : O M' = \text{wst. } \omega : \text{wst. } (\varphi - \tfrac{1}{2} \omega)$$

$$\text{ztąd } O M' = \frac{S \times \text{wst. } (\varphi - \frac{1}{2} \omega)}{\text{wst. } \omega}$$

W trójkącie $O M' P$ będzie

$$d = O M' \text{ dost. } O = O M' \text{ wst. } O M' P$$

Że zaś kąt $O M' P = \varphi + \frac{1}{2} \omega$ będzie

$$d = O M' \text{ wst. } (\varphi + \tfrac{1}{2} \omega)$$

Wstawiając w miejsce $O M'$ jego wartość mamy

$$d = \frac{S}{\text{wst. } \omega} \text{ wst } (\varphi - \tfrac{1}{2} \omega) \text{ wst. } (\varphi + \tfrac{1}{2} \omega)$$

$$\text{czyli } d = \frac{S}{\text{wst. } \omega} \text{ wst. } {}^2\varphi$$

Jeżeli więc podziały na łacie oznaczone, będą równe wst ω wtedy bedzie

$$d = S \text{ wst. } {}^2\varphi$$

Co do wysokości $M' P$ czyli z będziemy mieli w trójkącie $O M' P$

$$z = d. \text{ stycz. } M' O P.$$

Że zaś styczna $M' O P =$ dotycz. $(\varphi + \omega)$ kąta dopełnienia, będzie więc

$$z = d. \text{ dotycz. } (\varphi + \omega)$$

Podobież w trójkącie $C O P$ będzie

$$C P = d. \text{ dotycz. } \varphi$$

Jeźli od obu stron tego równania odejmiemy ilość $C M'$ czyli $\frac{1}{2} S$ zostanie

$$C P - \tfrac{1}{2} S = z = d. \text{ dotycz. } \varphi - \tfrac{1}{2} S.$$

Podług zapewnień p. Porro, lunety analatyczne tak dokładne dawać mogą wypadki, iż na odległościach mniéj niż 200 metrów wynoszących i jedném celowaniem mierzonych błąd $\frac{1}{2000}$ przenosić nie powinien, od 200 do 400 metrów błąd dopuszczalny $\frac{1}{1000}$ wynosi, a od 400 do 800 metrów $\frac{1}{400}$.

Małe rozpowszechnienie dotychczas tego narzędzia, nie dozwala jeszcze wyrzec stanowczego pod tym względem ocenienia; to jednak niezawodną jest rzeczą, iż luneta analatycz-

na jest udoskonaleniem zwyczajnéj, i że ściślejsze niż ta ostatnia wypadki dawać powinna. Mówiliśmy poprzednio, iż stadie zwyczajne do tego stopnia ścisłości w biegłych rękach dochodzić mogą, iż błąd popełniany ledwie $\frac{1}{700}$ odległości mierzonéj wynosić będzie, tém łatwiéj zatém zapomocą udoskonalonéj analatycznéj lunety podobnie ścisłe otrzymywać wypadki.

W ogóle więc stadie, a szczególniéj lunetami analatycznemi opatrzone mogą walczyć o pierwszeństwo z zwyczajnym łańcuchem mierniczym, przy użyciu którego, jakeśmy to w właściwém nadmienili miejscu, na jednę wiorstę błąd pół sążnia zwykle wynosi na gładkim gruncie, przy większych zaś przeszkodach i nierówności ziemi od jednego do dwóch sążni dojść może. Z drugiéj strony użycie stadij bez porównania szybsze jest i dogodniejsze niżeli łańcucha: niepotrzeba tu przebiegać mierzonéj przestrzeni, unika się wszelkich przeszkód i nierówności gruntu, i jedne wycelowanie lunety dostateczném jest do zmierzenia odległości między dwoma punktami choćby nieprzebytą przeszkodą np. rzeką, bagnem i t. d. przedzielonemi.

W użyciu jednak stadij pewne ostrożności zawsze zachowywać potrzeba, a bez względu na to, jaką doniosłość danéj lunety teoretycznie rachunek wykazać może, nie radzimy za jedném celowaniem większych nad 100 do 150 sążni mierzyć odległości; im daléj bowiem łata z podziałką od narzędzia się odsuwa, tém grubość włosów większą przestrzeń na jéj powierzchni zajmując utrudnia dokładne oznaczenie długości części objętéj ramionami kąta widzenia: pomijając przeto wszelkie inne przyczyny zmniejszania się dokładności wypadków, w miarę powiększania odległości, ta jedna dostateczną jest do ograniczenia doniosłości stadij, ile razy idzie o ścisłość w dokonywanéj robocie.

ROZDZIAŁ III.

Narzędzia służące do mierzenia kątów.

§ 34.

Narzędzia służące do mierzenia kątów, na dwa osobne mogą być podzielone oddziały; w pierwszym z nich mieszczą się narzędzia służące w właściwém znaczeniu tego wyrazu do mierzenia kątów, tojest do oznaczania ich wielkości wyrażonéj w stopniach, minutach i t. d.: narzędzia takie zowią się *goniometrycznemi*; drugi oddział stanowią narzędzia, zapomocą których rozwartość rozpoznawanego kąta nakreśla się odrazu na planie bez wyrażenia jego wielkości w stopniach: nazywają się one *goniograficznemi*. Do pierwszego z tych oddziałów należą: *węgielnica, pantometr, busola, kątomiar, koło powtarzające i teodolit*; w drugim mieści się głównie *stolik mierniczy*. O każdém z wymienionych powyżéj narzędzi z kolei mówić będziemy.

§ 35.

Noniusz (Vernier). Przed przystąpieniem do szczegółowego opisu rozmaitych narzędzi do mierzenia kątów przeznaczonych, pożyteczném będzie poznać jednę z najważniejszych części składowych tych narzędzi, tojest noniusz, inaczéj wernierem od nazwiska wynalazcy, zwany. Dokładność mierzenia kątów zdejmowanych, zależy na ścisłém oznaczeniu punktu, w którym linia celu koło z podziałką stopniową przecina. Linia celu oznaczona jest zawsze, jak to przy szczegółowych opisach narzędzi zobaczymy, zerem, na części ruchoméj narzędzia, która przebiega podziałkę umieszczonego pod nią koła i może dowolnie w stronę obranego przedmiotu być zwracana. Odczytując liczbę, któréj zero to na podziałce koła odpowiada, otrzymujemy wielkość kąta szukanego. Tak otrzymana wartość kąta, wtedy tylko mogłaby być dokładną, gdyby zero części ruchoméj narzędzia, zupełnie jednemu z podziałów

koła odpowiadało; jeżeli zaś, jak to najczęściéj ma miejsce, zero padnie pomiędzy dwoma sąsiedniemi podziałami, żadnéj niema wskazówki, któraby wartość téj przewyżki oznaczyć mogła. Dodać tu należy, iż małe zazwyczaj rozmiary narzędzi mierniczych nie dozwalają zbytnie liczby podziałów na kołach rozmnażać. Zazwyczaj koła te podzielone bywają na półstopnie; dokładność więc tych narzędzi po za tę granicę sięgaćby nie mogła, bez szczególnego przyrządu zwanego noniuszem, o którym mówić zamierzamy.

§ 36.

Dla zrozumienia zasady na któréj urządzenie noniuszów się opiera, przedstawmy sobie linijkę prostą AB (fig. 23) podzieloną np. na millimetry. Linijka ta ma nam służyć do mierzenia długości z oznaczeniem nietylko millimetrów, ale nadto i części ich, np. dziesiętnych. Dla osiągnienia tego celu, zastosujmy do linijki AB inną mniejszą ab, któraby wzdłuż tamtéj posuwać się mogła. Na téj drugiéj linijce odmierzmy długość dziewięć millimetrów wynoszącą i podzielmy ją na dziesięć równych części, tym sposobem, każdy z podziałów małéj linijki będzie o jednę dziesiątą mniejszy od podziałów większéj, czyli będzie zawierał $\frac{9}{10}$ millimetra. Tym sposobem urządzona podziałka stanowi noniusz; podziały jéj powinny być oznaczone liczbami w tym samym kierunku idącemi, jak liczby oznaczające podziały większéj linijki. Ustawmy teraz mniejszą linijkę w ten sam sposób, żeby jéj zero odpowiadało dokładnie jednemu któremukolwiek z podziałów większéj; wówczas piérwszy podział noniusza nie dosięgnie następnego podziału linijki, będąc od niego mniejszy i braknie mu do tego $\frac{1}{10}$ millimetra; drugi podział noniusza bardziéj jeszcze będzie oddalony od drugiego podziału linijki, a różnica w ich położeniu wynosić będzie $\frac{2}{10}$ millimetra; przy trzecim podziale różnica ta wzrośnie do $\frac{3}{10}$ millimetra i t. d., w końcu dziesiąty podział noniusza odpowie zupełnie dziewiątemu podziałowi linijki. Jeżeli teraz posuniemy naprzód noniusz o $\frac{1}{10}$ millimetra, pierwszy jego podział zgodzi się już

z pierwszym podziałem linijki, jeżeli, go posuniemy o $\frac{2}{10}$ naprzód, drugi podział odpowie drugiemu na linijce; posuwając o $\frac{3}{10}$, trzecie podziały będą sobie odpowiadać i t. d. Na téj właśności opiera się możność ocenienia części dziesiętnych millimetra. Przypuśćmy np., że noniusz w takiém znajduje się położeniu, że zero jego pada pomiędzy dwiema podziałkami linijki, chodzi więc o dokładne ocenienie, wiele części dziesiętnych znajduje się pomiędzy nim a poprzedzającym go podziałem linijki. W tym celu należy z uwagą rozpoznać który z podziałów noniusza pada zupełnie na podział linijki, lub jest najbardziéj do niego zbliżony: jeżeli np. podział szósty noniusza zgadza się dokładnie z odpowiadającym mu podziałem linijki, będzie to znakiem, iż zero oddalone jest od poprzedzającego je podziału linijki o $\frac{6}{10}$ millimetra i t. p.

Chcąc większe jeszcze osiągnąć przybliżenie i oceniać np. dwódzieste części millimetra, należałoby linijkę dziewiętnaście millimetrów długości mającą podzielić na dwadzieścia części; wówczas każdy jéj podział byłby o $\frac{1}{20}$ mniejszy od millimetra, a postępując w sposób wskazany powyżéj, można oceniać położenie zera takiego noniusza z przybliżeniem o $\frac{1}{20}$ millimetra.

Przybliżenie otrzymane za pomocą podobnego przyrządu, mogłoby bardzo daleko być posunięte, gdyby wzrok ludzki, nawet szkłem powiększającém opatrzony był w stanie z zupełną dokładnością oceniać nadzwyczaj małe zboczenia kresek, oznaczających poddziały na linijkach. Gdybyśmy np. wzięli linijkę 99 millimetrów długą i na 100 części ją podzielili, podług wykazanéj poprzednio zasady możnaby setne części millimetra oceniać, lecz podziały na noniuszu i na linijce zanadto mało pomiędzy sobąby się różniły, tak iż niepodobna byłoby ocenić na którym podziale kreski noniusza i linijki zupełnie sobie odpowiadają. Ta więc okoliczność kładzie granicę, któréj przybliżenie zapomocą wernierów otrzymywane przekroczyć nie jest w stanie.

§ 37.

Powyższa zasada daje się zastósować do odczytywania wartości kątów, na podziałkach kół, przy narzędziach do mierzenia kątów umieszczonych. Przedstawmy sobie część koła *L L'* (fig. 24) opatrzonego podziałką: każdy stopień jest na niém rozdzielony na trzy równe części, podziały więc $^1/_3$ stopnia czyli 20′ wynoszą. Linia *A A'* osadzona na osi w środku koła się znajdującéj, zachodzi swym końcem rozszerzonym na podziałkę i obracając się na osi, może okrąg koła przebiegać. Brzeg téj linii na podziałkę zachodzący, tak jest cienko zakończony, iż wyryta na nim podziałka prawie bezpośrednio się styka z podziałką koła, przez co różnica w położeniu kresek na obydwóch z łatwością oceniać się daje. Na brzegu linii wyryta podziałka stanowi wernier. Na téj podziałce oznaczona jest długość wyrównywająca dziewiętnastu przedziałom podziałki koła, z których każdy jak to już nadmieniliśmy 20′ wynosi. Odległość ta podzielona na 20 części, każdy więc podział na noniuszu jest o $\frac{1}{20}$ czyli o jednę minutę od podziałów koła mniejszy.

Położenie zera noniusza wskazuje wielkość kąta mierzonego. W przypadku na rysunku przedstawionym widzimy, iż zero znajduje się po stopniu 46^m w trzecim przedziale. Mamy więc jako wartość kąta 46^0 40′ więcéj część trzeciego przedziału którą ocenić wypada. Posuwając okiem po przedziałce noniusza, widzimy, iż dopiéro czternasta jego kreska zgadza się z odpowiednim podziałem koła. Odległość więc zera noniusza od poprzedzającego je bezpośrednio przedziału koła $^{14}/_{20}$ tegoż przedziału, czyli 14′ wynosi; tę więc liczbę do otrzymanéj poprzednio wartości kąta dodać należy: kąt zatem szukany zawierać będzie 46^0 54′.

Tym przeto sposobem zapomocą koła podzielonego na części po 20 minut wynoszące, możemy otrzymać wartości dla kątów co do jednéj minuty przybliżone.

§ 38.

W wielkich narzędziach geodezyjnych przy znacznie większéj średnicy kół z podziałkami, każdy przedział jeden stopień oznaczający z łatwością na 10 części może być podzielony, każda część taka 6′ zawiera. Jeżeli do takiego koła zastosujemy wernier na którym długość 59 podziałów koła na 60 części została podzieloną, każda część taka będzie mniejszą o $\frac{1}{60}$ od podziałów koła, które jak wiemy 6′ wynoszą; różnica więc ta 6″ będzie wynosić i kąty z przybliżeniem o 6″ mierzone być mogą. W takim jednak razie różnice pomiędzy dwiema podziałkami tak są małe, że gołém okiem dostrzeżonemi byćby nie mogły, użycie więc szkieł powiększających staje się tu koniecznem.

Powyższe objaśnienia zdają nam się dostatecznemi do zrozumienia całéj zasady, na któréj budowa wernierów spoczywa i zastósowania jéj do każdego szczegółowego przypadku. Pierwszém staraniem być powinno biorąc nowe narzędzie do użytku, rozpoznanie znajdujących się na niém noniuszów, a poznawszy z porównania dwóch podziałek jakie przybliżenie zapomocą narzędzia otrzymywać można, odczytywanie kątów żadnéj już nie napotka trudności.

§ 39.

Węgielnica miernicza. Węgielnica składa się z walca lub graniastosłupa AA (fig. 25, 26 i 27) mosiężnego, wewnątrz wydrążonego i zakończonego u dołu i góry dwiema płaskiemi podstawami. Jeżeli przedstawimy sobie cztery płaszczyzny mp, $m'p'$ nq, $n'q'$ pionowe przechodzące przez oś walca AA i dzielące okrąg jego na ośm równych części, przecięcie się wzajemne tych płaszczyzn na osi walca utworzy ośm kątów dwuściennych, z których każdy pół kąta prostego, czyli 45^0 wynosić będzie; jeżeli zatém na bocznéj powierzchni walca, na przecięciach tejże powierzchni z płaszczyznami mp, $m'p'$, nq, $n'q'$ podług linij prostych, porobionemi zostaną wązkie szpary, płaszczyzny te staną się *płasz-*

czyznami celu, a szpary *celownikami*, tak, iż umieszczając oko po za którąkolwiek z takowych, przez otwór przeciwległy widzieć będziemy wszystkie przedmioty na przedłużeniu naszéj płaszczyzny celu położone. W niektórych węgielnicach, w miejsce ośmiu wązkich szpar celowniczych, jest ich tylko cztery; inne zaś cztery zastąpione są przez szersze otwory, przez środek których przeprowadzone są włosy pionowe, linię celu dokładniéj oznaczające. Wązkie te i szersze otwory tak są rozłożone, iż każda płaszczyzna w jednym końcu szerszym, w drugim zaś węższym jest opatrzona otworem. Urządzenie podobne o wiele jest dogodniejszém, przedstawia większą łatwość naprowadzania linij celu na przedmiot obrany i z większą dokładnością kierunek jéj wyznacza.

§ 40.

Często bardzo bywają węgielnice opatrzone czterema tylko, w miejsce ośmiu, otworami celowniczemi; w takim razie kąty dwuścienne, między płaszczyznami celu zawarte, dwa razy są większe, i każdy z nich 90^0 wynosi; ponieważ zaś, jak to zobaczymy zaraz, zdejmowanie planów za pomocą węgielnicy, głównie na wyprowadzaniu prostopadłych się zasadza; urządzenie przeto powyższe zupełnie jest wystarczającém. W dolną podstawę opisanego powyżéj walca *A A* wśrubowana jest tuleja *B*, służąca do osadzania podczas czynności narzędzia na nodze; może ona dowolnie być wyśrubowywaną i przy zachowaniu narzędzia w pudełku, wkłada się ją wewnątrz walca przez otwór w tym celu w górnéj podstawie urządzony. Za nogę, na któréj osadza się podczas użycia powyżéj opisane narzędzie, służy drążek drewniany *A A* (fig. 28). Okucie żelazne ułatwia zatykanie końca *b c* w ziemię, na górny zaś koniec zakłada się tuleja *B* węgielnicy. Przy ustawianiu narzędzia na stanowisku, drążek powinien być zatykany o ile możności pionowo.

§ 41.

Zdejmowanie planów za pomocą węgielnicy, odbywa się głównie, jak to już wspomnieliśmy przez wytykanie prostopadłych.

Przypuśćmy, iż chodzi o zdjęcie planu kawałka gruntu przedstawiającego jakikolwiek kształt wielokątny (fig. 29). Zaczyna się od wytknięcia na gruncie linii prostéj np. *ab*, która ma służyć za podstawę całéj czynności. Najdogodniejszy kierunek podstawy jest taki, aby przechodząc mniéj więcéj przez środek zdejmowanego wielokąta, przecinała go w największéj jego długości. Po tak wytkniętéj podstawie postępuje się zaczynając od jednego jéj końca np. *a*, aż do punktu *c*, z którego wyprowadzona prostopadła padnie na punkt *d*, tojest kąt najbardziéj w tę stronę wysunięty zdejmowanego wielokąta. Odmierzywszy następnie za pomocą łańcucha długości *a c* i *cd*, położenie punktu *c* zostanie z dokładnością oznaczone i może na planie podług jakiejkolwiek skali zostać narysowaném. Następnie posuwa się ku punktowi *e*, z którego prostopadła *eg* poprowadzona i wymierzona, równie jak odległość *ce*, posłużą do oznaczenia punktu *g*, następnego wierzchołka kąta. W podobny postępując sposób, tojest wyprowadzając prostopadłe, mierząc ich długości i odległości pomiędzy jedną a drugą, dojdziemy do dokładnego oznaczenia wszystkich punktów ważniejszych na obwodzie zdejmowanego wielokąta się znajdujących. Punkta te oznaczone na planie i połączone z sobą liniami prostemi, utworzą figurę podobną do znajdującego się w naturze wielokąta. W podobny sposób oznaczyć można położenia wszelkich pojedynczych szczegółów wewnątrz zdejmowanéj przestrzeni się znajdujących. Linie krzywe istniejące w naturze tymże samym sposobem, tojest przez wyznaczenie na ich obwodzie szeregu punktów, mniéj więcéj od siebie odległych, mogą być zdejmowane; w takim jednak razie im z większą dokładnością kierunek krzywéj oznaczyć zamierzamy, tém prostopadłe bardziéj do siebie powinny być zbliżone.

Główną więc czynnością jak widzimy z powyższego, przy zdejmowaniu planu za pomocą węgielnicy, jest wyprowadzanie prostopadłych; z opisu tego narzędzia łatwo użytek jego w téj mierze zrozumieć. Jeżeli jedną płaszczyznę celu zwrócimy tak, aby dokładnie na podstawę wytkniętą poprzednio padała; pozostałe dwa celowniki wskażą kierunek linii prostopadłéj do tejże podstawy. Chcąc zaś aby taż prostopadła na pewny oznaczony, punkt padała, trzeba często kilkakrotne próby powtarzać, zgadzając za każdym razem jednę parę celowników z linią wytkniętą, a przez drugą, starając się spostrzedz punkt szukany; jeźli to miejsca nie ma, posuwa się po podstawie w miarę potrzeby w jedną lub drugą stronę narzędzie dopóty, dopóki warunek powyższy otrzymany nie zostanie.

Sposób to, jak widzimy, dosyć zmudny, a samo narzędzie najprostsze i najmniéj udoskonalone ze wszystkich w miernictwie używanych; pomimo to jednak przy wprawie, można z jego pomocą szybkie i dosyć dokładne otrzymywać wypadki.

§ 42.

Za pomocą węgielnic, ośmioma opatrzonych celownikami, po oznaczeniu kierunku prostopadłéj, można jeszcze oznaczać położenie punktów, któreby się na przedłużeniu płaszczyzn celu, pośrednio między dwoma głównemi umieszczonych znajdowały; użytek jednak z tąd wynikający nie jest wielki i najczęściéj węgielnice z ośmiu celownikami tak się używają jakby ich tylko cztery posiadały.

Jedyne sprawdzenie jakiemu węgielnica miernicza ulegać może, zależy na przekonaniu się, czy kąty zawarte między liniami celu, są proste, a zatém równe sobie. W tym celu po staranném ustawieniu pionowo narzędzia, zatyka się dwie tyczki w kierunku wskazanym przez dwie pary celowników, następnie nie poruszając nogi narzędzia obraca się walec o 90^0 w ten sposób, aby następne dwa celowniki na też same tyczki naprowadzić; jeżeli narzędzie jest dokładném,

linie celu w piérwszym jak w drugim razie jednakowy kąt tworzą, a zatém tyczki znajdą się znowu na przedłużeniach linij celu: w razie przeciwnym, narzędzie jest fałszywém i do użycia niezdatném.

§ 43.

Pantometr. Wielkie zachodzi podobieństwo między węgielnicą a pantometrem, tak dalece, iż ten ostatni może być uważany za węgielnicę wydoskonaloną, za pomocą któréj już nietylko kąty proste, ale wszelkie możebne nachylenia dwóch linij względem siebie zdejmować można. Narzędzie to w miejsce jednego składa się z dwóch walców na jednéj osadzonych osi. Walec dolny *A A* (fig. 30, 31 i 32) opatrzony jest dwiema wązkiemi szparami i tyluż szerszemi otworami, przez których środki przeciągnięte są włosy pionowe. Szpary zakończone są szerszemi okrągłemi otworami *S S*, które ułatwiają spostrzeżenie przedmiotu do którego chcemy celować. Wszystkie te otwory służą za celowniki i dzielą cały obwód walca na cztery równe części; tym więc sposobem linie celu w pantometrze podobnie jak w węgielnicy tworzą pomiędzy sobą kąty proste. Górny brzeg walca podzielony jest na stopnie i t. d., zero téj podziałki znajduje się na przedłużeniu jednéj ze szpar celowniczych *m'*.

Drugi walec górny *B B*, téjże saméj co i piérwszy średnicy, po nad nim jest umieszczony, a łącząc się swym dolnym brzegiem z górną częścią dolnego, stanowi z nim na pozór jeden walec całkowity. Boczna powierzchnia tego walca przecięta jest podobnie jak dolnego dwiema szparami celowniczemi *m, n* i dwoma szerszemi otworami *o, p*, dolny zaś brzeg jego jest opatrzony krótką podziałką służącą za noniusz dla narzędzia; zero jéj umieszczone jest na przedłużeniu szpary *m*.

Górny walec *B B* zakończony jest u dołu kołem, od którego obwodu ku środkowi idą trzy ramiona *b, b, b*; koło to jest mocno przylutowane do obwodu walca. Podobne koło z ramionami *a, a, a*, jest przylutowane do górnéj części walca dol-

nego *A A*. Środki dwóch tych kół połączone są z sobą za pomocą sworznia *e*, który tym sposobem łączy walec dolny z górnym, nie przeszkadza jednak górnemu oddzielnie odbywać obrotu około swéj osi. Pomiędzy dwoma opisanemi kołami, umieszczone jest trzecie mniejsze trybowe *d* stale do górnego koła *b b b* przytwierdzone. Zęby małego kółka *g* na téj saméj umieszczonego wysokości zachodzą pomiędzy tryby koła *d*, w ten sposób, iż ruch nadany temu kółku, musi się udzielać kołu *d*, a tém samém całemu walcowi górnemu, do którego toż koło stale jest przytwierdzone. Od środka kółka *g* idzie pręt stalowy, a przechodząc przez dolne dno walca łączy się z guzikiem *f*. Tym więc sposobem poruszenia nadawane guzikowi *f* udzielają się kółku *g*, a następnie kołu *d*, które wraz z całym walcem górnym w ruch zostaje wprawione.

W dolne dno walca wśrubowana jest tuleja *C* służąca do osadzania narzędzia na nodze takiéj, jakąśmy opisali przy węgielnicy.

Niektóre pantometry prócz opisanych powyżéj części składowych mają jeszcze busolę po nad górnym walcem umieszczoną. Osada jéj *D D* na rysunku przedstawiona stanowi niejako przedłużenie walca.

§ 44.

Chcąc zdjąć rozwartość jakiego kąta za pomocą pantometru, postępuje się w sposób następujący:

Ustawiwszy narzędzie pionowo w samym wierzchołku kąta i zapewniwszy się czy zero noniusza, na górnym walcu wyrytego, w właściwém znajduje się położeniu, tojest czy odpowiada zeru podziałki dolnego walca, naprowadza się celownik znajdujący się na téj saméj płaszczyznie pionowéj, co zera podziałek tak, aby linia celu dokładnie z jedném ramieniem kąta zdejmowanego zgodzoną została; następnie zapomocą obracania dolnego guzika *f*, nadaje się obrót górnéj części walca dopóty, dopóki celownik po nad zerem noniusza umieszczony nie padnie dokładnie na drugie ramię kąta. Tym sposobem zero podziałki na dolnym walcu pozostało niepo-

ruszone, zero zaś noniusza przebiegło łuk, który jest miarą kąta szukanego, a wielkość tego łuku z łatwością na podziałce dolnéj da się odczytać.

Zwrócić tu należy uwagę, iż najdogodniéj jest zaczynać powyższą czynność od ramienia kąta po lewéj stronie położonego i nadawać walcowi górnemu ruch od lewéj ku prawéj ręce; w takim bowiem razie, wielkość kąta wprost na podziałca odczytaną być może: jeśli przeciwnie postępować będziemy od prawéj ku lewéj stronie, podziałka wskaże nam nie kąt szukany lecz jego spełnienie; dopiéro więc przez odejmowanie dochodzi się rzeczywistéj wartości mierzonego kąta. Użycie pantometru, jak to widzimy z poprzedniego opisu jest nader łatwém i pośpiesznem; mała jednak średnica walca, a przez to zbytnie zbliżanie do siebie dwóch celowników jednę wyznaczających linię celu, staje się przyczyną niedokładności całego narzędzia: pomimo to pantometr przy zdejmowaniu szczegółów, planu zdjętego w większych zarysach za pomocą narzędzi dokładniejszych, lub przy sporządzaniu planów mniéj ścisłości wymagających, jest narzędziem najdogodniejszém i żadném inném z korzyścią zastąpiony być nie może.

§ 45.

Głównem sprawdzeniem jakiemu pantometr podlegać może jest zapewnienie się, czy w chwili gdy zera dwóch podziałek dokładnie sobie odpowiadają, celowniki dolnego i górnego walca na jednych także znajdują się pionowych. Okoliczność ta jest nader ważną, zapomocą bowiem narzędzia któreby temu nie odpowiadało warunkowi, dokładnych wypadków otrzymywać nie jest podobna. Wprawdzie wynalazłszy dokładnie różnicę jaka w położeniu dwóch celowników istnieje, do każdego otrzymanego kąta różnicę tę dodając lub odejmując w miarę potrzeby, doszlibyśmy do oznaczenia prawdziwéj wartości zdejmowanego kąta; lecz podobne utrudnienie daje powód do ciągłych pomyłek, lepiéj więc wprost odrzucić narzędzie podobną nacechowane wadą.

Robiono rozmaite próby w celu udokładnienia pantometru, i tak, miejsce zwyczajnych celowników chciano zastąpić lunetami. Podobne jednak ulepszenie nie zdaje się nam odpowiadać przeznaczeniu tego narzędzia, cała jego dogodność zależy na prostéj i taniéj budowie, łatwości przenoszenia z miejsca na miejsce i szybkości z jaką użyć się daje. Z dodaniem lunet wyliczone tu przymioty, o wiele zmniejszyćby się musiały, gdy tymczasem pod względem dokładności pantometr nigdy z kołem powtarzającém lub kątomiarem walczyćby nie mógł o pierwszeństwo.

§ 46.

Kątomiar. Samo nazwisko wskazuje przeznaczenie tego narzędzia; budowa jego bywa nader rozmaitą, musimy się więc ograniczyć w niniejszym opisie do przedstawienia wzoru, najczęściéj w użyciu napotykanego, wskazując tylko pobieżnie odmiany, na jakie czasem natrafić można: zresztą jakiekolwiek różnice w budowie tych narzędzi widzieć się dają, zasada zawsze jest taż sama, a sposób użycia pozostaje niezmienny.

Główną częścią składową kątomiaru jest półkole *A A* (fig. 33, 34 i 35), którego obwód podzielony jest na 360 części, a zatem na pół stopnie. Na dwóch końcach średnicy tego połkola umieszczone są dwa celowniki *b b*, w połowie zaś jéj długości a zatem w środku koła osadzona na osi *a* celownica (*) ruchoma, podobnemiż opatrzona jest celownikami *c c'*. Na obu końcaah celownicy, które w swym obrocie koło osi przebiegają podziałkę na półkolu się znajdującą, wyryte są noniusze. Trzydzieści podziałów tych noniuszów odpowiada dwudziestu dziewięciu podziałki, tym sposobem można odczytywać wartości kątów w minutach wyrażone. Cztery celowniki *b, b, c, c*, wyżéj wspomniane, urządzone są w ten sposób, iż dwa z nich mają u dołu wycięte szpary pionowe, po nad któremi

(*) Nie polską nazwę *alidady* lub *dioptry*, ośmielamy się zastąpić wyrazem *celownica*, który zdaje nam się że dostatecznie maluje przeznaczenie téj części składowéj różnych narzędzi mierniczych.

umieszczone są szersze otwory z włosami pionowemi przez ich środek przechodzącemi, dwa drugie przeciwnie mają szpary u góry, szersze zaś otwory u dołu. Rozkład tych celowników jest taki, iż naprzeciw takiego, który ma szparę u góry ustawiony jest drugi ze szparą u dołu i naodwrót; tym sposobem linia celu przechodzić zawsze musi przez szparę i włos otworu szerszego naprzeciw niéj się znajdującego. Oko celującego powinno zawsze być umieszczone po za szparą, otwór zaś szerszy ma być zwrócony w stronę przedmiotu do którego się celuje. Uwaga powyższa stosuje się do wszystkich narzędzi opatrzonych celownikami. Rozumie się samo przez się, że przy opisaném powyżéj urządzeniu celowników, środek szpar i włosy otworów powyżéj, lub poniżéj tychże szpar umieszczonych powinny dokładnie na jednéj i téj saméj znajdować się płaszczyznie pionowéj, przez środek koła przechodzącéj.

Położenie półkola *A A* powinno być poziome, osadzone jest ono na osi pionowéj *V*, około któréj można mu dowolny nadawać obrót, dla naprowadzania linii celu na przedmiot obrany. Półkole to przytwierdzone jest śrubami *d d*, do znajdującéj się u spodu podstawki *e c* i razem z nią wśrubowane na oś *V*, na któréj gwint w tym celu jest wyrznięty. Tym sposobem oś utrzymuje naprzód półkole i połączoną z niém podstawkę *e c*, daléj osadzony jest na niéj i stale umocowany krążek mosiężny *n n*. Wreszcie koniec dolny osi *V* zachodzi wewnątrz wydrążonego walca *f f*, który jest zakończony orzechem *g g* mającym kształt małéj kuli. Śrubka *h* od dołu w oś zapuszczona z głową umieszczoną w wydrążeniu *i i* nie dozwala wysuwać się raz założonéj w orzech osi, lecz nie przeszkadza jéj obrotowi wirowemu, który wraz z półkolem w miarę potrzeby nadawany jéj być może.

Nieco poniżéj krążka *n n*, osadzona jest nieruchomie w walcu *f* wystająca odnoga *q*. Druga podobna odnoga *q'* odosobniona zupełnie stanowi wspólnie z poprzedzającą rodzaj kleszczów, których ramiona obejmują brzeg krążka *n*; przez środek dwóch tych oddzielnych sztuczek przechodzi

śrubka *R*, któréj przykręcenie zbliża je ku sobie, tak dalece, iż końce ich schwyciwszy brzeg krążka *n* nie pozwalają żadnego wykonać mu poruszenia; że zaś krążek ten odbywa obrót, około osi wraz z półkolem, zatrzymanie go przeto w jedném miejscu unieruchomi i samo półkole. Dlategoteż po naprowadzeniu celowników na półkolu osadzonych na przedmiot, ściska się śrubkę i półkole staje się nieruchomém; jeśli następnie do innego przedmiotu celować zamierzamy, odkręcenie śrubki uwalnia półkole, które w miarę potrzeby w jedną lub drugą stronę obracane być może.

Powiedzieliśmy powyżéj, że celownica ruchoma *B B*, osadzona jest w środku półkola; sposób tego osadzenia jest następujący:

Czopik *a a* zapuszczony w średnicę półkola i do niéj przymocowany jest środkiem, około którego celownica obracać się może. W połowie długości téj celownicy jest wyrobióny otwór okrągły i po nad nim tulejka *u u* do celownicy śrubkami *α α′ α′* przymocowana. Otwór ten i tulejka założone są na czopik *a*, a śrubka *Z* zapuszczona z góry w tenże czopik nie dozwala tulejce wyjść z swego położenia.

Urządzenie powyżéj opisane dozwala nadawać półkolu obrót koło osi po płaszczyznie pozioméj a następnie i niezależnie od półkola obracać celownicę, która tym sposobem może być naprowadzona na przedmiot obrany.

Do osadzania narzędzia na nodze służy przyrząd składający się z tulei *r r*, któréj część górna okrążona jest dwiema odpowiednio wyżłobionemi panewkami *K K*. Panewki te w górnéj swéj części obejmują opisany już wyżéj orzech *g*, dolna zaś za pomocą sztyftów *E E* w tuleję zachodzących w swém położeniu jest utrzymywaną. W jednéj z nich otwór okrągły *s*, w drugiéj gwintowany *t*, daje przejście dla śruby *l*. Jeżeli śruba *l* jest odkręcona, można narzędziu dowolne nadawać pochylenie, a tém samém ustawiać go poziomo; po dokonaniu czego przykręca się śruba, co narzędzie w obraném położeniu stale utrzymuje.

Takie jest urządzenie kątomiaru zwyczajnego, bywają jednak kątomiary w miejsce półkola opatrzone całém kołem, inne mają dodaną busolę w sposób wskazany na rysunku, która służy do oryentowania linij celu, a zarazem do przybliżonego upoziomowania narzędzia. W innych w reszcie celowniki zwyczajne zastąpione są przez jedną ruchomą lunetę lub przez dwie lunety, z których jedna poniżéj, druga powyżéj półkola jest umieszczona. Bywają także kątomiary opatrzone dwiema małemi libellami, które bywają prostopadle jedna względem drugiéj umieszczone w wydrążeniach stosownie na powierzchni półkola urządzonych.

§ 47.

Tutaj wypada nam opisać trójnóg zwyczajny używany do osadzania podczas czynności kątomiaru i wielu innych narzędzi, o których późniéj mówić będziemy; skład jego jest następujący (fig. 36, 37).

Czop drewniany *AA* lekko stożkowaty służy do zakładania nań tulei narzędzia, dolna część jego *BB* stanowi pewien rodzaj graniastosłupa trójkątnego z kantami zaokrąglonemi. W téjto części umieszczona jest śruba trójramienna *aaa* utrzymująca nogi pojedyncze: wpuszczona jest ona od dołu w drzewo w ten sposób, iż wycina się naprzód cała część środkowa graniastosłupa zaczynając od dołu aż do linij *MN*, tak dalece, iż tylko trzy cząstki *nn*, *nn*, *nn*, zostają nienaruszone; następnie zakłada się śruba *aaa* w miejsce, które ma ostatecznie zajmować, a wyciętą próżnię zapełnia się klinami *mm* i *B'B'* na kléj osadzonemi. Na końce wystające tak utwierdzonéj śruby zakładają się nogi *CCC* drewniane; mogą się one poruszać około tych wystających końców śruby, równolegle do ścian graniastosłupa *BB*. Tym sposobem nogi te mogą być dowolnie zbliżane do siebie i rozszerzane, a przy stosownem rozszerzeniu stanowią dość silną i nieruchomą podstawę dla narzędzia. Mutry *ccc* nie dozwalają zsuwać się nogom z utrzymujących je końców śruby. Same zaś nogi

uzbrojone są u dołu okuciem złożoném ze skówek *e e* i śpiczastych sztyftów *d d*.

§ 48.

Sprawdzenia służące do przekonania się o dokładności użyć się mającego kątomiaru są następujące:

Naprzód należy się przekonać czy po ustawieniu celownicy wzdłuż średnicy półkola, tak aby wszystkie cztery celowniki narzędzia na jednéj znajdowały się linii, zera nuniuszów odpowiadają zerom podziałki stopniowéj na półkolu wyrytéj. W razie przeciwnym, należy zapisać sobie różnicę istniejącą, która w każdym zdejmowanym za pomocą tego narzędzia kącie jako błąd powtarzać się będzie. Aby błąd ten poprawić, trzeba różnicę od każdéj otrzymywanéj wartości kąta, odejmować lub dodawać stosownie do tego, czy zero nuniusza zewnątrz, czy wewnątrz półkola padało.

Następnie przekonać się wypada, czy środek obrotowy celownicy pada na środek koła do którego półkole należy. Błąd wynikający z takiéj wady narzędzia jest zmienny, niknie on w chwili gdy linia celu, wyznaczona przez celownicę, przechodzi przez oba środki, tojest środek obrotowy celownicy i środek koła: przeciwnie jeśli celownica przybierze położenie prostopadłe do linii łączącéj dwa wspomniane środki błąd dojdzie największéj swéj wysokości.

Jeżeli kątomiar jest opatrzony nie półkolem, lecz całém kołem podzieloném na stopnie i t. d., przekonanie się o istnieniu pomienionéj wady jest nadzwyczaj łatwém i zależy na tém, aby ustawiając celownicę w rozmaitych położeniach, uważać czy oddalenie zer noniuszów na jéj końcach wyrytych zawsze na podziałce koła 180° wynosi; w razie przeciwnym, otrzymamy dowód, że środek obrotowy celownicy nieodpowiada środkowi koła a narzędzie taką wadą budowy nacechowane, wtenczas tylko użyte być powinno, jeżeli znaleziona różnica tak jest małą, że błędy z niéj wynikające nie przejdą granicy przybliżenia, jakie wykonywanéj pracy nadać zamierzamy.

Przy kątomiarach półkolami stopniowanemi opatrzonych dwa się przedstawiają przypadki: naprzód środek obrotowy celownicy, który się powinien znajdować na linii łączącéj dwa zera podziałki półkola, może z niéj zbaczać; następnie znajdując się na téj linii może nie padać na jéj środek. W każdym z dwóch pomienionych przypadków innego rodzaju sprawdzenie ma miejsce.

Jeżeli środek obrotowy nie znajduje się na linii łączącéj dwa zera, dosyć jest dla wyśledzenia téj wady, uważać po ustawieniu celownicy wzdłuż tejże linii, tak, aby wszystkie cztery celowniki jedną wskazywały linię celu, czy zera noniusza odpowiadają zerom podziałki półkola; następnie odwróciwszy celownicę o 180° około swéj osi, podobne powtórzyć doświadczenie: jeżeli w jedném z dwóch położeń celownicy zera się z sobą nie zgodzą, będzie to dowodem istnienia pomienionéj wady w budowie narzędzia.

Sprawdzenie, czy środek obrotowy celownicy znajdując się na linii łączącéj zera podziałki, dzieli też linię na dwie równe części, jak to powinno mieć miejsce, wymaga większego nieco zachodu. W tym celu należy ustawiwszy starannie narzędzie na stanowisku skierować celowniki półkola na przedmiot np. *A*, celownicę zaś na przedmiot *B*, a zapisawszy kąt odczytany na podziałce półkola, zmienić położenie celowników nie ruszając narzędzia z miejsca, tojest naprowadzić celownicę na punkt *A*, a celowniki półkola na punkt *B*. Jeżeli w dwóch tych przypadkach otrzymamy kąt równy, narzędzie jest dokładném, w razie przeciwnym powinno być odrzuconém, błąd bowiem z tego wypływający źródła jest zmienny, wielkość jego dla każdego kąta się odmienia, trudno więc wprowadzić do wypadków jakąś poprawkę, któraby ciągle zmieniający się błąd równoważyć mogła.

Można wprawdzie nawet za pomocą, taką wadą nacechowanego narzędzia, otrzymać wypadki dość dokładne, lecz trzeba w takim razie każdy kąt zdejmowany mierzyć dwa razy, zmieniając za każdym razem położenie celowników w sposób dopiéro opisany i przyjmując za ostateczny wypadek po-

łowę summy dwóch otrzymanych w ten sposób kątów. Wypadek tak wynaleziony, nie będzie ściśle prawdziwym i jeżeli oznaczymy odległość pomiędzy środkiem obrotowym celownicy a środkiem koła przez a, odległości zaś między dwoma przedmiotami do których się celuje a środkiem koła przez $D D'$ największy błąd jaki przy dwukrotném mierzeniu kątów popełnić można w skutek niedokładnéj budowy narzędzia, równać się będzie.

$$\frac{1}{2} a \left(\frac{1}{D} + \frac{1}{D'}\right)$$

Ilość ta zawsze jest tak małą, że pominięcie jéj, ścisłości wypadków mało zaszkodzi; z drugiéj jednak strony, główną zaletą kątomiaru jest szybkość. Wypadki za pomocą tego narzędzia otrzymywane o wiele niższemi są pod względem dokładności od robót, do których koło powtarzające lub teodolit zostały użytemi, lecz o wiele także krótszego wymagają czasu; jeżelibyśmy więc podwójném braniem każdego kąta odebrali kątomiarowi główną jego zaletę tojest szybkość, użycie tego narzędzia żadnéjby już nie przedstawiało korzyści: lepiéj więc, jakto już powiedzieliśmy wyżéj, narzędzia niedokładnego zupełnie nie brać do użytku.

Niedokładność budowy narzędzia i błędy z niéj pochodzące, dają się dostatecznie obrachować. Jeżeli np. oznaczymy przez a jak poprzednio odległość między dwoma środkami, przez p promień półkola, największy błąd jaki w pojedynczem braniu wartości kąta popełnić można będzie wyrażony przez $\frac{a}{p}$. Wstawiając wartości odpowiednie danemu narzędziu w powyższe wyrażenie, otrzymamy wysokość największego błędu jaki niedokładność tegoż narzędzia spowodować może; ztąd następnie łatwo wyprowadzić wniosek, czy błąd ten możebny nie przejdzie granicy przybliżenia, jakąśmy pracy naszéj nadać zamierzyli, w podobnym bowiem przypadku, narzędzie bezwarunkowo odrzucone być winno.

§ 49.

Powyższy opis, zdaje nam się dostatecznie objaśnia sposób użycia kątomiaru. Przeznaczeniem tego narzędzia jest mierzenie kątów; dosyć jest w tym celu skierować celowniki na półkolu osadzone wzdłuż jednego ramienia kąta szukanego, celownicę zaś zgodzić z drugiém ramieniem tegoż kąta, a wartość szukana wskazaną zostanie na podziałce koła, położeniem zera noniusza.

Ważną jest rzeczą, ażeby narzędzie na każdém stanowisku było ustawione w ten sposób, aby półkole a zatém i linie celu miały kierunek poziomy. Jeśli kątomiar opatrzony jest libelkami, warunek ten łatwy jest do zachowania, chociaż każde poruszenie półkola sprowadza go z kierunku poziomego; można go jednak za każdym razem na nowo do właściwego doprowadzić położenia, w zwyczajnych jednak kątomiarach nieopatrzonych libellami upoziomowanie odbywa się tylko na oko i to jest jedną z głównych przyczyn niedokładności wypadków za pomocą tego narzędzia otrzymywanych. Przy użyciu kątomiaru z busolą, igiełka może posłużyć za wskazówkę choć niedokładną położenia poziomego; wsparta bowiem w środku swéj ciężkości z końcami wolno puszczonemi, stara się zawsze przybrać kierunek poziomy: na oko więc można sądzić, czy jéj położenie jest równoodległe od płaszczyzny półkola.

§ 50.

Busola. Budowa narzędzia tego opiera się na znanéj własności igiełki magnesowéj, wskazywania swym kierunkiem południka magnetycznego ziemskiego. Urządzenie busoli mierniczéj bywa następujące:

Pudełko mosiężne lub drewniane *AAAA* (fig. 38, 39 i 40) u góry szkłem przykryte służy za oprawę zewnętrzną dla igiełki magnesowéj. Na dnie tego pudełka wyżłobione zagłębienie w kształcie koła, otoczone jest podziałką stopniową, w środku zaś koła umieszczony sztyft stalowy utrzymuje

zawieszoną na sobie igiełkę *q g*. Dla zmniejszenia tarcia igiełka w punkcie, w którym na sztyfcie spoczywa, opatrzona jest panewką z twardego kamienia wyrobioną. Urządzenie to pozostawia igiełce ruchy zupełnie swobodne, w którąkolwiek zatem stronę zwrócimy całe pudełko, igła zawsze ku swemu zwracając się biegunowi, wyznaczy kierunek południka magnetycznego. Do przeszkodzenia ciągłym wahaniom igły przy przenoszeniu narzędzia służy mała dźwignia *p* poruszająca się za pomocą rączki *l*. Koniec téj dźwigni za poruszeniem rączki *l*, wznosząc się do góry, podejmuje w samym środku igiełkę magnesową a przyciskając ją do szkła po nad nią się znajdującego, wszelkie jéj poruszenia czyni niepodobnemi. Północ, południe, wschód i zachód wskazane są na dnie pudełka literami *N S E O*. Linia łącząca litery *N* i *S*, jest najważniejszą, od niéj bowiem zaczynając liczą się wszystkie kąty zdejmowane na gruncie. Przy jednym z boków pudełka równoodlegle od linii *NS*, umieszczona bywa mała libelka *BB*, zawiaska *c* i śrubka *f*, przechodząca przez koniec *d*, osady libelli, służą do uregulowania jéj położenia, tojest zapewnienia równoległości pomiędzy libellą a płaszczyzną pudełka. Nie wszystkie jednak busole opatrzone są libellami, a często bardzo upoziomowanie na stanowisku busoli odbywa się za pomocą saméj igiełki magnesowéj, która w środku swéj ciężkości będąc zawieszoną, równowagą wskazuje poziom mniéj więcéj dokładny, dla czynności jednak za pomocą busoli dokonywanych prawie zawsze dostateczny.

Obok libelli umieszczony bywa przyrząd służący do celowania; skład jego bywa rozmaity: u niektórych narzędzi sama celownica, u innych sama luneta, u innych wreszcie obiedwie razem są połączone. W rysunku tu załączonym ten ostatni przypadek jest przedstawiony.

Przyrząd ten składa się naprzód z linii *D D* wydrążonéj i zakończonéj w obu końcach blaszkami mosiężnemi *nn*. W jednéj z tych blaszek wycięta jest wąska szparka, w drugiéj szerszy otwór z włosem pionowym przez środek przeciągniętym, w sposób, jakiśmy przy celownikach innych na-

rzędzi opisali. Położenie téj celownicy powinno być dokładnie równoległe, od linii *NS*, osadzona jest ona na sworzniu poziomym *z*, około którego obracać się może, rozmaite przybierając nachylenia względem poziomu. Na linii *DD* osadzona jest luneta *CC*. Oś optyczna téj lunety powinna być równoległą do celownicy i znajdować się na téj saméj płaszczyznie pionowéj która przez celowniki linii jest wyznaczoną. Tak urządzona busola osadza się na trójnogu zwyczajnym za pomocą tulei i orzecha podobnego, jaki przy kątomiarze był opisany.

§ 51.

Mierzenie kątów za pomocą busoli odbywa się w sposób następujący:

Aby zmierzyć kąt jakikolwiek na gruncie, ustawia się busolę w jego wierzchołku celując do przedmiotu oznaczającego jedno z ramion kąta. Wiadomo z poprzedniego, iż linia celu w busoli jest równoległą od lini *NS*; gdyby celownica zwróconą była w kierunku południka magnetycznego, igiełka magnesowa zatrzymałaby się na płaszczyznie pionowéj przechodzącéj przez linię *NS*; że jednak w danym razie linia celu skierowana do przedmiotu obranego zbacza z kierunku południka magnetycznego, igiełka która zawsze ten kierunek zachowuje, zejdzie z linii *NS* i obierze właściwe sobie położenie: wielkość tego zboczenia oznaczona jest liczbą stopni zawartych na podziałce koła pomiędzy linią *NS* a końcem igiełki. Kąt ten będzie kątem, jaki linia *NS*, a zatem i równoległa do niéj linia celu w danym razie czyni z południkiem magnetycznym. Jeżeli zwracając następnie celownicę do drugiego przedmiotu oznaczającego drugie ramię kąta zdejmowanego w ten sam jak poprzednio postąpimy sposób, tojest odczytamy wartość kąta między nową linią celu a południkiem magnetycznym ziemi zawartego, łatwo obliczyć będzie wartość kąta zdejmowanego, odejmując od większego mniejszy z dwóch kątów przez celowanie otrzymanych. Różnica w takim razie da nam wartość kąta szukane-

go, nadmienić tu jednak należy, iż postępując w ten sposób, otrzymuje się kąty, które aż do 360° dochodzić mogą; ile razy oba ramiona kąta zdejmowanego po jednéj stronie południka magnetycznego się znajdują, różnica da nam rzeczywistą wartość kąta szukanego: w razie przeciwnym, gdy jedno ramię po lewéj, drugie zaś po prawéj stronie południka jest położone, obrachowanie powyższe da nam jako wypadek nie kąt szukany, lecz jego spełnienie do czterech kątów prostych.

Przy zdejmowaniu planów za pomocą busoli nie ma koniecznéj potrzeby obrachowywania w sposób powyższy każdego zdejmowanego kąta, wszystko się tylko odnosi do kierunku południka magnetycznego ziemi, który na przestrzeni takiéj jaka zwykle planem topograficznym bywa obejmowana, za ściśle równoległy względem siebie we wszystkich punktach może być uważany; oznaczenie więc nachylenia do tego południka rozmaitych linij, na gruncie się znajdujących jest dostateczném do określenia położeń, jakie też linie względem siebie zajmują.

§ 52.

Sposób zdejmowania planów za pomocą busoli jest z małą różnicą taki sam jakiśmy opisali mówiąc w ogóle o zdejmowaniu planów za pomocą narzędzi do mierzenia kątów służących, nazwawszy go sposobem zdejmowania przez *obchodzenie obwodu wielokąta.* Przedstawmy sobie np. wielokąt $ABCDE$ (fig. 40), którego plan zdjąć zamierzamy. Zaczynając od punktu A ustawiamy na nim busolę, linia NS oznaczy nam kierunek południka magnetycznego ziemi, zwróciwszy zaś celownicę ku punktowi B, odczytamy na podziałce koła wielkość kąta NAB, utworzonego przez kierunek południka i linię AB. Znajomość tego kąta pozwoli nam nakreślić na planie kierunek linii AB. Następnie przenosi się narzędzie na punkt B, mierząc jednocześnie łańcuchem długość linii AB; ten wymiar oznaczy nam dokładnie położenie punktu B, na którym ustawiona busola posłuży do zdjęcia kąta utworzo-

nego przez kierunek południka i linię *B C*. To nam dozwoli nakreślić na planie linię *B C* a mierząc jéj długość otrzymamy położenie punktu *C*. Postępując w sposób powyżéj opisany wzdłuż całego obwodu wielokąta, dojdziemy napowrót do punktu wyjścia, tojest punktu *A*. Jako sprawdzenie dokładności całéj roboty, posłuży wymierzenie ostatniego boku *AE* i ostatniego kąta *SAE*.

Postępowanie opisane powyżéj, można jeszcze uprościć opuszczając w ciągu obchodzenia obwodu wielokąta po jednym kącie i zawsze tylko co drugi kąt stanowisko dla narzędzia obierając. Jeżeli np. z punktu *A*, zdejmiemy kierunek boków *AB* i *AE* i długość ich wymierzymy; punkta *B* i *E* zostaną oznaczone: opuszczając więc *B* stajemy z narzędziem w punkcie *C*. Tu możemy oznaczyć kierunek boków *CB* i *CD* i znowu długości ich wymierzyć. Podobnie postępując dojdziemy do oznaczenia całego obwodu zdejmowanego wielokąta.

§ 53.

Przy zdejmowaniu planu za pomocą busoli, pożyteczną jest rzeczą oprócz utrzymywania zwykłego dziennika czynności, do zapisywania kątów długości i t. d. służącego, kreślić jeszcze mały odręczny szkic zdejmowanéj przestrzeni. Ostrożność ta uchroni od pomyłek, jakie się w ostateczném wygotowaniu planu wkraść mogą, pochodząc np. z nakreślenia na planie dwóch boków wielokąta pod kątem wiadomym, lecz w kierunku przeciwnym temu, w jakim w rzeczywistości na gruncie względem siebie są położone.

§ 54.

Ostateczne wygotowanie planu zdjętego za pomocą busoli odbywa się przez postępowanie podobne i w tym samym kierunku dokonane na papierze, jak to poprzednio miało miejsce na gruncie. Nakreśliwszy np. w punkcie *A* kierunek południka *NS*, oznacza się przenośnikiem kąty *NAB* i *SAE*. Odmierzywszy następnie podług podziałki dłu-

gość boku AB w punkcie B, kreśli się linię równoległą do NS, która znowu kierunek południka oznaczy. Przy linii téj za pomocą przenośnika kreśli się kąt nachylenia boku BC i znowu się takowy podług skali wymierza; podobnie postępując dojdziemy do punktu A, od którego czynność została rozpoczętą.

Przy kreśleniu na papierze kątów trzeba na tę okoliczność zwrócić uwagę, iż największy kąt jaki za pomocą przenośnika da się oznaczyć, zaledwie 180^0 wynosi, gdy tymczasem kąty za pomocą busoli zdejmowane 360^0 dochodzić mogą. Ile razy zatém kąt, który na planie oznaczyć mamy więcéj niż dwa kąty proste wynosi, trzeba od jego wartości odjąć 180^0 nadto jeżeli porządek liczbowania podziałki na busoli idzie od prawéj ręki ku lewéj, na przenośniku należy kąty rachować przeciwnie od lewéj ku prawéj stronie. W wątpliwościach jakieby z powyższych powodów wyniknąć mogły, za najlepszą wskazówkę posłuży szkic kreślony na gruncie, o którym powyżéj wspomnieliśmy.

Podczas dokonywania czynności na gruncie dla uniknienia błędów następne trzeba zachować ostrożności:

1. Tak zwracać busolę, aby celownica zawsze z jednéj strony czy to prawéj czy lewéj, lecz niezmiennie z jednéj w ciągu całéj czynności była umieszczaną.

2. Nie mieć przy sobie ani w bliskości narzędzia, żadnych przedmiotów żelaznych, któreby swym wpływem na igiełkę kierunek jéj zmienić mogły.

3. Rachować kąty zawsze w jednę stronę: zwykle zaczyna się od zera, czyli północy i postępuje na zachód, południe i wschód.

§ 55.

Plany zdjęte w sposób podany powyżéj, będą oryentowane odnośnie do południka magnetycznego; jeżeli zaś zechcemy je odnieść do południka prawdziwego, potrzeba znać zboczenie igiełki magnesowéj, odpowiadające okolicy, w któ-

réj czynność się dokonywa. Zboczenie to jak wiadomo nie jest stałém, nawet dla jednego i tego samego miejsca, igiełka ulega pewnym wahaniom, które dziennie kilka minut wynoszą; przez zboczenie więc igiełki magnesowéj dla danéj miejscowości, rozumiéć należy średnią jéj zboczeń cząstkowych. Znając zatem wielkość tego średniego zboczenia igły magnesowéj, łatwo na planie kierunek prawdziwego południka nakreślić.

Jest jeszcze inny sposób bezpośredniego odnoszenia zdejmowanego planu do południka prawdziwego:

Jeżeli znając wysokość zboczenia igiełki obrócimy około swéj osi, koło stopniowane busoli o tyle, aby w chwili kiedy celownica kierunek południka magnetycznego przybierze, igiełka nie zero, lecz kąt równy kątowi średniego swego zboczenia na podziałce wskazywała; w ówczas utwierdziwszy stale koło w pomienioném położeniu, możemy w zwykły sposób kąty odczytywać, a nachylenia wszelkich zdejmowanych linij nie do południka magnetycznego, lecz do prawdziwego ziemskiego będą odnoszone.

§ 56.

Przed użyciem busoli należy sprawdzić dokładność jéj budowy. Sprawdzenie to zależy:

1^{od}. Na przekonaniu się, czy sztyft utrzymujący igiełkę magnesową dokładnie w środku koła jest umieszczony. Jeżeli obracając w rozmaite strony narzędzie, różnica wskazywanych przez dwa końce igiełki podziałów stale 180^{0} wynosi, budowa jest dokładną; w razie przeciwnym przez kilkokrotne powtórzenie doświadczenia, można oznaczyć największą wysokość błędu, jaki z téj niedokładności narzędzia wypłynąć może: zazwyczaj jest on tak mały, że pozostawienie go na dokładność roboty wielkiego nie wywrze wpływu; gdyby jednak różnice zbyt się wielkiemi okazały, wadę tę zdjąwszy szkło pokrywające busolę, każdy bez pomocy rzemieślnika, sam nakierowawszy sztyft do właściwego położenia, naprawić może.

2re. Na sprawdzeniu, czy linia celu, któréj kierunek oznacza celownica, jest prostopadłą do osi obrotowéj tejże celownicy. Dla przekonania się czy narzędzie które mamy pod ręką pomienionemu warunkowi czyni zadosyć, należy upoziomowawszy je dokładnie, skierować celownicę na przedmiot zupełnie pionowy, np. na sznurek z zawieszonym u dołu ciężarem, na róg budynku dobrze zbudowanego i t. d.; następnie nadając rozmaite nachylenia celownicy, uważać czy linia celu posuwając się w górę, lub na dół nie zboczy z obranego przedmiotu.

Jeżeli busola nie jest opatrzona libellą, a zatem dokładnie upoziomowaną być nie może, należy obrać przedmiot dosyć oddalony i wycelowawszy do niego, zapisać kąt przez igiełkę wskazany; obróciwszy następnie busolę o 180° około swéj osi, i jeżeli miejsce zwykłéj celownicy zastępuje luneta, odwróciwszy ją również o 180° powtarza się celowanie do tegoż samego przedmiotu. Jeśli budowa narzędzia jest dokładną, w dwóch razach, kąt przez igiełkę wskazany będzie ten sam; w razie przeciwnym obraca się stosownie busolę, aby przedmiot znalazł się na linii celu i kąt wskazany zapisuje. Różnica między dwoma kątami przez dwa te celowania otrzymanemi, zmniejszona o 180°, które z obrotu przez busolę wykonanego pochodzą, będzie podwójną wartością błędu z niedokładnéj budowy narzędzia pochodzącego. Od wielkości téj różnicy zależeć będzie przyjęcie lub odrzucenie narzędzia.

Linia celu w busoli powinna być dokładnie równoległą od linii *NS*, na kole oznaczonéj. Sprawdzenie czy narzędzie dane, powyższemu odpowiada warunkowi, jest dosyć trudne; niedokładność jednak budowy w tym względzie, nie pociąga za sobą niedokładności robót za pomocą busoli taką wadą nacechowanéj, dokonywanych: szczegóły mogą być dokładnemi, odniesienie ich tylko do południka magnetycznego, czyli zoryentowanie planu będzie fałszywém.

Ze wszystkich narzędzi do mierzenia kątów służących, busola najmniéj jest dokładną. Odczytywanie kątów bez no-

niusza jest niepewne, tak dalece, iż przy wielkiéj tylko wprawie i zachowaniu wszelkich ostrożności, zaledwie tak słabéj można dosięgnąć dokładności, że błąd na jednym odczytanym kącie 10 lub 15 minut przechodzić nie będzie.

Tarcie igiełki na utrzymującym ją sztyfcie, jakkolwiek małe, zawsze jednak wpłynąć może na zniszczenie w części jéj siły. Za miarę czułości igiełki, służyć może ilość wahań, jakie taż igiełka przed zatrzymaniem się w właściwém sobie położeniu dokonywa. I tak, uważa się stopień czułości za bardzo dostateczny, jeśli igiełka sprowadzona za pomocą kawałka żelaza z kierunku właściwego o 90°, powraca do niego dopiero po upływie jednéj minuty i po odbyciu dwudziestu pięciu, lub trzydziestu poruszeń. Pomimo wyliczonych powyżéj niedokładności busola w wielu razach pożytecznie użytą być może. Robota tém narzędziem dokonywana postępuje nadzwyczaj szybko, przy zdejmowaniu więc szczegółów planu w głównych zarysach dokładniejszemi zdjętego narzędziami, busola dobre znaleźć może zastosowanie.

§ 57.

Stolik mierniczy. Skład stolika mierniczego jest następujący:

Górna tablica kwadratowa *AA* (fig. 41, 42, 43, 44) kształtu zwykłego reisbretu rysowniczego, osadzona jest stale na podstawie z deski *BB*. Podstawa ta wspiera się znowu na kręgu *CC* ściśniętym mosiężnemi obręczami *ll;* lecz nie jest stale na nim przymocowana, i może się wraz z górną tablicą wirowym ruchem około swéj osi obracać, do czego służy przyrząd następujący: sworzeń *a* założony od spodu kręga *CC* z głową uzbrojoną dwoma zębami *bb* w drzewo zagłębionemi, które go stale w jedném położeniu utrzymują, przechodzi przez podstawę *BB*. Na górny koniec tego sworznia zakręcona jest mutra *mm*, a założony pod nią krążek *nn* zabezpiecza drzewo podstawy *BB*, od zbytniego ciśnięcia i tarcia mutry w czasie obrotu górnéj tablicy. Do podstawy *BB* przymocowana jest antaba *d*, wygięta w taki sposób, iż prze-

chodząca przez nią śruba *c* napotyka krąg *C C*. Jeśli śrubę tę odkręcimy, podstawa a z nią tablica uwolniona, może być około sworznia w miarę potrzeby obracaną; jeżeli zaś przeciwnie śruba przykręconą zostanie, ruch wszelki górnéj części stolika staje się niemożliwym.

Nieodzownym warunkiem dokładności robót za pomocą stolika dokonywanych jest to, aby górna tablica podczas czynności dokładnie do poziomu była ustawianą; aby zaś upoziomowanie takie narzędzia było wykonalném, potrzeba zapewnić górnéj jego części możność nachylania się w miarę potrzeby w dwóch kierunkach do siebie prostopadłych i aby dwa te ruchy były od siebie niezależne. Przyrząd jakim jest opatrzony stolik mierniczy, zupełnie powyższym warunkom odpowiada; główną jego częścią jest orzech *E* (fig. 43) wyrobiony w kształcie dwóch walców, których osi pod kątem prostym z sobą się krzyżują. Końce obu tych walców uzbrojone są mosiężnemi obrączkami *ii*, *i' i'*. Wyższy z dwóch walców składających orzech, objęty jest z dwóch stron dwoma uszami *D D*, stale do kręgu *C C* przymocowanemi; przez uszy te i znajdujący się pomiędzy niemi walec przechodzi śruba *ef* zakończona mutrą *hh*. Urządzenie to dozwala skoro mutra *hh* jest odkręcona, rozmaite nadawać nachylenia w jednym kierunku górnéj części stolika, po doprowadzeniu jéj do właściwego położenia, mutra *hh* się przykręca i tablica w tym kierunku położenia swego już zmieniać nie może. Dolny walec orzecha umieszczony jest pomiędzy dwoma podobnemi do pierwszych uszami *F F*, stanowiącemi zakończenie słupka środkowego trójnoga. Przez oś walca i uszy przechodzi śruba *e'f'* któréj kierunek jest prostopadłym do śruby *ef*. Stolik obracając się około téj śruby jak około osi, może przybierać wszelkie nachylenia w kierunku prostopadłym do ruchów jakie za pomocą walca górnego dokonać może. Mutra *h' h'* służy do zatrzymania w obraném położeniu stolika. Obie opisane dopiero śruby *ef* i *e'f'* przy głowach opatrzone są zębami *k*, *k'* zagłębionemi w drzewo, które im obrotu wraz z walcem nie dozwalają; mutry zaś *hh* i *h' h'*, nie bezpośrednio na

drzewo, lecz na podłożony krążek mosiężny *gg'* naciskają. Przyrząd powyższy zapewniając możność nachylania dowolnego części górnéj stolika w dwóch prostopadłych względem siebie kierunkach i czyniąc dwa te ruchy od siebie niezależnemi, upoziomowanie stolika czyni łatwém i zupełnie dokładném bez względu na to, jakie położenie trójnóg za podstawę służący zajmować będzie.

Całe opisane powyżéj narzędzie spoczywa na trójnogu, złożonym z słupka środkowego i trzech nóg ruchomych. Słupek jak to już poprzednio powiedzieliśmy u wierzchu jest wycięty w taki sposób, iż górne jego zakończenie stanowią uszy *FF*, utrzymujące dolny walec orzecha. Dolna część słupka wyżłobiona z trzech stron podłużnie, przedstawia w przecięciu kształt trzech rynienek trójkątnych, których boki *lll*, za pomocą przechodzących przez nie śrub *pq*, utrzymują na sobie nogi *GGG*; mutry *sss*, założone na te śruby utrzymują w właściwém położeniu nogi, które jakkolwiek nie mogą się oddalić od łączącego je słupka, przez obrót jednak koło śrub je utrzymujących z łatwością w dole się rozszerzają, lub zbliżają do siebie, przy przenoszeniu zaś narzędzia z miejsca na miejsce zupełnie składać się mogą.

§ 58.

Jako konieczne dopełnienie do tak urządzonego stolika służy celownica, bez któréj narzędzie to wcale użytém byćby nie mogło.

Celownica *(alidada, dioptra)* dwojakiego bywa rodzaju: z zwykłemi celownikami, lub z lunetą. Celownica zwyczajna składa się z linii prostéj, drewnianéj, lub mosiężnéj *AA* (fig. 45, 46, 47) na końcach któréj umieszczone są prostopadle dwa celowniki *aa* i *a'a'* na zawiasach *b* i *b'*. Zawiasy te dozwalają według potrzeby otwierać lub zamykać celowniki, tojest ustawiać je prostopadle do linii, lub spuszczać na jéj górną ścianę. Skoro celowniki otworzonemi zostaną, nóżki *cc'* z tyłu ich umieszczone wesprą się na wierzchniéj części zawias, wówczas należy zakręcić małe antabki *dd'* obracające

się około swéj osi pionowéj i tym sposobem celowniki stale w położeniu prostopadłém do linii utrzymane zostaną.

Jeden z celowników *P* dolną swą częścią będąc umieszczony nad samym brzegiem linii, w górze wystaje na zewnątrz, tak, iż wycięta w nim szpara *ff* dokładnie prostopadła do spodniéj płaszczyzny linii, znajduje się zarazem na płaszczyznie pionowéj przechodzącéj przez sam brzeg tejże linii. Drugi celownik *P* nie ma części wystającéj na zewnątrz linii, brzeg jego zgadza się zupełnie z brzegiem linii; lecz na téj saméj wysokości na jakiéj w piérwszym celowniku umieszczona jest szpara, w brzegu tym zrobione jest wycięcie *h h* a włos *i i* przez całą długość tego wycięcia przeciągnięty, powinien podobnie, jak środek szpary pierwszego celownika, znajdować się na płaszczyznie pionowéj przez brzeg linii przechodzącéj. Tym sposobem linia celu przez środek szpary jednego i włos drugiego celownika oznaczona, znajdować się musi ściśle na téj saméj płaszczyznie pionowéj, która przez krawędź lini *A A* przechodzi.

§ 59.

Celownice opatrzone lunetami, zwyczajnie toż samo, co i poprzednie mają urządzenie, z dodatkiem tylko przyrządu do zakładania lunety, co w przypadku robót większéj wymagających ścisłości i odległych celowań miejsce miéć może. W takich razach celowniki zwyczajne się zamykają a miejsce ich zastępuje luneta.

Przy celownicach zatém opatrzonych lunetami linia *A A* (fig. 48, 49) pozostaje niezmienną, w środku jéj tylko dodana jest blacha *m m*, na któréj zapomocą śrub *l l*, umocowywa się podstawa lunety. Podstawa *C* tak jest urządzona, iż część jéj górna z jednéj tylko strony lunetę obejmuje. Składa się ona z dwóch części, tojest właściwéj podstawy, zakończonéj w górze otworem walcowym *p p*, którego oś ma kierunek poziomy i prostopadły do lini *A A* i walca *n n o o*, który jednym swym końcem obejmuje przytwierdzoną do siebie lunetę, drugim zachodzi w otwór walcowy.

Na sam koniec tego walca wycięty w kwadrat założony jest krążek *q q* przez środek zaś jego przechodzi śruba *k*, któréj głowa nie dozwala walcowi wysuwać się z otworu. Przeznaczeniem krążka *g g*, jest niedopuszczać tarcia bezpośredniego głowy śruby o brzegi otworu *p p*, co w czasie obrotu walca mogłoby spowodować odkręcenie śruby.

Oś optyczna lunety powinna znajdować się dokładnie na płaszczyznie pionowéj przechodzącéj przez krawędź linii *A A*. Jeśliby włosy wewnątrz lunety umieszczone i położenie osi optycznéj oznaczające, zeszły z swego miejsca, śrubka *S* służy do naprowadzenia ich do właściwego położenia. Wewnętrzne urządzenie lunet tego rodzaju, umieszczone będzie przy opisie narzędzi niwellacyjnych.

Urządzenie górnéj części podstawy lunety i zaopatrzenie jéj walcem ruchomym, ma na celu zapewnienie jéj ruchu po jednéj płaszczyznie pionowéj, czyli możności przybierania według potrzeby rozmaitych nachyleń, względem poziomu z utrzymaniem zawsze osi optycznéj na téj saméj płaszczyznie pionowéj przez krawędź linii *A A* przechodzącéj.

§ 60.

Przed użyciem w polu stolika na wierzchniéj tablicy nakleja się zwykłym sposobem papier, na którym plan zdejmowany w miarę posuwania się czynności ma być nakreślany; następnie należy przystąpić do sprawdzenia dokładności samego narzędzia, a raczéj celownicy, wady bowiem jakie w budowie samego stolika zdarzyć się mogą, nie wielkie zazwyczaj mają znaczenie.

§ 61.

Jeżeli celownica opatrzona jest lunetą, piérwsze sprawdzenie powinno miéć na celu przekonanie się, czy oś optyczna lunety jest prostopadłą do jéj osi obrotowéj. Dla sprawdzenia tego nieodzownego warunku dokładności umieszcza się celownicę na jakiejkolwiek płaszczyznie, dobrze do pozio-

mu ustawionéj i celuje się za jéj pomocą do jakiego przedmiotu dosyć oddalonego. Naprowadziwszy dokładnie linię celu na przedmiot, kreśli się na papierze wzdłuż brzegu celownicy znajdującego się na płaszczyznie celu, linię ołówkiem; następnie odwraca się celownica o 180° i umieszcza po drugiéj stronie linii ołówkiem nakreślonéj zgadzając znią brzeg celownicy o ile możności najdokładniéj. Tym sposobem jeśli w piérwszém położeniu celownicy linia nakreślona znajdowała się po prawéj stronie, po obrocie będzie leżeć po lewéj; następnie odwraca się lunetę ku sobie szkłem oczném, które po obrocie celownicy znajdzie się od strony przedmiotu. Do wykonania tego obrotu służy oś obrotowa lunety, którąśmy przy opisie powyższym już poznali; jeżeli jednak jak to często ma miejsce budowa celownicy jest taka, iż luneta bez przeszkody obrotu o 180° wykonać nie może, należy odśrubować jéj podstawę i obróciwszy w stronę właściwą lunetę, na nowo ją przyśrubować. Jeżeli oś optyczna jest, jak to powinno miéć miejsce, prostopadłą do osi obrotowéj lunety, w nowém tém położeniu, linia celu dokładnie na ten sam przedmiot padać powinna; w razie przeciwnym należy naprowadzić włosy wewnętrzne lunety do właściwego położenia za pomocą śrubki *S*, na ten cel przeznaczonéj. Bliższe szczegóły podobnego regulowania osi optycznych lunet poznamy, mówiąc o narzędziach niwellacyjnych. Niedokładność, o któréj mówiliśmy dotąd, właściwą jest tylko celownicom opatrzonym lunetami; z kolei wypada nam mówić o innéj, która równie przy celownicach zwyczajnych, jak lunetowych, zdarzać się może.

§ 62.

Brzeg linii *AA* w celownicy, podług którego linie zdejmowanego planu kreślą się na papierze, powinien znajdować się dokładnie na pionowéj płaszczyznie celu osią optyczną lunety, lub celownikami oznaczonéj. Sprawdzenie czy celownica czyni zadosyć powyższemu warunkowi jest trudniejszém, wymaga bowiem użycia drugiéj celownicy dokładnie wypro-

bowanéj, którą skierowawszy na jakikolwiek przedmiot znacznie oddalony, kreśli się na stoliku linia wzdłuż jéj brzegu w sposób opisany powyżéj. Następnie zgodziwszy z tą nakreśloną linią brzeg celownicy, któréj dokładność sprawdzić zamierzamy, uważa się czy linia celu na ten sam, co w piérwszym razie pada przedmiot; zboczenie jéj będzie dowodem, iż brzeg celownicy nie na jednéj znajduje się płaszczyznie z osią optyczną lunety, lub włosami celowników. Jeżeli celownica użytą być ma jedynie do zdejmowania kątów, linij, lub względnego położenia różnych punktów na gruncie, wada powyżéj wzmiankowana żadnego na dokładność roboty wpływu wywrzeć nie może, błąd bowiem popełniony skutkiem niedokładnéj budowy narzędzia przy piérwszém celowaniu, powtórzy się w tymże samym kierunku i wielkości, przy wszystkich następnych; nachylenie więc linij zdejmowanych względem siebie, względne położenie punktów i t. d. zostanie z dokładnością oznaczoném. Jeżeli jednak idzie o zoryentowanie stolika, na nowe przeniesionego stanowisko, tojest o zgodzenie linij z innego punktu nakreślonych z istniejącemi na gruncie, celownica fałszywa użytą być nie powinna, błąd bowiem w takim razie nie może być przez inne wynagrodzony, i na całą dalszą robotę wpływ wywierać będzie.

§ 63.

W podobnych przypadkach znajduje najwłaściwsze zastósowanie małe narzędzie *deklinatoryum* zwane, wyłącznie do oryentowania stolika mierniczego przeznaczone. Jest to mała busolka z puszką prostokątną *AAAA* (fig. 50 i 51), w środku któréj na dnie umieszczony jest sztyft stalowy *d*. Na sztyfcie tym wspiera się w połowie swéj długości zwyczajna igiełka magnesowa, za pośrednictwem małéj panewki agatowéj *b*, osadzonéj w obrączce *cc*. Przestrzeń którą ta igiełka przebiegać może, nie jest jak w zwykłych busolach kołem, lecz tylko częścią koła 50^0 lub 60^0 wynoszącą. Linia przechodząca przez zera podziałki i oś obrotową igiełki, oznaczona literami *NS*, powinna być dokładnie równoległą

od dłuższych brzegów puszki. Część koła *eeee* przebiegana przez igiełkę podzielona jest na stopnie, które się liczą na dwie strony zaczynając od końców linij *NS* oznaczonych zerami. Puszka przykryta jest szkłem *mm* utrzymywaném za pomocą listewek *nnnn*. Po nad szkłem umieszczona przykrywa mosiężna zachodzi w fugi *ff* i zabezpiecza szkło i igiełkę od uszkodzenia, podczas przenoszenia narzędzia z miejsca na miejsce. Przyciska ona swym brzegiem sztyft *gk*, który z swéj strony tłoczy koniec *p*, dźwigni *pq*, zmuszając tym sposobem przeciwny jéj koniec *q*, do wzniesienia się w górę, a tém samém podniesienia igiełki w środku długości i przyciśnienia jéj do szkła, przez co taż igiełka staje się nieruchomą. Podczas użycia narzędzia przykrywka zdjętą być musi, w takim razie sztyft *gk* uwolniony od naciskania i owszém w górę podnoszony przez sprężynkę *h* za pomocą śrubki *i* do brzegu puszki przymocowanéj, przestaje naciskać koniec dźwigni *pq*, która wracając do swego położenia właściwego, uwalnia zatrzymaną igiełkę.

§ 64.

Użycie deklinatoryum do oryentowania zasadza się na tém, że ustawiwszy stolik na piérwszém stanowisku, kładzie się deklinatoryum na papierze przyklejonym na tablicy, tak go zwracając, aby igiełka magnesowa dokładnie padała na zero podziałki, następnie wzdłuż jednego z dłuższych brzegów puszki, kreśli się linia ołówkiem; ponieważ brzegi te, są równoległe od linii *NS*, linia nakreślona wskaże nam dokładnie kierunek południka magnetycznego. Przeniósłszy następnie stolik na inne stanowisko, przykłada się do linii poprzednio nakreślonéj jeden z dłuższych brzegów puszki i dopóty górną część stolika około swéj osi obraca, dopóki igiełka na linię *NS* doprowadzoną nie zostanie. Wówczas stolik zatrzymuje się przez przykręcenie śruby w tak wynalezioném położeniu, równoległém do położenia zajmowanego na poprzedniéj stacyi, co jest właśnie warunkiem, na którym oryentowanie polega.

Deklinatoryum służyć może prócz tego do wyznaczenia na planie południka rzeczywistego ziemi, dość jest znając wielkość kąta zboczenia igiełki, odpowiedniego okolicy zdejmowanéj, wykreślić kąt ten przy linii oznaczającéj kierunek południka magnetycznego, a linia tak nakreślona wskaże kierunek prawdziwego południka ziemi.

§ 65.

Wszystkie sposoby, o których mówiliśmy w przepisach ogólnych o zdejmowaniu planów, mogą znaleźć swe zastosowanie przy pracach za pomocą stolika dokonywanych; używają się one bądź pojedynczo, bądź w połączeniu z sobą z zastosowaniem ich jednak do natury samego narzędzia. Dla bliższego poznania prawideł wyłącznie robót ze stolikiem dotyczących, wypada nam pomówić o tém nieco obszerniéj.

Po ustawieniu stolika na piérwszém obraném stanowisku zatyka się prostopadle w papier cienka igiełka. Punkt zatknięcia igiełki powinien się znajdować dokładnie na pionowéj przechodzącéj przez kołek, oznaczający środek stacyi na gruncie, ustawienie jednak w tém położeniu stolika odbywa się od oka, co przy pewnéj wprawie nie przedstawia trudności, małe zresztą zboczenie z pionowéj przy zwykłéj skali planów, zaledwie nie dający się dostrzedz błąd może spowodować. Tak zatknięta igiełka oznacza na planie środek stacyi, następnie przysuwa się do igiełki celownica w ten sposób, aby jéj brzeg linię celu oznaczający do saméj przytykał igły; poczém rozpoczyna się celowanie do rozmaitych przedmiotów, podczas którego zwraca się w miarę potrzeby celownicę w różnych kierunkach, starannie jednak pilnując aby od igiełki przy żadném celowaniu nie była oddaloną.

§ 66.

Przypuśćmy teraz, iż mamy do zdjęcia plan gruntu przedstawiającego kształt wielokąta *ABCDEFGH*. Możemy tego w rozmaity dopełnić sposób; i tak:

Ustawiwszy stolik w punkcie *A* (fig. 1) i zatknąwszy igiełkę celuje się do punktów *H* i *B*, po każdém celowaniu znacząc ołówkiem przy brzegu celownicy kierunek linii celu. Tym sposobem położenie lini *AB* i *AH*, zostanie na planie oznaczoném; zmierzywszy zaś ich długość na gruncie, odcina się ją na planie, według przyjętéj naprzód podziałki, przezco położenie punktów *B* i *H*, zostanie wyznaczoném. Po dokonaniu tego przenosi się stolik na punkt *B*, który już mamy wyznaczony na planie. Ustawienie stolika ma być w ten sposób dokone, aby punkt *B* na planie odpowiadał ile możności punktowi *B* na gruncie, tojest na jednéj z nim znajdował się pionowéj, poczém zatyka się w tym punkcie igiełka, przykłada jak poprzednio do niéj celownica i dopóty część górna stolika około swéj osi obraca, dopóki linia celu z linią *AB* dokładnie się nie zgodzi. Czynność ta nazywa się oryentowaniem stolika; widzieliśmy już poprzednio, iż tenże sam wypadek otrzymać można za pomocą deklinatoryum, dodać tu jednak należy, że ile razy oryentowanie za pomocą celownicy odbytém być może, innego niepowinno się szukać sposobu, wszelkie bowiem wskazania igły magnesowéj, z natury swéj będąc niepewnemi, często do fałszywych mogą doprowadzić wypadków.

Po zoryentowaniu stolika, jakimkolwiek to nastąpiło sposobem, zwraca się celownicę w kierunku lini *BC* i położenie jéj na planie wyznacza; następnie mierzy się jéj długość, odcina ją na planie podług podziałki i stolik na punkt *C* przenosi. Tym sposobem postępując daléj przejdziemy cały obwód wielokąta, a doszedłszy do punktu *H*, który już z pierwszego stanowiska był wyznaczony, plan całego wielokąta będzie zdjęty; jeżeli bowiem jakie szczegóły wewnątrz figury zdejmowanéj były do oznaczenia, czynność ta w czasie obchodzenia obwodu z najdogodniejszego punktu powinna być dokonaną. Widzimy z powyższego, iż sposób tu opisany odpowiada podanemu przy ogólnych przepisach zdejmowania planów pod nazwą *sposobu przez obchodzenie obwodu wielokąta*, ma tę wyższość nad innemi, iż wraz z ukończeniem pracy otrzymu-

jemy jéj sprawdzenie; jeżeli bowiem czynność z dokładnością dokonaną została, wielokąt nakreślony, ostatnim bokiem zamknąć się powinien, czyli ponieważ położenie punktu *H* z pierwszego stanowiska już zostało wyznaczoném, doszedłszy więc ze stolikiem do punktu *G*, należy celownicę do punktu *H* skierować a linia celu dokładnie na punkt *H* na planie paść powinna. Nadto odległość pomiędzy punktami *H* i *G* na planie powinna się zupełnie zgodzić z rzeczywistą ich odległością na gruncie. Jeżeli plan zdięty warunkom powyżéj wyrażonym odpowiada, dokładność jego jest widoczną, w przeciwnym razie, wypada dla odszukania błędu na nowo całą czynność rozpocząć.

§ 67.

Pomimo téj ważnéj dogodności sposobu wyżéj opisanego, nie zawsze może on znaleźć zastosowanie, częstokroć przeszkody miejscowe stają mu na zawadzie; i tak, jeżeli np. z punktu *B* punkt *C* widzianym być nie może, dla oznaczenia tego ostatniego, innego musimy użyć sposobu. Nadto obchodzenie z narzędziem całego obwodu zdejmowanéj przestrzeni długiego wymaga czasu, gdy tymczasem szybkość roboty powinna być jedną z głównych zalet stolika. Dla skrócenia czasu, lub jeżeli niektóre z boków wielokąta poprzecinane są przeszkodami utrudniającemi ich wymierzenie, można niektóre z nich bez mierzenia na gruncie oznaczyć. I tak, zaczynając robotę od punktu *A* celuje się naprzód do punktu *B*, a oznaczywszy na planie i wymierzywszy linię *A B*, przenosi się stolik na punkt *B*, i celuje do punktu *C*, a nakreśliwszy na planie kierunek linii *B C* nie mierzy się jéj długości, lecz znowu stolik na punkt *C* przenosi. Tu po dokładném zoryentowaniu stolika, zatyka się igiełka w punkt *A* i tak przyłożoną do niéj celownicę kieruje, aby linia celu padła na punkt *A* na gruncie. Przecięcie tak oznaczonéj linii celu z poprzednio nakreśloną linią *B C*, da nam położenie punktu *C*. Dodać tu należy, iż okaże się czasem po celowaniu, iż przecięcie dwóch pomienionych linij na stoliku nieodpowiada zu-

pełnie położeniu punktu *C* na gruncie, tojest nie znajduje się na jednéj z nim pionowéj; w takim razie potrzeba stolik w właściwą stronę posunąć, na nowo go zoryentować i celowanie powtórzyć.

W użyciu powyższego sposobu nader ostrożnym być należy i tylko w razie konieczności nim się posługiwać, jest on mniej dokładnym i jedynie niemożność wymierzenia którego z kątów usprawiedliwić go może.

Zastósowanie do robót ze stolikiem drugiego sposobu zdejmowania planów *promieniowaniem* nazwanego, żadnym szczególnym nie podlega przepisom. Jeżeli w środku wielokąta możemy obrać jaki punkt np. *O* (fig. 2), z któregoby wszystkie kąty wielokąta widzianemi były, wówczas stanąwszy ze stolikiem na tym punkcie, celuje się do wszystkich punktów *A, B, C, D, E, F*, kolejno, znacząc kierunki linij celu i długości ich odmierzając na gruncie i podług podziałki na papierze. Po oznaczeniu tym sposobem położenia wszystkich tych punktów na planie, łączą się one z sobą liniami prostemi i obwód wielokąta w zupełności wyznaczonym zostanie. Najkorzystniejszém będzie użycie podobnego sposobu, jeżeli mając pod ręką stadyę, bez poruszenia się z tak obranego stanowiska wszystkie odległości zmierzyć możemy.

Jeżeli obwód wielokąta zanadto jest rozległy lub poprzecinany przeszkodami niedozwalającemi z jednego punktu wszystkich kątów obwodu spostrzegać, potrzeba wybrać na stanowisku dwa, lub więcéj punktów, któreby wzajemnie się dopełniając pozwalały cały obwód wielokąta rozpoznać.

Ustawia się stolik np. w punkcie *A* (fig. 1) i kolejno do punktów *B, C, H*, celuje, znacząc ołówkiem kierunki wszystkich linij celu, odmierzywszy następnie odległości *AB*, *AC*, *AH*, na gruncie, oznacza się takowe podług podziałki na planie. Tym sposobem położenie punktów *B*, *C* i *H*, zostanie wyznaczoném i jeżeli punkt *B* z punktem *C* połączymy linią prostą, trzy boki wielokąta *AB*, *BC*, *AH*, będą zdjęte. Następnie przenosi się stolik na punkt *H* i po należytém zoryentowaniu celuje do punktów *D, E, F, G*, a odmierzywszy odległości pun-

kta te od punktu *H* oddzielające, położenie ich zostanie oznaczoném. Połączywszy wreszcie na planie liniami prostemi punkta *C, D, E, F, G* i *H* czynność w zupełności dokonaną zostanie.

Sposób ten szybszy od poprzedzającego, szczególniéj przy zdejmowaniu szczegółów w niewielkiéj odległości położonych, nader jest dogodnym, przy znacznych jednak długościach przekątni, które wymierzać należy nie wiele mniéj jak pierwszy wymaga czasu.

§ 68.

Trzeci wreszcie sposób przez *przecinanie* najszybszym jest i często najkorzystniejszym; zależy on na obraniu jednéj, lub w razie obszerniejszéj przestrzeni kilku połączonych z sobą podstaw, które dokładnie wymierzone służą, wraz ze zdejmowanemi kątami do oznaczenia położeń wszystkich punktów i całego obwodu rozpoznawanéj przestrzeni. Przedstawmy sobie pszestrzeń gruntu ograniczoną wielokątem *ABCDEFGH* (fig. 1). Ustawiamy stolik np. w punkcie *A* a zatknąwszy w sposób opisany poprzednio w papier igiełkę, w punkcie odpowiadającym na planie temu punktowi, celujemy kolejno do punktów *B, C, D, E, F, G*, kreśląc ołówkiem linie nieograniczonéj długości, w kierunku każdéj linii celu i oznaczając takowe na planie kolejnemi literami lub liczbami. Następnie wymierza się linia *AH*, która w tym razie za podstawę działania ma nam służyć, a przeniosłszy stolik na punkt *H* i zoryentowawszy go w sposób już wiadomy, na nowo do wszystkich punktów się celuje. Pierwsza z nowego tego stanowiska linia celu *HB* przetnie linię nakreśloną z pierwszego stanowiska i oznaczoną numerem pierwszym. Przecięcie to oznaczy nam położenie na planie punktu *B*. Druga *HC* posłuży do oznaczenia punktu *C* i t. d. Mając tym sposobem wyznaczone położenie wszystkich kątów wielokąta pozostaje tylko połączyć je liniami prostemi i czynność ukończoną zostanie.

W podobny sposób postępując wyznacza się wszelkie szczegółowe punkta, jakieby wewnątrz zdejmowanego wielokąta na uwagę zasługiwać mogły, jak np. domy, budynki, ogrody i t. p. Sposób ten jak widzimy jest najpośpieszniejszym, nie zawsze jednak z korzyścią użyć się daje, oznaczenie bowiem położenia punktów przez przecinanie się wzajemne linij celu, o tyle jest dokładném, o ile nie następuje pod zbyt ostremi, lub zbyt rozwartemi kątami. W powyższym przeto przykładzie oznaczenie punktu *G* przez przecięcie linii *AG* i *HG* jest niepewném i powinno winny sposób nastąpić, np. wyznaczywszy z punktu *H*, kierunek linii *HG* i wymierzywszy takową na gruncie, odciąć na planie według skali otrzymaną długość. Oznaczenie punktu *H* dokonaném tu będzie sposobem *obchodzenia obwodu* i okoliczność ta wskazuje nam jak rozmaite sposoby zdejmowania planów przy robotach stolikowych wzajemnie posiłkować się winny. W ogóle nie należy się przywiązywać do żadnego z podanych powyżéj sposobów, wyłączając inne; przeciwnie przy każdéj robocie, a raczéj przy każdéj części planu, na każdém stanowisku, może się okazać potrzeba użycia dwóch lub więcéj sposobów łącznie. Biegłość w zdejmowaniu planów zależy właśnie na najkorzystniejszém tak pod względem szybkości jak i dokładności roboty, wybieraniu i łączeniu różnych tych sposobów z sobą. Trudno jest podać ogólne przepisy, któreby w tym względzie za prawidła stanowcze służyć mogły; zdrowy jednak rozsądek i wprawa najlepszą w téj mierze mogą być wskazówką.

§ 69.

Na zakończenie powyższego opisu stolika i robót za jego pomocą dokonywanych dodamy, iż użycie narzędzia tego najbardziéj jest rozpowszechnioném i daje wypadki pod każdym względem zupełnie zadawalniające, którym jakkolwiek przyznać nie można bezwzględnéj ścisłości, do jakiéj jedynie teodolit, narzędzie ze wszystkich najbardziéj udoskonalone w części się zbliża; dokładność jednak robót stolikowych

wszelkim odpowiada warunkom, w granicach, jakie ścisłości planów tego rodzaju, sama konieczność naznacza.

ROZDZIAŁ IV.

Wytykanie linij na gruncie.

§ 70.

Wytknięcie linii prostéj w otwartém polu, gdzie żadna przeszkoda wzroku nie tamuje, nie przedstawia wcale trudności; zwykle czynność ta dokonywa się gołém okiem, w przypadkach jednak wielkiéj wymagających ścisłości używa się jakiegokolwiek narzędzia z lunetą. W takim razie narzędzie to powinno być tak ustawione, aby oś optyczna lunety dokładnie na linii wytykać się mającéj była umieszczona, następnie zatykają się kolejno tyczki w kierunku przez tę oś wskazanym, pilnie strzegąc, aby każda z nich zupełnie przez włos pionowy wewnątrz lunety się znajdujący była pokrytą.

§ 71.

Jeżeli w kierunku wytykanéj linii znajdują się przeszkody wzrok tamujące, czynność staje się o wiele trudniejszą i dokładne jéj wykonanie wielkich wymaga ostrożności. Najlżejszy błąd po zniknięciu przeszkód staje się widocznym, a linia w miejsce prostéj, może okazać się łamaną.

Wiele jest sposobów wytykania linij poprzecinanych przeszkodami, wszystkie zaś zależą na rozmaitych wykreśleniach geometrycznych, są więc zarówno prawdziwe, byleby z dokładnością na gruncie wykonane zostały.

Najprostsze rozwiązanie zadania nastręczyć może w takim razie plan z wielką dokładnością zdjęty, nakreśliwszy bowiem na takim planie linię w żądanym kierunku, pozostaje tylko wyznaczyć na gruncie punkta, przez które linia ta przechodzi na planie, a następnie zapełnić przerwy po-

zostałe, wytykając pomiędzy wyznaczonemi już punktami linie proste w sposób zwyczajny. Jeżeli chodzi o przeprowadzenie linii przeciętéj jaką przeszkodą niezbyt rozległą np. domem, zabudowaniami i t. p., wyprowadzenie równoległéj, przeszkody te omijającéj może posłużyć do rozwiązania zagadnienia. Mając np. do wytknięcia linię w kierunku AB (fig. 52) napotykającą budynek niedozwalający spostrzegać punktów po za nim położonych, wytyka się zwykłym sposobem część jéj pomiędzy A i C się znajdującą, następnie wyprowadziwszy prostopadłą do niéj CD i dokładnie ją wymierzywszy z punktu D prowadzi się DE równoległą do AB. Po tak wytkniętéj równoległéj dopóty się postępuje, dopóki przeszkody ominiętemi nie zostaną, wówczas z punktu E wyprowadza się EF prostopadłą do DE, a odmierzywszy na niéj dokładnie długość równą DC, oznacza się punkt F który do linii wytykanéj należeć będzie. Jeżeli z punktu F w ten sposób otrzymanego wytkniemy prostopadłą do EF, prostopadła ta będzie przedłużeniem przerwanéj linii AC, a zatém linią któréj wytknięcie nas zajmowało.

Zamiast wyprowadzania prostopadłéj do EF, można przedłużyć DE np. do punktu H i z tego wyprowadziwszy prostopadłą HG, odciąć na niéj długość równą dwóm pierwszym prostopadłym. Tym sposobem punkta F i G na jednéj i téj saméj co C, znajdować się będą linii; dalsze więc wytknięcie żadnéj nie nastręczy trudności.

§ 72.

Inne rozwiązanie powyższego zagadnienia nastręczają własności trapezów.

Jeżeli pomiędzy trzy linie pr, pz, pq, (fig. 53) w jednym punkcie p z sobą się zbiegające, wpiszemy dwa trapezy $abcd$ i $efgh$ w taki sposób, aby ich boki równoległe były prostopadłemi do linii środkowéj pz, a boki nierównoległe przecinały się z sobą; przecięcia te w punktach o i o' przypadające znajdować się będą na jednéj linii ko prostopadłéj do linii środkowéj pz.

Przypuściwszy teraz, że mamy wytknąć na gruncie linię w kierunku xr napotykającą przeszkodę pomiędzy punktami fb. Z jakiegokolwiek punktu p na téj linii obranego wyprowadzam dowolnie dwie inne pz i pq po jednéj stronie linii wytykanéj się znajdujące. Następnie z punktu e na środkowéj linii pz obranego wytyka się prostopadłą eg, która w punkcie g przetnie się z linią pq i z punktu f na linii wytykanéj położonego spuszcza się fh prostopadła do linii pz, aż do spotkania jéj w punkcie h. Tym sposobem dwa boki równoległe trapezu zostaną wyznaczone, łatwo więc wytykając linie pomiędzy punktami e,f i g,h, trapez ten uzupełnić. Po dokonaniu tego obiera się na linii pz dwa punkta a i d na zewnątrz wyznaczonego trapeza się znajdujące. Z punktu a wyprowadzam prostopadłą do spotkania się z linią pq w punkcie c; z punktu zaś d, w przeciwnym kierunku prostopadłą nieograniczoną dm; następnie punkt c z punktem d łączy się linią, która przetnie wytkniety już poprzednio bok pierwszego trapeza gh w punkcie o. Punkt ten podług tego cośmy poprzednio powiedzieli, znajduje się na jednéj prostopadłéj do linii środkowéj z punktem wspólnego przecięcia drugich nierównoległych boków obu trapezów. Jeżeli więc z punktu o spuścimy prostopadłą do linii pz i takową przedłużymy do spotkania się z linią ef w punkcie o', punkt ten oznaczy nam kierunek drugiego nierównoległego boku trapeza między trzy linie wpisanego; przeprowadźmy więc przez punkta a i o' linię prostą i przedłużmy ją aż do spotkania się z linią dm w punkcie b. Ostatnia ta linia uzupełni wykreślenie drugiego trapeza, a punkt b stanowiąc jego wierzchołek musi się znajdować na przedłużeniu linii xf, którą wytknąć pomimo przeszkody usiłowaliśmy.

W podobny postępując sposób, można kilka wynaleźć punktów po za istniejącą przeszkodą, przez co dalszy kierunek linii wytykanéj z wszelką dokładnością zostanie wyznaczony.

Sposób ten przy opisie przedstawiający dosyć zawiłe wykreślenie, na gruncie wygodnie zastósować się daje; nie wy-

maga on żadnego mierzenia odległości, które przy użyciu łańcucha z zupełną ścisłością wykonaném być nie może i staje się prawie zawsze powodem błędu w robocie, tak wielkiéj wymagającéj dokładności: nadto ponieważ wszystkie kąty do wykreślenia wchodzące są proste, węgielnica miernicza znajduje tu właściwe zastósowanie i wystarcza do wykonania całéj czynności.

Na tém zakończymy wiadomości odnoszące się do wytykania linij prostych na gruncie, nie mogąc się nad tym przedmiotem wyłącznie zastanawiać, pomijamy wiele innych sposobów, mniéj lub więcéj używanych; lecz których zalety równie jak i poprzednich jedynie na nadzwyczaj dokładném wykonaniu polegają.

§ 73.

Wytykanie krzywych na gruncie służy zwykle do połączenia linij prostych pod pewnym kątem z sobą się przecinających i ma na celu złagodzenie zbyt przykrych zakrętów.

Najdogodniejszemi zazwyczaj są łuki kół, częstokroć jednak używa się zwłaszcza przy drogach zwyczajnych innego rodzaju krzywych np. paraboli i t. d. Wybór krzywizny zależy zwykle od warunków miejscowości i kąta, pod którym linie proste połączyć się mające spotykają się z sobą. Przed przystąpieniem do wykreślenia jakiejkolwiek krzywéj, potrzebujemy znać kąt zawarty między liniami prostemi, który głoską α oznaczać będziemy i długość części tychże linij zawartych pomiędzy wspólném ich przecięciem a punktami zetknięcia się z krzywą, czyli długość stycznych, między któremi krzywa ma być zawarta. Styczne te oznaczamy przez S. Przy łukach kołowych styczne te muszą być równe sobie.

§ 74.

Sposoby wytykania linij krzywych na gruncie są rozmaite. Pierwszy z nich zależy na dzieleniu na pewną liczbę równych części kątów utworzonych przez cięciwę i dwie styczne.

Mając np. dany kierunek dwóch linij prostych DA i FA (fig. 54) i kąt między niemi zawarty $A = \alpha$ zamierzamy połączyć te dwie linie łukiem koła stycznego do nich w punktach B i C, których odległość od punktu przecięcia się A jest znana.

Przedstawmy sobie punkt B z punktem C połączone linią prostą, linia BC stanowić będzie cięciwę podpierającą łuk szukany i tym sposobem utworzy nam się trójkąt BAC, którego dwa boki AB i AC są dane, równie jak kąt A między niemi zawarty, kąty zaś B i C są równe sobie, każdy z nich zatém równa się $90^0 - \frac{1}{2}\alpha$. Obrachowawszy tym sposobem wartość kątów B i C, dzieli się ją na pewną liczbę równych części, a ustawiwszy jakiekolwiek narzędzie do mierzenia kątów służące naprzód w punkcie A odmierza się kolejno wartość części z podziału otrzymanych i każdą z nich wytknięciem linii wyznacza, tym sposobem wyprowadzimy linie $B1$, $B2$, $B3$, i t. d. Przenosi się następnie narzędzie na punkt C, a dzieląc w opisany powyżéj sposób kąt C wytkniemy linie $C1$, $C2$, $C3$, i t. d.

Przecięcia się linij $B1$ z $C4$, $B2$ z $C3$, $B3$ z $C2$, $B4$ z $C1$, i t. d., oznaczą punkta łuku szukanego. Mniejsza lub większa ilość w ten sposób wyznaczonych punktów zależeć będzie od stopnia dokładności, jaką czynności nadać zamierzamy.

Krzywa w ten sposób wyznaczona będzie łukiem koła, jeżeli bowiem przedstawimy sobie koło styczne w punktach B i C do linii DA i AF zakreślone zupełnie, miarą kąta DBC i BCF, będzie połowa łuku poniżéj cięciwy BC położonego. Z drugiéj strony każdy kąt, którego wierzchołek znajduje się na okręgu tegoż koła, a ramiona łuk wspomniony obejmują, ma również połowę tego łuku za miarę. Jeżeli więc wykażemy, iż kąty utworzone z przecięcia linij $B1$ z $C4$ $B2$ z $C3$, i t. d., i obejmujące ramionami cały łuk poniżéj BC się znajdujący, są równe kątom DBC i BCF, będzie to dowodem, iż mają wspólną z niemi miarę, czyli że ich wierzchołki na okręgu koła się znajdują.

Kąt ABC oznaczmy przez δ, każdą zaś z części na które kąt ten został podzielony przez γ.

Kąt $DBC = 180^0 - \delta$.

W trójkącie zaś utworzonym przez linie BC, $B1$ i $C4$

Kąt $CB1 = \delta - \gamma$.

Kąt $BC4 = \gamma$.

Pozostały więc kąt naprzeciw boku BC położony, musi być równy $180. - \delta + \gamma - \gamma$ czyli równy $180^0 - \delta$ cośmy mieli do okazania.

Sposób opisany powyżéj, tę ma niedogodność, iż wymagając wytykania znacznéj liczby posiłkowych linij dosyć do siebie zbliżonych, wprowadzić może w pewne zamieszanie; jeżeli jednak mamy pod ręką dwa narzędzia do mierzenia kątów i jedno z nich w punkcie B, drugie w C ustawimy, a jednocześnie celując z punktu B po linii $B1$ z punktu zaś C po linii $C4$ i t. d., będziemy zatykać tyczki w punktach wspólnego przecięcia tych linij, cała czynność nadzwyczaj szybko i z wielką łatwością dokonaną będzie.

Do tego samego wypadku dojść można za pomocą jednego tylko narzędzia kąty mierzącego, które w takim razie na otwartość kąta $180^0 - \delta$ nastawiwszy, szuka się postępując w kierunku domniemanym, łuku punktów, w których narzędzie ustawione jednę linię celu przez punkt B, drugą przez punkt C, niezmieniając raz obranéj rozwartości kąta przeprowadzić dozwoli. To ostatnie rozwiązanie jest dosyć mozolném i wielkiéj w tego rodzaju czynności wprawy wymaga.

W ogóle sposób opisany powyżéj obszerne może znaleźć zastósowanie, równie przy wytykaniu krzywych jak przy sprawdzaniu już wytkniętych za pomocą innego sposobu. W tym ostatnim przypadku jest on nader pośpiesznym i dogodnym.

§ 75.

Drugi sposób wytykania krzywych na gruncie zależy na wyprowadzeniu pewnéj liczby prostopadłych do stycznych

i cięciwy i oznaczeniu na tych prostopadłych punktów, przez które łuk koła ma przechodzić.

Przedstawmy sobie dwie linie AD i AF (fig. 55) przecinające się w punkcie A; linie te mamy połączyć z sobą za pomocą łuku koła stycznego do nich w punktach B i C. Jeżeli wytknięcie nie potrzebuje z nadzwyczajną dokładnością być dokonane, dostateczném będzie nakreślić na papierze bardzo starannie kierunek dwóch wspomnianych linij, co znając kąt pomiędzy niemi zawarty żadnéj nie pociąga trudności. Następnie oznaczywszy podług podziałki punkta B i C zatacza się zwykłym sposobem, koło styczne w tych punktach do linij AD i AF, a połączywszy punkt B z punktem C linią prostą, co pewną stałą odległość, np. co 2 sążnie lub mniéj, wyprowadza się prostopadłe do cięciwy BC aż do spotkania łuku zakreślonego. Podobne prostopadłe w tychże samych odległościach wyprowadzam na obu stycznych AB i AC. Tak przygotowane wykreślenie na papierze przenosi się na grunt. Pomiędzy punktami A i B wytknąwszy linię prostą, w odległościach przyjętych na rysunku, wyprowadza się do niéj prostopadłe za pomocą węgielnicy, lub innego narzędzia mierzącego kąty; następnie mierząc każdą prostopadłą na rysunku podług podziałki odmierza się odpowiednią jéj długość na gruncie i zabiciem palika oznacza punkt jéj przecięcia z łukiem. W podobny sposób wytyka się i wymierza prostopadłe do stycznych AB i AC, a szereg tym sposobem wyznaczonych punktów powinien wskazać dostatecznie kierunek łuku szukanego.

W przypadkach wymagających większéj dokładności, nie dostateczną byłoby rzeczą wymiary prostopadłych podług podziałki z rysunku otrzymymać, należy je więc z wszelką ścisłością obrachować, co za pomocą następującego sposobu wykonać można.

Przedstawmy sobie łuk BmC przedłużony w obie strony i punkt O stanowiący środek koła, do którego łuk ten należy. Prostopadła mn ze środka linii BC wyprowadzona i przedłużona w obie strony, przejdzie przez punkt A i O.

Druga prostopadła, do linii AD, z punktu B wychodząca, podobnież padnie na punkt O i stanowić będzie promień koła, którego łuk BmC jest częścią. Tym sposobem utworzą nam się dwa trójkąty prostokątne BnA i BnO do siebie podobne.

Niektóre z wchodzących tu linij oznaczmy pojedynczemi głoskami:

Promień koła $= BO = P$.

Pół cięciwy $= Bn = c$.

Styczna $= AB = T$.

Linia $AO = D$.

W trójkącie BnA mamy:

$$An = \sqrt{BA^2 - Bn^2} \text{ czyli}$$

$$An = \sqrt{T^2 - c^2}$$

Dwa trójkąty BnA i BnO dają nam proporcyę następującą:

$$An : AB = Bn : BO \text{ czyli}$$

$$\sqrt{T^2 - c^2} : T = c : P \text{ z tąd:}$$

$$P = \frac{Tc}{\sqrt{T^2 - {}^2c}}$$

W trójkącie ABO będzie

$$AO = \sqrt{AB^2 + BO^2} \text{ albo}$$

$$D = \sqrt{P^2 + T^2}$$

Wartości otrzymane dla P i D pozwalają obrachować Am która się równa $D - P$.

Dla wynalezienia wartości dla mn uważmy, iż w trójkącie BnO

$$nO = \sqrt{BO^2 - Bn^2} \text{ tojest}$$

$$nO = \sqrt{P^2 - c^2}$$

że zaś $mn = P - nO$ zatem będzie

$$mn = P - \sqrt{P^2 - c^2}$$

Tym sposobem mamy obrachowaną wartość dla prostopadłéj w środku cięciwy się znajdującéj; dla wynalezienia wielkości któréjkolwiek z bocznych, np. xp, przedłużmy ją aż do spotkania się w punkcie z z średnicą koła równoległą do

cięciwy BC. Punkt x połączmy z punktem O linią prostą W trójkącie xzO będzie:

$$xz = \sqrt{Ox^2 - Oz^2}$$

$oz = pn$ nazwijmy y. $Ox = P$.

ztąd $xz = \sqrt{P^2 - y^2}$

Widzimy daléj, iż $xp = xz - pz$

a $pz = nO$.

Wartość dla nO mamy już wynalezioną; będzie więc

$$xp = \sqrt{P^2 - y^2} - \sqrt{P^2 - c^2}$$

Dla obrachowania którejkolwiek z prostopadłych do stycznéj, np. wr, przedłużmy ją aż do spotkania się w punkcie S z równoległą do stycznéj AB przez punkt O przechodzącą. Punkt r ze środkiem koła połączmy linią prostą. Będziemy mieli:

$$wr = wS - rS$$

$$wS = BO = P.$$

W trójkącie rOS będzie

$$rS = \sqrt{or^2 - Os^2}$$

$oS = Bw$ nazwijmy x

będzie więc

$$rS = \sqrt{P^2 - x^2}$$

Ztąd $wr = P - \sqrt{P^2 - x^2}$

W podobny postępując sposób, obrachujemy wartości dla tylu prostopadłych tak względem stycznych jak względem cięciwy, ile ich za potrzebne do wyznaczenia kierunku łuku na gruncie uznamy. Rozumie się samo przez się, iż im wytknięcie ma być dokładniejszém, tém ilość prostopadłych większą być powinna.

Po wyznaczeniu na gruncie, łuku za pomocą prostopadłych, których wielkość przez rachunek, lub przez wykreślenie otrzymaną została, pożyteczną jest rzeczą zapewnić się, o dokładności całéj roboty, za pomocą sposobu w poprzednim podanego paragrafie.

§ 76.

W przypadku gdyby miejscowość poprzecinana przeszkodami, przystęp po obu stronach wytykanego łuku utrudniała, i nie dozwalała przezto użyć sposobu powyżéj podanego, można za pomocą kilkokrotnie powtarzanych prób do tego samego dojść wypadku.

Zamierzając np. wytknąć pomiędzy punktami *B* i *C* łuk styczny do linij *AB* i *AC* (fig. 56), odmierza się od punktu *C* po linii *AC* jakąkolwiek odległość *Cm* i z punktu *m* wyprowadza prostopadłą *m 1* dowolnéj długości. Następnie punkt *C* z punktem *1* łączę linię prostą i przedłużam takową po za punktem *1* tak, aby długość *n1* równą była *Cm*. Z punktu *n* wyprowadzam prostopadłą *n 2* długości równéj *m1*. Następnie punkt *1* z punktem *2* łączę linią prostą, przedłużam takową i postępuję jak na stanowisku poprzedniém. Jeżeli ostatnia z prostopadłych padnie na punkt *B*, będzie to dowodem iż punkta *1, 2, 3* i t. d., znajdują się na okręgu koła; w razie przeciwnym należy robotę rozpocząć na nowo, a zmieniając cokolwiek długość prostopadłych tak ją umiarkować aby ostatnia w punkcie *B* się zakończyła. Próby dopóty powtarzane być muszą, dopóki ten wypadek osiągniętym nie zostanie.

§ 77.

Jeżeli niechodzi o to koniecznie, aby wytykana krzywa miała kształt dokładny łuku kołowego, można użyć sposobu dzielenia stycznych na równe części, przez co wykreślimy w miejsce koła parabolę. Zamierzając np. wytknąć pomiędzy punktami *C* i *B* (fig. 57) na dwóch stycznych *AB* i *AC* położonemi, krzywą sposobem powyżéj wzmiankowanym, dzieli się linie *AB* i *AC* na pewną ilość równych części, oznaczając podziały liczbami w sposób wskazany na figurze, tojest zaczynając liczbowanie na jednéj ze stycznych od dołu, na drugiéj zaś od góry. Następnie łączy się liniami prostemi podziały temi samemi oznaczone liczbami, a punkta przecięć oznaczą nam kierunek krzywéj.

Sposób powyższy może być zastósowany nawet wtenczas, gdy długości stycznych są nierówne, tojest gdy punkta *B* i *C* nie na jednéj odległości od wspólnego stycznych w punkcie *A* przecięcia, są położone. W takim razie każda z dwóch stycznych na tęż samą ilość równych części powinna być podzielona i tak otrzymane podziały w sposób powyżéj opisany łączą się z sobą. Krzywa w ten sposób otrzymana będzie równie jak w poprzedzającym razie częścią paraboli.

§ 78.

Sposób dopiero co opisany tę ma niedogodność, iż linie podziałów zwykle pod bardzo rozwartemi spotykają się kątami, z téj więc przyczyny położenie punktów ich przecięcia nie jest z należną ścisłością oznaczone. Niedogodność ta témbardziéj czuć się daje, im kąt pomiędzy stycznemi zawarty jest większym. W razach gdy ta okoliczność zbyt niekorzystny wpływ na dokładność roboty wywrzećby miała, należy użyć innego sposobu wytknięcia paraboli. Sposób ten zależy na tém, aby z punktu *A* wspólnego przecięcia stycznych (fig. 58), spuścić na cięciwę *B C* prostopadłą *A D* i takową na dwie równe części podzielić. Punkt *1* czyli środek prostopadłéj znajdować się będzie na paraboli; przez punkt ten przeprowadziwszy równoległą do *B C*, z punktu *m* przecięcia jéj ze styczną wyprowadza się prostopadłą aż do spotkania cięciwy, punkt *B* z punktem *1* łączącéj. Odległość tę dzieli się znowu na dwie równe części, a punkt *2* jéj środek, oznaczy przejście krzywéj. Przez punkt *2* prowadzi się równoległą *n n'* do cięciwy *B 1*. Z punktu *n* spuszcza się prostopadłą do cięciwy *B C* i część jéj pomiędzy *n* a cięciwą *B 1* zawartą, dzieli się na dwie równe części. W podobny sposób postępuje się przy punkcie *n'*. Za pomocą tego sposobu można oznaczyć taką ilość punktów, jaką za potrzebną do dostatecznego wyznaczenia kierunku krzywéj uznamy.

Zauważyć tu należy, iż wszystkie prostopadłe których środki, przejścia krzywéj oznaczają, są do siebie równoległe,

a stosunek w ich długościach zachodzi taki, iż wziąwszy AD środkową za jedność mp następna będzie $\frac{1}{4}$, inne zaś po niéj idące $\frac{1}{16}$ $\frac{1}{64}$ i t. d.

Zastósowanie tego sposobu na gruncie jest nader łatwém, wymaga jednak wielkiego porządku w prowadzeniu roboty, inaczéj bowiem rozpoznanie się przy znacznéj ilości wyznaczonych punktów stanie się nie podobném.

Przy nierównych długościach stycznych postępowanie powyżéj opisane w niczém się nie zmienia, a krzywa tak wyznaczona zawsze będzie częścią paraboli.

§ 79.

Inny jeszcze sposób bardzo zbliżony do poprzedzającego używany bywa czasami, krzywa za jego pomocą otrzymywana nie będąc ani kołem ani parabolą, trzyma środek pomiędzy niemi. Używając tego sposobu, podobnie jak w poprzednim razie dzieli się prostopadła AD na dwie równe części, przez co pierwszy punkt *1*, zostanie wyznaczony. Punkt *1* łączy się cięciwą z punktem B i z jéj środka wyprowadza prostopadłą odcinając na niéj $\frac{1}{4}$ długości AD, przez otrzymany drugi punkt krzywéj, który należy połączyć za pomocą cięciw z punktami B i *1* i w połowie każdéj z takowych wyprowadzić prostopadłe $\frac{1}{4}$ poprzedniéj czyli $\frac{1}{16}$ AD długości mające. Postępowanie podobne przedłuża się dopóty, dopóki ilość punktów dostateczna do oznaczenia dokładnego kierunku krzywéj, wynalezioną nie będzie.

§ 80.

Oprócz podanych powyżéj, wiele jeszcze istnieje sposobów wytykania linij krzywych na gruncie. Opierają się one zazwyczaj na zasadach czerpanych z geometryi, niekiedy jednak, zwłaszcza w przypadkach gdzie zastósowanie którejkolwiek z krzywych geometrycznie określonych, znaczneby za sobą koszta pociągało, używa się krzywych dowolnych

wytykanych od oka, które takim tylko ulegają przepisom, iżby o ile możności przedstawiały krzywiznę jednostajną, raptownych zwrotów i garbów unikając.

Ważną jest nadzwyczaj rzeczą staranne zabijanie palików przy wytykaniu linij krzywych. Oznaczenie szczególniéj ważniejszych punktów, jak np. przecięcia stycznych ze sobą, punktów zetknięcia stycznych z krzywą, punktów oznaczających wierzchołki kątów i t. d. z największą starannością dokonane być winno. Położenie punktów takich powinno być prócz tego wyznaczone odnośnie do przedmiotów stałych na gruncie się znajdujących, przez co pomimo zniknięcia palika, miejsce jego odszukać będzie można.

DZIAŁ II^gi.

POMIARY GEODEZYJNE.

ROZDZIAŁ I.

Wiadomości ogólne.

§ 81.

Przedmiotem pomiarów geodezyjnych są wielkie ziemi przestrzenie. Gdy chodzi o zdjęcie planów całego kraju lub znacznéj jego części, jak np. oddzielnéj prowincyi, obwodu i t. p.; wiadomości podane przy zdejmowaniu planów topograficznych nie są wystarczającemi, narzędzia nie dosyć dokładnemi, a podane sposoby prowadzenia robót, tu się zastósować nie dają. Główną różnicę przy zdejmowaniu planów pomiędzy mniejszemi a większemi przestrzeniami stanowi to, iż pierwsze w stosunku do powierzchni całéj kuli ziemskiéj mało będąc znaczącemi, mogą

za zupełnie płaskie być uważane, i dlategotéż plany ich do jednéj płaszczyzny pozioméj, czyli stycznéj do krzywizny kuli ziemskiéj odnoszone bywają. Im większą jednak przestrzeń planem objąć zechcemy, im znaczniejszą część całéj powierzchni ziemi stanowić ona będzie, tém wydatniejszym na niéj kształt kulisty ziemi okazać się musi. Tego rodzaju planów do jednéj płaszczyzny odnosić już nie możemy, odległości bowiem pomiędzy zdejmowanemi punktami, po powierzchni kulistéj mierzone, rzucając się na płaszczyznę, wymiarów właściwych sobie zachowaćby nie mogły, a zatém położenie względne tych punktów dokładnie oznaczoném a powierzchnia między niemi zawarta, ściśle obliczoną byćby nie mogła.

Jedynym obrazem bezwzględnego poziomu w naturze, jest powierzchnia rozległych wód oceanu w stanie zupełnie spokojnym. Jeżeli powierzchnię tę przedstawimy sobie w myśli, przedłużoną we wszystkich kierunkach pod wzniesieniami ląd stały stanowiącemi, wówczas całą ziemię objąwszy, przedstawi nam ona kształt jéj rzeczywisty. Jak wiadomo, w ten sposób uważana ziemia, ma kształt niezupełnie foremnéj elipsoidy; oś jéj jednak wielka i mała, w stosunku do swéj wielkości, tak mało między sobą się różnią, iż w większéj części zadań geodezyjnych ziemię, za dokładną kulę uważać można.

Główną cechą opisanéj dopiéro powierzchni jest to, iż wszystkie linie pionowe zbiegające się w środku ziemi, spotykają ją, pod kątem prostym. Jeżeli więc przez ważniejsze punkta na przestrzeni zdejmowanéj, przedstawimy sobie przeprowadzone takie linie pionowe, przecięcia ich z powierzchnią bezwzględnie poziomą, czyli rzuty punktów na powierzchnię poziomą, oznaczą nam ich odległości względne. Przedmiotem pomiarów geodezyjnych, jest oznaczenie położenia względnego wszystkich tych punktów, należy je więc uważać tak, jak gdyby zostały przeniesionemi podług linij pionowych na ową płaszczyznę bezwzględnie poziomą, umieszczoną na wysokości średniéj wód oceanu, i w tém położeniu obrachowane

odległości i kąty posłużą nam jako dane, do nakreślenia planu całéj zdejmowanéj okolicy (*).

§ 82.

Przy zdejmowaniu planów topograficznych jak to w właściwém widzieliśmy miejscu, główna czynność zasadza się na oznaczeniu obwodu zdejmowanéj przestrzeni i odniesieniu do niego wszystkich innych szczegółów. Sposób ten przy ogromnych obszarach, pomiarami geodezyjnemi obejmowanych zastosowania znaleźć nie może; trzeba się tu ograniczyć na wyznaczeniu z wszelką dokładnością pewnéj liczby punktów, które następnie posłużą za środek do wyznaczenia innych, bardziéj do siebie zbliżonych. Po oznaczeniu w ten sposób położenia dostatecznéj liczby punktów, całą przestrzeń rozpoznawaną pokrywających, przystępuje się dopiéro do zdejmowania szczegółów, co już wchodzi w zakres planów topograficznych, o których mówiliśmy poprzednio.

Pierwszą więc przygotowawczą czynnością, przed przystąpieniem do zdejmowania planów powierzchni znacznéj rozległości, jak np. całego kraju, prowincyi i t. d., jest wybranie i oznaczenie na gruncie pewnéj liczby punktów, których położenie dokładnie na planie wyznaczone, posłuży za podstawę całéj dalszéj czynności.

Wybór punktów stosownych od wielu zależy okoliczności, pewna wprawa w tego rodzaju czynnościach i bystry rzut oka najlepszemi w tym względzie są przewodnikami. O ile możności korzystać tu należy z punktów stałych nad rozpoznawaną okolicą panujących, jakiemi są np. wieże kościołów, szczyty gór i wyniosłych gmachów, słupy graniczne i t. p. Każdy punkt obrany powinien być z trzech sąsiednich dobrze widzianym, a odległości między wszystkiemi punktami o ile możności jednostajne; tym sposobem unikniemy po-

(*) Ponieważ powierzchnia ziemi jest kulistą, przedstawienie jéj przeto dokładne na rysunku płaskim, na papierze będącym płaszczyzną, jest niepodobném Dla zaradzenia téj niedogodności rozmaite przyjęto sposoby rysowania kart geograficznych. Ponieważ rozbiór szczegółowy tego przedmiotu w zakres pracy naszéj nie wchodzi, podajemy przeto ogólne tylko wiadomości rzeczy téj dotyczące, przy nauce rysowania planów.

między liniami łączącemi je, zbyt ostrych, lub zbyt rozwartych kątów, które jak wiadomo często stają się przyczyną niedokładności wypadków. W tak obranych miejscach wznoszą się stosownie do potrzeby mniéj, lub więcéj wysokie rusztowania, zakończone u góry pionowo sterczącemi słupkami. Rusztowania podobne zowią się *znakami*, albo sygnałami, służą one za stanowiska z których się obserwacye za pomocą narzędzi dokonywa, a rzut poziomy górnego słupka oznacza środek takiego stanowiska i miejsce w którém narzędzie umieszczoném być winno. Przy celowaniach słupki pionowe górne służą za przedmiot celu.

Odległość pomiędzy podobnie urządzonemi znakami, może od 8 do 20 wiorst wynosić, starać się jednak należy, jak to już powiedzieliśmy, o umieszczanie ich, o ile na to kształt gruntu dozwala, w równéj od siebie odległości.

Po ustawieniu w sposób powyżéj opisany znaków, jeżeli przedstawimy sobie w myśli każdy z nich połączony za pomocą linij prostych ze znakami sąsiedniemi, cała przestrzeń zostanie pokrytą, pewną liczbą ogromnych trójkątów, których zbiór siecią trygonometryczną pierwszego rzędu zwykle bywa nazywany.

Mierzenie wszystkich boków tych wielkich trójkątów, za pomocą nawet jak najdokładniejszych narzędzi, byłoby rzeczą nadzwyczaj mozolną i źródłem częstych błędów, z tego więc powodu wymierza się zwykle na początku czynności, jeden bok tylko z największą starannością, za pomocą narzędzi i sposobów które poniżéj opisać zamierzamy. Tak wymierzona linia służy za podstawę dalszéj czynności. Kąty na wszystkich stanowiskach zapomocą najdokładniejszych narzędzi zdjęte, wraz z tak wymierzoną podstawą, pozwolą na rozwiązanie pierwszego trójkąta i oznaczenie długości innych jego boków. Każdy z tak obliczonych boków pierwszego trójkąta jest wspólnym dla trójkąta przyległego; potrzeba więc tylko zmierzyć kąty w tym nowym trójkącie, a obliczenie pozostałych dwóch boków znowu przyjdzie z łatwością. Tak postępując dojdziemy do oznacze-

nia boków wszystkich trójkątów. Jeżeli czynność jest długą, pożyteczném jest jako sprawdzenie wymierzyć znowu, z największą dokładnością ostatni z boków, a jeżeli należyta ścisłość zachowaną została, długość za pomocą rachunku wypadającą, zgodzić się powinna z długością, za pomocą bezpośredniego mierzenia otrzymaną. Po tak dokonaném obliczeniu wszystkich wielkich trójkątów pokrywających przestrzeń rozpoznawaną, położenie względne punktów, służących im za wierzchołki, w których znaki umieszczone były, zostanie dokładnie oznaczoném. Obiera się następnie wewnątrz każdego z trójkątów jeden lub kilka punktów, które połączone pomiędzy sobą i z wierzchołkami już istniejącego trójkąta, utworzą szereg mniejszych trójkątów, zwanych siecią trygonometryczną drugiego rzędu. Postępując w sposób wskazany powyżéj, wszystkie wymiary tych nowych trójkątów obliczonemi być mogą. Każdy z trójkątów, drugiego rzędu podzielony znowu być może na mniejsze, które sieć trzeciego rzędu stanowić będą. Wreszcie po oznaczeniu w sposób powyższy położenia znacznéj ilości punktów pozostaje tylko zdjęciem wszystkich szczegółów na gruncie się znajdujących całkowitą pracę uzupełnić. W miarę zmniejszania się wielkości trójkątów czynność staje się łatwiejszą i prostszą, błędy przez rachunek lub niedokładność narzędzi popełniane, mniejszy wpływ na wypadki wywierają; przy obliczaniu więc sieci drugiego a szczególniéj trzeciego rzędu można użyć narzędzi mniejszą ścisłością się odznaczających i sposobów pośpieszniejszych choćby i mniéj dokładnych.

§ 83.

Powiedzieliśmy już poprzednio, iż plany geodezyjne odnoszą się do poziomu średnich wód morza, czyli, że zadaniem ich nie jest przedstawienie obrazu położeń względnych rozmaitych punktów stałych na powierzchni ziemi, lecz ich rzutów poziomych na ową powierzchnię kulistą, którą sobie jako przedłużenie poziomu wód morskich przedstawiamy; z tego wynika, iż wszelkie wymiary jakie na powierzchni ziemi zdej-

mujemy, powinny przed właściwém ich użyciem, uledz pewnéj poprawce, czyli zostać przywiedzionemi do poziomu morza.

Mierzenie długości w robotach geodezyjnych ogranicza się, jak to już widzieliśmy, do wymierzenia jednéj podstawy, która służy do obliczania innych odległości; najpierwszą więc jest rzeczą wymierzoną podstawę na powierzchni ziemi, tojest na poziomie wyższym przywieść do poziomu właściwego, tojest na wysokości średnich wód morskich położonego.

Wyobraźmy sobie, iż łuk AMB (fig. 59) przedstawia nam podstawę dokładnie wymierzoną na powierzchni ziemi, łuk zaś amb tęż podstawę przywiedzioną do poziomu średnich wód morza. Oznaczmy przez P promień kuli objętéj powierzchnią poziomą wód morza, czyli promień kuli ziemskiéj, przez h wysokość aA wzniesienia powierzchni, na któréj podstawa została wymierzoną, nad poziom morza. Promień łuku po którym ta podstawa wymierzoną była wyrazi się przez $P+h$. Oznaczmy jeszcze łuk AMB, przez B i łuk amb przez b.

Ponieważ długości łuków podobnych mają się do siebie jak promienie kół, do których też łuki należą, będzie więc:

$$b : B = P : P + h \text{ ztąd}$$

$$b = \frac{BP}{P+h}$$

Wartość tę łuku mniejszego odjąwszy od długości wymierzonéj czyli łuku większego będzie:

$$B - b = B - \frac{BP}{P+h} = \frac{BP + Bh - BP}{P+h} = \frac{Bh}{P+h}$$

Rozwijając wyrażenie powyższe będzie ostatecznie:

$$B - b = \frac{Bh}{P} - B\frac{h^2}{p^2} + B\frac{h^3}{p^3} - B\frac{h^4}{p^4} + \ldots$$

W formułę powyższą wstawiwszy wartości liczebne i odejmując wypadek otrzymany od długości wymierzonéj podstawy, wynajdziemy rzeczywistą długość jéj rzutu na powierzchnię średnich wód morza.

Podobne sprowadzanie wymiaru podstawy do poziomu morza, używa się tylko przy rozwięzywaniu trójkątów sieci trygonometrycznych pierwszego rzędu, rzadko drugiego, sło-

wem zastosowanie téj poprawki wtenczas tylko będzie właściwém, gdy rozpoznawane trójkąty dla swéj wielkości za płaskie uważać się nie dozwalają.

§ 84.

Po wymierzeniu i sprowadzeniu do poziomu morza obranéj podstawy, przystępuje się do mierzenia kątów. Jeżeli punkt na którym jest ustawione narzędzie do mierzenia kątów służące i punkta do których się celuje, na jednym znajdują się poziomie, kąt zdjęty przy zachowaniu należytych ostrożności, za pomocą narzędzia, za dokładny można uważać; inaczéj rzecz się ma jednak, gdy wzniesienie stanowiska, z którego kąt zdejmujemy i punktów za przedmiot celu służących jest rozmaite. Wówczas przed użyciem należy kąt za pomocą celowania otrzymany sprowadzić do poziomu. Większa część narzędzi geodezyjnych tak jest zbudowana, iż poprawka powyższa sposobem mechanicznym się dokonywa, tak dalece, iż kąt na narzędziu odczytywany, już jest sprowadzonym do poziomu; gdy jednak nie wszystkie narzędzia w podobny sposób są udoskonalone, wypada nam przedstawić sposób, za pomocą którego, kąt utworzony przez linie nachylone czyli nie poziome, do poziomu sprowadzony być może.

Przypuśćmy, iż ustawiwszy narzędzie w punkcie C (fig. 60), celujemy do punktów A i B na rozmaitém wzniesieniu położonych, kąt ACB tym sposobem otrzymany potrzebuje być sprowadzonym do poziomu.

Oznaczmy kąt zdjęty za pomocą narzędzia przez O. Kąt nachylenia ramienia AC przez α. Kąt nachylenia linii BC przez β. Odległość zenitalną punktu A przez $z=(90^0-\alpha)$. Odległość zenitalną punktu B przez $z'=(90^0-\beta)$. Kąt O sprowadzony do poziomu czyli kąt ECF, przez O'. Jeżeli przez pionową $O'C$ i punkt B przeprowadzimy koło wierzchołkowe, linia CB rzucając się podług tego koła przyjmie na poziomie kierunek EC. Drugie koło wierzchołkowe przez linię $O'C$ i punkt A przeprowadzone przeniesie nam linię AC na poziom w kierunku FC. Kąt zatém ACB czyli O sprowadzony do poziomu wyrazi się przez kąt $ECF=O'$.

Przy punkcie O' utworzy nam się kąt kulisty $BO'A$, ktory będzie miarą nachylenia dwóch płaszczyzn $AO'C$ i $BO'C$, ponieważ zaś to nachylenie mierzy także kąt prostokreślny ECF; dwa te więc kąty muszą być sobie równe.

Jeżeli z punktu C zakreślimy łuk AB, który oznaczymy przez b, utworzy nam się trójkąt kulisty ABO' w którym bok $AO' = z$ będzie odległością zenitalną punktu A, bok $BO' = z'$ odległością zenitalną punktu B, a bok $AB = b$ miarą kąta zdjętego ACB czyli O. Wszystkie te rzeczy są nam znane. Wiemy zaś z trygonometryi kulistéj, iż w trójkącie różnobocznym będzie:

$$\text{wst.}\,\tfrac{1}{2}\,O' = \sqrt{\frac{\text{wst.}\,\tfrac{1}{2}(b+z-z')\;\text{wst.}\,\tfrac{1}{2}(b+z'-z)}{\text{wst.}\;z.\;\;\text{wst.}\;z'}}$$

W formułę powyższą wstawione wartości odpowiednie dadzą nam wartość kąta O sprowadzonego do poziomu.

W przypadkach jeżeli nachylenie dwóch linij celu będzie jednakowe, lub nie wiele różne, tojest gdy $\alpha = \beta$ a zatem $z = z'$ formuła powyższa o wiele uprościć się daje; będzie więc:

$$\text{wst.}\,\tfrac{1}{2}\,O' = \sqrt{\frac{\text{wst.}^2\,\tfrac{1}{2}\,b}{\text{wst.}^2\,z}} = \frac{\text{wst.}\,\tfrac{1}{2}\,b}{\text{wst.}\;z}$$

Że zaś wst. z = dost. α więc:

$$\text{wst.}\,\tfrac{1}{2}\,O' = \frac{\text{wst.}\,\tfrac{1}{2}\,b}{\text{dost.}\;\alpha}$$

§ 85.

Drugą poprawką, jakiéj przy mierzeniu kątów częstokroć użyć wypada jest sprowadzenie zdejmowanych kątów do środka stanowisk. Często punkta wybrane za wierzchołki trojkątów, są takiego rodzaju, iż narzędzie na linii pionowéj przez nie przechodzącéj ustawione być nie może. W takim przypadku znajdują się najczęściéj, wieże kościołów, dzwonnice, budynki i t. d. Wówczas konieczność zmusza do ustawienia narzędzia na zewnątrz właściwego stanowiska, lecz w ten sposób wymierzone kąty, powinny uledz stosownéj poprawce, która im nada wartość taką, jakąby przez celowanie z właściwego punktu narzędziem otrzymać były powinny.

Poprawka taka nazywa się *sprowadzeniem kątów do środka stanowisk.*

Przypuśćmy np., iż dla zdjęcia kąta BCA (fig. 61) potrzebujemy celować z punktu C do punktów A i B. Przeszkoda przystęp do punktu C utrudniająca zmusza nas do ustawienia narzędzia w punkcie C', z którego wymierzymy kąt $BC'A$. Pozostaje więc tylko wynaleźć różnicę wartości kątów $BC'A$ i BCA, a wartość tego ostatniego ściśle oznaczoną zostanie.

Oznaczywszy odległość dwóch stanowisk C i C' przez r, Odległość między punktami B i C przez g. Odległość między punktami A i C przez d. Kąt BCA przez C, kąt $BC'A$ przez C', kąt $BC'C$ przez y, kąt wreszcie $CC'A$ przez $C' + y$. Różnicę zaś wartości kątów C' i C, która może być dodatną lub ujemną przez R będziemy mieli:

$$C = AIB - CBC'$$

$$AIB = C' + CAC' \text{ ztąd:}$$

$$C = C' + CAC' - CBC'$$

W trójkącie CAC' mamy:

$$\text{wst. } CAC' : r = \text{wst. } (C'+y) : d$$

$$\text{wst. } CAC' = \frac{r \text{ wst. } (C'+y)}{d}$$

W trójkącie zaś CBC'

$$\text{wst. } CBC' : r = \text{wst. } y : g$$

$$\text{wst. } CBC' = \frac{r \text{ wst. } y}{g}$$

Ponieważ kąty CBC' i CAC' z powodu wielkiego stosunkowo oddalenia punktów A i B będą zawsze bardzo małe, bez popełnienia przeto wielkiéj niedokładności, można uważać wartość ich wstaw i łuków za równe sobie, będzie zatém:

$$C - C' = R = \frac{r \text{ wst. } (C' + y)}{d} - \frac{r \text{ wst. } y}{g}$$

Jeżelibyśmy chcieli wartość powyższą dla R otrzymać odrazu wyrażoną w sekundach, należałoby drugą stronę równania podzielić przez długość łuku $1''$, że zaś przy tak ma-

łych kątach, łuk i wstawa za równe mogą być uważane, wyrażenie przeto powyższe przyjmie kształt następujący:

$$R = \frac{r \text{ wst. } (C + y)}{\text{wst. } 1'' \, d} - \frac{r \text{wst. } y}{\text{wst. } 1'' \, g}$$

W równanie powyższe wchodzą dwie ilości d, i g tojest odległości punktu C od punktów A i B, których przed ścisłém oznaczeniem wielkości kąta C, dokładnie znać nie możemy, dostateczném jednak będzie po wymierzeniu kąta C', rozwiązać trójkąt $B\,C\,A$, uważając tymczasowo kąt C, jako równy kątowi C'. Obliczone tym sposobem chociaż nie zupełnie dokładnie długości boków $B\,C$ i $C\,A$ w otrzymywanych za ich pomocą wypadkach dostateczne dają przybliżenie; nadto, im oddalenie punktów A i B od C jest większe, tym niedokładność pochodząca z wzięcia kąta C' zamiast C, mniejszy wpływ wywiera, tak dalece, że gdyby punkta A i B były gwiazdami których odległości za nieskończenie wielkie uważać można, w takim razie kąty C i C' byłyby zupełnie równie sobie i mielibyśmy $R = O$.

§ 86.

Po sprowadzeniu wszystkich kątów do poziomu i do środka stanowisk i przywiedzeniu podstawy do powierzchni morza, można przystąpić do rozwiązywania trójkątów.

Jeżeli ziemię uważać będziemy jako kulę, wielkie trójkąty należące do sieci pierwszego rzędu, będą trójkątami kulistemi i jako takie powinnyby być rozwiązywane za pomocą wzorów w trygonometryi kulistéj wskazanych; ponieważ jednak boki tych trójkątów nie wiele się różnią od linij prostych, można je rozwiązywać jako prostokreślne z zachowaniem właściwych ostrożności, które poniżéj podajemy.

Wiadomo jest, iż zasadnicza własność trójkątów prostokreślnych, na mocy któréj summa trzech kątów trójkąta równa się dwom kątom prostym, w trójkątach kulistych zastosowania nie znajduje, i że przeciwnie summa trzech kątów trójkąta kulistego, zawsze jest większą od dwóch kątów prostych. Z tegoto powodu w wielkich trójkątach sieci pierwszego rzę-

du widzimy, iż summa trzech kątów zdjętych na gruncie za pomocą narzędzi zawsze jest cokolwiek wyższą od 180°. Przewyżka ta zwana *przepełnieniem* w trójkątach takich jakie za pomocą istniejących dziś narzędzi zdejmowanemi być mogą, zaledwie kilka, lub kilkanaście sekund wynosi.

Rachunki przez Leżandra i Delambra podane, a następne wielokrotnemi sprawdzone przykładami wykazały, że:

Zmniejszywszy o trzecią część przepełnienia każdy z kątów trójkąta ziemskiego, którego boki nie więcéj jak 100,000 sążni wynoszą, otrzymamy trójkąt prostokreślny, równy tamtemu co do powierzchni. Trójkąt taki za pomocą wzorów do trójkątów prostokreślnych się stosujących rozwiązany być może.

Po zdjęciu zatém na gruncie trzech kątów wielkiego ziemskiego trójkąta i wprowadzeniu do ich wartości właściwych poprawek, należy od summy ich odjąć 180°, co nam wartość przepełnienia oznaczy; następnie zmniejszywszy każdy z tych kątów o $^1/_3$ obliczonego przepełnienia, trójkąt jako prostokreślny, za pomocą wzorów w trygonometryi prostokreślnéj podanych rozwiązany być może.

Ostrożność powyższa stosuje się jedynie do trójkątów sieci trygonometrycznéj pierwszego, a czasem i drugiego rzędu, mniejsze zaś trójkąty bezwarunkowo za płaskie uważane i jako takie rozwiązywane być powinny.

Poznawszy ogólne prawidła, według których pomiary geodezyjne dokonywane być winny, przejdziemy do opisu narzędzi, przy tychże pomiarach używanych.

Narzędzia te podobnie jak topograficzne dzielą się, według swego przeznaczenia, na narzędzia do mierzenia odległości i narzędzia do zdejmowania kątów używane.

ROZDZIAŁ II.

Narzędzia służące do mierzenia odległości.

Łaty.

§ 87.

Łaty są narzędziami najdokładniejszemi, ze wszystkich do mierzenia odległości służących, dlategotéż w czynnościach geodezyjnych pierwszego a nawet i drugiego rzędu narzędzia te wyłącznie używane bywają, a ile razy zachodzi potrzeba wymierzenia z wszelką ścisłością jakiéj długości, czynność ta tylko za pomocą łat dokonaną być winna, żaden bowiem inny sposób dostatecznéj rękojmi nie przedstawia.

Łaty do mierzenia długości służące w rozmaity sposób bywają urządzane i z rozmaitych robione materyałów. Metalowe w ogóle mają tę niedogodność, iż zbyt są czułemi na zmiany temperatury; lecz z drugiéj strony łaty takie zbudowane według pomysłu Bordy z dwóch sztab z metali niejednakowo rozszerzalnych, wynagradzają w części ten niedostatek, wskazując same bez innego przyrządu wysokość swéj temperatury i dozwalając przez to zapomocą rachunku ocenić wysokość poprawki jaką do otrzymanych, przez mierzenie bezpośrednie, wypadków wprowadzić należy.

W łatach drewnianych zmiany długości pod wpływem ciepła są bardzo małe; wiadomo bowiem, że drzewo w kierunku długości włókien jest prawie nierozszerzalne, dla téj więc przyczyny przy mierzeniu łatami drewnianemi zazwyczaj nie ma się względu na zmiany temperatury. Na łaty podobne używa się zwykle drzewa sosnowego, z włóknami o ile można prostemi; drzewo takie gotuje się w oleju i pociąga pokostem, lub lakierem w celu uchronienia od wpływów atmosferycznych.

Łaty szklanne najmniéj ulegają wpływom powietrza, nie wiele jednak dotąd były używane.

Łaty w ogóle jakeśmy to już powyżéj powiedzieli, są narzędziami nadzwyczaj dokładnemi, użycie ich jednak jest bardzo mozolne i długiego wymaga czasu, tak dalece, iż przy największéj wprawie i dostatecznéj pomocy, dziennie zaledwie pół wiorsty zmierzyć można; dlategoteż tylko w razie bardzo ważnych czynności używa się tego sposobu mierzenia.

§ 88.

Jakiegokolwiek rodzaju łaty użytemi być mają do mierzenia, pierwszą przygotowawczą czynnością jest jak najdokładniejsze wytknięcie linij, które się uskutecznia za pomocą lunety, z stosownym do tego przeznaczenia przyrządem. Luneta taka powinna tak być osadzoną, aby ją dowolnie po płaszczyznie pionowéj przez oś jéj przechodzącéj poruszać można było, t. j. nadawać linii celu rozmaite w miarę potrzeby nachylenia. Wewnątrz lunety umieszczony włos pionowy, przez oś jéj przechodzący, wyznacza kierunek rzeczywisty linii celu. Ustawiwszy więc to narzędzie w punkcie od którego mierzenie ma być zaczętém i skierowawszy szkło przedmiotowe, tak aby włos lunety padał dokładnie na znak w drugim końcu linii rozpoznawanéj umieszczony, zatyka się tyczki pośrednie kierunek linii wyznaczać mające, w ten je sposób umieszczając, aby włos lunety środek każdéj z nich pokrywał. Jeżeli linia jest zbyt długą, aby z jednego stanowiska cała mogła być wyznaczoną, po wytknięciu pewnéj części przenosi się narzędzie na inne stanowisko, a zgodziwszy kierunek lunety z częścią już wyznaczoną daléj w tenże sam sposób robotę dokonywa.

Końce linii z największą dokładnością oznaczone być winny; najlepiéj jest w tym celu zbudować pewien rodzaj murowanéj podstawy z umieszczoną w środku blachą żelazną, na któréj rys nakreślony oznaczać będzie początek linii. Podobna blacha powinna być umieszczona na słupku mocno wbitym w ziemię; każdego dnia po ukończeniu roboty, słupek ten i blacha wskazywać będą punkt, z którego mierzenie nazajutrz ma się rozpoczynać.

§ 89.

Mierzenie odległości za pomocą łat, wymaga tysiącznych drobiazgowych ostrożności, których niepodobna objąć opisem; wspomnimy tu więc tylko o główniejszych warunkach, do jakich przy tego rodzaju robotach zastosować się należy, i jesteśmy przekonani, że z innemi drobniejszemi szczegółami, jedynie wprawa z użycia pochodząca obznajmić może.

Oto są główniejsze przepisy, które przy mierzeniu odległości za pomocą łat zachować należy:

1od. Łaty do mierzenia powinny być ustawiane do poziomu, lub w razie przeciwnym, kąt ich nachylenia powinien z dokładnością być zdjęty i zapisany w dzienniku, co posłuży do obrachowania poprawki odpowiedniéj nachyleniu.

2re. Łaty z wszelką dokładnością winny być ustawiane w kierunku linii wytkniętéj; jeśliby dla jakiéj przeszkody lub innéj przyczyny łata ukośnie ustawioną została, należy kąt zboczenia oznaczyć a następnie poprawkę odpowiednią obliczyć.

3cie. Łaty ustawiają się w ten sposób, aby ich końce nigdy bezpośrednio z sobą się nie stykały; przedziały pozostawione wymierzają się, za pomocą urządzonych przy każdéj z łat wysuwek i noniuszów, o czém przy szczegółowym opisie tych narzędzi obszerniéj powiemy. Ostrożność ta jest konieczną, przy ustawianiu bowiem następnéj łaty, łatwo poprzednia mogłaby być przez uderzenie, lub popchnięcie w tył cofniona; zresztą często powtarzane uderzanie w koniec łat mogłoby wpłynąć na sfałszowanie ich długości.

4te. Jeżeli używa się łat metalowych, trzeba na każdém stanowisku zapisywać stopień ich ciepła, który, co chwila się zmieniając wpływa na zmianę długości narzędzia. Jak to już wspomnieliśmy wiele jest znanych rodzajów łat, że jednak zasada użycia przy niektórych odmianach budowy, zawsze pozostaje taż sama; ograniczymy się tutaj podaniem opisu bardziéj szczegółowego dwóch tylko odmiennych tego rodzaju narzędzi, a mianowicie: łat użytych do mierzenia połu-

dnika Francyi i łat udoskonalonych podług pomysłu p. Porro oficera inżynieryi sardyńskiéj. Mamy nadzieję, iż obeznawszy się ze składem i użyciem dwóch dopiero wymienionych rodzajów, każdemu łatwo będzie w razie potrzeby też same zasady i przepisy do narzędzi podług innego zbudowanych systematu zastosować.

§ 90.

Łaty użyte do mierzenia południka paryzkiego. Łaty te zbudowane były, według pomysłu Bordy i pierwszy raz użyte przez sławnego matematyka Delambre'a, do wymierzenia części południka ziemskiego, która miała służyć za zasadę systematu metrycznego. Figura 62 przedstawia końce dwóch łat bezpośrednio po sobie następujących; każda z nich składa się z dwóch sztab, spodniéj *A A* platynowéj, 12 stóp miary dawnéj francuzkiéj długości, 6 linii szerokości i 1 linię grubości mającéj i wierzchniéj *B B* mosiężnéj, któréj szerokość i grubość taż sama jest co i poprzedniéj, długość zaś o 6 cali mniejsza. Wierzchnia sztaba, w jednym końcu przytwierdzona jest do spodniéj za pomocą trzech śrub *f f*, a ponieważ mosiądz bardziéj jest rozszerzalny aniżeli platyna, sztaba wierzchnia ulegając wpływowi temperatury, może bez przeszkody przedłużać się lub kurczyć posuwając się wolnym końcem po sztabie platynowéj. Zmiany te w długości linii mosiężnéj stanowią pewien rodzaj termometru pozwalającego ocenić stopień ciepła całego narzędzia; ponieważ zaś długość łat była uregulowaną początkowo przy temperaturze zero, łatwo mając rozszerzalność platyny na jeden stopień ciepła, obliczyć długość jaką sztaba platynowa przy wskazanéj temperaturze mieć będzie.

Do ocenienia tych zmian w temperaturze i długości sztab zachodzących służy urządzenie następujące:

W wierzchniéj sztabie wycięty prostokątny otwór, opatrzony noniuszem 0,....10 dozwala widzieć umocowaną na spodniéj sztabie tabliczkę mosiężną z podziałką 0,....60.

Podziały noniusza wskazują przedłużenie sztaby na — 0,sążnia 000009245, nadto mikroskop *C* osadzony po nad nim, dozwala przy odczytywaniu oceniać połowy, a nawet czwarte części każdego z powyższych podziałów. Koniec sztaby platynowéj—opatrzony jest wysuwką *g*, osadzoną pomiędzy dwiema listewkami. Przeznaczeniem téj wysuwki jest mierzenie przedziału jaki pozostaje pomiędzy dwiema łatami po ich ustawieniu na gruncie; w tym celu wysuwa się ona za pomocą guzika *b*, aż do spotkania z łatą poprzedzającą, a podziałka 0,....300 nakreślona na niéj i noniusz 10,....0 na jednéj z listewek wyryty dają szukaną odległość z przybliżeniem o 0,sąż 00001; w końcu za pomocą mikroskopu *C'* podobnie urządzonego jak dopiero co opisany mikroskop *C* połowy a nawet ćwierci tych podziałów stają się widocznemi: tym sposobem przedziały pomiędzy łatami dają się odmierzać z przybliżeniem o $\frac{1}{400000}$ sążnia.

Urządzone w powyżéj opisany sposób łaty były za słabe i łatwo uszkodzonemi być mogły, dla wzmocnienia więc dodano im, pod spodem podkłady drewniane *T T* (fig. 63), na których sztaby metalowe osadzone dowolnie przedłużać się mogły pod wpływem ciepła, stosownie zaś urządzone szlufki, przeszkadzały wszelkiemu ich zboczeniu z linii prostéj. Cały ten przyrząd pokryty był daszkiem *t t*, który łaty od bezpośredniego działania promieni słońca zabezpieczał, na wierzchu zaś daszku umocowane wystające sztyfty wskazywały oś łaty i służyły do ustawiania jéj dokładnie w kierunku prostym. Dwie podstawy żelazne *x x* o trzech ramionach każda, utrzymywały łatę wspierając się za pomocą śrub *y y* na innych podstawach drewnianych *S S*, opatrzonych ostro zakończonemi nóżkami, które wchodząc w ziemię zabezpieczały od zmiany położenia w czasie czynności.

Przez stosowne przykręcanie śrub *y y* można łatę doprowadzić do poziomu, jeżeli jéj położenie nie wiele się różni od niego lub nadać jéj dowolne nachylenie. Do oceniania zaś kąta tego nachylenia służy pewien rodzaj grundwagi mularskiéj, która w miejsce nitki z ciężarkiem nosi wahadło opa-

trzone noniuszem i u dołu łuk z podziałką. Noniusz ten przebiegając po łuku wskazuje kąt nachylenia narzędzia.

§ 91.

Łata pomysłu p. Porro. Używając do mierzenia odległości, łat dopiero co przez nas opisanych, lub jakichkolwiek innych, potrzeba mieć ich trzy lub cztery i ustawiać jednę po drugiéj. Chcąc zaradzić téj niedogodności, p. Porro oficer sztabu w Sardynii zbudował łatę pojedynczą, która sama jedna do mierzenia wszelkich odległości wystarcza. Zasada na któréj użycie téj łaty się opiera jest następująca:

Jeżeli przedstawimy sobie wzdłuż linii którą mierzyć zamierzamy, mniéj więcéj co trzy metry rozstawione trójnogi, opatrzone pionowo na nich osadzonemi mikroskopami i jeżeli następnie łatę wymiarów znanych i dokładnie oznaczonych będziemy kolejno przesuwać, wspierając ją na każdych dwóch najbliższych siebie trójnogach; w takim razie odległość pomiędzy osiami optycznemi każdych dwóch najbliższych siebie mikroskopów, może z wszelką dokładnością być odczytaną. W ten sposób postępując, cała linia może być odmierzoną, lecz zamiast nieograniczonéj liczby trójnogów z mikroskopami, dosyć jest mieć ich trzy. Mierzy się naprzód odległość pomiędzy pierwszym a drugim, następnie między drugim a trzecim, i jednocześnie pierwszy, który w miejscu gdzie był umieszczony, jest już niepotrzebnym, przenosi się o trzy metry naprzód i staje się czwartym, następnie przenosi się drugi, który będzie piątym i t. d.

Pomysł p. Porro, tym sposobem, o wiele upraszcza mierzenie odległości za pomocą łat, narzędzie jego proste i niekosztowne, tém jest oszczędniejszém, iż w miejsce trzech lub czterech jedna łata jest wystarczającą; nadto robota za pomocą tego narzędzia dokonywana, będąc równie jak przy użyciu innych łat dokładną, o wiele jest pośpieszniejszą, można bowiem dziennie około jednéj wiorsty odległości przemierzyć.

§ 92.

Budowa łaty pomysłu p. Porro jest następująca:

Drążek okrągły i lakierowany *rr* (fig. 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73) z drzewa sosnowego mający długości około $3^m,20$, stanowi główną część narzędzia, czyli właściwą łatę, przy obu jego końcach osadzone są blaszki metalowe *ε ε*, z podziałkami na $0,^m05$ długiemi, z których każda na 500 równych przedziałów czyli na dziesiąte części milimetru jest podzielona. Zera tych podziałek obrócone są ku środkowi łaty, a odległość pomiędzy niemi z wszelką dokładnością $3,^m00$ wynosić powinna. Dla większéj dogodności przy przenoszeniu, p. Porro składa swą łatę z trzech kawałków zachodzących w tuleje *zz*, które mogą być dowolnie w takowe zakładane, lub wyjmowane. Szczegół ten urządzenia niezdaje nam się zupełnie dobrze obmyślanym, przy największéj bowiem ostrożności, części drążka w składaniu mogą nie dosyć dokładnie zetknąć się z sobą, jedno ziarnko piasku stanie się przyczyną sfałszowania całéj długości, dlatego też przy każdém złożeniu na nowo trzech części składających łatę, potrzeba sprawdzić jéj długość, do czego służy dołączony do narzędzia metr, podobnie jak sama łata z drzewa sosnowego zrobiony. Lepiejby więc było, ile nam się zdaje, łatę z jednéj złożoną sztuki z większém utrudzeniem z miejsca na miejsce przenosić i przez to, raz na zawsze być uwolnionym od potrzeby jéj sprawdzania, niżeli ciągłém składaniem i rozbieraniem części składowych całą robotę na niedokładność narażać.

Opisany powyżéj drążek *rr* umieszczony jest w rurce mosiężnéj *mm*, w któréj końcach urządzone otwory *ff* pozwalają widzieć podziałki na łacie umieszczone. Guziki *xx* przytwierdzone do zasuwek służą do zamykania tych otworów. Rura podobnie jak sama łata składa się z trzech sztuk, których spojenia *jj*, są tak urządzone, że wszystkie części mogą być dowolnie rozbierane i nanowo składane. Koniec rury zamknięty jest zatyczką *bb*, która naciskając umieszczo-

ną wewnątrz sprężynę utrzymuje łatę w właściwém położeniu. Dwie antaby *pp* służą do przenoszenia rury wraz z łatą bez rozbierania ich na części.

Do wsparcia łaty na tablicach trójnogów służy przyrząd następujący:

Tylna część rury objęta jest pewnym rodzajem panewki półkólistéj, opatrzonéj u spodu dwoma wystającemi sztyftami *t t*, które jéj miejsce nóżek zastępują. Panewka jest ruchoma i przytwierdza się do rury przez przykręcenie śrubek *b, b*,. Przednia część rury spoczywa na dwóch kółkach *u u*. Urządzenie to nie przeszkadza wolnemu przedłużaniu się rury pod wpływém temperatury; nadto jeżeli przy ustawianiu łaty zboczono z kierunku linii mierzonéj; dozwala błąd skoro nie jest zbyt wielkim naprawić przez posunięcie na kółkach końca przodkowego w stronę właściwą. Jeżeli trójnogi niezupełnie poziomo zostaną ustawione, przez stosowne nakręcenie panewki, zawsze ją do takiego położenia doprowadzić można, że łata na wszystkich czterech podpórkach, tojest dwóch kółkach i dwóch sztyftach wspierać się będzie.

W środku łaty umieszczona jest libella *n n*, z krzywizną dość mocną; podziały na jéj rurce w ten sposób są urządzone, że dosyć jest odczytać dwie liczby pomiędzy któremi bańka się zatrzymała, a dodawszy je do siebie otrzymamy wartość kąta nachylenia pod jakim łata ustawioną została. Śrubka *v* służy do poprawiania położenia libelki, jeśliby się okazało, iż styczna przez środek jéj krzywizny przechodząca, nie jest do łaty równoległą (*).

§ 93.

Opisana powyżéj łata w czasie użycia wspiera się na trójnogach, których urządzenie jest następujące:

(*) P. Porro udoskonalając łatę swego pomysłu, w ostatnich czasach w miejsce drzewa użył dwóch metalów, tojest platyny i mosiądzu, których niejednakowa rozszerzalność stopień temperatury wskazuje i w rachunek stosowną poprawkę wprowadzać dozwala. Urządzenie saméj łaty jéj podstaw i mikroskopów zupełnie pozostaje toż samo.

Trzy nogi *BB*, *BB* i *C C* łączą się z sobą u góry w taki sposób, iż dwie z nich *B B* i *B B* osadzone są na wspólnym zworzniu, który przy ustawianiu obraca się zawsze tak aby był mniéj więcéj prostopadłym do kierunku linii mierzonéj, trzecia zaś noga łączy się z dwiema innemi za pomocą orzecha i obejmującéj go panewki, któryto przyrząd dozwala nadawać téj nodze poruszenia we wszelkich kierunkach. Nogi te mają końce okute i opatrzone są skobelkami *δ δ* niedozwalającemi im rozsuwać się, kiedy raz zostaną zamknięte.

Na wierzchu trójnoga osadzona jest tablica owalna *A A* (fig. 65), na któréj wspiera się koniec łaty i umieszcza mikroskop. Otwór *b* wycięty w téj tablicy dozwala spostrzegać, patrząc z góry punkt oznaczający na gruncie początek linii, koniec jéj, lub miejsce gdzie mierzenie dnia poprzedniego zatrzymaném zostało.

Chcąc na trójnogu wesprzeć koniec łaty, potrzeba koniecznie przy ustawieniu nadać tablicy górnéj położenie, o ile można zbliżone do poziomego. Wypadek ten, przy urządzeniu dopiero opisaném trójnoga, otrzymuje się w dość łatwy sposób: dosyć jest nadawszy dwóm nogom *BB* i *BB* otwartość odpowiednią, utkwić je w ziemię, następnie zmieniać dopóty otwartość trzeciéj nogi *C C* poruszającéj się z wszelką łatwością na orzechu, dopóki zworzeń utrzymujący dwie pierwsze, nie przybierze kierunku mniéj więcéj poziomego; wówczas nogi pozostają w obraném miejscu i tylko tablicy górnéj nadaje się stosowne poruszenia około osi, aby ją do poziomego przynajmniéj na oko doprowadzić położenia; wtenczas przez przykręcenie mutry *d*, tablica staje się nieruchomą i trójnóg jest należycie ustawiony.

Trójnogów takich jest trzy: na dwóch podczas czynności wspiera się łata, trzeci zaś ustawia się naprzód, a po zmierzeniu pierwszego odstępu, łata przesuwa się i wspiera na drugim i trzecim trójnogu, pierwszy zaś przeniesiony naprzód służy do mierzenia trzeciego odstępu. W miejsce trójnogów opisanych powyżéj, możnaby użyć zwyczajnych, jakie do wszystkich prawie narzędzi mierniczych zastósować się

dają, a jakkolwiek ustawienie trójnoga zwyczajnego jest mozolniejszém, przeciąg jednak czasu konieczny do zmierzenia jednego odstępu, wystarcza na przeniesienie i ustawienie nawet mniéj dogodnego trójnoga; że zaś czynność tę podrzędną dokonywa pomocnik, do właściwego mierzenia nienależący, robota przeto opóźnioną być z tego powodu nie może.

Do każdego trójnoga należy mikroskop, który się na wierzchniéj tablicy ustawia i służy do odczytywania podziałów wyrytych na końcach łaty. Urządzenie tych mikroskopów jest następujące: na podstawie *R R* o trzech ramionach, osadzony jest słupek żelazny *C*, w ten sposób, iż może się około swéj osi wirowym obracać ruchem; śrubka *a* służy do nadawania mu tego ruchu, a tém samém do naprowadzania osi optycznéj mikroskopu na podziałkę ε, na końcu łaty się znajdującą. Słupek *C* za pomocą dwóch sztuczek *z z*, *z' z'* prostopadłych do niego, utrzymuje właściwy mikroskop *M M*, który podobnie jak sam słupek może się około swéj osi obracać. Do oprawy mikroskopu przymocowana jest mała libella *n n* w kierunku prostopadłym do osi optycznéj narzędzia. Skoro więc bańka libelli znajdować się będzie na środku rurki, oś mikroskopu i stale połączonego z nim słupka, przyjmie kierunek pionowy, co właśnie jest warunkiem koniecznym do dokładnego oznaczenia odległości między osiami, dwóch mikroskopów najbliższych. Do naprowadzenia bańki libelli do środka rurki służą śruby *v, v, v'* które przechodzą przez końce trójramiennéj podstawy *R R* i utrzymują cały przyrząd na sobie. Przez kolejne przykręcanie lub odkręcanie tych śrub, w miarę potrzeby bańka w właściwe miejsce naprowadzoną być może (*).

U góry słupka *C* umieszczona jest półsoczewka wypukło-wypukła *V*, któréj ognisko znajduje się w odległości trzech metrów, środek zaś soczewki jest o $0,^{m}10$ odległym od osi mikroskopu. Po nad soczewką osadzona jest mała podział-

(*) Obszerniejszy opis libelli i sposobu naprowadzania jéj bańki do środka rurki, umieszczamy poniżéj, mówiąc o niwellacyi. Przepisy więc tam podane znajdują zupełne zastosowanie przy wszystkich narzędziach, do których składu wchodzi libella.

ka *i*, z kości słoniowéj z przedziałami jeden milimetr wynoszącemi; za pomocą zawiaski *c*, można podziałkę *i* w miarę potrzeby otwierać lub zamykać.

Wiadomo już z poprzedniego, iż przeznaczeniem mikroskopów jest oznaczenie pewnych odstępów, wzdłuż mierzącéj się linii, które to odstępy kolejno za pomocą łaty są odmierzane, z tego wynika, iż jednym z głównych warunków dokładności całéj roboty jest zachowanie ścisłe kierunku linii prostéj, przy ustawianiu mikroskopów; każde zboczenie często nieuniknione, sprowadza błąd, który ocenić i stosowną poprawkę do wypadku ostatecznego wprowadzić należy: do osiągnięcia tego celu służy przyrząd już opisany składający się z soczewki *V* i podziałki *i*.

Chcąc więc sprawdzić, czy mikroskop został ustawiony w właściwym kierunku, zawiesza się ciężarek na sznurku w znacznéj od niego odległości, np. w punkcie *Q* (fig. 73) położonym o $0,^{m}10$ w bok od linii mierzonéj; ponieważ zaś oś pierwszego mikroskopu *M* znajduje się na saméj linii, a środek soczewki *V* jest od niéj także o $0,^{m}10$ oddalony, przeto linia łącząca punkt *m* czyli środek soczewki z punktem *Q* będzie równoległą od linii *MP*, tojest linii, którą mierzyć mamy. Jeżeli drugi mikroskop M_2 został ustawiony dokładnie na linii *MP*, środek jego soczewki, padnie na równoległéj *m*, *Q*; w razie przeciwnym przyjmie on położenie jakiekolwiek na zewnątrz téj linii, np. w punkcie m_2 a odległość $m_2\,q$ od równoległéj będzie równą odległości $M_2\,p$ mikroskopu od linii mierzonéj. Utworzy nam się tym sposobem trójkąt prostokątny, którego przeciwprostokątnią będzie odległość zmierzona za pomocą łaty między dwoma mikroskopami, dłuższe zaś ramię kąta prostego $M_1\,p$, stanowić będzie prawdziwą długość zajętą przez łatę na lini mierzonéj. Chcąc jéj wartość wynaleźć potrzebujemy zmierzyć drugie ramię kąta prostego $M_2\,p$, lub co na jedno wyjdzie $m_2\,q$, a do osiągnienia tego posłuży nam soczewka *V* i podziałka *i*. W tym celu otworzywszy na zawiasce podziałkę *i* przy pierwszym mikroskopie, tak aby soczewka pozostała wolną, staje się po za nią

z lunetą w takiém położeniu, żeby pół szkła przedmiotowego lunety było zakryte przez soczewkę mającą swoje ognisko o $3,^{m}00$, a zatém w punkcie gdzie się soczewka i podziałka drugiego mikroskopu znajduje; wówczas druga połowa szkła przedmiotowego wolna, pozwoli widzieć sznurek z zawieszonym ciężarkiem. W tém położeniu umieszczone oko widzieć będzie dokładnie punkt przecięcia się linii $m\ Q$ z podziałką drugiego mikroskopu i za pomocą soczewki pierwszego, odczyta na téj podziałce ważność odpowiadającą bokowi $m_2\ q$, o któréj ocenienie chodziło.

Jeżeli więc oznaczymy długość szukaną przez x, długość otrzymaną na łacie przez d, a zboczenie mikroskopu $m_2\ q$, przez z, będziemy mieli:

$$X = \sqrt{d^2 - z^2}$$

jako długość rzeczywistą którą w miejsce otrzymanéj za pomocą łaty podstawić należy.

ROZDZIAŁ III.

Narzędzia do mierzenia kątów służące.

§ 94.

Większa część udokładnionych narzędzi do mierzenia kątów, tak jest zbudowana, iż kąt zdejmowany nie odczytuje się odrazu, a celowanie kilkakrotnie powtarzane, daje na wypadek kąt dwa, trzy, lub więcéj razy większy, od kąta szukanego; należy więc tak odczytany wypadek przez liczbę odbytych celowań podzielić, przez co otrzymamy średnią wartość dla kąta zdejmowanego z przybliżeniem, jakiego przy pojedyńczém odczytywaniu, nigdybyśmy osiągnąć nie zdołali. Narzędzia takie nazywają się *powtarzającemi.*

Ponieważ przyrząd służący do odczytywania w sposób opisany powyżéj, wartości kątów do rozmaitych narzędzi, i w rozmaity sposób zastosowany być może, za stosowne

uważamy przed przystąpieniem do opisu szczegółowego, samych narzędzi, wskazać zasadę na jakiéj opiera się to urządzenie.

Przedstawmy sobie narzędzie opatrzone kołem osadzoném poziomo, na brzegu którego wyryta jest zwyczajna podziałka. Koło to zapomocą zastosowanéj do niego śruby, może być nieruchomie w jedném położeniu zatrzymaném, a w razie potrzeby po odkręceniu tejże śruby około swéj osi obracaném. Drugie koło z przyrządem do celowania i wyrytym na brzegu noniuszem spoczywa na poprzedzającém i równie jak tamto, lecz niezależnie od niego, może być koło swéj osi obracaném, jednakże stosownie urządzona śruba może dwa te koła tak z sobą połączyć, iż jedno bez drugiego obracać się nie będzie mogło. Przypuśćmy teraz, iż ze stanowiska *C* (fig. 74), na którém narzędzie jest ustawione, potrzebujemy zdjąć kąt *B C D*. Celuje się naprzód do punktu *B*, przypuśćmy, iż noniusz *n* zajmie w takim razie położenie *a*, należy więc kąt, przezeń wskazany odczytać, a następnie dolne koło stale utwierdziwszy, górne o tyle około osi obrócić, aby linia celu padła na przedmiot *D*. Noniusz wówczas z punktu *n* przejdzie na punkt *n'* i wskaże na dolném kole kąt *a'*.

Gdybyśmy kąt ten *a'*, nowém położeniem noniusza wskazany odczytali, różnica pomiędzy kątami przy pierwszém i drugiém celowaniu przez noniusz wskazanemi, dałaby nam wartość kąta szukanego; lecz odczytanie byłoby pojedynczém, a zatém przybliżenie niedostateczném. Chcąc przeto korzystać z przyrządu do powtarzania kątów służącego, po naprowadzeniu linii celu na przedmiot *D*, kąta wskazanego nie odczytuję, lecz przez przykręcenie górnéj śruby obadwa koła tak łączę z sobą, iż jedno bez drugiego obrotu, około osi odbywać nie będzie mogło; odkręciwszy następnie dolną śrubę czyniącą niższe koło nieruchomém, dopóty obadwa złączone koła od lewéj ku prawéj ręce obracam, dopóki linia celu na punkt *B* znowu nie przyjdzie. Skutkiem tego obrotu punkt *a* dolnego koła przyjmie położenie *a''*. Wówczas przez przykręcenie dolnéj śruby niższe koło zatrzymuję stale na miej-

scu, górne zaś przez odkręcenie drugiéj śruby uwolnione, obracam od lewéj ku prawéj stronie, dopóki linia celu, powtórnie punktu D nie spotka. Jeżeli na podwójném zmierzeniu w sposób opisany kąta $B\,C\,D$, poprzestać zamierzamy, należy kąt wskazany ostatniém położeniem noniusza odczytać, a różnicę pomiędzy kątami odczytanemi po pierwszém i ostatniém celowaniu, podzielić przez liczbę dokonanych powtórzeń, tojest przez dwa, przez co otrzymamy wartość kąta szukanego.

§ 95.

Powtarzanie to może być tyle razy, ile nam się podoba dokonane, a im większa liczba podobnych powtórzeń miała miejsce, tém kąt za dokładniéj oznaczony uważać należy. Główną korzyścią, jaką powtarzanie kątów przynosi, jest zmniejszenie błędu, przy odczytywaniu wartości kąta popełnianego. Niepodobieństwem jest, przy największéj nawet staranności, z zupełną ścisłością położenie noniusza odczytywać, błędy ztąd powstające przy zdejmowaniu planów niewielkich przestrzeni łatwo pominiętemi być mogą; im dłuższych jednak linij kierunek oznaczyć mamy, tém różnice z niedokładnego odczytywania kątów pochodzące, bardziéj na ostateczne wpływają wypadki: tém téż usilniéj o uniknienie błędów ztąd pochodzących starać się należy, a przyrząd do powtarzania kątów służący wybornie temu celowi odpowiada. Jeżeli bowiem przy odczytywaniu pojedynczego kąta niedokładność wzroku naszego spowodowałaby błąd np. b, powtórzywszy mierzenie tegoż kąta razy n, błąd przy odczytaniu ostatniéj dla niego wartości, nie będzie większym jak w pierwszym razie, rozdzieli się zaś na tyle części, ile razy mierzenie powtórzoném było, tak iż ostateczny błąd da się wyrazić przez $\frac{b}{n}$.

Dodać tu jeszcze należy, iż jeżeli kąt, n razy powtórzony większy będzie niż 360^0, do wartości jego dodać należy 360^0 tyle razy wzięte, ile razy w ciągu celowań noniusz prze-

szedł przez zero podziałki koła dolnego; jeżeli przejście miało miejsce razy m, wartość ostateczna kąta szukanego k wyrazi się przez:

$$k = \frac{360\ m + a_n - a}{n}$$

Przejdziemy teraz do opisania szczegółowego niektórych narzędzi, opatrzonych przyrządem do powtarzania kątów, służącym.

§ 96.

Teodolit niemiecki Ertla. Narzędzie to wspiera się na podstawie o trzech ramionach, stojącéj na śrubach pionowych W, W_1, W_2, (fig. 75, 76) przez końce tych ramion przechodzących. Głowy tych śrub Z, Z, Z, umieszczone są u dołu i zakończone na spodzie małemi sztyftami wspierającemi się na krążkach P_1 P_1. Obroty śrub W_1 W_2 służą do podnoszenia, lub zniżania spoczywających na nich ramion podstawy, a zatem dozwalają całéj podstawie nadawać położenie poziome. Przez końce ramion rozcięte w punktach δ_1, δ_1, przechodzą śrubki δ_2 δ_2; przykręcanie tych śrubek ściskających w łożysku śruby W_1 W_2 staje na przeszkodzie wszelkiemu wahaniu się tych ostatnich, przez co stalszą dla całego narzędzia zapewnia podstawę.

Na opisanéj powyżéj trójramiennéj podstawie, osadzony jest i śrubkami przymocowany walec wydrążony tt, na tym walcu spoczywa część górna narzędzia, w wydrążeniu zaś jego umieszczona jest oś obrotowa do nadawania wirowego ruchu, całéj téj górnéj części służąca.

Oś obrotowa składa się z dwóch oddzielnych części: wydrążonéj $\eta\eta$ i pełnéj ς. Do wydrążonego walca $\eta\eta$ przytwierdzona jest śrubami środkowa obrączka $\varrho\varrho$, do któréj zbiegają się promienie czyli sprychy koła poziomego hh, okrąg zaś tego koła z brzegiem srebrnym, opatrzony jest podziałką z 2160 równych części złożoną. Każdy taki przedział wyobraża łuk $^1/_6$ stopnia czyli 10′ wynoszący. Walec wydrążony $\eta\eta$ zachodzi szczelnie w otwór zewnętrznego wal-

ca tt i może w nim ruch około swéj osi odbywać; że zaś z tym walcem stale jest połączone całe koło poziome hh, ten więc ruch wirowy walca, całemu się musi udzielać kołu.

Kleszcze k' obejmujące brzeg koła poziomego, połączone są ze stałém ramieniem λ, od walca zewnętrznego tt idącém, za pomocą śruby q'. Przykręcenie téj śruby ściskając kleszcze wstrzymuje obrot koła. Jeżeli jednak po przykręceniu śruby q', potrzebujemy jeszcze cokolwiek zmienić położenie koła, służy do tego śruba mikrometryczna r', która przechodzi przez nieruchome ramię x i mały walec y' stale do dolnéj części kleszczów przymocowany. Za pomocą obrotów śruby mikrometrycznéj, tylko nadzwyczaj małe poruszenia kołu nadawać można; przeznaczeniem tego przyrządu jest o ile możności najdokładniejsze ustawienie koła w właściwém położeniu, czego za pomocą ręcznego obrotu z zupełną ścisłością, dokonać nie podobna.

Na kole poziomém hh spoczywa drugie koło $h'h'$, opatrzone noniuszem, brzegi pierwszego z nich są cokolwiek wywyższone, drugiego zaś wycięte, tak iż się dokładnie na jednéj znajdują płaszczyznie, przezco noniusze koła $h'h'$ i podziałka koła hh w zupełném zostają zetknięciu.

Koło to przymocowane jest śrubami do środkowego zworznia ζ, który jak to już powiedzieliśmy wewnątrz wydrążonego zworznia $\eta\ \eta$ jest zapuszczony i może niezależnie od tamtego, obrot około swéj osi odbywać. Głównym warunkiem dokładnéj budowy téj części narzędzia jest to, aby obadwa opisane tu koła, ze zwojemi zworzniami pod kątem zupełnie prostym były połączone; nadto aby osi pionowe obydwóch zworzni na jednéj znajdowały się linii: najmniejsze uchybienie pod tym względem, bardzo szkodliwy na ścisłość otrzymywanych wypadków, wpływ wywiera.

Środkowy zworzeń ζ zakończony jest śrubą σ, na którą mutra ν jest zakręcona. Przyrząd ten nie dozwala kołu $h'h'$ podczas obrotu podnosić się do góry. Ażeby zaś zworznie zanadto się jeden w drugi nie wciskały, obadwa wsparte są na

sztuczce *ii*, którą wydrążona śruba *x* do podstawy przykręcona od dołu utrzymuje.

W podobny sposób jak koło poziome *hh* z podstawą, tak koło *h′h′* z kołem poziomém połączone jest za pomocą kleszczów *k″*, brzegi obudwóch tych kół obejmujących. Przez przykręcenie śruby *q″*, ściśnięte kleszcze wstrzymują oddzielny obrot około osi koła *h′h′*, tak, iż tylko łącznie z kołem poziomém poruszane być może. Małe zaś poruszenia jakie okazać się mogą potrzebnemi, do naprowadzenia linii celu, z zupełną dokładnością, na przedmiot, nadają się kołu *h′h′* po ścieśnieniu kleszczów za pomocą śruby mikrometrycznéj *r″* przechodzącéj przez dolną część kleszczów i mały walec *y″*.

Na brzegach tego koła wyryte są cztery noniusze, o 90° jeden od drugiego odległe. 60 podziałów każdego z tych noniuszów, odpowiadają 59 podziałom koła poziomego, z których jak to już widzieliśmy, każdy 10′ wynosi. Do każdego noniusza zastósowana jest lupa *l*, i zwierciadełko metalowe *β* w celu ułatwienia odczytywań.

Na środku koła *h′h′* osadzone i mocno śrubami przytwierdzone wznoszą się dwa ramiona *gg;* na górnych ich końcach spoczywają panewki *uu:* z tych jedna stale jest do ramienia odpowiedniego przymocowana, druga zaś za pomocą śrubek *αα* do góry cokolwiek podnoszoną, lub na dół spuszczaną być może. Na tych panewkach wsparta jest oś obrotowa *ee* lunety, która w otworze, w środku téj osi wyrobionym jest osadzona. Urządzenie wewnętrzne téj lunety jest takie samo, jak przy innych narzędziach, szkła jéj są 25 razy powiększające, zębownica *m* służy do wsuwania i wysuwania rurki ze szkłem oczném, a położenie włosów wewnętrznych poprawia się, w razie potrzeby za pomocą śrubek *Z′Z′*. Wysokość ramion *gg* powinna być taka, aby luneta bez zaczepienia o dolne części narzędzia, całkowity obrot około swéj osi wykonać mogła.

Położenie osi obrotowéj *ee* lunety, powinno dokładnie być prostopadłe do kierunku osi kół *hh* i *h′h′*. Warunek ten jest nader ważnym a dla poprawienia niedokładności jakaby

się pod tym względem, bądź skutkiem złéj budowy, bądź skutkiem dłuższego użycia narzędzia przytrafić mogła, służą opisane już śrubki $\alpha\alpha$. Za ich to pomocą, podnosząc lub zniżając, w miarę potrzeby panewkę u, w każdéj chwili położenie prostopadłe dwóch tych osi zapewnić możemy. Oś obrotowa ee utrzymuje, oprócz lunety, koło pionowe $V\,V$, które na jéj części zewnętrznéj wystającéj za jednę z panewek u jest osadzone. Dla zachowania zaś równowagi drugi jéj koniec obciążony jest przeciwciężarem π. Środek koła odpowiada zupełnie środkowi osi. Za pomocą takiego urządzenia, luneta z kołem pionowém jest stale połączona i wszystkie ruchy odbywane przez jedną z tych części narzędzia, drugiéj się udzielają.

Obwód koła pionowego podzielony jest na szóste części stopnia. Dwa zaś noniusze osadzone przeciwlegle na ramionach $d\,d$ z brzegami panewki połączonych, podzielone są na 60 części, odpowiadających 59 podziałom koła; tym sposobem kąty z przybliżeniem o 10″ mogą być odczytywane. Za pomocą śrubek $c'\,c''$ położenie noniuszów cokolwiek zmieniane, a przezto ich zera z zerami podziałki koła dokładnie zgadzane być mogą. Dla łatwiejszego odczytywania kątów do każdego noniusza zastosowana jest lupa $l\,l$. Obroty lunety i koła pionowego około osi, mogą być wstrzymane przez przykręcenie śruby q, która przyciskając do ramienia i oś ee, wszelkie jéj ruchy tamuje. Po przykręceniu téj śruby q, tylko bardzo małe poruszenia za pomocą śruby mikrometrycznéj r, przez ramię i walec y przechodzącéj, osi i całéj téj części narzędzia nadawane być mogą.

Powyżéj wszystkich opisanych dotąd części składowych osadzona jest libella o, która służy do ustawiania poziomo całego narzędzia; spoczywa ona na długich podstawkach $\varphi\,\varphi$ wspartych na walcowych szyjkach osi obrotowéj ee lunety. Podstawki te utrzymywane są w swém położeniu, przez zastawki $S\,S$. Dwie małe śrubki $c\,c$, służą do poruszania w prawo, lub lewo rurki szklannéj libelli w jéj osadzie, przezco w każdéj chwili, oś podłużna libelli, z osią obrotową lunety

mogą być zgodzone, tojest ustawione tak, iż się obiedwie, na jednéj płaszczyznie pionowéj znajdować będą. Śrubki *a* i *b*, służą do podnoszenia, lub zniżania jednego końca libelli, przezco znowu równoodległe położenie dwóch pomienionych osi zapewnioném być może.

Jeżeli przy regulowaniu w sposób opisany, libella obluzuje się cokolwiek w swéj osadzie, przytwierdzić ją na nowo można za pomocą blaszek pp' które się na podstawkach $\varphi\ \varphi$ znajdują umieszczone.

Oprócz opisanéj tu libelli, niektóre narzędzia mają jeszcze drugą, która na oprawie lunety jest umieszczoną. Zastawka S', służy w takim razie, do przytwierdzenia tak umieszczonéj libelli; jeżeli zaś zechcemy odwrócić lunetę o 180° około swéj podłużnéj osi, druga zastawka S'' zajmie miejsce pierwszéj i libella znowu w tém samém położeniu umieszczona być może. Przeznaczeniem téj drugiéj libelli jest zapewnienie kierunku poziomego dla linii celu, opatrzony więc w taką libellę teodolit, jako narzędzie niwellacyjne użytym być może.

§ 97.

Przed użyciem tak urządzonego teodolitu, należy się przekonać, czy rozmaite części jego składowe, odpowiadają zupełnie warunkom swego przeznaczenia; i tak:

1od Pierwszém sprawdzeniem powinno być rozpoznanie dokładne libelli, która do innych sprawdzeń będąc używana, sama powinna od wszelkiéj być wolną niedokładności. Sprawdzenie libelli zależy głównie na przekonaniu się, czy płaszczyzna przechodząca przez spód jéj podstawy, równoległą jest od płaszczyzny stycznéj w punkcie zero do krzywizny rurki. Sprawdzenie to jako głównie do narzędzi niwellacyjnych się odnoszące podane jest przy opisie tychże narzędzi, tak więc co do tego sprawdzenia jak i dla bliższego poznania urządzenia libelli do tego rozdziału odsyłamy czytelnika.

2re *Oś optyczna lunety, czyli linia celu, powinna być prostopadłą do osi obrotowéj tejże lunety.* Dla przekonania się

o tém, czy dane narzędzie warunkowi temu uczyni zadosyć, ustawia się teodolit w sposób zwyczajny w otwartém miejscu; następnie w odległości np. 100 i 200 kroków zatyka się dwie tyczki prostopadłe, w takim kierukku, ażeby obiedwie znajdowały się w jednéj linii, z osią optyczną lunety i przez jéj włos pionowy były pokryte. Następnie odwraca się lunetę o 180 stopni na osi obrotowéj, w skutku czego jéj przedmiotowa w przeciwną zwróci się stronę. Wówczas zatyka się w pewnéj odległości trzecią tyczkę, która podobnie jak poprzednie przez włos lunety pokrytą być powinna. Tak ustawione trzy tyczki powinny się w jednéj linii prostéj znajdować. Przedstawmy sobie np., że linia *d e* (fig. 77) przedstawia oś obrotową lunety, linia zaś *O V* jéj oś optyczną. Gdyby te dwie linie były do siebie prostopadłemi, obróciwszy linię *O V* około *d e* o 180°, kierunek jéj pozostałby ten sam, punkt *O* zająłby tylko miejsce punktu *V* i nawzajem. Jeżeli jednak linie te są pod pewnym kątem do siebie nachylone, po obrocie linia *O V* przyjmie położenie np. *V' O'*, tyczki zatém *S* i *S'* w pierwszym razie na jéj przedłużeniu ustawione i tyczka *S''* po obrocie zatknięta w jednéj linii znajdować się nie mogą.

Niedokładności powyższéj zaradzić można zmienieniem kierunku osi optycznéj, tojest naprowadzeniem przecięcia jéj włosów, do właściwego położenia, co się za pomocą śrubek *Z Z'* dokonywa. Doświadczenie powyższe dopóty powtarzaném być powinno, dopóki się nie zapewnimy, że linia celu, w dwie przeciwne sobie zwrócona strony, jedną dokładnie prostą wytyka linię.

3° *Oś obrotowa lunety i oś obrotowa kół poziomych, powinny pod kątem prostym się przecinać;* w przeciwnym bowiem razie, luneta podczas obrotów na swéj osi, nie zostawałaby ciągle na jednéj płaszczyznie pozioméj, co jest koniecznym warunkiem dokładnego mierzenia kątów.

Dwa są sposoby sprawdzenia pod tym względem teodolitu:

a. Zawiesiwszy ciężarek na sznurku w pewnéj odległości od narzędzia, celuje się do sznurka; prowadzi się nastę-

pnie lunetę od dołu do góry, obracając ją na osi i bacznie uważając, czy w ciągu tego obrotu sznurek ciągle przez włos pionowy jest pokryty. Tym sposobem przekonamy się czy linia celu wciąż na jednéj znajduje się płaszczyznie.

b. Drugim sposobem jest ustawienie libelli w kierunku dwóch którychkolwiek śrub podstawy W_1 W_2 i naprowadzenie bańki do środka; następnie obraca się o 180° libella wraz z kołem wyższém poziomém i uważa, czy w nowém tém położeniu bańka niezmiennie na środku rurki pozostała: w razie przeciwnym istnienie szukanego błędu zostaje stwierdzoném, a poprawienie w połowie się dokonywa za pomocą śrubek α α, w połowie zaś stosowném przykręceniem śrub podstawy W_1 W_2; po kilkokrotném powtórzeniu podobnego obrotu, gdy już bańka położenia nie zmienia, odwraca się libellę w kierunku pozostałéj trzeciéj śruby podstawy W_3 tojest w kierunku prostopadłym do pierwotnego jéj położenia i znowu podobne jak w pierwszym razie odbywa się doświadczenie dopóty, dopóki libella o 180° odwracana, bańki na środku utrzymywać nie będzie; powraca się następnie do pierwszego położenia, aby się przekonać czy poruszenie śrub, w drugiém położeniu, nie popsuło równowagi nadanéj w pierwszém. Próby te powtarzane być muszą dopóty, dopóki bańka pomimo wszystkich obrotów stale na środku rurki utrzymywać się nie będzie. Wszystkie naprowadzania bańki, odbywają się w tym razie, w połowie za pomocą śrubek α α, w połowie za pomocą śrub podstawy.

4e *Jeżeli linia celu jest ustawiona poziomo, czyli prostopadle do osi obrotowéj kół poziomych, zera noniuszów koła pionowego powinny się zgadzać z zerami podziałki tegoż koła.*

Od warunku powyższego zależy dokładność w mierzeniu kątów po płaszczyznach pionowych, sprawdzenie zaś pod tym względem narzędzia odbywa się w sposób następujący:

Ustawia się teodolit w sposób zwyczajny, zapewniając za pomocą śrub podstawy, kierunek pionowy osi obrotowéj kół, a zgodziwszy następnie zera noniuszów z zerami po-

działki koła pionowego, osadza się libellę na lunecie za pomocą opisanéj już zastawki S', zwraca się potém lunetę w kierunku dwóch którychkolwiek śrub podstawy i za ich pomocą, bańkę libelli do środka doprowadza; następnie obraca się o 180^0 całą część górną narzędzia: jeżeli w tém nowém położeniu bańka nie pozostanie na środku rurki, naprowadza się ją na nowo w połowie za pomocą śrub podstawy, w połowie za pomocą śruby mikrometrycznéj r koła pionowego. Po powtórzeniu kilkokrotném tego doświadczenia, jeżeli bańka, pomimo obrotu lunety, z właściwego miejsca schodzić nie będzie, możemy być zapewnieni o tém, że linia celu ma kierunek dokładnie poziomy; uważa się wówczas, czy zera noniuszów odpowiadają zerom podziałki koła, w razie przeciwnym należy noniusze do właściwego doprowadzić położenia za pomocą śrubek c' c''.

Błąd z niewłaściwego położenia noniuszów pochodzący jest stały, i niezmiennie przy odczytywaniu każdego kąta się powtarza. Kąty zdejmowane za pomocą taką wadą nacechowanego narzędzia, będą wszystkie o pewną stałą ilość za wielkie lub za małe z tą różnicą, że jeżeli kąty powyżéj płaszczyzny poziomej położone, będą za wielkie, kąty poniżéj téj płaszczyzny się znajdujące, o takąż samą ilość za małe będą. Różnica ta zależy od tego, czy noniusz pomijając zero podziałki koła znajduje się wyżéj od niego, czy téż niżéj. Ztego co poprzedza widoczną jest rzeczą, że gdyby dla jakiejkolwiek przyczyny, fałszywe położenie noniuszów poprawionem być nie mogło, kąty pomimo to dokładnie zdejmować można; trzeba tylko poprzednio wielkość zboczenia noniuszów z wielką oznaczyć ścisłością, a następnie każdy kąt odczytany o ilość tym sposobem wynalezioną, stosownie do jego położenia powiększać lub zmniejszać.

§ 98.

Wszystkie dotąd wyliczone sprawdzenia, przed każdém użyciem narzędzia powtarzane być powinny; raz bowiem uregulowane narzędzie, nanowo po niejakim czasie sfałszować się

może; z kolei mówić nam teraz wypada o niedokładnościach z budowy narzędzia pochodzących, które zawsze niezmiennemi pozostają, dostateczném więc będzie raz je wyśledzić.

5e. *Oś obrotowa koła poziomego z podziałką i takaż oś koła z noniuszami, na jednéj linii znajdować się powinny.*

Niedokładność powyższa nadzwyczaj jest ważną, wywiera bowiem wpływ wielki na mierzone wartości kątów, zwłaszcza jeżeli narzędzie jednym jest tylko opatrzone noniuszem, a zatém wartość kąta, w jedném tylko miejscu na podziałce koła odczytywaną być może. Teodolit przez nas opisany, czterema będąc opatrzony noniuszami, w saméj budowie swojéj posiada środek wyśledzenia i uniknięcia skutków niedokładności tego rodzaju. Jeżeli dwa przeciwległe sobie noniusze, w ciągu całkowitego obrotu po kole z podziałką nie pozostają stale na odległości 180°, będzie to dowodem, iż oś ich obrotowa nie znajduje się na jednéj pionowéj ze środkiem koła stopniowanego. Niedokładność budowy tego rodzaju zwykle *excentrycznością* kół bywa nazywaną, usunięcie jéj jest niepodobném; wypadki jednak za pomocą podobnego narzędzia zupełnie dokładne otrzymywać można: należy tylko kąty nie na jednym, lecz na wszystkich czterech odczytywać noniuszach i brać średnią wartość czterech, w ten sposób wynalezionych, kątów.

6e. Drugą niedokładność budowy narzędzia stanowić może nierówność podziałów na kole lub noniuszach. Dwie te podziałki tylko jedna przez drugą sprawdzanemi być mogą.

Jeżeli idzie o sprawdzenie podziałki koła, wiemy, iż pewna liczba jéj przedziałów, na noniuszu takąż samą ilość więcéj jeden przedział obejmować powinna. Tak np., w opisaném przez nas narzędziu, 59 przedziałów podziałki koła, odpowiada 60 przedziałom noniusza; pierwsza więc i ostatnia kréska podziałki noniusza dokładnie powinna się zgadzać z odpowiadającemi jéj przedziałami koła. Chcąc zatém sprawdzić dokładność podziałki koła, należy zwolna po całym jéj okręgu przesuwać noniusz, pilnie zważając czy w każdém położeniu pierwsza i ostatnia jego kréska 59 przedziałów obejmuje. W razie

przekonania się o niedokładności w podziale koła, narzędzie odrzuconém być powinno; jakkolwiek bowiem możnaby wysokość błędu ściśle oznaczywszy, poprawkę stosowną do każdego otrzymywanego wprowadzać wypadku, rachunki jednak tego rodzaju łatwo stać się mogą powodem pomyłek, któreby całą, zkądinąd najdokładniéj dokonaną robotę, do użytku niezdatną uczyniły.

O równości podziałów noniusza w tenczas tylko przekonać się można, jeżeli jego podziałka przedłużona jest po za zerem i kreską, ostatni przedział właściwego noniusza, oznaczającą. I tak np., w opisanym przez nas noniuszu na 60 podzielonym części, często kilka przedziałów umieszczonych bywa przed zerem i po sześćdziesiątym przedziale. Ponieważ przedziały te równe są przedziałom właściwego noniusza, zawsze więc 60 takich części, 59 przedziałom koła odpowiadać powinno. Zaczyna się więc od najpierwszéj kréski, którą zgodziwszy z jedną z kresek podziałki koła, uważać należy czy sześćdziesiąty od niéj rachując przedział pada na 59^{y} koła; podobne doświadczenie powtarza się z drugą i następnemi aż do ostatniéj kréskami: jeżeli pomimo to jakaś część noniusza w ten sposób sprawdzoną być nie może, z powodu niedostatecznego przedłużenia jego podziałki, pozostałe przedziały sprawdzają się tylko przez przybliżenie, tojest ustawiając je nawprost przedziałów koła i za pomocą szkła powiększającego, śledząc czy różnice dla wszystkich przedziałów są jednakowe: sposób to niedokładny i wielkiéj wprawy oka wymagający.

§ 99.

Sposób użycia tak wyprobowanego teodolitu jest następujący:

W wierzchołku kąta, którego wielkość zmierzyć chcemy, ustawia się teodolit, na zwykłéj podstawie przenośnéj, lub téż na poprzednio przygotowanym drewnianym lub kamiennym słupku, którego ściana górna dokładną płaszczyznę poziomą przedstawiać powinna. Przy ustawieniu starać się należy, aby oś obrotowa kół poziomych narzędzia, na jednéj znajdowała

się pionowéj z wierzchołkiem kąta mierzonego. Zawieszenie ciężarku u śruby X, czynność tę ułatwi dozwalając zgodzić oś narzędzia ze znakiem pozostałym na ziemi po wyjęciu palika.

Następnie obraca się tak narzędzie, aby libella znajdowała się na płaszczyznie pionowéj przechodzącéj przez dwie którekolwiek śruby podstawy. Za pomocą tych śrub doprowadza się bańka libelli do środka rurki, następnie obraca się górną część narzędzia wraz z libellą o 90° tak, aby oś libelli znalazła się na pionowéj przez trzecią śrubę podstawy przechodzącéj i znowu za pomocą trzeciéj śruby bańkę do właściwego doprowadza położenia. Należy potém libellę do dawnego powrócić kierunku, dla przekonania się, czy naprowadzenie bańki w drugiém położeniu, nie wpłynęło na zmianę jéj kierunku w pierwszém. Jeżeli bańka schodzi ze środka, doprowadza się ją znowu i po drugi raz narzędzie o 90° odwraca. Próby podobne powtarzać się dotąd powinny, póki libella obracana w dwóch położeniach do siebie prostopadłych, kierunku poziomego tracić nie będzie.

Jeżeli narzędzie opatrzone jest drugą libellą na lunecie umieszczoną, ustawienie do poziomu prędzéj się i łatwiéj odbywa. Zgodziwszy zera noniuszów koła pionowego z zerami podziałki tegoż koła, tak się górna część narzędzia zwraca, aby gdy jedna libella dwom śrubom podstawy odpowiada, druga na pionowéj, przez trzecią pozostałą śrubę przechodzącéj, się znajdowała; następnie przez poruszenia śrub u podstawy doprowadza się bańki obydwóch libelli do właściwego położenia.

§ 100.

Po takiém ustawieniu narzędzia, jeżeli wszystkie poprzednio opisane sprawdzenia dokonanemi już zostały, można do mierzenia kąta przystąpić. Jeżeli chcemy aby pierwszy wymiar kąta od zera był zaczęty, naprowadza się noniusz numerem 1ym oznaczony tak, aby się zero jego z zerem podziałki koła zgodziło; ściska się następnie kleszcze łączące oba koła poziome, a patrząc przez lupę uważa się, czy oba zera

dokładnie sobie odpowiadają: w razie przeciwnym przykręceniem stosownem śruby mikrometrycznéj r'' nadaje im się to położenie. Należy zapewnić się przytém, czy po takiém ustawieniu pierwszego noniusza, zera trzech innych w właściwych znajdują się miejscach, tojest czy odpowiadają podziałom koła 90^0 180^0 i 270^0 wskazującym. W razie przeciwnym zapisuje się osobno dla każdego noniusza, liczby zeru jego odpowiadające, następnie naprowadza się linie celu na przedmiot po lewéj stronie się znajdujący, który nam kierunek jednego z ramion kąta zdejmowanego oznacza. Zatrzymuje się następnie obrot koła poziomego za pomocą śruby q' i doprowadza śrubą mikrometryczną lunetę do położenia, w którém jéj włos dokładnie przedmiot celu pokrywać będzie. Następnie uwolniwszy koło wyższe od związku z niższém, przez rozpuszczenie ściskających je kleszczów, prowadzi się lunetę ku prawéj stronie, aż póki drugiego przedmiotu celu, drugie ramię kąta oznaczającego nie napotkamy. Ścisnąwszy wówczas śrubę q'' włos lunety dokładnie na przedmiot za pomocą śruby mikrometrycznéj r'' się naprowadza. Jeżeli chcemy poznać zaraz przybliżoną wartość kąta, odczytuje się na podziałce koła liczbę odpowiadającą zeru pierwszego noniusza; jeśli zaczęto mierzenie od zera, wartość ta da nam wielkość przybliżoną kąta: jeśli zaś mierzenie od innéj zaczęto liczby, trzeba takową od otrzymanéj przy drugiém celowaniu odciągnąć, a różnica da wartość kąta szukanego.

Jeżeli chcemy za pomocą powtarzania z większą dokładnością wartość kąta oznaczyć, odkręca się śruba q' i obadwa koła poziome, od prawéj ku lewéj prowadzą stronie, dopóki luneta na nowo przedmiotu po lewéj stronie umieszczonego nie napotka; następnie przykręciwszy śrubę q' powtarza się całą czynność przy pierwszém mierzeniu opisaną. Powtórzywszy w sposób opisany, tyle razy ile się podoba mierzenie kąta, po ostatniém celowaniu, odczytuje się na wszystkich czterech noniuszach wartość wskazanych kątów.

Porównywając tak otrzymane wypadki z wartością przybliżoną kąta, którąśmy przez pojedyncze mierzenie na po-

czątku wynaleźli, łatwo dojdziemy, ile razy każdy z noniuszów przeszedł przez zero podziałki koła; dla każdego więc z nich osobny odbywając rachunek, dodaje się do różnicy pomiędzy pierwszém a ostatniém odczytaniem, 360° tyle razy wzięte, ile razy przejście to miało miejsce i wypadek przez liczbę powtórzeń się dzieli. Tym sposobem dojdziemy do czterech wartości dla szukanego kąta, często o małe ilości pomiędzy sobą się różniących. Średnia czterech tych wypadków, da nam ostateczną wartość dla szukanego kąta, wolną od wszelkiego błędu, z powodu excentryczności kół pochodzić mogącego. Jeżeli nadto chcemy uniknąć niedokładności, jakaby z powodu fałszywego kierunku osi optycznéj lunety wyniknąć mogła, po tak dokonaném mierzeniu obraca się luneta o 180° około swéj osi podłużnéj i nowe, w ten sam sposób prowadzone mierzenie, rozpoczyna. Ostateczny wypadek drugiego tego mierzenia z pierwszym się porównywa i średnią ztąd wypadającą za rzeczywistą wartość kątą przyjmuje.

§ 101.

Ważną jest rzeczą prowadzenie dziennika, szczegółowo wszystkie pojedyncze wypadki obejmującego i przedstawiającego cały tok postępowania; wzór następny najlepiéj warunkom tym zdaje się odpowiadać.

ZNAK 5.

Pierwsze położenie lunety.

Numer noniusza.	Pierwsze celowanie.			Drugie celowanie.			Kąt pojedynczo mierzony.			UWAGI.
	Stopnie	Minuty	Sekundy	Stopnie	Minuty	Sekundy	Stopnie	Minuty	Sekundy	
1	0	0	0	265	58	45	62	35	45	10 Powtórzeń
2	90	0	10	355	58	53	—	—	—	Powietrze czyste.
3	180	0	0	85	58	47	—	—	—	Wiatr słaby i t. d.
4	269	59	55	175	58	40	—	—	—	

Z porównania liczb w powyższym wykazie zamieszczonych, łatwo spostrzedz, iż pierwszy i drugi noniusz raz tylko przez zero podziałki koła przeszedł, trzeci zaś i czwarty po dwa razy; ztąd na pojedyncze dla każdego z nich wartości otrzymamy:

1. $\frac{360^0 + 265^0 58' 45'' - 0^0 0' 0''}{10} = 62^0 35' 52'',5$

2. $\frac{360^0 + 355^0 58' 53'' - 90^0 0' 10''}{10} = 62^0 35' 52'',3$

3. $\frac{720^0 + 85^0 58' 47'' - 180^0 0' 0''}{10} = 62^0 35' 52'' 7$

4. $\frac{720^0 + 175^0 58' 40'' - 269^0 59' 55''}{10} = 62^0 35' 52'' 5.$

Ztąd jako średnią wartość kąta otrzymujemy $62^0 35,' 52,'' 5$. Przypuśćmy, iż po obróceniu lunety na 180^0 około osi, otrzymamy jako wypadek $62^0 35', 52'',3$; ostateczną wartością kąta zdejmowanego będzie $62^0,35', 52'',4$.

§ 102.

Mierzenie kątów wysokości, czyli nachyleń linii celu do poziomu odbywa się w sposób następujący: Po ustawieniu narzędzia do poziomu celuje się do przedmiotu, którego wysokość kątową oznaczyć zamierzamy. Noniusze koła pionowego wskażą nam wartość kąta szukanego, średnia ich jednak może być niezupełnie wolną od błędu; dlategotéż bezpieczniéj mierzenie po raz drugi powtórzyć. Obraca się więc lunetę około osi obrotowéj na 180^0, przez co końce jéj przeciwny przyjmą kierunek; następnie odwraca się całą górną część narzędzia także na 180^0, przedmiotowa przeto lunety, znowu w stronę właściwą zwróconą zostaje. W nowém tém położeniu lunety powtórzone celowanie, pozwoli znowu na dwóch noniuszach odczytać wartość kąta szukanego. Średnia dwóch wypadków przy pierwszém celowaniu i dwóch przy drugiém otrzymanych, może być przyjętą jako dokładna wartość zdejmowanego kąta nachylenia.

§ 103.

Francuzki teodolit uproszczony. Narzędzie to ustawia się zwykle na podstawie drewnianéj *M M M* (fig. 78, 79, 80), wspartéj na trzech nogach podwójnych *R R*. Nogi te przytwierdzone są do podstawy zapomocą śrub i muter *r*. Wśrodku podstawy *M M*, od strony dolnéj znajduje się walec mosiężny próżny *S*, *S*, *S*, *S*, w którego wnętrzu umieszczona jest sprężyna z jednym końcem przymocowanym do zatyczki S_2 S_2. Przez środek tego walca i sprężyny i przez środek całéj podstawy przechodzi pręt żelazny *S*, opatrzony sztyftem poprzecznym *s″ s″*, do którego drugi koniec sprężyny jest przytwierdzony. Pręt ten u dołu zakończony jest rękojeścią S_4, u góry zaś główką, która się zakłada w wydrążeniu bańki *S*, stosownie wyciętéj i stale z dolną częścią narzędzia połączonéj. Działanie tego przyrządu jest następujące: jeżeli głowę pręta *s* w bańkę *S* założymy, cały pręt w górę zostaje podniesiony; sztyft więc *s″ s″* pociąga za sobą koniec sprężyny, która opierając się takiemu rozciąganiu, ciągnie cały pręt ku dołowi: tym spobem główka pręta naciska bańkę na dół, a z nią i cały teodolit mocniéj na podstawie osadza, a im bardziéj teodolit za pomocą śrub *L L* w górę będzie podnoszony, tém przyciąganie to silniejszém stawać się musi.

Na opisanéj podstawie drewnianéj wspiera się za pomocą śrub *L L L*, podstawa mosiężna *K K* o trzech ramionach. Śruby *L L* opierają się na blaszkach mosiężnych *m m*, w drzewo zapuszczonych; za pomocą stosownych obrotów każdéj z tych śrub, można odpowiadające jéj ramię podstawy wznosić do góry, lub opuszczać na dół, a przezto nadawać saméj podstawie i innym równoległym do niéj częściom narzędzia, położenie poziome. W środku podstawy *K K*, znajduje się osadzony stale pionowy walec *J J*. Wnętrze jego jest wydrążone, w kształcie ostrokręgu ściętego, węższym końcem na dół obróconego. W wydrążenie to zachodzi zworzeń *e e*, służący do nadawania obrotów całéj górnéj części narzędzia, śruba *i″* od dołu zakręcona utrzymuje zworzeń w właściwém położeniu i nie dozwala mu w cza-

sie obrotów podnosić się do góry. Powyżéj walca *J J*, na zworzniu *e* znajduje się część wystająca, do któréj jest przytwierdzone śrubą *e'* poziome koło z podziałką. Na walec *J J* założony jest inny walec wydrążony *HhH*, przymocowany równie jak koło poziome do części wystającéj zworznia za pomocą śrub *h'*. Do dolnéj części tego walca przymocowane jest śrubami *w*, koło *W W*, z blachy mosiężnéj. Tym sposobem koło z podziałką, walec wydrążony *Hh H* i dolne koło *W W*, stale są ze zworzniem *e* połączone i razem z nim około wspólnéj osi pionowéj mogą być obracane.

Brzeg koła *W W* obejmują kleszcze, których ściśnienie, lub rozpuszczenie od śruby *V* zależy. Po przykręceniu téj śruby mocno ściśnięte kleszcze wstrzymują obrot koła *W W*, a zatém i wszystkich części z niém połączonych. Jeżeli po takiém zatrzymaniu ruchu, okaże się potrzeba posunięcia o małą ilość koła w jednę, lub drugą stronę, służy do tego śruba mikrometryczna *X*, przechodząca przez opisane już kleszcze i nieruchome ramię łączące się z walcem *J J*.

Na połowie odległości między kołem z podziałką a niższém kołem *W W*, osadzona jest z boku walca *H h H* luneta *Q Q*. Przyrząd który ją utrzymuje jest następujący:

Półokrągła obrączka *q q* obejmuje lunetę i stale jest do niéj śrubami przymocowana. Na zewnętrznéj stronie téj obrączki, osadzony walec *P*, około którego luneta po płaszczyznie pionowéj obracać się może. Walec ten utrzymuje osadka *o* przytwierdzona śrubami do obrączki *N*, na walec *H h H* założonéj i mogącéj się około niego obracać. Z urządzenia powyżéj opisanego widzimy, iż luneta *Q Q* może niezależnie od kół poziomych i połączonych z niemi części, odbywać wszelkie ruchy, raz po płaszczyznie pionowéj, obracając się około walca *P*, drugi raz po płaszczyznie pozioméj wraz z obrączką *N*, obracając się około walca *H h H*. Ten ostatni ruch może być w razie potrzeby zahamowany za pomocą następnego przyrządu:

Druga obrączka *N'* poniżéj walca *H h H* umieszczona i podobnie jak pierwsza mogąca się około niego obracać,

utrzymuje na sobie mutrę z'' przymocowaną do niéj za pomocą przyśrubowanéj sztuczki z'''. Podobna sztuczka z_2 przytwierdzona jest do pierwszéj obrączki N i utrzymuje rurkę z. Przez rurkę tę i mutrę z'' przechodzi śruba mikrometryczna Y. Tym sposobem obie obrączki N i N', połączone są z sobą i nie mogą niezależnie jedna od drugiéj odbywać obrotów, przeciwnie każdy ruch jednéj udziela się drugiéj, równie jak i lunecie stale z jedną z nich połączonéj. Śruba Y przechodząca przez rurkę y za stosownem przykręceniem przyciska obrączkę N' i wstrzymuje obrot jéj około walca HhH równie jak i części z nią połączonych. Jeżeli w taki sposób zatrzymana luneta nie dokładnie przedmiot celu napotyka i potrzebuje cokolwiek być poruszoną, przykręceniem śruby mikrometrycznéj Y z łatwością dokazać tego możemy.

Na kole z podziałką spoczywa linia DD, na któréj końcach ukośnie ściętych wyryte są noniusze. W środku téj linii znajdujący się otwór uzbrojony pierścieniem dd, założony jest na wystający koniec zworznia ee. Przykrywka f'' obejmuje i osłania pierścień dd, śruba zaś f', przez jéj część wierzchnią przechodząca i w końcu zworznia zapuszczona, nie dozwala w czasie obrotów linii DD wznosić się, jéj i częściom z nią połączónym do góry. Prostopadle do linii DD, idzie ramię u_2 u_3 na którém jest osadzona rurka u; przechodząca przez tę rurkę śruba mikrometryczna U, wchodzi w mutrę u' u' na górnéj części kleszczów t stale umieszczoną. Kleszcze te obejmują brzeg koła stopniowanego EE, a śruba T służy do ich ściskania.

Zastanowiwszy się nad wyżéj opisanym przyrządem, widzimy, iż linia DD, może dowolnie około zworznia ee być obracaną; końce jéj wtedy przebiegając, po podziałce koła EE, z pomocą noniuszów wskazują wielkości kątów. Za przykręceniem jednak śruby T, ruch ten dowolny ustaje i małe tylko poruszenia noniuszom, za pomocą śruby mikrometrycznéj U nadawane być mogą. Przykręcenie śruby T łączy linię DD z kołem EE, tak, iż niezależne obroty tych dwóch czę-

ści stają się niepodobnemi i linia tylko wraz z kołem stopniowaném obrot wykonywać może.

Na opisanéj linii *D D* osadzona jest podstawka *C C* drugiéj lunety. Utrzymująca ją narożnica *c c c*, przytwierdzona jest do podstawki i do linii *D D* śrubami c_2 c_3 c_4. W górny otwór podstawki zachodzi walec ruchomy *B B*, utrzymywany w właściwém położeniu przez śrubę *b'* wspierającą się na podkładce mosiężnéj *b b*. Z walcem tym połączona półokrągła obrączka *a a*, utrzymuje lunetę *A A*. Oś optyczna lunety *A A*, powinna się znajdować na jednéj płaszczyznie pionowéj z osią zworznia *e e*; w razie zaś gdyby warunek ten dokładnie nie był wypełniony, śrubki c_2 c_3 c_4 pozwalają nadać podstawce *C* lekkie nachylenie, przez co oś lunety do właściwego położenia doprowadzoną być może. Ruchomy walec *B B* dozwala lunecie dowolne dawać nachylenie do poziomu.

Prócz części powyżéj opisanych, które są z linią *D D* stale połączone, spoczywa na niéj jeszcze libella *G G*, która służy do nadawania téj linii i kołu z podziałką położenia poziomego. Blacha *F F* przymocowana do linii *D D*, służy za podstawę libelli, która w jednym końcu opatrzona jest zawiaską *g' g'' g'''* w drugim zaś śrubką g_2 przechodzącą przez koniec osady g_1, podnoszony w górę za pomocą sprężynki g_3. Zawiaska ta i śrubki służą do zapewnienia libelli położenia równoległego, od płaszczyzny pozioméj linii *D D* i koła stopniowanego.

Widzimy z powyższego, iż urządzenie teodolitu pozwala rozmaitym częściom jego składowym, trzy rodzaje obrotów niezależnie jedne od drugich dokonywać. I tak, cała część górna narzędzia z kołem poziomém obydwiema lunetami i t. d., może być razem około osi obracana. Do wstrzymania tego obrotu służy śrubka *V*. Po zakręceniu téj śruby, luneta górna wraz z linią opatrzoną noniuszami, może niezależnie od innych części podobny tamtemu ruch odbywać, przykręcenie zaś śruby *T* ruch ten powstrzymuje. Wreszcie luneta dolna, pomimo spoczynku dwóch tu wymienionych ruchomych części narzędzia, obraca się wraz z utrzymującemi ją obrączkami, a śruba *Y* ruch jéj w razie potrzeby zatrzymuje.

§ 104.

Sposób użycia tak urządzonego teodolitu jest następujący:

Po ustawieniu narzędzia tego, na pionowéj, przez punkt oznaczający na gruncie, wierzchołek kąta przechodzący, należy koło z podziałką dokładnie do poziomu doprowadzić. W tym celu zwraca się libellę w kierunku dwóch którychkolwiek śrub podstawy, i przez stosowne śrub tych poruszenia bańkę do środka rurki doprowadza. Zwraca się następnie libellę o 90°, przezco znajdzie się ona na płaszczyznie pionowéj, przez trzecią śrubę podstawy przechodzącéj, i znowu za pomocą téj śruby bańka do środka rurki się doprowadza; jeżeli zwrócona do dawnego położenia libella, bańkę na środku rurki utrzymuje, będzie to znakiem, iż koło z podziałką do położenia poziomego zostało już doprowadzoném. W razie przeciwnym, dopóty w jednym i drugim kierunku odwraca się libellę i za każdym obrotem bańkę do środka doprowadza, dopóki mimo obrotu bańka nieporuszenie w właściwém położeniu pozostawać nie będzie.

Następnie zgodzić należy zero jednego z noniuszów, z zerem podziałki koła, a przykręciwszy śrubę *T*, za pomocą śrubki mikrometrycznéj *U*, z jak największą dokładnością zgodność dwóch tych zer zapewnić. Po takiém ustawieniu noniuszów odkręca się śrubę *V*, i całą górną część teodolitu tak naprowadza, aby górna luneta napotkała przedmiot, oznaczający lewe ramię kąta zdejmowanego; wówczas po przykręceniu na nowo śruby *V*, za pomocą śruby mikrometrycznéj *X*, położenie lunety w ten się poprawia sposób, aby włos jéj wewnętrzny pionowy, dokładnie przedmiot celu pokrywał. Odśrubowawszy wówczas śrubę *Y*, dolną lunetę *QQ* na tenże sam przedmiot celu się naprowadza, ostatecznie jéj położenie za pomocą śrubki mikrometrycznéj *Y* regulując, poczém śruba *Y* na nowo się przykręca. Przeznaczeniem téj drugiéj lunety na tenże sam przedmiot celu naprowadzonéj, jest dopilnowanie, aby w czasie następnego obrotu górnéj lunety na-

rzędzie poruszeniu jakiemu nie uległo, przez co wielkość kąta zdejmowanego fałszywie oznaczoną byćby musiała. Odśrubowawszy teraz śrubę *T*, lunetę górną *A A* na drugi przedmiot celu się naprowadza, używając do ostatecznego nakierowania jéj—śrubki mikrometrycznéj *U*. Wówczas sprawdzić należy, za pomocą dolnéj lunety, czy w czasie obrotu górnéj części narzędzia, dolna poruszoną nie została, poczém przystępuje się do odczytania wartości kąta.

Wskazana przez noniusz liczba na podziałce koła, oznaczy nam wielkość kąta zdejmowanego, i jeżeli pojedyncze jego odczytanie za dostateczne uważać zechcemy, czynność na tém ukończoną zostanie. Jeżeli jednak przeciwnie, przez kilkokrotne powtórzenie, chcemy z większą dokładnością wielkość kąta oznaczyć, należy po przykręceniu śruby *T*, noniusze z kołem łączącéj, odkręcić śrubę *V* i całéj górnéj części narzędzia nadać obrot od prawéj ku lewéj ręce, dopóki luneta *A A* znowu przedmiotu po lewéj stronie położonego nie napotka. Naprowadza się potém jéj włos pionowy na przedmiot i podobnie jak w pierwszym razie lunetę dolną znowu do tego samego zwraca się celu, a po należytém jéj ustawieniu, odkręcona śruba *T*, dozwoli lunetę górną, wraz z noniuszami na nowo na przedmiot po prawéj stronie położony naprowadzić. Wówczas liczba wskazana na podziałce koła, przez zero noniusza, oznaczy kąt dwa razy większy od kąta zdejmowanego; jeżeli zatém czynność na dwukrotném zmierzeniu kąta zawiesić zechcemy, należy odczytany wypadek przez 2 podzielić, przezco wartość dla kąta szukanego otrzymamy. Powtórzeń podobnych wykonać można tyle, ile się nam podoba; im większa jest ich liczba, tém oznaczenie kąta dokładniejsze. Zresztą całe postępowanie przy podobném powtarzaniu w niczém się nie różni, od podanego poprzednio przy opisie teodolitu Ertla. Te same ostrożności zachować, w ten sam sposób wypadki zapisywać i rachunki do ostatecznego prowadzące wypadku wykonywać tu należy; dlategotéż przepisów tam szczegółowo podanych, powtarzać tu nie widzimy potrzeby.

Co do sprawdzeń dokładności narzędzia, podobnież wszystko prawie co w opisie teodolitu Ertla, było powiedziane, tutaj swoje zastosowanie znajduje. Sprawdzenie dokładności podziałki koła i noniusza jest toż samo, odczytywanie kątów na dwóch noniuszach podobnie jak tam, błędy z excentryczności osi obrotowych, pochodzić mogące zobojętnia. Położenie równoległe libelli od płaszczyzny koła z podziałką, sprawdza się w ten sposób jak przy każdém narzędziu niwellacyjném, o czém niżéj mówić będziemy, a rozpoznanie czy oś optyczna lunety i oś obrotowa narzędzia na jednéj znajdują się pionowéj płaszczyznie, tak samo jak przy teodolicie Ertla się odbywa.

CZĘŚĆ DRUGA.

POZIOMOWANIE (NIWELLACYA).

DZIAŁ I^szy.

POZIOMOWANIE TOPOGRAFICZNE.

ROZDZIAŁ I.

Wiadomości ogólne.

§ 105.

Oznaczenie na planie rozmaitych punktów i przedmiotów, czyli nakreślenie rzutu ich na płaszczyznie pozioméj, nie daje jeszcze dokładnego wyobrażenia o położeniu tych punktów w przestrzeni, a oznaczenie różnicy ich wzniesienia, staje się koniecznem dopełnieniem, bez którego nie można mieć rzeczywistego pojęcia, o kształcie powierzchni gruntu.

Czynność, która ma za przedmiot oznaczenie różnicy wysokości pomiędzy rozmaitemi punktami, nazywa się *niwellacyą*.

Przez różnicę wysokości położenia dwóch punktów, rozumieć należy, mniejsze, lub większe wzniesienie każdego z nich po nad jakąkolwiek powierzchnię lub linię poziomą. Położenie powierzchni lub linii pozioméj, określone jest tym

jednym warunkiem, że wszelka linia pionowa spotykać je winna pod kątem prostym; że zaś linie pionowe nie są od siebie równoległemi i wszystkie zbiegają się w środku kuli ziemskiéj, przeto wszelka powierzchnia pozioma nie może być płaszczyzną: kształt jéj podobnie jak kuli ziemskiéj jest elipsoidalny, a wyobrażenie najlepsze o nim dać może, powierzchnia rozległych wód oceanu podczas zupełnego spokoju.

§ 160.

Niwellacya uskutecznia się za pomocą narzędzia niwellacyjnego i łat czyli tarcz. Wszelkie narzędzie niwellacyjne służy do nadania kierunku poziomego promieniowi oka celującego w tarczę opatrzoną wymiarami i ustawianą pionowo, w rozmaitych punktach z kolei. Różnica wysokości na jakiéj promień poziomy oka przetnie się z tarczą ustawioną w dwóch punktach z kolei, będzie rzeczywistą różnicą wysokości położenia tych dwóch punktów. Jeżeli odległość pomiędzy tarczą a narzędziem niwellacyjném jest niezbyt wielką, otrzymany w powyższy sposób wypadek, uważać można za zupełnie dokładny; rzecz się ma jednak przeciwnie, jeżeli tarcza w znacznéj odległości ustawioną została.

Promień oka z swéj natury stanowi linię prostą, że zaś kształt wszelkiéj powierzchni pozioméj, jest elipsoidalny, przeto linia prosta promienia ocznego, nie może być rzeczywiście poziomą i jest tylko styczną do powierzchni lub linii pozioméj; przy ogromnéj średnicy ziemi, która blizko 6,000,000^{s} wynosi, w małych odległościach różnica kierunku tych linij, pozornego i bezwzględnego poziomu, w żaden sposób nie da się ocenić; w miarę jednak powiększania się ich długości, wzrasta ona do tego stopnia, że zaniedbanie stosownéj w téj mierze poprawki, doprowadziłoby zwłaszcza w dłuższych niwelacyach do zupełnie fałszywych wypadków.

Wystawmy sobie narzędzie niwellacyjne ustawione w punkcie A (fig. 81); stawiając tarczę kolejno w punktach B i C, i celując za pomocą narzędzia w tym kierunku, otrzymamy dwie różne wysokości W i w oznaczone wymiarami

tarczy, których różnica $W—w$ byłaby prawdziwą różnicą wysokości położenia dwóch punktów B i C, gdyby bc było linią bezwzględnego nie zaś pozornego poziomu. Chcąc przeto z większą dokładnością oznaczyć wysokości położenia B i C, trzeba szukać punktu przecięcia tarczy z krzywą xy; która jest linią bezwzględnego poziomu.

Przypuśćmy, iż punkt O (fig. 82), przedstawia środek kuli ziemskiéj, krzywa xy kierunek rzeczywistego, a linia AB pozornego poziomu. Widoczną jest rzeczą, że promień oka celującego po linii AB, da nam dla punktu B' w którym jest ustawiona tarcza, wysokość zanadto wielką, od któréj odjąć potrzeba BB aby wypadek stał się dokładnym. Do oznaczenia wartości linii téj BB' którą nazwiemy w, posłuży nam trójkąt prostokątny OAB; w trójkącie tym mamy:

$$(OB' + BB')^2 = AB^2 + AO.^2$$

oznaczmy jeszcze AB przez d a OB' i Ao jako promienie ziemi przez P, równanie powyższe zmieni się w

$$(P + w)^2 = d^2 + P^2$$

Po wykonaniu wskazanych działań i uproszczeniu otrzymujemy jako wartość dla w

$$w = \frac{d^2 + w}{2P + w}.$$

Ponieważ zaś na odległości, na jakie oko ludzkie może celować, ilość w będzie zawsze nadzwyczaj małą, w porównaniu dwóch promieni kuli ziemskiéj, przeto możemy ją w mianowniku powyższego ułomku opuścić i pozostanie:

$$w = \frac{d^2}{2P}$$

jako wartość poprawki szukanéj, którą odjąć należy od znalezionéj poprzednio wysokości.

§. 107.

Wypadki otrzymane przy niwellacyi ulegają innéj jeszcze niedokładności, pochodzącéj z łamania czyli refrakcyi, promieni światła. Promień oka celującego w punkcie A przechodząc przez warstwy powietrza rozmaitéj gęstości, ulega

pewnéj liczbie złamań, tak dalece, że w miejsce linii prostéj, nakréśla on w swym przebiegu, krzywą $A B''$ wklęsłą od strony powierzchni ziemi. Tym sposobem punkt B widziany jest w B'' a zatém za nizko o ilość $B B''$. Widzimy z tego, że błąd pochodzący z łamania promieni światła, pokrywa w części piérwszą niedokładność przez kulistość ziemi spowodowaną; że jednak zwykle, przynajmniéj w naszym klimacie, jest on o wiele od niéj mniejszy, przeto różnica dopiéro między dwiema pomienionemi poprawkami, da nam trzecią rzeczywistą. Idzie więc nam tylko o znalezienie wartości dla BB''. Podług Delambre'a kąt BAB'' zawarty między linią prostą a jéj zboczeniem, przez złamanie promieni wywołaném, równa się $\frac{8}{100}$ kąta AOB, w środku ziemi swój wierzchołek mającego. Że zaś kąt AOB jest dwa razy większy od kąta BAB', jako zawartego między styczną a cięciwą, przeto kąt BAB będzie równy $\frac{16}{100}$ kąta BAB'. Ponieważ kąty te są nadzwyczaj małe, można przeto przypuścić bez wielkiéj niedokładności, że boki leżące naprzeciw nich w trójkątach, są w tymże samym stosunku do siebie, jak i kąty im przeciwległe, czyli że

$$BB'' = \frac{16}{100} BB'$$

oznaczywszy więc BB'' przez w', a BB' jak wyżéj przez w otrzymamy wartość szukanéj poprawki

$$w^1 = \frac{16}{100} w$$

Chcąc użyć obudwóch poprawek razem w obliczaniu wysokości niwellowanych punktów, potrzeba drugą odjąć od pierwszéj, co nam da na wartość ostatecznéj poprawki

$$W = w - w' \text{ czyli}$$

$$W = \frac{d^2}{2p} - \frac{16}{100}\left(\frac{d^2}{2P}\right) = \frac{84}{100}\left(\frac{d^2}{2P}\right) = \frac{21}{25}\left(\frac{d^2}{2p}\right)$$

którą to ilość odjąć należy od wysokości otrzymanéj za pomocą narzędzia.

Otrzymana powyżéj formuła, jest dostatecznie dokładną do użytku, nawet w przypadkach gdzie o wielką ścisłość chodzi; nadmienić tu jednak musimy, że wielkość zboczenia przez łamanie się promieni, nadzwyczaj jest zmienną, zależy ona od klimatu, stopnia ciepła, stanu powietrza i t. d., a największe

różnice mają miejsce, jeżeli niwellacya odbywa się na słońcu po nad mocno rozgrzaną ziemią: w robotach więc wielkiéj ścisłości wymagających, najlepiéj w czasie południa czynność swą zawiesić.

Następna tablica daje różnicę pomiędzy wysokościami pozornemi a rzeczywistemi na odległości, jakie najczęściéj przy niwellacyach są w użyciu.

Odległości w sążniach	Poprawka pierwsza z przyczyny kulistości ziemi	Poprawka druga z powodu łamania się promieni	Ostateczna różnica między wysokością pozorną i rzeczywistą.
20	$0^s,00007$	$0^s,00001$	$0^s,00006$
40	$0^s,00027$	$0^s,00004$	$0^s,00023$
60	$0^s,00060$	$0^s,00009$	$0^s,00051$
80	$0^s,00107$	$0^s,00017$	$0^s,00090$
100	$0^s,00166$	$0^s,00026$	$0^s,00140$
120	$0^s,00240$	$0^s,00038$	$0^s,00202$
140	$0^s,00327$	$0^s,00052$	$0^s,00275$
160	$0^s,00427$	$0^s,00068$	$0^s,00359$
180	$0^s,00540$	$0^s,00086$	$0^s,00454$
200	$0^s,00666$	$0^s,00107$	$0^s,00559$

§. 108.

Jeżeli w celu oznaczenia różnicy wysokości położenia dwóch punktów, narzędzie niwellacyjne ustawioném zostanie na równéj odległości od każdego z takowych, wszelka poprawka staje się bezpotrzebną, przyczyny bowiem wprowadzają-

ce w błąd, dla obu odległości w jednakowym stopniu działają; ztąd wynika, że jakkolwiek wysokości otrzymane pojedynczo biorąc mogą być błędne, różnica jednak pomiędzy niemi będzie taż sama, jaka w rzeczywistości istnieje. W dłuższych niwellacyach pożyteczną jest rzeczą obierać, o ile przeszkody miejscowe nie stają na zawadzie, każde stanowisko mniéj więcéj w równéj odległości od dwóch punktów, których wysokości mają być porównywane, unika się przez to bezpotrzebnego obrachowywania poprawek, a nadto co jest rzeczą nierównie ważniejszą, zabezpiecza się przeciwko błędom jakie może spowodować niedokładna budowa narzędzia; jeżeli bowiem linia, po któréj się celuje nie będzie dokładnie poziomą, błąd ztąd pochodzący, wtedy tylko sfałszować może różnice pomiędzy wysokościami rozpoznawanych punktów, jeżeli odległości tych punktów od narzędzia będą nie jednakowe: w razie przeciwnym pomimo niedokładności narzędzia, różnica zawsze będzie prawdziwą.

§. 109.

Zdarzyć się jednak może, że dwa punkta, których wysokości porównywać chcemy, są przedzielone jakąś przeszkodą nie dozwalającą stanąć z narzędziem, w równéj od obudwóch odległości, w takim razie można otrzymać wypadek dokładny postępując sposobem następującym:

Ustawiwszy narzędzie w punkcie a (fig. 83) celuje się po linii pozornego poziomu $A'B'$ do tarczy ustawionéj w punkcie b, co nam da $B''b$ jako wysokość odpowiednią punktowi b; następnie przenosi się narzędzie do punktu b a tarcza na punkt a; postępując podobnie jak poprzednio, otrzymamy dla tego punktu wysokość $A''a$. Szukana różnica wysokości położenia dwóch punktów a i b równać sie będzie

$$\frac{A''a + A'a}{2} - \frac{B''b + B'b}{2}$$

Dla dowiedzenia tego potrzeba nam wykazać, że linia AB dzieląca kąty przy S na równe części, jest linią pozornego poziomu, jakąbyśmy otrzymali ustawiając narzędzie w pun-

kcie P połowie odległości pomiędzy punktami a i b, że zatém punkta A i B znajdują się na jednym poziomie i dzielą linie $A'A''$ i $B'B''$ na równe części.

I rzeczywiście dwa trójkąty $AA'S$ i $BB'S$ są równokątne, kąty bowiem przy S równe są z wykréślenia, kąty zaś A' i B' muszą być równe jako utworzone przez pionowe $A'A''$ i $B'B''$ i linie pozornego poziomu otrzymane za pomocą jednego i tego samego narzędzia, a zatém i kąty $A'AS$ i $B'BS$ będą sobie równe. Jeżeli zatém przedłużymy pionowe Aa i Bb aż do punktu O wspólnego ich przecięcia, utworzony tym sposobem trójkąt ABO będzie równoramienny i jeżeli połączymy punkt P dzielący bok AB na dwie równe części z wierzchołkiem trójkąta O, w takim razie kąty przy P będą proste, a linia OP pionową, a zatém linia AB tworząc z nią dwa kąty proste będzie linią pozornego poziomu odpowiadającego punktowi P.

Jeżeli następnie poprowadzimy linię SO' dzielącą kąt ASB na równe części, będzie ona równoległą do PO i przetnie się z przedłużeniem linii AO w punkcie O'. Ponieważ linia AS dzieli podstawę $A''A'$ trójkąta $A''A'S$ na części proporcyonalne do boków przyległych, będziemy mieli:

$$A''A : A''S = A'A : A'S$$

Następnie trójkąt $A''AS$ jest podobny do trójkąta $A''SO'$ mają bowiem kąt A'' wspólny, kąt $A''SA$ równy kątowi O' z wykréślenia; a zatém i kąty trzecie równe sobie, dają więc:

$$A''A : A''S = A''S : A''O'$$

W końcu trójkąty $A'SO'$ i $A'AS$ są również do siebie podobne, kąty bowiem przy A' są proste a kąt ASA' równy kątowi O' będzie więc:

$$A'A : A'S = A'S : A'O'$$

Porównawszy trzy powyższe proporcye otrzymamy:

$$A''A : A'A = A''S : A'S = A''O' : A'O'$$

$$\text{czyli } \frac{A''A}{A'A} = \frac{A''S}{A'S} = \frac{A''O'}{A'O'}$$

W miejsce dwóch wyrazów ostatniego stosunku możemy wstawić ich wartość, którą znajdziemy w sposób następujący:

Trójkąt $A''SO'$ daje proporcyę:

$$A''O' : SO' = A''O : P''O$$

$$\text{ztąd } A''O' = SO' \times \frac{A''O}{P''O}$$

W trójkącie zaś $A'SO'$ mamy:

$$A'O' : SO' = A'O : P'O$$

$$A'O' = SO' \times \frac{A'O}{P'O}$$

a zatém

$$\frac{A''O'}{A'O'} = \frac{SO' \times \frac{A''O}{P''O}}{SO' \times \frac{A'O}{P'O}} = \frac{\frac{A''O}{A'O}}{\frac{P''O}{P'O}}$$

Każdy z powyżéj otrzymanych ułomków większy jest od jedności, widocznie bowiem mianowniki ich mniejsze są od liczników; nadto ponieważ

$$\frac{A''A}{A'A} = \frac{\frac{A''O}{A'O}}{\frac{P''O}{P'O}}$$

a zatém $\frac{A''A}{A'A} < \frac{A''O}{A'O}$

z drugiéj strony jako ułomek większy od jedności:

$$\frac{A''A}{A'A} > \left(\frac{P''O}{P'O}\right)^{1} \text{ czyli}$$

$$\frac{A''A}{A'A} > \frac{P'O}{P''O}$$

Ułomek $\frac{A''O}{A'O}$ wiekszy jest od jedności, ułomek zaś $\frac{P'O}{P''O}$ mniejszy; różnica jednak pomiędzy niemi a jednością jest nadzwyczaj mała i nie może przechodzić $\frac{1}{1,000,000}$ sążnia, długość bowiem A''A', ktora stanowi całą różnicę między licz-

nikiem a mianownikiem, może wynosić najwięcéj 2 lub 3 sążnie, czyli wysokość tarczy, promień zaś ziemi ma blizko 3,000,000 sążni długości. Można więc z zupełną prawie ścisłością przypuścić, że $\frac{A'' A}{A' A}$ którego wielkość trzyma środek pomiędzy wyżéj wzmiankowanemi ułomkami, równa się jedności, czyli, że

$$A'' A = A' A$$

Punkt więc A dzieli linią A″A′ na dwie równe części. W podobny sposób okazać można, iż punkt B znajduje się w równéj odległości od punktów B'' i B'.

Wysokość więc punktu a odnośnie do linii pozioméj $A B$ będzie:

$$A a = \frac{A'' A'}{2} + A' a = \frac{A'' A' + 2 A' a}{2}$$

$$\text{czyli } A a = \frac{A'' a + A' a}{2}$$

$$\text{podobnież } B b = \frac{B'' b + B' b}{2}$$

Różnica pomiędzy temi dwiema względnemi wysokościami, jest zarazem różnicą rzeczywistą wysokości położenia punktów a i b i wyrazi się przez

$$\frac{A'' a + A' a}{2} - \frac{B'' b + B' b}{2}$$

zgodnie z założeniem, któreśmy udowodnić usiłowali.

ROZDZIAŁ II.

Narzędzia niwellacyjne.

§. 110.

Narzędzia niwellacyjne podzielić się dadzą na trzy oddziały, stosownie do zasady budowie ich przewodniczącéj; i tak: do piérwszego oddziału należeć będą narzędzia, których podstawą jest prawo ciążenia ciał po linii pionowéj; do drugiego oddziału policzyć należy, narzędzia opiérające się

na téj zasadzie, iż powierzchnia płynów zawsze kierunek poziomy przybiera; trzecie mają za podstawę własność bańki powietrza, zamkniętéj w rurce napełnionéj płynem, przybierania ile możności najwyższego położenia.

§. 111.

W piérwszym oddziale pomieścić należy grundwagę mularską składającą się zwykle z trójkąta równoramiennego, u wierzchołka którego zawieszona jest nitka utrzymująca kulkę ołowianą (fig. 84). Jeżeli ustawimy taki trójkąt pionowo a nitka padnie na sam środek jego podstawy, w takim razie taż podstawa będzie miała kierunek poziomy.

Narzędzie to zwykle jest używane do nadania kierunku poziomego rozmaitym częściom budowy *np.* cokułom, warstwom cegły w murze, belkom i t. d. i na małe odległości daje wypadki dosyć dokładne. Chcąc użyć grundwagi mularskiéj do niwellacyi gruntów, potrzebaby ją osadzić na trójnogu zwyczajnym i opatrzyć celownikami i ruchomém kolanem z śrubą, co pozwalałoby nadawać kierunek potrzebny całemu narzędziu i za pomocą celowników, oznaczać wysokość przecięcia się linii pozioméj z tarczą.

Za pomocą narzędzia podobnego, nigdy nie można dokładnych otrzymać wypadków, jedynie więc dla swéj prostoty i w braku innych użytém ono być może i to w czynnościach nieobejmujących wielkich przestrzeni gruntu i z natury swéj ścisłości niewymagających. Chcąc sprawdzić dokładność grundwagi mularskiéj, ustawia się takową na płaszczyznie pozioméj i obracając w różne strony uważa, czy nitka z ciężarem zawsze w jedném położeniu pozostaje, i czy pada na oznaczony środek podstawy trójkąta. W braku płaszczyzny pozioméj, ustawia się grundwaga na jakiejkolwiek płaszczyznie nachylonéj i oznacza z największą ścisłością kierunek nitki pionowéj; następnie odwraca się cały trójkąt w sposób, aby jego podstawa znajdowała się na téj saméj linii, ale w przeciwnym kierunku i znowu oznacza położenie ciężarku. Środek odległości pomiędzy dwoma tak otrzymanemi punkta-

mi oznaczy nam położenie rzeczywiste linii prostopadłéj do podstawy trójkąta a zatém zapewni dokładność całego narzędzia. Dla pewności, działanie to kilka razy powtórzyć należy.

§. 112.

Zasadę ciążenia ciał po linii pionowéj starano się zastosować z większym lub mniejszym skutkiem do budowy wielu innych narzędzi niwellacyjnych, żadne jednak ze znanych dotąd nie daje rękojmi dostatecznéj ścisłości i dlatego nadzwyczaj rzadko używanemi one bywają. Do tego rzędu należy narzędzie systematu p. Rochette, które dla swéj małéj objętości, łatwego przenoszenia i dobrze pomyślanéj budowy, niezaprzeczenie przed innemi trzyma pierwszeństwo.

Narzędzie to składa sie z części następujących:

aaa pudełko (fig. 85, 86, 87, 87 bis) mosiężne przykryte szkłem *bb* utrzymywaném zapomocą dwóch pierścieni *cc* stanowi zwierzchnią część narzędzia. Wewnątrz tego pudełka na osi stalowéj *e*, dokładnie wyszlifowanéj, umieszczone jest koło *dd* posrebrzane i podzielone na stopnie. Koło to może się wolno obracać około swéj osi i opatrzone jest wycinkiem *d'* cięższym o wiele od innych promieni, który przybierając zawsze położenie pionowe, nadaje linii *oo* do siebie prostopadłéj kierunek poziomy. Trzy blaszki *fff* przymocowane do pudełka utrzymują jeden koniec osi koła, drugi zaś jéj koniec umieszczony jest w dziurce wyrobionéj w dnie pudełka.

Z jednéj strony pudełka umieszczony jest celownik *h* z szeroką szparą i włosienią przez środek jéj przeciągniętą, z przeciwnéj zaś strony drugi celownik *k* opatrzony tylko wązką szparą znajdującą się na téj saméj płaszczyznie prostopadłéj do powierzchni koła, na któréj jest położona włosień celownika przeciwległego i środek koła. Przy tym drugim celowniku znajduje się pryzmat soczewkowy *m* umieszczony w oprawie *l*, u dołu któréj wycięty jest otwór okrągły *n* u góry zaś szpara *n'* stanowiąca przedłużenie szpary samego celownika. Poniżéj tego przyrządu znajduje się czopik *g* wystający i przytwierdzony do ściany pudełka, przez

wierzchołek jego przechodzi narysowana kréska, z którą jeżeli narzędzie ustawione jest do poziomu, kréska odpowiadająca zeru na podziałce koła zgodzić się powinna; w razie przeciwnym istnieje nachylenie pod pewnym kątem, którego wielkość wprost na podziałce okręgu koła wyczytać można.

Zawiasy umieszczone przy celownikach pozwalają je składać lub otwierać dowolnie, przykrywka zaś mosiężna służy do zamknięcia całego pudełka po odbytéj czynności, które wtenczas nie większe jest i nie trudniejsze do przenoszenia od sporéj tabakierki. Śrubka *p* zakręcona w takim razie wstrzymuje wszelki ruch koła i zabezpiecza narzędzie od zepsucia.

§ 113.

Przystępując do niwellacyi bierze się narzędzie w rękę w taki sposób, aby palec wskazujący pozostał wolnym; następnie celuje się do tarczy ustawionéj na punkcie oznaczonym, i skoro koło przestanie odbywać wahania, przyciska się palcem guzik *q* u góry narzędzia umieszczony, który tłocząc znajdującą się wewnątrz pudełka sprężynę, zatrzymuje w jedném położeniu koło. Przy celowaniu oko zajmować powinno takie położenie, ażeby brzeg pryzmatu *m* dzielił otwór źrenicy oka na dwie połowy; tym sposobem widzieć można przez szparę *k* włosień celownika przeciwległego, i przedmiot, do którego się celuje, a nadto przez odbicie całkowite na ścianie pochyłéj pryzmatu, obraz powiększony kréski narysowanéj na czopiku *g* i podziałkę stopniową koła.

§ 114.

Narzędzie to może służyć w sposób dwojaki: tojest jako zwykła grundwaga i jako spadkomierz. W piérwszym razie przy celowaniu doprowadzić należy koło do takiego położenia, aby zero podziałki na niém się znajdującéj odpowiadało krésce na czopiku *g*, przez co nadaje się linii celu kierunek poziomy; reszta czynności w takim razie odbywa się w sposób zwyczajnie przy niwellacyi jakiémkolwiek narzędziem

używany. Jeżeli narzędzie ma być użyte jako spadkomierz, tojest do oznaczenia spadku, czyli nachylenia linii łączącéj dwa punkta; w takim razie celuje się, niezważając na położenie koła wprost do punktu, o który chodzi, a liczba odpowiadająca krésce czopika na podziałce koła, da nam wielkość kąta nachylenia, za pomocą którego i odległości pomiędzy dwoma punktami, łatwo obrachować i wysokość względną dwóch punktów i nachylenie czyli spadek na jedność długości przypadającą.

Z powyższego opisu łatwo spostrzedz się daje, iż za pomocą tego narzędzia, tylko wypadki przybliżone otrzymywać można; zbytnie zbliżenie celowników, brak stałéj i nieruchoméj podstawy i t. d., staje się przyczyną wielu błędów; w każdym jednak razie, przy rozpoznaniu pobieżném i przybliżoném położenia jakiéj okolicy, narzędzie to z korzyścią może być użyte.

§ 115.

Do drugiego oddziału narzędzi niwellacyjnych należy grundwaga wodna. Narzędzie to, jakkolwiek pod względem ścisłości otrzymywanych za jego pomocą wypadków, wiele jeszcze pozostawia do życzenia; bezporównania jednak dokładniejszém jest, od powyżéj opisanych, a użyte umiejętnie i z należną ostrożnością może obszerne znaleźć zastosowanie.

Grundwaga wodna składa się z rurki pozioméj blaszannéj *AA* (fig. 88, 89, 90), zagiętéj w obudwu końcach pod kątem prostym i zakończonéj gwintami, na które wśrubowują się oprawy mosiężne *BB*, utrzymujące dwie rurki szklanne *aa*, u góry zwężone w kształcie butelki. Połączenie rurek z ich oprawą oblepia się kitem, między oprawą zaś i dolną rurką blaszanną, przed zaśrubowaniem, nakładają się okrągło wycięte kawałki skóry *ff*, aby przeszkodzić przeciekaniu wody.

Osada obmyślana jest w ten sposób, aby grundwagę dowolnie w kierunku pionowym i poziomym poruszać można było. Do nadania ruchu poziomego służy zworzeń *h* obraca-

jący się w orzechu *k* i utrzymywany za pomocą śruby *m* i podkładki *l l*. Orzech *k* z swéj strony służy do poruszania narzędzia w kierunku pionowym, czyli do nadawania mu dowolnego nachylenia i jest utrzymywany przez kleszcze *n n* ściśnięte za pomocą śruby *o o*. Dolny koniec tych kleszczów jest wydrążony i osadza się na czopie zwyczajnego drewnianego trójnoga.

Powyższy opis przedstawia narzędzie zbudowane podług nowego systematu ulepszonego; dotąd robią jeszcze grundwagi wodne z osądą składającą się z samego zworznia, która zatém pozwala tylko kierunek poziomy narzędzia zmieniać dowolnie. Rurki szklanne bywają także stale do blaszanych przytwierdzone. Szczegóły te jakkolwiek w niczém sposobu użycia narzędzia nie zmieniają, niezaprzeczenie jednak wiele mu dogodności ujmują.

§ 116.

Woda wlana przez otwór górny, zatrzymuje się w obu rurkach szklannych na jednym i tym samym poziomie, (fig. 90 *bis*); celując zatém przez wierzchołki dwóch kolumn wody w rurkach tych zamkniętéj, otrzymujemy linią poziomą. Promień oka przy celowaniu nie powinien przechodzić przez środek rurek szklannych, napotykając bowiem cztéry razy szkło wypukłe i wklęsłe naprzemian, zamiast prostéj dawałby linią mniéj więcéj łamaną; oko więc celując w takiém położeniu winno być umieszczone, aby promień jego przechodząc po linii stycznéj do dwóch walców wody, spotykał tarczę na jéj przedłużeniu.

§ 117.

Główną trudność otrzymania linii dokładnie pozioméj, za pomocą tego narzędzia, stanowi własność fizyczna płynów, znana pod nazwiskiem *włoskówatości*. W skutek téj własności woda zamknięta w rurkach szklannych, przylega do bocznych ścian rurek i u wierzchu w miejsce płaszczyzn daje powierzchnie wklęsłe, otoczone pewnym rodzajem obrączek

wznoszących się do góry. Własność ta rośnie w stosunku odwrotnym do średnicy rurki, tojest: im rurka mniejszą ma średnicę, tém wzniesienie wspomnionych obrączek jest większe; dla uniknienia więc choć w części téj niedogodności, rurki narzędzia powinny mieć przynajmniéj 0',02 średnicy. Dla uwydatnienia tych obrączek, które mają nadawać kierunek linii celu, farbują czasem wodę do narzędzia użytą karminem; najlepiéj jednak, choć nie zupełnie, trudność tę usuwają rurki blaszane z wnętrzem na czarno malowaném i stosownemi wycięciami, które się nasuwają na szkła, a dając wodzie odbicie czarniawe, najwyraźniéj powierzchnię zakończającą kolumny uwydatniają. Dla otrzymania pewniejszych wypadków, oko celujące nie powinno być nazbyt, do narzędzia zbliżone, a odległość pomiędzy niém a narzędziem najmniéj pół sążnia wynosić powinna.

§ 118.

Obiedwie rurki szklanne powinny być koniecznie téj saméj średnicy, nierówność bowiem ich objętości, może się stać przyczyną błędnych wypadków. Chcąc z jednego stanowiska do kilku kolejno celować punktów, głównym warunkiem dokładności jest, aby wszystkie tym sposobem otrzymane linie celu znajdowały się, na jednéj i tejże saméj płaszczyznie poziomej; jeżeli więc rurki nie mają równéj średnicy, a przytém narzędzie samo nie jest zupełnie poziomo ustawione: wtedy woda napełniająca takowe, za każdym częściowym obrotem narzędzia, inną w rurkach przybiérać będzie wysokość, a linie celu tym sposobem otrzymane, jakkolwiek wszystkie poziome, nie znajdują się na jednéj płaszczyznie, a najwyżéj wzniesioną będzie ta, któréj odpowiada najdłuższa kolumna wody w węższéj rurce.

Przyczyną téj nierówności jest, iż woda zawarta w rurkach prostopadłych, jakiekolwiek będzie nachylenie narzędzia, zajmować musi pewną daną objętość do pomieszczenia jéj potrzebną; jeżeli więc rurki są tychże samych średnic, to woda raz wyżéj, drugi raz niżéj w każdéj z nich się wzno-

sząc, tworzy zawsze dwa walce, których podstawa jest jednakowa, a zatém i summa wysokości taż sama pozostać musi: przeciwnie, w razie nierówności średnicy rurek, jeżeli narzędzie zostanie nachylone w stronę rurki węższéj, część wody znajdująca się w rurce szerszéj przechodzi do węższéj (fig. 90 *ter.*); że jednak podstawa walca zawartego w węższéj rurce, jest mniejsza, aniżeli była w szerszéj, przeto woda dla pomieszczenia się musi utworzyć kolumnę wyższą: tym sposobem summa wysokości dwóch walców wody, nie pozostaje taż sama, i cała linia celu jakkolwiek pozioma, na innéj jednak jak poprzednia znajduje się wysokości.

Jedynym sposobem uniknienia błędu powyżéj przytoczonego, jeżeli nie można zaradzić niedokładności narzędzia, odmianą rurek, jest ustawianie za każdą razą grundwagi o ile możności poziomo, tojest: aby przy każdém celowaniu, woda mniéj więcéj na jednéj wysokości w obu rurkach się znajdowała.

Wiatr wpadający wewnątrz rurek poruszając powierzchnią wody, utrudnia czasem celowanie; dla usunięcia téj niedogodności nadają zwykle rurkom kształt u góry zwężony na wzór buteleczek (patrz fig. 89): ostrożność ta nie zawsze jednak jest dostateczną, a jedynym środkiem zupełnego uniknięcia wspomnianéj niedogodności, jest połączenie otworów obudwu rurek, za pomocą rurki kauczukowéj, którą wtedy tylko na narzędzie zakładać można, kiedy stan powietrza tego wymaga.

Dodać tu jeszcze należy, że na każdém stanowisku, z którego do kilku punktów się celuje, cała czynność przez jednę osobę powinna być odbyta; każdy bowiem ma osobny swój sposób celowania, odpowiedni naturze swego wzroku, lub przyjętemu zwyczajowi: zmiana więc osób, mogłaby stać się przyczyną błędów niepostrzeżonych.

Pomimo wszystkich wyliczonych powyżéj wad grundwagi wodnéj, jest ona narzędziem bardzo użytecznem, a główną zaletą jest szybkość, z jaką poziomowanie za jéj pomocą się odbywa; używana ona bywa często w połączeniu z innem narzędziem ściślejszém, tojest gdy tamto służy do zdjęcia profi-

lu podłużnego projektowanéj *np.* drogi, gdzie dokładność największą zachować należy: za pomocą grundwagi wodnéj zdejmują się profile poprzeczne, które mniéj wymagają ścisłości.

§ 119.

W trzecim oddziale umieściliśmy narzędzia niwellacyjne opatrzone libellą i o tych teraz z kolei mówić zamierzamy. Przewyższają one pod względem dokładności wszystkie poprzednie, a wypadki za ich pomocą otrzymywane wszelkim odpowiadają wymaganiom. W tym rzędzie mieści się wiele narzędzi niwellacyjnych zbudowanych podług rozmaitych systematów, a zatém różniących się w szczegółach budowy; wszystkich jednak główną częścią składową jest libella, o niéj więc najpiérwéj mówić będziemy.

§ 120.

Libella składa się z rurki szklannéj, lekko w kształcie łuku zagiętéj i napełnionéj cieczą, tak jednak, aby zostawało wewnątrz miejsce na sporą bańkę powietrza; końce rurki są zalutowane. Oprawa mosiężna *tt* (fig. 91) obejmuje całą rurkę w ten sposób, iż wygięcie jéj swą wypukłością zwrócone jest do góry, a wycięcie *bb* w oprawie odsłania wierzch rurki. Oprawa rurki osadza się zwykle na podstawie mosiężnéj *gh*, która w jednym końcu jest opatrzona zawiasą *z* w drugim śrubą *s*. Środek rurki oznaczony jest przez zero, od którego zaczynając ciągnie się w obie strony podziałka symetrycznie liczbowana, wyryta albo na szkle odkrytéj w tém miejscu rurki albo na jéj oprawie. Przeznaczeniem téj podziałki jest wskazywać, czy bańka znajduje się dokładnie na środku rurki, czy téż jest zbliżona do którego z jéj końców. Gdyby wielkość bańki była stałą, wystarczałyby do sprawdzenia tego warunku dwie kréski, na szkle narznięte, pomiędzy któremi bańka zajmując wymagane położenie pomieścićby się musiała; że jednak skutkiem zmian temperatury i rozszerzalności cieczy, bańka raz większe, drugi raz mniejsze rozmiary przybiéra, potrzebna jest podziałka dla wskazania,

czy z jednéj i drugiéj strony zera, jednakowa liczba podziałów jest zajęta.

§ 121.

Ustawiwszy narzędzie tak, aby bańka sam środek rurki zajmowała, wszelka linia lub płaszczyzna styczna do środka krzywizny tejże bańki, a zatém styczna do środka w łuk zagiętéj rurki, będzie linią poziomą. Płaszczyzna stanowiąca ścianę spodnią podstawy mosiężnéj *gh* powinna być jak najdokładniéj równoległą od płaszczyzny stycznéj w punkcie zero do łuku rurki; ile więc razy tamta przez naprowadzenie bańki do środka rurki stanie się poziomą, tyle razy i spód podstawy kierunek ten przybrać musi.

Równoległość dwóch tych płaszczyzn, stanowi główną podstawę użyteczności libelli, że jednak przez poruszenie się rurki w swéj oprawie, lub inną jaką przyczynę, zasadnicza ta własność naruszoną być może; potrzebném bywa sprawdzenie i naprawienie błędu jeśli się takowy okaże. Sprawdzenie to odbywa się albo ustawiając narzędzie na płaszczyznie poziomej i obracając w różne strony, albo co jest najdogodniejszém umieszczając je na dwóch oddzielnych podpórkach tak, aby bańka stanęła na środku rurki; zmienia się następnie położenie libelli, tak, aby jéj końce na przeciwnych znalazły się podpórkach: jeżeli dwie płaszczyzny wspomniane są równoległemi, bańka pozostanie w swém położeniu; w przeciwnym razie naprowadza się ją do środka w połowie przez podwyższenie lub zniżenie jednéj podpórki, w połowie za pomocą śrubki *s*. Czynność ta powtarza się kilka razy dopóty, dopóki bańka pomimo odwracania libelli, stale środka rurki zajmować nie będzie.

§ 122.

Libella tém jest dokładniejsza, im jest czulsza, tojest: im wyraźniéj wskazuje najmniejsze nachylenie stycznéj do środka łuku rurki. Czułość ta narzędzia jest proporcyonalną do promienia krzywizny rurki, a stopień jéj możemy ocenić wy-

najdując wielkość kąta nachylenia wyrażonego w sekundach, i odpowiadającego zboczeniu bańki, *np.* na $0_s,001$. Przypuśćmy, że rurka przybierze kolejno położenie aa' i bb' (fig. 92) i kąt α będzie kątem nachylenia, linia d długością zboczenia bańki odpowiednią temu nachyleniu, a linia P promieniem krzywizny rurki; w trójkącie tym mamy

$$\text{wst}\ \alpha = \frac{d}{p}$$

Ponieważ zaś kąt α jest zawsze nadzwyczaj mały i tylko kilka sekund wynosi, możemy przypuścić, że łuk mu odpowiadający równy jest wstawie, czyli

$$\text{Łuk}\ \alpha = \frac{d}{p}$$

Jeżeli oznaczymy przez S liczbę sekund stanowiących wartość tego łuku, będzie

$$\text{Łuk}\ \alpha = \text{Łuk}\ 1''\ S$$

czyli $\text{Łuk}\ 1''\ S = \frac{d}{p}$

$$S = \frac{d}{p} \cdot \frac{1}{\text{Łuk}\ 1''}$$

Że zaś zboczenie bańki d ma być równe $0^s,001$, podług założenia będzie

$$S = \frac{0^s,001}{p} \cdot \frac{1}{\text{Łuk}\ 1''}$$

Łuk odpowiadający jednéj sekundzie, jeśli przyjmiemy za promień jedność, równy jest: 0,00000 4848, a zatém

$$S = \frac{0^s,001}{0,000004848\ p} = \frac{206}{p}$$

a przyjmując liczbę okrągłą

$$S = \frac{200}{p}$$

W narzędziach zwyczajnych promień krzywizny rurki wynosi od 5 do 10 sążni. Przy promieniu wynoszącym 10 sążni, zboczenie bańki na $0^s,0005$ odpowiada 10 sekundom kąta nachylenia. Granicy téj w zwyczajnych libellach prze-

chodzić nie należy, upoziomowanie bowiem narzędzia, stałoby się nadzwyczaj trudném i długiegoby wymagało czasu. W czynnościach geodezyjnych, gdzie sposób ustawiania narzędzia pozwala zachować wszelkie ostrożności, używają libelli, w których zboczenie bańki, na jednę sekundę kąta nachylenia wynosi $0^s,001$ lub $0^s,0015$. Promień krzywizny takich rurek równa się 200 lub 300 sążniom.

§ 123.

Ważną nadzwyczaj jest rzeczą, aby średnica wewnętrzna rurki była jednostajną, albo przynajmniéj symetryczną, po obu stronach zera; w razie bowiem przeciwnym, bańka naprowadzona na środek rurki, po niejakim czasie mogłaby się bez poruszenia narzędzia usunąć, ulegając tylko wpływowi rozszerzalności cieczy, która w jednakowéj ilości po obu stronach zera się znajdując, nierówne parcie wywierałaby na oba końce bańki.

Ciecz napełniająca rurkę, niepowinna nigdy zamarzać, a para z niéj się wydobywająca, przylegać zbytnie do ścian rurki, coby poruszenia bańki utrudniało. Eter i alkohol najlepiéj łączą w sobie te warunki i dlategotéż najczęściéj używane bywają.

§ 124.

Libella służy do upoziomowania stolika mierniczego, lub jakiejkolwiek powierzchni płaskiéj; najobszerniejsze jednak znajduje zastosowanie, przy narzędziach niwellacyjnych.

Najprostszém z nich jest narzędzie z celownikami, które w rozmaity sposób urządzane bywa: składa się ono zwykle z linii mosiężnéj AB (fig. 93), opatrzonéj w obu końcach celownikami C i D. W pośrodku téj linii umieszczona jest libella, któréj jeden koniec spoczywa na podstawie z, opatrzonéj zawiasą; do drugiego dodana śrubka s, pozwala w razie potrzeby podnosić lub zniżać ten koniec, dla nadania linii AB kierunku równoległego, od stycznéj do środka łuku rurki.

Druga linia mosiężna *A′ B′*, przymocowana do osady łączy się z pierwszą za pomocą zawiasy *B′* i śruby *A′*, przeznaczonéj do naprowadzania bańki do środka rurki. Rozmaitego rodzaju osady zastosowane być mogą do tego narzędzia, najwłaściwszą jednak i najdogodniejszą jest osada z orzechem, opisana powyżéj przy grundwadze wodnéj, lub co lepiéj taka, jaka jest używana przy narzędziach z lunetami, a któréj szczegółowy opis umieszczony będzie poniżéj.

Celowniki *C* i *D* są tak urządzone, iż z każdéj strony oko przyłożone być może; każdy w jednéj połowie ma włos poziomy, a w drugiéj na przedłużeniu włosa jest mały otwór, przez który się patrzy na włos przeciwległego celownika.

§ 125.

Sprawdzenie tego narzędzia odbywa się w sposób następujący:

Ustawia się narzędzie w jednakowéj odległości pomiędzy punktami *a* i *b* i bańkę libelli do środka się naprowadza; celując do punktów *a* i *b*, otrzymamy dwie wysokości tarczy *a′ a* i *b′ b;* następnie obraca się narzędzie na osadzie o 180° i bańkę na nowo do środka naprowadza: przez powtórne celowanie, też same otrzymać się powinny wysokości, w razie przeciwnym bańkę znowu do środka naprowadzić należy, w połowie poruszeniem śrubki do libelli zastosowanéj, w połowie za pomocą śruby dolnéj, dwie linie mosiężne z sobą łączącéj. Czynność ta powtarza się kilka razy dopóty, dopóki narzędzie obracane w strony przeciwne, tychże samych nie wskazuje wysokości.

Główną niedogodnością takiego narzędzia jest konieczność za każdém celowaniem naprowadzania nanowo, bańki do środka, co i mniéj dokładną i długiego czasu wymagającą jest czynnością. Unika się téj niedogodności zastosowaniem osady, używanéj przy narzędziach z lunetami, która po upoziomowaniu narzędzia w obraném stanowisku, pozwala w różne strony celować bez naruszenia poziomu.

§ 126.

Narzędzia opatrzone libellą i lunetami, budowane bywają podług rozlicznych systematów; opiszemy tu z nich tylko niektóre jako najlepiéj wszelkim wymaganiom odpowiadające i używane najczęściéj, w przekonaniu, że dokładne zrozumienie mechanizmu jednego z nich, dostatecznym będzie przewodnikiem do używania innych; jakkolwiek bowiem w szczegółach liczne mogą zachodzić różnice, ogólna jednak zasada i sposób użycia zawsze ten sam pozostaje.

§ 127.

Pierwsze miejsce niezaprzeczenie zajmuje narzędzie zbudowane podług systematu Egault'a inżyniera naczelnego dróg i mostów we Francyi. Skład tego narzędzia jest następujący:

W środku podstawy mosiężnéj o trzech ramionach *A A A*, (fig. 95, 96, 97, 98, 99, 100 i 101), osadzona jest i utwierdzona za pomocą dwóch muter *K K'*, oś obrotowa *D* ze stali, krążek *G* przylutowany do niéj i opatrzony zębem *d* zachodzącym w jedno z ramion *A*, przeszkadza wszelkiemu obrotowi wirowemu. Przez koniec każdego z trzech ramion podstawy *A A A*, przechodzą śruby *B B B*, których końce opierają się na zwierzchniéj części nogi drewnianéj, utrzymującéj całe narzędzie. Śruby te służą do nadawania osi obrotowéj *D* położenia pionowego, co się przez kolejne przykręcanie, lub odkręcanie każdéj z nich otrzymuje.

Drobne poruszenia działaniem śrub spowodowane, odbywają się na około orzecha *F*, umieszczonego w wydrążonéj panewce *E*, i opatrzonego zębem *b* zachodzącym w odpowiednie wyżłobienie, który zbyt wielkich poruszeń narzędziu odbywać nie dozwala. Przez orzech od dołu do góry idzie dziura, najczęściéj gwintami opatrzona, w którą wchodzi śruba stercząca po nad wierzchnią częścią nogi drewnianéj: przyrząd ten służy do umocowania narzędzia na nodze, podczas czynności. Tuleja *C* założona na oś *D*, może dowolnie koło

takowéj być obracaną w górnéj swéj części; utrzymuje ona linię mosiężną *R*, stale przymocowaną wraz z spoczywającą na niéj lunetą i libellą. Brzeg koła poziomego *H*, przymocowanego do tulei za pomocą śruby *e*, zachodzi pomiędzy odnogi kleszczów MM′, które jeżeli zostaną ściśnięte za pomocą śruby *J*, utrzymują w daném położeniu koło *H*, a tém samém przeszkadzają obrotowi tulei *C′* około swéj osi. Jeżeliby po takiém utwierdzeniu, okazała się potrzeba skierowania w bok, o małą tylko ilość narzędzia, posłuży do tego śruba mikrometryczna *N*, przechodząca przez koło *L* znajdujące się przy dolnéj części kleszczów i sięgająca mutry *L′* przytwierdzonéj do jednego z ramion podstawy *A*. Przykręcanie lub odkręcanie téj śruby nadaje całéj górnéj części narzędzia ruch powolny około osi i pozwala z największą dokładnością ustawić ją w należytym kierunku. Linia mosiężna *R* zakończona jest dwiema, wystającemi na bok pod kątem prostym podstawkami *R′ R′*, do których przymocowane za pomocą śrubek *ff*, sztuczki *T T*, ze stosowném wycięciem utrzymują końce libelli *Q Q*. W jednéj z nich śrubka *g*, służy do podnoszenia lub zniżania jednego końca libelli, przez drugi zaś koniec i przez drugą sztuczkę *T*, przechodzi sztyft *h*, obrot ten ułatwiający.

Widełki *S S* utrzymują lunetę. Jedne z nich są stale przymocowane do linii *R*, zapomocą dwóch śrub, drugie mogą się podnosić, lub zniżać z pomocą śrubki *i* i sztyftów *l l*, po których się posuwają. Urządzenie to służy do doprowadzania punktów, w których się luneta do widełek dotyka, do takiego położenia, aby się obadwa na jednéj poziomej znajdowały.

W punktach zetknięcia się z widełkami luneta *V* jest opatrzona dwiema obrączkami *U U*; brzegi ich zagięte *u u* padają na zewnątrz widełek i służą do utrzymania raz założonéj lunety, w jedném położeniu, do czego im dopomagają dwie zawiaski *Z Z*, przy górnéj części widełek umieszczone, które swój obrot odbywają na około sztyftów *z z* i opatrzone są w końcach śrubkami *z′ z′* zakręcającemi się po zamknięciu

zawiasek. Jedyne poruszenie jakie tak utwierdzona luneta odbyć może, jest obrot około osi.

§ 128.

Urządzenie wewnętrzne lunety jest następujące:

Szkło przedmiotowe achromatyczne O, osadzone jest w oprawie $m\,m$, w którą od strony przeciwnéj zachodzi koniec rury głównéj i za pomocą śrubek, lub nitów $n\,n$, jest do niéj przymocowany. W tymże samym końcu rury głównéj, znajduje się zwykle wewnątrz, rurka ołowiana, służąca do nadania równowagi całéj lunecie i sprowadzenia środka ciężkości na linią pionową przechodzącą przez środek osi narzędzia.

W przeciwny koniec rury głównéj wchodzi rurka $q\,q$, a zastosowana do niéj zębownica (*Kremaliera*) r, pozwala dowolnie mniéj lub więcéj ją wysuwać. Wewnątrz rurki obsadzony jest bębenek $\alpha\,\alpha$, składający się z trzech oddzielnych części. Pierwsza z nich $\alpha\,\alpha'$ ma kształt rurki wchodzącéj szczelnie w obejmującą ją rurkę $q\,q$ i zakończonéj denkiem $\alpha'\,\alpha'$, w środku którego znajduje się otwór prostokątny z dwoma równoległemi brzegami, wyciętemi w kształcie fugi. Drugą część bębenka stanowi krążek $\alpha''\,\alpha''$ z podobnym do poprzedniego otworem prostokątnym, dwa jego brzegi od strony tylnéj opatrzone są falcem wystającym i wchodzącym w fugi denka, po których może się posuwać; drugie zaś dwa brzegi z wyciętemi od strony przeciwnéj fugami, mają kierunek prostopadły względem fug denka. Falc wystający drugiego krążka $\alpha'''\,\alpha'''$ wsunięty w fugi poprzedniego, dozwala krążkowi temu odbywać poruszenia w kierunku prostopadłym, do poruszeń pierwszego krążka.

W otworze środkowym krążka $\alpha'''\,\alpha'''$ umieszczone są dwie cienkie nitki, lub włosienie przecinające się z sobą pod kątem prostym. Widzieliśmy, iż dwa krążki powyżéj opisane mogą się poruszać w kierunkach prostopadłych do siebie, śruby B i B zastosowane do krążka $\alpha''\,\alpha''$ i $B'\,B'$ połączone z krążkiem $\alpha'''\alpha'''$, służą do udzielania im tego ruchu.

Z urządzenia tego widoczném jest, że ruch pierwszego krążka udziela się drugiemu, drugi zaś może być poruszany niezależnie od pierwszego; przez stosowne więc obroty śrub, można zawsze doprowadzić punkt przecięcia wspólnego dwóch nitek, na oś lunety, sposób zaś zapewnienia się o skutku téj czynności podamy niżéj.

Szkła oczne składające się z dwóch soczewek płaskowypukłych, osadzone w oprawie *t t*, uzupełniają przyrząd lunety. Oprawa *t t* wchodzi wewnątrz rury *q q* i może stosownie do potrzeby wzroku, mniéj lub więcéj z takowéj się wysuwać.

§ 129.

Opisane powyżéj urządzenie narzędzia niwellacyjnego Egault'a, jest najczęściéj używane; znane są jednak inne, odmienne pod tąż samą nazwą, w których część górna pozostaje ta sama, a różnica istnieje tylko w podstawie przeznaczonéj do nadawania osi, położenia pionowego. I tak, zamiast opisanych trzech śrub, robią się narzędzia z podstawami opatrzonemi cztérema śrubami, lub dwiema śrubami i dwiema sprężynami; lub wreszcie dwiema śrubami i tyluż zawiasami. Wszystkie te przyrządy mają toż samo przeznaczenie, naprowadzania osi narzędzia do kierunku pionowego; sposoby zaś użycia właściwie każdego z nich, tak mało między sobą się różnią, że wystarcza dokładne poznanie któregokolwiek, aby w razie potrzeby i innemi umieć się posługiwać. Dodać tu jednak należy, iż narzędzie o trzech śrubach za najdogodniejsze może być uważane, tak pod względem wytrzymałości, jak i łatwości użycia.

§ 130.

Ażeby narzędzie mogło odpowiedzieć swojemu celowi, czyli służyć do oznaczania linij poziomych, w każdym kierunku, potrzeba:

1od Ażeby oś obrotowa narzędzia była pionową i prostopadłą do libelli pozioméj, obracanéj w rozmaitych kierunkach.

2re Ażeby oś lunety była prostopadłą do osi obrotowéj narzędzia, a zatém ażeby miała położenie poziome.

3e Ażeby linia celu czyli punkt przecięcia się włosów, wewnątrz lunety się znadujących, padał na oś rury lunetowéj.

Jeżeli narzędzie czyni zadosyć wszystkim powyżéj wyrażonym warunkom, w takim razie otrzymywane z jego pomocą wypadki, nosić będą na sobie cechę dostatecznéj ścisłości; przed rozpoczęciem jednak czynności należy zawsze przekonać się, czy który z powyższych warunków naruszonym nie został, i w razie potrzeby błąd sprostować.

Sprawdzenie narzędzia odbywa się w sposób następujący:

Co do 1go. Po ustawieniu narzędzia na nodze drewnianéj, nadaje się libelli kierunek równoległy, do płaszczyzny pionowéj, przechodzącéj przez dwie ze śrub podstawy i naprowadza się bańkę do środka rurki; następnie obraca się narzędzie około osi o 180°, i jeżeli bańka zejdzie ze środka rurki, naprowadza się ją na nowo, w połowie przez obrot właściwéj śruby u podstawy, w połowie poruszeniem śrubki znajdującéj się przy osadzie libelli: powtórzywszy kilka razy tę próbę, i po zapewnieniu, że pomimo obrotu libelli na 180° bańka w swém miejscu pozostaje, odwraca się narzędzie na 90° tylko, czyli nadaje mu się kierunek prostopadły do poprzedniego i naprowadza bańkę do środka zapomocą trzeciéj śruby podstawy. Następnie obraca się libellę o 180° i postępuje jak w poprzedniém położeniu. W końcu należy jeszcze sprawdzić, czy po powrocie do pierwszego położenia bańka w środku rurki niezmiennie pozostaje: słowem obroty te dopóty powtarzać należy, dopóki w obu opisanych położeniach, pomimo obrotu libelli na 180°, bańka w właściwém miejscu nie pozostanie. Dodać tu należy, że gdyby budowa narzędzia mogła być zupełnie dokładną, po takiém sprawdzeniu bańka powinnaby nieporuszoną pozostać, podczas całkowitego obrotu na-

rzędzia na 360°; że jednak dokładność podobna otrzymaną być nie może, zawsze bańka podczas podobnego obrotu, zboczy na pewną małoznaczną ilość od środka: błąd jednak ztąd wynikający, zwykle może być opuszczony i położenie narzędzia za poziome uważane, jeżeli tylko libella w dwóch przecinających się pod kątem prostym kierunkach, bańkę w właściwém miejscu utrzyma.

Co do 2go. Celuje się za pomocą lunety do ustawionéj stale tarczy, lub innego przedmiotu, w sposób taki, aby punkt przecięcia się włosów padał dokładnie na punkt celu; następnie wyjmuje się lunetę z widełek i przekłada w ten sposób, że jéj końce przemienią swoje położenie i na przeciwnych opierać się będą widełkach. Przy przekładaniu tém uważać należy, ażeby luneta dotykała się swoich podstaw temi samemi punktami, co w poprzedniém swojém położeniu, czyli żeby przekładając, nie nadać jéj zarazem obrotu około osi. Obraca się następnie narzędzie na osi obrotowéj o 180°, i celuje do tegoż samego co poprzednio punktu; jeśli punkt skrzyżowania się włosów, nie pada na punkt celu, wskazuje to, że luneta ma jakieś nachylenie, które o połowę zmniejszyć należy, stosownem poruszeniem śrubki, przy widełkach się znajdującéj i mogącéj takowe podwyższać lub zniżać, w miarę potrzeby. Kilkokrotne powtórzenie téj czynności, zapewni zupełnie poziome położenie lunecie, a tém samém uczyni oś jéj prostopadłą do pionowéj osi narzędzia.

Co do 3go. Zapewniwszy się o położeniu poziomém lunety, przystąpić należy do sprawdzenia, czy punkt wzajemnego przecięcia włosów, znajduje się na jéj osi. W tym celu ustawia się lunetę w ten sposób, aby dwa sztyfciki $\gamma\gamma$, z wierzchu się znajdujące, wsparły się na śrubkach $\delta\delta$, przez co położenie lunety ustaloném zostanie. Następnie celuje się do tarczy ustawionéj pionowo w pewnej odległości, i jeżeli jeden z włosów. nie pokrywa dokładnie podziału poziomego na tarczy, doprowadza go się do tego położenia za pomocą śrubki działającéj na opisany poprzednio bębenek. Następnie obraca się luneta około osi na 180°; jeżeli po takim obrocie

włos, zamiast pokrywać jak poprzednio, poziomy przedział tarczy, pada powyżéj lub poniżéj takowego, będzie to dowodem, iż nie przechodzi przez średnicę rury lunetowéj i należy błąd ten naprawić, podnosząc, lub zniżając stosownie do potrzeby, włos za pomocą śrubki u bębenka o połowę różnicy, jaką celowanie w dwóch razach wykazało. Powtórzywszy parę razy tę czynność, otrzymamy właściwe położenie dla nitki, lub włosa poziomego. W podobny sposób postępuje się względem drugiego włosa, który powinien zakrywać przedział pionowy tarczy, podczas gdy tamten pada na poziomy, a po obróceniu lunety około osi na 180°, nie powinien w żadną stronę od tego przedziału się oddalać. Włosy tak ustawione, przechodzić muszą przez średnice walca lunetowego, a zatém ich przecięcie padnie w środku, czyli na osi tegoż walca, lub przynajmniéj na osi optycznéj lunety, jeżeli ta ostatnia, niezupełnie się zgadza z jéj osią matematyczną; co zresztą dosyć często się zdarza.

Zwrócić tu należy uwagę, że we wszystkich obrotach o 180°, jakie przy sprawdzeniach lunecie się nadaje, błąd istniejący zawsze się podwaja: potrzeba więc za pomocą śruby odpowiedniéj, połowę tylko takowego usunąć i powtórzeniem obrotu przekonać się, czy zupełny skutek już otrzymanym został.

§ 131.

Po sprawdzeniu w sposób powyżéj opisany narzędzia, można być pewnym dokładności otrzymywanych wypadków, z wyjątkiem jednego błędu, jaki spowodować może nierówna grubość obrączek *U U*, na których luneta spoczywa. Błąd ten tém jest szkodliwszym, że może długo zostać nie postrzeżonym i do zupełnie fałszywych doprowadzić wypadków.

Jeżeli bowiem w sposób opisany pod Nr. 2^{im}, po wycelowaniu do pewnego punktu, odwrócimy lunetę tak aby jéj końce na przeciwnych opierały się widełkach, widocznie kie-

runek nachylenia lunety, jeśli obrączki są nierówne, będzie zmieniony, ale następnie trzeba obrócić narzędzie samo na 180° około osi, i tym sposobem luneta powraca do dawnego położenia, a błąd staje się niedostrzeżonym.

Do wykrycia tego błędu może posłużyć bardzo czuła libella urządzona naumyślnie w tym celu i opierająca się na samych obrączkach lunety; najlepszym jednak jest sposób następujący:

Celuje się z jednego stanowiska do dwóch punktów równo oddalonych i zapisuje różnicę wysokości, następnie przechodzi się z narzędziem na inne stanowisko, którego odległości od tychże punktów znacznie się między sobą różnią i powtarza celowanie; jeżeli otrzymana w drugim razie różnica, nie jest równą pierwszéj, błąd pochodzi z niedokładności narzędzia, a mianowicie z nierównéj grubości obrączek.

Celując do jednego punktu z kilku odległości oznaczonych, można ocenić wielkość nachylenia lunety, a zatém wynaleźć wartość błędu, popełnianego na daną odległość. Sposób ten dozwala w ostateczności użyć taką niedokładnością nacechowanego narzędzia, poprawiając każdy otrzymany wypadek, stosunkowo do odległości pomiędzy narzędziem a tarczą. Utrudnienie jednak biegu czynności i pomyłki, jakie przy podobném obliczaniu, wkradać się mogą, zezwalają tylko w razie ostateczności na przyjęcie tego sposobu.

Pewniejszym byłoby środkiem ustawianie narzędzia na każdém stanowisku w równéj odległości od dwóch punktów, do których się celuje, wtedy jakiekolwiek byłoby nachylenie lunety, wypadek, czyli różnica wysokości dwóm tym punktom odpowiednich, będzie prawdziwa. Sposób ten jednak nie zawsze w użyciu da się zastósować, dlatego więc radzimy bezwzględne odrzucenie narzędzia, któreby tą niedokładnością nacechowaném się okazało.

Do ocenienia wysokości błędu popełnianego przy takim składzie narzędzia, może posłużyć obliczenie następujące:

Oznaczmy przez r, różnicę średnic dwóch obrączek; przez o odległość pomiędzy temiż obrączkami: wreszcie przez x od-

ległość pomiędzy punktem do którego się celuje a narzędziem. Nachylenie linii celu wyrażone będzie w takim razie przez

$$\frac{r}{o}X$$

Odległość między obrączkami wynosi zwykle $0^s,12$ do $0^s,15$; przypuśćmy, że różnica średnicy dwóch obrączek równa się $0^s,0005$, na odległość więc między narzędziem a punktem do którego się celuje 50 sążni będzie:

$$\frac{0^s,0005}{0,12} \times 50 = 0^s,208$$

na jeden zaś sążeń $\frac{0^s,208}{50} = 0^s,004$: błąd nadzwyczaj ważny, który w czynnościach nawet najmniéj ścisłości wymagających, dopuszczonym być nie może.

Narzędzie wolne od téj niedokładności może być nawet bez sprawdzenia poprzedniego użyte w sposób następujący:

Przypuśćmy, że oś lunety nie jest poziomą, w takim razie linia celu zamiast mieć kierunek poziomy AM (fig. 102), pójdzie np. po linii Am^2. Odwróciwszy narzędzie o 180^0, i przełożywszy lunetę na widełkach, otrzymamy drugą linię celu Am^3. Położenie dwóch tych linij będzie symetryczne względem pozioméj, czyli o ile jedna z nich da nam na tarczy wysokość za wielką, o tyle druga wskaże ją za małą; podzieliwszy więc summę dwóch otrzymanych wysokości przez dwa, czyli wziąwszy ich średnią, znajdziemy prawdziwą wysokość $m\,M$ punktowi m odpowiadającą.

Może jeszcze zachodzić inna niedokładność z powodu przecięcia wzajemnego włosów wewnętrznych, w niewłaściwém miejscu; łatwo uniknąć takowéj za pomocą podobnego jak powyżéj podwójnego celowania.

I tak, przypuśćmy, że linia celu weźmie kierunek $A\,m^1$, po obróceniu lunety około swéj osi na 180^0, linia ta przybierze symetryczne względem pierwszego położenie i pójdzie po Am^4. Średnia dwóch otrzymanych w ten sposób wysokości wskaże wysokość prawdziwą.

Chcąc więc uniknąć błędu, potrzeba powtórzyć celowanie cztery razy i wziąć średnią otrzymanych wysokości, a wypadek będzie prawdziwy, niezależnie od niedokładności narzędzia. Rozumie się, iż przy każdém z tych celowań bańka libelli powinna być naprowadzona do środka.

W miejsce czterech celowań można bez zmniejszenia ścisłości wypadku odbywać tylko dwa; w tym celu należy przy drugiém celowaniu, nie tylko przełożyć koniec lunety na przeciwne widełki, ale i nadać jéj zarazem obrot około osi na 180°. Średnia dwóch otrzymanych w ten sposób wypadków, będzie właściwą wysokością punktu.

Zresztą, jeżeli czynność odbywana wymaga większéj ścisłości, należy do każdego punktu celować po dwa razy w sposób wskazany poprzednio, nawet wtenczas, gdy na początku, narzędzie z największą starannością zostało sprawdzoném, przy częstém bowiem przenoszeniu z miejsca na miejsce, łatwo na nowo niedokładność wkraść się może.

Zalecić także musimy jak największą staranność i czystość w utrzymaniu narzędzia, jedna bowiem kropla wody, jedno ziarnko piasku, dostawszy się między lunetę i jéj podpory może też same spowodować pomyłki jak np. nierówność obrączek.

§ 132.

Narzędzie niwellacyjne Lenoir'a. Drugie z kolei miejsce w licznym szeregu narzędzi do poziomowania służących, należy niezaprzeczenie narzędziu z kołem, zbudowanemu podług pomysłu mechanika Lenoir'a. Skład i urządzenie jego jest następujące:

Podstawa o trzech ramionach *A A A* (fig. 103, 104, 105 i 106) ze śrubami *B B B*, przez końce jéj przechodzącemi i orzechem ruchomym w środku umieszczonym, urządzona jest zupełnie w ten sam sposób, jak przy narzędziu Egault'a i służy do nadawania wierzchniéj części narzędzia, położenia poziomego. Walec *C*, wydrążony i wśrubowany w podstawę, w górnéj swéj części łączy się z ostrokręgiem *D*, utrzymują-

cym koło poziome *E*. Wszystkie te części połączone są z sobą stale i nie mogą oddzielnie żadnego ruchu odbywać.

Luneta *F*, z przyrządem wewnętrznym, podobnym jak przy narzędziu Egault'a osadzona jest w dwa kwadraty mosiężne *G G*, za pośednictwem których spoczywa na kole poziomém *E*. Kwadraty te powinny być zupełnie sobie równe, a ich ściany dolne i górne równoległe od osi lunety; warunek ten jest nieodzownym, a najmniejsze uchybienie w tym względzie, pociąga za sobą też same skutki, co nierówna grubość obrączek przy narzędziu Egault'a Na górnych ścianach kwadratów *G G*, utrzymujących lunetę, ustawiona jest libella *HH* ze śrubką *a*, służącą do jéj regulowania.

Trzy opisane powyżéj główne części narzędzia, tojest koło, luneta i libella w dawniejszych narzędziach nie są niczém z sobą połączone, tak że przy przechodzeniu z jednego stanowiska na drugie osobno nieść je potrzeba; niedogodności téj starano się zaradzić przez dodanie przyrządu następującego:

Walec wydrążony *c c* jednym swym końcem jest przyśrubowany do dolnego walca *C*, w przeciwnym zaś końcu, w wydrążenie jego zachodzi zworzeń *i* przymocowany do osady lunety. Drugi podobny zworzeń *i'* umieszczony na tejże osadzie przeciwlegle względem pierwszego, zachodzi w otwór podstawy libelli, która prócz tego jest utrzymywana w swém położeniu za pomocą jednego z zębów *d d*, zachodzących między widełki *M*, utwierdzone na lunecie.

Na walec *c c* założona jest obrączka *f f*, mogąca się koło niego obracać; mutra *h*, przyciskająca ją za pośrednictwem sprężyny *r r*, dozwala jéj małego poruszenia od dołu ku górze. Do téj obrączki przytwierdzone są z dwóch przeciwnych stron, za pomocą śrubek *g g*, dwa ruchome ramiona *N N* zakończone haczykami *δ δ*, podstawa libelli *J*, opatrzona jest dwiema odpowiednio wystającemi sztuczkami *p p*, za które podniesione ramiona *N*, mogą się zakładać za pomocą haczyków *δ*. Sztuczki te równie jak haczyki wycięte są podług łuku kół, które śrubki *g g* mają za środek.

W czasie użycia narzędzia, jeżeli się okaże potrzeba sprawdzania go, odwracania lunety, lub libelli i t. d., ramiona, powyżéj opisane, opuszczają się i każda z tych części składowych może być dowolnie poruszaną i zdejmowaną; przy przenoszeniu zaś, podniesione ramiona łączą wszystkie części z sobą i uwalniają od niedogodności przenoszenia każdéj sztuki osobno.

Wspomnieliśmy powyżéj, że wewnętrzne urządzenie lunety jest podobne jak przy narzędziach Egault'a; używane jednak bywają czasem lunety z przyrządem nieco odmiennym.

W takim razie rurka $q\,s$ utrzymująca bębenek, zakończona jest denkiem, w którego wycięciu $\gamma\,\varepsilon$ obrączka utrzymująca włosy, poruszać się może. Z jednéj strony ta obrączka utrzymywana jest przez śrubkę α, z drugiéj strony przeciwległéj naciska ją sprężyna $\beta\,\beta$. Do podniesienia więc lub zniżenia włosa wystarcza poruszenie śrubki α. Podobne urządzenie wewnętrzne lunety pozwala tylko sprawdzać i poprawiać położenie włosa poziomego, włos zaś pionowy pozostaje zawsze nieporuszony. Jeżeli okaże się przy sprawdzaniu, że żaden z włosów nie ma położenia poziomego, należy odśrubować zębownicę (*Kremalierę*) i poruszając bębenek wewnątrz lunety przez otwory $u\,v$, $u\,v$, naprowadzić jeden z włosów do właściwego kierunku.

§ 133.

Ażeby powyżéj opisane narzędzie mogło być użytém, potrzeba:

1od. Sprawdzić libellę w sposób już opisany.

2re. Ustawić koło do poziomu. W tym celu stawia się na nim libella w kierunku równoległym do dwóch śrub $B\,B$, i stosowném poruszeniem jednéj z takowych, bańka naprowadza się do środka; następnie ustawia się libellę w kierunku prostopadłym do pierwszego jéj położenia i za pomocą trzeciéj śruby, znowu bańkę w właściwe miejsce naprowadza. Po

powtórzeniu kilka razy podobnéj próby, koło będzie dokładnie upoziomowaném.

3e. Naprowadzić włosy w lunecie, do właściwego położenia. Czynność ta odbywa się w podobny sposób jak przy narzędziu Egault'a, z tą różnicą, że jeżeli urządzenie wewnętrzne pozwala, jeden tylko włos naprowadzać, luneta odwraca się i ustawia kolejno na dwóch przeciwległych sobie ścianach kwadratów; jeżeli zaś obadwa włosy kierowane być mogą, po sprawdzeniu położenia jednego z nich, stawia się lunetę na bocznych ścianach kwadratów i postępuje jak poprzednio.

§ 134.

Z saméj budowy narzędzia wynika, że oś lunety zawsze równoległą być musi od płaszczyzny koła, na którém spoczywa, wyjąwszy przypadku nierówności kwadratów za podstawę jéj służących. W ostateczności możnaby użyć podobną niedokładnością naceehowane narzędzie w sposób, któryśmy poprzednio podali, tojest poprawiając wypadki przez rachunek, albo starając się w jednakowéj stawać odległości od dwóch punktów z sobą porównywanych; najlepiéj jednak wstrzymać się od używania tak niedokładnego narzędzia.

Sprawdzenie téj niedokładności, jest tu nadzwyczaj łatwém. Ustawiwszy libellę bezpośrednio na kole i takowe upoziomowawszy, stawia się na niém luneta, a na wierzchnich ścianach kwadratów opiera libella; jeżeli bańka w tém położeniu zostanie zawsze na środku, wysokość kwadratów jest równa: w razie przeciwnym, niedokładność będzie udowodnioną. Próbę tę powtarzać można odnośnie do wszystkich ścian kwadratów.

§ 135.

Jeżeliby przecięcie wzajemne włosów w lunecie, nie było dokładnie na oś jéj naprowadzone, potrzeba celowanie do każdego punktu powtarzać dwa razy, stawiając lunetę na przeciwległych sobie ścianach kwadratów i biorąc średnią dwóch otrzymanych wypadków; podobnież potrzeba dwóch

celowań, gdyby libella nie była dokładnie sprawdzoną; za każdym przekłada się końce jéj na przeciwległe kwadraty i bierze średnią dwóch wypadków.

Opisaliśmy powyżéj dwa narzędzia niwellacyjne najwięcéj zalet w sobie łączące i najczęściéj używane, jest prócz tego znaczna liczba innych, mniéj lub więcéj do powyższych w składzie swym zbliżonych, jakoto: narzędzia Brunier'a, Gambey'a, Chezego i wielu niemieckich mechaników; znajomość jednak dokładna dwóch powyżéj opisanych, zdaje nam się dostateczną, do obeznania każdego z ogólnemi własnościami wszelkich tego rodzaju narzędzi, użytek zaś szczegółów każdemu z nich właściwych, samo rozpatrzenie się w składzie, wskazać musi.

§ 136.

Największa doniosłość narzędzi niwellacyjnych.

Doniosłość narzędzi niwellacyjnych od wielu zależy względów, i niedosyć jest spostrzegać wyraźnie, za pomocą dobréj lunety przedmiot, do którego się celuje, aby można było z pewną dokładnością, wysokość mu odpowiednią wynaleźć.

Czułość libelli wielki wpływ wywiera na doniosłość narzędzia. W naprowadzaniu bańki do środka, zwykle gołem okiém, sądzimy o jéj położeniu; małe więc zboczenia łatwo mogą zostać niepostrzeżone, a błąd ztąd wynikający, w niezbyt wielkich odległościach, zaledwie ocenić się dający, w wielkiem oddaleniu znaczne przybiera rozmiary. Owo małe niedostrzeżone zboczenie bańki, oznaczmy przez d—promień krzywizny rurki przez P, odległość pomiędzy narzędziem a tarczą przez x. W takim razie nachylenie rurki będzie wyrażone przez $\frac{d}{P}$ a na odległość x wielkość błędu równać się będzie $\frac{d\,x}{P}$

Jeżeli więc przypuścimy $P = 7^s,00$, $d = 0^s,005$, i wartości te wstawimy w powyższą formułę, na odległość x 50 są-

żni otrzymamy jako wartość błędu $0^s,0036$. Przy odległości zaś 250 sążni błąd ten wzrośnie do $0^s,018$.

Widzieliśmy poprzednio, jak wielkich błędów może stać się przyczyną najmniejsza nierówność obrączek, lub kwadratów utrzymujących lunetę, nierówność, która w najdokładniejszém narzędziu powstać może skutkiem używania; dodać tu tylko musimy, że błąd ten równie, jak każdy inny rośnie w stosunku odległości, a zatém to, co na oddalenie 20 np. sążni zaledwie spostrzedzby się dało, przy odległości 200 sążni, 10 razy się powiększy i znaczny błąd stanowić może.

Obraz tarczy, dający się widzieć w lunecie, jest nadzwyczaj mały i zmniejsza się w miarę powiększania odległości; gdyby więc grubość włosa wynosiła tylko $\frac{1}{400}$ linii, zawsze może ona zakryć znaczną część tarczy i przez to celowanie niepewném uczynić; błąd ztąd wynikający dojść może do $0^s,005$. Wszystkie przytoczone powyżéj powody ograniczają doniosłość narzędzi niwellacyjnych i zmuszają do przyjęcia, za ogólne prawidło, aby odległość pomiędzy tarczą a narzędziem nigdy 50 a najwyżéj 75 sążni nie przenosiła, jeżeli czynność pewnéj wymaga ścisłości. W wyjątkowych razach granicę tę przekroczyć można, z warunkiem jednak obierania stanowiska, o ile możności równoodległego, od dwóch porównywanych punktów.

Jako niedogodność nieodłączną od dalekich celowań, dodać tu należy błędy, jakich kulistość ziemi i łamanie promieni staje się przyczyną, o czém już obszerniéj mówiliśmy. Wprawdzie niedokładności ztąd wynikające, mogą być poprawione, za pomocą podanéj przez nas tablicy; zwrócić jednak należy uwagę, że kąt łamania $\frac{8}{100}$ jest tylko średnim i że stosunkowo do stanu powietrza, może się podwoić i potroić: jedynie więc w ostateczności należy środka tego używać i to z największą zawsze ostrożnością.

Na zakończenie opisu narzędzi niwellacyjnych opatrzonych libellą, podamy tu jeszcze sposób sprawdzenia, czy rurka libelli w całéj swéj długości ma jednakową średnicę. Sprawdzenie takie odbywa się przez naprowadzenie bańki na pe-

wną odległość od środka, naprzód po jednéj, a następie po drugiéj stronie rurki. W każdém z dwóch położeń bańki celuje się do jednego i tegoż samego punktu: jeżeli średnia dwóch tym sposobem otrzymanych wypadków, będzie równą wysokości, jaką daje narzędzie upoziomowane dokładnie, rurka jest symetryczna; w razie przeciwnym średnica jéj jest zmienną i przy podwyższeniu lub zniżeniu temperatury bańka swą objętość zmieniając, może stać się przyczyną niedokładności.

ROZDZIAŁ III.

Tarcze i łaty.

§ 137.

Rozmaite nazwiska nadawane bywają narzędziom służącym za przedmiot celu, przy poziomowaniu. Ponieważ narzędzia te dwojakiego bywają rodzaju i różnią się między sobą, równie kształtem jak i sposobem użycia; zdaje się nam najwłaściwszém, każdy z dwóch rodzai, osobném odróżnić mianém: pierwsze *tarczami*, a drugie *łatami* nazywając.

§ 138.

1e. Tarcze. Tarcza składa się z dwóch części głównych: z właściwéj tarczy czyli tablicy, i pręta drewnianego, po którym taż tablica opatrzona skówką posuwać się może.

Tarcza *C C*, (fig. 107, 108, 109, 110, 111, 112 i 113), zwyczajnie zrobiona jest z blachy i ma kształ prostokąta, którego wysokość około $0^s,10$, a szerokość $0^s,15$ wynosi. Dwie linie dzielące każdy z boków na równe części, przecinają się z sobą w środku, pod kątem prostym i tworzą cztery prostokąty, z których dwa położone na jednéj przekątniéj, malowane są czerwono, dwa drugie biało. Tarcza ta przymocowana

jest, do szlufki mosiężnéj *a a*, obejmującéj pręt drewniany i mogącéj się po nim posuwać w miarę potrzeby; tylna jéj część *d*, wycięta i cieńsza, może się cokolwiek uginać pod naciskiem śruby. Skówka *b* podobnież mosiężna i przymocowana do tarczy, obejmuje szlufkę i opatrzona jest z tyłu otworem gwintowanym, przez który przechodzi śrubka *c*. Śruba ta po zakręceniu naginając blaszkę *d*, przyciska ją do drzewa i wszelkie jéj poruszenia tamuje; służy zatém do zatrzymywania tarczy, na jakiejkolwiek wysokości pręta.

Cały ten przyrząd dowolnie poruszać się dający, osadzony jest na pręcie drewnianym, który składa się z części następujących:

Pręt *B B'* drewniany, sążeń długości mający, opatrzony u dołu okuciem *f* i podeszwą wystającą *g*, na jednéj z swych ścian ma wyciętą fugę, w którą zachodzi falc drugiego pręta *A A'*, równéj z pierwszym długości. Fuga na pierwszym z prętów wyżłobiona, dochodzi tylko do dolnego jego okucia *f*. Podobnież na $0^s,04$ od wierzchołka kończy się falc drugiego.

Szlufka *a' a'* podobna jak przy tarczy, obejmuje obadwa pręty i do pierwszego za pomocą sześciu śrub jest przymocowaną; skówka *b' b'* przylutowana do niéj z tyłu, ma otwór, przez który przechodzi śruba *c'* naciskająca tylną część *d'* szlufki. Jeżeli śruba ta jest odkręcona, pręt drugi *A A'* może dowolnie być posuwany w fudze pierwszego; przeciwnie w razie ściśnięcia śrubą, ruch podobny odbywać się nie może.

Pręt pierwszy *B B'* na tylnéj swéj ścianie podzielony jest na części dziesiętne i setne sążnia (*). Podział ten zaczyna się od samego dołu i służy do oznaczania wysokości, na jakiéj tarcza przy celowaniu zatrzymaną została. Na jednéj ze ścian bocznych pręta, znajduje się podobny podział zaczyna-

(*) Opisana tu tarcza, jest taką, jakiéj używają do wszelkich robót we Francyi, wyjąwszy jéj podziału na części sążnia, który tam podziałami metra jest zastąpiony. Różni się ona cokolwiek od używanych u nas, że jednak zdaje nam się dogodniejszą i że zaczyna w kraju wchodzić w użycie, zwłaszcza w całéj służbie kompanii francuzkiéj kolei żelaznych. Wybraliśmy jéj opisanie w przekonaniu, że jéj użycie wkrótce bardziéj się rozpowszechni.

jący się na wysokości okucia *f*, którego przeznaczeniem jest wskazywać o wiele jeden pręt po nad drugi wysunięty został. Na brzegach obudwóch szlufek, znajduje się mała podziałka dająca tysiączne części sążnia.

§ 139.

Użycie tarczy różni się w miarę tego, jak wysokość odpowiednia punktowi na którym tarcza jest ustawiona, nie dochodzi, lub przenosi jeden sążeń. Jeżeli wysokość ta mniejszą jest od sążnia, w takim razie pręt *A A'* zostaje nieporuszony, i sama tylko tarcza, za pomocą swéj szlufki, posuwa się w miarę potrzeby na dół, lub do góry, dopóki linia celu nie padnie na sam jéj środek, tojest na punkt zetknięcia się czterech prostokątów na jéj powierzchni namalowanych. Na znak dany przez celującego, należy śrubkę u skówki przykręcić i przeczytać otrzymany wypadek. Ilość setnych części sążnia, wskazaną jest, przez podział na pręcie naznaczony, do którego dodać należy liczbę części tysiącznych, zawartą między ostatnim podziałem widocznym na pręcie a górnym końcem małéj podziałki na szlufce, który przypada na równéj, ze środkiem tarczy wysokości.

Jeżeli wysokość szukana przenosi sążeń, należy podnieść tarczę do samego wierzchołka pręta, tojest do spotkania się z małą sprężynką *h*, niedozwalającą jéj zsunąć się zupełnie i w tém położeniu, przez zakręcenie śruby *c* utwierdzić. Tym sposobem tarcza zostaje przymocowaną do pręta *A A'* i z nim wszelkie ruchy odbywać musi. Wtedy odkręca się śrubka i pręt *A A'* posuwa w górę, aż do spotkania się linii celu ze środkiem tarczy. Na dany znak śrubka *c'* się przykręca i wysokość odczytuje, do czego służy podział na ścianie bocznéj pręta naznaczony i mała podziałka *c'* na brzegu szlufki umieszczona

§ 140.

Przedział tarczy na cztery prostokąty odmiennych koiorów, jakkolwiek najczęściéj używany, ma jednak swoje nie-

dogodności. Linie oddzielające kolory od siebie, częstokroć nie są dość wyraźne, a przy celowaniu na większe odległości, grubość włosa pokrywa pewną część tarczy, tak dalece, że linia, przez jéj środek przechodząca, może zmienić swe położenie nie przestając być przez włos pokrytą. Dla zaradzenia téj niedogodności możnaby w środku tarczy umieścić kółko białe $0^s,01$ promienia mające, jak to figura 110 wskazuje, w takim razie przy celowaniu łatwo na oko ocenić, czy włos poziomy przedziela to kółko na dwie równe części.

Robią także tarcze, na których dwie linie czarne poziome i dwie pionowe (fig. 111) pozostawiają w swym przedziale biały pasek około $0^s,015$ szerokości mający, który za cel ma służyć. Urządzenie to jednak mniéj dogodném nam się wydaje.

Zresztą dodać tu należy, że podawano nader liczne wzory tarcz, w zamiarze ściślejszego oznaczenia linij celu; zdaniem jednak naszém wszystkie te odmiany, tąż samą niedającą się usunąć, są nacechowane niedokładnością, ale zarazem wszystkie przy wprawném oku i dobréj chęci, do równie dokładnych służyć mogą wypadków.

Ważniejszą niedogodnością zdaje nam się połączenie dwóch prętów za pomocą fugi. Drzewo wystawione na wilgoć, częstokroć pęcznieje i wysuwanie pręta staje się niepodobném. Téj niedogodności tylko dokładna robota i suchość drzewa zaradzić może.

§ 141.

Ważną jest rzeczą, żeby podczas celowania tarcza ustawioną była pionowo. Jeżeli nachylenie na bok ma miejsce, celujący z oddalenia łatwo go spostrzeże i do właściwego położenia nakierować poleci; nachylenie jednak w tył, lub naprzód przez celującego, nie może być spostrzeżoném i dlatego noszący tarczę, na to szczególniéj zwracać powinien uwagę. Błędy w ten sposób powstające są w stosunku prostym do wysokości szukanéj i wstawy odwrotnéj kąta nachylenia, a wartość ich do $0^s,01$ dochodzić może. Pomiędzy niwellują-

cym a noszącym tarczę, powinny być umówione pewne znaki, do porozumienia się służące. Po doprowadzeniu tarczy na wysokość linii celu, noszący zakręciwszy śrubkę, powinien na nowo tarczę w swém miejscu ustawić, dla sprawdzenia, czy przy zakręcaniu śrubki wysokość otrzymana sfałszowaną nie została. Ostrożność ta jest nadzwyczaj ważną i nigdy pomijaną być nie powinna.

§ 142.

Łaty. Łaty to samo mają przeznaczenie co i tarcza, a użycie ich tém się tylko rózni, że kiedy przy tarczy noszący odczytuje wysokości, otrzymane po każdém celowaniu, posługując się łatą, sam niwellujący bez niczyjéj pomocy czyta przez lunetę wysokości na łacie.

Łata (fig. 114, 115 i 116) składa się zwykle z dwóch deseczek drewnianych *A A* i *B B*, z których każda ma około $1^s,10$ długości, a $0^s,05$ szerokości, brzegi ich opatrzone wystającemi listewkami, chronią podziały oznaczone na łacie od uszkodzenia.

Dwie te deseczki są połączone z sobą za pomocą stosownych okuć, z których pierwsze *b b*, jest przytwierdzone u dołu deseczki tylnéj i swemi ramionami obejmuje wystające brzegi drugiéj. Drugie okucie *a a*, umieszczone przy górnéj części przodkowéj deseczki, obejmuje tylną. To urządzenie dozwala dowolnego przesuwania deseczek, w kierunku ich długości, a śruba *V* służy do zatrzymania ich w obraném położeniu.

Ile razy wysokości nie przechodzą jednego sążnia, deseczki są zsunięte, w razie przeciwnym rozsuwają się tak aby linie *mm* i *m′ m′* na tylnéj i przedniéj deseczce umieszczone, dokładnie sobie odpowiadały; ściśnięcie śruby *V* utrzymuje je w tém położeniu, a zdwojona tym sposobem długość łaty, pozwala brać wysokości dwóch sążni dochodzące.

Czasami robią łaty półtora, lub dwa sążnie długości mające; niedogodność jednak przenoszenia takowych, daje pier-

wszeństwo zsuwanym, których długość w miarę potrzeby powiększać, lub zmniejszać się może.

Podziały na łacie, mogą być w rozmaity sposób urządzone i jako jedyny warunek ich dogodności uważać należy, aby były dość wyraźne, i aby je za pomocą lunety, z łatwością odczytywać było można.

Najstosowniejszym zdaje się nam podział używany przy robotach kompanii francuzkiéj kolei żelaznych. Łata któréj długość wynosi jeden sążeń, podzielona jest na dziesiętne i setne części; te ostatnie od oka przy celowaniu dzielą się na części tysiączne, co przy wprawie z wielką dokładnością może być uskuteczniane. Podziały są białe i czerwone, każda część dziesiąta oznaczona jest odpowiednią liczbą. W ogóle jak to już wspomnieliśmy, podziały i liczby winny być dosyć duże, aby się w znacznéj odległości z łatwością postrzegać dawały; przypomnieć tu tylko należy, że lunety przy narzędziach niwellacyjnych odwracają przedmioty, a zatém liczby na łatach winny być odwracane górną częścią ku dołowi umieszczone, a przy odczytywaniu wysokości, liczba części dziesiętnych sążnia, będzie wskazana przez pierwszy numer znajdujący się powyżéj włosa lunetowego, liczba zaś części setnych będzie zawarta, między najbliższym górnym podziałem dziesiętnym a linią włosa.

Zbyt drobne podziały na łacie nie są dogodne, w większych bowiem odległościach, przy celowaniu włos zakrywa cały przedział, lub znaczną część jego i nie dozwala dokładnego oznaczenia wysokości.

Łaty bez porównania są dogodniejsze w użyciu, aniżeli tarcze, i dlatego we wszystkich czynnościach, większéj ścisłości wymagających, powinny mieć pierwszeństwo. Dla uniknienia zdarzyć się mogących pomyłek, przy niwellowaniu z łatą, pożyteczną byłoby rzeczą, robotnika używanego do przenoszenia narzędzia niwellacyjnego, wyuczyć odczytywania wysokości i za każdym razem, przed zapisywaniem kazać mu sprawdzać otrzymany wypadek.

ROZDZIAŁ IV.

Niwellowanie.

§ 143.

Poznawszy narzędzia służące do niwellacyi, przejdziemy z kolei, do opisu saméj czynności poziomowania. Czynność ta jest dwojaka: prosta lub złożona.

Jeżeli ustawiwszy narzędzie niwellacyjne na jedném stanowisku, chcemy porównać wysokości kilku, takim punktom odpowiadające, że możemy do każdego z nich celować bez przenoszenia narzędzia, w takim razie czynność nosić będzie nazwę poziomowania prostego; jeżeli przeciwnie zmuszeni jesteśmy przenosić narzędzie na rozmaite stanowiska, bądźto dla znacznéj odległości pomiędzy punktami, bądź dla zbytecznego wzniesienia jednych po nad drugie, poziomowanie będzie złożoném. Poziomowanie proste jest czynnością nadzwyczaj łatwą a wypadki przez celowanie do rozmaitych punktów otrzymane, wskazują odrazu względną wysokość jednych, względem drugich; przeciwnie w niwellacyach złożonych, dopiero za pomocą stósownego obrachowania dochodzi się do porównania wysokości, rozmaitym punktom odpowiadających; nad tego więc rodzaju poziomowaniem wypada nam się nieco dłużéj zastanowić.

§ 144.

Poziomowanie złożone składa się z szeregu niwellacyj prostych, połączonych z sobą wzajemnie przez *celowania wsteczne*. Przypuśćmy np. że mamy porównać z sobą wysokości odpowiadające punktom A i D znacznie oddalonym od siebie, a nadto, że potrzebujemy oznaczyć wysokości względne punktów pośrednich B i C, (fig. 117).

W tym celu ustawia się narzędzie niwellacyjne na stanowisku pomiędzy punktami A i B obraném i celuje do każdego z nich z osobna, zapisując otrzymane wysokości; następnie

przenosi się narzędzie na inne stanowisko, między punkta B i C, i znowu się do każdego z nich celuje, i tak następnie. Tym sposobem celowanie do punktów B, C i D, powtarza się po dwa razy: naprzód ze stanowiska, każdy z nich poprzedzającego, drugi raz ze stanowiska po niém następującego; w piérwszym razie mamy *celowanie naprzód*, w drugim *celowanie wstecz*. Wogóle, raz obrawszy kierunek, w którym mamy poziomowanie prowadzić, wszelkie celowanie dokonane w stronę ku któréj postępujemy, jest celowaniem naprzód, i przeciwnie w stronę, od któréj się oddalamy, celowaniem wsteczném. Tym sposobem wysokość otrzymana na pukcie A, od którego czynność zaczęliśmy, należéć będzie do celowania wstecznego.

Przypuśćmy teraz, że w powyżéj przytoczonym przykładzie otrzymaliśmy wypadki następujące:

Stanowisko pierwsze między A i B { Wysokość wsteczna na punkcie $A = a$ / Wysokość naprzód na punkcie $B = b$

Stanowisko drugie między B i C { Wysokość wsteczna na punkcie $B = b_1$ / Wysokość naprzód na punkcie $C = c$

Stanowisko trzecie między D i C { Wysokość wsteczna na punkcie $C = c_1$ / Wysokość naprzód na punkcie $D = d$

Różnice $(a-b)$ (b_1-c) (c_1-d) dają nam wysokości względne punktów A i B, B i C, C i D, lecz nie wskazują bezpośrednio różnicy zachodzącéj między punktami nie z jednego stanowiska zdejmowanemi; zastanowiwszy się jednak widzimy, że różnica zachodząca między wysokościami punktów np. skrajnych A i D równać się będzie różnicy summ, wszystkich wysokości przez celowanie wstecz i przez celowanie naprzód otrzymanych, tojest będzie:

$$r = (a + b_1 + c_1) - (b + c + d)$$

Jeżeli wypadek, tym sposobem otrzymany, będzie dodatny, czyli jeżeli summa wysokości przez celowania wstecz będzie większą od summy wysokości przez celowanie naprzód otrzymanych, punkt D będzie położony wyżéj, niżeli punkt A i przeciwnie.

Często można zdejmować kilka punktów, z jednego i tegoż samego stanowiska, w takim razie celuje się najpiérw wstecz, do punktu poprzedzającego stanowisko, a następnie kolejno do każdego z punktów, które z tego stanowiska zdej-

mować zamierzamy. W takim razie rachunek pozostaje ten sam a celowanie piérwsze uważa się, za wsteczne względem wszystkich innych, z tego samego stanowiska dopełnionych, albo téż każde z celowań może być uważane za wsteczne względem punktu po nim następującego.

Sposobu tego z wszelką jednak ostrożnością i tylko w niewielkich odległościach używać należy, widzieliśmy bowiem, że najpewniejszym sposobem uniknienia błędów w poziomowaniu, jest obiéranie stanowisk w równéj, ile możności odległości, od dwóch punktów zdejmowanych; w takim zaś razie, warunek ten staje się niewykonalnym.

Sposób powyżéj podany porównywania wysokości rozmaitym punktom odpowiadających, ma pewne niedogodności; wymaga długich rachunków i daje wypadki nie dosyć wyraźne, które stosownie do kształtu niwellowanego gruntu, raz dodatne, drugi raz ujemne przyjmować muszą znaki: dla jaśniejszego przeto przedstawienia wypadków poziomowania, wyobraźmy sobie jakąkolwiek płaszczyznę, a raczéj powierzchnię poziomą, przechodzącą w pewnéj odległości, poniżéj lub powyżéj punktu wyjścia *A*, a odnosząc wysokości każdego ze zdejmowanych punktów do téj płaszczyzny porównawczéj, będziemy mieli wyobrażenie jasne o ich położeniu.

Przedstawmy sobie np. taką poziomą powierzchnię, przechodzącą w odległości *H* poniżéj punktu *A*. Odległość tę równie jak odległości wszystkich innych punktów od płaszczyzny porównawczéj nazywać będziemy *rzędnemi*. Rzędną dla punktu *A* będzie, jak to już powiedzieliśmy, odległość *H*; chcąc zaś obrachować rzędną dla następnego punktu *B*, potrzeba najprzód do piérwszéj dodać wysokość, otrzymaną przez celowanie wstecz na piérwszém stanowisku, a następnie odjąć wysokość, jaką celowanie naprzód wskazało: podobnie postępując, tojest dodając do każdéj rzędnéj poprzedzającéj wysokości przez celowanie wstecz a odejmując wysokości przez celowanie naprzód otrzymane, znajdziemy rzędne dla każdego punktu z kolei. Tym sposobem w przykładzie poprzedzającym otrzymamy rzędne:

Na punkcie A rzędna H
Na punkcie B rzędna $H' = H + a - b$
„ „ C „ $H'' = H' + b_1 - c = H + a - b + b_1 - c$
Na punkcie D rzędna:
$H''' = H'' + c_1 - d = H + a - b + b_1 - c + c_1 - d$ i t. d.

§ 145.

Gdybyśmy w miejsce płaszczyzny porównawczéj, przechodzącéj poniżéj punktów zdejmowanych, przyjęli za zasadę porównywania, powierzchnię poziomą w pewnéj odległości po nad temi punktami się rozciągającą, rachunki poprzedzające o tyleby się tylko zmieniły, że odejmowanie byłoby zastąpione, przez dodawanie i nawzajem; a zatém dla obrachowania rzędnéj któregokolwiek punktu, potrzebaby odjąć od rzędnéj punktu wyjścia, summę wszystkich wysokości, przez celowanie wstecz, a dodać summę wysokości przez celowanie naprzód znalezionych. Zwrócić tu jednak należy uwagę, że kiedy w pierwszym razie, rzędna największa odpowiadała punktowi najwyżéj wzniesionemu, w drugim, gdy płaszczyznę porównawczą w górze umieszczamy, rzędna najdłuższa wskazuje punkt najniższy, a najkrótsza najwyższy oznacza.

Jakiekolwiek obieramy położenie dla płaszczyzny porównawczéj, czy to poniżéj, czy powyżéj punktów zdejmowanych wyobrażamy ją sobie, zawsze należy dostateczną jéj nadać odległość, tak, aby wszystkie punkta niwellowane po jednéj i tejże saméj stronie się znajdowały; w razie bowiem przeciwnym, gdyby obrana płaszczyzna porównawcza, takie miała położenie, że część punktów zdejmowanych znajdowałaby się poniżéj, gdy inne po nad niąby przypadały, rzędne punktów przechodzących na drugą stronę płaszczyzny, musiałyby przybiérać znak ujemny, przez co omyłka łatwiejszą, a wypadki mniéj zrozumiałemi stacby się musiały.

W dawniejszych poziomowaniach, po największéj części za zasadę porównawczą, przyjmowano płaszczyznę powyżéj

powierzchni ziemi przechodzącą; dziś przeciwnie, niwellacye odnoszone bywają do płaszczyzny poniżéj punktów zdejmowanych umieszczanéj. Sposób ten jest właściwszy, rzędne bowiem największe odpowiadają tu punktom, najwyżéj wzniesionym; na piérwszy więc rzut oka, łatwiéj sobie o kształcie gruntu utworzyć wyobrażenie. Nadto od niejakiego czasu przyjęto za zasadę, aby, ile razy można, odnosić niwellacyę do poziomu średnich wód morza. Tym sposobem wszystkie częściowe poziomowania w rozmaitych celach i kierunkach uskuteczniane, mogą być z czasem z sobą połączone i posłużyć do ogólnego przedstawienia kształtu powierzchni całego kraju.

Dla odniesienia całéj niwellacyi do poziomu morza, dostateczném jest znać wzniesienie jednego, któregokolwiek punktu po nad ten poziom; u nas mało jeszcze w ten sposób robót niwellacyjnych uskuteczniono, trudno więc w wielu razach znaleźć punkt wyjścia, któregoby wzniesienie po nad poziom wód morskich było oznaczone: w braku takiego punktu można odnosić poziomowania do jakiegokolwiek innego stałego punktu, np. do zera podziałki używanéj do oznaczania wysokości wód w rzekach i t. p.; głównym jednak tu warunkiem jest to, aby w jednéj gałęzi służby, w jednéj choćby najrozleglejszéj czynności, taż sama płaszczyzna porównawcza, we wszystkich częściach robót była przyjęta, w przeciwnym bowiem razie, trudno o całości dokładne powziąć wyobrażenie.

§ 146.

Każde poziomowanie ważniejsze po dokonaniu, powinno być sprawdzane przez niwellacyę wstecz dokonaną. W takiém sprawdzeniu, nietylko chodzi o znalezienie téj saméj różnicy pomiędzy punktami skrajnemi; wysokości punktów pośrednich, powinny także zgodzić się z sobą i tylko stosownie

do ważności roboty może być dopuszczona większa, lub mniejsza różnica między dwiema takiemi niwellacyami.

Liczne doświadczenia wskazały, jakich dokładności można wymagać w niwellacyach. Poziomowanie za pomocą grundwagi wodnéj na przestrzeni 50 wiorst, powtórzone dwa razy, nie powinno więcéj nad $0^s,25$ lub $0^s,30$ dać różnicy, przy pomocy zaś narzędzia z libellą na tejże saméj przestrzeni zaledwie $0^s,02$ lub $0^s,025$ różnicy może być dopuszczone.

Niektóre niwellacye sprawdzają się same przez siebie, np. mając do niwellowania obwód wielokąta zamknięty, piérwsza i ostatnia wysokość, brane na tymże samym punkcie, powinny zupełnie z sobą się zgodzić. Sprawdzenie takie nie jest jednak zupełnym dowodem dokładności całego poziomowania, błędy bowiem pośrednie mogą wzajemnie znosić się, bez zmienienia końcowych wypadków; jeżeli więc czynność wielkiéj ścisłości wymaga, powinna zawsze po raz drugi być powtórzona.

Ile razy w ciągu czynności napotyka się na jaki punkt stały, np. próg domu, poręcz mostu, słup i t. d., chociażby zdjęcie wysokości tych punktów, nie było do ogółu zamierzonéj pracy niezbędném, należy zawsze je zniwellować i w dzienniku czynności dokładnie oznaczyć; tym sposobem sprawdzenie staje się łatwiejszém i nie potrzeba za każdym razem, zaczynać niwellacyi od początku.

§ 147.

Ważną jest rzeczą dokładne i jasne zapisywanie wszelkich szczegółowych wypadków, w ciągu czynności poziomowania otrzymanych; w tym celu należy prowadzić stosowny dziennik czynności, który w rozmaity sposób może być urządzony. Podajemy tu wzór, o ile nam się zdaje najdogodniejszego układu takiego dziennika.

Numer porządkowy stanowiska	Nr porząd. palika lub oznaczenie punktów stałych	Odległość między palikami	Celowanie: Wstecz: Wypadki pojedyncze	Celowanie: Wstecz: Wypadki średnie	Celowanie: Naprzód: Wypadki pojedyncze	Celowanie: Naprzód: Wypadki średnie	Różnica: + w górę	Różnica: — w dół	Rzędne ostateczne	Uwagi.
	1		1,160 1,148	1,154					61s,456	
1		50s,00						0,867		
	2		1,222 1,212	1,217	2,023 2,019	2,021			60,589	
								1,905		
	P. S	80s,00			3,128 3,116	3,122			58,684	
							0,707			Próg drzwi wchodowych domu Nr
	3				2,420 2,410	2,415			59,391	
2							0,115			
		25s,00			2,303 2,297	2,300			59,506	
	4						0,502			
		25s,00	1,515 1,509	1,512	1,794 1,802	1,798			60,008	
	5							0,103		
		50s,00	3,003 3,011	3,007	1,020 1,610	1,615			50,905	
3	6						1,385			
		50s,00			1,623 1,621	1,622			61,290	
4	7									
Ogół.	560			6,890		7,056	2,709	2,875		
			Różnica...		0,166			0,166	0,166	

Piérwsze siedm kolumn, powyżéj za wzór podanego dziennika czynności, winny być podczas roboty w polu natychmiast zapełniane, odrazu atramentem bez skrobań i poprawek. Jeżeli zajdzie jakaś pomyłka wymagająca sprostowania, najlepiéj poprawić ją czerwonym atramentem. W ten tylko sposób prowadzony dziennik, może zasługiwać na zupełną wiarę, a dając zupełny obraz całego ciągu roboty, uwalniać prowadzącego ją od podejrzenia, że błędy, które zapóźno dostrzegł, chciał przez podrobienie liczb usunąć i tym sposobem zgodzić wypadek ostateczny z pojedynczemi szczegółami.

Następne trzy kolumny dające wypadki obrachowań zapełniają się w domu. Kolumna 4 i 6 zawierają dla każdego punktu po dwie wysokości, wypadające z podwójnego celo-

wania, tojest przed i po odwróceniu lunety, w sposób opisany w właściwém miejscu; 5 i 7 kolumna podaje średnie wypadki za pomocą dwóch niezgadzających sią celowań otrzymane.

Kolumny 8 i 9 wskazują różnice, między wysokościami z jednego stanowiska, przez celowanie wstecz i naprzód otrzymanemi; jeżeli piérwsza z tych wysokości jest większa od drugiéj, różnica zapisuje się w kolumnie 8, w przeciwnym razie w 9.

Ostatnia kolumna 10 zawiéra ostateczny wypadek—rzędne odnośnie do obranéj płaszczyzny porównawczéj; liczby téj kolumny otrzymują się dodając lub odejmując różnice w dwóch poprzednich kolumnach umieszczone, od rzędnéj poprzedzającéj, dla piérwszego zaś punktu, jak to już widzieliśmy, rzędna musi być dowolnie obrana, lub dana przez odniesienie się do jakiegoś punktu stałego, np. powierzchni średnich wód morza.

Każda stronnica opisanego powyżéj dziennika podwójnemu ulega sprawdzeniu; różnica bowiem pomiędzy piérwszą rzędną a ostatnią ma być równa różnicy summ wysokości, przez celowanie wstecz i naprzód otrzymanych, czyli różnicy summ kolumny piątéj i siódméj, oraz różnicy summ kolumny ósméj i dziewiątéj.

Jeżeli z jednego stanowiska zdejmowane było kilka punktów, które mają wspólną wysokość z celowania wstecznego, trzeba, albo w dodawaniu kolumny siódméj, opuścić wszystkie punkta pośrednie i dodawać tylko ostatnią wysokość z tego stanowiska naprzód otrzymaną, jak to zrobiliśmy w przykładzie powyżéj przytoczonym, i wtedy dla uniknienia pomyłki wysokości punktów pośrednich, należy podkréślić; albo wysokości te winny być powtarzane w kolumnie piątéj, jako wsteczne dla punktów po nich następujących, i wtedy wszystkie liczby bez wyjątku kolumny 5 i 7 mogą być dodawane.

W kolumnie ostatniéj mieszczą się uwagi a prócz tego pożyteczną jest rzeczą nakréślać od ręki tamże szkic, przedstawiający kształt poziomowanego gruntu i zapisywać na téj figurze

wszystkie otrzymane wysokości w sposób wskazany na powyższym wzorze. Szkic podobny daje zupełny obraz całego ciągu niwellacyi i częstokroć może posłużyć do sprostowania pomyłki, jakaby się przy zapełnianiu kolumn dziennika zakraść mogła.

Zwrócić tu jeszcze należy uwagę, że wszelkie niwellacye odnoszone bywają do tak nazwanych płaszczyzn porównawczych. Wyrażenie to jest niewłaściwém, powierzchnia bowiem wód morza, lub wszelka inna pozioma nie jest płaszczyzną i musi miéć kształt sferoidalny; w rysunku jednak powierzchnie te przedstawiane zwykle bywają, jako płaszczyzny a niedokładność ta nie ma żadnego wpływu na ostateczne wypadki.

ROZDZIAŁ V.

Spadkomierze.

§ 148.

Narzędzia niwellacyjne zwyczajne służą do wynalezienia różnicy między wysokościami położenia dwóch punktów; jeżeli zaś zachodzi potrzeba oznaczenia spadku, jakiby miała linia prosta dwa te punkta z sobą łącząca, przy użyciu narzędzi niwellacyjnych, jedynie za pomocą rachunku dojść do tego możemy: są jednak narzędzia wyłącznie do takiéj posługi zastosowane, które *spadkomierzami* (*) nazywać będziemy. Za pomocą tych narzędzi odrazu, bez żadnego rachunku można ocenić jaki linia łącząca dwa punkta, mieć będzie spadek. Do oznaczenia wielkości nachylenia czyli spadku linii, dostateczném jest znać kąt, jaki taż linia tworzy z poziomem, i dlatego każde narzędzie przeznaczone do mierzenia

(*) P. Gerschow w dziele swém o Poziomowaniu Topograficzném wszelkie narzędzia niwellacyjne nazywa spadkomierzami, zdaje nam się jednak, że właściwiejby było zachować to miano dla narzędzi wyłącznie do mierzenia spadków przeznaczonych.

kątów pionowych może być użyte jako spadkomierz. Wynalezienie jednak kąta nachylenia jakiéj linii, nie daje od piérwszego rzutu oka dostatecznego o jéj spadku wyobrażenia; najdogodniejszém jest ocenianie spadku za pomocą stycznéj trygonometrycznéj kąta nachylenia, czyli co na jedno wychodzi przez oznaczenie, o ile na jedność długości linia podwyższa się lub zniża. Dajmy np., że jest do ocenienia spadek linii $A\ B$ (fig. 118). Niech będzie $A\ D$ jednością miary podłużnéj, jeżeli za promień przyjmiemy tęż jedność, $C\ D$ będzie styczną kąta nachylenia $C\ A\ D$ i da nam wartość wzniesienia linii $A\ B$. Jeżeli mamy różnicę $B\ E$ wysokości dwóch punktów A i B, którą nazwiemy w i długość $A\ E$ czyli d wyrażoną np. w sążniach, podzieliwszy piérwszą przez drugą, otrzymamy spadek linii na jeden sążeń długości; będzie więc $s = \frac{w}{d}$. Narzędzia, których budowa dozwala odrazu ocenić spadek linii szukanéj, w sposób opisany powyżéj, nazywają się spadkomierzami i bywają rozlicznego kształtu i urządzenia. Najprostszém z nich jest zwyczajna grundwaga mularska z zastosowaną podziałką na podstawie, za pomocą któréj zboczenia nitki z ciężarkiem ocenić można.

§ 149.

Spadkomierz p. Brunier.

Na téj saméj zasadzie oparte jest urządzenie spadkomierza p. Brunier. Składa się on z prostokąta a raczéj graniastosłupa prostokątnego z drzewa $A\ B\ C\ D$ (fig. 119 120 121), wydrążonego po jednéj stronie w kształcie oznaczonym przez linie kropkowane $a\ b\ c$ i $a'\ b'\ c'$. Ściana wydrążona prostokąta, równie jak dwie skrajne $A\ D$ i $B\ C$ pokryte są blachą mosiężną przytwierdzoną za pomocą śrubek. W dolnéj części znajduje się wydrążenie okrągłe, w którém umieszczony jest krążek m mogący się poruszać. W ten krążek wśrubowana tuleja M, służy do osadzenia całego narzędzia na nodze drewnianéj. To urządzenie pozwala nadawać dowolnie rozmaite nachylenia prostokątowi, które zawsze znajdować się

będą na płaszczyznie pionowéj przechodzącéj przez środek krążka *m*. W wydrążeniu prostokąta umieszczona jest wskazówka ruchoma *E F*, która ma swój środek ciężkości w punkcie *o* i tak jest urządzona, że jakiekolwiek nachylenie nadamy prostokątowi, koniec jéj *E*, zawsze znajdować się będzie na jednéj pozioméj z tym punktem. Łuk *c c'* z podziałką, po któréj koniec *E* wskazówki przebiega, dozwala ocenić nachylenie nadane prostokątowi. Jeżeli więc prostokąt przybierze położenie poziome, koniec wskazówki padnie na zero podziałki; w razie przeciwnym wskaże wielkość nachylenia. *Y* i *V* dwa wycięcia w brzegach blachy mosiężnéj pokrywającéj ściany boczne prostokąta, z których jedno opatrzone jest sztyfcikiem metalowym, oznaczają kierunek linii celu, przechodzącéj przez punkt *o* i zero podziałki łuku. Użycie narzędzia zasadza się na tém, aby naprowadziwszy linią celu na przedmiot rozpoznawany, odczytać na podziałce nachylenie przez wskazówkę oznaczone.

§ 150

Spadkomierz z busolą.

Spadkomierz z busolą, równie służy do zdejmowania kątów poziomych jak i pionowych, a jakkolwiek wypadki za jego pomocą otrzymywane dalekiemi są od zupełnéj dokładności, kształt jednak łatwo przenośny i szybkość z jaką można za pomocą tego narzędzia czynność prowadzić, dają mu w pobieżnych rozpoznaniach okolicy, jak np. rekonesansach wojskowych, piérwszeństwo nad innemi.

Urządzenie tego spadkomierza jest następujące:

Wewnątrz pudełka mosiężnego *A A* (fig. 122, 123, 124 125) umieszczoną jest igiełka magnesowa *d d*, z końcami opatrzonemi małém kołem z podziałką, dającą się spostrzegać przez otwór boczny *g g*. Guzik *a a* służy w razie potrzeby do zatrzymania igiełki w jedném położeniu. Okienko z rogu przezroczystego *m*, umieszczone na jednéj linii, z dwoma celownikami *c c*, oświéca podziałkę koła, a soczewka *l* powiększając

jéj podziały ułatwia odczytywanie. Celowniki *c c* są opatrzone zawiaskami i mogą dowolnie zamykać się lub otwiérać.

Z drugiéj strony pudełka umieszczone jest wahadło *b b'* zawieszone w punkcie *b*, którego koniec dolny przebiega wolno po łuku z podziałką. Zero téj podziałki i punkt zawieszenia *b* znajdują się na jednéj prostopadłéj do linii celu; jeżeli więc linia ta jest poziomą, wskazówka pada na zero podziałki, w razie przeciwnym zbaczając w jednę lub drugą stronę, oznacza na podziałce, stopień nachylenia linii celu. Przykrywka *C C C* osadzona na zawiasie, z dnem wewnątrz zwierciadlaném, zamyka się na haczyk *D*, jeżeli ta część narzędzia nie ma być użytą. Haczyk *B* lub *B'* służą do osadzenia narzędzia na tulejce, zakładającéj się na nogę drewnianą, piérwszy używa się jeżeli narzędzie ma służyć do mierzenia kątów poziomych, drugi przy mierzeniu odległości zenitalnych czyli kątów pionowych.

§. 151.

Chcąc użyć narzędzie do zdejmowania kątów poziomych, po osadzeniu takowego w sposób dopiéro co wskazany, celuje się do przedmiotu obranego, a po naciśnieniu guzika *a*, oswobodzona igiełka przybrawszy kierunek po południku magnesowym, wskaże kąt między tymże południkiem a linią celu zawarty, który przez soczewkę *l* się odczytuje.

Jeżeli przeciwnie, chcemy użyć narzędzie do mierzenia kątów pionowych czyli nachylenia linii celu, w takim razie osadziwszy je na drugim haczyku *B'* należy otworzyć pokrywkę tak, aby z pudełkiem tworzyła kąt około 45^0 mający. Następnie celuje się do przedmiotu obranego, a wielkość kąta nachylenia, wskazaną zostanie przez koniec wahadła na podziałce łuku pod niém umieszczonego. Obraz łuku tego i wahadła odbija się w napół otwartém zwierciedle, kąt więc szukany można wprost w ten sposób odczytywać. Sposób ten odczytywania szczególniéj wtenczas jest użytecznym, gdy dla przyspieszenia roboty zamiast osadzania narzędzia na stałéj nodze, utrzymamy je w ręku.

§ 152.

Spadkomierz p. Chézy.

Jeżeli czynność, którą uskutecznić zamierzamy wymaga pewnéj dokładności, narzędzia dopiéro co opisane zastosowania znaleźć nie mogą; używa się więc spadkomierza dokładniejszego. Najdogodniejszém z takich spadkomierzy jest narzędzie podług pomysłu p. Chézy zbudowane. Składa się ono z linii mosiężnéj *AA* (fig. 126, 127, 128, 129) przytwierdzonéj do walca *B* wydrążonego, który się może obracać na zachodzącém w jego wydrążeniu zworzniu. Na wierzchu téj linii utwierdzona jest libella, w jednym końcu za pomocą zawiaski *b*, w drugim śrubka *a*, które służą do zapewnienia jéj równoodległości względem liinii. Do nadania linii położenia poziomego, służyć może którykolwiek z przyrządów opisanych przy narzędziu niwellacyjném Egault'a. Rysunek tu załączony przedstawia przyrząd o dwóch śrubach i dwóch zawiasach, przymocowanych do tulei *C*, zakładającéj się na czop trójnoga drewnianego, na którym ją śruba *D* utwierdza. Końce linii *AA* uzbrojone są celownikami nierównéj wysokości, niższy stale przytwierdzony do linii składa się z ramki *K* opatrzonéj fugą *l l*, w którą zachodzi tabliczka *FF* z okienkiem prostokątném *r s* i przeciągniętemi przezeń włosami, które się w punkcie *g* przecinają, oraz stożkowatym otworem *m*. Przez wierzchnią część *GG* ramy, przechodzi śrubka *f*, łącząca się z tabliczką *FF;* ponieważ zaś między górną częścią téj tabliczki a ramą pozostawione jest nieco próżnego miejsca, poruszenia śrubki *f* udzielają się tabliczce, która tym sposobem może się o niewielkie ilości podnosić lub zniżać. Urządzenie to służy do regulowania narzędzia, tojest do nadania linii celu kierunku poziomego.

Drugi celownik ruchomy, urządzony jest podobnie do pierwszego, rama tylko *K' K'* jest wyższą, tabliczka *F' F'* podobna do piérwszéj posuwa się w jéj fugach *l' l'*. Otwór koniczny *m'* w tabliczce téj wyrobiony, odpowiada przecięciu

włosów w okienku tabliczki przeciwległéj, i nawzajem przecięcie włosów *g'* w okienku *r' s'* powinno znajdować się na przedłużeniu pozioméj przechodzącéj przez środek otworu *m* tabliczki *FF*. Do jednéj ze ścian bocznych ramy przymocowana śrubkami *h h* zembownica (kremaliera) *k k* wraz z guzikiem *H* i kółkiem z nią się zazębiającém *p*, służy do dowolnego podnoszenia lub zniżania tabliczki.

Na przeciwległéj ścianie ramy znajduje się podziałka, która wraz z noniuszem wyrytym na tabliczce, służy do oceniania pochyłości linii celu.

§. 153.

Sprawdzenie dokładności narzędzia zależy na przekonaniu się, czy po ustawieniu tabliczki celownika ruchomego w sposób, aby zero noniusza odpowiadało zeru podziałki, linia celu będzie równoodległą od pozioméj przez środek bańki libelli przechodzącéj. Sprawdzenie to odbywa się w sposób następujący: po naprowadzeniu bańki do środka libelli, celuje się naprzód do tarczy, lub obranego przedmiotu przez otwór stożkowy jednego z celowników; następnie odwraca się narzędzie o 180° i po zapewnieniu czy bańka z swego miejsca nie zboczyła, celuje się znowu do tegoż samego przedmiotu: w razie jeżeli linia celu pada wyżéj, lub niżéj, aniżeli przy piérwszém celowaniu, narzędzie nie jest dokładnie uregulowane i należy za pomocą śrubki *f* przy niższym celowniku umieszczonéj zniżyć lub podwyższyć, w miarę potrzeby tabliczkę *FF*, tak, aby połowa różnicy między dwoma celowaniami zachodzącéj, została usuniętą. Powtórzywszy razy kilka tę próbę, dojdziemy do tego, że pomimo odwracania narzędzia, linia celu zawsze na jeden punkt padać będzie, co nas zapewni o dokładném uregulowaniu spadkomierza.

Do opisanego powyżéj narzędzia przyłączone bywa częstokroć koło poziome *QQ* z podziałką stopniową i noniusz *V*, które służą do zdejmowania w razie potrzeby kątów poziomych. Jeżeli chcemy użyć spadkomierza w miejsce narzędzia niwellacyjnego, naprowadza się zero noniusza przy celowni-

ku, tak, aby odpowiadało zeru podziałki, a po sprawdzeniu w sposób powyżéj podany, czy linia celu ma kierunek poziomy, spadkomierz do zwykłego poziomowania może być użyty.

Jeżeli chodzi o znalezienie spadku jaki miéć będzie linia prosta łącząca dwa punkta np. *a* i *b* (fig. 130), ustawia się narzędzie w jednym z tych punktów w taki sposób, aby jeden z celowników znajdował się na prostopadłéj, z danego punktu wyprowadzonéj, gdy drugi będzie w kierunku linii szukanéj obrócony. Jeżeli linia, któréj spadek poznać chcemy idzie ku górze, celownik stały, niższy obraca się do oka; przeciwnie gdy linia ta na dół jest nachylona, celownik wyższy ruchomy umieszcza się po stronie celującego. Następnie urządza się tarczę w sposób, aby jéj wysokość równą była wysokości *A a*, tojest wzniesieniu linii celu po nad punkt *a;* tak przygotowana tarcza ustawia się na drugim końcu linii rozpoznawanéj w punkcie *b*, następnie naprowadza się, za pomocą kremaliery, tabliczkę ruchomego celownika tak, aby celując przez otwór stożkowy drugiego celownika, przecięcie włosów w celowniku ruchomym pokrywało punkt środkowy tarczy. Linia celu wtenczas ma toż samo nachylenie, jakieby miała linia łącząca punkta *a* i *b* a wielkość tego nachylenia odczytuje się na podziałce celownika wyższego.

Jeżeli chcemy użyć spadkomierza do wytknięcia na gruncie jakiejkolwiek linii mającéj dany spadek, urządza się naprzód celownik ruchomy tak, aby jego podziałka żądane nachylenie wskazywała; następnie tarczę, któréj wysokość równać się powinna wysokości narzędzia, ustawia się w rozmaitych punktach, mniéj więcéj w obranym kierunku się znajdujących, szukając który z punktów najlepiéj obranemu spadkowi odpowiada. Po znalezieniu takiego punktu, przenosi się nań narzędzie i znowu w sposób dopiéro co opisany szuka innego, przez któryby linia przeprowadzona to samo zachowywała nachylenie. Tym sposobem wytknięta linia będzie miéć w całéj swéj długości spadek jednostajny: samo się jednak przez się rozumie, że kierunek jéj tylko w szczególnych wy-

padkach mógłby być prostym, zwykle zaś postępując za szukaném nachyleniem, łamie się ona w różne strony.

Narzędzie to może być jeszcze użyte do mierzenia odległości. Przypuśćmy np., że idzie o znalezienie odległości pomiędzy punktami *a* i *b* (fig. 130), ustawia się na jednym z nich, np. punkcie *a*, narzędzie w sposób już opisany, tojest tak, aby jeden z celowników znajdował się na pionowéj przez punkt ten przechodzącéj, następnie naprowadziwszy podziałkę celownika ruchomego na zero, celuje się do tarczy ustawionéj w punkcie *b*; linia celu otrzymana tym sposobem, jak to już wiemy, będzie poziomą i przetnie tarczę np. w punkcie *B'*. Ustawia się potém podziałkę na jakąkolwiek dowolną pochyłość i znowu do tarczy w punkcie *b* celuje. Różnica *BB'* wysokości, za pomocą dwóch tych celowań otrzymana, wyraża spadek całkowity drugiéj linii celu; że zaś na podziałce narzędzia wskazany mamy spadek tejże linii na jednostkę długości, przeto podzieliwszy spadek całkowity linii, przez jéj nachylenie na jednostkę długości, otrzymamy odległość szukaną między dwoma punktami; oznaczywszy więc przez *S* spadek całkowity, przez *s* nachylenie linii na jednostkę długości będzie:

$$d = \frac{S}{s}$$

Dla uproszczenia rachunku zwyczajnie przy podobném mierzeniu odległości, nadaje się linii celu nachylenie wyrażone w liczbach okrągłych np. 0,1 0,2 0,02 0,05 i t. d.

DZIAŁ II.

NIWELLACYE TRYGONOMETRYCZNE.

ROZDZIAŁ I.

Zasady niwellacyj trygonometrycznych.

§ 154.

Niwellacye zwyczajne, gdy idzie o spoziomowanie znacznéj części kraju, zwłaszcza w okolicach górzystych, stają się nadzwyczaj mozolnemi; jeżeli więc potrzebujemy w rozległéj jakiéj okolicy, oznaczyć wszelkie ważniejsze zmiany powierzchni ziemi, bez porównania korzystniéj będzie użyć w takim razie, sposobu niwellacyi trygonometrycznéj, która zależy na mierzeniu odległości i kątów nachylenia linii celu.

Linia celu ile razy nie jest sama poziomą, musi tworzyć dwa kąty: jeden z pionową, drugi z poziomą, które właściwe sobie noszą nazwiska. Piérwszy z nich zawarty pomiędzy pionową a linią celu nazywa się *odległością zenitalną*, drugi utworzony przez poziomą i linię celu, nosi nazwę *wysokości kątowéj*.

Jeżeli chodzi o porównanie wysokości dwóch punktów, niezbyt od siebie odległych, dostateczném jest zmierzenie odległości dwa te punkta przedzielającéj i kąta nachylenia linii celu, czyli wysokości kątowéj. Tym sposobem utworzy nam się trójkąt prostokątny, którego przeciwprostokątną będzie linia celu, jedném ramieniem kąta prostego odległość między punktami, a drugiém szukana różnica wysokości dwóch punktów. Rozwiązanie podobnego trójkąta prostokątnego a zatém wynalezienie różnicy szukanéj, żadnéj nie ulega trudności; inaczéj jest jednak, gdy odległości pomiędzy punktami, stają się znaczniejszemi: w takim razie należy miéć wzgląd

na kulistość ziemi i łamanie się promieni światła i przez to rachunek o wiele staje się zawilszym.

Przypuścimy np., że idzie o porównanie wysokości dwóch punktów A i B (fig. 131). Jeżeli środek kuli ziemskiéj znajduje się w punkcie O, $A B'$ będzie łukiem wielkiego koła tejże kuli, zawartym między promieniami $A O$ i $B O$ i stanowiącym odległość poziomą dwa te punkta przedzielającą. Odległość tę oznaczmy przez D. Punkta A i B' jako równooddalone od środka ziemi znajdują się na jednym i tymże samym poziomie, a zatém różnica wysokości pomiędzy punktami A i B zachodząca, równa się różnicy między punktami B i B'; że zaś punkta B i B' znajdują się na jednéj pionowéj $O B$, widoczną jest rzeczą, iż różnicę ich wysokości stanowić będzie linia BB', którą przez $r P$ oznaczać będziemy. Linia AB'' wskaże nam kierunek pozioméj przez punkt A przechodzącéj. Przypuśćmy na początek, że łamanie promieni światła czyli refrakcya wcale nie istnieje, że zatém promień oka celującego z punktu A do B pójdzie po linii prostéj i oznaczy nam odrazu dla punktu B odległość zenitalną ZAB i wysokość kątową BAB''. Tym sposobem długość szukana BB' podzieloną zostanie na dwie części $B'B'' + B''B$, których wartości z kolei oznaczyć nam wypada.

Dla piérwszéj z tych części $B'B''$ wynaleźliśmy już wartość mówiąc o niwellacyi zwyczajnéj, wyrażoną przez formułę $\frac{D^2}{2P}$ w któréj P promień kuli ziemskiéj oznacza; pozostaje więc tylko do obrachowania długość $B''B$, do czego posłużyć nam może rozwiązanie trójkąta BAB''. W trójkącie tym mamy wst. B : wst. $A = AB''$ (D) : BB'' ztąd

$$BB'' = \frac{D \text{ wst. } A}{\text{wst. } B}$$

Kąt A jest nam znany, jest on bowiem wysokością kątową, lub dopełnieniem do kąta prostego, odległości zenitaltalnéj punktu B, które za pomocą stosownego narzędzia ocenione być powinny.

Kąt B należy równie do trójkąta BAB'' jak i do trójkąta ABO; ten więc ostatni trójkąt uważając, będzie:

$$B = 180^0 - O - BAO$$

z drugiéj strony kąt BAO składa się z dwóch kątów, tojest $B''AO$ prostego, pomiędzy liniami poziomą i pionową zawartego, tudzież i kąta BAB'', który jakto już powiedzieliśmy, jest wysokością kątową punktu B, czyli $BAO = 90^0 + A$, będzie zatém:

$$B = 180^0 - O - (90^0 + A) \text{ czyli}$$

$$B = 90^0 - (A + O)$$

Summa więc kątów A i O jest dopełnieniem kąta B do 90^0, a zatém:

$$\text{wst. } B = \text{dost. } (A + O)$$

wstawiając wartość tę w otrzymane powyżéj równanie będzie:

$$BB'' = \frac{D \text{ wst. } A}{\text{dost. } (A + O)} \ldots\ldots\ldots (\alpha)$$

§. 155.

Przy wyprowadzeniu wzoru powyższego nie mieliśmy względu na łamanie się promieni światła, które jak wiadomo wielki wpływ na kierunek linii celu wywiéra; należy więc téj niedokładności zaradzić. Wiemy już, że promień światła przechodząc przez warstwy powietrza, łamie się i zbacza z pierwiastkowego swego kierunku; zamiast więc prostéj tworzy linią krzywą, któréj wklęsłość zwyczajnie po stronie ziemi się znajduje. Tym sposobem promień wychodzący z punktu B pójdzie po linii BJA a oko celujące w punkcie A odbierze jego wrażenie w kierunku stycznéj do ostatniego zagięcia. Chcąc więc z punktu A do B celować, musimy nakierować linię celu w kierunku AB_0 i tym sposobem punkt B, przez złudzenie optyczne, wydawać nam się będzie w punkcie B_0, ztąd téż wysokość, jaką dla punktu B celowanie nam wskaże, będzie fałszywą, tojest za wielką o ilość BB_0, dla któréj wartość, przynajmniéj przybliżoną oznaczyć nam wypada.

Wspomnieliśmy już przy niwellacyach zwyczajnych, że łamanie się promieni od wielu zależy okoliczności, że wiel-

kość jego nadzwyczaj jest zmienną i w danym razie z dokładnością nie może być obliczona; musimy więc poprzestać na przybliżonéj wartości, którąśmy na 0,08 kąta odpowiadającego w środku kuli ziemskiéj podali. Kąt ten w formule powyższéj oznaczyliśmy przez O.

Celowanie z punktu A da nam kąt $B_0 A B''$, który nazwijmy A_1; będzie on większy od kąta A do formuły (α) wchodzącego o $0{,}08 \times O$ czyli o całą wysokość błędu ze zboczenia linii celu wynikłego; będzie więc:

$$A = A_1 - 0{,}08 \times O$$

wstawiając wartość tę dla A w formułę α otrzymamy:

$$BB'' = \frac{D \text{ wst. } (A_1 - 0{,}08 \times O)}{\text{dost. } (A_1 + 0{,}92 \times O)} \ldots\ldots\ldots (\beta)$$

Kąt O może być za pomocą odległości D oceniony, długości bowiem jednéj wiorsty, na powierzchni ziemi odmierzonéj odpowiada w środku kuli ziemskiéj kąt około $\frac{575}{1000}$ minuty wynoszący; ztąd na każdy sążeń przypada kąt 0,00125 minuty zawiérający, a na długość D wielkość jego będzie przez 0,00125 D oznaczona. Wartość tę wstawiwszy w formułę β będzie:

$$BB'' = \frac{D \text{ wst. } (A_1 - 0{,}0001\, D)}{\text{dost. } (A_1 + 0{,}00115\, D)}$$

Do otrzymanéj tym sposobem wartości dla BB'' dodać należy linię $B'B''$, czyli jéj ważność, która, jakto już powiedzieliśmy, równa się $\frac{D^2}{2P}$; że zaś P jako promień ziemi około 2,984017 sążni wynosi, będzie więc:

$$BB'' + B'B'' = rP = 0{,}0000001675\, D + \frac{D \text{ wst. } (A_1 - 0{,}0001\, D)}{\text{dost. } (A_1 + 0{,}00115\, D)}$$

Formuła powyższa daje wypadki przybliżone o tyle, o ile dzisiejszy stan nauki na to pozwala; z ilości w skład jéj wchodzących jedna tylko, tojest łamanie się promieni, nie została z matematyczną ścisłością oznaczona, zmienność bowiem téj własności fizycznéj światła, zaledwie przez przybliżenie, dozwala oceniać skutki przez nią wywołane: pomimo to formu-

ła nasza dostateczny stopień ścisłości posiada, byleby przy czynności na gruncie wszelka ostrożność zachowaną została.

§ 156.

Przy czynnościach mniéj ścisłości wymagających i zdejmowaniu punktów niezbyt odległych, wprowadza się częstokroć uproszczenie następujące:

Trójkąt $A B'' B_0$ może być uważany za prostokątny, kąt zaś $B A B_0$ czyli A_1 mierzący łamanie się promieni światła, jest tak mały, że bez popełnienia wielkiego błędu można przyjąć, iż zboczenie linii celu przez ten kąt wskazane, równe jest zboczeniu, jakieby miało miejsce, gdybyśmy z punktu A do punktu B'' tojest po linii pozornego poziomu celowali. W takim razie wiadomo nam, z zasad niwellacyi zwyczajnéj, iż zboczenie będzie wyrażone przez $\frac{0{,}16\ D^2}{2P}$ Przy dwóch powyżéj wyrażonych przypuszczeniach formuła nasza zmieni się w sposób następujący:

$$rP = \text{sty}\ A + 0{,}84\ \frac{D^2}{2P}$$

wstawiając zaś wartość na P czyli promień kuli ziemskiéj w liczbie okrągłéj będzie:

$$rP = \text{sty}\ A + \frac{2}{3}\ \frac{D^2}{6000000}$$

Formuła ta, jakkolwiek nie zaleca się zupełną ścisłością, w użyciu jest dogodną, i jeżeli odległości pomiędzy stanowiskiem a zdejmowanemi punktami 250 sążni nie przenoszą, daje wypadki nie wiele się od piérwszéj różniące.

§ 157.

Którejkolwiek z powyżéj przytoczonych formuł użyć zechcemy, główna przyczyna niedokładności, tojest łamanie się promieni świątła, pozostaje zawsze w swéj sile; jedynym zaś sposobem uniknienia mogących ztąd powstać błędów, jest kolejne przenoszenie się z narzędziem i zdejmowanie kątów w taki sposób, aby z dwóch np. punktów, których wysokości porównać zamierzamy, naprzód piérwszy był stanowiskiem dla

narzędzia, a drugi przedmiotem celu; następnie drugi stanowiskiem, któremu piérwszy za przedmiot celu posłuży.

Niech będą np. punkta A i B (fig. 132), których wysokości porównać zamierzamy. Linie $O\,A$ i $O\,B$ będą promieniami kuli ziemskiéj przez punkta te przechodzącemi, łuk $A\,B'$ oznaczy ich odległość poziomą, a linia $B\,B'$ stanowić będzie różnicę wysokości szukaną.

Jeżeli poprowadzimy cięciwę $A\,B''$; trójkąt $B\,A\,B'$ da nam proporcyę następującą:

$$B\,B' \text{ (czyli } rP : A\,B' \text{ (czyli } D) = \text{wst. } A \text{ i wst. } B$$

$$\text{ztąd } rP = D\frac{\text{wst. } A}{\text{wst. } B}$$

W formule powyższéj należy kąty A i B zastąpić odpowiednią im wartością wyrażoną za pomocą odległości zenitalnych punktów A i B, z których piérwszą δ, drugą δ' nazwiemy. Jeżeli w tym celu poprowadzimy linią $A'\,B$ równoległą od linii $B'\,A$, dwa trójkąty $A'\,O\,B$ i $A\,O\,B'$ będą równoramienne i do siebie podobne, kąt więc $O\,A\,B'$ będzie równy kątowi $O\,B\,A'$ nadto kąty $Z\,A\,B'$ i $Z'\,B\,A'$, dopełniające każdy z powyższych kątów do dwóch kątów prostych, będą sobie równe. Z drugiéj strony łatwo widzieć na figurze, że

$$Z\,A\,B' = \delta + A$$

$$Z'\,B\,A' = \delta' - A'\,B\,A$$

że zaś kąty $A'\,B\,A$ i A jako przeciwległe, są sobie równe, będzie więc:

$$Z'\,B\,A' = \delta' - A.$$

$$\text{z tąd } \delta + A = \delta' - A$$

$$A = \tfrac{1}{2}\,(\delta' - \delta).$$

Wartość dla kąta B wynajdziemy z trójkąta $B\,A\,B'$. W trójkącie tym, kąt zewnętrzny $A\,B'\,O = A + B$. Ponieważ zaś trójkąt $A\,B'\,O$ do którego kąt ten należy, jest równoramienny, kąty więc przy A i B są równe: ztąd $2\,A\,B'\,O = 180^0 - O$. a zatém:

$$A\,B'\,O = A \quad B = \frac{180^0\,O}{2} = 90^0 - \frac{O}{2}$$

$$\text{ztąd } B = 90^0 - \frac{O}{2} - A$$

wstawiwszy zaś otrzymaną powyżéj wartość dla A będzie:

$$B = 90^0 - \frac{\delta' - \delta + O}{2}$$

$$\text{a zatem wst. } B = \text{dost.} \frac{\delta' - \delta + O}{2}$$

Wstawiając wartości kątów A i B w formułę otrzymamy:

$$r\ P = \frac{D \text{ wst. } \frac{1}{2}(\delta' - \delta)}{\text{dost. } \frac{1}{2}(\delta' - \delta + O)}$$

W formule powyższéj kąty δ i δ' mogą być nacechowane błędami, przez łamanie się promieni spowodowanemi; ponieważ jednak kąty te, otrzymane zostały, przez dwa celowania na jednakowe odległości i w jednych warunkach dokonane, ponieważ linie celu przez jednakowe warstwy powietrza, w obu razach przechodzić musiały: błędy te przeto dla obudwu kątów powinny być jednakowe, a różnica $\delta' - \delta$ bez względu na ich odległość będzie prawdziwą. Tym sposobem formuła otrzymana, wszelkie warunki dokładności posiada.

Ponieważ kąt O w środku ziemi jest zawsze nadzwyczaj mały i zaledwie na odległość jednéj wiorsty 34″,6 wynosi, często więc opuszczany bywa w formule powyższéj, która w takim razie przyjmuje kształt następujący:

$$r\ P = D \text{ stycz. } \tfrac{1}{2}(\delta' - \delta).$$

Jeżeli różnica wysokości porównywanych nie więcéj jak 250 sążni wynosi, wypadki za pomocą tak uproszczonéj formuły najwyżéj $0^s,50$ od poprzedniéj różnić się będą.

ROZDZIAŁ II.

Narzędzia do niwellacyj trygonometrycznych używane.

§ 158.

Do niwellacyj trygonometrycznych, mogą służyć wszelkie narzędzia, za pomocą których kąty pionowe mierzyć można; pierwsze między niemi miejsce zajmuje niezaprzeczenie teodolit, następnie idą koło powtarzające, kątomiar i wiele innych: najczęściéj jednak używa się narzędzie, zwane eklimetrem, które do tego rodzaju czynności wyłącznie jest przeznaczoném.

§ 159.

Eklimetr składa się z dwóch głównych części: koła stopniowanego z celownikiem i busoli: pierwsze służy do mierzenia kątów pionowych, za pomocą drugiéj zdejmują się kąty poziome. Budowa tego narzędzia jest następująca:

Pudełko kwadratowe (fig. 133 i 134) mosiężne *A A* zawierające w zwykły sposób urządzoną busolę, przytwierdzone jest za pomocą trzech śrubek *a a* do walca wydrążonego *B*. Walec ten osadzony jest na zachodzącym w jego wnętrze zworzniu, któremu za pomocą któregokolwiek ze sposobów, opisanych przy narzędziach niwellacyjnych, można dowolnie nadawać położenie pionowe. Figura 133 np., przedstawia system o dwóch śrubach i sprężynach, ale i inne sposoby równie często używane bywają.

Do jednéj ze ścian pudełka *A*, przymocowane jest koło *D D* z podziałką w ten sposób, że płaszczyzna jego powinna być prostopadłą do płaszczyzny busoli, a tem samém równoległą do zworznia, ile razy tenże położenie poziome przybiera.

Na sztyfcie w środku koła umieszczonym i prostopadłym do jego płaszczyzny, osadzony jest celownik *E E*. Śrubka *a* i krążek *F*, służą do przytwierdzenia tego celowni-

ka, dozwalając mu zarazem odbywać poruszenia po płaszczyznie koła. Jeżeli śruba *H* jest odkręcona, celownik może z łatwością ruch obrotowy, około osi koła odbywać; przeciwnie po ściśnięciu téj śruby, ruch staje się utrudnionym i tylko za pomocą śrubki mikrometrycznéj *J* można małe poruszenia nadawać. Urządzenie to służy do ułatwienia naprowadzania z wszelką ścisłością linii celu na przedmiota. Końce celownika rozszerzone, mają na sobie wyryte noniusze *V V*, służące do dokładniejszego odczytywania wielkości kątów na podziałce koła. Wreszcie skład celownika uzupełnia luneta *L* utrzymywana za pomocą obrączek *G G* z urządzeniem wewnętrznem podobném, jak przy zwykłych narzędziach niwellacyjnych.

Z drugiéj strony koła osadzona jest zwykła libella *N* i za pomocą śrubek *nn* utrzymywana. Śrubka *i* służy do regulowania w zwykły sposób położenia libelli, w razie jeżeliby poziom przez nią wskazywany nie był prostopadłym do osi zworznia. W podobny sposób, położenie koła samego może potrzebować poprawki. Jeżeli osi lunety nadamy kierunek poziomy, zera noniusza odpowiadać powinny zeru i 180° podziałki koła, w razie przeciwnym położenie koła jest fałszywém i należy niedokładność ztąd pochodzącą usunąć przez stosowne poruszenie śrubki *i'*.

Całe opisane powyżéj narzędzie zakończone jest u spodu tuleją mosiężną *C*, zakładającą się na czop zwykłego trójnoga drewnianego.

§ 160.

Sposób użycia eklimetru jest następujący:

Ustawiwszy narzędzie na stanowisku, naprowadza się bańkę libelli do środka rurki, za pomocą stósownego poruszania śrub u podstawy, a to w sposób opisany przy zwykłych narzędziach niwellacyjnych; następnie należy się przekonać, czy średnica koła, oznaczona zerem na podziałce ma w tém położeniu kierunek poziomy. Dla sprawdzenia tego koniecznego warunku, celuje się do jakiegokolwiek przedmiotu, a odczytawszy kąt wskazany przez noniusze koła odwraca się na

zworzniu narzędzie o 180°; tym sposobem luneta znajdzie się zwrócona szkłem przedmiotowém w stronę oka celującego, trzeba ją więc około utrzymującego sztyftu także o 180° odwrócić, poczém powtarza się celowanie do tegoż samego przedmiotu, i jeżeli kąt otrzymany, różnić się będzie od pierwszego, położenie koła okaże się niewłaściwém, wówczas przez poruszenie śrubki *i'*, należy połowę istniejącéj pomiędzy dwoma celownikami różnicy usunąć: poruszenie to usunie bańkę libelli z właściwego jéj położenia, lecz za pomocą śrubki *i* należy ją znowu do środka naprowadzić. Sprawdzenie to powtórzyć należy razy kilka, można jednak bez podobnego nawet sprawdzenia, wypadki dokładne otrzymywać, byleby po każdém celowaniu narzędzie odwróciwszy, na nowo do tegoż samego przedmiotu celować, przyjmując jako wypadek średnią dwóch, otrzymanych w ten sposób, kątów. Ostrożność tę nawet ze sprawdzoném narzędziem zachować należy, ile razy czynność większéj wymaga dokładności.

§ 161.

Drugim warunkiem dokładności otrzymanych wypadków jest to, aby płaszczyzna koła po należytém ustawieniu narzędzia, była równoległą do osi zworznia, a zatém pionową; brak tego warunku nie może być w żaden sposób usunięty, zależy bowiem jedynie od mniéj dokładnéj budowy narzędzia. Widoczną jest rzeczą, że kąty brane na płaszczyznie koła nachylonego, będą nacechowane błędami, które od wielkości nachylenia tejże płaszczyzny i od wielkości zdejmowanych kątów zależeć będą. Idzie więc tylko, o przekonanie się, czy narzędzie, które mamy pod ręką, warunkowi pomienionemu czyni zadosyć, lub czy nachylenie płaszczyzny koła jest tak małém, że błędy przezeń spowodowane, nie przejdą granicy przybliżenia, do jakiego narzędzie jest przeznaczone: tojest, jeżeli za pomocą podziałki, można brać kąty z przybliżeniem np. o jednę minutę, błąd nachyleniem koła spowodowany, powinien w każdym razie być mniejszym od minuty.

O nachyleniu płaszczyzny koła, można się zawsze przekonać za pomocą ciężarku zawieszonego na nitce, tablica zaś następująca wskazuje wielkość kąta nachylenia, do jakiéj płaszczyzna koła dochodzić może, bez sfałszowania wypadków w przypuszczeniu, że za pomocą podziałki kąty z przybliżeniem jednéj minuty brane być mogą.

Wielkość kątów zdejmowanych za pomocą narzędzia.	5°	10°	15°	20°	25°	35°	45°
Najwyższa wartość kątów do któréj nachylenie koła dochodzić może bez sfałszowania wypadków.	4°,40′	3°,17′	2°,40′	2°,17′	2°,1′	1°,39′	1°,23′

Widzimy z tego, że im mniejsze kąty za pomocą narzędzia zdejmowane będą, tém mniejszy wpływ na wypadki, niewłaściwe położenie koła wywiera, tak dalece, że kiedy przy kącie zdejmowanym pięciu stopni 4°,40′ żadnego błędu nie pociąga, biorąc kąt 45° wynoszący, zaledwie 1° 23′ nachylenia koła dopuścić można. Opisana powyżéj budowa eklimetru najczęściéj używaną bywa, zresztą niektóre odmiany w szczegółach, jakie w tego rodzaju narzędziach napotykać można, nie zmieniają sposobu ich użycia, ani powiększają stopnia dokładności. W ogóle eklimetr nie może iść w porównanie co do dokładności z teodolitem, dla swéj dogodności jednak, przy zwykłych czynnościach, najczęściéj używany bywa; ponieważ zaś przeznaczeniem niwellacyi trygonometrycznych, jest zazwyczaj tylko ogółowe przedstawienie kształtu powierzchni jakiej okolicy, przeto i błędy pomniejsze z niedokładności narzędzia pochodzące pominiętemi być mogą.

§ 162.

Za przedmiot celu używa się najczęściéj przy niwellacyach trygonometrycznych zwykłéj tarczy, która się nastawia w taki sposób, aby jéj wysokość równała się wysokości narzędzia na stanowisku, tojest, aby oś optyczna lunety i środek tarczy na jednym znajdowały się poziomie. Podobne urządzenie ułatwia obrachowanie wyso-

kości każdemu punktowi odpowiednich, nie zawsze jednak może znaleźć zastosowanie. Jeżeli okolica jest górzysta, częstokroć wysokość tarczy zwykłéj nie wystarcza; w takich razach używa się za przedmiot celu wysokich tyczek, wiech, a nawet czasem umyślnie zbudowanych w tym celu rusztowań. Wysokość podobnych znaków może być z zupełną oznaczona dokładnością; czynność więc niwellacyjna w niczém przez użycie takiego środka nie zmienia się: od ostatecznego tylko wypadku dla każdego punktu zdejmowanego, należy odjąć wysokość odpowiadającego mu znaku, zmniejszoną o wysokość narzędzia.

§ 163.

Częstokroć niwellacya trygonometryczna wykonywa się łącznie ze zdejmowaniem planu; w takim razie po oznaczeniu położenia rozmaitych punktów za pomocą właściwego narzędzia, mierzy się wysokość każdego z nich w sposób powyżéj opisany. Przy zdejmowaniu planu za pomocą np. stolika, eklimetr bardzo korzystnie użytym być może.

Często także, w miejsce zdejmowania na nowo planu jakiéj okolicy, używa się planów dawniejszych; w takim razie idzie tylko o wybranie stosowne punktów, których wysokość obliczyć chcemy: następnie punkta te oznaczają się na planie i niwellacya w zwykły odbywa się sposób. Postępowanie podobne zazwyczaj mniéj bywa dokładne, jeżeli jednak chodzi o ogólne tylko przedstawienie kształtu powierzchni gruntu, może zupełnie zadawalniających dostarczyć wypadków.

§ 164.

W jakikolwiek z opisanych powyżéj sposobów niwellacya trygonometryczna prowadzoną będzie, należy utrzymywać dziennik, któryby całéj czynności, dokładny podawał obraz, a zarazem wskazując pobieżnie rachunki, za pomocą których ostateczny wypadek otrzymany został, pozwalał sprawdzać takowe w razie potrzeby. Wzór który poniżéj za-

mieszczamy, odpowiada o ile nam się zdaje najlepiéj wszelkim wymaganym warunkom.

1. Ozaczenie stanowiska.	2. Oznaczenie punktów zdejmowanych	3. Wysokości kątowe.	4. Odległość pomiędzy stanowiskiem a punktem zdejmowanym.	5. UWAGI.	6. Wskazanie pobieżne rachunku.	7. Różnica pomiędzy wysokością stanowiska i punktu zdejmowanego.	8. Rzędne ostateczne.

Widoczną jest rzeczą, że pierwsze pięć kolum zapełnione powinny być na gruncie podczas czynności, ostatnie zaś trzy, otrzymują się w domu za pomocą stosownego rachunku.

Jeżeli oznaczanie położenia punktów zdejmowanych odbywa się za pomocą triangulacyi trygonometrycznéj, kolumna czwarta także dopiero w domu zapełnioną być może. W kolumnie piątéj oprócz innych, jakie się mogą nastręczyć uwag należy zamieścić wysokość znaków, jeśli były użyte, lub wysokość tarczy, jeśli takowa nie była z wysokością narzędzia zrównaną: w takim razie wysokości narzędzia na każdém stanowisku powinny, także być zapisanemi.

§ 165.

Wspomnieliśmy powyżéj, iż za pomocą niwellacyj trygonometrycznych, z trudnością wypadki bardzo dokładne otrzymywać się dają; aby dać wyobrażenie, do jakiego sto-

pnią przybliżenia w téj czynności dojść można, dodamy tutaj, iż karta Francyi, wykonana przez sztab główny armii francuzkiéj, która jest niezaprzeczenie najdokładniejszą z wszelkich prac tego rodzaju w Europie dokonanych, podaje wysokości wszelkich ważniejszych zmian powierzchni, za pomocą niwellacyi trygonometrycznéj i eklimetru otrzymane: pomimo wszelkiéj staranności, jakiéj przy tak ważnéj czynności nie szczędzono, błędy w wysokościach, częstokroć dwóch metrów dochodzą, a astronom Delambre używając narzędzi o ile możności udokładnionych, znajdował czasami różnice 2 do 3 sążni dochodzące, pomiędzy wysokościami jednego i tegoż samego punktu z dwóch różnych stanowisk zdejmowanemi.

DZIAŁ III^ci.

NIWELLACYE BAROMETRYCZNE.

ROZDZIAŁ I.

Zasady oznaczania wysokości względnych za pomocą barometru.

§ 166.

W niektórych wypadkach, gdy chodzi o oznaczenie wzniesienia nad poziom morza pewnéj ograniczonéj liczby punktów, np. szczytów gór wyniosłych i t. p., podane dotąd sposoby niwellacyi, zastosowania znaleźć nie mogą. Pośród przeszkód nieprzebytych, stromych skał i urwisk, często prostopadle do góry się wznoszących, niepodobna urządzić ciągłego szeregu stanowisk, co jak już wiemy, konieczną jest rzeczą przy poziomowaniu zwyczajném. W takichto razach najwłaściwszém będzie użycie barometrów do oznaczenia szukanych wysokości, a wypadki za pomocą tego sposobu otrzy-

mywane, jakkolwiek pod względem ścisłości od zwyczajnych niwellacyj o wiele są niższemi, za dostatecznie jednak dokładne, w tego rodzaju czynnościach uważane być mogą.

Niwellacye barometryczne opierają się na znaném z fizyki prawie, iż wysokość słupa merkuryuszu w barometrze, zależną jest od ciśnienia powietrza na spodnią jego część wywieranego, i że ciężar téj kolumny równy jest ciężarowi kolumny powietrza, tęż samą mającéj średnicę i przedłużonéj aż do ostatnich krańców naszéj atmosfery.

Widoczną jest więc rzeczą, iż barometr w niższém umieszczony stanowisku, ulegając ciśnieniu grubszéj warstwy powietrza, dłuższą dla jéj zrównoważenia kolumnę merkuryuszu przedstawić musi; w wyższém przeciwnie stanowisku, gdzie warstwa cisnącego powietrza jest cieńszą, mniejsze téż ciśnienie na barometr wywiera: ztąd téż i kolumna merkuryuszu mniejszą wysokość mieć będzie.

Na zmianę wysokości kolumny merkuryuszu w barometrze, inne jeszcze wpływają okoliczności, jak np.: odmienny stopień ciepła, większa lub mniejsza ilość pary wodnéj powietrze nasycającéj i t. p. Chcąc zatém użyć barometru do mierzenia wysokości, potrzeba mieć wzgląd na wszystkie te okoliczności i wartość skutku przez nie wywołanego do rachunku wprowadzić. Pierwszy La Place na powyższych opierając się zasadach, wyprowadził wzór do mierzenia wysokości za pomocą barometrów, który późniejszemi spostrzeżeniami dopełniony, służy dziś we wszystkich tego rodzaju czynnościach.

§ 167.

Do wyprowadzenia tego wzoru następującą dochodzi się drogą:

Przypuśćmy, iż potrzeba oznaczyć wzniesienie punktu *H* (fig. 135), po nad poziom *MN*, średnich wód morza, nadto, iż punkt ten znajduje się pod 45° szerokości geograficznéj, że czynność odbywa się przy temperaturze 0° a wyso-

kość kolumny merkuryuszu w barometrze na niższém stanowisku w punkcie A wynosi $0^m,76 = h$.

Jeżeli przedstawimy sobie słup powietrza $AH = X$ podzielony na n warstw poziomych, równych sobie i tak cienkich, aby w każdéj z nich gęstość powietrza i jego ciężkość gatunkowa za jednostajną uważaną być mogła, oznaczywszy jednę z takich warstw przez a będzie:

$$AH = X = an.$$

Oznaczmy teraz wysokość kolumny merkuryuszu w barometrze w punktach A, m, n, p.... H przez $h, h', h'', h''' \ldots h^n$, a działanie siły ciężkości w tychże punktach przez $g, g', g'', g''' \ldots g^n$. Dla oznaczenia stosunku, jaki zachodzi pomiędzy rozmaitemi wysokościami kolumny merkuryuszu w barometrze i odpowiadającemi jéj wzniesieniami warstw powietrza, weźmy ciężar najniższéj warstwy Am.

Oznaczywszy objętość téj warstwy przez V, a ciężkość gatunkową powietrza, w stosunku do merkuryuszu przy temperaturze 0^0 przez d, będzie:

Ciężar warstwy $Am = adg$, ztąd

$$d = \frac{\text{ciężar } Am}{ag} = \frac{\text{ciężar } (AT - mT)}{ag}$$

Wstawiając teraz w otrzymane powyżéj równanie w miejsce ciężarów $AT - mT$ powietrza, równe im ciężary merkuryuszu w kolumnie barometrycznéj zawartego, które się przez hg i $h'g'$ wyrażają, będzie

$$d = \frac{hg - h'g'}{ag}$$

Z drugiéj strony wiadomo, iż ciężar gatunkowy powietrza, proporcyonalny jest do ciśnienia wywieranego nań ciężarem całéj kolumny, nad nim znajdującego się powietrza, a ten ostatni równa się ciężarowi odpowiadającéj mu kolumny merkuryuszu w barometrze; czyli, że ciężkość kolumny mT powietrza wyrazi się przez $h'g'$, można więc przyjąć

$$d = Ch'g'.$$

Równanie, w którém C wyraża spółczynnik stały przez doświadczenie wynaleziony, o czém poniżéj jeszcze mówić będziemy.

Z dwóch równań powyższych, wartości dla d oznaczających, otrzymamy

$$\frac{hg - h'g'}{ag} = Ch'g', \text{ ztąd}$$

$$Ch'g'\,ag = hg - h'g'$$

$$h'g'(1 + Cag) = hg$$

$$h'g' = \frac{hg}{1 + Cag}$$

Bez zmienienia wartości możemy drugą stronę powyższego równania wyrazić:

$$h'g' = hg\left(\frac{1}{1 + Cag}\right) = hg\,(1 + Cag)^{-1}$$

Rozwijając powyższe wyrażenie w szereg i ograniczając się pierwszemi dwoma wyrazami będzie:

$$h'g' = hg\,(1 - aCg)$$

W podobny sposób wynaleźlibyśmy z ciężkości drugiéj warstwy $m\,n$

$$h''g'' = h'g'\,(1 - aCg')$$

W ostatniém równaniu wstawiając zamiast $h'g'$ jego wartość, otrzymamy

$$h''g'' = hg\,(1 - aCg)\,(1 - aCg').$$

Tak samo otrzymalibyśmy dla warstwy n

$$h^n g^n = hg\,(1 - aCg)\,(1 - aCg')\,(1 - aCg'')\ldots\,(1 - aCg^{n-1}).$$

Uwalniając drugą stronę powyższego równania od współczynnika hg i w mniejsce samych ilości, wstawiając ich logarytmy, będziemy mieli

$$\log\frac{h^n}{h} + \log\frac{g^n}{g} = \log(1 - aCg) + \log(1 - aCg') + \ldots\ldots$$
$$\ldots\ldots + \log(1 - aCg^{n-1})$$

Wiadomo z nauki o logarytmach, że oznaczywszy przez m moduł logarytmów będzie

$$\log(1 - z) = -\frac{1}{m}\left(z + \frac{z^2}{2} + \frac{z^3}{3} + \frac{z^4}{4}\ldots\ldots\right)$$

Rozwijając zatém, podług powyższego wzoru, logarytmy wchodzące do drugiéj strony otrzymanego równania i opuszczając wszystkie wyrazy zawierające ilość a z wykładnikiem wyższym od jedności, otrzymamy:

$$\log \frac{h^n}{h} + \log \frac{g^n}{g} = -\frac{1}{m}(aCg + aCg' + \ldots + aCg^{n-1})$$

albo biorąc aCg za wspólny mnożnik

$$\log \frac{h^n}{h} + \log \frac{g^n}{g} = -\frac{aCg}{m}\left(1 + \frac{g'}{g} + \frac{g''}{g} + \ldots + \frac{g^{n-1}}{g}\right)$$

albo

$$\log h^n - \log h + \log g^n - \log g = -\frac{aCg}{m}\left(1 + \frac{g'}{g} + \frac{g''}{g} + \ldots + \frac{g^{n-1}}{g}\right)$$

W równaniu powyższém zmieniwszy znaki i wynalazłszy wartość dla a, będzie:

$$a = \frac{\log h - \log h^n + \log g - \log g^n}{\frac{Cg}{m}\left(1 + \frac{g'}{g} + \frac{g''}{g} + \ldots \frac{g^{n-1}}{g}\right)}$$

Rozmnożywszy zaś obie strony przez n otrzymamy:

$$a\,n = H = x = \frac{n \log \frac{h}{h^n} + n \log \frac{g}{g^n}}{\frac{Cg}{m}\left(1 + \frac{g'}{g} + \frac{g''}{g} + \ldots + \frac{g^{n-1}}{g}\right)}$$

Siła ciężkości działa, jak wiadomo w stosunku odwrotnym kwadratów z odległości od środka ziemi, nazwawszy przeto promień kuli ziemskiéj przez P, pomiędzy ilościami g, g', g'', g^n oznaczającemi natężenie siły ciężkości w różnych wysokościach, a ilością P następujące zachodzić będą stosunki:

$$g' : g = P^2 : (P + a)^2$$
$$g'' : g = P^2 : (P + 2a)^2$$
$$g^n : g = P^2 : (P + x)^2 \text{ czyli}$$
$$\frac{g'}{g} = \frac{P^2}{(P+a)^2}$$
$$\frac{g''}{g} = \frac{P^2}{(P+2a)^2}$$
$$\frac{g^n}{g} = \frac{P^2}{(P+x)^2}$$

podobnież

$$\frac{g}{g^n} = \left(\frac{P+x}{P}\right)^2 = \left(1 + \frac{x}{P}\right)^2$$

Podnosząc do kwadratu ilości w mianownikach drugiéj strony powyższych równań się znajdujące, wykonywając wskazane dzielenie i opuszczając podobnie jak poprzednio wyrazy do których wchodzi ilość a z wykładnikiem wyższym od jedności, otrzymamy:

$$\frac{g'}{g} = 1 - \frac{2a}{P}$$

$$\frac{g''}{g} = 1 - \frac{2.\,2a}{P}$$

$$\frac{g^n}{g} = 1 - \frac{2x}{P}$$

Wstawiwszy powyższe wartości dla $\frac{g'}{g}$ $\frac{g''}{g}$ $\frac{g^n}{g}$ i $\frac{g}{g^n}$ w powyżéj otrzymane równanie będzie:

$$X = \frac{n \log \frac{h}{h^n} + 2n \log \left(1 + \frac{x}{P}\right)}{\frac{Cg}{m}\left(1 + 1 - \frac{2a}{P} + 1 - \frac{2.\,2a}{P} + \ldots + 1 - \frac{2x}{P}\right)}$$

albo

$$X = \frac{n \log \frac{h}{h^n} + 2n \log \left(1 + \frac{x}{P}\right)}{\frac{Cg}{m}\left(n - \frac{2a}{P}(1 + 2 + 3 \ldots n)\right)}$$

Dla skrócenia oznaczmy tymczasowo $\log \frac{h}{h^n} + 2 \log \left(1 + \frac{x}{P}\right)$ przez A. Ilości zawarte w nawiasie $(1 + 2 + 3 \ldots + n)$ tworzą postęp różnicowy, summa ich więc równa się $\frac{n(n+1)}{2}$.

Ztąd równanie powyższe przyjmie kształt następujący:

$$X = \frac{An}{\frac{Cg}{m}\left(n - \frac{2an}{P}\,\frac{(n+1)}{2}\right)} = \frac{A}{\frac{Cg}{m}\left(1 - \frac{a(n+1)}{P}\right)}$$

Ponieważ ilość a jest nadzwyczaj małą, przeto przyjąć można, iż $a\left(\frac{n+1}{P}\right)=\frac{a\,n}{P}=\frac{x}{P}$ a wstawiając wyrażenie powyższe w otrzymane poprzednio równanie, będzie:

$$X=\frac{A}{\frac{C\,g}{m}\left(1-\frac{x}{P}\right)}$$

Rozwijając w szereg wyrażenie $\frac{1}{1-\frac{x}{P}}$ i opuszczając wyrazy, w którychby nadzwyczaj mały ułamek $\frac{x}{P}$ wyższym nad jedność był oznaczony wykładnikiem, otrzymamy

$$X=\frac{m}{C\,g}\,A\left(1+\frac{x}{P}\right)$$

Przy wyprowadzeniu powyższego wzoru, przypuszczaliśmy, iż g oznaczać będzie działanie siły ciężkości pod 45^0 szerokości geograficznéj. Doświadczenia robione z wahadłem na rozmaitych punktach kuli ziemskiéj przekonały, iż oznaczywszy przez g_1 działanie siły ciężkości pod szerokością Ψ będzie:

$$g_1=g\,(1-0{,}002837.\ \text{dost}\ 2\ \Psi).$$

Chcąc więc wzór nasz do wszelkiéj szerokości geograficznéj zastósować, należy wprowadzić do wartości g powyżéj wskazaną poprawkę, będzie więc:

$$X=\frac{m}{C\,g\ (1-0{,}002837.\ \text{dost.}\ 2\ \Psi)}\,A\left(1+\frac{x}{P}\right)$$

Rozwijając w szereg ułamek

$\frac{1}{1-0{,}002837\ \text{dost.}\,2\,\Psi}$ i poprzestając na dwóch pierwszych wyrazach, otrzymujemy $X=\frac{m}{Cg}(1+0{,}002837\ \text{dost.}\,2\,\Psi)\,A\left(1+\frac{x}{P}\right)$

Oznaczywszy ciężkość gatunkową powietrza przy temperaturze 0^0 i ciśnieniu $0^m{,}76$ przez D będzie ilość $Cg=\frac{D}{0{,}76}$;

ztąd $X=\frac{0^m{,}76\,m}{D}\,(1+0{,}002837.\ \text{dost.}\ 2\,\Psi)\,A\left(1+\frac{x}{P}\right)$.

Na początku niniejszego wywodu przypuściliśmy, iż na całéj przestrzeni, od dołu do góry, jednostajnie temperatura 0^0 panuje i wzór nasz w tém przypuszczeniu wyprowadzony został; wiadomo zaś, iż w rzeczywistości temperatura wyższych i niższych warstwach powietrza zawsze się różni od siebie, a dokonanie czynności przy temperaturze 0^0 w szczególnych tylko może nastąpić razach: aby więc wzór nasz przy każdéj temperaturze mógł być użytym, trzeba doń stosowną wprowadzić poprawkę.

Przypuśćmy, iż temperatura na dolném stanowisku jest równa T, na górném zaś T'; średnia zatem wysokość temperatury na całéj przestrzeni będzie $\frac{T + T'}{2}$.

Wiadomo z doświadczeń Mariotta, Gay-Lussac'a i innych, iż powietrze ze zmianą temperatury na jeden stopień zmienia i swą objętość, a zatém i ciężkość gatunkową w stosunku 1 : (1 + 0,00375), będzie więc:

$$1 + 0{,}00375 \left(\frac{T + T'}{2}\right)$$

Współczynnik ten należy jeszcze powiększyć cokolwiek, z uwagi na obecność pary wodnéj w powietrzu, które im więcéj pary zawiera, tém lżejszém się staje; możemy więc przyjąć:

$$1 + 0{,}004 \left(\frac{T + T'}{2}\right) = 1 + 2\left(\frac{T + T'}{1000}\right).$$

Przez tak otrzymane wyrażenie rozmnożyć należy we wzorze $\frac{0{,}76m}{D}$ przezco ciężkość gatunkowa powietrza do każdéj temperatury zastosowaną zostanie, będzie więc:

$$X = \frac{0{,}76\,m}{D}(1 + 0{,}002837 \text{ dost. } 2\Psi)\left\{\frac{1 + 2(T + T')}{1000}\right\} A\left(1 + \frac{x}{P}\right)$$

Pozostaje nam, jedna jeszcze poprawka do wprowadzenia. Uważaliśmy dotąd, iż temperatura kolumny merkuryuszu w barometrze, na wszystkich wysokościach stale równała się 0^0, tymczasem, jak to już mówiąc o temperaturze powietrza wspomnieliśmy, wypadek ten tylko w szczególnych razach mógłby mieć miejsce; dodać tu jeszcze należy, iż stopień ciepła merkuryuszu w barometrze, często bardzo w chwili

doświadczenia, różni się od temperatury otaczającego go powietrza: okoliczność ta wpływa koniecznie, na wysokość kolumny merkuryuszu i niezależnie od stopnia ciepła powietrza w rachunek wprowadzoną być powinna.

Przypuśćmy, iż w dolném stanowisku temperatura merkuryuszu równa się t w wyższém zaś t'. Merkuryusz przy zmianie o jeden stopień temperatury, zmienia swą objętość na $\frac{1}{5550}$, ażeby zatém wysokości h i h^n kolumny merkuryuszu przyprowadzić do objętości, jakąby miały przy temperaturze 0^0 należy h^n rozmnożyć przez $\left(1 + \frac{t-t'}{5550}\right)$. We wzorze wyprowadzonym uczyniliśmy tymczasowo:

$$\log \frac{h}{h^n} + 2 \log \frac{g}{g^n} = A,$$

należy więc teraz h^n rozmnożyć przez otrzymane powyżéj wyrażenie, a zastąpiwszy $\frac{g}{g^n}$ przez jego wartość, zmienioną w ten sposób ważność dla A, wstawić do wyprowadzonego wzoru; będzie zatém:

$$\log h - \log h^n \left(1 + \frac{t-t'}{5550}\right) + 2 \log \left(1 + \frac{x}{P}\right) = A.$$

ztąd:

$$X = \frac{0{,}76\,m}{D} (1 + 0{,}002837 \text{ dost.} 2\ \Psi) \left\{1 + \frac{2(T+T^1)}{1000}\right\}$$
$$\left\{\log. h - \log. h^n \left(1 + \frac{t-t'}{5550}\right) + 2 \log. \left(1 + \frac{x}{P}\right)\right\} \left(1 + \frac{x}{P}\right).$$

W wyrażeniu $\frac{0{,}76\,m}{D}$, m oznaczające moduł logarytmów równa się 2,302585, ciężkość zaś gatunkowa D powietrza przy temperaturze 0^0 pod 45^0 szerokości geograficznéj, równa jest $\frac{1}{10467}$ ciężkości gatunkowéj merkuryuszu; zatém

$$\frac{0{,}76m}{D} = \frac{0{,}76 \times 2{,}302\,585}{\frac{1}{10467}} = 18333 \text{ metrów}$$

wstawiwszy tę wartość do wzoru będzie:

$$X = 18333\ (1 + 0{,}002837 \text{ dost. } 2\ \Psi) \left\{1 + \frac{2(T+T^1)}{1000}\right\}$$
$$\left\{\log. h. - \log. h^n \left(1 + \frac{t-t'}{5550}\right) + 2 \log. \left(1 + \frac{x}{P}\right)\right\} \left(1 + \frac{x}{P}\right).$$

Jeżeli chodzi o porównanie dwóch wysokości, z których niższa nie jest poziomem morza, lecz punktem po nad nim mniéj lub więcéj wzniesionym, oznaczywszy wzniesienie to przez z, należy otrzymaną wartość dla x rozmnożyć przez $1 + \frac{2Z}{P}$.

Wzór powyższy na pozór wydaje się nie zupełnie rozwiązanym, po obu bowiem stronach równania znajduje się niewiadoma x; zwracając jednak uwagę na to, iż wchodzące x do drugiéj strony jest dzieloném przez P czyli promień kuli ziemskiéj wynoszący 6366198 metrów przekonamy się, iż ułamek $\frac{x}{P}$ jest nadzwyczaj małym, można więc opuściwszy takowy, wynaleźć przybliżoną wartość dla x, następnie wstawiwszy ją w równanie drugi raz szukać dla x wartości. Podstawianie to można powtórzyć razy kilka, dopóki z dwóch następujących po sobie rozwiązań, jednakowego nie otrzymamy wypadku: zazwyczaj dwa podstawienia są do tego wystarczającemi.

Wyrazy, do których po drugiéj stronie równania naszego wchodzi x, oznaczają zmianę jakiéj ulega działanie siły ciężkości w rozmaitych uważane wysokościach, dla uproszczenia przeto całego wzoru, starano się zastąpić je ilością stałą na doświadczeniach opartą. P. Ramond za pomocą barometrycznych obrachowań wysokości sprawdzanych przez poziomowania zwyczajne, przekonał się, iż dostatecznie cel ten osiągnięty być może, przez małe powiększenie współczynnika 18333, który w takim razie 18393 równać się będzie. Tym sposobem uproszczony wzór ma kształt następujący:

$$X = 18393(1 + 0{,}002837 \text{ dost. } 2\,\Psi)\left\{1 + 2\frac{(T + T^1)}{1000}\right\} \log. h - \log. h^n\left(1 + \frac{t - t'}{5550}\right).$$

Jeżeli czynność odbywana jest pod szerokością geograficzną, niewiele od 45^0 różną, w takim razie współczynnik $1 + 0{,}002837$ dost. $2\,\Psi$ opuścić we wzorze należy.

§. 168.

Oprócz okoliczności o których dotąd mówiliśmy i których wpływ w rachunek ujętym być może, są jeszcze inne

przypadkowe chwilowo na barometr wpływ swój wywierające, jak np. wiatry, napływ powietrza przesyconego parą wodną i t. p., dlatego też przy robieniu spostrzeżeń, wszelkie ostrożności ściśle zachowanemi być powinny.

Odmiany podobne przypadkowe, najwięcéj z rana i wieczorem przypadają, najstosowniejszém więc będzie dokonywanie spostrzeżeń od godziny 10éj z rana, do drugiéj lub trzeciéj po południu. Dwóch spostrzegaczy opatrzonych dokładnie porównanemi pomiędzy sobą narzędziami, jednocześnie doświadczenia swe odbywać powinni. Jeden z nich obiera stanowisko na samym spodzie góry, drugi na jéj szczycie. Jednokrotne spostrzeżenie nie daje rękojmi dokładności, potrzeba więc w ciągu kilku godzin, na ten cel przeznaczonych, co kwadrans zapisywać stan barometru i termometru, równie na dole jak na górze, a jeśli można przez kilka dni, powtarzać podobne spostrzeżenia; średnia w ten sposób powtarzanych doświadczeń, z zupełną dopiéro ufnością, jako prawdziwa wartość przyjętą być może.

Spostrzeżenia powinny być robione w czasie pogodnym i przy spokojnym stanie powietrza, narzędzie zaś o ile możności ustawiać należy w cieniu.

§ 169.

Dziennik do zapisywania wypadków spostrzeżeń z największą starannością prowadzony być powinien, ma on zawierać:

1ód Wymienienie stanowiska, 2re, godzinę i minutę, podczas któréj każde ze spostrzeżeń dokonaném zostało; 3cie wysokość kolumny merkuryuszu w barometrze; 4te stopień ciepła merkuryuszu odczytany na termometrze połączonym z barometrem; 5te temperaturę powietrza, wskazaną przez termometr odosobniony; 6te stan powietrza podczas doświadczeń.

§ 170.

Z nagromadzonemi w ten sposób danemi przystępuje się do obliczenia szukanéj wysokości. Użycie wzoru wypro-

wadzonego przez nas poprzednio, nawet w kształcie uproszczonym, jaki na końcu przedstawiliśmy, jest zawsze dosyć mozolném, dla téj też przyczyny starano się ułożeniem stosownych tablic, obrachowania wysokości ułatwić. Najdogodniejszemi z dotąd ułożonych są tablice Oltmans'a, które na końcu niniejszego tomu umieszczamy. Sposób użycia ich jest następujący:

Pierwsza tablica złożona jest z trzech kolumn, z których pierwsza wskazuje wysokość merkuryuszu w barometrze wyrażoną w millimetrach; druga odpowiednie téj wysokości wzniesienie, wyrażone w metrach; trzecia różnicę pomiędzy dwoma wzniesieniami, różnicy jednego millimetra w wysokości kolumny barometrycznéj odpowiadające; kolumna ta służy do oznaczania wzniesień odpowiadających ułamkom millimetrów barometrze odczytywanych.

W pierwszéj więc kolumnie téj tablicy odszukuje się wysokość h merkuryuszu w stanowisku dolném i bierze się w następnéj, odpowiadające wzniesienie, powiększając stosownie znajdującą się w téj kolumnie liczbę, jeśli h zawiera ułamki millimetra. Tak wynalezioną liczbę oznaczmy przez a. W podobny sposób odczytuje się, w téjże saméj tablicy wzniesienie odpowiadające wysokości merkuryuszu h'', w stanowisku górném; otrzymaną w ten sposób liczbę oznaczymy przez b.

Druga tablica odpowiadająca wyrażeniu $t—t'$ podzielona jest na dwie kolumny, z których pierwsza oznacza różnicę temperatury $t—t'$ wyrażoną w stopniach i ułamkach stopni termometru stustopniowego, druga odpowiadającą jéj liczbę metrów. Odszukawszy więc w téj tablicy liczbę odpowiednią do danego przypadku, oznaczmy takową przez c, ilość ta może być dodatną lub odjemną, stosownie do tego czy $t > t'$ lub $t < t'$.

Z trzech otrzymanych tym sposobem ilości, obrachowuje się wysokość przybliżona, która się wyrazi przez $a—b—c$, jeśli zaś c jest odjemne, będzie $a — b + c$.

Do tak wynalezionéj przez przybliżenie wysokości, potrzeba wprowadzić poprawkę odnoszącą się do temperatury

powietrza w dolnych i górnych jego warstwach, wziąwszy więc $\frac{1}{1000}$ otrzymanego wypadku, należy ją rozmnożyć przez $2\ (T + T^1)$, czyli przez podwójną summę stopni ciepła, wskazanych na termometrach odosobnionych w dolném i górném stanowisku. Poprawka ta może być dodatną lub odjemną, stosownie do tego, czy $T + T^1$ będzie dodatném lub odjemném. Druga poprawka odnosi się do szerokości geograficznéj, a wartość jéj podaje trzecia tablica. Pierwsza kolumna téj tablicy wskazuje wysokości przybliżone, odszukuje się w niéj liczbę najbardziéj do otrzymanego wypadku się zbliżającą; następne kolumny podają poprawki odpowiadające danéj wysokości i rozmaitym szerokościom geograficznym co 5^0 obrachowane: bierze się zatém liczbę odpowiadającą wysokości już wynalezionéj i szerokości pod którą czynność została dokonaną. Poprawka ta zawsze jest dodatną. W przypadku gdyby niższe stanowisko było znacznie po nad poziom morza wzniesioném, co zresztą dosyć się rzadko wydarza, należy jeszcze do wypadku wprowadzić trzecią poprawkę, która za pomocą czwartéj tablicy wynalezioną być może.

§ 171.

Dla łatwiejszego zrozumienia sposobu użycia tablic, podajemy tu jako wzór rachunku, obliczenie wysokości Guanaxuato dokonane przez Humboldta.

Szerokość geograficzna = 21^0.

W stanowisku górném.

Wysokość merkuryuszu w barometrze . . . . $600^m/^m95 = h^n$.
Na termometrze połączonym z barometrem ciepła $+ 21^0,3 = t'$.
„ oddzielnym . . . . . $+ 21^0, 3 = T^1$.

Nad brzegiem morza.

Wysokość merkuryuszu w barometrze . . . . $763^m/^m15 = h$.
Na termometrze połączonym z barometrem ciepła $+ 25^0, 3 = t$.
„ oddzielnym . . . . . $+ 25^0, 3 = T$.

Tablica 1ª daje $\begin{cases} \text{na } 763^m/^m15. \ . \ . \ . \ 6183^m,5 = a \\ \text{na } 600^m/^m95. \ . \ . \ . \ 4280^m,7 = b \end{cases}$

Tablica 2ª daje dla $t - t' = 4^0 \ldots$ $5^m,9 = c$

Wysokość przybliżona $= a - b - c =$ $1896^m,9$.

Pierwsza poprawka $\frac{1897}{1000} \times 2(T + T') =$ $+ 176,8$

Razem $2073^m,7$

Druga poprawka. Tablica 3ª daje na 2073^m i $21^0 = 10^m6$

Wysokość szukana $= 2084^m,3$.

ROZDZIAŁ II.

Barometry do oznaczania wysokości używane.

§ 172.

Barometry zwyczajne do mierzenia wysokości użytemi być nie mogą; długość bowiem kolumny merkuryuszu w nich zawartego, z należytą dokładnością oznaczona być nie może. Długość ta liczyć się powinna, od powierzchni górnéj słupa merkuryuszu, zawartego w ramieniu krótszém, aż do takiéjże powierzchni słupa, w ramieniu dłuższém się znajdującego. Ponieważ w miarę większego lub mniejszego ciśnienia powietrza na merkuryusz, w krótszém ramieniu zawarty, słup dłuższego ramienia, zniża się lub podwyższa, czyli część merkuryuszu zawarta w dłuższém ramieniu przechodząc do krótszego, bardziéj je wypełnia i powierzchnią jego wznosi do góry, lub przeciwnie; przeto położenie powierzchni téj nie będąc stałem, nie może służyć za punkt, od któregoby za pomocą umieszczonéj podziałki, można było, zaczynać rachubę, mającą wskazać długość słupa merkuryuszu, w dłuższém ramieniu zawartego. Zero takiéj podziałki umieszczone w pewném położeniu, razby się znajdowało po nad powierzchnią słupa krótszego ramienia, drugi raz poniżéj takowéj, niedozwalając z całą dokładnością potrzebnéj długości ocenić.

Dla zaradzenia téj niedogodności, potrzeba było budowę barometru w taki urządzić sposób, aby długość słupa merku-

ryuszu, przy każdém ciśnieniu powietrza, z zupełną dokładnością, oznaczaną być mogła. Barometry zbudowane według pomysłu Gay-Lussac'a i Fortina warunkowi temu zupełnie odpowiadają.

§ 173.

Barometr Gay-Lussac'a.

Rurka szklanna (fig. 136, 137, 138 i 139) *a a* stanowi ramię dłuższe barometru, długość jéj wynosi około $0^m,76$, rurka zaś *b b* jest jego ramieniem krótszém. Oba te ramiona połączone są trzecią rurką *C C* mniejszéj średnicy, zagiętą w kształcie na rysunku wskazanym. Koniec zwężony *i* ramienia *a a* zachodzi wewnątrz rurki *C C*. Jeżeliby przy przenoszeniu barometru dostało się w kolumnę merkuryuszu cokolwiek powietrza, bańka jego musiałaby się zatrzymać w przestrzeni pomiędzy tém zakończeniem a ścianami rurki *C C* zawartéj; tym sposobem wpływ jéj, nie może zmienić wysokości słupa, o któréj dokładne oznaczenie nam chodzi.

Ramię krótsze *b b* podobnie jak i dłuższe *a a* jest zasklepione w końcu, dla wpuszczenia jednak powietrza, które na merkuryusz w krótszém ramieniu ciśnienie wywierać powinno, zrobiony jest mały otwór *o* z boku rurki *b b*; otwór ten powinien być tak mały, aby merkuryusz w czasie nachylenia barometru nie mógł się przezeń wylewać. Niektóre barometry mają ramię krótsze, otwarte w końcu; otwór ten przykryty jest skórką, stale do szkła przymocowaną, w któréj przebija się dziurka cienką igłą i służy do wprowadzenia wewnątrz powietrza. Urządzenie to nie jest tak dobre, jak opisane poprzednio; merkuryusz bowiem w zetknięciu ze skórą, łatwo się brudzi i prędzéj przy przenoszeniu wylewać się może. Cały opisany poprzednio barometr zamknięty jest w rurce mosiężnéj *d d*, która u dołu i ugóry zakończona jest kółkami *e e'* służącemi do zawieszania barometru przy przenoszeniu lub w czasie doświadczeń.

Otwory *h h'* i *h h'* w oprawie *d d* wycięte, pozwalają widzieć słup merkuryuszu w rurce. Na brzegach tych otworów

wyrznięte są podziałki oznaczające millimetry. Wspólny początek, czyli zero tych podziałek umieszczone jest mniéj więcéj w połowie długości rurki *dd* i od tego punktu zaczynając liczą się podziały w strony przeciwne.

Wzdłuż tych podziałek posuwać się mogą dwa noniusze, których urządzenie jest następujące:

Obrączka *mm* mogąca się wewnątrz rurki *d d* posuwać, ma wycięte, na swych ścianach bocznych dwa przeciwległe sobie otwory, odpowiadające otworom rurki *d d*. Na brzegach pionowych tych otworów wyryte są noniusze. Guzik *l* połączony jest z małém kółkiem trybowém, które zazębia się z kremalierą, na brzegu otworu *h h'* rurki wyrobioną. Przyrząd ten dozwala naprzód, przez otwory w rurce i obrączce, dokładnie spostrzegać zakończenie słupa merkuryuszu, a następnie, przez stostowne obroty guzika *l*, naprowadzić zero noniusza na płaszczyznę poziomą, styczną do wypukłości tego zakończenia.

Z boku rurki *d d* umieszczony jest stale termometr *t*.

§ 174.

Cały opisany powyżéj barometr ustawia się na stanowisku za pomocą trójnoga mosiężnego *fff*. Nogi składające ten trójnóg u dołu ostro zakończone, z łatwością w ziemię utkwić się dają, u góry zaś połączone są z sobą za pomocą obrączki *g*. Wewnątrz téj obrączki zakłada się barometr i będąc tam za pomocą dwóch prostopadłych do siebie osi zawieszony, własnym ciężarem położenie pionowe przybiera.

W miejsce trójnoga używa się czasem prostego palika, który się w ziemię zatyka; u góry tego palika wbity hak służy do zawieszania barometru za pomocą kółka *e*.

Po ustawieniu barometru na stanowisku, czeka się dopóty, dopóki merkuryusz w obu ramionach do równowagi zupełnéj nie przyjdzie, następnie naprowadza się górny noniusz tak, aby zero jego, wierzchołkowi słupa merkuryuszu w ramieniu dłuższém odpowiadało, tojest znajdowało się na jednéj z tym wierzchołkiem płaszczyznie pozioméj,

dolny zaś noniusz w podobny sposób zgadza się z wierzchołkiem słupa, w ramieniu krótszém zawartego. Podziały noniuszów tak są obrachowane, iż dozwalają odczytywać dziesiąte a czasem nawet dwudzieste części millimetra.

Po naprowadzeniu noniuszów do właściwego położenia, odczytuje się wskazane przez nie liczby, a summa długości na obydwóch podziałkach wskazana: wyrazi szukaną długość słupa merkuryuszu.

Przenoszenie barometru z miejsca na miejsce z wielką ostrożnością odbywać się powinno, nietylko bowiem chodzi tu o zachowanie w całości, łatwéj do uszkodzenia, rurki szklannéj, lecz nadto najmniejsze niestosowne poruszenie, może wpuścić w tę rurkę cokolwiek powietrza, które przerwawszy w niéj słup merkuryuszu, całe narzędzie do użytku niezdatnem uczyni. Należy naprzód nachylić powoli barometr tak, aby ramię dłuższe zupełnie napełnioném zostało; następnie przewraca się zupełnie barometr, tak, iż rurka *C* znajdzie się u góry. Pozostały od napełnienia dłuższéj rurki, merkuryusz opada w krótszéj na spód i zazwyczaj nie dosięga nawet otworu *o*. W takiém dopiero położeniu barometr bez uszkodzenia może być przenoszony.

§ 175.

Barometr Fortina.

Barometr ten stale jest połączony z trójnogiem *A A A* (fig. 140, 141, 142, 143 i 144), służącym mu za podstawę na stanowisku, a za pokrowiec w czasie przenoszenia. Nogi A_1 A_1 A_1 mogą być dowolnie rozsuwane, lub składane; rozsunięte i ustawione utrzymują barometr w zawieszeniu, po złożeniu zaś w wydrążeniach podłużnych obejmują go i chronią od uszkodzenia. Nogi połączone są w górze za pomocą osady *B*, która utrzymuje barometr, zawieszony na dwóch prostopadłych do siebie poziomych osiach. Urządzenie to dozwala barometrowi przybierać kierunek pionowy, bez względu na nachylenie trójnoga.

Rurka mosiężna *C C* pokrywa rurkę szklanną *r r* barometru. Otwór podłużny *e e* i przeciwległy mu podobny otwór,

po drugiéj stronie rurki umieszczony, dozwalają spostrzegać słup merkuryuszu w barometrze. Na jednym z brzegów tego otworu umieszczona jest podziałka millimetrowa. Poniżéj tych otworów umieszczony jest termometr *t*.

Główną różnicę w urządzeniu wewnętrzném pomiędzy barometrem Fortina a opisanym poprzednio Gay Lussac'a stanowi to, iż ramię krótsze tamtego; zastąpione jest tu naczyniem zaopatrzoném w dno ruchome. Przyrząd ten jest następujący:

W rurkę kryształową *a a* zachodzi od spodu walec żelazny wydrążony *b b*: spojenie dwóch tych części jest stosowną massą okitowane. Drugi walec mosiężny *c c* pokrywa walec *b b* i spód rurki *a a*, do któréj podobnie jak poprzedni za pomocą massy, jest przymocowany. Spód tego walca wspiera się na pierścieniu *d d* wśrubowanym od spodu w walec *b b*. Otwór dolny pierścienia pokryty jest błoną, lub skórą przymocowaną do wygiętych jego brzegów. Skóra ta stanowi dno ruchome naczynia i przytwierdzona jest z drugiéj strony do korka *h* z drzewa twardego. Cały ten przyrząd umieszczony jest w walcu mosiężnym *m m′ m′ m* przyśrubowanym do walca *c c*. Przez dno ostatniego tego walca przechodzi śruba pionowa *n*, któréj koniec napotykając korek *h*, w miarę przykręcań śruby wznosi do góry, lub pociąga na dół ten korek a z nim razem i dno ruchome. Krążek *p p* pokrywa rurkę kryształową i jest stale do niéj przymocowany, równie jak i do rurki *C C* stanowiącéj oprawę barometru. Śruby *q q* łączą ten krążek z dolnemi częściami całego przyrządu.

Przez zatyczkę *s s* z szyjką przechodzi rurka *r r* barometru, zagłębiając swój koniec w rurkę kryształową i połączone z nią walce metalowe. Na zatyczce osadzony jest sztyft *i* oznaczający początek czyli zero podziałki, któréj zakończenie widzimy na brzegu otworu *e e* wyryte. Merkuryusz w rurce kryształowéj i dolnych walcach zawarty, wznosi się lub opada stosownie do tego, jak kolumna barometryczna większą lub mniejszą jego ilość w rurkę *r r* wciąga. Okoliczność

tą, jak to już wspomnieliśmy, w zwyczajnych barometrach dokładne oznaczenie długości słupa barometrycznego czyni niepodobném, przy narzędziu jednak które obecnie nas zajmuje, niedogodność ta usuniętą została, przez zastosowanie do dolnego naczynia dna ruchomego, za pomocą bowiem stosownych poruszeń śrubki *n*, górna powierzchnia merkuryuszu zawsze doprowadzona być może do zetknięcia ze sztyftem *i*, czyli na jednym utrzymana poziomie, bez względu na wysokość słupa w rurce *r r* zawartego. Do odczytywania wysokości słupa merkuryuszu w rurce *r r* zastósowany jest noniusz wzdłuż rurki mosiężnéj *C C* posuwać się mogący; urządzenie jego jest następujące:

Rurka *u u* obejmująca rurkę *C C*, ma na sobie wycięte dwa przeciwległe otwory prostokątne; na jednym z brzegów pionowych tych otworów, wyryty jest noniusz, za pomocą którego dziesiąte, lub dwudzieste części przedziałów, na podziałce *c c* oznaczonych odczytywać można. Rurka ta *u u* może wzdłuż rurki *C C* dowolnie być posuwaną; inna podobna do niéj rurka *t t* umieszczona jest w ten sam sposób powyżéj rurki *u u*, jest jednak cokolwiek mniejszéj niżeli tamta średnicy, trudniéj zatém po rurce *C C* posuwać się daje.

Na obie powyżéj opisane rurki zachodzi obrączka *V V*, z dolną *u u* łączy się ona za pomocą gwintu śrubowego, około górnéj zaś może się dowolnie obracać; lecz stosownie wycięta fuga nie dozwala jéj, zsuwać się z niéj ku dołowi.

Zastanowiwszy się nad opisanemi trzema częściami, noniusz składającemi, łatwo każdéj z nich działanie ocenić. Cały ten przyrząd ręką posuwa się dowolnie wzdłuż rurki *C C* tak, aby zero noniusza mniéj więcéj na płaszczyznę poziomą, przez wierzchołek słupa merkuryuszu w barometrze przechodzącą, naprowadzone zostało; następnie dla dokładniejszego ustawienia tego zera w właściwém położeniu obraca się obrączka *V V* około osi, przezco stósownie do potrzeby, rurka *u u* wraz z noniuszem do góry cokolwiek podniesiona lub opuszczona na dół być może; rurka bowiem *t t*, będąc mocniéj niż *u u* na rurce *c c* osadzona, przy zaśrubowywaniu, lub odkrę-

caniu obrączki *V V* przyciąga lub odpycha rurkę *u u* od siebie.

§ 176.

Opis powyższy barometru Fortin'a dostateczne daje wyobrażenie o sposobie jego użycia. Po rozsunięciu trójnoga i ustawieniu całego narzędzia na stanowisku, skoro merkuryusz dojdzie do równowagi, dopóty obraca się śrubka *n*, dopóki górna powierzchnia merkuryuszu w rurce kryształowéj *a a* do zetknięcia się z końcem sztyftu *i*, doprowadzoną nie zostanie; następnie naprowadziwszy zero noniusza, w sposób opisany powyżéj, do właściwego położenia, odczytuje się długość słupa merkuryuszu w barometrze.

Przy przenoszeniu barometru tego z miejsca na miejsce, śrubka *n* dopóty się zakręca, dopóki cała rurka *r r* i górna część rurki kryształowéj *a a*, merkuryuszem wypełnioną nie zostanie; w takim stanie barometr przenoszonym być może, bez obawy przerwania przez wciskające się powietrze słupa merkuryuszu.

Wypadki otrzymywane za pomocą tego barometru, ulegają wpływowi *włoskowatości* i dlatego stosownéj uledz powinny poprawce, gdy tymczasem barometr Gay-Lussac' a, dwoma ramionami jednéj średnicy opatrzony, błąd tą własnością fizyczną wywołany, w dwóch swych ramionach równoważy.

Drugą niedogodnością barometru Fortin'a, jest ciągłe zetknięcie merkuryuszu z dnem skórzaném; przezco nadzwyczajnie prędkiemu ulegając zanieczyszczeniu, często odmienianym być musi; dolne naczynie z kilku oddzielnych złożone części, łatwo uszkodzeniu ulega. Wszystkie te okoliczności użycie barometru Gay-Lussac'a czynią dogodniejszém.

KONIEC TOMU PIERWSZEGO.

TABLICE

SŁUŻĄCE DO OBLICZANIA WYSOKOŚCI ZA POMOCĄ BAROMETRÓW.

TABLICA I.

wyrażenie h i h'.

Millimetry.	Metry.	Różnica.	Millimetry.	Metry.	Różnica.	Millimetry.	Metry.	Różnica.	Millimetry.	Metry.	Różnica.
	m			m			m			m	
370	418,5		405	1138,3		440	1798,4		475	2407,9	
371	440,0	21,5	406	1157,9	19,6	441	1816,5	18,1	476	2424,6	16,7
372	461,5	21,5	407	1177,5	19,6	442	1834,5	18,0	477	2441,3	16,7
373	482,9	21,4	408	1197,1	19,6	443	1852,5	18,0	478	2458,0	16,7
374	504,2	21,3	409	1216,6	19,5	444	1870,4	17,9	479	2474,6	16,6
375	525,4	21,2	410	1236,0	19,4	445	1888,3	17,9	480	2491,3	16,7
376	546,6	21,2	411	1255,4	19,4	446	1906,2	19,9	481	2507,9	16,6
377	507,8	21,2	412	1274,8	19,4	447	1924,0	17,8	482	2524,3	16,4
378	588,9	21,1	413	1294,1	19,3	448	1941,8	17,8	483	2540,8	16,5
379	609,9	21,0	414	1313,3	19,2	449	1959,6	17,8	484	2557,3	16,5
380	630,9	21,0	415	1332,5	19,2	450	1977,3	17,7	485	2573,7	16,4
381	651,8	20,9	416	1351,7	19,2	451	1994,9	17,6	486	2590,2	16,5
382	672,7	20,9	417	1370,8	19,1	452	2012,6	17,7	487	2606,6	16,4
383	693,5	20,8	418	1389,9	19,1	453	2030,2	17,6	488	2622,9	16,3
384	714,3	20,8	419	1408,9	19,0	454	2047,8	17,6	489	2639,2	16,3
385	735,0	20,7	420	1427,9	19,0	455	2065,3	17,5	490	2655,4	16,2
386	755,6	20,6	421	1446,8	18,9	456	2082,8	17,5	491	2671,6	16,2
387	776,2	20,6	422	1465,7	18,9	457	2100,2	17,4	492	2687,9	16,3
388	796,8	20,6	423	1484,6	18,9	458	2117,6	17,4	493	2704,1	16,2
389	817,3	20,5	424	1503,4	18,8	459	2135,0	17,4	494	2720,2	16,1
390	837,8	20,5	425	1522,2	18,8	460	2152,3	17,3	495	2736,3	16,1
391	858,2	20,4	426	1540,8	18,6	461	2169,6	17,3	496	2752,3	16,0
392	878,5	20,3	427	1559,5	18,7	462	2186,9	17,3	497	2768,3	16,0
393	898,8	20,3	428	1578,2	18,7	463	2204,1	17,2	498	2784,4	16,1
394	919,0	20,2	429	1596,8	18,6	464	2221,3	17,2	499	2800,4	16,0
395	939,2	20,2	430	1615,3	18,5	465	2238,4	17,1	500	2816,3	15,9
396	959,3	20,1	431	1633,8	18,5	466	2255,5	17,1	501	2832,2	15,9
397	979,4	20,1	432	1652,2	18,4	467	2272,6	17,1	502	2848,1	15,9
398	999,5	20,1	433	1670,6	18,4	468	2289,6	17,0	503	2864,0	15,9
399	1019,5	20,0	434	1689,0	18,4	469	2306,6	17,0	504	2879,8	15,8
400	1039,4	19,9	435	1707,3	18,3	470	2323,6	17,0	505	2895,6	15,8
401	1059,3	19,9	436	1725,6	18,3	471	2340,5	16,9	506	2911,3	15,7
402	1077,1	19,8	437	1743,8	18,2	472	2357,4	16,9	407	2927,0	15,7
403	1098,9	19,8	438	1762,1	18,3	473	2374,2	16,8	508	2942,7	15,7
404	1118,6	19,7	439	1780,3	18,2	474	2391,1	16,9	509	2958,4	15,7

Dalszy ciąg tablicy 1szej.

Millimetry.	Metry.	Różnica.	Millimetry.	Metry.	Różnica.	Millimetry.	Metry.	Różnica.	Millimetry.	Metry.	Różnica.
	m			m			m			m	
510	2974,0		545	3502,5		580	3998,2		615	4464,8	
511	2989,6	15,6	546	3517,2	14,7	581	4011,9	13,7	616	4477,7	12,9
512	3005,2	15,6	547	3531,8	14,6	582	4025,6	13,7	617	4490,7	13,0
513	3020,7	15,5	548	3546,3	14,5	583	4039,3	13,7	618	4503,6	12,9
514	3036,2	15,5	549	3560,8	14,5	584	4052,9	13,6	619	4516,4	12,8
515	3051,7	15,5	550	3575,3	14,5	585	4066,6	13,7	620	4529,3	12,9
516	3067,2	15,5	551	3589,8	14,5	586	4080,2	13,6	621	4542,1	12,8
517	3082,6	15,4	552	3604,2	14,4	587	4093,8	13,6	622	4554,9	12,8
518	3097,9	15,3	553	3618,6	14,4	588	4107,3	13,5	623	4567,7	12,8
519	3113,3	15,4	554	3633,0	14,4	589	4120,8	13,5	624	4580,5	12,8
520	3128,6	15,3	555	3647,4	14,4	590	4134,3	13,5	625	4593,2	12,7
521	3143,9	15,3	556	3661,7	14,3	591	4147,8	13,5	626	4606,0	12,8
522	3159,2	15,3	557	3676,0	14,3	592	4161,3	13,5	627	4618,7	12,7
523	3174,4	15,2	558	3690,3	14,3	593	4174,7	13,4	628	4631,4	12,7
524	3189,7	15,3	559	3704,6	14,3	594	4188,1	13,4	629	4644,0	12,6
525	3204,9	15,2	560	3718,8	14,2	595	4201,5	13,4	630	4656,7	12,7
526	3220,0	15,1	561	3733,0	14,2	596	4214,9	13,4	631	4669,3	12,6
527	3235,1	15,1	562	3747,2	14,2	597	4228,2	13,3	632	4682,0	12,7
528	3250,2	15,1	563	3761,3	14,1	598	4241,6	13,4	633	4694,5	12,5
529	3265,3	15,1	564	3775,4	14,1	599	4254,9	13,3	634	4707,1	12,6
530	3280,3	15,0	565	3789,5	14,1	600	4268,2	13,3	635	4719,7	12,6
531	3295,3	15,0	566	3803,6	14,1	601	4281,4	13,2	636	4732,2	12,5
532	3310,3	15,0	567	3817,7	14,1	602	4294,7	13,3	637	4744,7	12,5
533	3325,3	15,0	568	3831,7	14,0	603	4307,9	13,2	638	4757,2	12,5
534	3340,2	14,9	569	3845,7	14,0	604	4321,1	13,2	639	4769,7	12,5
535	3355,1	14,9	570	3859,7	14,0	605	4334,3	13,2	640	4782,1	12,4
536	3370,0	14,9	571	3873,7	14,0	606	4347,4	13,1	641	4794,6	12,5
537	3384,8	14,8	572	3887,6	13,9	607	4360,5	13,1	642	4807,0	12,4
538	3399,6	11,8	573	3901,5	13,9	608	4373,7	13,2	643	4819,4	12'4
539	3414,4	14,8	574	3915,4	13,9	609	4386,7	13,0	644	4831,7	12,3
540	3429,2	14,8	575	3929,3	13,9	610	4399,8	13,1	645	4844,1	12,4
541	3443,9	14,7	576	3943,1	13,8	611	4412,8	13,0	646	4856,4	12,3
542	3458,6	14,7	577	3956,9	13,8	612	4425,9	13,1	647	4868,7	12,3
543	3473,3	14,7	578	3970,7	13,8	613	4438,9	13,0	648	4881,0	12,3
544	3487,9	14,6	579	3984,5	13,8	614	4451,9	13,0	649	4893,3	12,3

Dalszy ciąg tablicy 1széj.

Millimetry.	Metry.	Różnica.	Millimetry.	Metry.	Różnica.	Millimetry.	Metry.	Różnica.	Millimetry.	Metry.	Różnica.
	m			m			m			m	
650	4905,6		685	5323,2		720	5720,1		755	6098,0	
651	4917,8	12,2	686	5334,8	11,6	721	5731,1	11,0	756	6108,6	10,6
652	4030,0	12,2	687	5346,4	11,6	722	5742,1	11,0	757	6119,1	10,5
653	4942,2	12,2	688	5358,0	11,6	723	5753,1	11,0	758	6129,6	10,5
654	4954,4	12,2	689	5369,6	11,6	724	5764,2	11,1	759	6140,1	10,5
655	4966,6	12,2	690	5381,1	11,5	725	5775,1	10,9	760	6150,6	10,5
656	4978,7	12,1	691	5392,7	11,6	726	5786,1	11,0	761	6161,1	10,5
657	4990,9	12,2	692	5404,2	11,5	727	5797,1	10,0	762	6171,5	10,4
658	5003,0	12,1	693	5415,7	11,5	728	5808,0	10,9	763	6182,0	10,5
659	5015,1	12,1	694	5427,2	11,5	729	5819,0	11,0	764	6192,4	10,4
660	5027,2	12,1	695	5438,7	11,5	730	5829,9	10,9	765	6202,8	10,4
661	5039,2	12,0	696	5450,1	11,4	731	5840,8	10,9	766	6213,2	10,4
662	5051,2	12,0	697	5461,5	11,4	732	5851,7	10,9	767	6223,6	10,4
663	5063,3	12,1	698	5472,9	11,4	733	5862,5	10,8	768	6234,0	10,4
664	5075,3	12,0	699	5484,3	11,4	734	5873,4	10,9	769	6244,4	10,4
665	5087,2	11,9	700	5495,7	11,4	735	5884,2	10,8	770	6254,7	10,3
666	5099,2	12,0	701	5507,1	11,4	736	5895,1	10,9	771	6265,0	10,3
667	5111,2	12,0	702	5518,4	11,3	737	5905,9	10,8	772	6275,4	10,4
668	5123,1	11,9	703	5529,8	11,4	738	5916,7	10,8	773	6285,7	10,3
669	5135,0	11,9	704	5541,1	11,3	739	5927,5	10,8	774	6296,0	10,3
670	5146,9	11,9	705	5552,4	11,3	740	5938,2	10,7	775	6306,2	10,2
671	5158,8	11,9	706	5563,7	11,3	741	5949,0	10,8	776	6316,5	10,3
672	5170,6	11,8	707	5575,0	11,3	742	5959,7	10,7	777	6326,7	10,2
673	5182,5	11,9	708	5586,2	11,2	743	5970,4	10,7	778	6337,0	10,3
674	5194,3	11,8	709	5597,5	11,3	744	5981,2	10,8	779	6347,2	10,2
675	5206,1	11,8	710	5608,7	11,2	745	5991,9	10,7	780	6357,4	10,2
676	5217,9	11,8	711	5619,9	11,2	746	6002,5	10,6	781	6367,6	10,2
677	5229,7	11,8	712	5631,1	11,2	747	6013,2	10,7	782	6377,8	10,2
678	5241,4	11,7	713	5642,2	11,1	748	6028,8	10,6	783	6388,0	10,2
679	5253,2	11,8	714	5653,4	11,2	749	6034,4	10,6	784	6398,2	10,2
680	5264,9	11,7	715	5664,6	11,2	750	6045,1	10,7	785	6408,3	10,1
681	5276,6	11,7	716	5675,7	11,1	751	6055,7	10,6	786	6418,5	10,2
682	5288,3	11,7	717	5686,8	11,1	752	6066,3	10,6	787	6428,6	10,1
683	5300,0	11,7	718	5697,9	11,1	753	6076,9	10,6	788	6438,7	10,1
684	5311,6	11,6	719	5709,0	11,1	754	6087,5	10,6	789	6448,8	10,1
									790	6458,9	10,1

TABLICA II^ga.

Wyraźenie $t - t'$. termometr 100 stopniowy przy barometrze.

O.	*m.*	*O.*	*m.*	*O.*	*m.*	*O.*	*m.*
0,2	0,3	5,2	7,6	10,2	15,0	15,2	22,4
0,4	0,6	5,4	7,9	10,4	15,3	15,4	22,7
0,6	0,9	5,6	8,2	10,6	15,6	15,6	22,9
0,8	1,2	5,8	8,5	10,8	15,9	15,8	23,2
1,0	1,5	6,0	8,8	11,0	16,2	16,0	23,5
1,2	1,8	6,2	9,1	11,2	16,5	16,2	23,8
1,4	2,1	6,4	9,4	11,4	16,8	16,4	24,1
1,6	2,3	6,6	9,7	11,6	17,1	16,6	24,4
2,8	2,6	6,8	10,0	11,8	17,4	16,8	24,7
2,0	2,9	7,0	10,3	12,0	17,6	17,0	25,0
2,2	3,2	7,2	10,6	12,2	17,9	17,2	25,3
2,4	3,5	7,4	10,9	12,4	18,2	17,4	25,6
2,6	3,8	7,6	11,2	12,6	18,5	17,6	25,9
2,8	4,1	7,8	11,5	12,8	18,8	17,8	26,2
3,0	4,4	8,0	11,8	13,0	19,1	18,0	26,5
3,2	4,7	8,2	12,1	13,2	19,4	18,2	26,8
3,4	5,0	8,4	12,4	13,4	19,7	18,4	27,1
3,6	5,3	8,6	12,6	13,6	20,0	18,6	27,4
3,8	5,6	8,8	12,9	13,8	20,3	18,8	27,7
4,0	5,9	9,0	13,2	14,0	20,6	19,0	28,0
4,2	6,2	9,2	13,5	14,2	20,9	19,2	28,2
4,4	6,5	9,4	13,8	14,4	21,2	19,4	28,5
4,6	6,8	9,6	14,1	14,6	21,5	19,6	28,8
4,8	7,1	9,8	14,4	14,8	21,8	19,8	29,1
5,0	7,4	10,0	14,7	15,0	22,1		

TABLICA III^cia.

Poprawka odnosząca się do szerokości geograficznéj

(poprawka ta jest zawsze dodatną).

Wysokość.	0°	5°	10°	15°	20°	25°
	m	m	m	m	m	m
200	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0
400	2,4	2,4	2,4	2,2	2,0	2,0
600	3,4	3,4	3,4	3,2	3,0	2,8
800	4,5	4,5	4,5	4,3	4,1	3,8
1000	5,7	5,7	5,7	5,3	5,1	4,8
1200	7,0	7,0	6,8	6,4	6,0	5,8
1400	8,2	8,2	8,0	7,6	7,1	6,7
1600	9,2	9,2	9,0	8,8	8,2	7,6
1800	10,4	10,4	10,2	9,8	9,4	8,6
2000	11,6	11,5	11,3	11,0	10,4	9,6
2200	12,8	12,6	12,6	12,1	11,4	10,6
2400	14,0	14,0	13,8	13,3	12,5	11,6
2600	15,2	15,2	15,0	14,4	13,6	12,6
2800	16,6	16,5	16,4	15,6	14,8	13,6
3000	17,9	17,7	17,6	16,8	15,8	14,6
3200	19,1	18,9	18,7	18,0	17,0	15,7
3400	20,5	20,3	20,1	19,3	18,4	16,9
3600	21,8	21,7	21,4	20,4	19,6	18,0
3800	23,1	22,9	22,6	21,6	20,6	19,1
4000	24,6	24,4	24,5	22,9	21,9	20,3
4200	25,9	25,7	25,3	24,3	23,0	21,6
4400	27,5	27,3	26,8	25,8	24,3	23,0
4600	28,9	28,7	28,2	27,1	25,6	24,3
4800	30,4	30,2	29,6	28,4	27,0	25,5
5000	31,8	31,6	30,9	29,8	28,4	26,7
5200	33,0	32,8	32,1	31,0	29,7	28,0
5400	34,3	34,1	33,5	32,4	30,8	29,2
5600	35,7	35,5	34,8	33,7	32,1	30,2
5800	37,1	36,9	36,1	35,0	33,2	31,3
6000	38,5	38,3	37,5	36,3	34,3	32,3

Dalszy ciąg tablicy 3ciej.

Wysokość	30°	35°	40°	45°	50°	55°
	m	m	m	m	m	m
200	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,4
400	1,8	1,7	1,4	1,2	1,0	0,8
600	2,6	2,4	2,0	1,8	1,6	1,2
800	3,5	3,1	2,8	2,4	2,0	1,7
1000	4,3	3,8	3,4	3,1	2,6	2,2
1200	5,1	4,6	4,2	3,6	3,1	2,6
1400	6,1	5,4	4,8	4,2	3,6	3,0
1600	7,0	6,2	5,6	4,8	4,1	3,4
1800	8,0	7,0	6,3	5,4	4,6	3,8
2000	8,8	7,8	7,0	6,0	5,1	4,2
2200	9,7	8,6	7,6	6,6	5,6	4,6
2400	10,6	9,4	8,4	7,2	6,1	5,1
2600	11,6	10,5	9,2	8,0	6,8	5,6
2800	12,6	11,4	10,0	8,8	7,4	6,2
3000	13,6	12,2	10,8	9,4	8,0	6,6
3200	14,6	13,1	11,5	10,1	8,6	7,0
3400	15,7	14,1	12,4	10,9	9,2	7,7
3600	16,7	15,0	13,4	11,6	9,8	8,2
3800	17,7	15,9	14,3	12,4	10,5	8,7
4000	18,7	17,0	15,1	13,1	11,2	9,4
4200	19,9	18,0	15,9	14,0	12,0	10,1
4400	21,1	19,1	16,9	15,0	12,9	10,8
4600	22,3	20,3	18,0	15,9	13,6	11,5
4800	23,4	21,3	19,0	16,7	14,3	12,1
5000	24,6	22,3	19,9	17,4	15,0	12,7
5200	25,7	23,3	20,8	18,2	15,7	13,3
5400	26,7	24,3	21,7	19,1	16,4	13,9
5600	27,8	25,3	22,6	19,9	17,2	14,5
5800	28,9	26,3	23,6	20,7	17,8	15,1
6000	30,0	27,3	24,6	21,5	18,5	15,7

TABLICA IV^ta.

Poprawka na 1000 metrów wysokości, w przypadku jeżeli stanowisko niższe znajduje się znacznie wzniesione po nad poziom morza.

h.	Metry.	*h.*	Metry.
400	1,71	600	0,63
450	1,39	650	0,42
500	1,11	700	0,22
550	0,86	750	0,03

Przypuśćmy, iż na stacyi dolnéj wysokość kolumny merkuryuszu w barometrze $h = 600$ millimetrom, różnica wysokości dwóch stanowisk wynosi 1500 metrów, będziemy mieli:

$$1000 : 0,63 = 1500 : 0^m,95,$$

różnica więc wysokości poprawiona, wynosić będzie $= 1500^m,9$.

Poprawka ta zawsze jest dodatną.

SPIS PRZEDMIOTÓW.

CZĘŚĆ DRUGA.

Poziomowanie (Niwellacya).

Dział I.

Poziomowanie topograficzne.

Dział II.

Niwellacye trygonometryczne.

Dział III.

Niwellacye barometryczne.

WAŻNIEJSZE BŁĘDY DRUKU.

Strona	*wiersz*	*zamiast*	*czytać*
1	5	pionowych	poziomych
8	28	szukalnych	szukanych
11	10	zaniadbywać	zaniedbywać
15	10	pionowego	poziomego
16	3	pionowy	poziomy
20	13	więjsce	miejsce
129	20	końcu	koniec
131	4	przechodzący	przechodzącéj
136	21	$w=\frac{d^2+w}{2P}$	$w=\frac{d^2}{2P+w}$
147	23	celując	celujące
153	13	w jednakowéj	w niejednakowéj
168	31	$d=0^s,005$	$d=0^s,0005$
187	12	Haczyk	Haczyki
187	34	utrzymamy	trzymamy

1.500.-

1-4