K.N.
Nr. 70.

DOMINIK JAKUBISZYN.

MIERNICTWO

TEORJA i PRAKTYKA.

CZĘŚĆ I.

WILNO — 1924.

WYDAWNICTWO KSIĘGARNI STOW. NAUCZ. POLSKIEGO
WILNO—LIDA—OSZMIANA—WILEJKA POW.—ŚWIĘCIANY.

W OPRACOWANIU

CZĘŚĆ II.

METODYKA MIERNICTWA GRUNTOWEGO.

Nr. 70.

DOMINIK JAKUBISZYN.

MIERNICTWO

TEORJA i PRAKTYKA.

CZĘŚĆ I.

NAKŁAD KSIĘGARNI STOWARZYSZENIA
NAUCZYCIELSTWA POLSK. W WILNIE
UL. KRÓLEWSKA 1. — FILJA UL. WILEŃSKA 36.
- - - - - - - ODDZIAŁY: - - - - - - -
W LIDZIE, WILEJCE, OSZMIANIE, ŚWIĘCIANACH.

ZBIGNIEW CZERWENKA

Drukarnia „Z N I C Z“ Wilno, Ś-to Jańska 1.

PRZEDMOWA.

Myśl napisania tej książki powziąłem w r. 1919 w czasie mego pobytu w Szkole Podchorążych Saperów w Warszawie. Miałem na celu ułatwienie nauki początkującym. Nie chciałem przystępować do pracy własnej, oryginalnej. Pierwotnym moim zamiarem było przetłumaczenie na język polski podręcznika amerykańskiego, profesorów Johnsona i Smitha „The Theory and Practice of Surveying." Po porozumieniu się z żyjącym z autorów, panem inżynierem Leonardem S. Smithem, profesorem Inżynierji Drogowej i Planowania Miast na Wydziale Inżynierji i Mechaniki w Uniwersytecie Wisconsin, pracy, z przyczyn ode mnie niezależnych, rozpocząć nie mogłem. W lecie 1921 r. przybyłem na stały pobyt do Wilna i rozpocząłem tłumaczenie. Pracę miałem prawie ukończoną w jesieni, zaszły jednak pewne przeszkody w jej wydaniu. Rzeczoznawcy uznali, że tekst książki technicznie jest dobrym, ale zanadto oderwany od tutejszego życia, od tutejszych warunków i że w takiej formie wydanym być nie może. Skorzystałem wówczas z zaproszenia Pana inżyniera J. Cywińskiego, Dyrektora Kursów Mierniczych przy Centralnym Urzędzie Ziemskim w Wilnie i w godzinach wolnych od służby wykładałem miernictwo i kosmografję na kursach wieczorowych dla pomocników geometrów. Po zwolnieniu się ze służby czynnej, oddałem się zupełnie tej pracy. Książka, którą teraz wydaję, jest streszczeniem części moich wykładów,

oryginalna

Nie jest to moja praca własna. W układzie tekstu wzorowałem się na początkowej części wspomnianego podręcznika amerykańskiego. Eliminowałem to, co uważałem za zbyteczne, dodawałem to, co było koniecznem; całości starałem się nadać zwartość i logiczne następstwo treści.

Teorja planimetru, którą tu podaję, została opracowana przez kolegę mojego, Pana Jana Dorożyńskiego, Wice-prezesa Związku Mierniczych Polskich w Wilnie, za co Mu składam serdeczne podziękowanie, jakoteż za pomoc jakiej mi udzielił w przeprowadzeniu korekty.

Chcę również na tem miejscu wyrazić słowa szczerego uznania dla Księgarni Stowarzyszenia Nauczycielstwa Polskiego w Wilnie, która wykazała tyle energji i przedsiębiorczości w wydaniu tej książki w tak trudnych, jak obecne, warunkach wydawniczych.

Dominik Jakubiszyn.

Wilno, w sierpniu 1923 r.

WSTĘP.

Dakładne zrozumienie teorji miernictwa wymaga uprzedniej, gruntownej znajomości narzędzi mierniczych. Przystępujący do studjowania tej książki, musi być dobrze obznajomiony z nauką geometrji i trygonometrji płaskiej. Podana tutaj teorja planimetru może być zrozumianą bez uprzedniej znajomości rachunku różniczek i całek. Nauka powinna być prowadzona przez instruktora i uczący się powinien mieć dostęp prawie do wszystkich opisanych tutaj instrumentów z przywilejem użycia ich w polu.

Przed rozpoczęciem ćwiczeń polowych uczący się musi posiadać gruntowną znajomość używanego instrumentu, umieć go rozebrać i złożyć, sprawdzić i zrektyfikować, jakoteż wiedzieć, jaki wpływ mieć będzie na wyniki pomiarów wadliwa rektyfikacja jakiejkolwiek części instrumentu.

Sprawdzanie instrumentu należy studjować jako zadania z geometrji, a nie jako mechaniczną manipulację, w mechaniczny sposób wyuczoną; gdy się sprawdza instrument, to należy mieć w umyśle raczej zadanie geometrji niż regułę pamięciową. Instruktor powinien rzadko, albo wcale nie wykonywać rzeczywistej roboty sprawdzania instrumentów dla ucznia, należy natomiast zachęcać początkujących do częstego sprawdzania instrumentów.

Studenci Inżynierji Mierniczej powinni dołożyć wszelkich starań, aby się obznajomić z każdym instrumentem znajdującym sie w instytucji, w której studjują i jeśli to jest możliwem, wykonywać wszelkie prace polowe podane jako ćwiczenia dla poszczególnych instrumentów. W przeciwnym razie student może być powołany do wykonania lub pokierowania pracą, której przedtem nigdy nie robił i wtedy przekona się że same studja nie dużo mu pomogą bez rzeczywistej wiedzy, którą daje tylko praktyka.

Najtrudniejszem zadaniem, jakie początkujący znajduje w tej pracy, jest prawidłowe prowadzenie dzienników polowych. Dzienniki te powinny tak jasno pakazywać robotę rzeczywiście wykonaną w polu, że ktoś, komu robota ta jest zupełnie obcą, dałby jej tylko jedną interpretację i to interpretację prawdziwą.

Prawą stronę dziennika należy używać do notatek objaśniających i dobrze wykonanych szkiców. Szczególnie jest to ważnem przy opisywaniu reperów niwelacyjnych i punktów teodolitowych.

Po staranności i dokładności prowadzenia dzienników polowych, drugą ważną rzeczą jest ustalenie jekiegoś systemu, dla logicznego ułożenia zebranych informacji i wynikających z nich obliczeń. W układzie obliczeń należy zachować zwartość i porządek, a gdy się je w odpowiedni sposób poznaczy, to są one zawsze gotowe do użytku w przyszłości.

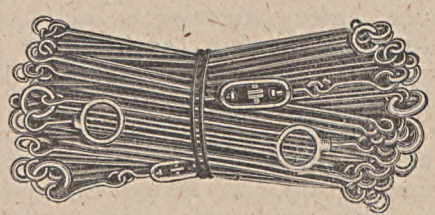
ROZDZIAŁ I.

Instrumenty do mierzenia odległości.

Łańcuch kolankowy.

§ 1. Łańcuch mierniczy jest 20 m. długi i powinien być zrobiony z drutu stalowego. Długość kolanek razem z łączącemi je ogniwami wynosi po 20 cm., łańcuch więc składa się ze 100 kolanek. Wszystkie okucia w kolankach i ogniwach powinny być hartowane, aby uniknąć rozciągania.

Połączenie kolanek konstruuje się w ten sposób, ażeby rozciąganie doprowadzić do możliwego minimum. Do każdego piątego kolanka przymocowaną jest mosiężna tabliczka, oznaczająca metr. Jeśli łańcuch jest tak skonstruowany, że długość jego można doprowadzić do jego wartości normalnej, to robi się to w ten sposób że długość normalną mierzy się od wewnętrznej strony rączki jednego końca łańcucha, do zewnętrznej strony rączki drugiego końca łańcucha. Jeśli łańcuch jest taki, że długości jego zmieniać nie można, to mierzy się jego długość prawdziwą od zewnętrznej strony tylnej części łańcucha do kreski oznaczającej normalną długość łańcucha w jego przedniej części.



Rys. 1. Łańcuch mierniczy.

§ 2. Sprawdzanie łańcucha. Żaden łańcuch, bez względu na to z jakiego on jest materjału i jakiej roboty, nie pozostanie zawsze tej samej długości. Długość zmienia się z powodu temperatury, zużycia, jako też różnego rodzaju nadwerężeń. Zmiana temperatury o 30°C w 20 metrowym łańcuchu stalowym zmienia jego długość o 6.47 mm. czyli zmiana 1 w 3091.

Jeśli kolanka łańcucha są połączone ze sobą za pomocą trzech ogniw, to dla każdego kolanka mamy ośm ścierających się powierzchni, lub 800 ścierających się powierzchni w 20 sto metrowym łańcuchu, o stu kolankach. Jeśli każda z tych powierzchni zetrze się tylko o 0.1 mm. to długość łańcucha wzrośnie o 80 mm.

Zmiana długości skutkiem nadwerężeń może nastąpić z powodu spłaszczenia ogniw łączących kolanka, lub z powodu naciągania łańcucha poza jego granicę elastyczności, czem się długość łańcucha zwiększa na

zawsze. Tak zużycie jak i nadwerężenie są mniejsze w łańcuchach stalowych, niż w łańcuchach żelaznych. Gdy wyprostujemy zgięte kolanko, to długość jego zwiększamy na stałe.

Zważywszy, że z powodu nieznanych zmian w długości łańcucha powstają błędy, które się sumują w pomierzonych długościach, widzimy jak, ważną rzeczą jest znać zawsze prawdziwą długość łańcucha. Sprawdzenie najlepiej wykonać za pomocą normalnej taśmy stalowej, której długość jest przynajmniej taka sama, jak długość sprawdzanego łańcucha. Za pomocą takiej taśmy długość normalna może być odmierzoną na podłodze wielkiej sali. Można również wkopać w ziemię dwa kamienie, ustawiając je w odpowiedniej odległości od siebie i porobić znaki na ich górnej powierzchni. Jeśli się używa kamieni, to należy je zakopać poniżej poziomu najgłębszego przemarzania gleby. W końcu do mierzenia takiej linji porównawczej można używać krótkiej taśmy lub innej jednostki miary długości normalnej. Powinno się zawsze mieć przygotowany jakiś środek do sprawdzenia długości łańcucha. Ponieważ przy ciągłem używaniu długość łańcucha stale się zwiększa, to przednia część łańcucha będzie się oddalać coraz bardziej i bardziej od znaku długości normalnej. Można wtedy na rączce, lub gdzieindziej zrobić mały znaczek pilnikiem, znaczek taki można łatwo usunąć lub przenieść na inne miejsce, gdy przy nowem sprawdzeniu okaże się to potrzebnem. Należy pilnie na to baczyć, aby tak w czasie sprawdzania, jak i podczas używania nie było na łańcuchu żadnych zgięć.

Przy mierzeniu linji podstawowych do sprawdzania długości normalnych, należy wiedzieć w jakiej temperaturze jednostka używanej miary ma długość normalną, (na lepszych gatunkach taśm stalowych temperatura ta jest wystemplowana na taśmie) i jeśli linja porównawcza nie jest mierzona w takiej samej temperaturze, to należy zastosować poprawkę przed zrobieniem znaku. Współczynnik rozszerzalności dla miękkiej stali przy zmianie temperetury o 1°C. wynosi dla jednostki 0.00001079. Jeśli *To* oznacza temperaturę, w jakiej długość taśmy jest normalną, *T* temperaturę w jakiej mierzymy linję podstawową, a *L* długość podstawy, wtedy 0.00001079 *(T—To) L* jest poprawką, którą należy zastosować do zmierzonej długości, aby otrzymać długość prawdziwą.

Gdy sprawdzamy łańcuch, porównując go z taką linją porównawczą, to należy znowu sprawdzić temperaturę i jeśli ona w przybliżeniu jest równą średniej temperaturze, w jakiej robiono pomiary polowe, to nie należy stosować żadnej poprawki do wyniku robót polowych.

Jeśli jest wiadomem, że zachodzi znaczna różnica temperatury w czasie sprawdzania od prawdopodobnej średniej temperatury, w jakiej praca polowa była wykonana, to wtedy znak normalnej długości łańcucha można tak umieścić, że długość łańcucha będzie normalną, gdy go się używa.

§ 3. Mierzenie łańcuchem. Łańcuch składa się, ujmując go za punkt środkowy i składając oba końce jednocześnie. Rozkłada go się, biorąc duże rączki łańcucha w jedną rękę i wyrzuceniem łańcucha drugą ręką.

Ponieważ w miernictwie konieczne są długości *poziome*, łańcuch należy trzymać poziomo w czasie mierzenia. Punkty znajdujące się pionowo pod końcem łańcucha oznacza się żelaznemi szpilkami, pomocnik znajdujący się przy przedniej części łańcucha wtyka je, a pomocnik przy tylnej części łańcucha wyjmuje je, gdy następna szpilka została już wsadzona. Łańcuch ustawia w linji pomocnik przedni albo tylny, lub też technik przy instrumencie, zależnie od tego czy tyczka wskazująca kierunek linji znajduje się

z tyłu czy z przodu pomocników, lub też jest zupełnie przez nich nie widziana. Mierząc na gruncie poziomym pomocnik tylny przyciąga zewnętrzną stronę rączki lub kreskę zerową do szpilki, a pomocnik przedni ustawia przednią stronę swojej szpilki równo z kreską ozaczającą normalną długość łańcucha. W ten sposób osie pionowe szpilek są od siebie oddalone o prawdziwą wartość mierzonej odległości. Na gruncie nierównym obaj pomocnicy nie mogą przyciągać łańcucha do szpilki, jeden koniec trzyma się w powietrzu, aby łańcuchowi dać poziome położenie. W takich wypadkach mamy do zwalczenia trzy trudności. Łańcuch powinien być tak naprężony, ażeby natężenie z powodu ciągnienia wyrównywało skrócenie, jakie powstaje skutkiem zwisania łańcucha; łańcuch należy trzymać poziomo, kreskę końcową podniesionego łańcucha należy pionowo przenieść na ziemię. Zupełne wykonanie któregokolwiek z tych warunków jest niemożliwem w praktyce. Wykonanie pierwszego warunku można ustalić próbnie. Naciąga się łańcuch między dwoma punktami i podpiera się go na całej jego długości. Usuwamy podpory i obserwujemy jak silne ciągnienie jest potrzebne do utrzymania łańcucha w takim samym poziomie, w jakim się znajdował na podporach. To powinni robić sami pomocnicy, aby wiedzieli, z jaką mocą należy ciągnąć łańcuch, gdy się on nie znajduje na ziemi. Bardzo trudno jest utrzymać łańcuch poziomo na takim terenie, który ma jednolity spadek, a to z tej przyczyny, że sąd nasz co do położenia linji poziomej może być mylnym. We wszystkich takich wypadkach linja, która nam się wydaje poziomą jest za bardzo równoległą do gruntu. Czasem do końca łańcucha przymocowuje sie libelkę, należy ją tak przymocować, aby wskazywała poziome położenie końca dla pewnego ciągnienia, a ciągnienie to powinno być takie, aby równoważyło skrócenie się łańcucha, spowodowane jego zwisaniem. Trzeba mieć pewną rękę, aby jednocześnie utrzymać pion przy właściwym znaku, łańcuch na żądanym poziomie i odpowiednio naciągnięty i aby pion wisiał nieruchomo. Pion powinien być blisko ziemi, a gdy już wszystko jest gotowe opuszcza się go przez wypuszczenie tasiemki, na której wisi. Wtedy wbija się szpilkę i robota postępuje dalej. W praktyce przyjętem jest, że tylny pomocnik po ustawieniu kreski końcowej łańcucha zgodnie z osią szpilki woła „gotów“ a przedni pomocnik po wsadzeniu szpilki odpowiada „naprzód“. Wtedy tylny pomocnik wyciąga swoją szpilkę i postępuje naprzód.

Okazuje się że mierzenie wdół jest dokładniejszem od mierzenia pod górę, a to z tej przyczyny, że w pierwszym wypadku, tylny koniec łańcucha jest mocno trzymany przy punkcie w ziemi. To umożliwia pomocnikowi przy przedniej części łańcucha stałe naprężenie i przeniesienie długości łańcucha na ziemię za pomocą pionu.

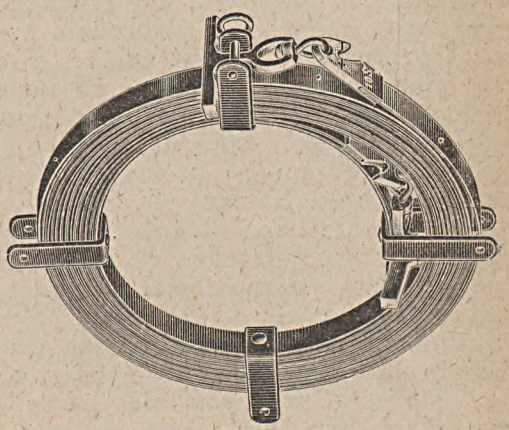
Praktyka dowodzi, że na względnie równym spadku otrzymuje się dokładniejsze rezultaty przez mierzenie kąta spadku i mierzenie długości na powierzchni ziemi. Prawdziwą długość poziomą oblicza się, mnożąc długość mierzoną wzdłuż spadku przez cosinus kąta nachylenia.

Należy mieć jedenaście szpilek. Do kółka u wierzchołka szpilki przywiązuje się kolorową wstążkę, skutkiem czego szpilkę łatwo się odszukuje w trawie i między krzakami. Po wbiciu w ziemię ostatniej szpilki przedni pomocnik woła „skończono“ i czeka przy swoim punkcie, aż tylny pomocnik przyjdzie do niego i odda mu dziesięć szpilek, które się teraz u niego znajdują. Jedenasta szpilka jest w ziemi i służy jako punkt początkowy do dalszego mierzenia. W ten sposób zapisujemy tylko każdy dziesiąty łańcuch.

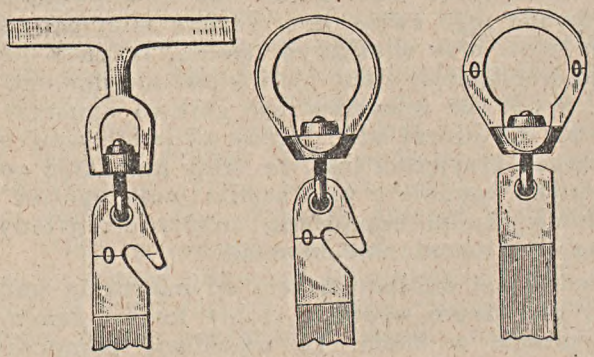
Dobre mierzenie długości polega więc na znajomości długości łańcucha, na prawidłowem ustawieniu osi łańcucha zgodnie z mierzoną linją [1]) co do poziomu i pionu, jakoteż na właściwem naprężaniu, znaczeniu i zapisywaniu.

Taśma stalowa.

§ 4. Taśmy stalowe wyrabiane są w długościach: 10 m, 20 m. 25 m. . i 50 m. 10 metrowa taśma najbardziej nadaje się do pomiarów na terenie, gdzie są znaczne spadki i pochyłości gruntu. Na terenie o równym poziomie użyteczniejszą jest taśma 20 metr. Do mierzenia linji podstawowych i do pewnych rodzajów pomiarów górniczych najlepszą jest taśma 100 metr. lub 150 m. Jest to taśma małego przekroju 25 mm. szeroka i 2 mm. gruba. Taśma, która u nas jest w ogólnem użyciu, jest to 20 metrowa taśma, podzielona na metry i decymetry.



Rys. 2. Taśma stalowa.



Rys. 3. Rączki do tasm stalowych i sposób oznaczenia kreski zerowej.

Oprócz taśmy stalowej używa się czasem taśmy płóciennej. Taśma płócienna rozciąga się tak łatwo, że w miernictwie jest mało użyteczną. Udoskonaloną taśmę parcianą robi się z płótna, w które wplecione są cienkie druty mosiężne, aby zapobiec rozciąganiu się. Taśm takich używa się tylko do pomiaru krótkich linji.

---

[1]) Błąd powstały wskutek niezgodnego ustawienia osi łańcucha z osią mierzonej linji można obliczyć w przybliżeniu wedlug następującej formuły:

Błąd $x = h - b = \frac{V_2}{2b}$

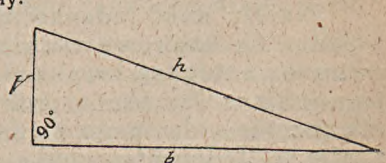
W trójkącie prostokątnym mamy:

$$h^2 - b^2 = V^2, \quad h = b + x$$

Podstawiając mamy:

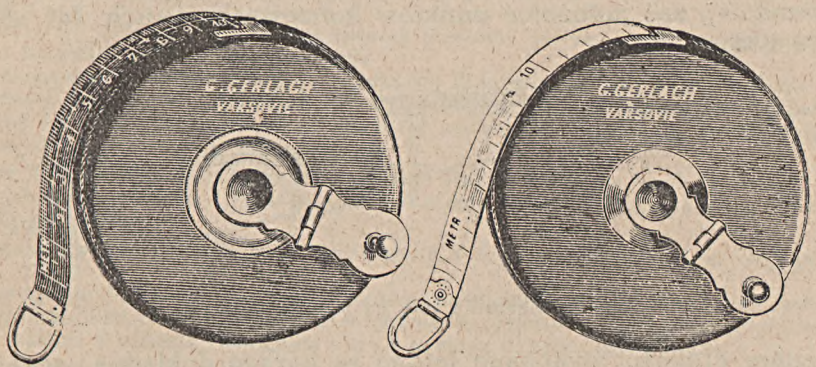
$$b^2 + 2bx + x^2 - b^2 = v^2, \quad 2bx + x^2 = V^2$$

lub opuszczając x^2 mamy $2bx = v^2$, $X = \frac{V_2}{2b}$



Formuła ta daje rezultaty z dokładnością do 3 mm, nawet wtedy gdy V=4.5 m, a b=33 m.

§ 5. Mierzenie taśmą stalową. Taśmy stalowej używa się zupełnie w taki sam sposób jak i łańcucha. Taśmy są zaopatrzone w rączki, ale końcowe znaki podziałowe pomieszcza się najczęściej na samej taśmie, a nie na rączce. Podział robi się według zamówienia, a znaki podziałowe są albo wyryte na taśmie, albo na mosiężnych blaszkach do niej przymocowanych. Taśmy te mają wiele dodatnich stron, nie gną się, nie rozciągają się, ani zużywają tak dalece, aby to aż zmieniało ich długość. Przy



Rys. 4. Taśmy parciane w roletkach.

odpowiedniem obchodzeniu się z niemi, zachowują one tą samą długość, z wyjątkiem zmian, jakie zachodzą z powodu zmiany temperatury. Używa się ich głównie w miernictwie gruntowem, miejskiem, do mierzenia linji podstawowych w małej trjangulacji i przy robotach mostowych. Mierząc taśmą należy zachować te same ostrożności co do zgodności osi taśmy z osią mierzonej linji, naprężenia i znaczenia, jak przy pomiarach łańcuchem.

§ 6. Łata miernicza [1]). Do bardzo dokładnych pomiarów długości używa się łaty mierniczej zrobionej z drzewa. Jest to łata długości 5 m. podzielona na metry, decymetry i centymetry. Do malowania podziałek używa się kolorów takich, które uwydatniają wyraźność podziałek, jak

Rys. 5. Łata miernicza do mierzenia długości.

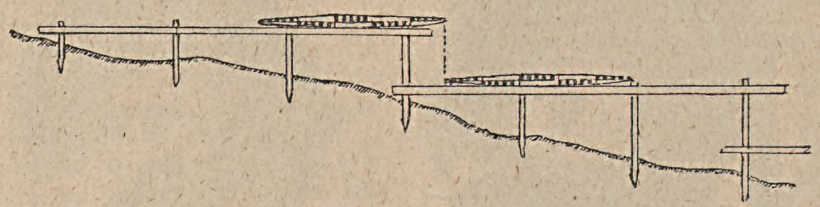
kolor biały i czerwony, biały i czarny. Przekrój poprzeczny łaty jest okrągły lub kwadratowy i jest największy w środku łaty, zmniejsza się zaś stopniowo ku jej końcom. Przekrój podłużny ma kształt wydłużonej elipsy. Końce mają metalowe okucia. Drzewo z którego łatę się robi powinno być czyste, bez sęków i suche; maluje się je farbą olejną celem zabezpieczenia od wilgoci i pęcznienia.

Do mierzenia używa się dwuch łat. Naprzód wytycza się linję, którą mamy mierzyć, następnie zaczynając od punktu początkowego linji, ustawiamy łatę tak, by oś jej miała położenie poziome i była zgodną z osią mierzonej linji, zaś linja pionowa, styczna do kulistego końca łaty, przecinała jej oś podłużną i przechodziła przez punkt początkowy mierzonej linji.

[1]) Podajemy tutaj opis zwyczajnej łaty mierniczej używanej do dokładniejszych pomiarów miejskich.

Końce łaty winny być podparte. Po ustawieniu pierwszej łaty, w podobny sposób ustawia się łatę drugą, zbliżając ją stopniowo do pierwszej, aż końce dwuch łat zetkną się. Wtedy podejmuje się pierwszą łatę i pomiar postępuje naprzód. Nie należy nigdy podejmować łaty poprzedniej, dopóki się dokładnie nie ustawi łaty następnej.

W terenie falistym dla utrzymania łaty w położeniu poziomem, robi się rusztowania z palików. Pomiar taki jest znacznie trudniejszy niż na terenie poziomym, gdyż często łatę następną ustawia się niżej lub wyżej od łaty poprzedniej, zaś położenie punktów końcowych dwuch łat ustala się zapomocą pionu.



Rys. 6. Mierzenie łatą na terenie falistym.

Pomiary długości wykonane łatami są bardzo dokładne, gdyż długość łaty pozostaje prawie niezmienną. Do wykonania takich pomiarów jednakże niezbędni są dobrze wyćwiczeni pomocnicy, gdyż praca jest żmudna, wymaga dobrego obznajomienia się z przyrządami, których się używa i wielkiej cierpliwości.

§ 7. Inne Instrumenty do mierzenia długości. Pomiary tachimetryczne stały się bardzo popularne w takich wypadkach, gdzie wielka dokładność jest zbyteczną, a to z powodu łatwości i szybkości, z jaką zdjęcia takie mogą być wykonywane. Robotę wykonuje się teodolitem, którego siatka lunety zaopatrzoną jest w dwa dodatkowe włoski poziome. Odstęp między skrajnymi włoskami jest taki, że zakrywają one 1 m. na łacie niwelacyjnej, na każde 100 m. odległości. (Dokładny opis użycia instrumentu w Rozdz. VI).

Odometr jest to instrument, który przymocowany do koła wozu oznacza ilość obrotów koła.

§ 8. Zwykłe źródła błędów przy mierzeniu długości.

1. Niedostateczne naprężenie taśmy lub łańcucha.
2. Niedbałe pionowanie.
3. Niezgodność osi taśmy z osią mierzonej linji.
4. Skutki wiatru.
5. Zmiany temperatury.
6. Nienormalna długość łańcucha lub taśmy.

§ 9. Zwykłe błędy w odczytywaniu i zapisywaniu pomiarów.

1. Niezaobserwowanie położenia podziałki zerowej na taśmie.
2. Opuszczenie całej długości taśmy.
3. Odczytywanie od niewłaściwego końca taśmy jak 3 m. zamiast 17 m. lub czytanie liczb w niewłaściwym kierunku jak 31 zamiast 13.
4. Przestawianie liczb, jak 18,26 zamiast 18,62, lub czytanie liczb odwróconych w przeciwną stronę, jak 6 zamiast 9.
5. Odczytywanie niewłaściwej podziałki jak 15.62 zamiast 16.26.

Ćwiczenia.

Ćwiczenia te należy wykonać na terenie, używając do nich jedynie taśmy lub łańcucha.

1. Zmierzyć długość linji, przechodzącej przez pagórek, leżący między dwoma punktami, tak położonemi, że stojąc w jednym punkcie nie widzi się punktu drugiego.

W danych punktach ustawia się tyczki. Dwuch pomocników z tyczkami, ustawia się blisko szczytu pagórka po obu jego stronach i jeden drugiego stopniowo doprowadza do linji, poczem można zmierzyć długość linji.

2. Zmierzyć linję przecinającą dolinę, a łączącą ze sobą dwa stałe punkty.

Ustawia się inne tyczki za pomocą pionu trzymanego na linji właściwej między danymi punktami.

3. Zmierzyć długość linji między dwoma punktami stałymi, gdy las jest na przeszkodzie i linji prawdziwej nie można oczyścić.

Pozostawiając punkty właściwe, wytycza się linję próbną, do której końców spuszcza się prostopadłe z punktów właściwych. Wtedy przesuwa się linję próbną tak, by była równoległą do linji łączącej punkty właściwe, spuszcza się znowu prostopadłe i mierzy się długość linji próbnej, która jest równą linji właściwej.

4. Na linji prostopadłej do danej linji wbić tyczkę w danym punkcie.

Wszystkie wielokrotne 3, 4, 5 są stronami prostokątnego trójkąta, także każdy kąt w półkolu jest kątem prostym.

5. Znaleźć punkt na linji, gdzie prostopadła z danego punktu nie na linji przetnie tę linję.

Z danego punktu wytycza się linję ukośną do danej linji. Na danej linji wytycza się prostopadłą w pobliżu danego punktu, prostopadłą tę przedłuża się aż poza punkt przecięcia się z linją ukośną i zadanie rozwiązuje się za pomocą podobnych trójkątów.

6. Wynaleźć drugi punkt, który z danym punktem da linję równoległą do danej linji

Przekątne równoległoboku wzajemnie się przecinają.

7. Z danego punktu obliczyć poziomą odległość do widzialnego ale niedostępnego przedmiotu

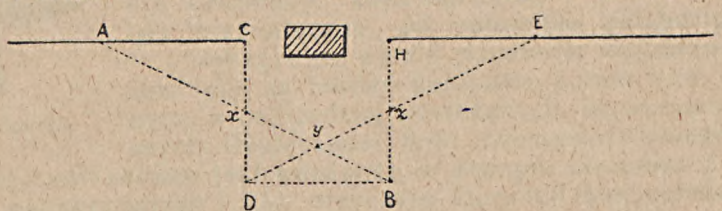
Zastosować dwa podobne prostokątne trójkąty.

8. Przedłużyć linję poza przeszkodę w kierunku i odległości.

Pierwsze rozwiązanie: równobocznym trójkątem

Drugie rozwiązanie: dwoma prostokątnemi rzędnemi po obu stronach przeszkody.

Trzecie rozwiązanie: Podobnemi trójkątami jak w Rys. 7 z jakiegokolwiek punktu A



Rys. 7. Przedłużanie linji poza przeszkodę.

tyczymy linją A B, zaznaczając na połowie i trzech ćwierciach linji A B punkty X i Y. Z jakiegokolwiek innego punktu C tyczymy C X D, tak żeby XD równało się CX. Z punktu D wytyczyć DYE tak, żeby DE = 4 DY, oznaczyć punkt Z na połowie linji DE. Z punktu B wytyczyć B Z H, tak żeby ZH = BZ, wtedy HE jest równą i równoległą do DB, AC i CH. Należy wbić kołek, lub jeszcze lepiej szpilkę w każdym punkcie oznaczonym literą w rysunku. Sprawdzenie: Zmierzyć HE i AC, jeśli one są równe, to robota jest dobrze wykonaną.

9. Zmierzyć wielkość danego kąta.

Od wierzchołka kąta wzdłuż jego boków odmierzyć i zaznaczyć dwie równe odległości b, i zmierzyć bok trójkąta, który nazwiemy a. Wtedy $\tan \frac{1}{2} A = \frac{a}{2b}$

10. Odmierzyć na ziemi kąt danej wielkości.

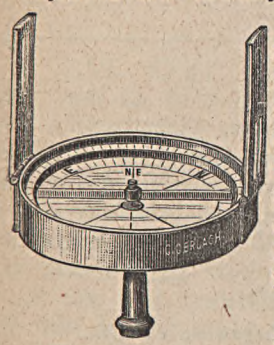
Zrobić poprzednią operację w odwrotnym kierunku. Kąt A jest znany, przyjmujemy dowolnie b i obliczamy a. Z A odmierzamy AB równą b. Z punktów A i B zakreślamy łuki promieniami równymi b i a, łuki te przecinają się w C, wówczas CAB jest żądanym trójkątem. Jeśli długość b nie jest większą jak 0.6 taśmy, to możemy mierzyć kąty do 90°.

ROZDZIAŁ II.

Instrumenty do oznaczania kierunku.

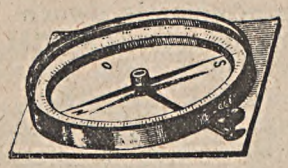
Busola.

§ 10. Busola miernicza czyli kompas zasadniczo składa się z przeziernika, przymocowanego do poziomego krążka z podziałkami, w środku którego zawieszona jest igła magnetyczna w ten sposób, że się może swobodnie obracać w płaszczyźnie poziomej; całość przykuta jest do tulejkowej podpory z przyrządami do ustawiania na statywie. Rys. 8 przedstawia bardzo dobrą formę takiego instrumentu. Należy to odrazu zaznaczyć, że wszelkie instrumenty miernicze, w których się znajduje igła magnetyczna, nie mogą mieć żadnej części zrobionej z żelaza, wtedy bowiem igła magnetyczna nie wskazywałaby południka magnetycznego.



Rys. 8. Busola.

Oprócz powyżej opisanych przyrządów, niektóre kompasy mają oprócz podziałki głównej, podziałkę pomocniczą, zwaną podziałką noniuszową, poruszaną za pomocą śruby do powolnego ruchu. Ta podziałka pomocnicza, służy do oznaczania deklinacji, czyli odchyłki igły magnetycznej od południka geograficznego.


Busola.

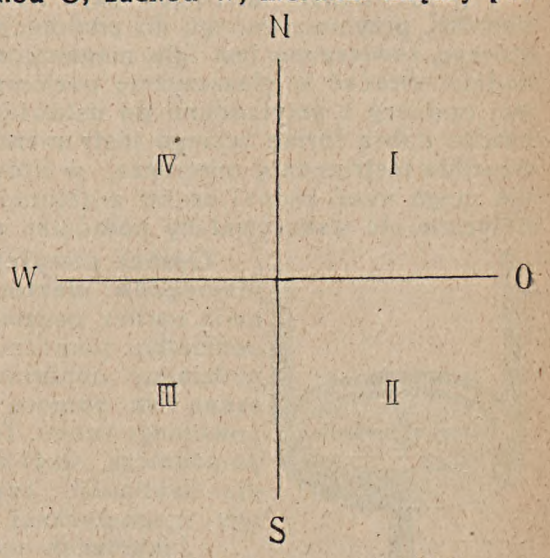
Jakkolwiek wyniki pomiarów wykonanych kompasem nie są bardzo dokładne, pomimo to jest on jednym z najbardziej użytecznych instrumentów mierniczych. Użyteczność tego instrumentu polega na tem, że igła magnetyczna zawsze jest zwróconą w znanym kierunku, t. j. kierunku południka magnetycznego i z tej przyczyny kierunek jakiejkolwiek linji celowej może być oznaczonym porównując ją z kierunkiem igły magnetycznej. Igła magnetyczna ma prawdziwy kierunek północny tylko w kilku miejscowościach; łatwo jest jednak oznaczyć w każdej okolicy *deklinację* czyli *zboczenie* igły magnetycznej od prawdziwego kierunku północnego, a wtedy można obliczyć łatwo prawdziwy azymut lub kierunek danej linji. W odczytywaniu igły magnetycznej przyjętem jest w wszechświatowej praktyce porównywać kierunek danej linji, *albo* z kierunkiem *północnym*, *albo* z kierunkiem *południowym*, zależnie od tego z którym z tych kierunków dana linja tworzy kąt ostry. I tak jeśli różnica kierunku danej linji z kierunkiem południowym wynosi 100°, to różnica ta z kierunkiem północnym wynosi tylko 80° i kierunek takiej linji oznaczymy jako północ 80° na wschód lub na zachód (NO 80° lub NW 80°) zależnie od wypadku, dlatego żadna linja nie może mieć kierunku liczbowo większego jak 90°. Zgodnie więc z tym zwyczajem, wszystkie busole z igłami magnetycznemi są postopniowane, tak od punktu północnego jak i od punktu południowego w obu kierunkach wschodnim i zachodnim. Punkty północny i południowy oznacza się

jako 0°, zaś punkty wschodni i zachodni jako 90° Jeśli położenie linji oznaczymy przez porównanie *z południkiem geograficznym,* to je nazywamy *kierunkiem geograficznym* lub kierunkiem *prawdziwym* linji. Jeśli to położenie porównamy tylko z położeniem igły magnetycznej, to wtedy nazywamy je *kierunkiem magnetycznym.*

Gdy w kierunku magnetycznym poprawimy błąd powstały z powodu deklinacji igły, albo przez odstawienie deklinacji na łuku odchyłkowym, albo przez poprawienie spostrzeżenia, to wtedy kierunek taki nazywamy *prawdziwym* kierunkiem, gdyż wtedy porównujemy go z kierunkiem prawdziwego południka.

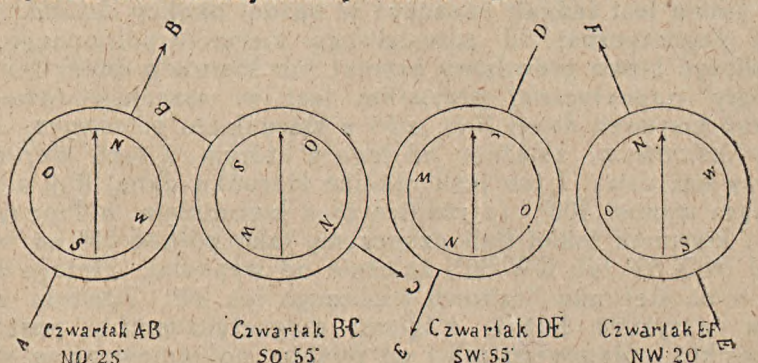
U nas do oznaczania kierunku przyjęto znakowanie niemieckie. Północ oznaczamy N, południe S, wschód O, zachód W, kierunki między północą a wschodem NO, północą a zachodem NW; południem a wschodem SO, południem a-zachodem SW.

Jeśli linją NS oznaczymy kierunek południka, zaś linją OW, która przecina linję NS pod kątem prostym, kierunek wschód—zachód, to okręg, którego środkiem jest punkt przecięcia się dwuch linji, podzielimy na cztery ćwiartki. Biorąc punkt przecięcia się dwuch linji jako początek wszystkich kierunków z tego punktu wychodzących, kierunki leżące w pierwszej ćwiartce znakować będziemy NO, w drugiej ćwiartce SO, w trzeciej ćwiartce SW, w czwartej NW. Taki sposób oznaczania kierunków nazywa się czwartakowym, lub rumbicznym.



Rys. 9. Podział okręgu na ćwiartki.

§ 11. Sposoby odczytywania kierunku magnetycznego. Ponieważ koło podziałkowe jest przymocowane do linji celowej przeziernik ów i razem się z nią porusza, podczas gdy igła magnetyczna zachowuje to same położenie, litery oznaczające wschód i zachód O i W, umieszczone są w odwrotnych pozycjach na kole podziałkowem. W przeciwnym razie igła magnetyczna nie wskazywałaby właściwego czwartaku. Zobacz Rys. 10



Rys. 10. Sposób odczytywania busoli.

Otóż gdy linja celowa skierowana jest w kierunku północno-wschodnim, to północny koniec igły magnetycznej skierowany jest na lewo od punktu oznaczającego północ na kole podziałkowem i z tej przyczyny znak 0°, oznaczający północ, musi być po tej stronie linji południkowej. Inaczej są skonstruowane busole okrętowe. Tam koło podziałkowe tworzy jedną całość z igłą magnetyczną i razem się z nią obraca i z tej przyczyny znaki O. W. nie są w odwrotnem położeniu.

Przy odczytywaniu busoli należy zawsze skierować punkt, oznaczający północ na kole podziałkowem w kierunku danej linji i odczytać kierunek z podziałki tam, gdzie jest północny koniec igły magnetycznej.

Północny koniec igły magnetycznej ma zazwyczaj specjalną formę, a jeśli jej niema, to go łatwo odróżnić, wiedząc, że południowy koniec jest zrównoważony małym przesuwalnym zwojem drutu mosiężnego, który się wsuwa na południowy koniec dlatego aby przeciwdziałać skłonności północnego końca pochylania się w dół. Porównaj § 20.

Należy pilnie na to uważać, aby w pobliżu kompasu nie zostawiać siekiery, łańcucha lub szpilek, gdyż skutkiem ich oddziaływania zmienia się odczyt igły magnetycznej. Były wypadki że nawet kilka kluczy, lub żelazny drut w sztywnym kapeluszu osoby obsługującej instrument powodowały błąd w odczycie igły magnetycznej.

Sprawdzanie busoli.

§ 12. Ogólna zasada prawie wszystkich sprawdzań instrumentów, jest to *zasada odwracalności, na mocy której to zasady błąd się zdwaja i jednocześnie uwidocznia.* Gruntowna znajomość zasady prawie zawsze umożliwi wybranie właściwej metody sprawdzenia wszystkich części któregokolwiek instrumentu mierniczego. Należy przyjąć jako nienaruszalną zasadę w miernictwie, że nikomu nie należy oddawać do rąk instrumentu, kto nie może oznaczyć, kiedy instrument jest dokładnie zrektyfikowany, to znaczy powiedzieć kiedy w instrumencie niema żadnej wady; gdy zaś instrument nie jest zrektyfikowanym, wskazać jakie są przyczyny błędów, wyjaśnić jaki wpływ mają te błędy rektyfikacyjne na pomiar, który wykonujemy i móc właściwie poprawić wszystkie poruszalne części instrumentu. Sposobów sprawdzania instrumentu nie należy wyuczać się na pamięć, tak samo jak nie uczymy się na pamięć ilustracji przykładów w geometrji. Student uczący się sposobów sprawdzania powinien *widzieć*, że one są prawdziwe, tak samo jak widzi prawdziwość rysunków geometrycznych. Mając w ten sposób jasno w umyśle ustaloną metodę i jej powody, będzie on wierzyć w swoją zdolność zastosowania jej znowu, kiedykolwiek zajdzie tego potrzeba. Będzie on wtedy polegał raczej na dokładności swego rozumienia niż na mocy swojej pamięci.

§ 13. Koło limbusowe musi być prostopadłem do osi obrotowej instrumentu. To musi być zrobionem przez wytwórcę instrumentu. Wspomina się tu o tem dlatego, że oś może zostać wypadkowo zgiętą. Należy się bardzo ostrożnie obchodzić z instrumentami, robionemi z miękkiego mosiądzu, ażeby się zabezpieczyć przed takiemi wypadkami. Jeśli ta wada okaże się bardzo wielką, to należy instrument odesłać do fabryki. Wadę tę, o ile ona jest dość znaczna, wskazuje igła magnetyczna lub libela.

§ 14. Płaszczyzna baniek libelli musi być prostopadłą do osi pochwy obrotowej. Obie bańki przyprowadza się do poziomu w jednej pozycji, następnie obraca się instrument naokoło osi

pionowej przez 180° i poprawia się połowę poruszenia każdej bańki zapomocą śrub rektyfikacyjnych, znajdujących się przy końcu obsady bańki, drugą połowę poruszenia bańki poprawia się za pomocą śrub nastawnych. Obraca się instrument znowu przez 180° naokoło jego osi pionowej i bańki powinny pozostawać w środku libelli. Jeśli tak nie jest, to się poprawia znowu jedną połowę poruszenia za pomocą śrub rektyfikacyjnych libelli, a drugą połowę zapomocą śrub nastawnych i powtarza się to tak długo aż bańki pozostaną w środku libelli w każdem położeniu koła podziałkowego. Skutkiem tej rektyfikacji płaszczyzna baniek jest równoległą do płaszczyzny koła podziałkowego. Sprawdzenie to przedstawia schematycznie. Rys. 37.

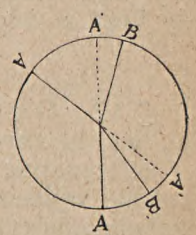
§ 15. Odnaleźć błąd powstający z powodu igły magnetycznej. Gdy odczyty na dwuch końcach igły magnetycznej nie różnią się o 180°, to powodem tego może być że łożysko na którem spoczywa igła magnetyczna jest zgięte ze swojego środkowego położenia, albo igła magnetyczna jest zgięta, lub obie przyczyny.

Jeśli różnica odczytów między dwoma końcami igły magnetycznej jest taka sama we wszystkich położeniach igły, to wtedy łożysko igły jest w środku koła podziałkowego, ale igła jest zgięta. Sposób sprawdzenia tego warunku przedstawia Rys. 11 i Rys. 12.

Rys. 11. Igła magnetyczna zgięta.

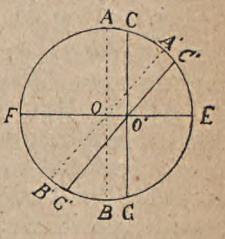
Błąd w jednym odczycie A'B okazuje się równym błędowi w drugim odczycie A'B'.

§ 16. Wyprostować igłę magnetyczną. Ustawić północny koniec igły A tak, aby dokładnie nakrywał jakiś znak podziałkowy i wtedy odczytać południowy koniec igły B, Rys 11. Zdjąć szkło nakrywające kompas i obrócić igłę na łożysku tak, aż koniec południowy B wskaże w A ten sam odczyt jaki miał północny koniec przedtem. Teraz odczytać koniec północny B', otóż BB' będzie podwójnym błędem. Zdjąć igłę i zgiąć ją o połowę wartości łuku BB' w kierunku od B' do B. Ponieważ wielkość zgięcia ocenić można tylko w przybliżeniu operację tą trzeba będzie powtórzyć kilka razy zanim się uskuteczni dokładną rektyfikację.



Rys. 12. Sposób prostowania igły magnetycznej.

§ 17. Zcentrować łożysko igły. Jeśli różnica odczytów na dwuch końcach igły nie jest taka sama we wszystkich częściach obwodnicy podziałki, to wtedy łożysko igły jest zgięte, igła zaś może być, lub też i nie być prostą. Dlatego celem zrektyfikowania łożyska igły, należy ją tak ustawić aby dwa jej końce dawały *maximum* różnicy w odczytach; zdjąć igłę i małemi kleszczami *zgiąć łożysko igły pod kątem prostym do tego położenia igły, w którem ona daje maximum różnicy w odczytach, a zgięcie łożyska wykonać o połowę maxymalnej różnicy*. Zobacz Rys. 13.



Rys. 13. Łożysko igły osadzone ekscentrycznie.

Ponieważ w czasie tej rektyfikacji zdejmuje się szklanne nakrycie busoli, to dla zabezpieczenia się od uszkodzeń z powodu wiatru, operację tą należy wykonywać w mieszkaniu.

Gdy rektyfikacja została zupełnie ukończoną, to różnica odczytów końcowych będzie wynosić zero. Celem wypełnienia tego warunku zazwyczaj trzeba przeprowadzić kilka prób.

§ 18. Zremagnetyzować igłę. Igły w busolach często tracą swoje właściwości magnetyczne. Należy je wtedy zremagnetyzować. Robi się to zwykłą sztabą magnesową, nacierając każdy koniec igły od jej środka do końca i to tym końcem magnesu, który przyciąga. Przenosząc magnes do następnego potarcia należy go unieść kilka centymetrów w górę tak aby go usunąć z bezpośredniego pola magnetycznego, w przeciwnym razie magnes neutralizuje swoje własne działanie. Podczas magnetyzowania należy igłę zdjąć z łożyska. Nacieranie powinno trwać tak długo, aż igła zawieszona okaże odpowiednią czułość. Dobra igła magnetyczna okazuje się nieraz mało czuła z powodu złego łożyska; w takim wypadku należy igłę zdjąc z łożyska i łożysko wytoczyć.

§ 19. Płaszczyzna przechodząca przez włoski przezierników musi być prostopadłą do płaszczyzny baniek libelli.

Instrument ustawia się starannie w położeniu poziomem i płaszczyznę przezierników skierowuje się na wiszącą pionowo nitkę u dołu obciążoną. Jeśli nitka przeziernika oddalonego od oka, jest zgodna z pionem, to ten przeziernik jest w porządku. Obracamy busolę w płaszczyźnie poziomej przez 180° naokoło osi pionowej instrumentu i w podobny sposób sprawdzamy drugi przeziernik. Jeśli którykolwiek przeziernik nie jest w porządku, należy go zdjąć z podstawy i tak ją poprawić, aby przeziernik po ponownem przymocowaniu do podstawy miał położenie pionowe. Gdy to nie jest możliwem, należy spionować włosek w otworze przeziernika.

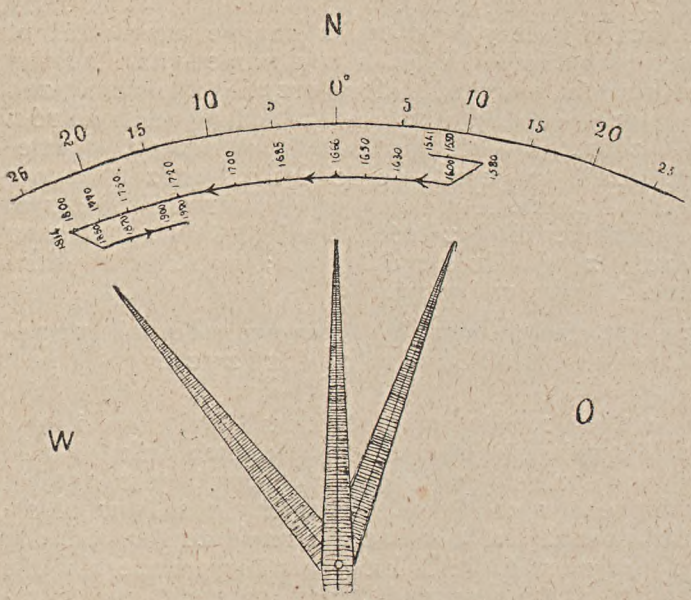
§ 20. Magnetyzm ziemski. Jak wiadomo ziemia jest wielkiem polem magnetycznem. Na półkuli północnej kierunek sił magnetycznych jest w dół i na północ, zaś na półkuli południowej kierunek jest do góry i na północ. Dlatego magnes taki, jak igła magnetyczna ze swobodą poruszania się, ma tą właściwość, że na półkuli północnej, północny koniec magnesu skłania się w dół, zaś na półkuli południowej ten sam koniec podnosi się do góry. Właściwość tą nazywamy *inklinacją* czyli *nachyleniem magnetycznem* igły. Dla utrzymania igły w położeniu poziomem umieszcza się zwój cienkiego drutu mosiężnego na południowym jej końcu.

Deklinacja czyli zboczenie igły magnetycznej.

§ 21. Zboczenie igły jest to kąt poziomy, jaki igła magnetyczna tworzy z południkiem. Kąt ten nie jest stałym na każdem miejscu na kuli ziemskiej. Zmienianie się tego kąta nazywa się wahaniem się deklinacji.

§ 22. Dzienna zmiana deklinacji polega na dziennem wahaniu się igły magnetycznej przez łuk wielkości około ośmiu minut, krańcowa odmiana wschodnia północnego końca igły nastepuje około godziny 8 rano, a krańcowa odmiana zachodnia około godz. 1.30 po południu. Deklinacja *średnia* lub *prawdziwa* następuje około godz. 10.30 rano, i o godz. 8 mej wieczorem. Odmiana ta waha się w zależności od pory roku i od szerokości geograficznej.

§ 23. Stuletnie wahanie się deklinacji ma prawdopodobnie perjodyczny charakter i wymaga od dwuch do trzech stuleci do ukończenia cyklu. Najobszerniejszy szereg obserwacji dotyczących tego przedmiotu, dokonany został w Paryżu, gdzie zmiany deklinacji magnetycznej notowano przez trzy i pół stulecia. Stuletnie wahanie się igły magnetycznej w Paryżu przedstawia Rys. 14.



Rys. 14. Zmiany zboczenia magnetycznego w Paryżu od r. 1542 do r. 1920.

Po Paryżu największej serji obserwacji zboczenia igły magnetycznej dokonano w Rio de Janeiro. Z cyfr wziętych z rocznika obserwatorjum w Rio de Janeiro na rok 1918, okazuje się że krańcowe wartości zboczenia igły magnetycznej wynosiły w 1600 roku 12° zachód, a w 1918 r. 11° wschód.

Czy te wahania się powrócą kiedy do swoich krańcowych granic, jest rzeczą nie wiadomą, niewiadomem jest również, co jest przyczyną tych osobliwych zmian. Nadzwyczajne wahania się deklinacji w Paryżu dochodzące do 34°, a w Rio de Janeiro do 23°, jest powodem potrzeby zwracania szczególniejszej uwagi na to zjawisko. Nigdy nie należy polegać na starych ustaleniach deklinacji, z wyjątkiem tych wypadków, gdzie stopniowość zmian jest znaną, a i wtedy stopniowość ta nie jest stałą dla szeregu lat. To również wskazuje na potrzebę zapisywania daty i deklinacji igły magnetycznej na wszystkich planach, jakoteż w dziennikach pomiarów z wyjaśnieniem, czy te kierunki były prawdziwe, czy magnetyczne w czcsie robienia spostrzeżeń.

§ 24. Linje izogoniczne, są to linje wyobrażalne, łączące ze sobą te punkty na powierzchni kuli ziemskiej, które mają taką samą deklinację, w jakimkolwiek oznaczonym czasie. Linja izogoniczna łącząca ze sobą te punkty, których deklinacja jest zero, nazywa się *linją agoniczną*.

Wszystkie punkty położone na wschód od tej linji mają deklinację zachodnią, a punkty położone na zachód od tej linji mają deklinację wschodnią.

Na ziemiach Rzeczypospolitej Polskiej mamy deklinację zachodnią. Deklinacja ta obecnie maleje, a wielkość jej na ziemiach polskich wynosi od 8° (Pomorze, Bałtyk) do 2° (Kresy Wschodnie). Linja ogoniczna przecina Europę od północy na południe i leży na wschód od granicy polsko-rosyjskiej.

§ 25. Inne zmiany deklinacji. Oprócz stuletnich i dziennych zmian deklinacji, są jeszcze i inne o których warto wspomnieć.

Wahanie się roczne, jest ono bardzo małe i od średniej deklinacji rocznej różni się tylko wielkością łuku około pół minuty. Na wahanie się to więc można wcale uwagi nie zwracać.

Wahanie się spowodowane przez księżyc, jest jeszcze mniejsze, różni się ono bowiem od wartości średniej, wielkością łuku tylko 15 sek.

Zaburzenia magnetyczne powstają wskutek tak zwanych burz magnetycznych. Mogą one nastąpić w każdym czasie, a przepowiedzieć ich nie można, mogą one trwać przez kilka godzin, a nawet przez kilka dni. Następująca tablica zaburzeń obserwowanych w półgodzinnych serjach w Filadelfji, w Stanach Zjednoczonych Półn. Amer., w latach od 1840 do 1845, dają obraz ich stosunkowej częstości i wielkości.

Odchyłka od kierunku normalnego	Ilość zaburzeń
3'.6 do 10'.8	2189
10'.8 „ 18'.1	147
18'.1 „ 25'.3	18
25'.3 „ 32'.6	3
większe	0

Oś geometryczna igły może leżeć nie w tej samej linji co jej *oś magnetyczna* i z tej przyczyny odczyty dwuch instrumentów, które są zrektyfikowane i znajdują się w tem samem miejscu, mogą się nieco różnić. W takim wypadku należy oznaczyć zboczenie dla każdego instrumentu niezależnie.

§ 26. Obserwacja deklinacji. Na to trzeba oznaczyc prawdziwy południk. Metody robót polowych przy oznaczaniu południka podane będą w następnej części tej książki.

Gdy oś celowa busoli jest zgodna z południkiem, to igła magnetyczna powinna wskazywać deklinację.

Zastosowanie busoli.

§ 27. Zastosowanie busoli z igłą magnetyczną, ogranicza się do takich pomiarów powierzchni, gdzie jest dozwolony błąd 1 do 300. Przy pomiarach gruntowych kompasu używa się tylko do oznaczania południka magnetycznego, pozatem używa się go:

1. Do wytyczania linji, których kierunek magnetyczny jest znany.
2. Do oznaczania kierunku linji istniejących.
3. Do odtrasowywania starych linji mierzonych kompasem:

Jeśli mamy oznaczyć kierunek geograficzny, to musimy oznaczyć deklinację igły od południka i odmierzyć ją noniuszem.

Jeśli oznaczamy kierunki magnetyczne, to należy na mapach i planach zaznaczyć, jaką była deklinacja igły, gdy robiono pomiar.

Gdy się odszukuje stare linje należy wiedzieć jaką była deklinacja podczas pierwotnego pomiaru i podczas odszukiwania.

Kierunek igły magnetycznej należy odczytywać do najbliższych pięciu minut, w tym celu robi się odczyty do jednej szóstej części półstopniowej podziałki. Gdy się używa noniusza robota jest ułatwiona.

Przed przenoszeniem instrumentu należy zawsze igłę podnieść z łożyska.

Jeśli igła magnetyczna jest mało-czułą i prędko się unieruchamia, to albo igła straciła swą siłę magnetyczną, albo ma za tępe łożysko. W każdym wypadku może być znaczna różnica między położeniem, które igła

przybiera, a które przybrać powinna. Im więcej czasu potrzeba dla unieruchomienia igły, tem dokładniejsze będzie jej ostateczne położenie. Można ją prędko doprowadzić bardzo blisko jej ostatecznego położenia wstrzymując jej ruch zapomocą śruby do podnoszenia igły. Do ostatecznego jednak ustalenia się, igły nie wolno podnosić. Dla otrzymania dobrych rezultatów w pracach pomiarowych busolą, koniecznem jest: dokładne sprawdzenie każdej części instrumentu, zwracanie uwagi na miejscowe zaburzenia i ściśle dokładne odczytywanie igły magnetycznej.

§ 28. Aby usunąć deklinację należy tylko zapamiętać, że do osi celowej jest przymocowany łuk deklinacyjny i że na kole podziałkowem jest noniusz [1]). Jeśli deklinacja jest zachodnia, to wtedy, gdy oś celowa jest zwrócona na północ, północny koniec igły wskazuje na lewo od zera stopniówki. Ażeby igła wskazywała na zero, lub północ, musimy przesunąć koło podziałkowe na lewo, to jest w kierunku przeciwnym od kierunku ruchu wskazówek zegarka. Przeciwnie gdy deklinacja jest wschodnia, koło podziałkowe, do którego przymocowany jest noniusz, należy przesunąć w kierunku ruchu wskazówek zegarka. To umożliwi obserwującemu odrazu tak ustawić noniusz, że odczyty igły magnetycznej dadzą prawdziwy kierunek osi celowe

§ 29. Atrakcje czyli przyciągania miejscowe mogą powodować wahania się igły na większą lub mniejszą skalę; atrakcje te często pochodzą z niewiadomych przyczyn. Powinien o tem zawsze pamiętać obserwujący i w czasie odczytywania igły trzymać wszystkie żelazne przedmioty daleko od instrumentu. Szklanne nakrycie busoli można łatwo zelektryzować przez tarcie, a elektryzacja ta oddziaływać będzie na igłę magnetyczną. Elektryczność tą można łatwo wyładować przez dotkniecie szkła mokrym palcem, lub oddychając na nie. Szkiełka powiększające do odczytywania noniuszów nie powinny mieć gutaperkowej oprawy, gdyż podczas wycierania szkieł, łatwo się one elektryzują i przyciagają igłę magnetyczną. Szkiełka te powinny być oprawione albo w mosiądz, albo w niemieckie srebro. Instrument nie może mieć żadnych okryć ani ozdób niklowych, gdyż metal ten posiada magnetyczne własności. Zdarzało się, że drut stalowy w brzegu kapelusza, lub guziki w których jest żelazo, powodowały znaczne wahanie się igły. W miastach i miasteczkach, praktycznie jest rzeczą niemożliwą uniknąć wpływu i skutków jakiegoś przyciągania miejscowego, jak żelaznych rur gazowych znajdujących się pod ziemią, żelaznych słupów od latarni, ogrodzeń drucianych i t. d. Z tej przyczyny w miejscach takich nie należy nigdy używać igły magnetycznej.

Także w wielu okolicach są znaczne pokłady magnetycznej rudy żelaznej w ziemi i z ich powodu deklinacja ma inną wartość, w każdem poszczególnem miejscu, w którem ustawimy instrument. W praktyce jest rzeczą niemożliwą używać igły magnetycznej w takich miejscowościach.

Sprawdzenie istnienia przyciągań w robotach polowych polega na odczytywaniu magnetycznego kierunku każdej linji z obydwuch jej końców. Jeśli odczyty nie są takie same i nie popełniono żadnego błędu, to na jednym końcu linji musi działać jakieś miejscowe przyciąganie, którego niema na drugim końcu linji.

Gdy wiemy że w danej okolicy znajdują się pokłady mineralne, to one mogą być przyczyną odmiennych wahań się igły na dwuch końcach linji. Jeśli tak nie jest, należy wrócić do poprzednio zajmowanego stanowiska i zbadać przyczynę różnicy odczytów. Jeśli kierunki obserwowane

[1]) Noniusz taki znajduje się tylko w lepszych instrumentach.

z dwuch końców linji są zgodne dla wszystkich linji, z wyjątkiem kierunków obserwowanych z pojedyńczego stanowiska, to możemy przyjąć jako pewnik, że na tem stanowisku istnieje miejscowe przyciąganie.

§ 30. **Wytyczyć linję której kierunek jest dany.** Ustawia się kompas na jakimkolwiek znanym punkcie na linji, następnie podziałkę ustawia się tak, aby odczyt północnego końca igły magnetycznej równał się danemu kierunkowi, wtedy oś celowa przezierników leżeć będzie w linji której kierunek magnetyczny jest dany.

§ 31. **Oznaczyć kierunek geograficzny danej linji.** Ustawić busolę na danej linji, mając południową część koła podziałkowego po stronie obserwującego, zrobić noniuszem poprawkę deklinacji i uzgodnić oś celową z osią danej linji, odczytywać północny koniec igły magnetycznej. Odczyt jest geograficznym kierunkiem danej linji, patrząc wprzód.

§ 32. **Odtrasować starą linję.** Ustawić busolę nad dobrze oznaczonym punktem danej linji i skierować oś celową na drugi taki punkt. Odczytać północny koniec igły. Jeśli odczyt ten nie jest kierunkiem (czwartakiem) takim, jaki jest podany dla linji na starym planie lub mapie, wtedy noniusz przesuwa się tak, aby północny koniec igły dawał odczyt danego kierunku zgodnie z kierunkiem oznaczonym w mapie. Odczyt łuku deklinacyjnego da teraz takie zboczenie, jakie należy stosować na wszystkich innych linjach tego samego pomiaru. Jeśli ze stanowiska instrumentu nie można widzieć drugiego dobrze oznaczonego punktu, to należy wytyczyć linję próbną z przybraną wartością deklinacji, a potem można obliczyć wartość deklinacji, jaka istniała w czasie pierwotnych pomiarów. I tak, jeśli linja próbna długości z, przechodzi o długość x *na prawo* od znanego punktu linji, to należy przesunąć noniusz *w kierunku* ruchu wskazuwek zegarka, o wartość kątową, której tangens jest $\frac{x}{z}$. Jeśli linja próbna przechodzi *na lewo* od punktu, przesunąć noniusz w kierunku *odwrotnym* od kierunku ruchu wskazówek zegarka.

O ile busola nie posiada noniusza do odznaczania zboczenia magnetycznego, należy odrazu przy pomiarze pierwszej linji oznaczyć różnicę jaka istnieje między zboczeniem w danej chwili, a zboczeniem podanem na mapie. Mając tą różnicę, wypisuje się kierunek każdej linji podany w mapie i poprawia się go o różnicę zboczenia. Gdy teraz ustawimy instrument na którejkolwiek linji, tak że odczyt igły magnetycznej równa się poprawionemu kierunkowi tej linji, to oś celowa instrumentu leżeć będzie na danej linji.

Ćwiczenia.

Ćwiczenia do wykonania samą busolą i busolą z łańcuchem lub taśmą.

1. Na falistym terenie wytyczyć linję, długości około jednego kilometra, oznaczyć kilka punktów na tej linji, dając jej stale ten sam kierunek magnetyczny. Potem tą samą linję wytyczyć w tył *odwrotnymi kierunkami* i zanotować jak blisko te kierunki odwrotne zgadzają się z kierunkami poprzedniemi. Do tego ćwiczenia nie potrzeba łańcucha ani taśmy.

2. Na nierównym gruncie wybrać około pół tuzina punktów zamykających powierzchnię około 15 ha. Niechaj jedna grupa praktykantów wykona pomiar tej przestrzeni, używając do pomiaru busoli i taśmy. Do dziennika należy wpisać kierunek i długość każdego boku obwodnicy. Teraz kilka innych grup, z kopją dziennika pomiarowego pierwszej grupy, niechaj rozpoczną pomiar obwodnicy ze wspólnego punktu *i wytyczą dane linje zgodnie z dziennikiem polowym*, wbijając kołki we wszystkich pozostałych punktach załamania się obwodnicy. Każda grupa oznaczy swoje kołki specjalnym znakiem. Następnie każda grupa niechaj wyrysuje rezultaty swoich pomiarów i porówna je z rezultatami innych grup. Porównać błąd zamknięcia.

3. Wybrać pięć punktów, o których wiemy, że na dwuch przyległych sobie punktach istnieje miejscowe przyciąganie, zaś na pozostałych trzech, przyciągania takiego niema. Wykonać pomiar, mierząc długość każdego boku i jego kierunek wprzód i wstecz. Określić kierunek każdego boku i wykreślić rezultaty pomiarów, aby otrzymać błąd zamknięcia.

4 Zmierzono obwodnicę zamkniętego obszaru. Kierunki boków były następujące: NO 40°, NO 34°, SW 2°, NW 52°. Obliczyć kąty wewnętrzne wieloboku. Jaka powinna być ich suma?.

5 W danej miejscowości zboczenie magnetyczne jest wschodnie i wynosi 5°30' Jaki jest magnetyczny kierunek geograficznego punktu północnego? geograficznego punktu południowego?, geograficznego punktu wschodniego?.

6. Kierunek magnetyczny linji dawno zmierzonej zanotowano jako NO 12°. Obecnie kierunek magnetyczny tej samej linji wynosi NO 14°30'. Jaka zmiana nastąpiła w zboczeniu magnetycznem, tak co do kierunku jak i wielkości?.

7. Kierunek magnetycznej linji dawno pomierzonej zapisano jako NO 26°15'. Obecnie kierunek magnetyczny tej linji wynosi NO 24°45', a zboczenie magnetyczne obecnie jest wschodnie i wynosi 5°30'. Jakie było zboczenie magnetyczne podczas pierwotnego pomiaru?

8. Magnetyczny kierunek linji dawno pomierzonej wynosił NO 28°, zboczenie wschodnie 10°. Jeśli zboczenie wschodnie wynosi obecnie 8°15', to jaki kierunek magnetyczny należy stosować do odtrasowania starej linji?

9. W pewnej miejscowości zboczenie magnetyczne wynosiło w roku 1700—4°25' zachód w r. 1750, 1°39' zachód; w r. 1800, 0°30' zachód; w r 1850, 1°0' zachód; w r. 1900, 4°0' zachód. Jeśli kierunek magnetyczny danej linji w r. 1900 wynosił SW 65°25', jaki był kierunek magnetyczny tej samej linji w r. 1700, 1750, 1800 i 1850?

10. Poniżej podane są kierunki wzięte z odczytów igły magnętycznej: AB, NO 27°30'. BA, SW 27°15'; BC, SW 88°0'; CB, NO 87°45'; CD, NW 47°15'; DC, SO 47°15'. Jaki jest rzeczywisty kierunek linji AB. Gdzie jest przyciąganie miejscowe. W którą stronę odchyla się igła w każdym punkcie i jak wielką jest odchyłka?.

ROZDZIAŁ III.

Instrumenty do oznaczania linji poziomych.

Pion i bańka libelli.

§ 33. **Pion i naczynie szklanne z bańką**, są to jednocześnie najprostsze, najpowszechniejsze i najważniejsze ze wszystkich przyrządów używanych w miernictwie i obserwacjach astronomicznych. Bez nich nie możnaby skutecznie oznaczyć ani zenitu, ani horyzontu; zaś o oznaczeniu wysokości jakoteż linji i płaszczyzn poziomych i myślećby nie można. Nawet przy oznaczaniu azymutów, kierunków i kątów poziomych wymaga się ażeby koło podziałkowe kątomierza, zapomocą którego pomiar się wykonuje, było w położeniu poziomem.

Według określenia linja pionowa, jest to linja której oś jest zgodną z osią pionu, czyli jest to linja prosta łącząca zenit ze środkiem ziemi, a płaszczyzna, która tą linję przecina pod kątem prostym, jest płaszczyzną poziomą w *punkcie przecięcia*. Ponieważ dwie linje pionowe nie mogą być do siebie równoległe, tak i dwie płaszczyzny, które są poziome w dwuch różnych punktach na powierzchni kuli ziemskiej, nie mogą być do siebie równoległe.

Równoległemi płaszczyznami poziomemi mogą być tylko takie płaszczyzny, które są poziome w jednym punkcie na kuli ziemskiej, i to poziome na różnych wysokościach tej samej linji pionowej.

§ 34. **Powierzchnia pozioma** nie jest płaszczyzną, ale kulistą powierzchnią, która w każdym punkcie jest prostopadłą do linji pionowej w tym punkcie. Powierzchnia niezmąconej wody jest powierzchnią poziomą.

Libella spirytusowa, jest to szklanne naczynie w kształcie rurki, zgiętej lub wyszlifowanej w ten sposób, że w przekroju podłużnym, górna część jej wewnętrznej powierzchni ma formę łuku. Wnętrze jest prawie w całości wypełnione eterem lub spirytusem, resztę przestrzeni wypełnia para eterowa, ktora tworzy bańkę. Rurka taka ma zazwyczaj postopniowaną podziałkę dla łatwiejszego oznaczenia położenia bańki. Jeśli wnętrze rurki zostało wyszlifowane tak, że w podłużnym przekroju jest ono doskonałym łukiem, *to linja prosta, styczna do tej wewnętrznej powierzchni w środku bańki, jest linją poziomą*, bez względu na to w której części rurki znajduje się bańka. Jeśliby ta linja nie była linją poziomą, to środek ciężkości bańki nie znajdowałby

się w swojem możliwie najwyższem położeniu, ale poruszałby się tak długo, dopókiby tego położenia nie zajął. Ponieważ położenie środka bańki w rurce, oznaczamy średnią odczytów położenia jej dwuch końców, koniecznem jest żeby łuk wnętrza rurki był regularnym, to znaczy żeby był częścią obwodu koła.

Linja styczna do wnętrza środka rurki libelli, oznaczonego podziałkami, (lub też inna linja do niej równoległa) nazywa się osią libelli. Dlatego, gdy bańka jest w środku libelli, to oś libelli jest pozioma.

§ 35. Twierdzenie I. Jeżeli libellę przytwierdzimy sztywnie do podstawy, która jest oparta na dwuch punktach znajdujących się w tej samej płaszczyznie pionowej co oś libelli i podstawę razem z libellą obrócimy przez 180° w płaszczyznie poziomej, tak, że podstawa spocznie znowu na tych samych punktach oparcia, tylko w odwrotnem położeniu, to wierzchołki podpór są na tym samym poziomie, gdy bańka zajmuje *tą samą część rurki* w obydwuch położeniach podstawy i libelli, bez względu na to czy bańka jest w środku libelli czy nie. Warunek ten jednak wymaga, aby w obydwuch wypadkach, identyczne punkty podstawy spoczywały na wierzchołkach oparcia.

Ponieważ przy dwuch położeniach bańki, mamy identyczne linje poziome, styczne do górnej powierzchni wnętrza bańki, to pionowe odległości od tej linji do wierzchołków podpór muszą być jednakowe, w przeciwnym razie, pierwsze i odwrotne położenie libelli nie dałoby tej samej linji stycznej. Z tej przyczyny wierzchołki podpór leżą na tej samej linji poziomej.

§ 36. Twierdzenie II. Jeśli libellę obracamy naokoło osi w ten sposób że *bańka stale zachowuje to samo położenie w rurce*, to oś naokoło której obracamy libellę jest pionową.

Uzupełnienie I. Podobnie możemy powiedzieć, że jeśli libellę obrócimy przez 180° naokoło osi i bańka daje taki sam odczyt w obydwuch położeniach, wtedy płaszczyzna obrotu niema pionowej dopełniającej w kierunku osi bańki i z tej przyczyny oś obrotu leży w płaszczyźnie pionowej i pod kątem prostym do osi bańki. Jeśli takie same sprawdzenie zrobimy dla jakichkolwiek dwuch położeń, których różnica wynosi 180° (najlepiej 90° od pierwotnego położenia) i w obydwuch wypadkach bańka da taki sam odczyt, wtedy oś obrotu leży w płaszczyznie pionowej, pod kątem prostym do tych nowych położeń osi bańki i dlatego leży ona w przecięciu się tych dwuch płaszczyn pionowych, czyli oś jest pionową. Jeśli dwie libelle (nie równoległe do siebie, a ustawione pod kątem prostym, jedna względem drugiej) przymocujemy sztywnie do ramki obracającej się naokoło osi, i jeśli każda bańka daje *ten sam odczyt*, przy dwuch położeniach ramki, różniących się o 180°, to oś obrotu jest pionową, nawet gdy dwie bańki nie dają podobnych odczytów, ani żadna z nich nie leży w środku rurki.

Uzupełnienie 2. We wszystkich wypadkach, gdzie libellę obracano przez 180° na tych samych podstawach lub osi, kątowa różnica między dwoma położeniami bańki jest dwa razy tak wielka, jak kątowa odchyłka podpory od linji poziomej, lub odchyłka osi od linji pionowej.

§ 37 Dokładny pomiar małych kątów pionowych. Za pomocą bańki libelli, pomiaru tego dokonuje się z większą łatwością i dokładnością, niż jakimkolwiek innym znanym przyrządem. W tym celu wnętrze libelli w przekroju podłużnym należy wyszlifować ściśle do łuku koła o wielkim promieniu i dokładnie podzielić. Wtedy ustaliwszy wartość kątową poruszenia bańki przez jedną podziałkę, poruszenie się bańki w któ-

rejkolwiek części libelli, odpowiada znanej zmianie kątowej. Podziałkę taką robi się zazwyczaj na wierzchu szklannej rurki. Celem zmierzenia małego kąta zapomocą bańki, robi się odczyt na dwuch końcach bańki do dziesiętych części stopnia (najmniejszej jednostki podziałki) i bierze się połowę różnicy odczytów końcowych [1]). Przesuwa się bańkę o parę podziałek i znowu robi się dwa odczyty końcowe, biorąc połowę różnicy. Różnica tych dwuch rezultatów w jednostkach podziałki, pomnożona przez kątową wartość jednostki podziałki, jest kątem pionowym przez który przesunięto oś bańki.

§ 38. Kątową wartość jednego stopnia podziałki libelli można określić kilkoma sposobami.

a) *Za pomocą linji celowej lunety.* Libellę przymocowuje się sztywnie do lunety, której oś poprzeczna spoczywa w ramionach, (luneta teodolitu) w ten sposób że oś bańki leży w płaszczyźnie pionowej lunety. Na poziomym terenie odmierza się linję długodści od 100 do 200 metrów. Na jednym końcu tej linji ustawia się lunetę, a na drugim końcu ustawia się pionowo łatę. Poruszając lunetą w płaszczyźnie pionowej, przesunąć bańkę blisko jednego końca rurki libelli i odczytać oba końce bańki. Odczytać środkowy włosek poziomy na łacie. Przesunąć bańkę blisko drugiego końca rurki libelli i zrobić odczyty tak na bańce jak i na łacie. Powtórzyć to kilkanaście razy. Uprościć robotę biorąc połowę odczytów końcowych z poszczególnych położeń lunety i otrzymać w ten sposób odległość środka bańki od środka rurki dla każdego jej położenia. Wziąć średnią wyników oddzielnie dla każdej serji odczytów końcowych. Jeśli te średnie wyniki były dla odwrotnych końców rurki libelli, zsumować je, a suma da *przeciętny ruch bańki.* Podobnież wziąć srednią górnych i dolnych odczytów łaty i odjąć różnicę, a to da *przeciętny ruch osi celowej.* Oznaczając ruch bańki w jednostkach podziałki literą D, ruch włoska poziomego na łacie w metrach literą Ł, długość podstawy w metrach literą P, otrzymamy wartość kątową jednej podziałki na bańce:

$$\text{wartość kątowa jednej podziałki w sekundach} = \frac{Ł}{PD \ \sin 1''}$$ [2])

b) *Za pomocą koła pionowego z podziałką stopniową.* Przymocować libellę sztywnie do pionowego koła z podziałką, tak żeby oś bańki była równoległą do płaszczyzny koła. Przesuwać bańkę od jednego do drugiego końca rurki tak jak poprzednio, odczytując poszczególne zmiany kątowe wprost z koła podziałkowego. Średni ruch kątowy podzielić przez średni ruch bańki.

Do takiego określenia wartości najmniejszej podziałki libelli potrzeba wielkiego koła pionowego, ze śrubami mikrometrzcznemi, takiemi jakich się używa w instrumentach astronomicznych.

c) *Za pomocą przyrządu do próbowania poziomnicy.* Przyrząd ten składa się z belki mającej zawiasy na jednym końcu, a poruszanej pionowo zapomocą śruby mikrometrycznej, umieszczonej na drugim końcu. Na belce umieszcza się libellę, a bańkę porusza się wstecz i wprzód zapomocą śruby, której każdy obrót powoduje znane kątowe poruszenie się belki.

---

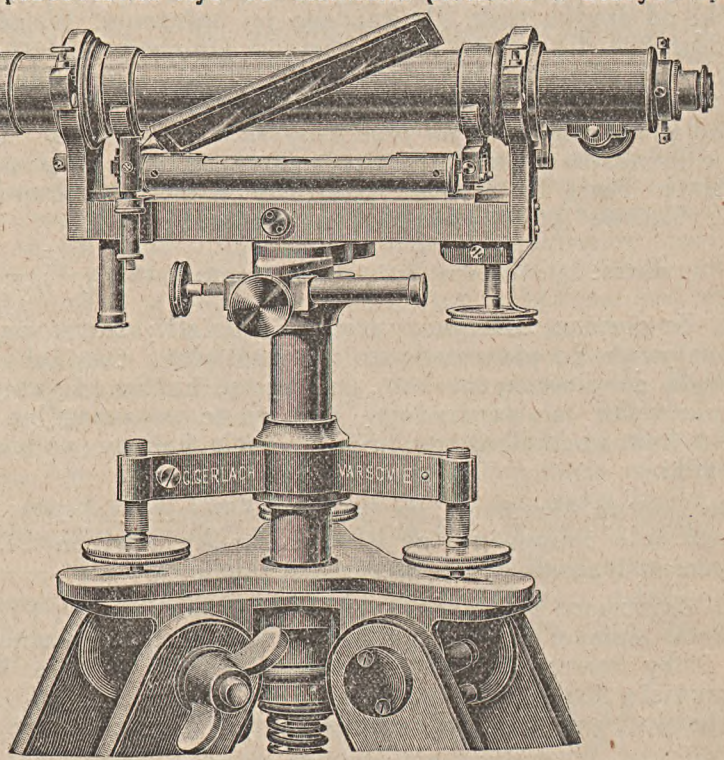
[1]) Bańkę odczytuje się od środka na zewnątrz, ku końcom rurki, otóż połowa różnicy odczytów końcowych jest odległością środka bańki od środka podziałki.

[2]) Log. sin $1'' = \bar{4}.6855749$

§ 39. Uwagi ogólne. Czułość bańki jest wprost proporcjonalną do długości promienia łuku rurki, a odwrotnie proporcjonalną do stopnia krzywizny łuku. Czułość jej jest także proporcjonalną do jej długości, długa bańka[1]) osiada prędzej i dokładniej niż krótka bańka. Niektóre rurki mają dwa przedziały, mniejszy i większy. Przedział mniejszy znajdujący się w jednym końcu rurki połączony jest z przedziałem głównym małym otworem, który się znajduje w ściance przedziałowej. To daje możnośc kontrolowania długości bańki. Ponieważ eter znacznie się rozszerza i zmniejsza ze zmianą temperatury, bańka może być za długą w zimie, a za krótką w lecie, jeśli się nie używa osobnego przedziału. Jeśli wartość jednej podziałki jest ważną, to nie należy rurki szklannej ściśle przymocowywać metalowemi obwódkami koło jej środka, gdyż zmiany temperatury zmniejszają jej krzywiznę. Rurki bańkowe, lub jak się je nieraz nazywa naczynia do poziomowania, zamyka się szklannym czopem osadzonym w kleju zrobionym z ałunu rozpuszczonego w gorącej wodzie i końce okrywa się skórką z pęcherza, umoczoną w tym samym kleju. Wszystko to poleruje się po wyschnięciu.

Inżynierski Instrument Niwelacyjny.

§ 40. Instrument niwelacyjny z lunetą do przekładania, składa się z lunety przez którą przechodzi pozioma oś celowa, z lunetą złączona jest libella, a całość spoczywa na pionowej osi obrotowej. Instrument taki przedstawia Rys 15. Ramiona pionowe w których spoczywa



Rys. 15. Instrument niwelacyjny typu 1-go.

[1]) To się odnosi do długości bańki, a nie do długości rurki szklannej.

luneta, w przekroju poprzecznym mają kształt widełek lub litery Y, a cylindryczne opaski na rurce lunety nazywają się pierścieniami obrotowymi. Przez odkręcenie śrubki pokazanej na rysunku, uwalnia się klamry nakrywające pierścienie obrotowe i trzymające lunetę w ramionach. Wtedy lunetę można wyjąć z ramion. Lustro umieszczone ukośnie nad libellą, służy do tego, aby celując można jednocześnie widzieć, czy bańka znajduje się w środku libelli. Śruby do sprzęgania i do leniwego ruchu połączone są z osią pionową, aby lunetę można trzymać w danym kierunku, lub poruszać ją gdy jest sprzężoną. Libella przymocowana do lunety umożliwia ustawienie jej osi celowej w położeniu poziomem.

Objektyw jest soczewką złożoną, a dwie części, z których się ona składa, mają różną siłę refrakcji, ażeby obraz widziany był płaski. Pojedyńcza soczewka daje obraz sferyczny. Obraz tworzy się na płaszczyźnie siatki włosków krzyżowych, przymocowanych do pierścienia trzymanego śrubkami pokazanemi na rysunku. Linja celowa jest to linja łącząca dwa odpowiednie punkty w przedmiocie na który patrzymy i jego obrazie w lunecie, z którymi to punktami zlewa się punkt przecięcia się włosków krzyżowych siatki. Widocznie ta linja celowa może leżeć na jakiejkolwiek części pola widzenia w granicach ruchu pierścienia siatki. Linja kolimacyjna jest to po prostu prawdziwe położenie osi celowej. Lupa lunety służy tylko do powiększania obrazu, a czasem i do odwracania go. Sam obraz jest zawsze odwrócony i jeśli na niego patrzymy przez lupę składającą się z dwuch soczewek, które powiększają, a nie odwracają, to obraz widzimy w odwróconem położeniu. Jeśli w lupie mamy cztery soczewki, to one obraz odwracają powtórnie tak, że go widzimy w położeniu naturalnem. Skutkiem używania czterech soczewek w lupie traci się światło i wyrazistość.

Rektyfikacja instrumentu niwelacyjnego, typu z lunetą do przekładania.

§ 41. Rektyfikacja pierwsza. Rektyfikacja kolimacji, czyli siatki włosków krzyżowych. Rektyfikacja ta składa sie z dwuch części:

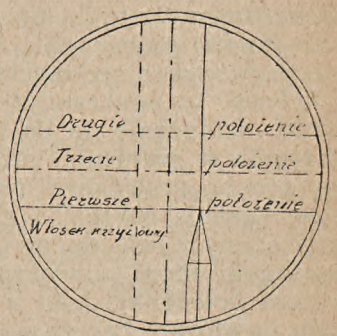
a) Włosek poziomy siatki musi być rzeczywiście poziomy, gdy instrument jest spoziomowany. Warunek ten można sprawdzić za pomocą nitki pionowej, lub ostrego rogu budynku. Po spoziomowaniu instrumentu, skierowujemy lunetę tak, aby włosek pionowy lunety padał na zawieszoną nitkę pionową, lub na róg budynku i obserwujemy czy włosek pionowy zlewa się z nitką lub z rogiem budynku. Jeśli tak nie jest, to włosek pionowy można uzgodnić z linją pionową przez odkręcenie śrubek utrzymujących pierścień do którego są przylepione włoski krzyżowe i odpowiednie przesunięcie pierścienia ruchem rotacyjnym. Jest to bardzo trudne do wykonania, gdyż po przesunięciu pierścienia ruchem rotacyjnym, trudno jest utrzymać pierścień w tem samem położeniu. Przy zakręcaniu śrubek można go posunąć w górę lub w dół, na prawo lub na lewo, i w ten sposób zniszczyć kolimację. Dlatego rektyfikację tą uskutecznia się w ten sposób, że ruchem rotacyjnym przesuwa się nie pierścień włosków krzyżowych, ale całą lunetę za pomocą śruby znajdującej się w jednym z ramion pod lunetą. Drugi sposób wykonania tej rektyfikacji jest następujący: Poziomuje się instrument i skierowuje się lunetę na ścianę budynku, drzewo lub jakikolwiek inny przedmiot stały, do którego można przytwierdzić ćwiartkę papieru. Na kartce papieru rysuje się dwie linje proste, przecinające się mniej więcej pod kątem 90°, zawiesza się kartkę tak, by linje te tworzyły z linją,

poziomą kąt około 45°, i by punkt przecięcia się dwuch linji leżał na środkowym włosku poziomym lunety. Porusza się lunetę na jej osi pionowej tak, by cały włosek poziomy przeszedł przez punkt przecięcia się dwuch linji. O ile włosek poziomy schodzi z punktu przecięcia się dwuch linji, położenie jego poprawia się ruchem rotacyjnym lunety, lub pierścienia, dopuki cały włosek nie pozostanie na punkcie przecięcia się dwuch linji w czasie poruszania lunetą na osi pionowej instrumentu.

Ponieważ włoski pionowy i poziomy są ustawione pod kątem prostym już w wytwórni i to z wielką dokładnością, to włosek poziomy musi być poziomym, gdy włosek pionowy jest pionowym i odwrotnie.

b) Oś celowa powinna się zlewać z osią pierścieni obrotowych, czyli z osią geometryczną lunety (zob. Rys. 16).

Stosunek ten można oznaczyć w następujący sposób: otwiera się klamry, które nakrywają pierścienie obrotowe, tak że lunetę można obracać rotacyjnie, przecięcie się włosków siatki celuje się na jakiś dobrze oznaczony punkt, używając śrub nastawnych do ruchu pionowego, a kleszczy i leniwki do ruchu poziomego. Ruchem rotacyjnym obracamy lunetę przez 180° w ramionach w których luneta jest osadzona, tak że libella znajduje się wprost nad nią.



Rys. 16. Rektyfikacja włosków krzyżowych. Część 2-ga.

Jeśli oś celowa i oś geometryczna lunety są w tej samej linji, to przecięcie się włosków siatki powinnno i teraz być na tym samym punkcie. Jeśli tak nie jest, to włosek poziomy siatki przesuwa się przez połowę drogi do jego pierwszego położenia, za pomocą dolnej i górnej śrubki pierścienia siatki. Zapomocą drugiej pary śrubek przesuwa się włosek pionowy przez połowę drogi do jego pierwszego położenia. Rektyfikację należy powtarzać tak długo, aż sprawdzenie okaże się doskonałem, po ukończeniu, śrubki pierścienia siatki należy starannie zakręcić.

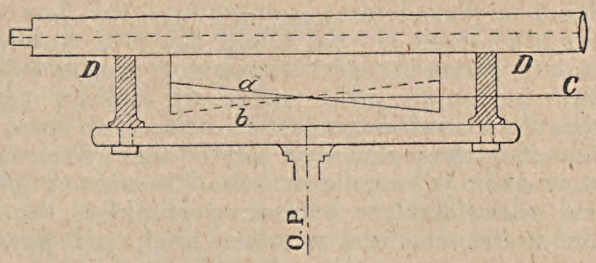
§ 42. Rektyfikacja druga. Rektyfikacja poprzeczna libelli. Ażeby oś libelli ustawić w tej samej płaszczyźnie pionowej w której jest oś celowa, przesuwa się bańkę do środka rurki szklanneji i ruchem rotacyjnym obraca się lunetę w widełkach ramion po kilka stopni w obie strony. Jeśli położenie libelli jest prawidłowe, bańka pozostanie w środku, jeśli nie, to bańka przesunie się do wyższego końca. Bańkę ustawia się w środku rurki zapomocą śrub kontrolujących ruch poprzeczny libelli. W nowoczesnych instrumentach rektyfikacja ta nie jest ważną i rzadko na nią potrzeba zwracać uwagę.

§ 43. Rektyfikacja trzecia. Oś libelli musi być równoległą do osi celowej. Są dwa sposoby przeprowadzenia tej rektyfikacji, a mianowicie: metoda pośrednia i metoda bezpośrednia, albo tak zwana metoda kołkowa. Którąkolwiek z tych metod można stosować przy sprawdzaniu instrumentu, w którym luneta jest przekładalna, ale tylko metoda kołkowa daje się zastosować przy instrumencie typu głuchego.

Metoda pośrednia. Unieruchomiwszy instrument zapomocą kleszczy przy osi pionowej tak, że luneta jest równoległą do dwuch śrub nastawnych, przyprowadza się bańkę do środka libelli. Wtedy wyjmuje się lunetę

z ramion, obraca się ją w przeciwnym kierunku i uważnie wkłada się ją z powrotem w ramiona, tak że okular jest w tem miejscu, gdzie poprzednio był objektyw.

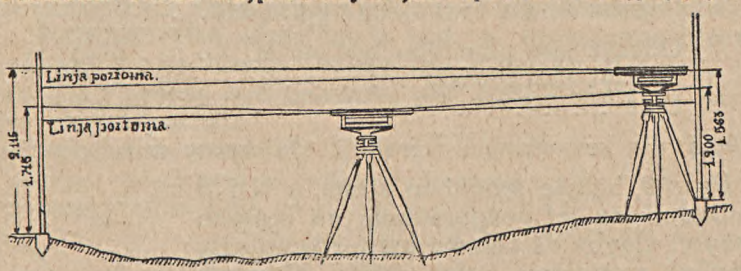
Jeśli to się robi bardzo uważnie, to bańka pozostanie w środku, jeśli instrument jest w porządku. W przeciwnym razie poruszenie się bańki jest dwa razy tak wielkie jak błąd, który rektyfikujemy. Przesuwa się bańkę z powrotem przez połowę jej poruszenia się zapomocą śrub kontrolujących pionowy ruch libelli na jednym jej końcu. Sprawdzenie to należy powtórzyć dla przekonania się czy zostało dokładnie wykonane. (Rys. 17).



Rys. 17.

§ 44. Metoda bezpośrednia lub kołkowa. Oś bańki musi być równoległą do osi celowej. Rektyfikację tą robi się zwyczajnie kilkoma różnemi sposobami. Może najprostszym jest sposób następujący. (Rys. 18).

Rys. 18.



Instrument ustawia się w środku między dwoma wbitemi w ziemię kołkami N i S. Skierowuje się lunatę na łatę trzymaną na jednym z kołków, bańkę przesuwa się do środka libelli i robi się odczyt. W taki sam sposób wykonuje się odczyt na łacie trzymanej na drugim kołku. Nawet, jeśli instrument nie jest zretyfikowany, różnica między tymi dwoma odczytami łaty jest prawdziwą różnicą poziomu między punktami N. i S. Teraz ustawia się instrument blisko wyższego kołka i patrząc w lunetę *ze strony objektywu*, robi się odczyt i dokładnie się go oznacza na łacie punktem zrobionym ołówkiem lub tarczą w samym środku małego pola widzenia. Następnie ustawia się łatę na dalekim kołku i robi się odczyt zwyczajnym sposobem. Jeśli do odczytu na bliskim kołku, dodamy prawdziwą różnicę poziomu między dwoma kołkami, to suma da nam odczyt taki, jakiby powinien być, gdyby instrument był zretyfikowany. Różnica między tą sumą, a rzeczywistym odczytem łaty na dalekim kołku, daje błąd jaki powstaje z powodu nie zrektyfikowania instrumentu. Błąd ten poprawia się w ten sposób, że linję celową skierowuje się na poprawiony, czyli prawdziwy odczyt na łacie trzymanej na dalekim kołku i zapomocą śruby rektyfikacyjnej libelli, bańkę ustawia się w środku rurki, teraz tak oś celowa jak i oś bańki są poziome, a więc i równoległe do siebie. Zobacz Rys. 18. Przykład:

Instrument w środku między N. i S.

Odczyt na S	=	1,200
„ „ N	=	1,715
Rzeczywista różnica poziomu między N i S		0,515

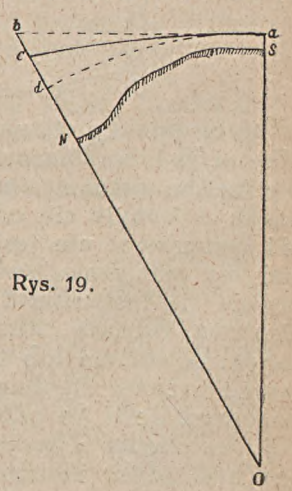
Jak to już zaznaczono w § 34, powierzchnia pozioma jest prostopadłą do linji pionowej w punkcie w którym ją przecina. Celem ustawienia osi libelli równolegle do osi celowej, ustawia się instrument w równej odległości między dwoma punktami, otóż bez względu na to, czy oś celowa jest równoległą do osi libelli czy nie, punkty w których oś celowa pada na łatę trzymaną na pierwszym i drugim kołku, leżą w tej samej powierzchni poziomej, gdyż mając oś celową tej samej długości w obydwuch wypadkach, refrakcja jest ta sama, tak samo i krzywizna powierzchni kuli ziemskiej nie wpływa na skutki spostrzeżenia. Gdy jednak ustawimy instrument obok jednego z kołków i wysokość instrumentu nad kołkiem ustalimy odczytem łaty patrząc w objektyw, to odczyt łaty trzymanej na drugim kołku zawiera w sobie błąd, jaki powstaje z powodu krzywizny kuli ziemskiej, minus poprawkę refrakcyjną.

Z dwuch poprzednich odczytów wiemy, że rzeczywista różnica poziomu między N i S wynosi 0.515 m. Ustawiamy instrument w S i odczyt łaty przez objektyw daje nam:

Odczyt na S	1.563
Różnica poziomu	0.515
Poprawka dla krzywizny i refrakcji . . .	0 001
Odczyt jaki powinien być na N	2.079
Odczyt rzeczywisty	2.115
Błąd	0.036

Poprawkę dla krzywizny i refrakcji obliczamy w następujący sposób:

Niechaj O, Rys. 19, będzie środkiem ziemi, a N i S dwoma punktami na jej powierzchni, na których robimy odczyty. Gdyby oś celowa była równoległą do powierzchni poziomej, toby miała kierunek łuku *ad*, w rzeczywistości jednak kierunek jej jest *ab*, który z powodu refrakcji zgina się i idzie wzdłuż łuku *ac*, dlatego odczyt jaki powinien być w *N*, równa się wysokości instrumentu nad *S*, plus rzeczywistą różnicę poziomu między S i N, plus *dc*. Celem obliczenia *dc*, mierzymy odległość między *N* i *S*, jest nią cięciwa *a d*. Mamy dwa trójkąty *bda* i *abO*. Z powodu proporcji jaka istnieje między *a d* i *a O* lub *d O*, różnica między kątem *b d a* a kątem *a d O* wynosi ułamkową część sekundy, dlatego dla celów praktycznych uważamy oba kąty za kąty proste. W trojkątach prostokątnych *bda* i *adO* mamy:



Rys. 19.

$$bd : da = da : dO$$

$$\text{zkąd } bd = \frac{da^2}{dO}$$

ad jest odległością między N i S, która w tym przykładzie niechaj wynosi 100 m., *dO* jest średnim promieniem ziemi, który według Bessla wynosi 6366738.16 m.

$$\text{Zatem } bd = \frac{100^2}{6366738} = 0.00157$$

Refrakcję *b c* obliczamy z formuły: Refrakcja $= \frac{d^2}{R}$ m. gdzie *d* jest odległością między punktami N i S, w metrach, R średnim promieniem ziemi

w metrach, a m współczynnikiem refrakcji, którego średnia wartość wynosi 0.07 [1]). W rozpatrywanym więc przykładzie mamy:

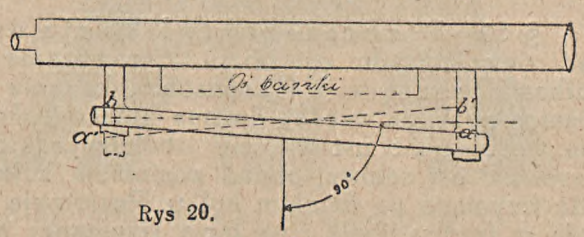
$$\frac{d^2}{R} m = \frac{100^2}{6366738} \times 0.07 = 0.0001099$$

Wartość refrakcji odejmujemy od błędu z powodu krzywizny i mamy:

$$bd - bc = 0.00157 - 0.0001099 = 0.00146.$$

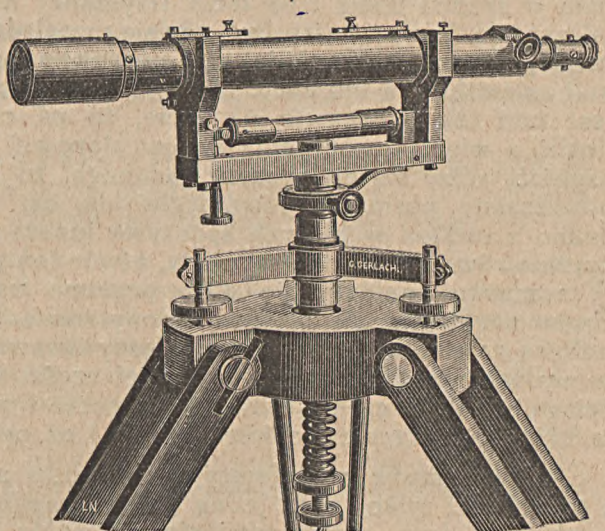
§ 45. **Rektyfikacja czwarta. Rektyfikacja ramion w których spoczywa luneta.** Oś ramion musi być prostopadłą do osi pionowej instrumentu. Ustawić lunetę w ramionach, zamknąć klamry i spoziomować instrument. Bańka musi być ściśle w środku rurki libelli, a luneta równoległa do dwuch śrub nastawnych, wtedy obraca się instrument naokoło jego osi pionowej przez 180,° bańka powinna pozostać w środku rurki libelli, o ile się poruszy w którąkolwiek stronę, to przesuwa się ją o połowę odległości wstecz zapomocą śrub rektyfikacyjnych umieszczonych pod jednem z ramion, a drugą połowę za pomocą śrub nastawowych. (Rys. 20).

§ 46. **Stosunkowa ważność rektyfikacji.** Rektyfikacja ramion w których spoczywa luneta w żadnej mierze nie wpływa na dokładność niwelacji, ale mając pewność że bańka zawsze pozostanie bardzo blizko środka rurki libelli, zaoszczędza się czasu w ponownem poziomowaniu instrumentu. Najważniejszą rektyfikacją jest ta, która zabezpiecza równoległość osi celowej z osią libelli. Mając ten stosunek ustalony, oś celowa musi z konieczności rzeczy być poziomą, gdy bańka znajdzie się w środku libelli. Zawsze jednak pozostanie mały błąd rezydualny, błąd ten można usunąć przez odpowiednie równoważenie linji celowych.



Rys 20.

§ 47. **Instrument niwelacyjny z lunetą do przekładania i libellą, przytwierdzoną do podstawy ramion.** Instrument ten różni się od poprzednio opisanego tem, że libella nie jest przytwierdzoną do lunety i z tej przyczyny rektyfikację przeprowadza się w odmienny sposób.



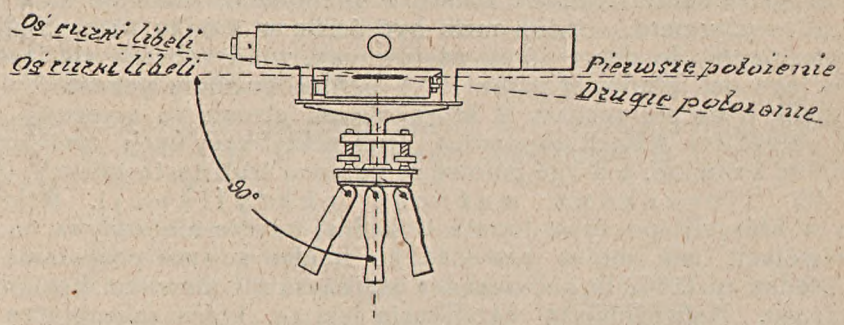
Rys. 21. Instrument niwelacyjny z lutetą do przekładania i libellą przytwierdzoną do podstawy ramion.

§ 48. **Rektyfikacja pierwsza. Rektyfikacja kolimacji lub siatki włosków krzyżowych.** Rektyfikację tą przeprowadza się zupełnie w ten sam sposób, jak opisano w § 41.

§ 49. **Druga — rektyfikacja libelli.** Oś libelli musi być prostopadłą do osi pionowej instrumentu, gdy bańką znajduje się w środku

[1]) Wzięte z raportu o pomiarach wybrzeży morskich i geodezyjnych w Stanach Zjednoczonych. (Report of the U. S. Coast and Geodetic Surveys). Obliczenie tego współczynnika należy do zagadnień geodezji wyższej.

libelli. Poziomuje się instrument ustawiając lunetę tak, by była równoległą do dwuch śrub nastawnych. Obraca się instrument przez 180° naokoło osi pionowej. Jeśli bańka pozostaje w środku rurki libelli, to oś libelli jest prostopadłą do osi pionowej instrumentu. Gdy tak nie jest, cofa się bańkę przez połowę odległości przez którą się przesunęła, za pomocą śruby rektyfikacyjnej znajdującej się przy jednym końcu libelli, a przez drugą połowę za pomocą śrub nastawnych.



Rys. 22. Rektyfikacja libelli.

§ 50. Trzecia—rektyfikacja osi celowej. Oś celowa musi być równoległą do osi libelli. Sprawdzenie to przeprowadza się metodą kołkową opisaną w § 44, sposób wykonania jednak jest inny. Rzeczywistą różnicę poziomu między dwoma kołkami określa się tak samo jak poprzednio, instrument ustawia się obok wyżej położonego kołka, określa się wysokość osi celowej ponad poziomem kołka i lunetę skierowuje się na łatę trzymaną na dalekim kołku. Poziomuje się instrument tak, żeby bańka była w środku libelli i na łacie trzymanej na dalekim kołku oznacza się odczyt taki, jaki powinien być, gdy się uwzględni rzeczywistą różnicę poziomu między dwoma kołkami, jakoteż poprawkę z powodu krzywizny powierzchni kuli ziemskiej i refrakcji. Jeśli odczyt środkowego włoska poziomego jest taki jak oznaczono na łacie, to oś celowa jest równoległą do osi libelli, a więc i prostopadłą do osi pionowej instrumentu. Jeśli odczyt rzeczywisty różni się od odczytu żądanego, to oś celową sprowadza się do płaszczyzny poziomej, równoległej do osi libelli, w następujący sposób: Jedno z ramion w których spoczywa luneta ma otwór pionowy w płaszczyźnie równoległej do osi lunety, otwór ten przepoławia prawie całe ramię. W ramieniu znajdują się dwie poziomo ustawione śruby rektyfikacyjne. Śruba znajdująca się z jednej strony ramienia, przechodzi przez pierwszą połowę ramienia, przez otwór między dwoma częściami ramienia i wchodzi w wydrążenie gwintowane w drugiej części ramienia. Zakręcając tą śrubę ściąga się dwie części ramienia ku sobie i w ten sposób zwęża się łożysko w którem spoczywa pierścień lunety i oś celową podnosi się do góry.

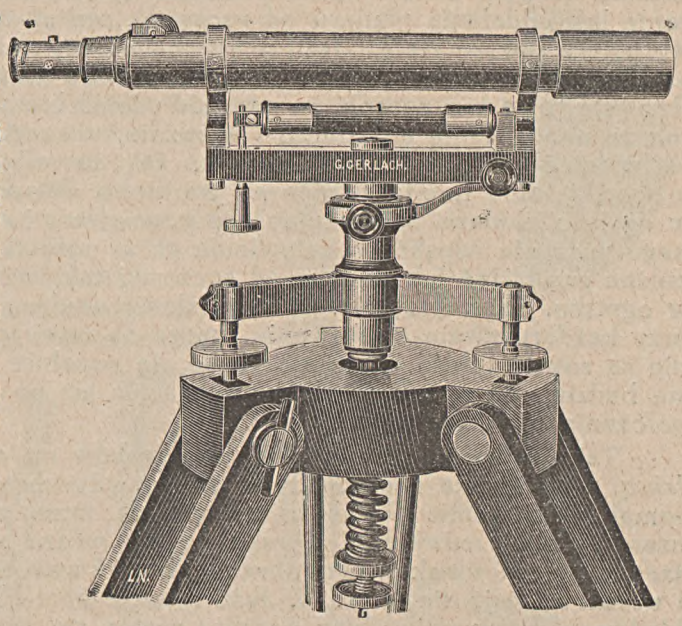
Druga śruba rektyfikacyjna znajduie się po drugiej stronie ramienia i przechodzi tylko przez jedną połowę ramienia. Zakręcając tą śrubę, rozpycha się dwie części ramienia od siebie, przez co rozszerza się łożysko w którem spoczywa pierścień lunety i oś celową zniża się. Za pomocą tych dwuch śrub rektyfikacyjnych, jeden koniec lunety opuszczą się w dół lub podnosi się do góry, doputy aż środkowy włosek krzyżowy da żądany odczyt na łacie trzymanej na dalekim kołku. Teraz oś celowa jest poziomą,

a ponieważ oś libelli jest również poziomą, więc dwie osie są do siebie równoległe i prostopadłe do osi pionowej instrumentu.

Śruby rektyfikacyjne raz użyte do jednej rektyfikacji, nie mogą być po raz drugi użyte do drugiej rektyfikacji.

Instrument niwelacyjny typu III-go, zwany głuchym.

§ 51. Formę instrumentu głuchego przedstawia rysunek 23. Prostota konstrukcji, stosunkowo mała ilość części składowych i niewielka cena instrumentu, czynią go nader użytecznym i popularnym w zwykłych pracach niwelacyjnych. Posiada on jeszcze i tą dodatnią cechę, że gdy go się raz zrektyfikuje, to instrument przez długi czas rektyfikacji tej nie traci.



Rys. 23. Instrument niwelacyjny głuchy (typ. III).

Podlega on następującym rektyfikacjom:

§ 52. Pierwsza. Rektyfikacja siatki włosków krzyżowych. Rektyfikację tą przeprowadza się w ten sam sposób, jak opisano w części a) § 41. Części b) nie wykonuje się w polu, gdyż luneta jest przymocowana na stałe do ramion. Rektyfikację tą wykonywa się w fabryce, skąd instrument wychodzi już zrektyfikowany.

§ 53. Druga. Rektyfikacja libelli. Polega ona na tem, że oś libelli ustawia się prostopadle do osi pionowej instrumentu. Rektyfikację tą przeprowadza się w ten sam sposób jak opisano w § 49. (Patrz rys. 22).

§ 54. Trzecia. Rektyfikacja osi celowej. Oś celowa musi być równoległą do osi libelli. Sprawdza się to metodą kołkową (zob. § 44) rzeczywiste jednak sprawdzenie robi się znacznie inaczej jak opisano w § 44. Po obliczeniu i ustaleniu prawdziwego odczytu poziomego (2,079) na łacie trzymanej na dalekim kołku, *oś celową rektyfikuje się zapomocą śrubek przytrzymujących pierścień siatki włosków krzyżowych*, uważa się przytem by bańka była jednocześnie w środku rurki libelli. Wtedy mamy pewność, że tak oś celowa, jak i oś bańki są poziome, a więc i równoległe. Jest to najważniejsza rektyfikacja instrumentu, należy więc wszelkich starań dołożyć, by ją dokładnie przeprowadzić.

§ 55. Ognisko i paralaksa. Soczewka zbiera i przyprowadza do ogniska przy skrzyżowaniu włosków siatki, liczne rozbieżne promienie światła z obrazu na który patrzymy, lupa zaś oczna służy przedewszystkiem do powiększania obrazu. W instrumentach tak zbudowanych, że obraz widzi

się w pozycji nieodwróconej, lupa jest złożona, zwana inaczej compound i lupa ta obraz jeszcze raz odwraca, by go można widzieć naturalnie. Wielka siła powiększająca zwyczajnych instrumentów polowych (20 do 35 średnic) sprawia, że długość ogniskowa lupy jest bardzo małą, około 2 mm. Tak obraz odbity przez soczewkę, jak i obraz na siatce włosków krzyżowych, powinny się znajdować w ognisku lupy, ażeby oba obrazy można jednocześnie widzieć. Obraz można posuwać wprzód lub w tył, przez przybliżanie lub oddalania okularu od soczewki, ale płaszczyzna włosków krzyżowych jest zawsze stałą. Jeśli więc oba obrazy mają być w tej samej płaszczyźnie, to obraz odbity przez soczewkę musimy przenieść na włoski. Robi się to w ten sposób, że naprzód włoski bierze się w ognisko okularu, tak że one okazują się czarno i wyraźnie, w czasie tej operacji nie powinno się widzieć odbicia żadnego obrazu, tak że albo soczewkę wysuwa się z ogniska, albo lunetę zwraca się na niebo. Włoski najdokładniej bierze się w ognisko okularu, wyszukując jego wewnętrzne i zewnętrzne granice wyraźnego widzenia włosków i ustawienie go w pozycji pośredniej. Teraz okular można przybliżyć lub oddalić od soczewki tak, aż obraz wyraźnie wejdzie w ognisko. Takie przybliżanie i oddalania okularu od soczewki należy robić przy każdorazowem skierowaniu lunety do nowego punktu, o ile odległości nie są równe. Jeśli obraz nie zlewa się zupełnie z włoskami, to wydawać się będzie, że włoski te zlekka poruszają się po obrazie, gdy się zmienia położenie oka koło lupy.

Taka kątowa zmiana położenia włosków na obrazie nazywa się *paralaksą*, a może ona nastąpić tylko wtedy, gdy obraz i włoski nie są w tej samej płaszczyźnie. Paralaksę usuwa się przez zbliżenie ogniska do soczewki i takie ustawienie obrazu, że nie można zauważyć żadnego poruszenia się ani włosków, ani obrazu, chociaż zmieniamy pozycję oka. Obraz i włoski zlewają się w jedno. Jeśli istnieje paralaksa, to odczyt jest niedokładny, a maksymalny błąd odczytu równa się maksymalnemu poruszeniu kątowemu paralaksy. Jeślibyśmy oko ustawiali zawsze naprzeciw środka lupy, toby nie było paralaksy i właśnie w tym celu lupa ma nakrycie z malutkim otworem w środku. Pomimo to, małe poruszenie oka wystarczy, by spowodować błąd paralaktyczny, jeśli obraz i włoski nie zupełnie się zlewają. Jeśli lupę raz tak ustawimy że włoski można wyraźnie widzieć, to o ile instrument jest używany przez tą samą osobę, lupy nie trzeba więcej sprawdzać, powtórna rektyfikacja będzie potrzebna wtedy, gdy instrument oddaje się innej osobie, u której jest inna odległość ogniska ocznego. Widzimy więc że rektyfikacja lupy jest osobistą, a robi się ją raz na zawsze dla dsnej osoby. Rektyfikacja objektywu natomiast zależną jest od odległości obrazu od instrumentu, robi się ją przy każdorazowem zwróceniu lunety do punktu celowniczego i uważamy ją za doskonałą wtedy gdy paralaksa jest usunięta.

Łaty niwelacyjne.

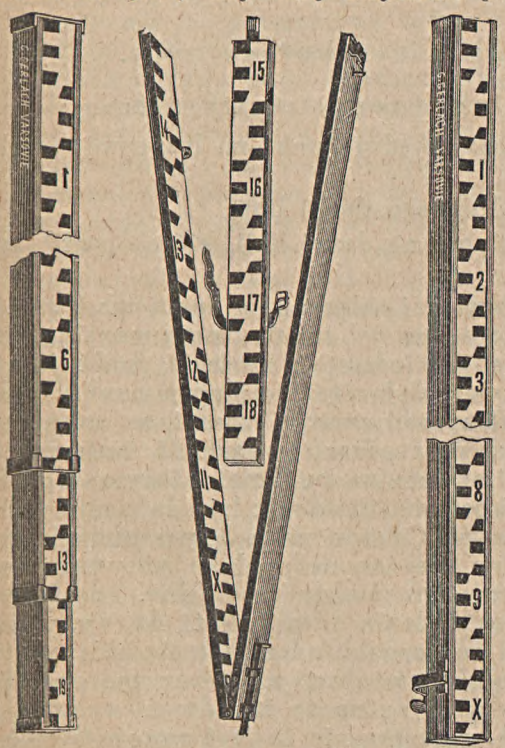
§ 56. Łaty niwelacyjnej używa się do mierzenia odległości pionowej między linją celową, a punktem na którym łata spoczywa. Rozróżniamy dwa ogólne typy łat, łaty samoodczytowe, albo łaty mówiące i łaty tarczowe.

Łaty samoodczytowe czyli mówiące (Rys. 24.) mają taką podziałkę, że technik przy instrumencie może odrazu odczytać punkt leżący na linji celowej. Pomocnik przy łacie niema tu nic do czynienia, on tylko łatę trzyma pionowo. Technik robi odczyt i notuje go.

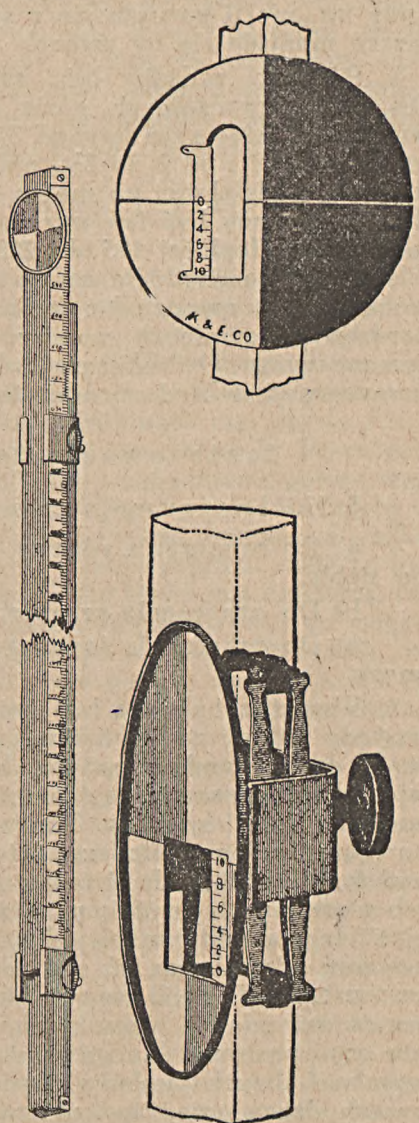
Łata tarczowa, zaopatrzona jest w tarczę przesuwalną, którą pomocnik przesuwa zgodnie z sygnałami technika będącego przy instrumencie, a przesuwa ją tak długo aż linja środkowa, przecinająca tarczę poziomo, zleje się zupełnie z osią celową. Wtedy położenie tarczy odczytuje się bardzo dokładnie zapomocą podziałki noniuszowej.

Dogodną formę łaty tarczowej przedstawia rys. 25. Wrazie potrzeby normalną długość tej łaty można zdwoić przez rozsunięcie, wtedy tarczy nie przesuwa się, pozostaje ona stale w tem samem miejscu, w górnej części łaty, którą się przesuwa doputy, aż linja poziomo tarczy stanie na wysokości osi celowej. Wtedy pomocnik zakręca śrubę kleszczową przytwierdzającą dwie części łaty do siebie i odczytuje noniuszumieszczony na dolnej części łaty.

W czasie robienia spostrzeżeń koniecznem jest, aby łatę trzymano pio-



Rys. 24. Łata samoodczytowa.



Rys. 25 Łata tarczowa.

nowo, co jest trudnem do wykonania na terenie pochyłym, lub wczasie wiatru. Dlatego do utrzymania łaty pionowo, szczególnie w płaszczyźnie linji celowej używa się specjalnej libelki do łat niwelacyjnych. (Rys. 26).

Łatę można również utrzymać pionowo za pomocą tarczy przedstawionej w górnej części Rys. 25. Tarcza ta jest zgięta pod kątem

prostym, a więc przylega do dwuch stron łaty. Gdy ją trzymamy tak, że obie strony tarczy są widoczne, to jeśli łata nie jest pionową, wtedy linja pozioma, dzieląca tarczę na dwie połowy, wygląda jak linja łamana.

Najczęściej tarczę suwa sie po łacie, zatrzymuje się ją śrubą kleszczową i sprężyną. Gdy łata jest mokra to tarcza lgnie do niej i porusza się z szarpaniem Aby tego uniknąć tarczę montuje się na rolkach. (Zob. rys. 25—tarcza dolna).

Rys. 26. Libelka do łat niwelacyjnych.

Różnego rodzaju łaty samoodczytowe są w użyciu. Do robót zwyczajnych gdzie wielka dokładność nie jest wymaganą, używa się łaty od 3 do 4 mtr. długiej, od 5 do 10 cm. szerokiej i od 2 do $3^1/_2$ cm. grubej, pomalowanej, okutej u spodu, podzielonej na metry, decymetry i centymetry. Podziałki powinny być tak wyraźne, by je można widzieć przez lunetę z odległości 175 do 200 m.

Praktyka dowiodła że nie tylko taniej, ale i prędzej niweluje się za pomocą łat samoodczytowych. Nawet na najbardziej precyzyjnych pomiarach niwelacyjnych, używa się wyłącznie łat samoodczytowych. Większa dokładność zdaje się pochodzi z doskonalszej kompensacji w błędach odczytowych łaty.

Zastosowanie instrumentu niwelacyjnego.

§ 57. Instrumentu niwelacyjnego używa się:

a) Do oznaczenia różnicy poziomu między punktami leżącymi daleko od siebie.

b) Do oznaczenia przekroju podłużnego danej linji.

c) Do oznaczenia żądanego poziomu na danej linji, której profil jest znany.

Wszystko to może być mniej lub więcej połączone w danej robocie; bez względu jednak na to, jakiby był ostateczny cel roboty, instrument ustawia sią w danym punkcie po to, by się dowiedzieć o ile jakiś punkt leżący wprzód lub nieznany, jest położony wyżej lub niżej od innego punktu położonego z tyłu i znanego. Trzymając łatę nad znanym punktem, zwracamy na nią oś celową i odczyt łaty daje nam odrazu wysokość instrumentu nad tym punktem. Jeśli teraz ustawimy łatę na punkcie leżącym wprzód, lub nieznanym i zwrócimy na nią oś celową, to odczyt łaty daje nam odległość tego punktu w dół od osi celowej. Odczyt na znanym punkcie nazywamy *odczytem w tył*, zaś odczyt na nieznanym punkcie nazywamy *odczytem wprzód*. Jeśli wywyższenie znanego punktu jest dane, to wywyższenie osi celowej wyszukujemy przez dodanie odczytu łaty do wywyższenia czyli poziomu danego punktu. W ten sposób odszukuje się stosunkową wysokość dwuch punktów, porównując jeden i drugi z płaszczyzną poziomą przechodzącą przez instrument. Ze względu na to że odczyt w tył daje wywyższenie instrumentu i ponieważ wywyższenie to jest zawsze większe od poziomu danego punktu, stąd wniosek że odczyt w tył jest zasadniczo dodatni.

Podobnież odczyt wprzód jest zasadniczo ujemnym, gdyż jakikolwiek punkt na którymbyśmy ustawili łatę, jest niższym od osi celowej. Zobaczymy także że można mieć tylko jeden odczyt w tył (z wyjątkiem wypadków gdzie wysokość instrumentu obliczamy z odczytów na kilka znanych punktach i bierzemy średnnią tych odczytów), zaś ilość odczytów wprzód

z tego samego stanowiska instrumentu jest nieograniczona. Po oznaczeniu wysokości instrumentu, możemy oznaczyć wysokość jakiejkolwiek liczby punktów, w którymkolwiek kierunku, porównując je wszystkie z płaszczyzną poziomą przechodzącą przez instrument, którego wywyższenie obliczyliśmy z pojedyńczego odczytu wtył. Należy też o tem pamiętać że wyrażenia, „odczyt wtył" i odczyt „wprzód" nie mają żadnego związku z kierunkiem zwykłym lub magnetycznym; mają one racjonalne znaczenie tylko wtedy gdy myślimy o pracy postępującej od znanego punktu, do nieznanego punktu lub punktów. I tak: odnosimy się *wtył* do znanego punktu, celem oznaczenia wysokości instrumentu, a potem wiadomość tą przenosimy *„wprzód"* do punktów, których wywyższenie chcemy oznaczyć.

Niwelacja dla oznaczenia różnicy poziomu.

§ 58. Niwelacja dla oznaczenia różnicy poziomu, polega na wyszukaniu różnicy wywyższenia między punktami znacznie od siebie oddalonymi. Znając lub przyjmując poziom pierwszego punktu, wynajdujemy różnicę poziomu między tym, a jakimkolwiek innym punktem, dodajemy ją algebraicznie do znanego poziomu i otrzymujemy poziom drugiego punktu. „Płaszczyzną porównawczą" jest powierzchnia poziomu zerowego, powszechnie nazywają ją „płaszczyzną datum". W rzeczywistości nie jest to *płaszczyzna*, ale pozioma powierzchnia, według określenia danego w § 34. Powszechnie jednak nazywa się ją „płaszczyzną datum". Całe zagadnienie polega więc na odszukaniu różnicy poziomu między dwoma odległymi punktami. Gdyby te punkty były blisko siebie, a różnica poziomu między niemi nie była za wielką, to jednorazowe ustawienie instrumentu byłoby wystarczającem. Gdy to jest niemożliwem z powodu tego że różnica między punktami jest zawielką, czy to w odległości, czy w poziomie, w takim razie instrument musi się więcej razy ustawiać. Utrwalone punkty stałe, na początku i na końcu linji, na których stawiamy łatę, nazywają się *reperami*, zaś punkty na których trzymamy łatę zaraz po ustawieniu instrumentu i przed przeniesieniem instrumentu na nowe stanowisko, nazywają się *punktami obrotowymi*. Następujące po sobie różnice poziomu, między tymi punktami obrotowymi, wyszukujemy ustawiając instrument w jednakowej odległości od nich i w ten sposób punkty te służą do podzielenia całej odległości między punktami końcowymi w serję krótkich przestrzeni, z których każdą można objąć pojedyńczem ustawieniem instrumentu. Wyszukawszy poszczególne różnice poziomu pomiędzy punktami obrotowymi, dodajemy je algebraicznie, a ich suma algebraiczna daje różnicę poziomu między punktami końcowymi, czyli reperami. Ale, ponieważ wszystkie odczyty wtył są zasadniczo dodatnie, a wszystkie odczyty wprzód ujemne, możemy odrazu dodać wszystkie odczyty wprzód i odczyty wtył i mieć różnicę ich sum. Jest to różnica poziomu między punktami końcowymi i ma znak większej sumy, odczyty wtył są dodatnie, zaś odczyty wprzód ujemne. Ta różnica poziomu dodana algebraicznie do poziomu punktu początkowego, daje poziom punktu końcowego. Widocznem jest, że o ile otrzymujemy prawdziwą różnicę poziomu, to droga którą przechodzimy od jednego reperu do drugiego, nie odgrywa tu żadnej roli.

§ 59 Długość odczytów. Tam gdzie teren jest prawie poziomy, pożądanem jest, by długość odczytów (odległość między instrumentem a łatą) była tak długą, jak to praktycznie jest możliwem, a to w tym celu, aby zwiększyć szybkość posuwania się naprzód. W najdokładniejszych robotach odległość ta może wynosić od 40 do 100 mtr. zależnie od stanu atmosfery.

Gdy jest wielka różnica między temperaturą ziemi, a temperaturą powietrza, to skutkiem tego powstaje niezliczona ilość maleńkich prądów powietrznych do góry i w dół. Ciepłe powietrze jest bardziej rozrzedzone niż powietrze zimne i promień światła przechodząc od łaty do instrumentu, przechodzi naprzemian przez gęstsze i rzadsze media, a każda taka zmiana wywołuje słabą refrakcję w promieniu. To wywołuje szczególny drgający stan obrazu w lunecie, tak że trudno jest oznaczyć jaka właściwie część obrazu, leży na włoskach krzyżowych. Mówimy wtedy że powietrze „gotuje się", „tańczy" lub jest „niestałe". Zdarza się to zawsze, mniej lub więcej w czasie jasnej pogody, gdyż ziemia wtedy jest gorętszą od powietrza, a temperatura jej waha się zależnie od jakości gleby; kamienie i żwir bardzo się prędko rozgrzewają. Gdy atmosfera jest w takim stanie, to należy, skrócić długość odczytów.

Odczyt wtył i odczyt wprzód dla jakiegokolwiek stanowiska instrumentu, powinny być zawsze jednakowej długości. Niwelacja jest to jedyny rodzaj miernictwa polowego, gdzie błędy instrumentów można w całości eliminować bez powtarzania spostrzeżenia. W niwelacji uskutecznia się to, dając jednakową długość tak odczytom w tył, jak i odczytom wprzód. Ponieważ wielkością, jakiej zawsze używamy jest tu *różnica* między odczytem wtył, a odczytem wprzód, stąd wniosek że jeśli oba odczyty są zaduże lub zamałe o tą samą wartość, to *różnica* pozostaje bez zmiany. Jeśli oś celowa jest podniesiona do góry o dany mały kąt, gdy bańka jest w środku libelli, to stosunek osi celowej do linji poziomej pozostaje ten sam w obydwuch odczytach, tak wprzód jak i wtył, *a jeśli długości odczytów były równe*, to jednakowy błąd istnieje tak w jednym jak i w drugim odczycie łaty. Z tej przyczyny pożądanem jest bardzo, aby te odczyty były jednakowej długości. Ponadto, postępując w ten sposób eliminuje się wpływ kulistości powierzchni kuli ziemskiej, bez względu na to jak wielką jest długość odczytów. Są i inne błędy, których się tym sposobem nie usuwa, ale te błędy, które się usuwa, są dostatecznie ważne, dla dołożenia wszelkich starań, by odczyty w obie strony były tej samej długości dla każdego stanowiska instrumentu. Jeśli czasem to nie jest możliwem to nierówność należy zrównoważyć na następnem lub następnych dwuch stanowiskach instrumentu. Uskutecznia się to w ten sposób, że się robi nierówne odczyty tej samej wielkości w przeciwnym kierunku. Równość odczytów można z dostateczną dokładnością oznaczyć krokiem.

§ 60. Repery, są to dobrze utwierdzone punkty stałe, których poziom oznacza się i zapisuje dla przyszłych porównań. Ogólne i szczegółowe położenie reperu, powinno być tak dokładnie opisane, aby na podstawie opisu każdy go mógł łatwo odszukać. Kiedy następuje czasowe przerwanie roboty, należy zostawić tymczasowy reper, np., mocny kołek wbity w ziemię lub gwoździ wbity w korzeń drzewa. W dobrym reperze pożądanem jest przedewszystkiem to, aby poziom jego nie zmienił się w tym czasie w którym reper się używa. Jeśli czas ten nie przekracza dwuch lub trzech lat, to gwóźdź wbity w gruby korzeń drzewa, blizko pnia i dobrze nad ziemią, wystarczy. Dzewo należy oczyścić z korzenia, pościnać krzaki i gałęzie, tak, by pozostał czysty korzeń, którego zieleń nie pokrywa. Następnie należy oznaczyć samo drzewo, robiąc na niem nacięcia, lub w inny sposób i położenie jego starannie określić w opisie.

Jeśli raper ma służyć na dłuższy okres czasu, to należy wybrać budynek murowany lub naturalną skałę. Do tego mogą służyć kamienne jazy wodne, krawędzie schodów kamiennych, budynków, górne części funda-

mentów i ścian podporowych, filary mostowe lub bolce miedziane zalane ołowiem w skale. Jeśli wybieramy budynki, to należy wybierać te, które według wszelkiego prawdopodobieństwa osiadły już do najniższego poziomu i z tej przyczyny pierszeństwo należy dawać budynkom starym.

Gdy na repery tymczasowe używa się palików, pożądanem jest wbijać dwa lub więcej palików dla sprawdzenia. W takim wypadku *średni poziom* tych palików, jest poziomem którego się używa. Zaczynając niwelować od takiej serji reperów, będziemy mieli tyle odczytów w tył z pierwszego stanowiska instrumentu, ile jest reperów, *średnia tych odczytów*, dodana do *średniego poziomu* reperów, jest wywyższeniem instrumentu. Niwelując ciągłą linję, należy mieć przynajmniej jeden reper na kilometr.

§ 61. Dziennik niwelacyjny. Gdy się niweluje celem oznaczenia różnicy poziomu między dwoma odległymi punktami, to dziennik niwelacyjny jaki się jednocześnie prowadzi jest bardzo prosty. Mając bańkę w środku libelli i stanowiska dla łaty wybrane w jednakowej odległości od instrumentu, odczytu bańki i odległości łaty od instrumentu można nie wpisywać do dziennika, chyba że potrzebną jest znajomość odległości przez którą się przechodzi, to wtedy i odległość zapisuje się do dziennika. Jeśli ustawianie łaty w równej odległości od instrumentu, jest niedogodnem, lub niemożliwem, to należy wyrównać długości odczytów wprzód i odczytów wtył między dwoma reperami, tak jak w następującym przykładzie:

Wzór dziennika polowego dla niwelowania celem określenia różnicy poziomu między dwoma odległymi punktami:

Punkt	Odczyt wtył +	Wysokość instrumentu	Odczyt wprzód —	Wywyższenie (kota)	Odległość łaty wprzód	Odległość łaty wtył	UWAGI
Reper 1				121.715		-	Reper 1. Bolc mosiężny, zalany betonem na skale 15 mtr. od południowego rogu młyna.
„	2.195	123 911			40		
„			0 545	123.366		50	
„	3.115	126 481			50		
„			1.018	125.463		40	
„	3 720	129.183			40		
„			0 315	128.868		40	
„	2.955	131 823			74		
„			0.715	131.108		75	
„	3.114	134.222			60		
„			0 512	133.710		40	Reper 2, pal wbity w dno jeziora, poziom reperu równa się poziomowi powierzchni jeziora.
„	3.917	137.627			40		
Reper 2			0.175	137.452		60	

sumy	+ 19.017	121 715
	— 3.280	+ 15 737
różnica	+ 15.737	137.452

Kolumny, wysokość instrumentu i „wywyższenie“ (kota) można również opuścić. Różnica sum w kolumnie odczytów wtył i odczytów wprzód, daje różnicę poziomu. W powyższym przykładzie jeśli różnicę tą + 15.737, dodamy do wywyższenia reperu № 1 (121.715), to otrzymamy wywyższenie reperu № 2 (137.452).

§ 62. Jeśli chcemy mieć dobre rezultaty w niwelacji, to należy *zawsze zachować pewne ostrożności.* Rektyfikację należy przeprowadzać każdego dnia, zwłaszcza należy sprawdzać równoległość osi bańki z osią celową. Tak instrument, jak i łata, powinny być oparte na stałym gruncie. Na repery pośrednie używa się stożka żelaznego długości około 30 cm. z ostrym końcem do wbijania w ziemię i kulistą górną powierzchnią do stawiania na niej łaty. Stożek ten nosi się na sznurku lub rzemyku, przechodzącym przez otwór wywiercony w górnej części stożka. Łatę trzyma się pionowo w ten sposób, że pomocnik staje wprost za nią i przyprowadza ją do równowagi na stóżku. Po przesunięciu tarczy na żądaną wysokość i unieruchomieniu jej śrubą sprzęgową, pomocnik odczytuje wysokość tarczy na łacie i odczyt ten zapisuje w notatniku, specjalnie na ten cel przeznaczonym. Wtedy, jeśli to był odczyt wtył, niesie go do technika przy instrumencie, jeśli zaś odczyt wprzód, to czeka przy reperze na technika, który przychodzi, odczytuje tarczę i zapisuje odczyt w swoim dzienniku. Pomocnik czyta wtedy swoje odczyty, a technik porównuje ich zgodność z odczytami zapisanymi w książce. W ten sposób otrzymuje się dwie serje odczytów zupełnie od siebie niezależnych i poprawia się jakikolwiek odczyt, który jest mylny. Przy odczytywaniu łat z tarczy, błędy częste, są to błędy wynoszące 1 metr lub 0 1 metra. Szczególną opieką należy otoczyć reper przejściowy, między odczytem wtył, a odczytem wprzód, w tym czasie, reper ten musi być wolny od wszelkich poruszeń. Technik musi nie tylko przez dawanie sygnałów pomocnikowi tarczę tak ustawić, by średni włosek poziomy, przecinał ją w środku, na linji załamania się dwuch kolorów, ale musi on także wiedzieć, że bańka jest akuratnie w środku libelli, gdy włosek środkowy przecina tarczę. Posuwając się naprzód dla ponownego ustawienia instrumentu, mierzy on odległość krokami i robi odczyt takiej długości, na jaką pozwala rodzaj terenu i warunki atmosferyczne. Pomocnik idąc w kierunku instrumentu, mierzy odległość krokami, a od instrumentu odchodzi wprzód *o taką samą odległość.* Długość odczytów kontroluje technik i robi ją taką, jaką uważa za stosowną, obowiązkiem zaś pomocnika jest przypilnowanie, by odczyty wtył i wprzód dla każdego stanowiska instrumentu były sobie równe.

Niwelacja profilowa.

§ 63. Celem niwelacji profilowej jest wyszukanie przekroju powierzchni terenu wdłuż linji, która została wytyczona. Tutaj musi się wyszukać i odległości w wywyższeniu serji punktów, ponad pewien ustalony punkt początkowy. Gdy się wytycza linję, to co 100 metrów, lub w mniejszych odstępach, wbija się paliki, a odstępy między niemi mierzy się taśmą. Otóż obowiązkiem prowadzącego niwelację jest wyszukanie wywyższenia terenu przy każdym z tych palików i na tylu punktach pośrednich na ilu potrzeba, aby umożliwić wyrysowanie dość dokładnego profilu terenu. Paliki wbite w ziemię w odległościach 100 metrowych, są zazwyczaj numerowane i numery te wpisuje się do dziennika niwelacyjnego, w rubryce zatytułowanej pikiety. Punkty pośrednie nazywamy plusami. I tak: punkt leżący 40 m. poza dwudziestym piątym pikietem oznaczającym 100 metrowy odstęp, nazywamy 25 + 40, w rzeczywistości punkt ten leży 2540 metrów od punktu początkowego linji. Widocznem jest, że większych plusów robić nie można od plusów 100 metrowych. Punkty pośrednie wybiera się zależnie od ich wartości w oznaczaniu profilu. Są to punkty, gdzie następuje zmiana spadku,

najczęściej punkty maximum i minimum, czyli wierzchołki grzbietów i dna rowów. Punkty obrotowe wybiera się w odpowiednich odległościach, zależnie od żądanej dokładności, a mogą one być punktami w niwelowanej linji, albo też i nie. Instrumentu niwelacyjnego nie ustawia się na linji, jeśli wygodniej jest ustawić go obok linji.

Ponieważ w niwelacji profilowej należy otrzymać absolutne wywyższenie każdego punktu ponad płaszczyznę datum, z każdego stanowiska instrumentu, potrzeba więc znaleść wywyższenie instrumentu ponad płaszczyzną datum w każdem jego stanowisku i od tego wywyższenia, czyli wysokości instrumentu, którą otrzymujemy z pojedyńczego odczytu wtył, na ostatni reper pośredni, otrzymamy wywyższenie jakiejkolwiek ilości punktów, odejmując odczyty na tych punktach od wysokości instrumentu.

§ 64. Dziennik niwelacji profilowej jest o wiele bardziej skomplikowany od dziennika, którego wzór podano w § 61. Poniżej podany wzór uważany jest za bardzo dogodny dla robót profilowych, gdzie linja wytyczona jest w odstępach 100 metrowych. Widzimy że dla każdego stanowiska instrumentu mamy tylko jeden odczyt wtył i jedną wysokość instrumentu. W dzienniku odczyty wtył i wprzód z tego samego stanowiska instrumentu nie są na tej samej linji, zato odczyty wtył i wprzód na tych samych reperach przejściowych są na tej samej linji. I tak, pierwszy odczyt łaty był na reperze, o którym wiemy, że poziom jego ponad datum wynosi 54.716 m. Odczyt ten (1.015) dodany do wywyższenia reperu, daje wysokość instrumentu, 55.731. W kolumnie „Pikiety" oznaczamy to jako odczyt na reperze. Widocznem jest, że jest tam tylko jeden odczyt przy rozpoczęciu roboty od reperu. Następnie mamy serję odczytów przy różnych 100 metrowych odległościach pikietowych i plusach. Są to odczyty pośrednie, a robi się je na łacie trzymanej pionowo na ziemi, na wszystkich charakterystycznych punktach załamania terenu. Odczyty te odjęte od wysokości instrumentu, dają wywyższenie poszczególnych punktów nad poziomem porównawczym datum. Gdy pomocnik z łatą posunął się tak daleko wprzód od instrumentu, że odległość łaty wprzód od instrumentu jest taka sama jak odległość reperu w tył od instrumentu, wtedy zatrzymuje się, wbija palik w ziemię i daje na nim odczyt wprzód. Jest to reper przejściowy, który w kolumnie pikiety oznaczamy R. P. Odczyt ten wpisuje się do kolumny, „odczyt wprzód" na tej samej linji co R. P. odejmujemy go od ostatniej wysokości instrumentu i otrzymujemy wywyższenie reperu przejściowego (55.431 — 0.475 = 55 256). teraz instrument przenosi się wprzód poza reper przejściowy i odczyt wtył na tym samym reperze przejściowym daje (0,114) co dodane do wywyższenia reperu (55.256), daje nową wysokość instrumentu (55.370). Odczyty na reperach robi się do milimetrów, zaś odczyty pośrednie, dla otrzymania wywyższenia charakterystycznych punktów terenu, robi się do centymetrów, lub decymetrów zależnie od rodzaju roboty. Wywyższenie ostnatniego reperu otrzymuje się, sumując wszystkie odczyty wtył i odczyty wprzód, a różnicę ich dodaje się z odpowiednim znakiem do wywyższenia reperu początkowego. Należy przytem pamiętać, że odczyty wtył są dodatnie, zaś odczyty wprzód ujemne. Kończąc pracę każdego dnia, należy wybrać jakiś punkt stały, jak skałę, zdrowy pień ściętego drzewa, murowany fundament lub coś podobnego i na takim punkcie zrobić odczyt wprzód. Punkt taki służyć będzie jako reper do rozpoczęcia pracy dnia następnego. Po ukończeniu niwelacji na danej linji, należy wybrać stały reper końcowy, jak to opisano w § 60; oznaczyć jego wywyższenie względem powierzchni datum.

Pikiet	Odczyt wtył +	Wysokość instrumentu	Odczyt pośredni —	Odczyt wprzód —	Wywyższenie (kota)	Uwagi
Reper	1.015				54.716	Reper początkowy jest to bolc bronzowy wmurowany w północno wschodni róg gazowni.
0+00		55.731	1.75		53 98	
+11			1 50		54.23	
+25			1 50		54.23	
+50			1 32		54 41	
1+00			0.75		54.98	
1+50			0.15		55 58	
R. P.	2.114			0.475	55 256	
1+60		57 370	1 95		55 42	
1+75			1.70		55 67	
2+00			1.50		55 87	
2+50			1.03		56.34	
3+00			0.75		56.62	
R. P.	1.932			0.811	56.559	
3+75		58.491	1.72		56 77	
4+00			1.50		56 99	
4+35			1.25		57.24	
5+00			1.12		7.37	
R. P.	0.516			2.157	56.334	
5+75		56.850	1.93		54.92	
6+00			1.50		55 35	
6+20			1 15		55.70	
6+80			3.07		53 78	
R. P.	0.420			2.975	53.875	
7+00		54.295	2.75		51.54	
7+50			2.40		51.89	
8+25			1.15		53.14	
8+75			0 62		53.67	
R. P.				0.578	53 717	
	+ 5.997			— 6 996		
				+ 5.997		
				— 0.999		

Z danych znajdujących się w kolumnach „pikiety“ i „wywyższenie“ w dzienniku polowym kreśli się profil. Do kreślenia profilu używa się zazwyczaj jakiegokolwiek gatunku papieru profilowego, lub tak zwanej siatki milimetrowej, przytem podziałka pozioma jest znacznie większa od podziałki pionowej, zazwyczaj 10-cio krotna. Jeśli 1 cm. przedstawia 100 m. w rzucie poziomym, to w rzucie pionowym przedstawia on 10 m. Proporcja między temi podziałkami może być dowolna, a wielkość jej zależną jest od tego z jaką wyrazistością chcemy przedstawić przekrój linji.

Niwelacja dla oznaczenia żądanego poziomu.

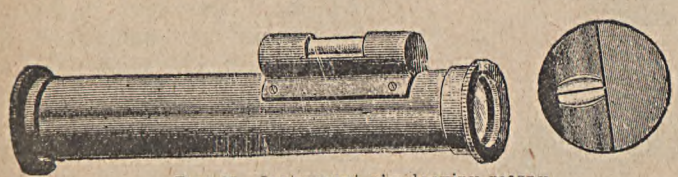
§ 65. Żądany poziom lub wywyższenie, można zaprojektować i oznaczyć na profilu wykreślonym z danych pomiarowych wziętych

z dziennika polowego, a potem można go przenieść na grunt. Ma to wielkie zastosowanie przy robotach ziemnych drogowych, wodociągowych i kanalizacyjnych. Po zmierzeniu, zniwelowaniu i wykreśleniu profilu danej linji, projektuje się na profilu wywyższenie, czyli poziom jaki ma mieć górna powierzchnia drogi lub dno kanału. Pionowa odległość między linją rzeczywistej powierzchni, a liinją powierzchni projektowanej, czyli linją żądaego poziomu, jest głębokością wykopu lub wysokością nasypu ziemi, w tym punkcie w którym tą odległość mierzono. Tą głębokość wykopu, lub wysokość nasypu można odrazu naznaczyć na palikach wb tych w ziemię w poszczególnych punktach charakterystycznych linji, a można to zrobić bez użycia łaty i instrumentu, o ile się rozchodzi o głębokość lub wysokość w środku, na magistrali. Gdy jednak chcemy dać bokom odpowiedni spadek, to do oznaczenia odległości poziomaj palików bocznych, czyli palików „stokowych", od palików środkowych, musimy mieć instrument i łatę, zwłaszcza w wypadkach, gdzie teren nie jest ściśle poziomą powierzchnią. Operację tą nazywamy „wytyczaniem przekrojów poprzecznych".

Jeśli żądany poziom znany jest przed przygotowaniem profilu, razem z absolutnym poziomem punktu początkowego, jak to się często zdarza przy kopaniu rowów i okopów dla rur wodociągowych, w takim wypadku głębokość wykopu (lub wysokość nasypu) może być odrazu obliczona i naznaczona na palikach, którymi się wytycza linję, gdy się przeprowadza niwelację profilową. Dziennik niwelacyjny jest taki jak i dla niwelacji profilowej, z dodaniem dwuch kolumn, po kolumnie „pikiet" dodaje się kolumnę „żądane wywyższenie", zaś po kolumnie „wywyższenie" „kota" dadaje się kolumnę „wykop" lub „nasyp", i wykop oznacza się znakiem minus, zaś nasyp znakiem plus, można też mieć osobne kolumny dla wykopu i dla nasypu. Jeśli cyfry przedstawiające żądane wywyższenie dla poszczególnych punktów linji są większe od cyfr przedstawiających rzeczywiste wywyższenie, czyli kotę tych samych punktów, to różnica między temi cyframi oznacza wysokość nasypu, jeśli zaś wywyższenie żądane leży niżej wywyższenia rzeczywistego, to różnica tych dwuch wywyższeń oznacza głębokość wykopu.

Ręczny instrument niwelacyjny.

§ 66. Instrument ręczny jest to mały instrument, dogodny do robót pobieżnych, takich jakie się wykonuje na ekspedycjach rekonesansowych. Składa się on z lunety i libelli, która jest przymocowana w ten sposób, że gdy się patrzy przez lunetę na jakikolwiek przedmiot, to się jednocześnie widzi bańkę libelli i oś celową można zawsze ustawić w płaszczyźnie poziomej. Jeśli instrument nie jest zrektyfikowany, to oś celową przyprowadza się do równoległości z osią libelli, przez odpowiednie przesunięcie siatki śrubami rektyfikacyjnemi. Sprawdzenie i rektyfikację robi się metodą kołkową.



Rys 27. Instrument niwelacyjny ręczny.

Cwiczenia instrumentem niwelacyjnym.

1. Ustawić oś libelli w płaszczyźnie równoległej do osi celowej, metodą pierwszą lub pośrednią, a potem sprawdzić metodą drugą, czyli bezpośrednią. Jeśli sprawdzenie przeprowadzone drugą metodą wykazuje że instrument nie jest zrektyfikowany, to gdzie jest błąd?

2. Ustawić oś celową względem osi libelli tak, by między niemi istniał znaczny kąt (to znaczy spowodować znaczny błąd rektyfikacyjny w tym kierunku). Przeprowadzić niwelację naokoło zamkniętego poligonu, zwracając szczególną uwagę na to, by odczyty wprzód i odczyty wtył były możliwie równe Zamykając okręg na punkcie początkowym, wywyższenie jego otrzymane z ostatniego odczytu powinno oczywiście równać się jego wywyższeniu przyjętemu na początku. Różnica tych wywyższeń jest błędem zamknięcia niwelacyjnego poligonu. Jeśli długość odczytów wtył i odczytów wprzód były zupełnie równe, to różnica powinna wynosić zero, bez względu na to, że oś libelli nie jest równoległą do osi celowej.

3. Zrektyfikować dokładnie instrument i przeprowadzić niwelację na tym samym poligonie co i przedtem, wprowadzając różnicę długości między odczytami wprzód i odczytami wtył i oznaczyć błąd zamknięcia. Jeśli instrument był dokładnie zrektyfikowany i nie było błędów w spostrzeżeniach, to czy błąd zamknięcia powinien być zero?.

4. Wytyczyć linję na nierównym terenie, długości około 1 km. i na tej linji powbijać paliki w odstępach 25 metrowych. Niech każdy student przeprowadzi niezależnie niwelację profilową na tej linji. Gdy wszyscy ukończą, niechaj każdy zaczynając z tego samego punktu, skopjuje swój profil na tym samym papierze do kopiowania. Podziałka pionowa powinna być dość duża, tak żeby kilka linji profilowych dostatecznie rozrzucić na kopji. Każdy profil powinno się rysować innym kolorem lub linją odrębnego charakteru.

5. Wytyczyć linję na możliwie poziomym terenie, długości około 1 km. Na każdym jej końcu zrobić mocny reper. Niechaj każdy student znajdzie różnicę poziomu tych reperów, niwelując dwa razy wprzód i wtył. Sprawdzić czy kierunek w którym się prowadzi niwelację ma wpływ na jej wyniki.

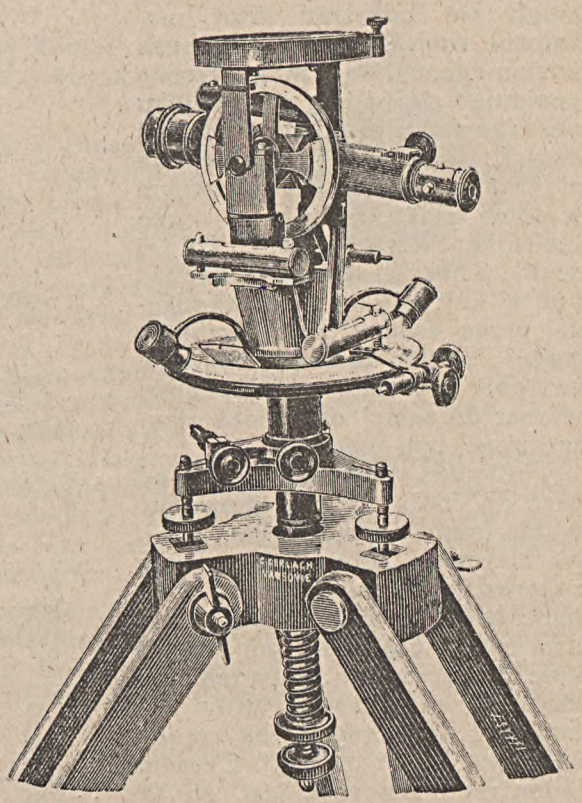
Jeśli każdy student mógłby to zrobić kilka razy, toby można mieć pewną ewidencję, czy istnieje taka rzecz jak „równanie osobiste“, w niwelacji, to znaczy że każda osoba ma skłonność otrzymywania rezultatów za wysokich lub za niskich. Dlaczego jest nieprawdopodobnem, żeby w niwelowaniu mogło być jakiekolwiek równanie osobiste.

ROZDZIAŁ IV.

Instrumenty do mierzenia kątów.

Teodolit.[1])

§ 67. **Teodolit inżynierski** jest najbardziej pożytecznym i rozpowszechnionym ze wszystkich instrumentów mierniczych. Oprócz mierzenia kątów pionowych i poziomych, można nim odczytywać odległości sposobem tachimetrycznym za pomocą włosków siatki, oznaczać kierunki igłą magnetyczną, robić obserwacje słońca lub gwiazd i oznaczać kierunek południka geograficznego, w końcu można nim niwelować za pomocą libelli przy lunecie. Można go więc używać do każdego rodzaju roboty, wykonywanej którymkolwiek z dotychczas opisanych instrumentów i często się go nazywa instrumentem „uniwersalnym".



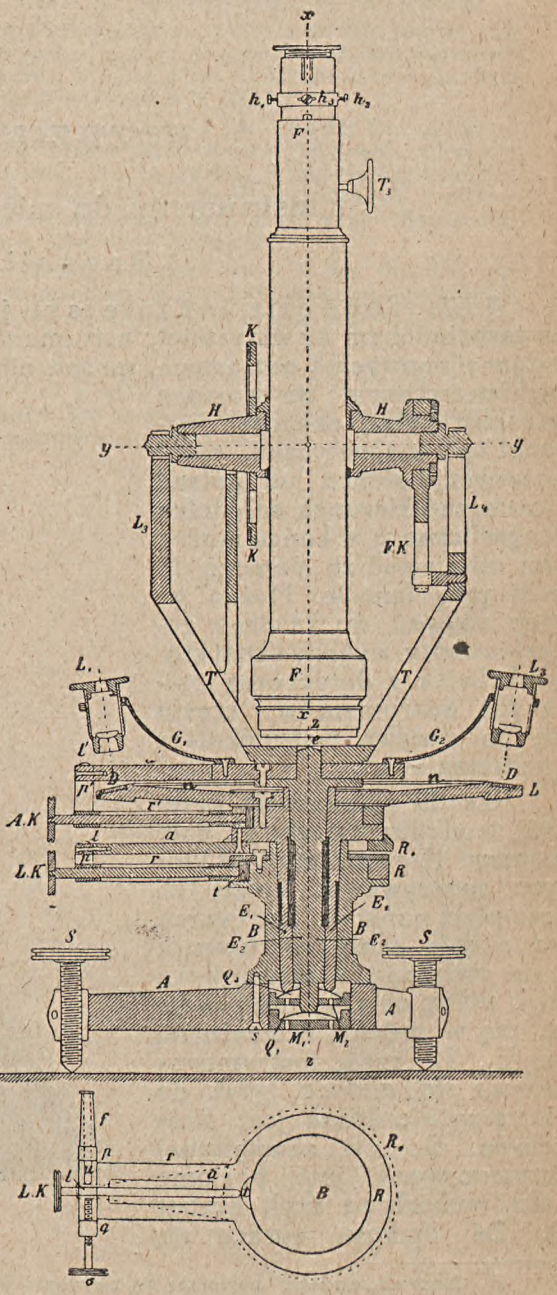
Rys. 28. Teodolit.

Rys. 29 przedstawia przekrój teodolitu. Luneta F, koło pionowe K, ramiona T, w których spoczywa oś lunety H, oraz płyta noniusza *n n*, tworzą jedną całą część instrumentu stale związaną z wewnętrzną czyli pełną osią E_2, która obraca się w próżnej zewnętrznej osi E_3. Ta część instrumentu nazywa się *alidadą*, gdyż do niej przytwierdzona jest linja celowa. Do osi zewnętrznej przymocowane jest poziome koło podziałowe czyli limbus D. Oś limbusa obraca się

*) Nazwa „teodolit" powstała ze złączenia wyrazu pochodzenia arabskiego, z rodzajnikiem angielskim „the". Porównaj Jordans. „Vermessungskunde". Tom III str. 239. Stuttgart 1914.

w spodarce. Spodarkę, limbus i alidadę wiąże jedna śruba, która się zakręca na dolnym końcu osi alidady. Osie limbusa i alidady można obracać razem, lub niezależnie jedną od drugiej, unieruchomiając którąkolwiek z nich za pomocą odpowiednich urządzeń sprzęgowych. Jeśli oś, do której przymocowany jest limbus, sprzęgniemy ze spodarką, a oś alidady nie jest sprzęgniętą i może się obracać, wtedy możemy mierzyć kąty poziome do różnych punktów celowych lunety, odczytując noniusz na stałym limbusie, który się nie obraca. Jeśli limbus poziomy ustawimy i związemy ze spodarką tak, że odczyt noniusza jest zero, gdy oś celowa znajduje się w płaszczyźnie pionowej południka, to wtedy odczyt tego samego noniusza da nam prawdziwy azymut każdej linji na którą skierujemy oś celową. Dlatego koniecznem jest, aby na tej samej osi pionowej mogły się odbywać dwa niezależne ruchy: lunety i limbusa poziomego. Igła magnetyczna znajduje się albo w pudełku nasadkowem Rys. 28, albo w dolnej części alidady. Pion zawiesza się na haczyku, wśrubowanym w dolną część śruby, która wiąże instrument z trójnogiem. Oś tej śruby i haczyk powinne zawsze być w linji pionowej przechodzącej przez środek koła limbusowego. Linje te będą zgodne ze sobą, gdy pion przyczepimy wprost do samej osi, która zawsze musi być pionową.

Limbus podzielony jest od zera do 360°. Podział może być w kierunku azymutowym, t. j. w kierunku ruchu wskazówek zegarka, lub w kierunku odwrotnym. Niektóre instrumenty mają dwa rzędy figur na tym samym kole limbusowem. Jeden rząd ma kierunek azymutowy, drugi zaś kierunek odwrotny. Oba rzędy znaczone od 0° do 360°. Czasem jeden rząd znaczony jest od 0° do 360°, drugi od 0° do 90° lub 180°. Instrument pokazany w Rys. 28 można przesuwać w płaszczyźnie poziomej, po odkręceniu



Rys. 29.

śruby wiążącej spodarkę ze statywem. To umożliwia ustawienie instrumentu ściśle nad danym punktem. Luneta teodolitu jest krótszą od lunety w instrumencie niwelacyjnym, dlatego można ją obracać naokoło jej osi poziomej, czyli przez zenit i nie robić za długich ramion. Poruszenia osi obrotowej lunety kontroluje się śrubą sprzęgową do unieruchomiania lunety i leniwką do powolnego ruchu. Na alidadzie znajdują się dwie libelle, jedna z nich jest równoległą do osi lunety, druga zaś jest położona pod kątem prostym do osi lunety. Libelle te służą do poziomowania instrumentu i ustawiania limbusa w płaszczyźnie poziomej.

Luneta.

§ 68. **Luneta** teodolitu jest bardzo podobną do lunety instrumentu niwelacyjnego, opisanej w § 40.

§ 69. **Objektyw.** Jak to już wyjaśniono celem objektywu jest zbieranie promieni światła z obrazu na który patrzymy. Dodatnie strony wielkiego objektywu wskazuje fakt, że soczewka o średnicy 31.75 mm. zbierze 50% więcej światła od soczewki o średnicy 25.4 mm.

Włoski krzyżowe umieszczone są w głównem ognisku objektywu, blisko lupy.

Objektyw wśrubowany jest w koniec rury lunety tak, że jego płaszczyzna tworzy kąt prosty z osią lunety,

Rys. 30. Przekrój lunety z diafragmą włosków krzyżowych, naturalnej wielkości.

§ 70. **Lupa** ma tylko jedno zadanie, a mianowicie powiększenie obrazu. Odpowiednie urządzenie służy do przesuwania płaszczyzny ogniskowej lupy tak, aż się ona zleje z płaszczyzną włosków krzyżowych i jeśli jednocześnie płaszczyzna obrazu zlewa się z płaszczyzną włosków krzyżowych, to mówimy, że obraz znajduje się w głównem ognisku.

Okular i diafragma z włoskami krzyżowymi przymocowane są do rurki, którą można wsuwać i wysuwać z rury lunety, przybliżając lub oddalając w ten sposób włoski od objektywu, aż płaszczyzna obserwowanego obrazu zleje sie z płaszczyzną włosków krzyżowych. Do tego służy śruba z kółkiem trybowem związanem z łożyskiem magielnicowem, przykutem do rurki okularowej. Konstrukcja instrumentu jest taka, że ruch rurki okularowej powinien zawsze być równoległym do linji kolimacyjnej.

Okular teodolitu może przedstawiać obraz albo naturalnie, albo odwrócony, a to zależnie od typu lupy. Najbardziej rozpowszechnionym jest typ drugi, a to z tej przyczyny, że przy zastosowaniu tupu lupy odwracalnej, otrzymuje się znacznie większą siłę powiększającą i jaśniejsze obrazy.

Włoski krzyżowe najczęściej robi się z ładnych nici jedwabnika, chociaż często też robi się je z drucików platynowych. Włoski te naciąga się pod kątem prostym jeden do drugiego, wpoprzek metalowego pierścienia i przykleja się je klejem stolarskim. Pierścień ten utrzymują w miejscu śruby, które służą zarazem do rektyfikacji siatki włosków krzyżowych. (Zob. Rys. 30).

Należy pilnie na to uważać, by nie zacieśniać którejkolwiek ze śrub bez poprzedniego odkręcenia śruby naprzeciwległej, gdyż śruby mosiężne

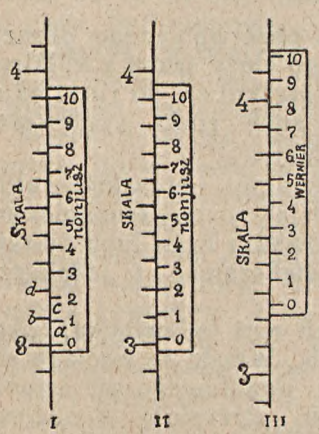
łatwo ulegają złamaniu. Oprócz poziomego i pionowego włoska krzyżowego, teodolit inżynierski ma zazwyczaj dwa dodatkowe włoski poziome, leżące po obu stronach i w jednakowej odległości od środkowego włoska poziomego. Włoski te potrzebne są do pomiarów tachimetrycznych.

§ 71. Siła powiększająca lunety powinna zależeć od stosunkowych długości ogniskowych objektywu i okularu. Im większa siła okularu, tem mniejsze pole widzenia i bardziej zamglony obraz, rezultat ten powinno się równoważyć przez powiększenie średnicy soczewki. Siła powiększająca lunety w dobrych teodolitach inżynierskich waha się między 20 i 30 średnicami.

Z kilku sposobów mierzenia siły powiększającej, najprostszym jest sposób następujący: Ustawia się pionowo łatę niwelacyjną lub tachimetryczną w odległości 20 do 30 metrów od teodolitu. Gdy jedno oko odczytuje ilość podziałek znajdujących się między skrajnymi włoskami poziomymi w polu widzenia lunety, to drugiem okiem można obserwować odpowiednie podziałki na zewnątrz lunety. I tak, w odległości 20 mtr. włoski tachimetryczne nakrywają odstęp 20 cm., zaś gołe oko pod tym samym kątem widzenia widzi 400 cm. W takim razie siła powiększająca wynosi $\frac{400}{20} = 20$

Siła powiększająca lunety i ostateczna podziałka noniusza powinny być tak zaprojektowane, ażeby najmniejsze poruszenie włosków na obrazie powodowało dostrzegalną zmianę w noniuszu i odwrotnie.

§ 72. Noniusz jest to przyrząd do mierzenia najmniejszych odstępów podziałki, do mierzenia długości lub kątów. Przyrząd ten od imienia swego wynalazcy nazywa się także wernierem. Polega on na tem, że oko może o wiele łatwiej i dokładniej ocenić kiedy dwie linje proste zlewają się, niż ułamkową część odstępu podziałki. [1]) Aby zrozumieć zastosowanie nonjusza przypuśćmy, że dwie sztaby równej długości dzielimy jedną na N części, a drugą na $N + 1$ części. Sztaby te stawiamy jedną obok drugiej, jak wskazano w Rys. 31. (I) Teraz, przypuśćmy, że jedna z tych sztab, powiedzmy lewa pozostaje nieruchoma, a prawa porusza się koło niej (Rys. 31, I, II i III). Gdy tylko prawa sztaba zacznie się poruszać, to żadna z linji podziałowych na niej nie zlewa się z linją podziałową drugiej sztaby, ale gdy niższa sztaba przesunęła się przez odległość a-b, to pierwsza linja oznaczona a na sztabie prawej, zleje się z linją oznaczoną b na sztabie lewej. Takie ustawienie sztab daje odczyt 3.01, odległość a-b jest $\frac{1}{10}$ najmniejszego odczytu na podziałce. Zrozumiałem jest, że aby c zlało się z d, to niższa sztaba musi posunąć się do góry, dwa razy przez odległość a-b, dlatego odczyt ten będzie 3.02 (Rys. 32 II). Wogóle liczba na prawej sztabie (noniuszu), która zlewa się z liczbą na podziałce, będzie ilością dziesiątych części najmniejszego odstępu podziałki, przez które zero noniusza przeszło do najbliższej dolnej linji podziałowej skali. Takiego typu noniusza używa

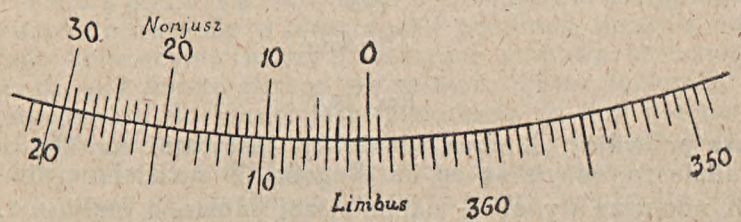


Rys. 31.

[1]) Zastosowanie tego wynalazku w r. 1631 zrewolucjonizowało budowę instrumentów do mierzenia kątów, jakoteż sposób ich użycia. Wynalazcą przyrządu był francuz Piotr Vernier.

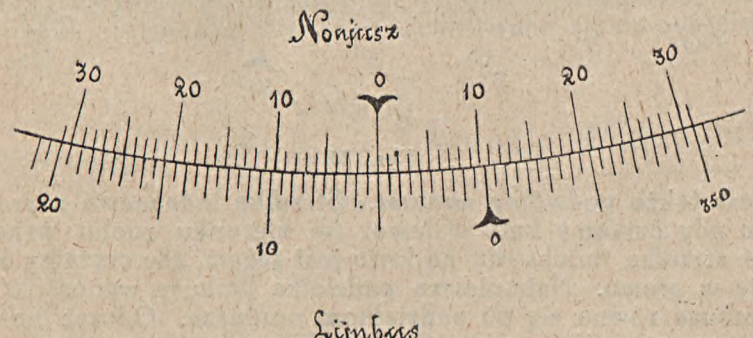
się zazwyczaj na łatach niwelacyjnych. Należy zauważyć, *że zero noniusza oznacza na limbusie zawsze punkt*, którego odczyt jest szukanym. Taki odczyt składa się z dwuch części: pierwsza, odczyt ostatniej podziałki na skali lub limbusie, przez którą przeszło zero noniusza; a druga, obliczenie ilości linji *na noniuszu* między jego zerem, a punktem zlania się na skali. (Szczegółowa podziałka na skali głównej, z którą się zlewa linja podziałowa noniusza nie odgrywa tu żadnej roli). Otóż odczyt skali głównej otrzymuje się dodając odczyt noniusza do ostatniej podziałki skali głównej. Są dwa gatunki noniuszów; noniusze do odczytów wprost lub postępowe i noniusze wsteczne. W pierwszych podziałka noniusza jest mniejsza od najmniejszej podziałki skali, w drugich podziałka noniusza jest większa. Noniusze postępowe czyta się wprzód od ich zera, zaś noniusze wsteczne czyta się w tył od ich punktu zerowego.

§ 73. **Noniusze teodolitowe.** Ponieważ kąty można mierzyć w lewo i w prawo, na teodolitach używa się zazwyczaj podwójnych noniuszów, to znaczy po obu stronach zera lub punktu indeksowego znajduje się pojedyńczy noniusz. Instrumenty którymi mierzy się kąty tylko w jedną stronę, mają i noniusze jednostronne. Taki jednostronny noniusz ilustruje Rys. 32, robi się nim odczyty do pojedyńczej minuty.



Rys. 32.

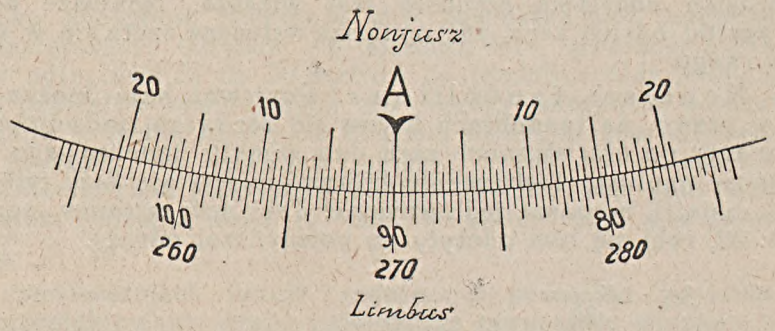
Rys. 33 przedstawia taki sam noniusz, ale podwójny, robi się nim odczyty w dwie strony. Koło limbusa podzielone jest tutaj na stopnie i pół stopnie, a noniusz podzielony jest na 30 równych części i nakrywa 29 półstopniowych podziałek limbusa. Każda podziałka na noniszu równa się $\frac{29}{30} \times 30' = 29'$. Różnica więc między długością półstopniowej podziałki na limbusie, a długością 29′ podziałki na noniuszu wynosi akuratnie 1′ łuku. Druga linja podziałowa na noniuszu jest oddaloną o 2′ od linji podziałowej na limbusie, oznaczającej 1°, trzecia linja na noniuszu jest oddalona o 3′ od linji podziałowej limbusa, oznaczającej 1° 30′.



Rys. 33.

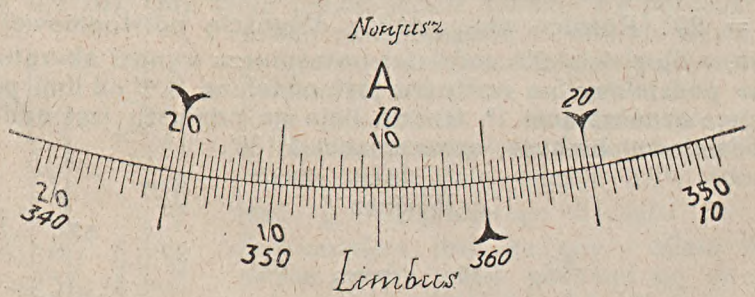
Dlatego jeśli noniusz przesuniemy o 1′ na lewo, to jego pierwsza linja podziałowa zleje się z pierwszą półstopniową podziałką limbusa i odczyt będzie 0° 01′. Jeśli noniusz posuniemy o jedną minutę dalej, to druga jego linja podziałowa zleje się i odczyt będzie 0° 2′ i t. d. Wogóle numer linji na noniuszu który się zlewa z jakąś linją limbusa, jest ilością minut, którą należy dodać do ostatniej linji podziałowej na limbusie. Gdy noniusz przeszedł przez półstopniową linję podziałową na limbusie, należy pamiętać, że do odczysu noniusza dodaje się 30′.

Poniżej załączone ilustracje przedstawiają noniusze powszechnie stosowane w teodolitach.



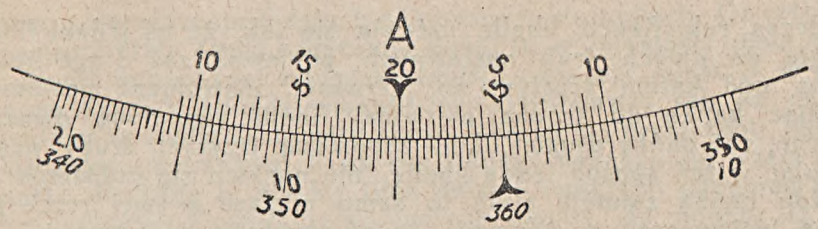
Rys. 34.

Noniusz podwójny. Limbus podzielony jest tutaj na 20′ odstępy, 40 podziałek noniusza, równe są co do długości 39 podziałkom limbusa. Dlatego odczyt noniusza wynosi $\frac{1}{40}$ najmniejszej podziałki limbusa t. j. 20′, odczyt równa się $\frac{1'}{2} = 30''$. Odczytać tą część podwójnego noniusza po stronie zera, w której kierunku zwiększa się mierzony kąt. W tym wypadku odczyt numeracji wewnętrznej wynosi 90°, zaś numeracji zewnętrznej 270°.



Rys. 35.

To jest także podwójny noniusz. Strzałka indeksowa z prawej strony jest zerem gdy czytamy kąty w lewo, (w kierunku ruchu wskazówek zegarka) zaś strzałka indeksowa na lewo jest zerem, gdy czytamy kąty zwiększające się w prawo. Najmniejsza podziałka limbusa wynosi 20′, a 59 podziałek limbusa równa się 60 podziałkom noniusza. Odczyt noniusza równa się $\frac{1}{60} \times 20' = \frac{1'}{3} = 20''$. Odczyt wewnętrznej numeracji równa 55° 0′ 0″. Odczyt zewnętrznej numeracji równa się 345° 20′ 0″.



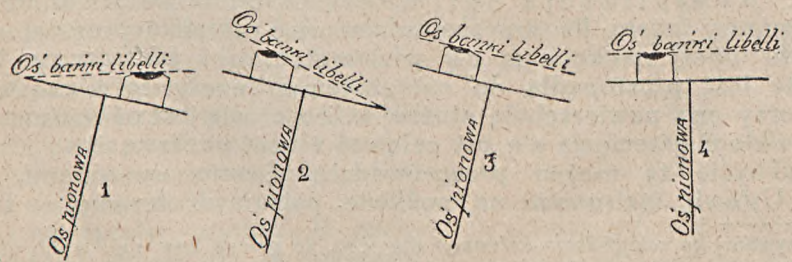
Rys. 36.

Nonjusz podwójny 20-sto sekundowy. Jeśli kreska indeksowa noniusza jest w środku między dwoma kreskami podziałki limbusa, albo blisko od poprzedniej kreski limbusa, to odczyt robi się na kresce noniusza, między indeksem i kreską dziesięciominutową. Jeśli kreska indeksowa znajduje się blisko następnej kreski limbusa, to odczyt robi się na kresce noniusza między kreską dziesięciominutową i indeksem w drugiej połowie noniusza. Odczyty 4° 50′ 0″ i 355° 10′ 0″.

Sprawdzenia i rektyfikacje teodolitu.

§ 74 **Teodolit sprawdzony**, zadowoli następujące wymagania: 1. instrument obraca się w płaszczyźnie poziomej, naokoło swej osi pionowej, 2. linja kolimacyjna tworzy płaszczyznę pionową, przechodzącą przez oś instrumentu, gdy lunetę obraca się naokoło jej osi poziomej, 3. oś bańki libelli przymocowanej do lunety jest równoległą do linji kolimacyjnej, a to umożliwia użycie instrumentu do niwelacji, 4. noniusz na kole pionowem jest tak ustawiony, że odczyt jego daje prawdziwą wysokość linji kolimacyjnej. Te cztery rezultaty otrzymuje się przez przeprowadzenie następujących rektyfikacji, z których prawie każda oparta jest na zasadzie odwracalności.

§ 75. **Pierwsza. Rektyfikacja libelli limbusa i alidady**. *Oś bańki libelli musi leżeć w płaszczyźnie prostopadłej do osi pionowej instrumentu.* Przyprowadza sie bańkę do środka libelli, poziomując instrument zapomocą śrub nastawnych (Jedna z libel przymocowana jest zazwyczaj do jednego z ramion, w którem się znajduje łożysko osi obrotowej lunety). Następnie obraca się alidadę naokoło osi pionowej przez 180°, jeśli bańka nie znajduje się w środku libelli, to połowę poruszenia się bańki poprawia się zapomocą śruby rektyfikacyjnej libeli, zaś drugą połowę za pomocą śrub nastawnych. Rys. 37 obrazuje: (1) instrument spoziomowany (2) alidadę obróconą przez 180° naokoło osi pionowej (3) bańkę przesuniętą przez połowę odległości przez którą się poruszyła, zapomocą śruby rektyfikacyjnej libelli, (4) bańkę zupełnie scentrowaną zapomocą śrub nastawnych spodarki.

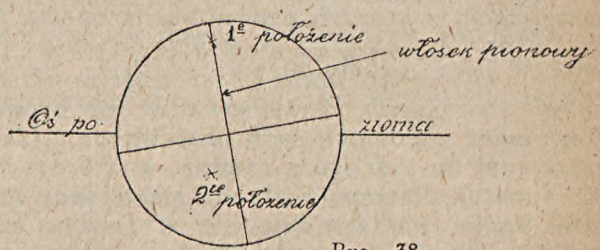


Rysunek 37.

Podczas rektyfikacji libelle ustawia się tak, że oś jednej libelli jest równoległą do dwuch śrub nastawnych, ponieważ zaś druga libella jest ustawiona pod kątem prostym do pierwszej, instrument poziomuje się przesuwając bańkę do środka pierwszej libelli zapomocą dwuch śrub nastawnych, zaś bańkę drugiej libelli zapomocą trzeciej śruby nastawnej. Rektyfikując w ten sposób jedną libellę, nie narusza się położenia drugiej. Gdy każda bańka zajmuje stale to samo miejsce w swej rurce podczas obracania instrumentu w poziomie, to oś obrotowa instrumentu jest pionową. Jedna libella wystarczyłaby więc zupełnie do ustawienia tej osi pionowo, ale dwie są nieco dogodniejsze, zwłaszcza gdy się rozchodzi o wskazanie kiedy oś wychyla się w jedną lub drugą stronę z powodu nierównego osiadania lub rozszerzania się, spowodowanego ciągłem używaniem instrumentu.

W czasie rektyfikacji oś limbusa jest sprzężona ze spodarka. Po uregulowaniu libelli i ustawieniu osi alidady pionowo sprzęga się alidadę z limbusem i zwalnia się zacisk limbusowy. Jeśli oś limbusa jest pionową, to bańka libelli pozostanie w środku rurki w czasie obracania instrumentu naokoło tej osi. Jeśli bańka przesuwa się ze środka libelli, to jest dowodem, że oś limbusa nie jest równoległą do osi alidady, wówczas należy instrument oddać do naprawy, dla wytoczenia osi limbusa równolegle do osi alidady, albo nie używać osi limbusa wcale, tylko posługiwać się osią alidady.

§ 76. Druga. Rektyfikacja włosków krzyżowych. Składa się ona z dwuch części. a) *Włosek pionowy musi leżeć w płaszczyźnie pionowej.* Rektyfikację tą wykonuje się w następujący sposób. Włosek pionowy skierowuje się na jakiś wyraźny, dobitnie widziany punkt, a unieruchomiwszy limbus i alidadę, porusza się lunetę na jej osi poziomej. Jeśli włosek pionowy jest rzeczywiście pionowy, to powinien posuwać się po punkcie wzdłuż całej swej długości, jeśli włosek schodzi z punktu, (Rys. 38) należy nieco odkręcić śrubki przytwierdzające diafragmę do lunety, i lekkiemi uderzeniami o główki śrubek przesuwać diafragmę rotacyjnie tak długo, aż powyższy warunek zostanie wykonany. Po ukończeniu śrubę diafragmy należy znowu zakręcić.



Rys. 38.

b) Część drugą nazywamy rektyfikacją kolimacji.

§ 77. Rektyfikacja kolimacji. *Oś celowa musi być prostopadłą do osi obrotowej lunety.* Po przeprowadzeniu tej rektyfikacji oś celowa, podczas obrotu lunety naokoło jej osi poziomej tworzy *płaszczyznę.* Jeśli oś celowa nie jest prostopadłą do osi poziomej lunety, to w czasie obrotu lunety tworzy ona powierzchnię stożka, którego osią jest oś pozioma lunety, a wierzchołkiem przecięcie się osi celowej z osią poziomą [1]).

Rektyfikację tą można przeprowadzić dwoma sposobami. Sposób pierwszy: Ustawić instrument na możliwie poziomym terenie [2]) tak żeby

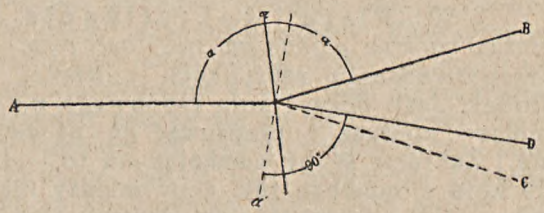
[1]) Nazywamy to *rektyfikacją kolimacji* dla tego, że polega ona na zlaniu osi celowej z ljnją kolimacyjną, gdyż jedynie takiem jest prawdziwe położenie osi celowej.

[2]) Jeśli teren nie jest poziomy, to w rektyfikację wprowadza się mały błąd spowodowany osią poziomą lunety.

mieć czyste pole widzenia w dwuch odwrotnych kierunkach. Oś celową skierować na jakiś stały ściśle oznaczony punkt A, w odległości około 100 metr. Obrócić lunete naokoło jej osi (przez zenit) i oznaczyć punkt B. w kierunku przeciwnym. Obrócić alidadę naokoło jej osi pionowej tak, aż oś celowa znowu padnie na punkt A. Lunetę znowu obraca się przez zenit, skierowuje się w kierunku przeciwnym i na osi celowej oznacza się trzeci punkt C, obok punktu drugiego B, między tymi dwoma punktami odmierza się jedną czwartą odległości *od ostatnio oznaczonego punktu*, do punktu D, na ten punkt przesuwa się włosek pionowy przez przesunięcie pierścienia diafragmy. Pierścień diafragmy przesuwa się wprost w instrumentach w których luneta daje obraz naturalny, a w kierunku odwrotnym w instrumentach odwracających obraz.

Rektyfikację należy powtórzyć dla sprawdzenia.

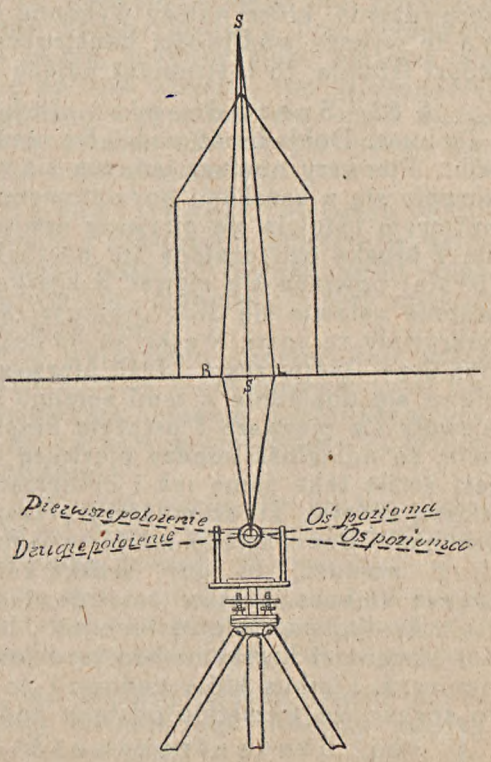
Sposób drugi: Celuje się na jakiś wyraźnie widzialny punkt sprzęga się alidadę z limbusem, odczytuje się oba noniusze i bierze się średnią wartość odczytów. Następnie obraca się lunetę naokoło jej osi poziomej przez 180°, a alidadę naokoło jej osi pionowej tak, aż oś celowa padnie znowu na ten sam punkt co poprzednio. Różnica odczytów w pierwszym i w drugim położeniu lunety powinna wynosić 180°. Jeśli różnica jest inna. to nadmiar nad 180° jest podwójnym błędem kolinacyjnym. Ten mały kąt, który jest nadmiarem nad 180° stopni nazwijmy α. Ażeby usunąć kolimację, odejmuje się połowę α od różnicy dwuch odczytów i zapomocą leniwki przesuwa się noniusz tak, by odczyt noniusza równał się 180° plus połowę α. Teraz za pomocą śrubek diafragmy przesuwa się włosek pionowy na dany znak. Dla sprawdzenia należy rektyfikację powtórzyć.



Rys. 39.

§ 78 Trzecia. Rektyfikacja ramion. *Oś obrotowa lunety musi być prostopadłą do osi pionowej instrumentu.* (Rys. 40).

Po spoziomowaniu instrumentu skierować oś celową na jakiś wyraźny, wysoko położony punkt, jak szczyt wieży S, rys. 40. Zniżyć lunetę i pod S. oznaczyć punkt R, mniej więcej na tym samym poziomie co i teodolit Odwrócić tunetę przez zenit i obrócić teodolit na jego osi pionowej przez 180° i znowu celować do S. Zniżyć znowu lunetę i naprzeciw punktu R oznaczyć punkt L. Punkt S' w pośrodku między R i L musi być w tej samej



Rys. 40.

płaszczyźnie pionowej co i S. Teraz odkręcić śruby w czopie łożyskowym i podnieść lub zniżyć, poruszalny koniec osi poziomej lunety za pomocą śruby znajdującej się pod jednym końcem osi w ramieniu.

Wysoki koniec osi jest zawsze po tej samej stronie co i ostatnio oznaczony punkt.

§ 79. Czwarta. Rektyfikacja bańki lunety. *Oś banki libelli lunety musi być równoległą do osi celowej.* Rektyfikację tą przeprowadza się metodą „sprawdzania na kołkach", tak jak opisano w § 44. Polega to przedewszystkiem na oznaczeniu linji poziomej, a potem na takiem poprawieniu libelli, ażeby bańka była w środku wtedy, gdy luneta jest pozioma, a poziom lunety sprawdza się właśnie tą linją poziomą. Mając czułą bańkę można wykonywać bardzo dokładną niwelację teodolitem.

§ 80. Piąta. Rektyfikacja koła pionowego. *Odczyt noniusza na kole pionowem musi być zero, gdy oś celowa jest poziomą.* Po przeprowadzeniu rektyfikacji czwartej, przesunąć bańkę libelli lunety na środek. Jeśli odczyt koła pionowego nie wynosi zera, odkręcić śruby trzymające noniusz i przesunąć go aż zera noniusza i koła pionowego zleją się. Zakręcić śruby uważając na to, aby ani noniusz nie był przyciśnięty do koła pionowego tak, żeby między niemi było tarcie, ani oddalony tak żeby między niemi istniała dostrzegalna szparka. Najnowsze teodolity mają leniwkę do przeprowadzania tej rektyfikacji.

§ 81. Pięć rektyfikacji, które opisano, nazywają się rektyfikacjami polowemi, gdyż każdy technik, pracujący instrumentem, powinien je znać i móc je w każdej chwili wykonać. Oprócz rektyfikacji polowych, są jeszcze sprawdzenia, które należy wykonać gdy się instrument kupuje. Sprawdzenia te wykażą wadliwości konstrukcyjne instrumentu, a gdy takie wadliwości istnieją, to instrument należy odesłać do fabryki celem ich usunięcia.

§ 82. Sprawdzenie dokładności podziałek noniusza i limbusa. Dokładność podziałki noniusza sprawdza się w następujący sposób. Pierwszy noniusz ustawia się tak, by jego zerowa i ostatnia kreska zlewały się z kreskami podziałowemi limbusa. N. p. w teodolicie jednominutowym ustawia się pierwszy noniusz tak, by jego kreska zerowa zlewała się z kreską oznaczającą 10° na limbusie, wtedy ostatnia kreska noniusza (30 sta) powinna się zlewać z kreską na limbusie, oznaczającą 24°30'. Następnie ustawia się drugi noniusz tak, by jego kreska zerowa i ostatnia nakrywały te same kreski na limbusie, które nakrywały poprzednio kreski noniusza pierwszego. Jeśli pierwsza i ostatnia kreska drugiego noniusza zlewa się dokładnie z temi samemi kreskami limbusa, z któremi poprzednio zlewały się pierwsza i ostatnia kreska noniusza pierwszego, to jest dowodem, że odległość między pierwszą i ostatnią kreską noniusza pierwszego jest ściśle taka sama jak i odległość między temi dwoma kreskami na noniuszu drugim. Teraz możemy przystąpić do badania dokładności podziałki limbusa. Bez względu na to w jakim miejscu ustawilibyśmy pierwszy, czy drugi noniusz, to gdy kreska zerowa noniusza zlewa się z jakąkolwiek kreską limbusa, kreska ostatnia tegoż noniusza powinna również zlewać się z kreską podziałową limbusa. Ilość podziałek limbusa zawartych między skrajnemi kreskami noniusza jest o jedną mniejsza od ilości podziałek noniusza. Limbus który zadowoli to wymaganie jest dokładnie podzielony, to znaczy, że wszystkie odstępy podziałkowe limbusa są sobie równe.

§ 83. Ekscentryczność. Rozróżniamy dwa gatunki ekscentryczności: a) *ekscentryczność środków*, czyli osi limbusa i alidady i b) *ekscen-*

tryczność noniuszów. Jeśli wydrążona oś zewnętrzna (limbusa) nie jest akuratnie w środku krążka limbusowego, to gdy luneta z noniuszami alidady obraca się w tej osi, noniusze będą miały ruch ekscentryczny w stosunku do koła limbusowego. Jeśli linja łacząca zera noniuszów przechodzi przez oś limbusa, widocznem jest, że jest tylko jedno położenie noniuszów, które da odczyty na limbusie z różnicą 180°, a nastąpi to wtedy, gdy środki obydwuch osi leżą w tej samej linji średnicowej. We wszystkich innych położeniach noniuszów, odczyt na jednym będzie o tyle za duży, o ile na drugim będzie za mały, tak, że licząc średnią odczytów dwuch noniuszów, eliminuje się błąd spowodowany ekscentrycznością.

Ekscentryczność noniuszów, pochodzi ztąd, że ich zera nie nakrywają linji średnicowej, przechodzacej przez oś alidady, innemi słowy różnica między niemi nie wynosi 180°. W każdym wypadku czytanie obu noniuszów i branie średniej eliminuje wszystkie błędy ekscentryczności. Ekscentryczność środków wynosząca *dwadzieścia i pięć miljonowych części milimetra* na limbusie 15 centymetrowym, da błąd maksymalny 1′ 08″, jeśli odczyt robimy tylko na jednym noniuszu. Nierzadko zdarza się że instrumenty mają ekscentryczność środków kilka razy większą od wyżej wspomnianej, albo z powodu zużycia, albo wadliwej budowy, lub z obu przyczyn. Dlatego jasnem jest że w każdej dobrej robocie koniecznem jest robić odczyt na obu noniuszach.

§ 84. Suwak lupy okularu. Lupa okularu w czasie przesuwania obrazu w ognisko powinna poruszać się w linji prostej, prostopadłej do osi poziomej lunety. Sprawdzić to można w następujący sposób. Po sprawdzeniu kolimacji jak opisano w § 77, używając długich linji celowych powtórzyć to samo sprawdzenie używając bardzo krótkich linji celowych. Przy pierwszem sprawdzeniu lunetę się zsuwa, przy drugiem rozsuwa się ją. Jeśli suwak lupy okularu posuwa się po linji ukośnej, nie prostopadłej do osi obrotowej lunety, to drugie sprawdzenie wypadnie źle, czyli okaże błąd. W takim wypadku instrument należy odesłac do fabryki celem ponownego wytoczenia i ustawienia suwaka lupy okularowej.

§ 85. Stosunkowa ważność rektyfikacji. Pierwsza rektyfikacja ważna jest we wszystkich pionowych i poziomych pomiarach kątowych. W mierzeniu kątów pionowych błąd może się równać całej wielkości odchyłki osi pionowej od linji rzeczywiście pionowej, a przy mierzeniu katów poziomych wielkości mało co mniejszej.

Druga rektyfikacja ważniejsza jest w wytyczaniu prostej linji przez odwracanie lunety przez zenit, niż w jakiejkolwiek innej robocie, tutaj bowiem błąd w przedłużeniu linji jest podwójnym błędem rektyfikacyjnym. Jest ona również ważną przy mierzeniu kątów poziomych między punktami nie leżącymi w tej samej płaszczyźnie poziomej.

Trzecia rektyfikacja najważniejszą jest przy mierzeniu kątów poziomych między punktami, które nie leżą w tej samej płaszczyźnie poziomej, jak oznaczenie azymutu linji przez obserwację gwiazdy polarnej.

Czwarta i piąta rektyfikacja ważne są tylko w niwelacji, czy to takiej w której odczytuje się kąt pionowy, czy też w niwelacji przy użyciu bańki. Odpowiedni program obserwacji wyeliminuje wszystkie błędy rektyfikacyjne.

§ 86. Skłon osi pionowej. Kąt poziomy między dwoma punktami, o różnych poziomach, otrzymujemy, mierząc kąt poziomy między dwoma płaszczyznami pionowemi przechodzącemi przez te punkty i punkt obserwacyjny. Te płaszczyzny pionowe są to płaszczyzny opisane osią celową

w czasie obrotu lunety. Możemy powiedzieć że w ten sposób punkty te są przeniesione pionowo na płaszczyznę poziomą, potem kąty między niemi zostały pomierzone. Jeśli oś pionowa instrumentu ma mały skłon, to te płaszczyzny rzutowe nie są pionowemi, an i skłon ich do horyzontu nie jest taki sam w różnych częściach limbusa. Przeto płaszczyzny rzutowe, przechodzące przez dwa punkty nie są ani pionowemi, ani nie mają tego samego skłonu do horyzontu. Dlatego w ten sposób otrzymany pomiar kąta poziomego ma błąd. Oś pionowa ma zawsze odchyłkę, gdy bańki limbusa nie są zrektyfikowane, lub gdy nie mają poziomego położenia.

Jeśli odchyłka osi od pionu wynosi 5′, a wielkość kąta poziomego, mierzonego między dwoma punktami wynosi 60°, z tych punktów zaś jeden jest 10° niżej, a drugi 10° powyżej horyzontu, to maksymalny błąd z tego źródła wynosić będzie około 1′. Jeśli odchyłka osi w tym samym wypadku wynosiłaby 1°, to błąd maksymalny wynosiłby 18′. Jest to dowodem konieczności przestrzegania rektyfikacji baniek limbusa i zwracania na nie bacznej uwagi w czasie pracy, tak żeby zawsze pozostawały w środku libelli.

§ 87. Odchyłka osi poziomej lunety. Z powodu tej odchyłki płaszczyzna zakreślona osią celową jest na tyle odchyloną od pionu, na ile oś obrotowa jest odchyloną od poziomu. Dlatego płaszczyzny rzutowe są wszystkie jednakowo odchylone, a powstały ztąd błąd w kącie poziomym jest czynnikiem różnicy poziomu dwuch punktów. Jeśli jeden punkt leży 10° poniżaj, a drugi 10° powyżej horyzontu i jeśli skłon osi wynosi 5′, to błąd jaki się popełnia w pomiarze kąta poziomego wynosi 1′45″. Błąd ten nie jest funkcją wielkości kąta poziomego i jest taki sam dla dwuch punktów w tej samej płaszczyźnie pionowej, gdy instrument wskazuje kąt poziomy 1′45″ między nim i w wypadku tutaj wybranym. Rektyfikując oś obrotową lunety zapomocą linji pionowej, jeśli linja jest w odległości 5 metrów i zawieszona 5 metrów nad instrumentem, to cel górny wskazywać będzie kąt pionowy 45°. W tym wypadku błąd w przecięciu linji pionowej równać się będzie kątowemu odchyleniu osi rotacyjnej od poziomu. Jeśli złączony błąd dwuch przecięć wynosi 1.27 mm. to błąd kątowy w rektyfikacji wynosić będzie 1′. Rektyfikację łatwo można przeprowadzić z jeszcze większą dokładnością.

Błędy powstałe z tego źródła eliminuje się przez odwracanie lunety i odczytywanie tego samego kąta w odwróconem jej położeniu. Średnia dwuch wartości będzie niezależną od tego błędu. Jeśli się robi dużo pomiarów tego samego kąta, to należy robić taką samą ilość spostrzeżeń przy jednym jak i przy drugiem położeniu lunety. [1])

§ 88. Oś celowa nie prostopadła do osi obrotowej lunety. Skutkiem tego plany rzutowe są stożkowemi powierzchniami, które na horyzoncie stają się powierzchniami pionowemi. Ponieważ błąd kolimacyjny jest w rzeczywistości małym kątem i skutkiem tego powierzchnia stożkowa staje się prawie płaszczyzną i ponieważ powierzchnia ta jest pionową na horyzoncie, to błąd przy pomiarze kątów poziomych powstający z tej przyczyny jest bardzo małym, chyba różnica w poziomie punktów jest bardzo wielką. Jeśli punkty są dalekie, jak to zawsze bywa w ścisłym pomiarze kątów poziomych, w takim razie ich poziom kątowy z pewnością jest mały, tak, że w tego rodzaju pracy to źródło błędu niema znaczenia. Gdy jednak linje proste przedłużamy przez odwrócenie lunety, rektyfikacja

[1]) Student powinien udowodnić rysunkiem, jak się dokonuje tej eliminacji błędu przez odwracanie lunety.

ta staje się bardzo ważną, gdyż wtedy błąd w robocie równa się podwójnej swojej wielkości kątowej. Błąd ten eliminuje się przez obracanie alidady z odwróconą lunetą i powtórne skierowanie osi celowej na tylny punkt celowy i przez ponowne odwrócenie lunety przez zenit. Teraz punkt pada tak daleko po drugiej stronie swej pozycji włościwej jak przedtem padał po stronie przeciwnej. Dlatego punkt środkowy leży w przedłużeniu linji prostej.

Zastosowanie teodolitu.

§ 89. Ustawianie teodolitu na stanowisku. Można zaoszczędzić dużo czasu przestrzegając następujących zasad w ustawianiu teodolitu lub instrumentu niwelacyjnego. Jedną nogę trójnoga umieszcza się prawie w żądanem miejscu na ziemi i trzymając pozostałe dwie nogi, porusza się instrumentem tak, żeby pion zawisł nad żądanym punktem, jednocześnie położenie spodarki powinno być w przybliżeniu poziome. Ostatni ten warunek można łatwo ocenić, patrząc wzdłuż górnej powierzchni spodarki lub głowy trójnoga na daleki horyzont. Stałość i usztywnienie instrumentu otrzymuje się jedynie przez dostateczne rozszerzenie nóg trójnoga i mocne wciśnienie ich w ziemię, jakoteż skręcenie śrub w górnej części nóg trójnoga, tak żeby przy podniesieniu trójnoga z ziemi śruby prawie utrzymywały nogi. Gdy się śruby zakręci za ciasno, to instrument jest taksamo nie stałym, jak i przy wolnem zakręceniu śrub. Jeśli się okaże że limbus i spodarka nie są prawie poziome, gdy początkujący ostatecznie ustawił pion nad żądanym punktem, to niedogodność tą można usunąć, przesuwając jedną nogę trójnoga po łuku koła na którego obwodzie stoją jego nogi. Jeśli teraz pion znajduje się w odległości 1 cm. od właściwego, dokładnie oznaczonego punktu, to pozostały błąd można usunąć przez odkręcenie śruby łączącej instrument z głową trójnoga i odpowiednie przesunięcie go. W ostatecznem poziomowaniu alidady, jedną libellę ustawiamy tak, żeby oś jej była *równoległą, do dwuch śrub nastawnych spodarki.* Celem spoziomowania libelli ujmuje się obie śruby tak, żeby się każda znajdowała między palcem wskazującym i wielkim i obracamy śruby w ten sposób, że palce wielkie posuwają się albo *do siebie*, albo *od siebie.* To daje rękojmię, że przy zacieśnieniu jednej śruby, jednocześnie rozkręca się drugą. Ponieważ poziomowanie mogło naruszyć pion, należy znowu sprawdzić czy jest w środku. Początkujący powinien praktykować ustawianie instrumentu, tak na terenie poziomym, jak i na zboczach pagórków, tak długo, aż się stanie zupełnym mistrzem operacji.

§ 90. Zmierzyć kąt poziomy. Jeśli instrument nie ma żadnych wad konstrukcyjnych i jest dokładnie zrektyfikowany, to kąty poziome można mierzyć przy jednem położeniu lunety i odczytując tylko jeden noniusz. Po dokładnem ustawieniu teodolitu i scentrowaniu go nad wierzchołkiem kąta, ustawia się zero pierwszego noniusza naprzeciwko zera limbusa, posługując się śrubą sprzęgową i leniwką alidady do ścisłego ustawienia zer w tej nowej linji. Doświadczenie uczy, że lepsze rezultaty otrzymuje się poruszając leniwkę w ten sposób, ażeby *ścieśniać* sprężynę na którą leniwka działa. Potem zwalnia się śrube sprzęgową limbusa i skierowuje się lunetę na jeden z dwuch punktów. Jeśli numeracja podziałki limbusa ma kierunek azymutowy, t. j. kierunek ruchu wskazówek zegarka, to lunetę skierowuje się na punkt lewy, jeśli kierunek numeracji jest anty azymutowy, t. j. przeciwny kierunkowi ruchu wskazówek zegarka, lunetę skierowuje się na punkt prawy, gdy zaś limbus ma numerację podwójną,

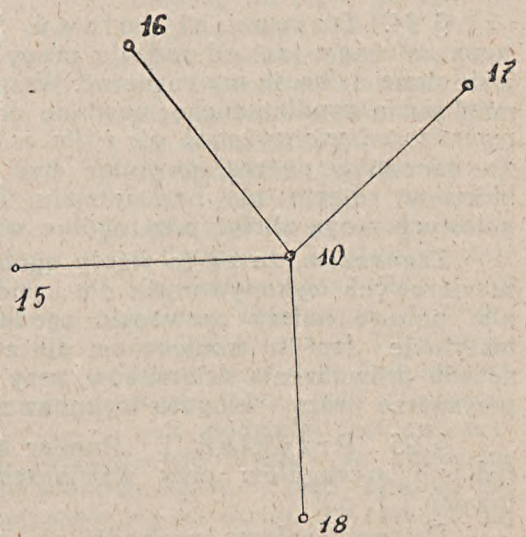
to obojętnem jest na który punkt skierujemy lunetę, prawy czy lewy. Gdy się lunetę skieruje wpierw na punkt lewy, to po skierowaniu jej następnie na punkt prawy, kąt odczytuje się z podziałki antyazymutowej. Po skierowaniu lunety na punkt pierwszy, jak powiedziano powyżej, sprzęga się limbus ze spodarką i leniwką dolną naprowadza się włosek pionowy tak, aż zupełnie padnie na punkt celowy. Teraz zwalnia się górną śrubę sprzęgową i *górnym ruchem* lunetę skierowuje się na punkt następny. Zamyka się górną śrubę sprzęgową i zapomocą leniwki górnej przesuwa się włosek pionowy, aż do zupełnego zlania się z punktem celowym. Noniusz, krórego odczyt przy celowaniu na punkt pierwszy był zero, da teraz w odczycie wielkość mierzonego kąta.

§ 91. Zmierzyć kąt poziomy przy dwuch położeniach lunety. W praktyce kątów nie mierzy się sposobem opisanym w poprzednim paragrafie, a to z tej przyczyny, że rezultaty takich pomiarów zawierają w sobie błędy powstałe z powodu wadliwej konstrukcji instrumentów, jakoteż niedokładnego zrektyfikowania ich. Celem usunięcia tych błędów kąty mierzy się przy dwuch położeniach lunety i odczytuje się obydwa noniusze. Po dokładnem spoziomowaniu i scentrowaniu instrumentu nad wierzchołkiem kąta, jeśli kierunek numeracji podziałek limbusa jest azymutowy, to oś celową skierowuje się wpierw na punkt *prawy*, odczytuje się stopnie i minuty z noniusza pierwszego i zapisuje się do dziennika, n. p. 186°34'; odczytuje sie minuty z noniusza drugiego i również wpisuje się go do dziennika n. p. 35'. Z odczytów minutowych dwuch noniuszów bierze się średnią i w ten sposób otrzymuje się odczyt z usunięciem błędu spowodowanego ekscentrycznością, w tym wypadku odczyt ten wynosi 186°34'.5. Teraz oś celową skierowuje się na punkt *lewy* i w ten sam sposób odczytuje się pierwszy i drugi noniusz i bierze się średnią odczytów minutowych. Jeśli w tym przykładzie średnia odczytów na punkcie lewym wynosić będzie 119°12'.5, to wielkość mierzonego kąta wynosi 186°34'.5 — 119°12'.5 = 67°22'. Dokonawszy pomiaru kąta przy jednym położeniu lunety, obraca się ją przez zenit, czyli przez 180° naokoło jej osi poziomej i w ten sam sposób mierzy się kąt po raz drugi w nowym położeniu lunety. Zanim się jednak skieruje oś celową na pierwszy punkt, należy zmienić położenie alidady w stosunku do limbusa, a to w tym celu, aby otrzymać inne odczyty, w przeciwnym bowiem razie otrzyma się odczyty różniące się o 180° od odczytów przy pierwszem położeniu alidady. Mierząc ten sam kąt przy drugiem położeniu lunety, otrzymano następujące rezultaty: cel na punkt prawy, 1 szy noniusz 12°8' drugi noniusz 8', średnia 12°8'; cel na punkt lewy, pierwszy noniusz 304°46', drugi noniusz 47', średnia 304°46'.5. Kąt poziomy = (12°8' + 360) — 304°46'.5 = 67°21'.5. Podwójny pomiar tego samego kąta przy dwuch położeniach lunety dał dwa różne resultaty. Przyczyną tej różnicy może być nachylenie osi poziomej instrumentu lub nieprostopadłość osi celowej do osi obrotowej lunety, lub też obie przyczyny. Średnia wartość wzięta z dwuch rezultatów jest wolną od tego błędu.

§ 92 Zmierzyć kąt repetycyjnie. Mierzenie kątów przy dwuch położeniach lunety jest ogólnie stosowane, przy pomiarze kątów w zamkniętych wielobokach, tam bowiem po zsumowaniu zmierzonych kątów, widzimy odrazu jaka jest różnica między sumą kątów pomierzonych, a sumą teorytyczną kątów wieloboku, która wynosi (n—2)180°, gdzie n oznacza ilość kątów wieloboku. Jeśli różnica jest większa niż dozwolona, to pomiar powtarza się. Gdy jednak mierzymy pojedyńczy rozwarty kąt, z niczem nie związany i chcemy mieć jaknajdokładniejszą wartość wiel

kości kąta, to kąt taki mierzy się repetycyjnie. Można otrzymać dokładniejsze rezultaty, dzięki wyrównaniu błędów, przez powtarzanie pomiaru kąta w następujący sposób: Limbus sprzęga się z alidadą tak, by odczyt pierwszego noniusza wynosił zero, zwalnia się dolną śrubę sprzęgową i oś celową skierowuje się na *punkt lewy*. (Instrument ma limbus z numeracją azymutową). Sprzęga się limbus ze spodarką, zwalnia się śrubę sprzęgową alidady i skierowuje się oś celową na punkt drugi. Alidadę *sprzęga się z limbusem i zapomocą górnej leniwki* naprowadza się włosek pionowy ściśle na punkt celowy. Teraz mając alidadę sprzężoną z limbusem, zwalnia się *dolną śrubę sprzęgową* i oś celową znowu skierowuje się na pierwszy punkt celowy, sprzęga się limbus ze spodarką i *dolną leniwką*, naprowadza się włosek pionowy na pierwszy punkt celowy. Zwalnia się znowu górną śrubę sprzęgową i oś celową skierowuje się na punkt drugi, sprzęga się alidadę z limbusem i górną leniwką naprowadza się włosek pionowy akuratnie na drugi punkt celowy. W ten sposób na limbusie dodajemy ten sam kąt jeszcze raz. Jeśli kąt na limbusie dodamy trzy razy przy jednem położeniu lunety, a następnie trzy razy przy drugiem położeniu lunety i podzielimy cały kąt przez ilość repetycji, to otrzymamy bardzo dokładny pomiar kąta. Mierzenie kąta przy dwuch położeniach lunety eliminuje błędy, jakie powstają z powodu niedokładnej rektyfikacji instrumentu.

§ 93. Zmierzyć repetycyjnie kilka kątów z tego samego stanowiska. W pomiarach miejskich często się zdarza, że z tego samego stanowiska trzeba zmierzyć kilka kątów z największą dokładnością. Uskutecznia się to w następujący sposób: Instrument ustawia się nad punktem, który jest wierzchołkiem mierzonych kątów, poziomuje się go i centruje bardzo dokładnie, alidadę sprzega się z limbusem tak, żeby odczyt pierwszego noniusza był zero, lub jakiekolwiek równe, 10°, zwalnia się dolną śrubę sprzęgową i oś celową skierowuje się na pierwszy z rzędu punkt celowy; sprzęga się limbus ze spodarką i dolną leniwką naprowadza się włosek pionowy, akuratnie na punkt celowy. Naprzykład z punktu 10 trzeba pomierzyć 4 kąty, celując do punktów 15 go, 16-go, 17 go i 18-go. Po naprowadzeniu włoska pionowego na punkt 15-sty, zapisuje się do dziennika odczyt pierwszego noniusza i odczyt minutowy drugiego noniusza. Limbus pozostaje sprzęgnięty ze spodarką, jeśli kierunek numeracji podziałki limbusa jest azymutowy, to po odkręceniu śruby sprzęgającej alidadę z limbusem, oś celową skierowuje się na następny punkt położony z prawej strony, w tym wypadku na punkt 16 ty sprzęga się alidadę z limbusem, górną leniwką naprowadza się włosek pionowy na punkt celowy i zapisuje się do dziennika odczyt pierwszego i drugiego noniusza. Odejmuje się średni odczyt celowej na punkt 15-sty (poprzedni) od średniego odczytu celowej na punkt 16 (następny) i otrzymuje się pierwszą wartość kąta między punktami 15



Rys. 41.

i 16-stym, mierzonego z punktu 10-go. Następnie zwalnia się górną śrubę sprzęgową i oś celową skierowuje się na punkt następny (17-ty) sprzęga się alidadę z limbusem i górną leniwką naprowadza się włosek pionowy akuratnie na punkt celowy. Zapisuje się do dziennika odczyt pierwszego i drugiego noniusza, od tego odczytu odejmuje się odczyt na punkt poprzedni i otrzymuje się wartość kąta między punktem poprzednim, a punktem na który celowano. W ten sam sposób mierzy się wszystkie kąty następne i pierwszy poczet spostrzeżeń kończy się na tym samym punkcie, na który celowano po raz pierwszy. W tym przykładzie na punkcie 15-stym. Gdy oś celową skierowuje się na punkt pierwszy po raz drugi, to odczyt obydwuch noniuszów powinien być taki sam, jaki był przy pierwszem skierowaniu osi celowej na ten punkt. Nazywa się to *zamknięciem horyzontu.* Ponieważ limbusa nie naruszono w czasie całego pocztu spostrzeżeń, więc odczyt obydwuch noniuszów, gdy się skieruje oś celową poraz drugi na pierwszy punkt celowy powinien być taki sam, jaki był przy pierwszem celowaniu na ten punkt. Tak samo suma wszystkich pomierzonych kątów powinna wynosić 360°. Jeśli się horyzont nie zamyka, to cały poczet spostrzeżeń należy powtórzyć.

Po ukończeniu pierwszego pocztu spostrzeżeń, zwalnia się górną śrubę sprzęgową i alidadę ustawia się tak, by odczyt pierwszego noniusza był o 100° większy, od odczytu na punkt pierwszy, pierwszego pocztu. W tem położeniu sprzęga się alidadę z limbusem, zwalnia się dolną śrubę sprzęgową i oś celową skierowuje się znowu na pierwszy punkt, sprzęga się limbus ze spodarką i dolną leniwką naprowadza się włosek pionowy akuratnie na punkt celowy. W ten sposób rozpoczyna się drugi poczet spostrzeżeń i wykonuje się go tak samo jak poczet pierwszy. Takich pocztów można mieć kilkanaście, zazwyczaj robi się trzy poczty przy jednem położeniu lunety i trzy poczty przy drugiem położeniu lunety. W rezultacie otrzymuje się sześć wartości dla każdego kąta. Średnia sześciu spostrzeń, z których trzy robiono przy jednem położeniu lunety, a trzy przy drugiem położeniu lunety, daje bardzo dokładną wartość mierzonego kąta.

§ 94. Dzienniki polowe. Sposób prowadzenia dzienników polowych zależnym jest od rodzaju pracy jaką się wykonywa, jakoteż od tego jakie dane dziennik ma zawierać. Wszystkie jednak dzienniki polowe powinny mieć jedną wspólną cechę, powinne one być *jasne i zrozumiałe nie tylko dla tego, kto zdjęcie wykonał, ale i dla osób trzecich* Dziennik polowy przysłany do kancelarji pocztą, powinien być zrozumiałym dla każdego kreślarza, który w zdjęcju nie brał udziału. Poniżej podane przykłady dzienników polowych mogą służyć jako ogólne wzory.

Zaznaczam, że są to wzory ogólne, podane jako przykłady. W pracach pomiarowych wykonywanych dla i pod kontrolą instytucji rządowych, dzienniki polowe należy prowadzić zgodnie z przepisami wydanymi przez te instytucje. Jest to koniecznem dla zachowania jednolitości. Indywidualny sposób prowadzenia dzienników, przy takich pracach, w rezultacie często przysparza pracy i kłopotu wykonawcy.

§ 95. Przykład I. Pomiar kątów przy jednem położeniu lunety, (zdjęcie szczegułów przy pomiarach gruntowych, trasowaniu dróg polowych i t. p.).

Dziennik polowy prowadzi się zawsze na dwuch stronicach, strona lewa służy do zapisywania rezultatów pomiarów, strona prawa do kreślenia szkicu. W przykładach podano tylko stronę lewą.

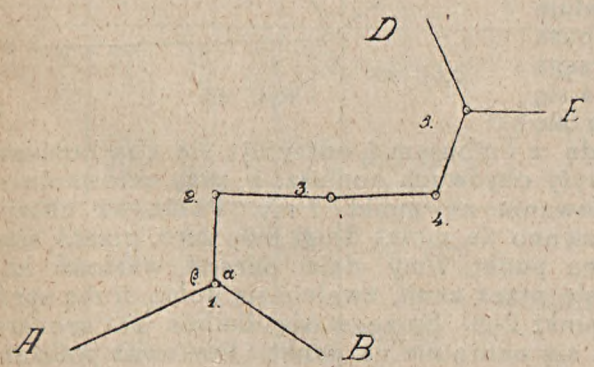
Dziennik zdjęcia teodolitem.

Wzór I.

№№ punktów	Kąty pomierzone °	'	Długości boków	Kąt nachylenia terenu	Uwagi
1	112	15			Kąt lewy
1	117	23			Kąt prawy
			56.25		
2	90	54			» »
			111.75		
3	184	21			» »
			94.50		
4	216	15			» »
			201.20		
5	110	11			» »
5	135	18			Kąt lewy

Teren poziomy

We wzorze pierwszym dziennika polowego podane są wartości poszczególnych kątów, odczyty zaś na poszczególnych punktach celowych nie są wpisywane. Aby można odrazu wpisać do dziennika wielkość mierzonego kąta, postępuje się w następujący sposób: Przypuśćmy, że dwie drogi, którzch magistrale przedstawiają linje A, 1, B i D, 5, E, połączono drogą poprzeczną w kierunku 1, 2, 3, 4, 5, Rys. 42 i tę drogę poprzeczną trzeba nanieść na plan, na którym drogi główne A,1,B i D,5,E, są już oznaczone. Ustawia się instrument na punkcie pierwszym, zwalnia się górną śrubę sprzęgową i alidadę przesuwa sią tak, by odczyt pierwszego noniusza był zero, sprzęga się alidadę z limbusem, zwalnia się dolną śrubę sprzęgową i oś celową skierowuje się w lewo, na punkt A, (jeśli kierunek podziałki limbusa jest azymutowy, jeśli zaś kierunek podziałki jest antyazymutowy, to celuje się w prawo do B). Sprzęga się limbus ze spodarką i dolną leniwką naprowadza się włosek pionowy na A. Teraz zwalnia się górną śrubę sprzęgową, oś celową skierowuje się na punkt 2, sprzęga się alidadę z limbusem i górną leniwką naprowadza się włosek pionowy na punkt 2. Odczyt pierwszego noniusza daje wielkość mierzonego kąta A, 1, 2, który się wpisuje do dziennika, zaznaczając w uwagach, że to jest kąt



Rys. 42.

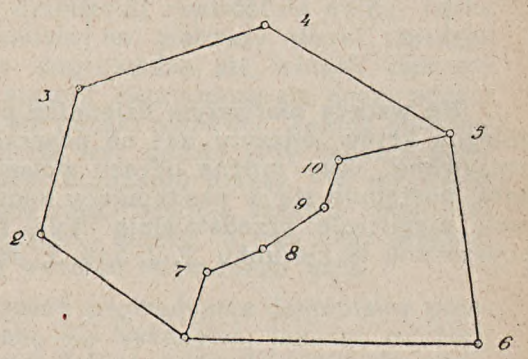
lewy, gdyż leży po lewej stronie linji A, 1, 2, 3, 4, 5. W ten sam sposób mierzy się kąt położony po prawej stronie, 2, 1, B, alidadę sprzęga się z limbusem tak, żeby odczyt pierwszego noniusza był zero, zwalnia się dolną śrubę sprzęgową, oś celową skierowuje się na punkt 2, sprzęga się limbus ze spodarką, zwalnia się górną śrubę sprzęgową, celuje się na punkt B, sprzęga się alidadę z limbusem i z pierwszego noniusza odczytuje się kąt 2, 1, B i wpisuje się go do dziennika jako kąt prawy.

W ten sam sposób mierzy się wszystkie kąty na punktach załamania linji 1, 2, 3, 4, 5, zaznaczając przy każdym punkcie czy mierzono kąt prawy, czy lewy. Najlepiej mierzyć wszystkie kąty z jednej strony, z wyjątkiem punktów początkowego i końcowego, gdzie dla związania się z linją główną mierzy się oba kąty, prawy i lewy.

Podany powyżej sposób mierzenia kątów i prowadzenia dziennika, może być stosowany tylko tam, gdzie wielka dokładność nie jest wymagana i rozchodzi się o pośpiech, taki bowiem pomiar kątów zawiera w sobie wszystkie błędy, jakie wynikają z powodu niedokładnej rektyfikacji instrumentu lub wad w jego konstrukcji, a także błędy przypadkowe.

§ 96. Przykład II. Pomiar kątów przy dwuch położeniach lunety, z jednoczesnem oznaczeniem wielkości kąta z pierwszego położenia lunety i podwójnej jego wartości z drugiego położenia lunety.

W Rys. 43, linje 1, 7, 8, 9, 10, 5, przedstawiają załamania ciągu sytuacyjnego, rozdzielającego las od innych użytków w obszarze ziemskim zawartym w obwodnicy 1, 2, 3, 4, 5, 6, 1. Pomiaru kątów dokonuje się w następujący sposób: Instrument ustawia się na punkcie pierwszym, alidadę sprzega się z limbusem tak, żeby odczyt pierwszego nonisza był zero, zwalnia się dolną śrubę sprzęgową, celuje się na punkt 2, (podziałka limbusa ma kierunek azymutowy) sprzęga się limbus ze spodarką, zwalnia się górną śrubę sprzęgową, celuje się na punkt 7, sprzęga się alidadę z limbusem i odczytuje się oba noniusze. Do dziennika wpisuje się odczyty obydwuch noniuszów przy celowaniu na punkt drugi, jakoteż przy celowaniu na punkt 7 my. Ponieważ odczyty obydwuch noniuszów, gdy celowano na punkt drugi były zero, przeto średnia odczytów przy celowaniu na punkt 7-my daje odrazu wartość kąta 2, 1, 7. Teraz lunetę obraca się przez zenit, zwalnia się dolną śrubę sprzęgową i celuje się znowu na punkt 2-gi. Sprzęga się limbus ze spodarką i włosek pionowy naprowadza się akuratnie na punkt, Ponieważ położenie alidady w stosunku do limbusa nie zmieniło się, więc i odczyt pozostaje taki sam teraz, jaki był przy celowaniu na punkt 7-my. Zwalnia się górną śrubę sprzęgową, skierowuje się lunetę na punkt 7-my sprzęga się alidadę z limbusem i górną leniwką naprowadza się włosek pionowy na punkt, odczytuje się oba noniusze i odczyty zapisuje się do dziennika pod odczytami ostatnio wpisanymi. Widzimy w dzienniku (wzór II) że odczyt na punkt 7-my przy drugim położeniu lunety ma dwukrotną wartość odczytu na ten sam punkt przy pierwszem położeniu lunety.



Rys. 43.

Dziennik zdjęcia teodolitem.

Wzór № II.

Stanowisko	Cel do punktu	Noniusz I °	Noniusz I '	Noniusz II "	Średnia '	Kąt poziomy °	Kąt poziomy '	Długość boku	Uwagi
	2	00	0	0	0′				
1	7	69	18	19	18′5	69	18′5		
	7	138	37	37	37			282.50	
	7	0	0	0	0				
1	6	76	50	50	50	76	50.25		
	6	153	40	41	40′5			111.20	
	3	0	0	0	0				
2	1	118	32	32	32	118	32		
	1	237	4	4	4				

§ 97. **Przykład 3-ci. Dziennik pomiaru kąta poziomego przy dwuch położeniach lunety sposobem opisanym w § 91. Podany poniżej wzór 3-ci jest ogólnie stosowany przy pomiarach gruntowych. Jest to wzór G. U. Z.**

Dziennik zdjęcia teodolitem.

Wzór III. (Do rys. 48).

Stanowisko	Cel do punktu	Noniusz I °	Noniusz I '	Noniusz II "	Średnia '	Kąt poziomy °	Kąt poziomy '	Średnia kątów °	Średnia kątów '	Czwartaki nazwa	Czwartaki ° '	Długość linji	Kąt nachylenia terenu	Uwagi
	6	217	15	16	15 5							115.3		
	2	51	12	12	12	166	03.5					115.1		
1								166	03.25					
	6	350	24	24	24							115.2		
	2	184	21	21	21	166	03			NO	15 30		4°	Silny wiatr
	1	4	15	15	15							151.4		
	3	264	19	20	19 5	99	55 5					151.1		
2								99	55.75					
	1	180	30	30	30							151.25		
	3	80	34	34	34	99	56			SO	84 30		0°	

§ 98. Dziennik pomiaru kątów sposobem kierunkowym. Podany tu wzór służy również do zapisywania rezultatów spostrzerzeń tachimetrycznych.

Dziennik zdjęcia teodolitom.

Wzór № IV. (Do Rys. 42)

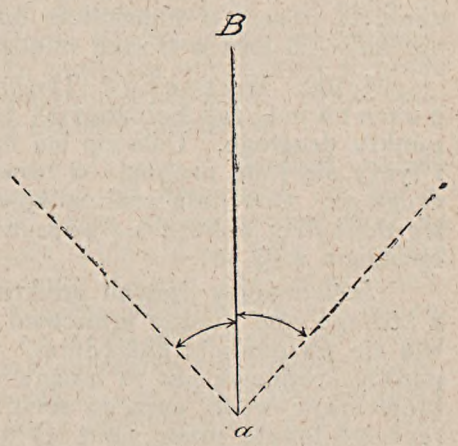
Stanowisko	Cel do punktu	Azymut		Odczyt skrajnych włosków	Różnica odczytów	Kąt nachylenia terenu	Odległość
		°	'				
1	2	3	4	5	6	7	8
	A	227	15	2.175 1.014	1.161	0°0'	116 4
	2	0	32	1.815 1.195	0.620	0°0'	62 3
	B	115	24	1 975 1.118	0.857	0°0'	86.0
2	1	180	32	1.912 1.291	0.621	0°0'	62 4
	3	89	8	2.156 1.044	1 112	3°18'	(111.5)
	2	269	8	2 418 1.304	1 113	3°16'	(111.6)
	4	84	15	1 918 1.098	0 820	0°0'	82.3
4	3	264	15	2 126 1 305	0.821	0°0'	82.4
	5	31	29	1 942 1.212	0 713	5°15'	(71.7)

Wzór ten bardzo się nadaje do zdjęć sytuacyjnych, gdy główne ciągi zostały już pomierzone i azymuty ich boków wyliczone i wyrównane. Jeśli A, 1, B, i D, 5, E, (Rys. 42) zostały już dawniej zdjęte i ich azymuty są znane, to ciąg 1, 2, 3, 4. 5, można mierzyć sposobem kierunkowym. Po ustawieniu i scentrowaniu instrumentu nad punktem 1, alidadę wiąże się z limbusem w ten sposób by odczyt pierwszego noniusza równał się azymutowi linji 1—A. Zapomocą kontroli dolnej skierowuje się oś celową na punkt A, sprzęga się limbus ze spodarką i za pomocą kontroli górnej, oś celową skierowuje się na punkt 2, odczyt pierwszego noniusza daje nam azymut linji 1—2. Instrument przenosi się na punkt 2. Po ustawieniu i scentrowaniu instrumentu, zwalnia się alidadę i pierwszy noniusz ustawia się tak, by odczyt jego równał s ię azymutowi linji 2—, plus 180°. Sprzęga się alidadę z limbusem, zwalnia się limbus i oś celową skierowuje się na punkt 1 i odczyt pierwszego noniusza zapisuje się do dziennika jako azymut linji 2—1. Teraz zwalnia się alidadę i oś celową skierowuje się na punkt 3. Odczyt pierwszego noniusza daje azymut linji 2—3. Postępując w ten sposób można określić azymuty szeregu następujących po sobie linji. O ile linje te stanowią zamkniętą obwodnicę, lub jeśli azymut linji początkowej i linji końcowej jest znany, to różnica między zmierzonym azymutem linji końcowej po zam-

knięciu okręgu, a azymutem początkowym tej linji jest błędem kątowym w pomiarze azymutów. To samo stosuje się do rozwartego ciągu o ile azymuty linji początkowej i końcowej są znane. Wzór dziennika N. 4 posiada rubryki do wpisywania odczytów tachimetrycznych, gdy boków nie mierzy się bezpośrednio. Odległości podane w nawiasach są prowizoryczne i obliczone bez uwzględnienia kąta nachylenia terenu.

Podane powyżej wzory dzienników polowych, używane są przy zwykłych zdjęciach poziomych. Dla obliczenia różnicy poziomu między poszczególnymi punktami, dodaje się odpowiednie rubryki [1]).

§ 99. Wytyczyć kąt danej wielkości. Z punktu A, należy wytyczyć kąt 40° 15′ po prawej stronie linji A—B. Rys. 44. Ustawia się instrument nad punktem A, sprzęga się limbus z alidadą na jakimkolwiek odczycie i zapomocą kontroli dolnej oś celową skierowuje się na punkt B. Sprzęga się limbus ze spodarką, do odczytu pierwszego noniusza dodaje się 48° 15′ i oś celową skierowuje się na prawo zapomocą kontroli górnej tak, żeby odczyt pierwszego noniusza równał się sumie odczytu na punkt B, plus dany kąt (48° 15′). Jesli kąt trzeba wytyczyć w lewo to od odczytu na punkt B odejmuje się dany kąt i oś celową skierowuje się w lewo tak, by pierwszy noniusz dawał odczyt równy różnicy odczytu na punkt B, minus dany kąt. Taki program stosuje się wtedy gdy podziałka limbusa ma kierunek azymutowy; gdy podziałka limbusa jest antyazymutowa kąty wytycza się sposobem odwrotnym. Po wytyczeniu żądanego kąta, ustawia się znak na wytyczonej linji.



Rys. 44.

§ 100. Kąt danej wielkości wytyczyć repetycyjnie. Często się zdarza że kąt danej wielkości trzeba wytyczyć bardzo dokładnie. Oś celową skierowuje się za pomocą kontroli dolnej na znany bok, sprzęga się limbus ze spodarką, zwalnia się alidadę i wytycza się żądany kąt. Na linii w ten sposób wyznaczonej stawia się znak i kąt zawarty między linją daną, a linją wytyczoną mierzy się repetycyjnie sposobem opisanym w § 92. Jeśli średnia wartość zmierzonego kąta jest inna niż wartość żądana, to różnicę między temi wartościami kąta uzupełnia się w następujący sposób: Przypuśćmy że żądana wartosc kąta wynosi 50° 16′, zaś średnia wartość kata repetycyjnie zmierzonego wynosi 50° 15′ 30″. Widocznem jest że kąt należy powiększyć o 30″. Mierzy się odległość od stanowiska instrumentu do 2-go punktu celowego, mnoży się ją przez tangens 30″ i otrzymany iloczyn, wyrażony w jednostkach miary, w której mierzono tą odległość, jest długością prostopadłej do linji celowej, jaką należy odmierzyć od punktu celowego w prawo lub lewo, a to zależnie od tego czy kąt trzeba powiększyć czy pomniejszyć.

§ 101. Przedłużanie linji prostej. Najdokładniejszy sposób przedłużania linji jest następujący: Przypuśćmy, że linję AB, rys. 45, trzeba przedłużyć do punktu C, który nie jest widoczny z A. Wybiera się dogodny i widoczny punkt X, wysunięty daleko wprzód, instrument ustawia

[1]) Obszerniejsza dyskusja o zdjęciach tachimetrycznych w rozdziale VI.

się w punkcie A, celuje się na punkt B, w X ustawia się sygnał na linji A B. Przenosi się instrument na punkt B, celuje się do X i na linji B X, która jest przedłużeniem prostej A B, ustawia się w żądanej odległości znak dla punktu C. Gdy oznaczenie dalekiego punktu X nie jest możliwem, instrument ustawia się w punkcie B, celuje się na A, limbus sprzęga się z alidadą i ze spodarką, lunetę obraca się naokoło jej osi poziomej przez zenit i na gruncie stawia się znak w C'. Zwalnia się kontrolę dolną, limbus, alidadę i lunetę obraca się naokoło osi pionowej instrumentu przez 180° stopni i celuje się znowu na punkt A, (Rys. 45) sprzęga się limbus ze spodarką, lunetę obraca się przez zenit i stawia się na gruncie znak C''. Gdy instrument jest doskonale zrektyfikowany, to znaki C' i C'' powinny padać w tym samym punkcie, zazwyczaj jednak znaki te padają w niewielkiej odległości obok siebie. Przedłużenie linji AB leży w środku między C'C'' i tam ustawia się znak C.

Rys. 45.

§ 102. Wytyczyć linję prostą między dwoma punktami tak położonymi, że z punktu pierwszego nie widać punktu drugiego. Ustawia się instrument na punkcie pierwszym i tyczy się linję próbną, w prawdopodobnym kierunku punktu drugiego. Gdy linja próbna dojdzie do punktu drugiego, mierzy się odchyłkę, oblicza się poprawkę i linję wytycza się sposobem opisanym w § 101.

Jeśli między danymi punktami znajduje się punkt pośredni z którego oba punkty krańcowe są widoczne, to instrument ustawia się na punkcie pośrednim, tak blisko linji prostej łączącej punkty krańcowe jak to można ocenić, celuje się na jeden z punktów krańcowych, sprzęga sie limbus ze spodarką i alidadą i obraca się lunetę przez zenit O ile włosek pionowy pada na drugi punkt krańcowy i instrument jest dobrze zrektyfikowany, to punkt pośredni znajduje się na prostej łączącej dwa punkty krańcowe. Jeśli się okaże, że instrument nie znajduje się na linji prostej łączącej punkty krańcowe, to się go przesuwa stopniowo do tej linji, dopuki pierwszy i drugi punkt krańcowy nie znajdą się na włosku pionowym lunety, gdy się celuje na te punkty z jednego stanowiska. Ostateczne sprawdzenie wykonuje się przy dwuch położeniach lunety.

§ 103. Znaki używane do tyczenia. Im krótszą jest linja, tem mniejszy powinien być znak. Dla odległości nie przekraczających 75 mtr. można używać ołówka lub szpilki metalowej, którą się posługujemy przy mierzeniu taśmą. Tyczki proste, o średnicy od 3 do 4 cm. nadają się dla odległości do 500 mtr. Dla odległości większych, znak robi się z białego płótna przymocowanego do ramy kwadratowej, na płótnie robi się przekątnię koloru czarnego i ramę z płótna ustawia się na odpowiednich podporach w ten sposób, by płaszczyzna płótna była prostopadłą do tyczonej linji. Przekątnia na płótnie ma kierunek pionowy i znajduje się nad punktem do którego się wytycza linję.

§ 104. Sygnały polowe. [1]) Sygnały są zazwyczaj lepiej zrozumiane niż rozkazy słowne, zwłaszcza na większych odległościach. Najczęściej używane sygnały są następujace:

[1]) Sygnały polowe mogą być tylko wtedy z odpowiednim skutkiem stosowane, gdy się ma dobrze wyćwiczonych pomocników, którzy stale przy pomiarach pracują.

„W prawo“ lub „w lewo“ wyciąga się ramię w żądanym kierunku, poruszając niem powolnie dla większych odstępów, a prędko dla odstępów krótkich.

„Dobrze“. Oba ramiona wyciąga się pionowo w górę i porusza się niemi jak skrzydłami, w dół i do góry.

„Spionować tyczkę“ wyciąga się ramię ponad głowę i zwolna porusza się w kierunku w którym należy spionować tyczkę.

„Daj cel wprzód“. Kiedy celową należy przedłużyć wprzód, przesyła się sygnał pomocnikowi trzymając ramię pionowo nad głową.

„Punkt obrotowy“. Jeśli technik życzy sobie by cel wprzód był zarazem punktem obrotowym, na który przeniesie instrument, powiewa chustką robiąc nią koło.

„Gdzie linja“. Gdy pomocnik chce być umieszczonym „na linji“ to ujmuje tyczkę w obie ręce i trzyma ją poziomo nad głową, a potem ustawia ją obok pionowo. Jeśli to ma być także punktem obrotowym to przed ustawieniem tyczki pionowo, powiewa tyczką robiąc nią koło. Przy dalekich odległościach do tyczek przyczepia się płachty płócienne.

§ 105. Obchodzenie się z teodolitem. Teodolit należy zawsze, gdzie to tylko jest możliwem, ochraniać od deszczu i od kurzu. Do tego służy jedwabny, wodotrwały futerał, który należy zawsze mieć ze sobą. Jeśli woda wejdzie do wnętrzna lunety, wyjmuje się lupę i wnętrze lunety wysycha. Jeśli wilgoć zbierze się między dwoma częściami objektywu, to się go odkręca i suszy łagodnem ciepłem nad piecem lub lampą, ale *nie należy nigdy rozdzielać szkieł.* Jeśli na włoskach krzyżowych osiadł kurz, to można go wydmuchać wyjmując tak soczewkę jak i okular i dmuchając łagodnie w trąbkę lunety. Proch ze szkieł oczyścić można szczotką z włosów wielbłądzich, którą należy zawsze z instrumentem nosić. Jeśli proch jest ostry i kanciasty, to ażeby zapobiec robieniu znakow na soczewce, czyści się ją lekkiem pocieraniem czystej chusteczki. Do czyszczenia zatłuszczonych lub bardzo brudnych szkieł używa się alkoholu. Nie należy smarować oliwą żadnej części instrumentu na którą pada kurz, gdyż oliwa zatrzymuje wszystek kurz jaki może paść na instrument. Środki (osie limbusa i olidady) należy od czasu do czasu oczyścić skórą zamszową i bardzo lekko nasmarowac czystą oliwą zegarkową. Proszek naskrobany z miękkiego ołówka grafitowego bierze się na palec i naciera się nim szpulkę środka. Okucia nóg trójnoga, tak górne jak i dolne, powinny być ściśle dopasowane i do drzewa przylegać, tak żeby po ustawieniu instrumentu nie było żadnych poruszeń z tej przyczyny. Gdy nogi są dwulistowe jak w rys. 27 i przy ustawianiu zacieśnia się je śrubami, to śruby te odkręca się, gdy się instrument przenosi — zakręca się po ponownem ustawieniu instrumentu.

§ 106. Ustawianie włosków krzyżowych. Każdy geometra powinien zawsze mieć ze sobą szpulkę nici jedwabnika jako też małą butelkę kleju stolarskiego. Można również nosić suchy klej i roztwarzać go w alkoholu. Gdy niema nici jedwabnika można użyć nici pajęczych. Ażeby włoski były elastyczne, to nowe włoski powinny być wysuszone, zaś stare włoski należy potrzymać nad parą. Włoski dla prac tachimetrycznych powinny być cienkie, okrągłe i nieprzezroczyste. Niektóre włoski są przezroczyste, inne zaś są spłaszczone lub poskręcane. Na pierścieniu włoskowym należy wyryć znaczki tam gdzie włoski powinny leżeć. Wyrycie tych znaczków powinno się uskutecznić z największą ostrożnością, tak żeby potem włosek pionowy tworzył kąt prosty z włoskiem poziomym i żeby

skrajne włoski poziome były równoległe do włoska środkowego, w jednakowej od niego odległości i by proporcja odległości między skrajnymi włoskami, a długością jaką te włoski nakrywają na łacie, dawała stałą tachimetryczną do jakiejkolwiek podziałki łaty.

Włoski przykleja się w następujący sposób: nić jedwabnika lub pajęczynę owija się kilkakrotnie, naokoło ostrych końców rozwartego cyrkla używanego do przenoszenia długości. Cyrkiel otwiera się tak, by nić była dobrze naprężona, następnie trzymając cyrkiel w położeniu poziomem, nić ustawia się wpoprzek pierścienia włoskowego w ten sposób, by nakrywała wyryte znaczki włoskowe na pierścieniu. Opuszcza się cyrkiel, przedtem jednak ustawia się podpory pod końce cyrkla naokoło których owinięta jest nić, gdyż bez podpór nić by się porwała. Dla dokładnego ustawienia włosków w wyryte dla nich znaczki używa się szkła powiększającego. Gdy włoski zostały już dokładnie ustawione, przykleja się je roztworem nierozpuszczalnym w wodzie. Klej wysycha w krótkim czasie, wtedy usuwa się cyrkiel urywając końce włosków naokoło niego owinięte.

Ćwiczenia do wykonania teodolitem.

1. Oznaczyć trzy punkty, które tworzą trójkąt. Zmierzyć trzy kąty poziome tego trójkąta i sprawdzić czy ich suma wynosi 180°; zmierzyć długość boków i obliczyć te same kąty.

2. Przedłużyć linję w azymucie i odległości, omijając nieistniejącą przeszkodę, a potem sprawdzić azymut odczytem wtył, a odległość pomiarem na gruncie. Niech będą dane dwa punkty A i B, określające linję. Zadanie nasze polega na oznaczeniu innych dwuch punktów C i D w przedłużeniu linji A B, poza nieistniejącą przeszkodą, tak dla osi celowe jak i dla pomiaru właściwej długości między punktami B i C. Należy obliczyć również odległość B C.

Trójkąt równoramienny okaże się najdogodniejszym do rozwiązania tego zadania.

3. Obliczyć jaka jest odległość do i wysokość niedostępnej wieży, komina lub drzewa.

Mierzy się linję podstawową taką, by jej dwa końce z danym, a niedostępnym punktem tworzyły trójkąt z kątem rozwartym (pożądanem jest by żaden kąt trójkąta nie był mniejszym od 30°, a większym od 120°). Tylko szczyt przedmiotu musi być widzialnym z dwuch końców linji podstawowej. Mierzy się tak kąty poziome jak i kąty pionowe między drugiemi punktami trójkąta, z obydwuch końcow linji podstawowej. Niechaj A i B będą końcami linji podstawowej, a P punktem którego odległość i poziom są żądane Otóż dla kątów poziomych mamy: sin P : sin A = A B : B P. także sin P : sin B = A B : A P.

Odczytutąc kąty pionowe do końców linji podstawowej, odczyty należy brać na punkcie tak wysoko znajdującym się nad ziemią lub znakiem na który celowano, jak wysoko jest luneta nad punktem nad którym instrument ustawiono Teraz otrzymuje się różnicę poziomu dwuch punktów. Mierzy się kąt pionowy do punktu P (do szczytu wieży) i każdorazowo dodaje się poziom instrumentu, by mieć poziom punktu P ponad znakiem nad którym ustawiono instrument. Jeśli punkt A jest niższym z dwuch stanowisk na linji podstawowej, a WA i WB są wysokościami instrumentu (osi celowej) ponad znakiem w obydwuch wypadkach i jeśli VA, VB, VP i VP' są kątami pionowymi do odpowiednich punktów, to możemy napisać: Wywyższenie B ponad A = AB tang VB. Wywyższenie P ponad A = AP tang VP, taksamo z kątów pionowych pomierzonych w B mamy: Wywyższenie A ponad B = AB tan VA, wywyższenie P ponad B = BP tan. VP'.

Teraz mamy sprawdzenie tak przewyższenia jak i odległości AP i BP.

Przyjmując że wywyższenie punktu A jest zero, otrzymujemy: Wywyższenie P nad A = AP tan. VP = AB tan. VB + BP tan. VP'.

Równość taką otrzymamy tylko pod tym warunkiem jeśli spostrzeżenia robiono dokładnie, obliczenia przeprowadzono z całą ścisłością, a instrument był starannie zrektyfikowany. Rektyfikacja o którą tutaj głównie się rozchodzi, jest to rektyfikacja baniek limbusa i noniusza koła pionowego. Jeśli odległość między punktami jest znaczna, n. p. 1 km to przewyższenia jakie otrzymujemy z odczytów kątów pionowych są zawielkie z powodu kulistości ziemi. Różnicę tą można przyjąć jako 15 cm. na 1 km i proporcjonalną do kwadratu odległości. Czyli możemy napisać:

Poprawka przewyższenia przy długich celowych wynosi w centymetrach: 15 cm. × (odległości w km.)^2.

Jeśli odległość nie przekracza jednego kilometra, to poprawki przewyższenia można nie obliczać.

Obliczyć wysokość domu lub drzewa nad poziomem ziemi, bez udawania się bezpośrednio do miejsca gdzie się przedmiot znajduje.

4. Znaleźć długość poziomą i kierunek linji łączącej dwa niedostępne punkty; jeśli prawdziwy kierunek linji podstawowej nie jest znanym, określić go igłą magnetyczną.

5. Znaleźć długość poziomą i kierunek linji łączącej dwa punkty, z których oba nie mogą być widziane jednocześnie z jakiegokolwiek jednego punktu.

Niechaj A i B będą niedostępnymi punktami. Zmierzyć podstawę CD taką żeby z A można widzieć C, a B z D. Można mieć podstawę i trójkąty pomocnicze do obliczenia długości AC i BD. Znając AC i CD i kąt między nimi zawarty, oblicza się AD co do kierunku i odległości. Teraz można obliczyć kąt ADB, który ze znanymi przyległymi bokami AD i DB umożliwia odszukanie kierunku i długości boku AB.

6. Mając teodolit bardzo wytrącony z poziomu, lub oś poziomą lunety wytrąconą z poziomu, zmierzyć kąt poziomy między dwoma punktami, między którymi jest znaczna różnica poziomu. Kąt ten należy zmierzyć przy dwuch położeniach lunety i zaznaczyć różnicę w wartościach kąta otrzymanego w obu wypadkach.

7. Wybrać serję punktów zamykających powierzchnię na nierównym terenie i ustawiając instrument na poszczególnych punktach, pomierzyć kąty wewnętrzne obwodnicy. Zsumować te kąty i sprawdzić czy ich suma równa się $(n - 2)180^0$, gdzie n oznacza ilość mierzonych kątów. Kąty mierzyć przy dwuch położeniach lunety.

9. Mając serję punktów, będących punktami załamania zamkniętej obwodnicy pomierzyć azymuty boków obwodnicy, sposobem opisanym w § 98. To znaczy znając lub przyjmując azymut jakiejkolwiek linji, pomierzyć azymuty wszystkich linji następnych, wracając w ten sposób na punkt początkowy i zmierzyć azymut linji pierwszej. Azymut ten powinien być taki sam jek azymut pierwotny tej linji.

9. Na nierównym terenie wytyczyć linję prostą sposobem opisanym w § 101, zajmując od sześciu do dziesięciu stanowisk. Wrócić po tej samej linji i założyć drugą serję punktów nie zwracając żadnej uwagi na pierwszą serję, a potem zauważyć czy linja po raz drugi tyczona w drodze powrotnej, zgadza się z linją pierwszą. Wracając, ostatnie dwa punkty linji tyczonej po raz pierwszy, są początkowymi punktami linji powrotnej i linja powrotna jest przedłużeniem linji łączącej te dwa punkty. Dlatego jeśli te dwa punkty zbaczają nawet bardzo mało od linji prawdziwej, to odchyłka będzie wzrastać w kierunku punktu początkowego.

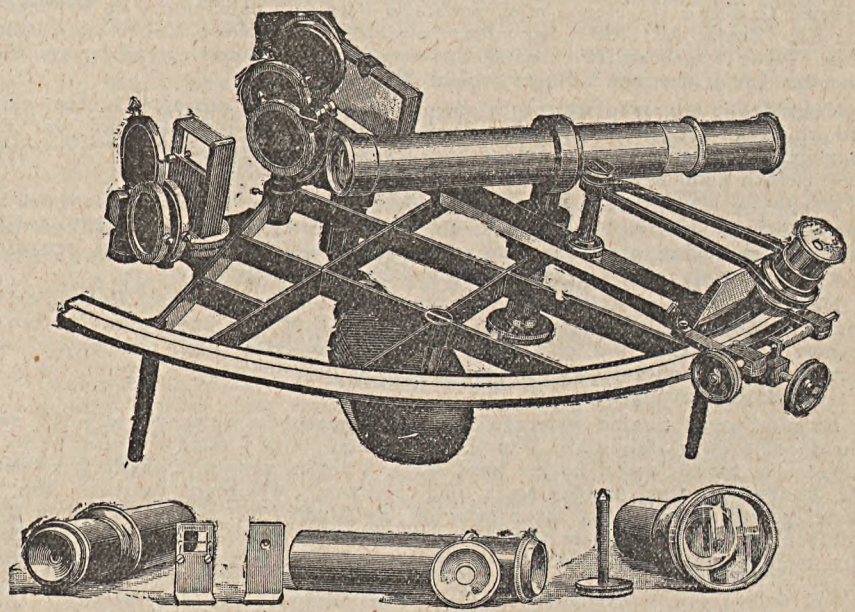
Sekstans.

§ 107. **Sekstans jest to najdogodniejszy i najdokładniejszy do tej pory wynaleziony instrument do mierzenia kątów, czy to poziomych, czy pionowych, czy też nachylonych. Sekstansem nazywa się dlatego, że limbus zawiera tylko 60° łuku koła. Mierzy się nim jednak kąty do 120°. W czasie pomiaru kąta instrument trzyma się w ręku, kąty mierzy się pojedyńczem spostrzerzeniem, a rezultaty są bardzo dokładne, nawet wtedy gdy obserwator znajduje się na niestałej podstawie n. p. na pokładzie płynącego okrętu, używa się go wyłącznie do obserwacji gwiazd na morzu, a w miernictwie używa się go w pracach hydrograficznych, których celem jest zebranie danych pomiarowych potrzebnych do przygotowania map warstwicowych dna rzeki, jeziora lub morza. Głębokość wody mierzy się zapomocą sondowania z łodzi, jednocześnie mierzy się sekstansem dwa kąty poziome celując na trzy punkty stałe na brzegu, między którymi odległość została zmierzona, jakoteż kąt na punkcie środkowym. Sekstansu używa się również do prac rekonesansowych, eksploracji i do pobieżnych pomiarów terenu. Przyrząd ten jest w użyciu prawie od 1730 r. Załączona ilustracja przedstawia zwyczajną formą tego instrumentu. Długość promienia limbusa wynosi około 20 cm., a najdokładniejszy gatunek instrumentu daje odczyty z dokładnością 10 sekund łuku.**

W instrumencie znajduje się lustro *M*, (Rys 47) zwane *zwierciadłem indeksowem*, sztywnie przymocowane do ruchomego ramienia *MA*, na którem znajduje się noniusz do odczytywania limbusa podziałkowego *CD*. Jeszcze jedno lustro *m*, zwane *zwierciadłem horyzontowem*, przymocowane jest stale

do ramy instrumentu i luneta, także przymocowana stale do ramy, skierowana jest w to zwierciadło. Dolna połowa tego zwierciadła jest posrebrzana a połowa górna jest czysta.

Promień światła idący z *H* przechodzi przez czystą część zwierciadła *m*, dalej przez lunetę do oka w *E*. Także promień z przedmiotu w O, uderza



Rys 46.

w zwierciadło w *M*, i odbija się w zwierciadle horyzontowem w *m*, a potem przez lunetę przechodzi do oka w *E*. Przez jedną połowę objektywu przychodzą promienie z *H*, przez drugą połowę prowienie z *O* i każdy pęk tych promieni tworzy doskonały obraz. Poruszając ramieniem *MA*, widocznem jest, że obrazy te będą przechodzić jeden przez drugi, a tylko w jednem położeniu nakryją się one zupełnie. Otóż obserwacja polega na tem, że obrazy przyprowadzamy jeden na drugi tak, że się zupełnie zlewają i bez względu na to jak nie stałem byłoby miejsce na którem stoi obserwator, może on od czasu do czasu zobaczyć oba obrazy jednocześnie i tak przez serję przesuwań, może ostatecznie przyprowadzić ramię do jego prawdziwego położenia, dla dokładnego zlania się obrazów. Wtedy na limbusie można odczytać kąt między dwoma przedmiotami.

§ 108. Teorja Sekstansu polega na zasadzie optycznej. że „jeśli promień światła ulega podwójnemu następującemu po sobie odbiciu się w tej samej płaszczyźnie, przez dwa płaskie źwierciadła, to kąt między pierwszym a ostatnim kierunkiem promienia jest dwa razy tak wielkim, jak kąt źwierciadeł".

Aby to udowodnić niechaj *OM* (Rys. 47) i *mE* będą pierwszem i ostatniem położeniem promienia, to ostatnie położenie z przedłużeniem pierwszego tworzy kąt *E*.

Kąt *A* jest kątem źwierciadeł. Kąty zderzenia i odbicia w dwóch źwierciadłach są kąty *i* i *i'*, *PM* i *pm* są to prostopadłe do płaszczyzn źwierciadeł.

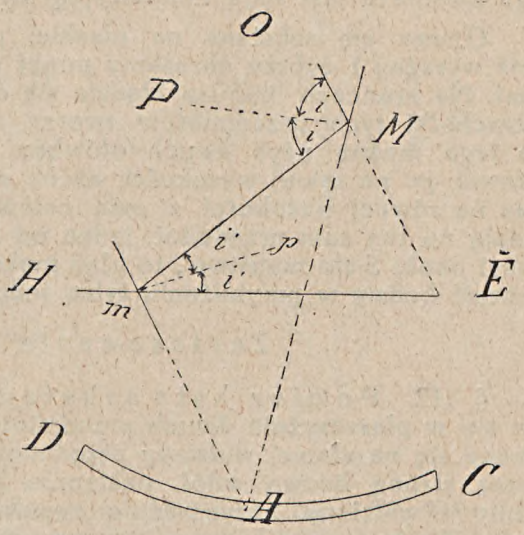
Teraz możemy napisać:

Kąt $E = OMm - MmE = 2(i - i')$

Kąt $A = HmM - MmA = (90^0 - i') - (90^0 - i) = i - i'$;

Dlatego $E = 2A$.

Gdy źwierciadła ustawimy tak, że ich płaszczyzny są do siebie równoległe, to kąt A staje się zerem, czyli promienie OM i Hm są równoległe. Jest to położenie ramienia, w którem odczyt noniusza jest zero. Od tego punktu limbus jest podzielony na lewo w ten sposób, że łuk 60° na podziałce czyta się 120°, to znaczy że ruch 1° stopnia na łuku w rzeczywistości mierzy kąt 2° w przypadających promieniach, dlatego musi się go oznaczać jako dwa stopnie zamiast jednego. Z powodu bardzo wielkiego promienia limbusa można to uczynić bez trudności.



Rys. 47.

Rektyfikacja Sekstansu.

§ 109. **Zwierciadło indeksowe musi być prostopadłe do płaszczyzny sekstansu.** Przesunąć ramię tak, ażeby odczyt noniusza wynosił około 30° i sprawdzić czy łuk limbusa i jego odbicie się w źwierciadle indeksowem tworzą ciągłą nieprzerwaną krzywą. Jeśli źwierciadło nie jest prostopadłem do płaszczyzny łuku, to odbicie okaże się albo pod, albo ponad łukiem, zależnie od tego czy źwierciadło jest pochylone wprzód czy wtył. Rektyfikację robi się skrawkami cienkiego papieru, które się wkłada pod wystającą część źwierciadła i krawędzie ramki, lub też śrubą do tego celu przeznaczoną.

§ 110. **Źwierciadło horyzontowe musi być równoległe do źwierciadła indeksowego, gdy odczyt noniusza jest zero.** Ustawić noniusz tak, by odczyt jego był zero i sprawdzić czy obraz dalekiego i wyraźnego przedmiotu jak n. p. gwiazdy widziany bezpośrednio i odbity zlewa się zupełnie. Jeśli się nie zlewa, to należy zrektyfikować źwierciadło horyzontowe tak, aż nastąpi zupełne zlanie się obrazu. Jeśli źwierciadła horyzontowego nie można poruszyć, to rektyfikację tą uskutecznia się w ten sposób, że się przesuwa ramię na którem jest noniusz tak, aż obraz odbity i widziany wprost zlewają się zupełnie, następnie robi się odczyt noniusza. Ten odczyt jest błędem indeksowym instrumentu i błąd ten należy uwzględnić we wszystkich mierzonych kątach. We wszystkich instrumentach lepszego gatunku źwierciadło horyzontowe daje się rektyfikować. Rektyfikację tą robi się zazwyczaj jako drugą, chociaż najlepiej robić ją jako pierwszą. Jeśli źwierciadło horyzontowe ustawimy równolegle do źwierciadła indeksowego, po zrektyfikowaniu tego ostatniego, to ono musi być prostopadłem do płaszczyzny instrumentu.

§ 111. Oś celowa lunety musi być równoległą do płaszczyzny sekstansu. Pierścień włoskowy w lunecie sekstansu ma cztery włoski, które tworzą kwadrat w środku pola widzenia. Środek tego kwadratu jest linją kolimacyjną instrumentu.

Opiera się sekstans na płaskiej powierzchni, zwracając lunetę na jakiś wyraźny i dobrze określony punkt znajdujący się w odległości jakich 5 mt. Na krańcach limbusa kładzie się dwa przedmioty równej wysokości, wierzchołki tych przedmiotów tworzą oś celową równoległą do limbusa. Do tego można użyć dwuch ołówków tej samej średnicy, ale najlepiej ustawić je na takiej wysokości, ażeby w ten sposób stworzona oś celowa była na równej wysokości z osią celową lunety. Jeśli obie osie celowe padają na ten sam przedmiot, jedna od drugiej nie dalej jak 1 cm, w odległości około 5-cio metrowej, to błąd maksymalny wynikający z pomiaru kąta wynosić będzie w przybliżeniu tylko jedną sekundę.

Zastosowanie sekstansu.

§ 112. Pomiar kąta sekstansem. Płaszczyznę sekstansu ustawia się w płaszczyźnie dwuch przedmiotów, linję bezpośredniego widzenia zwraca się na słabiej widziany przedmiot, w tym celu sekstans obraca się nieraz stroną licową wdół, następnie przesuwa się ramieniem aż obraz odbity i widziany bezpośrednio zupełnie się zleją. Odczyt limbusa daje wielkość mierzonego kąta. należy pamiętać o tem, że kąty mierzone sekstansem *są prawdziwymi kątami które tworzą dwa przedmioty w punkcie obserwacyjnym*, a nie pionowym lub poziomym rzutem tych kątów, jak w pomiarach teodolitem. Prawdziwy wierzchołek mierzonego kąta jest w E Rys. 47. Widocznem jest, że położenie E zależnem jest od wielkości mierzonego kąta, dla bardzo małych kątów jest ono w dalekiej odległości za instrumentem. Z tej przyczyny nie należy używać instrumentu do mierzenia bardzo małych kątów, z wyjątkiem wypadków gdy przedmioty między którymi kąt się mierzy, są bardzo daleko od punktu obserwacyjnego. Sekstansu używa się bardzo rzadko albo i nigdy do mierzenia kątów, gdzie stanowisko instrumentu (lub wierzchołek kąta) musi być dokładnie określone.

Ćwiczenia sekstansem.

1. Zmierzyć wysokość słońca lub gwiazdy w czasie jej kulminacji, przyprowadzając obraz widziany bezpośrednio z odbicia się z powierzchni rtęci rozlanej w płaskiem naczyniu na ziemi do zupełnego zlania się obrazem słońca odbitem w zwierciadle indeksowem. Połowa odczytanego na limbusie kąta jest wysokością obserwowanego ciała. W ten sam sposób można zmierzyć wysokość kątową przedmiotu na ziemi, ale w takim wypadku naczynie z rtęcią powinno spoczywać na podwyższonej podstawie; sekstans można wtedy przysunąć blizko naczynia i rozbieżność kątową dwuch promieni uderzających w powierzchnię rtęci i sprowadzić do nic nie znaczącej wartości.

Jeśli obserwację ciała niebieskiego prowadzimy w czasie górnej kulminacji, i znana nam jest deklinacja tego ciała w momencie przejścia przez południk, to odrazu możemy obliczyć szerokość geograficzną miejsca obserwacji.

2. Zmierzyć kąt, utworzony przez dwie linje, łączące punkt obserwacyjny z dwoma poruszającemi się ciałami: n. p. dwuch ludzi idących ulicą w tym samym kierunku, dwa okręty lub duże łódki na wodzie. (Ćwiczenie to jest ilustracją wydajności sekstansu, bo tylko instrumentem odbijającym, przyprowadzającym owie zbiegające się linje celowe do zlania się, można to zrobić).

3. Z łódki znajdującej się na wodzie zmierzyć dwa kąty, celując do trzech punktów na brzegu, których położenie jest znane i określone. Określić położenie łódki w stosunku do

trzech znanych punktów. Rozwiązanie analityczne. Niechaj A, C i B będą trzema punktami na brzegu, odległości AC (a) i CB (b) są znane jakoteż kąt ACB, (C), punkt P oznacza położenie łódki na wodzie, zaś p i p' są to kąty mierzone z łódki. Nazwijmy nieznany kąt w A (Rys. 48) x, a w B — y.

Teraz możemy stworzyć dwa równania z których obliczymy x i y. Mamy

$$PC = \frac{a \sin x}{\sin P} = \frac{b \sin y}{\sin P'...} \quad (1)$$

także

$$x + y = 360^0 - (P + P' + C) = R... \quad (2)$$

z równania (2) mamy

$$y = R - x$$

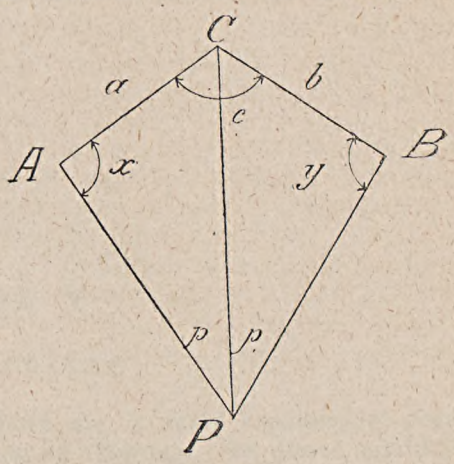
także

$$\sin y = \sin R \cos x - \cos R \sin x$$

tą wartość sin y podstawia się w równaniu (1) i otrzymuje się

$$\cot x = \frac{a \sin P' + b \sin P \cos R}{b \sin P \sin R}$$

$$= \cot R \left(\frac{a \sin P'}{b \sin P \cos R} + 1 \right)$$



Rys. 48.

Gdy się obliczy wartość x i y, to łatwo można obliczyć boki AP i BP. Podany tutaj sposób jest może najprostszym analitycznym sposobem rozwiązania tego zagadnienia.

Ćwiczenia 1, 2, 3 i 4 podane dla teodolitu, mogą również służyć jako ćwiczenia dla sekstansu.

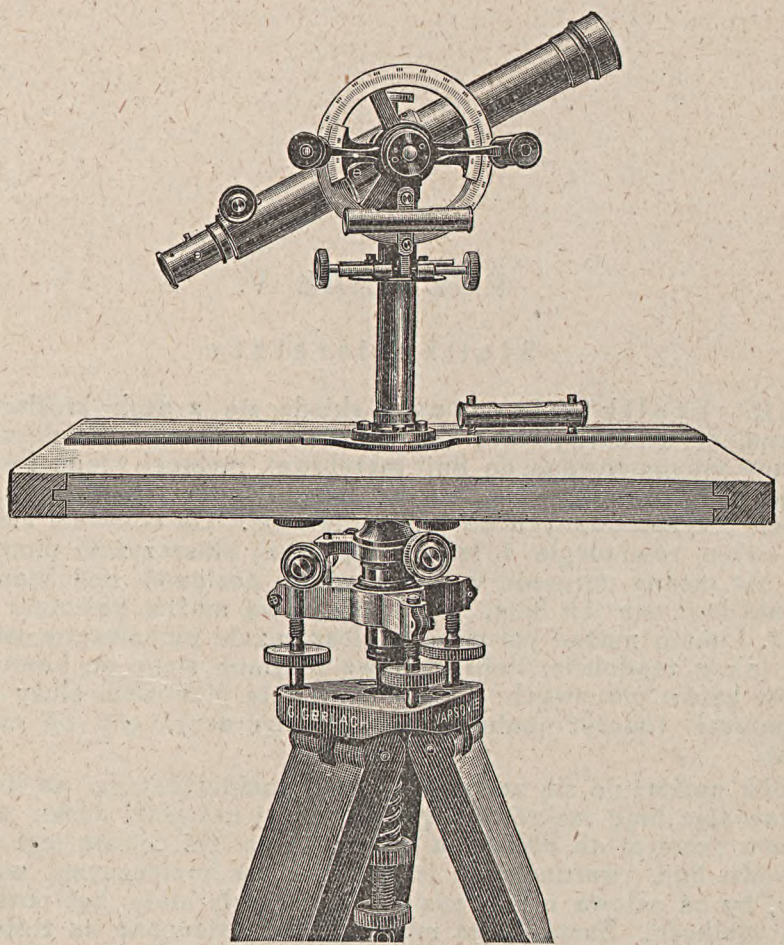
ROZDZIAŁ V.

Stolik mierniczy.

§ 113 Stolik mierniczy składa się z deski kreślarskiej przymocowanej do spodarki, którą się ustawia na trójnogu. Na desce znajduje się alidada przymocowana do linji metalowej, mającej z jednej strony prostą krawędź rysowniczą. Oś celowa znajduje się w lunecie, lub w przeziernikach przymocowanych do linji metalowej. Oś celowa i krawędź linji są do siebie równoległe i leżą w tej samej płaszczyźnie pionowej. Osi celowej nie można poruszać w płaszczyźnie poziomej bez jednoczesnego poruszania linji, ale tak linję, jak i oś celową można dowolnie po stoliku poruszać. Lunetę można poruszać w płaszczyźnie pionowej na osi poprzecznej, tak jak w teodolicie. Koło pionowe przymocowane do lunety służy do mierzenia kątów pionowych. Libella przy kole pionowem służy do rektyfikacji noniusza (odczyt noniusza powinien być zero, gdy oś celowa jest pozioma).

Stolik poziomuje się zapomocą libelli znajdującej się na linji metalowej, ustawiając linję raz równolegle do jednej krawędzi deski, a drugi raz pod kątem prostym do położenia poprzedniego. Oś celowa jest równoległą do krawędzi linji, warunek ten jednak nie jest koniecznym, ważnem jest tylko to, by oś celowa z krawędzią linji tworzyły stały kąt poziomy, niezmiennej wielkości. Sama deska musi być tak ustawiona na trójnogu by ją można poruszać w płaszczyźnie poziomej, musi mieć również przyrząd do unieruchomiania jej i do powolnego ruchu. Deska odpowiada limbusowi podziałkowemu w teodolicie, a alidada wykonuje podobne czynności w obydwuch instrumentach, zamiast jednak odczytywania pewnych kątów poziomych, jak się to czyni teodolitem, a następnie rysowania ich na papierze, kierunki do rozmaitych punktów celowych rysuje się od razu na papierze, który jest przymocowany do powierzchni deski, kątów się wcale nie odczytuje. W ten sposób przenosi się wprost na papier rysunkowy i to w jakiejkolwiek żądanej podziałce, prawdziwe stosunkowe położenie pewnych punktów w krajoobrazie. Kierunek magnetyczny oznacza sie zapopocą igły magnetycznej znajdującej się w kwadratowem pudełku. Krawędź tego pudełka ustawia się równolegle do krawędzi stolika, mając zaś igłę magnetyczną równoległą do krawędzi pudełka, południk magnetyczny można łatwo oznaczyć w jakiejkolwiek części papieru przymocowanego do stolika, a kierunek jakiejkolwiek linji przecinającej południk można oznaczyć zapomocą przenośnika (Rys. 49).

Instrument ten przez długi czas miał szerokie zastosowanie w pracach kartograficznych, a i do tej pory używa się go do mierzenia szczegółów i „zapełniania“ map topograficznych.



Rys. 49.

Rektyfikacja alidady.

§ 114. **Oś bańki libelli znajdującej się na kierownicy musi być równoległą do płaszczyzny stolika.** Spoziomować deskę tak by bańka znajdowała się w środku libelli. Oznaczyć dokładnie położenie alidady na stoliku, rysując linję prostą wzdłuż krawędzi linji metalowej, podnieść alidadę, obrócić ją w płaszczyźnie poziomej przez 180°; położyć ją na stoliku tak, by krawędź linji metalowej zlewała się z linją narysowaną na papierze. Jeśli bańka i teraz pozostaje w środku libelli, to oś bańki jest równoległą do płaszczyzny stolika, jeśli nie, to połowę błędu poprawia się przezp rzesunięcie bańki, a drugą połowę przez powtórne poziomowanie stolika.

§ 115 Oś celowa musi się obracać w płaszczyźnie pionowej. Rektyfikacja ta jest taka sama jak w teodolicie. Nie trzeba jej jednak robić z tak daleko idącą dokładnością, gdyż sprawdzenie pionem jest dostateczne. Po dokładnem spoziomowaniu instrumentu, oś celową skierowuje się na linję pionową i posuwa się ją po tej linji i przez tak wielki łuk, jak to jest wygodnem. Jeśli oś celowa zbacza z linji pionowej, to się podnosi lub zniża jeden koniec osi poprzecznej lunety, dopuki oś celowa nie pozostanie na linji z dostateczną dokładnością.

§ 116. Gdy libella noniusza koła pionowego jest spoziomowana, i odczyt noniusza jest zero, to oś celowa musi być poziomą. Noniusz znajduje się na osi obrotowej lunety, dolne ramię noniusza znajduje się między kleszczami przymocowanymi do alidady, do tego ramienia przymocowana jest libella noniuszowa. Po ustawieniu i spoziomowaniu stolika zapomocą libelli znajdującej się na kierownicy, poziomuje się libellę noniuszową śrubkami kontrolującemi ruch ramienia, do którego przymocowana jest libella. Teraz libella noniuszowa i libella na kierownicy są poziome, osie ich więc są do siebie równoległe. Koło pionowe przymocowane jest do lunety, którą ustawia się na jej osi obrotowej tak, by odczyt noniusza był zero i w tem położeniu sprzęga się lunetę z alidadą. Robi się odczyt na łacie, wzdłuż krawędzi kierownicy kreśli się linję, podnosi się alidadę z lunetą i kierownicą ze stolika, obraca się ją w płaszczyźnie poziomej przez pół obrotu (180°) i ustawia się ją na stoliku tak, by krawędź kierownicy zlewała się z narysowaną linją. Teraz zwalnia się śrubę sprzęgową lunety, obraca się ją naokoło jej osi obrotowej przez 180° i sprzęga się z alidadą tak, by odczyt na kole pionowem był zero. Jeśli oś celowa jest równoległą do osi libelli, a zatem i poziomą, to odczyt na łacie powinien być taki sam jak poprzedni, jeśli tak nie jest, notuje się różnicę odczytów i błąd poprawia się w ten sposób, że włosek poziomy przesuwa się w płaszczyźnie pionowej przez połowę różnicy odczytów. Przesunięcia tego dokonywa się za pomocą śrubek służących do przytwierdzenia pierścienia włoskowego do lunety. Po przeprowadzeniu tej rektyfikacji oś libelli noniuszowej jest równoległą do osi libelli na kierownicy, a oś celowa jest równoległą do osi obydwuch libellek, gdy odczyt na kole pionowem jest zero. Gdy instrument jest spoziomowany wszystkie trzy osie są poziome.

Rektyfikacja ta jest ważną, gdy się rozchodzi o oznaczenie różnicy poziomu między punktami do których się celuje i stanowiskiem instrumentu. Różnicę poziomu można oznaczyć albo przez odczyt kąta pionowego, lub też przez bezpośrednią niwelację. Gdy się jednak rozchodzi tylko o oznaczenie położenia punktu w płaszczyźnie poziomej, to rektyfikację tę można zaniechać.

§ 117. Oś celowa musi leżeć w tej samej płaszczyźnie pionowej w której się znajduje krawędź kierownicy, lub w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny pionowej przechodzącej przez krawędź kierownicy.

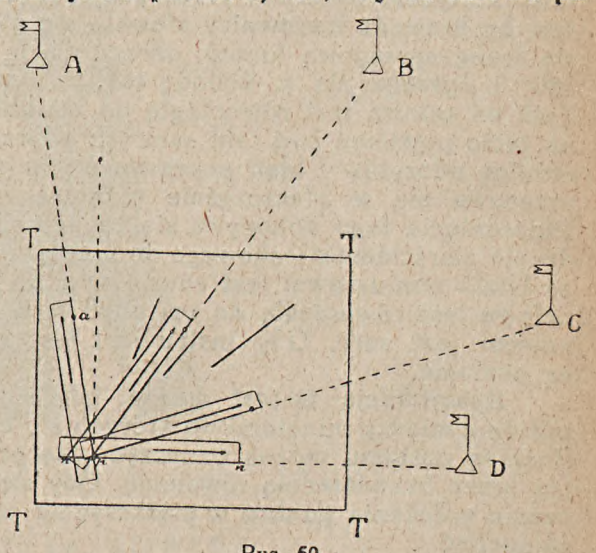
Rysuje się linję na arkuszu przymocowanym do deski stolika i stolik orjentuje się tak, by oś celowa była skierowana na jakiś odległy i wyraźny punkt. Uważa się przytem by krawędź kierownicy nie zeszła z narysowanej linji. Gdy stolik został w ten sposób zorjentowany, unieruchamia się go za pomocą kontroli dolnej, podnosi się kierownicę i alidadę i obraca się instrument przez 180° w płaszczyźnie poziomej. Kierownicę ustawia się znowu na arkuszu tak, by jej krawędź zlewała się z narysowaną linją,

lunetę obraca się naokoło jej osi obrotowej przez zenit i celuje się na ten sam punkt co i poprzednio. Jeśli włosek pionowy pada na ten sam punkt celowy, to oś celowa leży w tej samej płaszczyźnie pionowej co i krawędź kierownicy. Jeśli tak nie jest, to instrument rektyfikuje się przesuwając włosek pionowy przez połowę błędu, przesunięcia tego dokonywa się za pomocą śrubek umieszczonych w dolnej części alidady. Obracając te śrubki przesuwa się na prawo lub na lewo, alidadę z lunetą.

Zastosowanie stolika.

§ 118. Przed rozpoczęciem zdjęcia stolikiem, musi się oznaczyć na papierze przymocowanym do mensuły położenie przynajmniej dwuch punktów znanych i punkty te połączyć linją. Odległość między punktami została już poprzednio zmierzona; linję łączącą te punkty wykreśla się na papierze w żądanej podziałce planu. Teraz można przystąpić do oznaczenia położenia innych punktów na papierze. Linja zmierzona staje się linją podstawową dla oznaczenia położenia wszystkich innych punktów na arkuszu. Jakikolwiek błąd w mierzeniu lub rysowaniu linji podstawowej, powoduje proporcjonalny błąd we wszystkich linjach na planie.

Stolik ustawia się nad jednym z narysowanych na arkuszu punktów, krawędź kierownicy ustawia się tak, by przechodziła przez oba narysowane punkty i obraca się stolik w płaszczyźnie poziomej tak, by oś celowa padała na daleki punkt na gruncie, jednocześnie punkt na arkuszu musi się znajdować pionowo nad punktem na ziemi. Unieruchamia się stolik i zapomocą śruby do powolnego ruchu ustawia się go tak, by oś celowa padała na daleki punkt Teraz stolik jest *zorjentowany czyli w pozycji.*

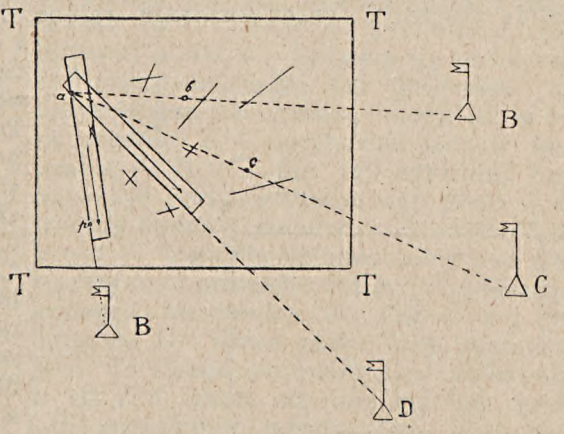


Rys. 50.

§ 119. **Oznaczenie położenia punktu przez wcinanie wprzód.** Niech T, T′, T″ i T‴ Rys. 50 i 51 przedstawia arkusz przymocowany do deski stolikowej, zaś *a* i *p* punkty, naniesione na arkusz w odpowiedniej skali. Analogicznymi punktami na ziemi są punkty *A* i *P*. W Rys. 50 punkt *p* na papierze znajduje się pionowo nad punktem *P* na ziemi, tak samo w Rys. 51 punkt *a* na papierze nakrywa punkt *A* na ziemi. Ustawia się instrument nad punktem *P* (Rys. 50) i centruje się go tak, by punkt *p* na papierze znajdował się nad punktem *P* na ziemi, jednocześnie krawędź kierownicy musi się zlewać z linją *p—a* i oś celowa padać na punkt *A* na ziemi. W takiem położeniu sprzęga się menzulę z trójnogiem. Teraz stolik jest zorjentowany. Celem narysowania kierunków do innych przedmiotów na terenie, *alidodę obraca się naokoło p*, taksamo jak tecdolit obraca się naokoło jego centrum. Czasem wtyka się igłę w ten punkt na papierze, nad którym stoimy i do niej przyciska się krawędź kierownicy

przy każdorazowem celowaniu, ale to psuje papier. Teraz skierowuje się oś celową do punktów *B*, *C* i *D* nad którymi można ustawić instrument, a także i do takich przedmiotów, nad którymi instrumentu ustawić nie można, ale położenie ich na planie określić należy, jak komin fabryczny, wiatrak, wieża kościelna i t. p. W domniemanych odległościach od *p* rysuje się krótkie linje, które się znaczy literami, jak w rysunku, lub liczbami, a klucz do tych liczb, lub liter wpisuje się do notatnika.

Następnie przenosi się stolik do drugiego znanego punktu A, ustawia się go w ten sposób, że punkt *a* na rysunku nakrywa punkt A na ziemi, co w przybliżeniu orjentuje stolik. Następnie ustawiamy kierownicę tak, jak pokazano w Rys. 50, żeby jej krawędź zlewała się z *a* i *p*, ale aby kierownica była skierowana do *p*, wtedy obraca się stolik ruchem azymutowym, aż oś celowa padnie na punkt P i unieruchamia go się. Teraz stolik jest zorjentowany[1]) na tem stanowisku. Oś celową skieruje się do wszystkich przedmiotów do których celowało się z P, jakoteż do takich innych punktów, które można widzieć z następnych stanowisk. Alidadę obraca się teraz na około punktu *a* na arkuszu. Otóż przecięcie się na rysunku dwuch linji celowych, skierowanych do tego samego przedmiotu z A i P, jest oczywiście prawdziwem położeniem tych punktów na rysunku, w stosunku do i w tej samej podziałce co linja *a*—*p*. Te przecięcia się są pokazane w Rys. 51.



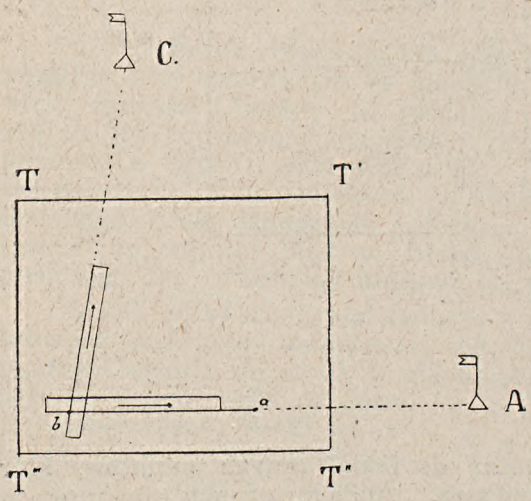
Rys. 51.

Widocznem jest, że jeśli teraz ustawimy instrument w innych punktach jak C i D, zorjentujemy stolik czy to na A czy na P i oś celową skierujemy na którykolwiek z przedmiotów obserwowanych tak z A jak i P, to trzecia lub czwarta linja narysowana do kilku przedmiotów powinna przecinać pierwsze dwie linje w wspólnym punkcie. W ten sposób sprawdza się pomiar, a powinno się to robić we wszystkich ważnych punktach. Pożądanem jest również by mieć więcej niż dwa punkty poprzednio oznaczone na papierze. I tak jeśli położenie punktu B byłoby również znane i narysowane w *b*, to gdy stolik zorjentujemy w jakiemkolwiek innem stanowisku i oś celową skierujemy do B, to krawędź kierownicy powinna przechodzić przez *b*.

Zaraz po oznaczeniu punktu przecięcia się dwuch linji i oznaczeniu położenia punktu na papierze, należy narysować na planie wszystkie szczegóły w odpowiedniej skali. Jeśli odległości odczytywuje się tachimetrycznie, zapomocą włosków krzyżowych z łaty trzymanej w różnych punktach, wtedy położenie przedmiotu można oznaczyć pojedyńczym odczytem, biorąc odległość wprost z podziałki równych części, a punkt można odrazu narysować na właściwej linji kierunkowej. Zazwyczaj tak się postępuje gdy szczegóły sytuacyjne nanosi się na plan przez zdjęcie stolikowe.

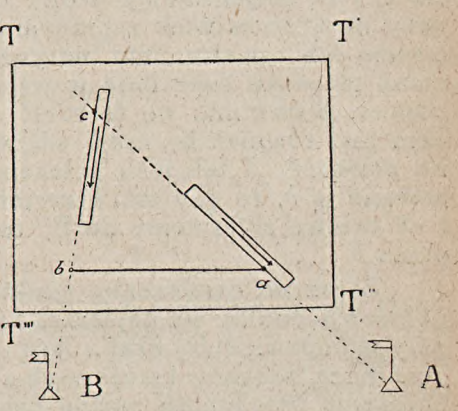
[1]) Należy zauważyć. że ten sposób orjentowania stolika w praktyce jest identycznym ze sposobem orjentowania limbusa teodolitu przy zdjęciach metodą kierunkową.

§ 120. Oznaczenie położenia punktu przez wcinanie wstecz. Polega to na oznaczeniu położenia punktu nad którym instrument jest ustawiony, przez skierowanie osi celowej na punkty już znane i narysowane. Prosty przykład takiego wypadku mamy gdy oś celową skierowano na ten punkt jeden raz tylko z jakiegoś znanego punktu już narysowanego na arkuszu. Znaną jest długość linji i kierunek AB Rys. 52 i 53. Linję tą rysuje się w żądanej podziałce na papierze. Ażeby określić położenie punktu C, przez wcinanie wstecz, stolik ustawia się nad punktem B i orjentuje się go celując na A. Sprzęga się stolik ze spodarką, oś celową skierowuje się na C (Rys. 52) krawędź kierownicy jednocześnie przechodzi przez punkt *b* i rysuje się linję przez *b* w kierunku do C. Gdy się stolik przeniesie na punkt C, to jakkolwiek położenie punktu C nie zostało jeszcze określone, stolik można w przybliżeniu zorjentować ponieważ kierunek *b*—*c* jest już narysowany. Ustawia się więc stolik nad punktem C tak by narysowana linja z *b* do *c* znaidowała się pionowo nad punktem C na gruncie, krawędź kierownicy przykłada się do tej linji tak, by się z nią zlewała i poruszając stolikiem w płaszczyźnie poziomej oś celową skierowuje się na B. Teraz stolik jest zorjentowany. Podnosi się lunetę z kierownicą i ustawia się ją tak, by krawędź kierownicy przechodziła przez punkt *a*, następnie nie naruszając stolika przesuwa się kierownicę po papierze tak by oś celowa padała na A i krawędź kierownicy przechodziła przez *a* na arkuszu. Rysuje się linję wzdłuż krawędzi kierownicy i przecięcie się tej linji z linją narysowaną z *b* określa położenie punktu C na arkuszu. Dla sprawdzenia przenosi się kierownicę do *c* i celuje się do A i B. Można zrobić jeszcze jedno sprawdzenia przez wcinanie na C z jakiegoś innego punktu. Taki sposób określenia położenia punktu jest dobry i można go stosować wtedy, kiedy dwie linje określające położenie żądanego punktu tworzą kąt którego wartość zbliżona jest do 90°.



Rys. 52.

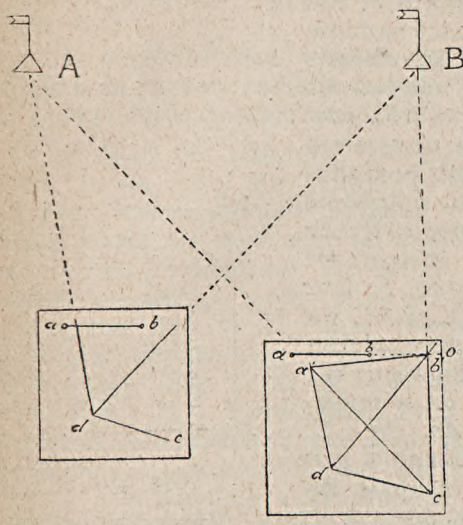
§ 121. Określić położenie nieznanego punktu przez wcinanie wstecz na dwa znane punkty. Nazywa się to zagadnieniem dwuch punktów.



Rys. 53.

Sposób rozwiązania tego zagadnienia podany jest w rys. 54. Widocznem jest że jeśliby można zronjetować stolik nad żądanym punktem, to położenie jego na arkuszu możnaby odrazu oznaczyć przez wcinanie wstecz na 2-ch znanych punktach. Stolik można zorjentować w następujący sposób: niechaj

A i B będą znanymi punktami, narysowanymi na arkuszu w *a* i *b* Rys. 54. Niechaj C będzie punktem którego położenie na arkuszu trzeba oznaczyć. Wybrać punkt czwarty D z którego widoczne są punkty A i B i nad którym można ustawić instrument. Punkt ten powinien mieć takie położenie ażeby linje przecięcia się z C i D na A i B dawały kąty wielkości od 30° do 120°. Przymocowuje się do deski stolika mały arkusz kalki i oznacza się na nim w przybliżeniu punkt *d'*. Ustawia się stolik nad D i orjentuje się go tak dokładnie jak tylko można za pomocą busoli lub w inny sposób. Z *d'* narysować linję w kierunku A, B i C. Na tej ostatniej linji oznaczyć przypuszczalną odległość *d* C według żądanej podziałki. Nazwijmy ten punkt *c'*. Ustawia się instrument nad stanowiskiem i orjentuje się go przykładając krawędź kierownicy do linji *c' d'* i celując na D. Teraz stolik jest równoległym do swego poprzedniego położenia w D. Z *c'* rysuje się linje celując do A i B, przecinając odpowiednie linje wykreślone z *d'* w *a'* i *b'*. Teraz mamy czworobok *a' b' c' d'* podobny do czworoboku stworzonego przez rzeczywiste położenie wykreślonych punktów *a, b, c, d*, lecz różniący się co do wielkości, gdyż odległość *c' d'* wzięto w przybliżeniu, a także różniący się co do kierunków boków, gdyż stolik nie był właściwie zorjentowany na żadnem ze stanowisk. Usuwa się alidadę ze stolika i przesuwa się kalkę, aż narysowana na nim linja *a'—b'* nakryje w zupełności linję *a—b* na arkuszu. Ustawia się alidadę znowu na stoliku, tak żeby krawędź kierownicy zlewała się z *c'—a'*, *c'—d'* lub *c'—b'* i *obraca się stolik na jego osi* aż oś celowa padnie na A, D lub B, zależnie od tego do której linji przyłożono krawędź kierownicy. Teraz stolik jest zorjentowany i prawdziwe położenie punktu *c* można łatwo znaleźć przez wcinanie wstecz z *a* i *b*. Punkt przecięcia się dwuch linji z *a* i *b* oznaczy dokładne położenie tego punktu, na kalce. W punkcie tym przebija się kalkę igłą i w ten sposób oznacza się prawdziwe położenie punktu *c* na arkuszu.



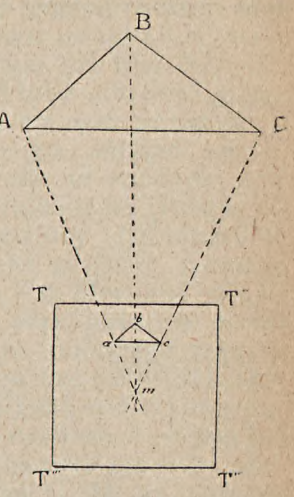
Rys. 54.

Jeśli czwarty punkt D możnaby znaleźć na przedłużeniu linji A B, to stolik można właściwie zorjentować na tej linji i wykreślić linję w kierunku C z jakiegokolwiek punktu na tej linji na rysunku. Potem przenosi się stolik do C, orjentuje się go odpowiednio na linji dopiero co narysowanej i wtedy można znaleźć prawdziwe położenie punktu *c* przez wcinanie wstecz z *a* i *b*, tak jak w przykładzie poprzednim.

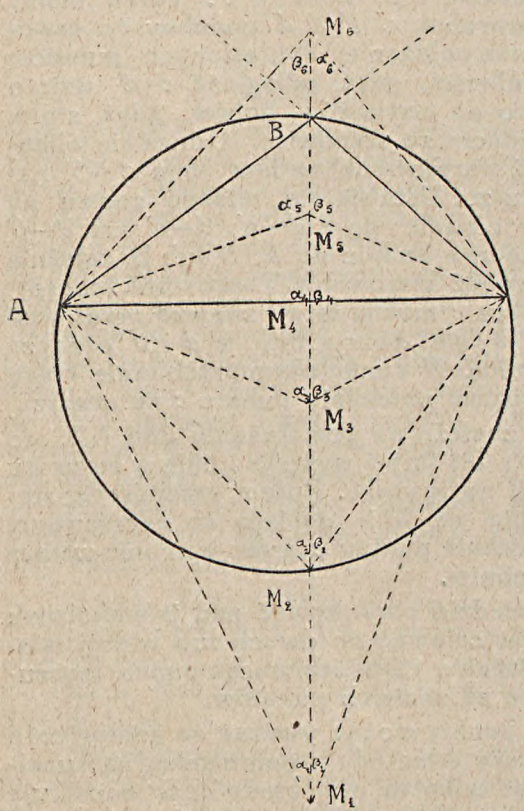
Wogóle jeśli stolik można odpowiednio zorjentować nad jakimkolwiek nieznanym punktem, z którego można celować do dwuch lub więcej znanych (narysowanych) punktów, to położenie tego nieznanego punktu wyszukuje się odrazu przez wcinanie wstecz ze znanych punktów.

Stolik i narysowane na arkuszu punkty można uważać za analogiczne z poziomym limbusem teodolitu. Zasady i metody orjentowania są zupełnie podobne, różnica w celowaniu jest tylko ta, że teodolitem odczytuje się i zapisuje poziome kąty kierunkowe, a potem się je wykreśla na papierze, zaś w zdjęciach stolikowych kierunki odrazu rysuje się na arkuszu.

§ 122. Zadanie Potenota. Zadanie to opiera się na następującem założeniu: Dane są trzy punkty na gruncie, których położenie jest już oznaczone na planie, jako *a*, *b*, *c*. Oprócz tego dany jest na gruncie punkt czwarty *m*, który jest dostępny i z którego widać punkty A, B i C, ale położenie punktu *m* nie jest określone na planie. Czyli w krótkości zadanie polega na tem, że mając dane trzy punkty, określa się położenie punktu czwartego przez ustawienie instrumentu nad tym punktem. Problemat ten rozwiązuje się kilkoma sposobami, z których podaje się dwa. Sposób bezpośredni Potenota i sposób pośredni polegający na użyciu kalki i określeniu położenia punktu na planie przez dwukrotną obserwację. Rzecz oczywista, że jeślibyśmy mogli odrazu instrument zorjentować na punkcie *m* tak, żeby linje *ab*, *bc* i *ac* na planie, były równoległe do linji AB, BC i AC na gruncie, to przykładając krawędź kierownicy kolejno do *a*, *b* i *c* i celując do A, B i C, położenie punktu *m* moglibyśmy odrazu określić, gdyż leży on w punkcie przecięcia się przedłużonych linji *Aa*, *Bb* i *Cc* (Rys. 55). Ponieważ jednak takie zorjentowanie stolika nie jest możliwem, dlatego punkt *m* określa się drogą pośrednią. Zanim przystąpimy do opisania sposobu określenia położenia punktu *m* na planie, musimy rozpatrzeć jakie może być położenie punktu *m* w stosunku do punktów A, B, C. Zadanie wymaga, by punkty A, B i C nie leżały na linji prostej, a ponieważ punkty te nie mogą leżeć na linji prostej, to w każdem innem położeniu są wierzchołkami trójkąta. Tak samo gdy mamy trzy punkty, które nie leżą na tej samej prostej, możemy przez nie wykreślić koło. Gdy patrzymy na trzy dane punkty, to jeden z nich widzimy w środku, a z dwuch pozostałych jeden z prawej, a drugi z lewej strony. Niechaj B (Rys. 56) będzie punktem środkowym, zaś A punktem lewym, a C punktem prawym.



Rys. 55.



Rys. 56.

Rozróżniamy sześć wypadków położenia punktu M w stosunku do punktów A, B i C.

a) punkt M leży naprzeciw linji A C i nazewnątrz koła przechodzącego przez A, B i C.

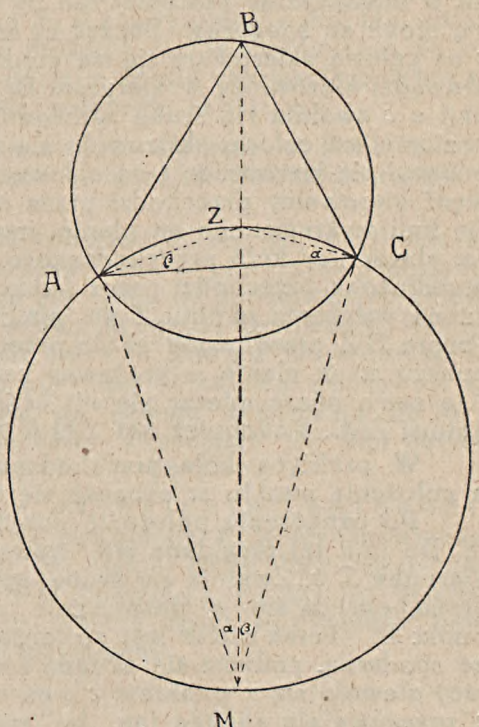
b) punkt M leży naprzeciw linji C i A na obwodzie koła przechodzącem przez A B i C.

c) punkt M leży naprzeciw linji A C i wewnątrz koła przechodzącego przez A B C.

d) punkt M leży na linji A C.

e) punkt M leży wewnątrz trójkąta A B C.

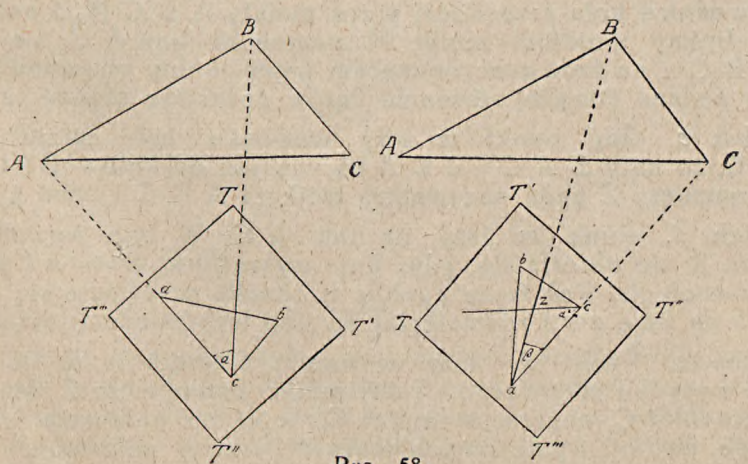
f) punkt M leży nazewnątrz obwodu koła przechodzącego przez ABC, i między przedłużeniem boków AB i CB.



Rys. 57.

Z Rys. 56 widyimy, że punkty A C M, nie leżą na jednej prostej, są więc wierzchołkami trójkąta i możemy przez nie wykreślić koło, taksamo z Rys. 56 widzimy, że jest to wypadek pierwszy, kiedy punk M lezy naprzeciw linji A C i na zewnątrz koła przechodzącego przez A B C. Wykreślmy koło przez A C M i linie MA, MB i MC. Punkt gdzie linja MB przecina koło przechodzące przez ACM nazwijmy Z i połączmy ten punkt z A i C. Jak widzimy z Rysunku 57 kąt A M Z mierzy się połową łuku A Z, taksamo kąt A C Z mierzy się połową tego samego łuku, dlatego kąt A M Z równa się kątowi A C Z, kąty te oznaczamy literą α, podobnie udowodnić można, że kąt B M C równa się kątowi Z A C, prosta łącząca B Z, przedłużona przechodzi przez punkt M. Dlatego jeśli określimy położenie punktu Z i linje łączącą te dwa punkty przedłużymy, to na tej prostej p zedłużonej znajdować się będzie punkt M.

§1 23. Bezpośredni sposób określenia położenia punktu M. jest następujący:



Rys. 58

Wypapek *a*) Ustawia się stolik nad punktem M, poziomuje się go, krawędź kierownicy przykłada się do linji *c a* na rysunku i obraca się stolik w płaszczyźnie poziomej tak by oś celowa padła na punkt A. Sprzęga się stolik ze spodarką i bacząc by krawędź kierownicy nie schodziła z punktu *c* oś celową skierowuje się na punkt B i z punktu *c* rysuje się linję wzdłuż krawędzi kierownicy w kierunku B. Następnie przykłada się kierownicę do linji *a c* zwalnia się śrubę sprzęgową i poruszając stolikiem w płaszczyźnie poziomej oś celową skierowuje się na C, sprzęga się stolik ze spodarką, podnosi się kierownicę i oś celową skierowuje się na B jednocześnie krawędź kierownicy przechodzi przez *a*. Rysuje się linję *a B*. Punkt przecięcia się linji wykreślonech na planie przy celowaniu z *c* do B i z *a* do B, leży na obwodnicy koła przechodzącego przez A C M, także prosta łącząca B Z przedłużona przechodzi przez punkt M (porównać Rys. 57). Mając oznaczone położenie punktu Z na planie możemy przez A Z C wykreślić koło. Prosta B Z przedłużona aż do przecięcia obwodnicy koła określa położenie punktu *m* na planie, a ponieważ kąt Z A C mierzy się połową łuku Z C. i tą samą miarą mierzy się wielkość kąta ZMC, przeto kat ZMC równa się kątowi ZAC. Podobnież kąt Z M A równa się kątowi Z C A.

W praktyce koła przechodzącego przez punkty A Z C nie rysuje się, a położenie punktu *m* oznacza się w następujący sposób:

Po oznaczeniu położenia punktu Z, kreśli się linję B Z i przedłuża się ją. Do linji tej przykłada się krawędź kierownicy tak by oś celowa miała kierunek Z *b*. Zwalnia się śrubę sprzęgową stolika i nie ruszając alidady, stolik obraca się w płaszczyźnie poziomej tak, by oś celowa padła na punkt B. Teraz stolik jest zorjentowany, w tem położeniu sprzega się go ze spodarką, podnosi się alidadę i ustawia się ją tak, by krawędź kierownicy zlewała się z punktem *c* i oś celowa padała na C. Kreśli się linję przez *c*, przesuwa się alidadę tak, by krawędź kierownicy przechodziła przez *a* i oś celowa była skierowana na A i kreśli się linję przez *a*. Jeśli linje narysowane przez *a* i przez *c* przecinają się na przedłużeniu linji *b z*, to praca była dobrze wykonana i położenie punktu *m* w stosunku do *a*, *b*, *c* jest dokładnie określone.

Wypadek *b*. Punkt *m* leży na obwodnicy koła przechodzącego przez A B C. Zadanie to rozwiązać się nie da. Z Rys. 56 widzimy, że kąt A M_2 B, równa się kątowi A C B, taksamo kąt C M_2 B równa się kątowi B A C. Obwodnica koła przechodzi przez punkty A B C M_2 i bez względu na to gdziebyśmy umieścili punkt M_2 naprzeciw linji A C, na zewnątrz trójkąta A B C, i na kole przechodzącem przez punkty wierzchołkowe tego trójkąta, to podane powyżej równanie kątów pozostaje zawsze takie same.

Wypadek *c*. Gdy punkt *m* leży wewnątrz koła przechodzącego przez A B C, to kąty *Z A C* i *Z C A* są większe od kątów BAC i BCA, i punkt pomocniczy Z pada nazewnątrz trójkąta A B C i poza punktem B.

Wypadek *d*. Punk *m* leży na linji A C. W tym wypadku położenie punktu Z nie określa się, gdyż linje wykreślone przez *a* i przez *c* są do siebie równoległe. Położenie punktu *m* określa przecięcie się linji narysowanej z *b* na linję *a c* i równoległej do linji wykreślonych przez *a* i *c*.

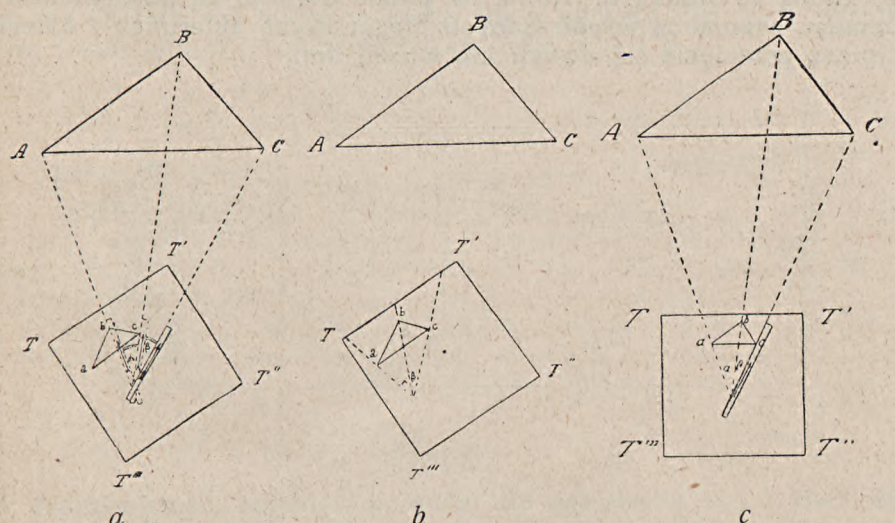
Wypadek *e*. Punkt *m* leży wewnątrz trójkąta A B C, jest to odwrotność wypadku pierwszego. Tutaj punkt pomocniczy Z leży nazewnątrz trójkąta A B C, naprzeciw linji A C, jego zaś położenie określa się w ten sposób, że linji wykreślonych przez *a* i *b* przy celowaniu do B, nie przedłuża się w kierunku celowania, gdyż jak widzimy z Rys. 56 kąty z

i B^5 są to kąty rozwate i linje te przedłużone w kierunku celowania nie przetną się z powodu rozbieżnych kierunków, ale przedłuża się je w kierunku odwrotnym od kierunku celowania i przecięcie się tych przedłużeń określa położenie punktu pomocniczego Z. Po narysowaniu linji B Z, orjentuje się dokładnie stolik i przykładając krawędź kierownicy kolejno do *a b* i *c* celuje się do A, B i C, Linje wykreślone w czasie celowania przetną się w jednym punkcie na linji B Z i określą położenie punktu *m*.

Wypadek *f*. Punkt *m* leży nazewnątrz trójkąta A B C, między przedłużeniem ramion A B i C B. Sposób oznaczenia położenia punktu m jest następujący:

Ustawia się stolik nad punktem M, poziomuje się go, przykłada się krawędź kierownicy do linji *a b* i obracajac stolik w płaszczyźnie poziomej oś celową skierowuie się na B. Sprzęga się stolik ze spodarką, oś celową skierowuje się na C i rysuje się linję wzdłuż krawędzi kierownicy. Następnie przesuwa się krawędź kierownicy do linji *b a*, zwalnia się śrubę sprzęgową i obracając stolik w płaszczyźnie poziomej cś celową skierowuje się na A. Sprzęga się stolik ze spodarką, oś celową skierowuie się na C i wzdłuż krawędzi kierownicy rysuje się linję. Przecięcie się linji narysowanych przez *a* i *b* określa położenie punktu *m* na planie.

§ 124. Sposób pośredni określenia położenia punktu M. O ile punkt M, nie leży na obwodnicy koła przechodzącago przez A B C, to położenie tego punktu na planie może być określonem jednorazową obserwacją. Niechaj A B C będą trzy punkty na gruncie, oznaczone jako *a b c* na planie. Rys. 59. Należy oznaczyć na planie położenie punktu M nad którym ustawiono instrument.



Rys. 59.

Na arkusz przymocowany do stolika nakłada sie kalkę i również przytwierdza się ją do stolika. Poziomuje się instrument i nie orjentując go wcale, oznacza się dowolny punkt na kalce, do tego punktu przykłada się krawędź kierownicy, sprzęga się stolik ze spodarką i celuje się kolejno do A B i C. Przy każdorazowem celowaniu, kreśli się linję z punktu obranego

na kalce w kierunku celowania. Trzy linje w ten sposób wykreślone dają dokładną wielkość kątów α i β w punkcie M, zawartych między celowemi do A, B i C. Teraz zdejmuje się alidadę, odpina się kalkę od stolika i przesuwa się ją po arkuszu tak, aż wykreślone linje celowe do A, B i C przejdą przez punkty *a b* i *c* na arkuszu. W tem położeniu przymocowuje się kalkę i punkt gdzie się zbiegają trzy linje celowe na kalce oznacza się na arkuszu przez przekłucie kalki igłą. Jest to dokładne położenie punktu M na arkuszu w stosunku do położenia punktów *a b* i *c*. Zawsze należy sprawdzić czy położenie punktu *m* zostało dokładnie określone, w tym celu po przesunięciu i przymocowaniu kalki, ustawia się znowu alidadę na stoliku tak, by krawędź kierownicy zlewała się z linją *m a* i obraca się stolik w płaszczyźnie poziomej tak, by oś celowa padła na A. Teraz stolik jest zorjentowany (o ile punkt *m* nie znajduje się pionowo nad punktem M na gruncie, należy stolik odpowiednio przesunąć). Sprzęga się stolik ze spodarką, w punkt *m* na kalce wbija się igłę i przysunąwszy krawędź kierownicy tak, by dotykała igły celuje się do A, B i C. Przy każdorazowem celowaniu, krawędź kierownicy powinna się zlewać z linją narysowaną na kalce przy pierwotnem celowaniu do tych punktów.

Zdjęcia stolikowe oparte na tachimetrycznym pomiarze długosci.

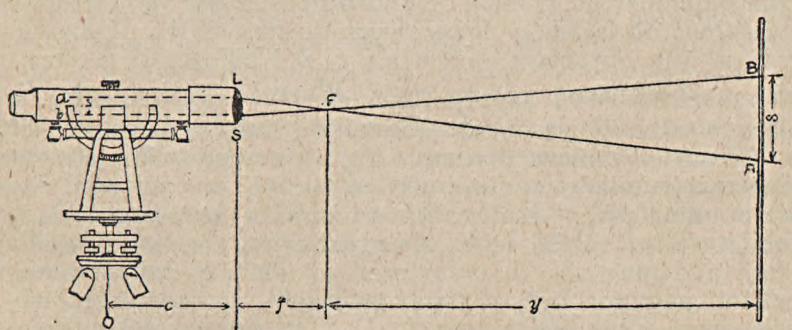
§ 125. Metoda ta jest obecnie ogólnie stosowana w zdjęciach stolikowych, zwłaszcza przy krótkich linjach celowych. Zdjęcia te są oparte na tych samych zasadach i na tej samej metodydze polowej co i tachimetryczne pomiary teodolitowe, a małe zmiany jakie należy wprowadzić przy zdjęciach stolikowych, są łatwe do wykonania dla każdego, kto jest obznajomiony ze stolikiem. Punkt na planie określa się pojedyńczem spostrzeżeniem, zapomocą współrzędnych biegunowych (kierunek i odległość), a nie przez przecięcie się dwuch lub więcej linji.

ROZDZIAŁ VI.

Zdjęcia tachimetryczne.

Teorja pomiarów tachimetrycznych.

§ 131. **Pojęcia zasadnicze.** Niechaj LS w Rys. 60 będzie soczewką, lub jakąkolwiek kombinacją soczewek, używanych jako objektyw w lunecie teodolitu, a *a* i *b* przedstawia położenie dwuch skrajnych włosków poziomych. Włoski te ustawione są z największą możliwą dokładnością w równej odległości od środkowego włoska poziomego. F jest to punkt przed objektywem, znajdujący się w głównem jego ognisku. Jeśli lunetę skieruje się na łatę AB i łatę tą ujmie się w ognisko, to rzut skrajnych włosków poziomych *a* i *b* zobaczymy na łacie w A-i B.



Rys. 60.

W rzeczywistości objektyw przenosi do ogniska w *a* i *b* dwa stożki promieni z A i B, znajdujące się w polu widzenia objektywu. Z tej wielkiej liczby promieni, te dwa które wychodzą z A i B przechodzą przez główne ognisko F, przez soczewkę, a następnie przez lunetę równolegle do osi optycznej lunety, a zatem i równolegle jeden do drugiego. Ponieważ i wszystkie inne promienie świetlne z A i B, przychodzą do ogniska w tych samych punktach co i dwa promienie przechodzące przez F, skutek jest taki sam jak gdyby wszystkie promienie przechodziły tą samą drogą. Niechaj *i* oznacza odległość między skrajnymi włoskami poziomymi w lunecie,

f odległość ogniskową objektywu, LS objektyw, a S odstęp na łacie zawarty między rzutami włosków tachimetrycznych. W dwuch podobnych trójkątach ze wspólnym wierzchołkiem w F, mamy

$$S : i = y : f$$

$$y = \frac{f}{i} s \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

$\frac{f}{i}$ jest to liczba stała (K) dla każdego instrumentu i jeśli odległość między skrajnymi włoskami równa się ściśle $^1/_{100}$ części odległości ogniskowej, to wówczas K równa się 100.

Równanie (1) daje odległość w jakiej łata znajduje się od stałego punktu F. Jeśli odległość między objektywem a osią pionową teodolitu oznaczymy przez c, to całą odległość L, między łatą a osią pionową instrumentu (Rys. 60) otrzymamy z równania:

$$L = \frac{f}{i} S + (f + c) \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

albo

$$L = KS + (f + c) \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

Równanie trzecie znane jest jako formuła łachimetryczna, a K jest to liczba stała instrumentu.

§ 127. Określenie wartości liczby stałej K. Odległości f i c można pomierzyć bezpośrednio na lunecie teodolitu, w następujący sposób: Lunetę skierowuje się na jakikolwiek przedmiot znajdujący się w znacznej odległości i poruszając śrubą mikrometryczną do przybliżania i oddalania suwaka lupy od objektywu, obraz przedmiotu ujmuje się w ognisko. Gdy obraz przedmiotu znajduje się już w ognisku, mierzy się linijką milimetrową odległość od środka objektywu do środka osi obrotowej lunety, a także odległość od włosków krzyżowych do objektywu. Odległość między objektywem, a osią obrotową równa się c, zaś odległość między włoskami krzyżowymi, a objektywem równa się f. Wartość liczby stałej K $\left(= \frac{f}{i}\right)$ określa się w następujący sposób: Mierzy się linję podstawową długości od od 10 do 100 mtr. Pomiaru dokonuje się zapomocą taśmy stalowej. Na tej linji podstawowej umieszcza się znaki co 10 lub co 20 mtr. Ustawia się instrument w odległości $f + c$ *wstecz* od punktu zerowego, na przedłużeniu linji podstawowej. Jeśli teraz łatę ustawimy na poszczególnych znakach na linji podstawowej, to przestrzeń na łacie S, zawarta między skrajnymi włoskami powinna być w stałej proporcji do odpowiednich długości linji podstawowej. I tak jeśli przez l_1, l_2, l_3, ln oznaczymy odczyty na łacie odpowiadające poszczególnym odległościom na linji podstawowej L_1; L_2, L_3, Ln, wtedy z równania (1) mamy:

$$L = K\,l,\ K = \frac{L_1}{l_1} = \frac{L_2}{l_2} = \frac{L_3}{l_3} = \frac{Ln}{ln}$$

Każde z tych równań da określenie liczby stałej K, Te różne wartości otrzymane dla K, nie są zazwyczaj takie same, z powodu wpływu refrakcji. Poniżej podana tabela przedstawia całą pracę polową i kameralną, jaką się wykonuje celem określenia liczby stałej, tak dla odczytów między skrajnymi włoskami jakoteż dla odczytów między środkowym i górnym, jakoteż środkowym, i dolnym włoskiem. Liczby stałe dla tych ostatnich dwuch odczytów są użyteczne dla bardzo dalekich celowych.

Dziennik Polowy dla określenia liczby stałej tachimetrycznej.

Odległość w m. $= L$	Różnica odczytów łaty l			Obliczone $1 = \frac{L}{l}$			Uwagi
	Dla skrajnych włosków	Dla środkowego i dolnego włoska	Dla środkowego i górnego włoska	Cały odstęp	Dolny półodstęp	Górny półodstęp	
20	0.191	0 095	0 096	104.71	210.53	208.33	Instrument: Gerlach № 28515
30	0.286	0.142	0.143	104.89	211 26	209.79	
40	0.381	0 190	0 192	104.98	210.52	208.33	Data: 5 maja 1923 r.
50	0.477	0 238	0 239	104 82	210 08	209.20	
60	0.572	0.285	0 287	104 89	210.52	209.05	Godziny: 14 — 17
70	0.668	0 332	0.335	104 79	210.84	208 95	
80	0.763	0.380	0 383	104.85	210.52	208.87	Pogoda: Jasno i spokojnie
90	0 859	0.429	0.430	104.77	209 79	209.3)	
100	0 955	0.477	0.480	104.71	209.64	208.33	
		Średnia =		$\frac{943.41}{9}$ = 104.82	$\frac{1893.70}{9}$ = 210.41	$\frac{1880.15}{9}$ = 208 905	

Średnia takich dziesięciu lub więcej spostrzeżeń powinna dać o wiele dokładniejszą wartość, niż jakiekolwiek pojedyńcze spostrzeżenie, bez względu na to z jaką dokładnością je robiono. Ponieważ cała dokładność pomiarów tachimetrycznych uzależnioną jest od dokładnego określenia liczby stałej, przeto większy nakład pracy przy różnych spostrzeżeniach, jakoteż staranność w wykonaniu, są zupełnie usprawiedliwione.

Włoski krzyżowe w instrumentach są zazwyczaj przymocowane na stałe, w niektórych typach instrumentów włoski te są przesuwalne. Lepiej jest, gdy włoski są stale przymocowane, gdyż wtedy są mniej narażone na zmiany skutkiem wstrząśnień.

§ 128. **Określenie wartości liczby stałej K i wartości $f + c$ z odczytów.** Podany w § 127 sposób określenia liczby stałej K, jest dokładny, o ile odległość $f + c$ została dokładnie zmierzona i instrument ustawiono o taką odległość wstecz od punktu zerowego linji podstawowej. Drugi sposób określenia liczby stałej K i jednocześnie wartości $f+c$ jest następujący: Obiera się dowolną linję podstawową, na poziomym terenie. Na jednym końcu linji ustawia się instrument i na linji ustawia się znaki oznaczające dokładnie pomierzoną odległość od punktu nad którym ustawiono instrument. Punkt ten jest zarazem punktem zerowym linji podstawowej. Długość linji podstawowej powinna być taka, by łata ustawiona na jakimkolwiek znaku na linji, była w polu dokładnego widzenia lunety. Najlepiej gdy znaki ustawione są w pewnych określonych odstępach, jak + 10, + 20, + 30, + 40, + 50, + 60, + 70, + 80, + 90, + 100 i t. d.

Odczyty na łacie robi się serjami, każda serja składa się z odczytów na łacie trzymanej na dwuch znakach na linji. Dla każdej serji wylicza się odrębnie wartość K i wartość $f + c$. Jako wartość ostateczną liczby stałej K i wielkości $f + c$ należy brać średnią wszystkich serji, spostrzeżenia zaś dla odrębnych serji powinny być robione w różnych porach dnia.

Poniżej podany jest przykład serji spostrzeżeń, jakoteż sposób obliczenia wartości K i $f + c$ z rezultatów spostrzeżeń takich serji.

Dziennik polowy serji odczytów, dla określenia liczby stałej tachimetrycznej i wartości $f + c$.

№ serji	Różnica odczytów między skrajnymi włoskami l_1	Odległość od instrumentu L_1 w m.	Różnica odczytów między skrajnymi włoskami l_2	Odległość od instrumentu L_2 w m.
1	0.197	20	0.097	10
2	0.796	80	0.397	40
3	0.997	100	0.497	50
4	0.596	60	0.297	30
5	0.397	40	0.197	20
6	1.197	120	0.597	60

Obliczenie wartości K i $f + c$. Z równania (3) wiemy że odległość $L = K\,l + (f + c)$, jeśli równanie to zastosujemy do poszczególnych serji odczytów, to otrzymamy w każdej serji:

$$\left.\begin{aligned} L_1 &= K\,l_1 + (f + c) \\ L_2 &= K\,l_2 + (f + c) \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ (4)$$

ponieważ zaś w każdej serji znane nam jest L_1 i L_2, jakoteż l_1 i l_2, wartość K i $f + c$ można obliczyć analitycznie. Mając rezultaty spostrzeżeń poszczególnych serji, oblicza się dla każdej z nich odrębnie wartości K i $f + c$, rozwiązując następujące równania:

$$K = \frac{L_1 - L_2}{l_1 - l_2} \quad \ldots\ (5)$$

zaś

$$f + c = \frac{L_2\,l_1 - L_1\,l_2}{l_1 - l_2} \quad \ldots\ (6)$$

Obliczenia dla sześciu serji odczytów podanych w Dzienniku, dają następujące rezultaty:

№ serji	Wartość K dla tej serji	Wartość $f + c$ dla tej serji
1	100.00	0 30
2	100.25	0.20
3	100 00	0.30
4	100.33	0.20
5	100.00	0.30
6	100.00	0.30
średnia	$= \frac{600.58}{6}$	$= \frac{1.60}{6}$
	$= 100.097$	$= 0.266$

Średnia całej serji spostrzeżeń jest zawsze pewniejszą wartością od rezultatu pojedyńczego spostrzeżenia wykonanego choćby z największą starannością.

§ 129. Zmienianie odległości między skrajnymi włoskami krzyżowymi, gdy one są przesuwalne. Jeśli konstrukcja instrumentu jest taka, że odległość między skrajnymi włoskami można zmieniać, to odległość tą zmienia się tak, by liczba stała $K = 100$. Uskutecznia się to w następujący sposób: Po zmierzeniu linji podstawowej i ustawieniu instrumentu w odległoścl $f + c$ *wstecz* od punktu zerowego i na przedłużeniu tej linji, stawia się łatę niwelacyjną w odległości 10 m. od punktu zerowego. Na łacie znajdują się dwie tarcze noniuszowe. Dolną tarczę ustawia się tak, by na nią padał dolny włosek przy poziomem położeniu lunety, zaś górną tarczę, gdy odległość łaty od punktu zerowego wynosi 10 m. ustawia się o 10 cm. wyżej od tarczy dolnej i naprowadza się na nią górny włosek, przesuwając go zapomocą służących do tego śrubek do góry lub w dół zależnie od potrzeby. Dokładność ustawienia włosków sprawdza się odczytami na łacie trzymanej w odległości 20, 30, 40, 50 m. i t. d. od punktu zerowego.

Doświadczenie uczy że ten sposób ustawiania skrajnych włosków nie daje dobrych rezultatów. Jeśli nawet włoski ustawi się tak, że odległość między nimi równa się jednej setnej części różnicy odczytów na łacie, to okaże się że odległości między skrajnymi włoskami i włoskiem środkowym nie są jednakowe. Ustawienie skrajnych włosków w jednakowej odległości od włoska środkowego i jednocześnie w takiej odległości jeden od drugiego, by ta odległość równała się jednej setnej różnicy odczytów między skrajnymi włoskami na łacie jest nadzwyczaj trudne do wykonania w polu. Wkońcu gdyby to nawet zostało urzeczywistnione, to odległość między włoskami nie pozostanie stale taka sama, gdyż śrubki rektyfikacyjne służące do przesuwania włosków mogą być łatwo naruszone skutkiem przypadkowych wstrząśnień instrumentu. Najlepsze rezultaty otrzymuje się pracując instrumentem w którym włoski krzyżowe są na stałe przymocowane do pierścienia włoskowego.

§ 130. Zastosowanie współczynnika do liczby stałej K. Zamiast przesuwania skrajnych włosków, tak by odległość między nimi równała się jednej setnej części odstępu zawartego między skrajnymi włoskami na łacie, można włosków nie naruszać, a podzielić odstęp na łacie zawarty między skrajnymi włoskami na sto równych części i wtedy liczba stała będzie również 100. Metoda ta nie dała dotychczas dobrych rezultatów, głównie dlatego że przy najmniejszem poruszeniu włosków, łatę trzeba nanowo malować i dzielić.

Łaty tej nie można zmieniać, używać jej można tylko przy jednym instrumencie, łaty tej również nie możnaby używać do niwelacji, gdyż wszystkie rezultaty pomiarów trzebaby na nowo przeliczać.

Najlepszą jest łata podzielona w jednostki miary normalnej, można jej używać naprzemian do różnych instrumentów i do niwelacji. Włoski w lunecie powinny być na stałe przymocowane do pierścienia włoskowego i dla każdego z instrumentów należy określić wartość liczby stałej K, sposobem podanym w § 127 lub 128. Jeśli wartość K jest inna niż 100, to oblicza się współczynnik przez który mnoży się różnicę odczytów skrajnych włosków łaty. Różnica odczytów pomnożona przez współczynnik daje taką wartość jakąbyśmy otrzymali z odczytów tym samym instrumentem, gdyby liczba stała dla tego instrumentu wynosiła 100. Metoda ta może się zda-

wać dość skomplikowana z powodu dodatkowych wyliczeń, które trzeba wykonywać; wszystko to jednak upraszcza się przez przygotowanie tablicy redukcyjnej. Tablicę taką przygotowuje się w następujący sposób: mając określoną liczbę stałą dla danego instrumentu, oblicza się rzeczywiste odległości dla poszczególnych różnic odczytów między skrajnymi włoskami. Odległości te oblicza się mnożąc przez liczbę stałą różnicę odczytów, którą dla krótkości nazywać będziemy odczytem tachimetrycznym i do każdego iloczynu dodaje się wartość $f + c$. W tablicy takiej mamy dwie kolumny, w pierwszej kolumnie wpisuje się odczyty tachimetryczne zaczynając od 0.001 aż do wartości maksymalnej. W kolumnie drugiej wpisuje się odległości obliczone dla poszczególnych odczytów tachimetrycznych. Jeśli wartość odczytu tachimetrycznego jest mniejszą jak 0.1, to do odczytu pomnożonego przez liczbę stałą nie dodaje się wielkości $f + c$, gdyż odczytów dla tak małych odległości zazwyczaj się nie robi, ale mogą one wchodzić w skład większych odczytów. Jeśli na przykład liczba stała instrumentu wynosi 104.80, a wartość $f + c = 0.32$ m., to odległość odpowiadająca odczytowi tachimetrycznemu 0.1 wynosi $0.1 \times 104.80 + 0.32 = 10.80$. Gdy weźmiemy pod uwagę, że odległości są wprost proporcjonalne do odczytów tachimetrycznych (bez uwzględnienia wartości $f + c$) to sporządzenie takiej tablicy nie zajmie więcej jak godzinę czasu. W powyższej dyskusji przyjęto, że wartości K i $f + c$ określono sposobem podanym w § 127 lub § 128.

Zastosowanie tablic. Jeśli w dzienniku polowym znajdziemy odczyt n. p. 1.960 m., to celem wyliczenia prawdziwej odległość odpowiadającej temu odczytowi, bierze się z tablic wartość odpowiadającą odczytowi $1.900 = 199.44$, i do tego dodaje się odległość odpowiadającą $0.06 = 6.29$, cała odległość równa się więc $199.44 + 6\,29 = 205.73$ m. W tej odległości zawarta jest również wartość $f + c$.

Po krótkiej praktyce nabiera się takiej wprawy, że dziennik polowy zawierający rezultaty całodziennej pracy, można zredukować w ciągu 15 minut.

Tablica redukcyjna odczytów tachimetrycznych.

$f + c = 0,32$ *m* $\qquad$ $K = 104.80$

Odczyt tachimetryczny	Odległość	Odczyt tachimetryczny	Odległość	Odczyt tachimetryczny	Odległość
0,001	.10	0.05	5.24	0.90	94.64
0.002	.21	0.06	6 29	1.00	105 12
0 003	.31	0.07	7.34	1.10	115 60
0.004	.42	0.08	8 38	1.20	126.08
0 005	.52	0 09	9.43	1 30	126.56
0.006	.63	0.10	10.80	1 40	147.04
0.007	.73	0.20	21.28	1.50	157.52
0.008	.84	0 30	31.76	1.60	168.00
0.009	.94	0.40	42.24	1.70	178.48
0.01	1.05	0.50	52.72	1 80	188.96
0.02	2 10	0.60	63.20	1 90	199.44
0.03	3 14	0.70	73.68	2.00	209 92
0.04	4.19	0.80	84.16	i t. d.	i t. d.

§ 131. Prosty i dokładny sposób określenia liczby stałej K. Wszystkie prace topograficzne pokrywające znaczniejsze przestrzenie oparte są na kontroli trjangulacyjnej. Dokładnie obliczone odległości między punktami trjangulacyjnymi, dadzą najlepsze określenie liczby stałej K.

Przy zdjęciach topograficznych metodą tachimetryczną, sieć ciągów tachimetrycznych (na których oparta jest topografja) zazwyczaj zaczyna się i kończy na punktach trjangulacyjnych. Tak samo ciągi sytuacyjne w miernictwie gruntowem wiążą się z punktami granicznymi lub z punktami ciągów związkowych. Ponieważ pomiar obwodnicy i ciągów związkowych wykonuje się z wielką dokładnością, a wyliczone i wyrównane współrzędne punktów załamania obwodnicy i ciągów związkowych, dokładnie określają położenie tych punktów, dlatego na tych punktach opiera się sieć ciągów sytuacyjnych. Zdjęcia sytuacyjne mogą więc być wykonane metodą tachimetryczną.

Jeśli przyjmiemy jako liczbę stałą dla danego instrumentu, $K = 100$. to odległość między dwoma punktami, których współrzędne są już znane i które jednocześnie są punktami krańcowymi tachimetrycznego ciągu topograficznego lub sytuacyinego, można obliczyć z pomierzonych tachimetrycznie długości i kierunków boków ciągu. Otóż proporcja prawdziwej długości, obliczonej ze współrzędnych między punktami skrajnymi ciągu do długości obliczonej z rezultatów spostrzeżeń tachimetrycznych pomnożona przez 100 daje dokładną liczbę stałą K dla instrumentu którym pracę wykonano. Jako przykład niechaj służą następujące dane: Odległość między dwoma punktami trjangulacyjnymi wyliczona ze współrzędnych wynosi 1569.8 m, taż sama odległość wyliczona z długości i kierunków ciągu tachimetrycznego (jako liczbę stałą instrumentu, przyjęto $K = 100$) wynosi 1548.8 m. Celem otrzymania liczby stałej dla instrumentu którym robiono pomiar, dzieli się odległość wyliczoną ze współrzędnych przez odległość wyliczoną z ciągu tachimetrycznego i iloraz mnoży się przez 100. W tym wypadku mamy:

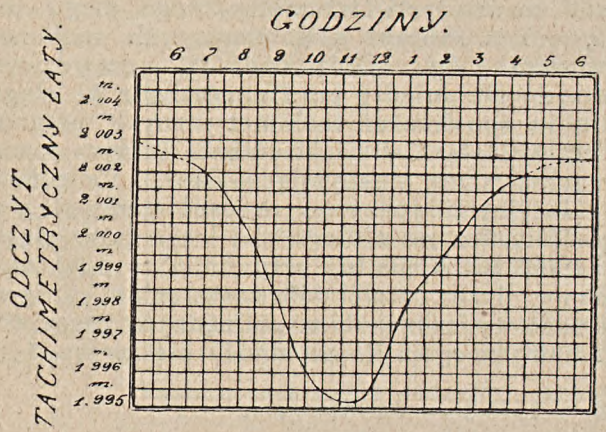
$$1569.8 \div 1548.8 = 1.0135$$
$$K = 1.0135 \times 100 = 101.35$$

Metoda ta, oprócz swojej prostoty ma jeszcze i tą zaletę że wartość liczby stałej K określa ta sama osoba która wykonuje pomiar i to w tych samych warunkach w jakich pomiar wykonywano, dlatego niema błędów systematycznych. Ostateczny rezultat winien być również wolny od błędów przypadkowych, chyba że błąd popełniono w odczytywaniu łaty w polu, ażeby się zabezpieczyć od takiej ewentualności przy określaniu liczby stałej powyższą metodą, należy wybrać kilka punktów znanych, których położenie już określono i pomierzyć kilka ciągów między takimi punktami. Jeśli liczby stałe K obliczone z poszczególnych ciągów zgadzają się to jest dowodem, że w żadnym z ciągów nie popełniono błędu przypadkowego [1].

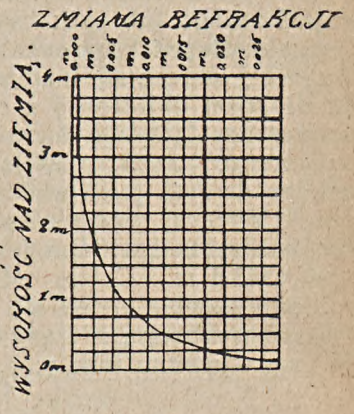
§ 132. Zabezpieczenie się od błędów systematycznych w pomiarach tachimetrycznych. Jeśli liczba stała K została dokładnie określoną, to w pomiarach tachimetrycznych popełnia się tylko błędy przypadkowe w odczytywaniu łaty, zgodnie zaś z ogólnie znanem prawem tylko pierwiastek kwadratowy takich błędów zostaje niewyrównany.

[1]) W opisaniu powyższej metody wyszliśmy z założenia, że w ciągu nie było odchyłki kątowej, lub jeśli była taka odchyłka, to ją wyrównano przed rozpoczęciem wyliczeń. § 131 podano tutaj jako część organicznej całości. W nauce jednak należy go opuścić i wyjaśnić dopiero po poznaniu przez uczących się układu współrzędnych i teorji błędów.

W rzeczywistości jednak rezultaty pomiarów tachimetrycznych wykazują błędy w jakimś określonym kierunku, co niezbicie dowodzi, że albo liczbę stałą niedokładnie określono, albo że łata nie jest dokładnie podzieloną. Inżynier Leonard S. Smith, profesor miernictwa topograficznego i geodezji wyższej w szkole politechnicznej stanu Wisconsin, wykazał że niedokładne określenie liczby stałej K, jest spowodowane tem, że warunki w jakich określano liczbę stałą nie są takie same, jak warunki w jakich się pracę wykonuje w polu. Warunek ten jest bardzo ważnym, bo jak doświadczalnie udowodniono, skutki refrakcji są o wiele większe w pobliżu ziemi w warstwach powietrza przez które przechodzi dolna linja celowa, niż w warstwach nieco wyższych przez które przechodzi górna linja celowa (Rys. 62). Z tej przyczyny rzeczywisty odczyt łaty nie jest takim, jakimby on był jeśliby powietrze posiadało jednolitą gęstość. Wielkość refrakcji zmienia się również w różnych porach dnia, a to daje małą różnicę w odczytach na łacie, trzymanej w tej samej odległości. W Rys. 61 widzimy, że najmniejszy odstęp na łacie zawarty między skrajnymi włoskami jest w południe, największy zaś rano i wieczorem.



Rys. 61.



Rys. 62.

Jeśli liczbę stałą określono z odczytów tachimetrycznych na linji podstawowej około południa, to odczyty jakie wykonamy będą nieco mniejsze jak średnia dnia. W rezultacie mając zamałe odczyty l (liczba stała $K=\frac{L}{l}$) K będzie zaduże i dlatego spostrzerzenia wykonane z taką wartością K, (lub podział łaty w tych warunkach) dadzą wielkości większe od rzeczywistych.

Jeśli spostrzeżenia dla określenia liczby stałej były wykonane rano lub późno po południu, to w reultacie otrzymamy wartość wprost odwrotną, K okaże się zamałem. Jeśli jednak wykonamy kilkanaście spostrzeżeń, w różnych godzinach dnia roboczego, a jeszcze lepiej w ciągu kilku dni, tak żeby mieć i warunki atmosferyczne różne, to średnia tych wszystkich spostrzeżeń da nam wartość prawie zupełnie wolną od błędów systematycznych.

Jako wynik tych wszystkich doświadczeń, dla prac bardzo dokładnych koniecznem jest przestrzeganie następujących reguł przy określaniu wartości liczby stałej K lub przy robieniu podziałek na łacie. Reguły te powinne być stosowane przy którejkolwiek z metod wyżej opisanych lub też przy wszystkich metodach.

1. *Każdy technik powinien sam dla siebie określić liczbę stałą K, (lub wykonać niezbędne obserwacje dla oznaczenia podziałek łaty.).*

2. *Liczbę stałą należy określić z obserwacji przy różnych odległościach (ale tylko w granicach długości odczytów przewidywanych w pracach polowych). Spostrzeżenia winny być wykonane w różnych porach dnia, na linji podstawowej, której charakter nie różni się od cech charakterystycznych terenu na jakim pracujemy.*

3. *Przy zasadniczej zmianie warunków terenowych lub pory roku, określić ponownie liczbę stałą, lub łatę nanowo podzielić.*

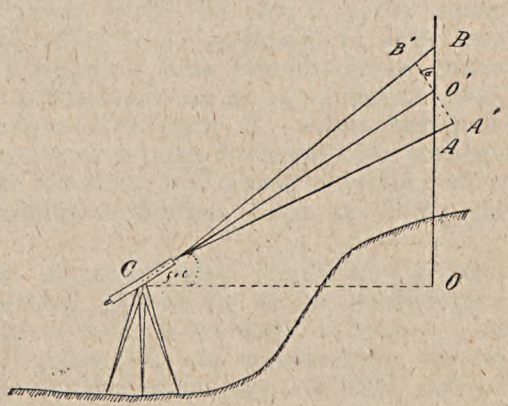
4. *Unikać odczytywania dolnego włoska blisko ziemi, tak przy określaniu liczby stałej jak i w pracy polowej. Sposób określenia liczby stałej i porządek pracy polowej powinny być ze sobą zgodne.*

Główny cel tych reguł, rzecz oczywista jest wykonanie spostrzeżeń dla określenia wartości liczby stałej możliwie w takich samych warunkach w jakich będzie wykonywana praca polowa. Opisane powyżej doświadczenia udowodniły bezsprzecznie, że jeśli reguły te są przestrzegane, dokładność robót polowych będzie znacznie zwiększona i metoda zdjęć tachimetrycznych stanie się jeszcze bardziej pożyteczną i wartościową, niż była dotychczas.

§ 133. **Zastosowanie formuł tachimetrycznych, gdy oś celowa ma kąt nachylenia.** Formuły podane i omówione w § 126 dają się zastosować tylko do poziomych osi celowych.

Jeśli łatę ustawimy na wzgórzu i skierujemy na nią lunetę instrumentu ustawionego u podnurza pagórka, to odczyt na łacie da liniją odległość od instrumentu do łaty, *tylko wtedy jeśli łata będzie trzymana prostopadle do osi celowej.* Ponieważ to jest niewygodnem, łatę zawsze trzyma się pionowo. Gdy oś celowa nie tworzy kąta prostego z płaszczyzną łaty trzymanej pionowo, to odstęp na łacie zawarty między dwoma skrajnymi włoskami zwiększa się w takiej proporcji jak 1 do cosin kąta, który oś celowa tworzy z linją poziomą, zwanego także kątem nachylenia.

Odstęp A′ B′ na tacie trzymanej prostopadle do osi celowej (Rys. 63) przemienia się w A B gdy łatę ustawimy pionowo. Lecz A′ B′ = A B cos α. (nie jest to wartość rzeczywista, ale bardzo do niej zbliżona i do praktycznych celów się nadająca).



Rys. 63.

Niechaj $A' B' = l'$, odczyt tachimetryczny przy prostopadłem położeniu łaty do osi celowej.

Niechaj A B = l, odczyt tachimetryczny przy pionowem położeniu łaty.

Wtedy $l' = l \cos \alpha$ gdzie, α jest kątem nachylenia.

Ale w równaniu (1) § 126 mieliśmy $\frac{f}{i} s = K l'$ i dlatego $K l + (f + c)$ jest odległością C O', (Rys. 63) ponieważ zaś przeciętnie roz chodzi się o odległość poziomą C O, to dla tej odległości mamy następujące równanie:

$$C O = L = C O' \cos \alpha = (K l' + f + c) \cos \alpha$$
$$= K l \cos^2 \alpha + (f + c) \cos \alpha \ldots\ldots\ldots\ldots (7).$$

Jest to równanie zapomocą którego wszystkie odczyty tachimetryczne przemienia się na odległość poziomą.

Pionowa odległość między O' i O równa się C O' sin α

Lecz $C O' = K l' + f + c = K l \cos \alpha + f + c$

a to daje:

$$O O' = h = K l \cos \alpha \sin \alpha + (f + c) \sin \alpha$$
$$= {}^1/_2 K l \sin 2 \alpha + (f + c) \sin \alpha \ldots\ldots\ldots\ldots (8).$$

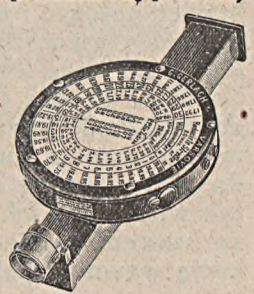
Równania (8) używa się dla określenia przewyższenia punktu na którym znajduje się łata, nad punktem nad którym jest ustawiony instrument.

ROZDZIAŁ VII.

Dodatkowe instrumenty używane do mierzenia i kreślenia.

§ 134. Spadomierz lub eklimetr, jest to ręczny instrument do mierzenia kąta nachylenia terenu. Instrument ten wyrabiany jest w rozmaitych odmianach, dwie odmiany tego instrumentu podane są poniżej.

a) Eklimetr Brandisa (Rys. 64). Instrument ten składa się z bębenka przymocowanego do rurki metalowej o kwadratowym przekroju. Wewnątrz bębenka znajduje się koło, grubości około jednego centymetra, swobodnie obracające się na swej osi. Jedna część koła jest obciążona skutkiem czego koło to, gdy nie jest sprzężone z bębenkiem i gdy płaszczyzna bębenka znajduje się w płaszczyźnie pionowej, stale zachowuje to samo położenie dla utrzymania równowagi. Gdy koło jest zrównaważone, to punkty w których średnica pozioma przecina obwodnicę koła, są zarazem punktami zerowymi jego podziałki. Podziałkę robi się na obwodnicy koła, od punktów zerowych do góry i wdół po 90°, aż do średnicy pionowej. Jeden koniec rurki metalowej jest otwarty, w drugim zaś końcu znajduje się mały otwór dla oka. Oś celowa przechodzi przez otwór dla oka i przez nitkę przymocowaną wpoprzek rurki. Gdy oś celowa jest poziomą to leży ona w tej samej płaszczyźnie poziomej co i średnica koła przechodząca przez punkty zerowe podziałki. Bębenek jest przymocowany do rurki osi celowej, zaś oś koła obraca się w łożyskach przymocowanych do ścian bębenka. W obwodnicy bębenka znajduje się zacisk zapomocą którego koło sprzęga się z bębenkiem. Obok otworu dla oka do rurki metalowej przymocowana jest lupa skierowana na otwór w obwodnicy bębenka. Lupa ta służy do odczytywania podziałki koła.

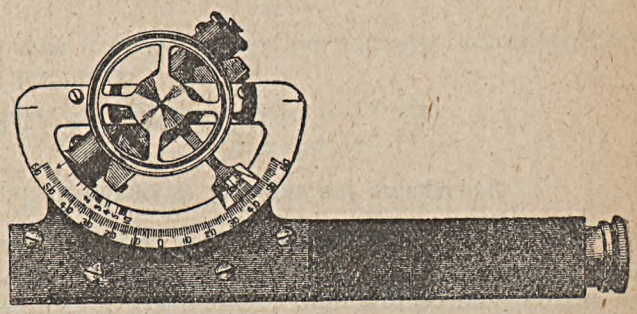


Rys. 64.

Spadomierz Brandisa bywa często używany przy pomiarach gruntowych dla określenia kąta nachylenia terenu. Używa się go w następujący sposób: Technik ze spadomierzem staje w jednym punkcie załamania się powierzchni terenu, w drugi zaś punkt załamania się powierzchni terenu posyła się pomocnika z wiechą. Do wiechy przymocowuje się jakiś dobrze widzialny znak w takiej wysokości od gruntu, w jakiej się znajduje oko obserwatora. Gdy pomocnik staje z wiechą w żądanym punkcie, obserwator celuje na przymocowany do wiechy znak. Położenie osi celowej może być poziome, lub tworzyć pewien kąt z linją poziomą, ale średnica koła podziałkowego przechodząca przez punkty zerowe podziałki jest zawsze poziomą i kąt jaki tworzy oś celowa z linją poziomą odczytuje się patrząc przez lupę w otwór bębenka.

b) Spadomierz z lunetą do celowania. Jest to właściwie ręczny instrument niwelacyjny. Składa się on z następujących części: Libelki, podziałki łukowej i optycznej osi celowej. Wszystkie te części są tak ze sobą połączone, że kiedy oś celowa tworzy jakikolwiek kąt z linją poziomą, to libelkę można odrazu spoziomować i kąt nachylenia terenu odczytać z podziałki łukowej.

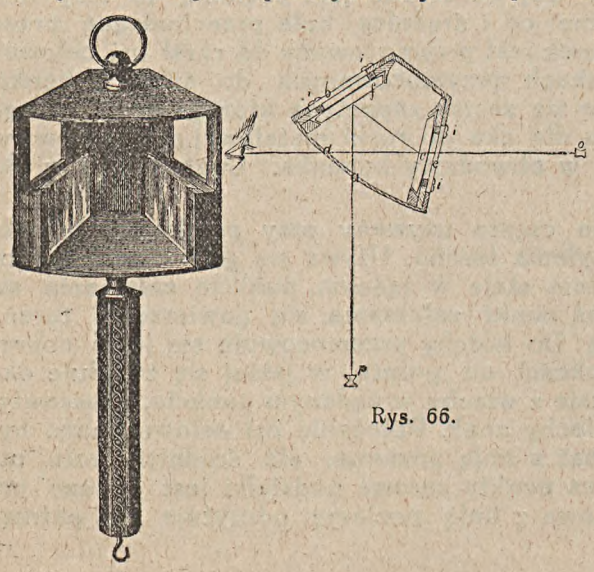
Rys. 65 przedstawia jeden typ takiego instrumentu. Gdy odczyt noniusza jest zero, wtedy instrumentem tym można niwelować. Gdy się patrzy w lunetę widzi się jednocześnie położenie bańki libelli. Luneta w przekroju poprzecznym jest kwadratową, można ją więc położyć na jakiejkolwiek płaszczyźnie płaskiej i od razu określić kąt nachylenia tej płaszczyzny, przez przesunięcie bańki do środka libelli. Podziałka na wewnętrznej krawędzi limbusa służy do wyrażania spadku w proporcji, jaka istnieje między odległością pozioma między dwoma punktami a ich pionową różnicą poziomu; i tak spadek 2 do 1 oznacza, że odległość pozioma między dwoma punktami jest dwa razy tak wielka jak ich różnica poziomu. Spadek ten odczytuje się w ten sposób że krawędź ramienia noniusza przesuwa się do zlania się z linją podziałkową wewnętrznej krawędzi limbusa i odczyt robi się w prost na limbusie.



Rys. 65.

Węgielnica lustrzana.

§ 135. Węgielnica lustrzana jest to mały ręczny instrument do tyczenia kątów prostych. Rys. 66 przedstawia obraz tego instrumentu i sposób jego użycia. Jeśli wiechę ustawioną w *o*, widzimy bezpośrednio przez otwór, to wiechę ustawioną w *p* widzimy w lustrze jako przedłużenie w dół wiechy stojącej w *o*. Jest to rezultat dwuch następujących po sobie odbić z luster *f* i *c*. Kąt między temi lustrami wynosi 45°.



Rys. 66.

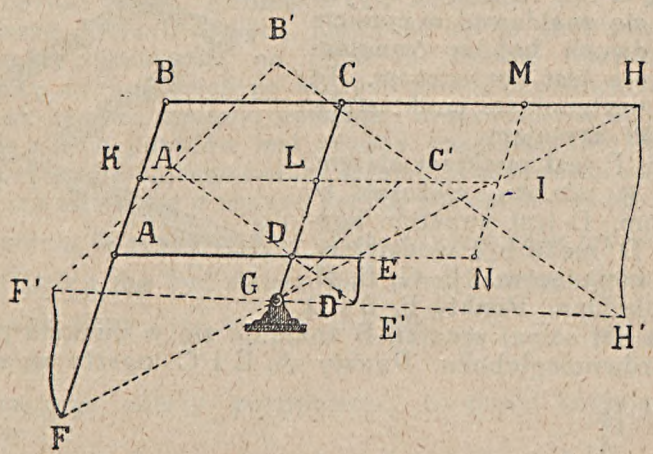
Zapomocą tego instrumentu z danego punktu na danej linji można wytyczyć prostopadłą do tej linji, albo można znaleźć punkt w danej linji mając do niej prostopadłą z danego punktu nazewnątrz linji.

Pantograf.

§ 136. **Pantograf** jest to instrument składający się z dwuch par równoległych do siebie ramion, tak ze sobą połączonych że instrumentem można swobodnie poruszać zmieniając wielkość kątów między poszczególnemi ramionami zawartych, ramiona te podczas wszelkich poruszeń stale zachowują swoją równoległość. Jeśli jeden punkt w instrumencie będzie stałym, a dwa inne punkty będą się poruszać, to punkty te będą się poruszać po linjach równoległych bez względu na to w jakim kierunku odbywać się będą poruszenia. Przyrządu tego używa się do kopjawania planów i innych rysunków w takiej samej, w zwiększonej lub w zmniejszonej podziałce. Teorja tego instrumentu jest następująca:

Twierdzenie: *Jeśli boki równoległogoku połączone w puktach A, B, C i D przedłużymy i przedłużenia te przetniemy linją prostą w punktach E, F, G i H, to punkty te będą leżały na tej samej linji prostej przy wszystkich wartościach kątów równoległoboku od zera do 180°, taksamo proporcja między odległościami E F, F G i G H pozostanie bez zmiany.*

Niechaj A, B, C, D (Rys. 68) przedstawia równoległobok, którego boki (przedłużone) przecina linja prosta w F, G, E i H. Niechaj jeden punkt w figurze będzie stałym, w czasie poruszeń ramionami równoległoboku i zmieniania wielkości jego kątów. Tym punktem stałym niechaj będzie G.



Rys. 67.

Ponieważ G C i G H promieniujące z G, przecinają linje równoległe D E i C H, mamy równanie:

$$GD : DE = GC : CH;$$

taksamo

$$ED : DG = EA : AF$$

Teraz ponieważ boki równoległoboku taksamo jak i odcinki A F, G D, D E i C H zachowują tą samą długość podczas gdy kąty równoległoboku zmieniają się, to gdy figura przyjmie położenie oznaczone linjami kropkowanemi, mamy takie same równanie:

$$GD' : D'E' = GC' : C'H'$$

także

$$E'D' : D'G = E'A' : A'F'$$

Z pierwszego z tych równań wiemy że G, E′ i H′ leżą na tej samej prostej, taksamo G, E′ i F′ leżą na tej samej prostej i dla tego wszystkie cztery punkty leżą na tej samej prostej.

Że proporcja między długościami tych linji pozostaje niezmienioną udowodniamy równaniami:

$$FG : GE : EH = BC : DE : CH - DE$$

także

$$F'G : GE' : E'H' = B'C' : D'E' : C'H' - D'E'$$

ale $BC = B'C'$, $DE = D'E'$

i $CH - DE = C'H' - D'E'$;

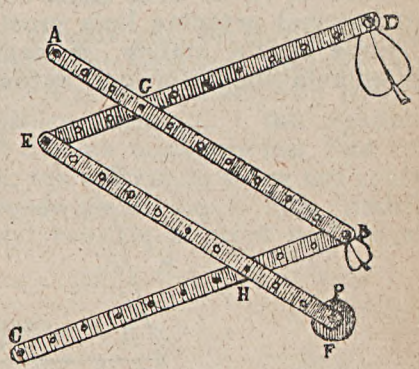
dlatego możemy napisać:

$$FG : GE : EH = F'G : GE' : E'H'.$$

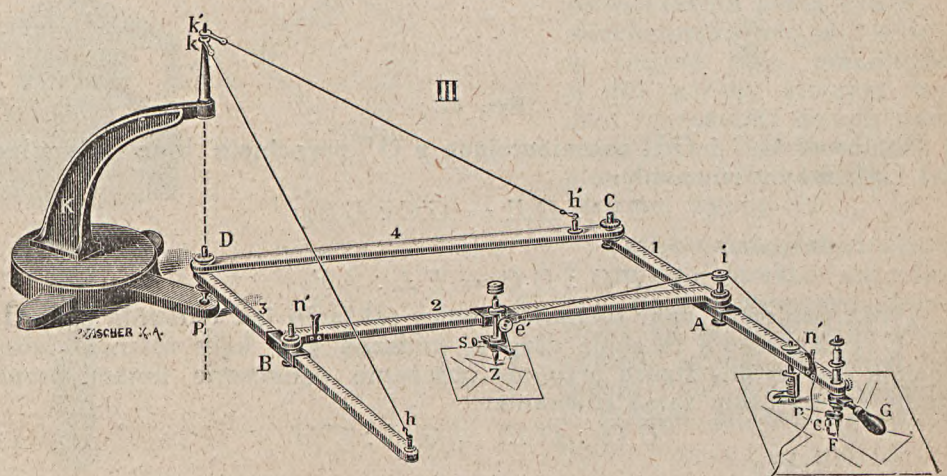
Widocznem jest, że z czterech punktów E, F, G i H, którekolwiek dwa punkty mogą się zlać w jeden, w punkcie przecięcia się dwuch boków równoległoboku. Wówczas podane równania zachowują moc swoją i dla pozostałych trzech punktów.

W pantografie używa się tylko trzech punktów E, F, G lub H. Jeden z tych punktów może się znajdować w punkcie przecięcia się dwuch boków równoległoboku, ale to nie jest koniecznem. Te trzy punkty są następujące: punkt stały, wodzidło i punkt kopjujący.

W Rys. 68, F jest punktem stałym, utrzymuje go w miejscu ciężarek P. B jest wodzidłem, D jest punktem kopjującym, albo D może być wodzidłem, a B punktem kopjującym. E, G, B, H, jest równoległobokiem. Punkty F, B i D muszą leżeć na tej samej prostej. B znajduje się w punkcie przecięcia się dwuch boków równoległoboku. Punkty A, E i C oparte są na kółkach.



Rys. 68.



Rys. 69.

Rys. 69 przedstawia udoskonalony pantograf Coradiego. W pantografie tym tylko wodzidło i punkt kopjujący dotykają powierzchni papieru na którym się pracuje i to tylko w czasie poruszeń instrumentu.

Wodzidło znajduje się w G, punkt kopjujący w Z. Gdy się instrumentem nie pracuje, to tak wodzidło jak i punkt kopjujący nie dotykają papieru, wodzidło bowiem podnosi się w tulejce w której ono spoczywa i przytwierdza się go do tulejki tak, by ostrze jego nie dotykało papieru, punkt kopjujący zaś podnosi się nitką przechodzącą przez imadło w n'. Wtedy na papierze spoczywa tylko kółko w r'. Punkt stały jest w D. Nie spoczywa on na papierze ale złączony jest z ciężarkiem K w ten sposób, że ramionami pantografu można swobodnie poruszać. Z górnem ramieniem ciężarku K, połączone są ramiona pantografu w h i h', skutkiem czego instrument prawie wisi zrównoważony w powietrzu i gdy się nim nie pracuje to tylko kółko r' spoczywa na papierze.

Z dyskusji teoretycznej i 2 załączonych rysunków widocznem jest, że instrument ten można konstruować w wielu odmianach. *Jedyny warunek jaki musi być zachowany w konstrukcji jest ten, żeby punkt stały, wodzidło i punkt kopjujący leżały na linji prostej przecinającej przynajmniej trzy boki równoległoboku. Którykolwiek z trzech punktów może być punktem stałym, wodzidłem lub punktem kopjującym.*

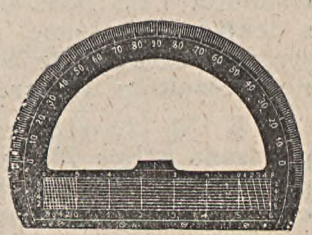
§ 137. Zastosowanie pantografu. Zastosowanie tego instrumentu jest bardzo łatwe. Ponieważ tak wodzidło jak i punkt kopjujący powinny zawsze dotykać papieru, najlepsze są te instrumenty w których tylko te punkty spoczywają na papierze. Prawie wszystkie instrumenty mają podziałkę na ramionach po których można przesuwać wodzidło i punkt kopjujący, tak że przy zmianie podziałki, długość przez którą się przesuwa którykolwiek z tych punktów jest zawsze wskazana. Po przesunięciu wodzidła lub punktu kopjującego należy sprawdzić czy kreska na obsadce przesuniętego punktu zlewa się z żądaną kreską podziałki. Zmianę podziałki sprawdza się równaniem, że proporcja $\frac{FD}{FB}$ (Rys. 68) jest taka jak proporcja żądanej zmiany. Jeśli plan ma być dwukrotnie powiększony, to proporcja ta powinna być taka, żeby $F\,D = 2\,F\,B$. albo $\frac{DE}{GE} = \frac{FE}{FH}$ = zmiana podziałki rysunku.

Jeśli rysunek należy pomniejszyć, to punkt kopjujący będzie w B, a wodzidło w D.

Jeśli rysunek należy skopjować w tej samej podziałce, ustawia się ramiona tak by $BF = BD$ i punkt stały będzie w B. Rysunek będzie skopjowany w tej samej wielkości, lecz w odwróconem położeniu.

W najlepszych instrumentach ramiona są zrobione z mosiądzu, ale i drewnianym instrumentem można dokładnie i dobrze pracować.

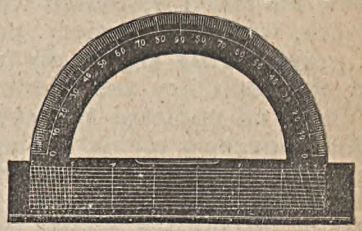
§ 138. Przenośnik. jest to koło lub najczęściej półkole podzielone na stopnie i półstopnie. Instrument ma stały punkt środkowy i używa się go do mierzenia kątów zawartych między rysowanymi linjami. Są rozmaite odmiany tego przyrządu i wyrabia się go z różnch materjałów.



Rys. 70.

Najbardziej rozpowszechnionym jest przenośnik półkolisty, pokazany w Rys. 70. Półkole to podzielone, jest na 180° każdy zaś stopień jest prze-

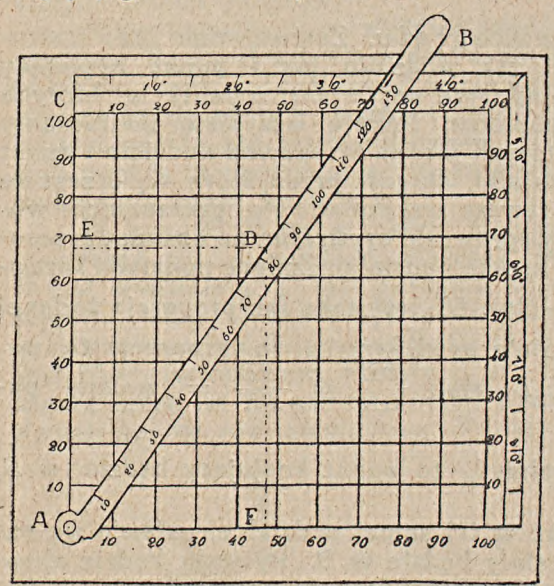
połowiony, tak że można nim odmierzać kąty z dokładnością $^1/_2$ stopnia. Numeracia podziałki jest podwójna od 0° do 180° w dwuch kierunkach. Środek linji łączącej kreskę zerową podziałki z kreską oznaczającą 180° jest punktem, który się ustawia tak, by się zlewał z wierzchołkiem mierzonego kąta, zaś linja średnicowa zlewa się z istniejącym już bokiem kąta. Drugi bok kąta oznacza się linją łączącą punkt wierzchołkowy z punktem wyznaczonym z odczytu podziałki. Jeśli linje wykreśla się czwartakami, a nie kątami, to postępuje się w nieco odmienny sposób. Punkt środkowy linji średnicowej i kreskę podziałki, która daje odczyt równy żądanemu czwartakowi ustawia się tak by się zlewały z linją południka,



Rys. 71.

wtedy linja średnicowa ma żądany kierunek i zapomocą trójkątów przenosi się go, do końca linji już narysowanej. Rys. 71 przedstawia drugą odmianę przenośnika.

Przenośnik do oznaczania położenia punktów współrzędnemi, znany także pod nazwą koordynatografu. Jest wiele odmian tego instrumentu. Zarysy jego konstrukcji i zastosowania ilustruje Rys. 72. Rozróżniamy dwa zasadnicze typy tego instrumentu, typ prostokątny (Rys.72) i typ w kształcie kwadransu (cwierć koła). Podziałka kątowa znajduje się na łuku kwadransu lub na dwuch bokach prostokąta. Na stronie licowej przenośnika znajduje się siatka kwadratów, podobnie jak na papierze milimetrowym. Ruchome ramię A B można ustawić tak, że kąt C A B będzie się równał czwartakowi danej linji. (A C leży w kierunku południka) mając kierunek linji, jej długość oznacza się z podziałki A B. Gdy położenie punktu zostało w ten sposób oznaczone, n. p. położenie punktu D, to współrzędne tego punktu E D i F D można odrazu odczytać z podziałek umieszczonych na bokach instrumentu. Dokładność tego instrumentu zależy od jego wielkości i od podziałki. Są instrumenty, którymi można mierzyć kąty z dokładnością jednej minuty, a długości linji z dokładnością jednego centymetra. Jest to bardzo użyteczny instrument do wykreślania każdodziennego rezultatu pomiaru.



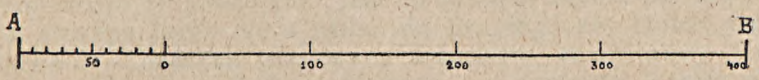
Rys. 72.

§ 139. Linja kreślarska. Najlepszą i najdogodniejszą jest linja pokazana w Rys. 73. Jest to linja metalowa, której powierzchnia nie dotyka papieru, gdyż linja wisi na wałkach. Wałki te są bardzo dokładnie wytoczone, mają obwodnicę jednakowej długości i są przymocowane do tej samej osi. Linja ta jest szczególnie użyteczną łącznie z przenośnikiem papierowym.

Mając narysowany na arkuszu kierunek południka, zapomocą przenośnika określa się odrazu kierunek jakiejkolwiek linji, wtedy linję metalową przysuwa się do przenośnika, a potem przetacza się ją na wałkach do jakiegokolwiek punktu i przez punkt ten rysuje się linję w żądanym kierunku. Prawda że to samo można uskutecznić zapomocą dwuch trójkątów, ale w czasie przesuwania trójkątów może nastąpić mała odchyłka w przeniesieniu kierunku i przenoszenie kierunków trójkątami jest znacznie powolniejsze od przenoszenia ich zapomocą linji na wałkach. Linja ta jest również bardzo użyteczna do rozwiązywania zadań graficznych.

Rys. 73.

§ 140. **Podziałki.** Podziałek używa się do określenia odległości w rysunkach i planach, które odpowiadają danym wielkościom przedmiotów w rzeczywistości lub długościom linji na gruncie. W miernictwie gruntowem używamy zazwyczaj podziałki 1 : 5000 lub 1 : 2500, to znaczy, że jakakolwiek długość na planie jest 5000 lub 2500 razy mniejszą od tej samej długości w rzeczywistości. Plany pomiarowe miast wykonuje sie w skali 1 : 2000 i 1 : 500, szczegółowe mapy topograficzne w skali 1 : 10000 i 1 : 25000.



Rys. 74.

Rys. 74 przedstawia podziałkę używaną do kreślenia planów gruntowych. Jest to podziałka poprzeczna, a konstrukcja jego opiera się na następujących zasadach: Jeśli na linji A B oznaczymy odległości co 100 m. w skali 1 : 5000 to 2 cm. na linji równa się 2 cm. × 5000 = 10000 cm. = 100 m. w rzeczywistości. Taka więc podziałka linijna (Rys. 74) może służyć do mierzenia lub oznaczania odległoćci na planach rysowanych w podziałce 1 : 5000. Podziałkę taką moglibyśmy jednak mierzyć tylko takie odległości, które są wyrażone w równych setkach metrów. Gdy skrajny odstęp dwucentymetrowy podziałki podzielimy na 10 równych części, to podziałką tą możemy mierzyć odległości wyrażone w setkach i w równych dziesiątkach metrów. Dla mierzenia odległości mniejszych jak dziesięć metrów należałoby na odcinku podzielonym na 10 równych części, sporządzić noniusz. Ponieważ to jest niewygodnem, sporządza się podziałkę transwersalną pokazaną w Rys. 75 i zapomocą tej podziałki można mierzyć odległości z dokładnością 1 go metra.

Rys 75.

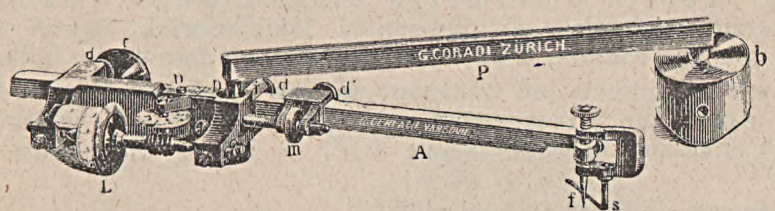
Jeśli równolegle do linji A B narysujemy 10 innych linji, w jednakowych odstępach i z punktów oznaczających 100 metrowe odległości na linji A B narysujemy prostopadłe do A B, przecinające linje równoległe, to odległości 100 metrowe możemy brać z którejkolwiek linji równoległej. Lewy odstęp na linji A B podzieliliśmy na 10 równych częćci, taksamo lewy odstęp górnej linji równoległej dzielimy na 10 równych części. Jeśli teraz punkty oznaczające odstępy 10 metrowe na górnej linji równoległej i linji A B połączymy liniami ukośnemi, to otrzymamy podziałkę transwersalną pokazaną w Rys. 75. Na lewym odstępie 100 metrowym linji dolnej możemy odczytywać odległości 10 cio metrowe. Na pierwszej linji równoległej do linji dolnej odczytujemy odległości 1 m., 11 m., 21, 31 m. i t. d., z następnej linji równoległej odległości 2 m., 12 m., 22 m., 32 m. i t. d. Że odległości te są wyrażone w prawdziwej skali możemy udowodnić zapomocą podobieństwa trójkątów.

ROZDZIAŁ VIII.

Planimetr.

§ 141. **Planimetr**, jest to instrument służący do mechanicznego obliczania powierzchni płaszczyzn wykreślonych na planie. Jest kilka typów tego instrumentu, z których podaje się trzy uważane za najlepsze.

Planimetr biegunowy Amslera, udoskonalony przez Coradiego. Składa się on z ramy mającej kształt dwuteowy i dwuch ramion. Ramię *P* (Rys. 76) zwane ramieniem biegunowem, ma na jednym końcu pionowy przegub *D*, zapomocą którego łączy się z ramą, do drugiego zaś końca przymocowany jest ciężarek *b*. Ciężarek ten zwany biegunem zakończony jest u spodu igłą, którą ustala się położenie bieguna na papierze. Ramię obwodowe *A* spoczywa w łożysku ramy, w którem je można dowolnie przesuwać i zmie-



Rys. 76.

niać jego długość. Długość tą liczy się od przegubu do ostrza znajdującego się na końcu ramienia, zwanego także wodzidłem. Ruch ramienia w ramie kontroluje się śrubą sprzęgową *d*, a małych przesunięć ramienia w łożysku dokonuje się zapomocą śruby do leniwego ruchu *m*. Znajdująca się na ramieniu podziałka i noniusz przymocowany do ramy służą do ustawiania wodzidła w określonej odległości od przegubu. Między dwoma występami ramy obraca się oś równoległa do ramienia obwodowego. Do osi tej przymocowane jest kółko *L*, którego płaszczyzna musi być prostopadłą do ramienia obwodowego. Z kółkiem *L* złączony jest na głucho walec porcelanowy podzielony na 100 równych części, wobec czego 1 podziałka walca odpowiada 0.01 obrotu kółka; zapomocą noniusza umieszczonego przy walcu i podzielonego na 10 części, odpowiadających 9 podziałkom walca, odczytuje się tysiączne części obrotu walca. Śruba ślimakowa przytwierdzona do osi kółka porusza zapomocą zębatki oś pionową poziomego krążka zwanego liczydłem. Okręg liczydła podzielonym jest na 10 części, przyczem każda podziałka odpowiada całkowitemu obrotowi kółka *L*. Przymocowany do ramy wskaźnik służy do odczytywania liczydła.

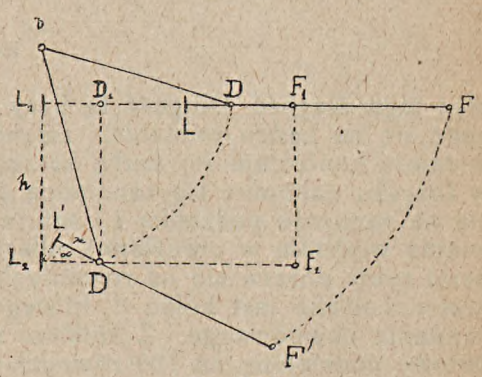
Instrument podczas używania go opiera się na trzech punktach, na biegunie, wodzidle i na jednym punkcie obwodu kółka L. Biegun jest nieruchomy, ostrze wodzidła oprowadza się po obwodnicy płaszczyzny której powierzchnię chcemy określić; posuwanie się wodzidła wprawia w ruch cały instrument, a wynikiem tego ruchu jest obracanie się kółka L i złączonego z nim walca. Zależnie od kierunku w którym się posuwa ramię obwodowe, kółko L albo obraca się naokoło swej osi, albo tylko ślizga się po papierze. Ruch kółka rejestrowany jest na walcu i liczydle. Położenie kółka w każdym momencie jego obrotu, oznacza się odczytem który się składa z 4 cyfr. Pierwszą cyfrę bierzemy z liczydła (całkowite obroty walca) drugą i trzecią z walca (dziesiąte i setne części obrotu) i nareszcie czwartą z noniusza (tysiączne części obrotu).

Obliczenie powierzchni planimetrem odbywa się w następujący sposób: ustawia się biegun nieruchomo, t. j. wtyka się igłę znajdującą się pod ciężarkiem biegunowym w papier, wodzidło ustawia się na dowolnym lecz określonym punkcie obwodnicy płaszczyzny, której powierzchnia ma być określoną, zapisuje się odczyt z liczydła, walca i noniusza i oprowadza się wodzidło naokoło po obwodnicy płaszczyzny. Gdy wodzidło powróci do punktu początkowego—robi się nowy odczyt na liczydle, walcu i noniuszu. Różnica tych dwuch odczytów daje powierzchnię płaszczyzny, wyrażoną w jednostkach podziałki planimetru. By otrzymać tą powierzchnię w jednostkach miary gruntowej, musimy pomnożyć wspomnianą różnicę odczytów przez pewien stały współczynnik, którego wielkość zależy od długości ramienia obwodowego i podziałki planu.

§ 142. Teorja planimetru biegunowego Amslera. Przy oprowadzaniu wodzidła po obwodnicy jakiejkolwiek figury, stale się zmieniają pozycje ramion, a to wywołuje odpowiednie ruchy kółka i walca.

Ustawmy planimetr jak wskazano w Rys. 77, b jest biegunem, D przegubem, F wodzidłem. Przesuwamy wodzidło do punktu F', wówczas ramię biegunowe znajdzie się w położeniu bD', a ramię obwodowe w położeniu $L'D'F'$.

Postaramy się określić jaki ruch wykonało wskutek tego przesunięcia kółko L. Ruch ramienia obwodowego możemy uważać jako złożony z trzech ruchów elementarnych.



Rys. 77.

1) Ruch postępowy w kierunku własnej osi. Ruch ten przenosi ramię z pozycji pierwotnej do pozycji $F_1 D_1 L_1$ Przy tym ruchu, jeśli płaszczyzna kółka L jest prostopadłą do swej osi, a oś kółka równoległą do ramienia obwodowego, — to kółko L nie powinno się obracać, a tylko posuwać bez ruchu własnego po papierze, w skutek czego odczyt na walcu musi pozostać bez zmiany.

2) Ruch postępowy w kierunku prostopadłym do własnej osi. Ruch ten przenosi ramię obwodowe w drugą pośrednią pozycję $F_2 D' L_2$. Podczas tego ruchu kółko L obraca się swobodnie naokoło swej osi i długość wyprostowanego łuku obwodu walca równa się drodze h, przez którą przejdzie ramię obwodowe.

3) Ruch kołowy naokoło nieruchomego punktu D' (przegubu), ramię obwodowe przechodzi do ostatecznej pozycji $F' D' L'$. Oznaczając kąt między ostatniem a poprzedniem położeniem ramienia obwodowego przez α, a odległość płaszczyzny kółka L' od nieruchomego punktu D' przez r, znajdujemy, że podczas tego ostatniego ruchu musi się rozwinąć w przeciwnym kierunku łuk obwodu walca

$$\overset{\frown}{L_2 L'} = r\alpha \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

Podczas wszystkich trzech momentów złożonego ruchu, który rozpatrywaliśmy, obwód walca rozwinie łuk, którego długość równa się:

$$B = h - r\alpha \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

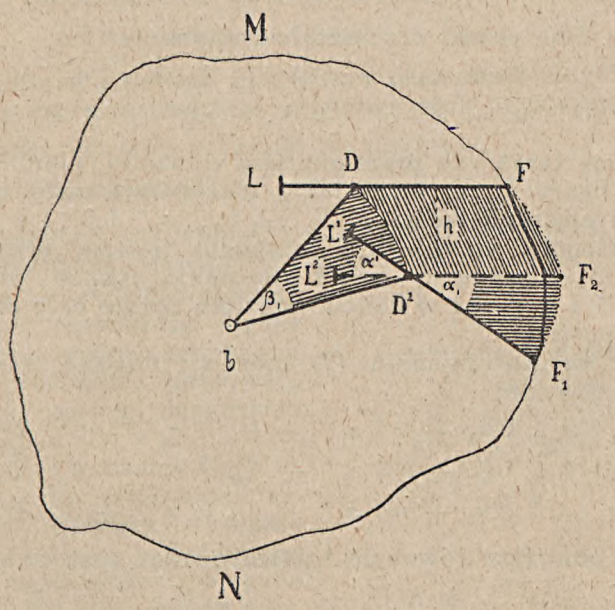
Oznaczając przez a jedną tysiączną część obrotu walca, a przez Δu różnicę odczytów w początkowym i końcowym punkcie zakreślonej przez wodzidło linji i mając na względzie, że Δu wyraża się w tysiącznych częściach obwodu walca, otrzymujemy równanie:

$$B = a \Delta u \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

Łącząc prawe części równania (2) (3) otrzymamy nowe równanie:

$$a \Delta u = h - r\alpha \quad \ldots\ldots \quad (4)$$

§ 143 Przypuśćmy że biegun planimetru ustawiliśmy wewnątrz danej figury $M N$ na planie, w punkcie b, wodzidło zaś w punkcie F na obwodnicy tej figury i że przesunęliśmy wodzidło po linji $M N$ przez niezmiernie małą odległość $F F_1$ w kierunku ruchu wskazówek zegarka (Rys. 78).



Rys. 78.

Linja łamana, którą tworzą ramiona planimetru przeszła nad bardzo małą cząstką powierzchni figury $M N$. Oznaczmy tą powierzchnię przez ΔU_1. Rozpatrzymy wykonany ruch jako złożony z ruchów elementarnych. Przy tak nieznacznym przesunięciu wodzidła możemy zgodzić się z przypuszczeniem że linja $F F_2 F_1$ zleje się z odcinkiem $F F_1$ obwodnicy figury

MN, a wobec tego przyjmiemy że ΔU_1 = pow. $D F D' F_2$ + pow. $D' F_2 F_1$ + + pow. $b D D'$. Umówmy się że jeśli ruch odbywa się w kieruku wskazuwek zegarka, to kąt który tworzy każde ramię względem samego siebie w dwuch momentach ruchu jest dodatnim, jak również dodatnią jest powierzchnia przez którą przechodzą oba ramiona. Ztąd wynika że powierzchnia $D F D' F_2$, $D' F_2 F_1$ i $b D D'$ a więc i ich suma ΔU_1 są dodatnie.

Oznaczmy długość ramienia obwodowego przez l, długosc ramienia biegunowego przez K, a odległośc płaszczyzny kółka L od przegulu D przez r.

Figurę $D F D' F_2$ możemy przyjąć za równoległobok o podstawie l i wysokości h_1; figura $D' F_2 F_1$ jest wycinkiem kołowym o promieniu l i kącie środkowym α_1; figura $b D D'$ jest również wycinkiem kołowym o promieniu R i kącie środkowym β_1.

Wobec tego powierzchnie tych figur będą następujące:

pow. $D F D' F_2 = h_1 l$

„ $D' F_2 F_1 = {}^1/_2 l^2 \overset{\frown}{\alpha_1}$

„ $b D D' = {}^1/_2 R^2 \overset{\frown}{\beta_1}$

a ich suma $\Delta U_1 =$

$$\Delta U_1 = h_1 l + {}^1/_2 l^2 \overset{\frown}{\alpha} + {}^1/_2 R^2 \overset{\frown}{\beta_1} \ldots . \quad (5)$$

Jeśli zmianę odczytu na walcu wskutek przesunięcia wodzidła z F do F_1 oznaczymy przez Δu_1, to na podstawie wzoru (4) możemy napisać:

$$h_1 = a \Delta u_1 + r \overset{\frown}{\alpha_1} \ldots . \quad (6)$$

co nam znowu daje prawo przekształcić równanie (5):

$$\Delta U_1 = (a \Delta u_1 + r \overset{\frown}{\alpha_1}) l + {}^1/_2 l^2 \overset{\frown}{\alpha_1} + {}^1/_2 R^2 \overset{\frown}{\beta_1} =$$
$$= a l \Delta u_1 + r l \overset{\frown}{\alpha_1} + {}^1/_2 l^2 \overset{\frown}{\alpha_1} + {}^1/_2 R^2 \overset{\frown}{\beta_1} \ldots . \quad (7)$$

Przypuśćmy teraz, że przesunęliśmy wodzidło planimetru z F_1 dalej po obwodzie figury $M N$, przez jakiś niezmiernie mały odcinek; musimy więc otrzymać nowe wielkości ΔU_2, Δu_2, $\overset{\frown}{\alpha_2}$ i $\overset{\frown}{\beta_2}$.

Jeśli nastepnie przesuniemy wodzidło jeszcze przez taką cząstkę obwodnicy $M N$, otrzymamy nowe znaczenie tychże wielkości — ΔU_3, Δu_3, $\overset{\frown}{\alpha_3}$ i $\overset{\frown}{\beta_3}$ i t. d., aż w końcu wodzidło opisze cały obwód figury $M N$ i powróci do punktu F.

Wzorując się na równaniu (7) możemy napisać następujący szereg analogicznych równań:

$$\left.\begin{aligned} \Delta U_1 &= a \Delta l u_1 + r l \overset{\frown}{\alpha_1} + {}^1/_2 l^2 \overset{\frown}{\alpha_1} + {}^1/_2 R^2 \overset{\frown}{\beta_1} \\ \Delta U_2 &= a \Delta l u_2 + r l \overset{\frown}{\alpha_2} + {}^1/_2 l^2 \overset{\frown}{\alpha_2} + {}^1/_2 R^2 \overset{\frown}{\beta_2} \\ \Delta U_3 &= a \Delta l u_3 + r l \overset{\frown}{\alpha_3} + {}^1/_2 l^2 \overset{\frown}{\alpha_3} + {}^1/_2 R^2 \overset{\frown}{\beta_3} \end{aligned}\right\} \ldots \quad (8)$$

Sumując powyższe równania i zastosowując przy tem oznaczniki

$$\left.\begin{aligned} \Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3 + \ldots . \Delta U_n &= [\Delta U] \\ \Delta u_1 + \Delta u_2 + \Delta u_3 + \ldots . \Delta u_n &= [\Delta u] \\ \overset{\frown}{\alpha_1} + \overset{\frown}{\alpha_2} + \overset{\frown}{\alpha_3} + \ldots . \overset{\frown}{\alpha_n} &= [\overset{\frown}{\alpha}] \\ \overset{\frown}{\beta_1} + \overset{\frown}{\beta_2} + \overset{\frown}{\beta_3} + \ldots . \overset{\frown}{\beta_n} &= [\overset{\frown}{\beta}] \end{aligned}\right\} \ldots \quad (9)$$

otrzymujemy:

$$[\Delta U] = a l [\Delta u] + r l [\overset{\frown}{\alpha}] + {}^1/_2 l^2 [\overset{\frown}{\alpha}] + {}^1/_2 R^2 [\overset{\frown}{\beta}] \ldots \quad (10).$$

Nie trudno zrozumieć, że $[\Delta U]$ — jest to powierzchnia U figury MN, której obwodnicę oprowadziliśmy wodzidłem, jak również, że $[\Delta u]$ oznacza różnicę odczytów walca, czyli różnicę początkowego odczytu up i odczytu końcowego uk t. j.:

$$[\Delta u] = uk - up$$

Co się zaś tyczy $[\alpha\frown]$ i $[\beta\frown]$, to zauważmy, że przy obwodzie figury, w wypadku gdy biegun położony jest wewnątrz figury każde ramię zatoczy pełne koło z czego wynika, że

$$[\alpha\frown] = 2\pi$$
$$[\beta\frown] = 2\pi$$

wobec czego równanie (10) przekształcamy:

$$U = al(uk - up) + 2\pi rl + \pi l^2 + \pi R^2 =$$
$$= al(uk - up) + \pi(2rl + l^2 + R^2) \ldots (11)$$

Przy danej długości ramienia obwodowego l, iloczyny al i $\pi(2rl + l^2 + R^2)$ są wielkościami stałemi dla danego planimetru. Oznaczmy pierwszy iloczyn przez k, drugi zaś przez k', wówczas wzór (11) może przyjąć formę:

$$U = k(uk - up) + k' = k\left[(uk - up) + \frac{k'}{k}\right] \ldots . (12)$$

Oznaczając przez C wartość stosunku stałego $\frac{k'}{k}$ otrzymujemy ostateczne równanie, dla obliczenia oprowadzonej planimetrem powierzchni:

$$U = k[(uk - up) + C] \ldots . (13)$$

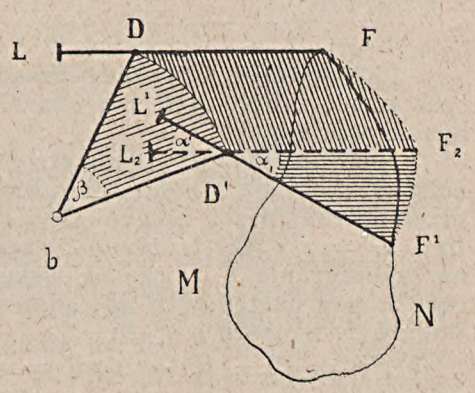
Wielkości stałe dla danego planimetru przy danej długości jego ramienia obwodowdgo, które wchodzą w powyższy wzór nazywają się:

k — *wartością jednostki podziałki planimetru*

C — *liczbą stałą planimetru.*

§ 144. Zbadamy teraz wypadek gdy biegun planimetru ustawiony jest *nazewnątrz* oprowadzanej wodzidłem figury (Rys. 80).

Przypuśćmy że wodzidło również przesuwa się po obwodnicy figury MN, po niezmiernie małych odcinkach i że ramiona planimetru pokrywają przy tem kolejno szereg niezmiernie małych płaszczyzn ΔU_1, ΔU_2, ΔU_3..., każde ramie przy tem tworzy kąty α_1, α_2, α_3,... β_1, β_2, β_3 .. ze swojem położeniem poorzednim i odczyty zmieniają się na Δu_1, Δu_2, Δu_3... Rozumując tak samo jak i przy ustawieniu bieguna wewnątrz figury przyjdziemy do równania (10), lecz teraz sumy $[\alpha\frown]$ i $[\beta\frown]$ mają inne znaczenie liczbowe. Obecnie ramiona planimetru obracają się raz w kierunku dodatnim, drugi raz w kierunku ujemnym i po oprowadzeniu wodzidłem całego obwodu figury powracają do pozycji pierwotnej. Jasnem jest, że jeśli przy ustawieniu plenimetru wewnątrz figury taki powrót



Rys. 80.

był możebnym, potem jak każde ramię zatoczyło pełne koło, t. j. suma kątów wewnętrznych w poszczególnych momentach obrotu musiała być równą 2π — to obecnie takiego koła ramiona opisać nie mogą, a powrócą w pozycję pierwotną wówczas, gdy suma kątów dodatnich (stworzonych ruchem w kierunku wskazuwek zegarka) będzie się równała sumie kątów ujemnych, czyli gdy

$$[\alpha^{\smile}] = O$$
$$[\beta^{\smile}] = O$$

Co się zaś tyczy sum algebraicznych $[\Delta\ U]$ i $[\Delta\ u]$, to rzecz oczywista, że mają one takie same znaczenie jak i w wypadku poprzednim t. j. — że pierwsza oznacza powierzchnię oprawadzonej wodzidłem figury, druga zaś różnicę odczytów walca w początkowym i koncowym momencie obrotu, czyli że $[\Delta\ u] = u\,k - u\,p$ Podstawny w równaniu (10) powyższe znaczenie sum $[\Delta\ U]$, $[\Delta\ u)$, $[\alpha^{\smile}]$ i $[\beta^{\smile}]$, to otrzymamy równanie dla obliczenia powierzchni przy biegunie położonym nazewnątrz figury:

$$U = a\,l\,(u\,k - u\,p) =$$
$$= k\ \ (u\,k - u\,p) \ldots\ldots (14).$$

W ostatniem równaniu k oznacza liczbę stałą dla danego planimetru przy danej długości ramienia obwodowego, liczbę tą już poprzednio określiliśmy jako „wartość jednostki podziałki planimetru".

§ 145. **Liczby stałe** k, k', i C. We wzorach podanych w § 143 i 144 używaliśmy liczb stałych:

$$k = a\,l$$
$$k' = \pi\,(2\,r\,l + l^2 + R^2)$$
$$C = \frac{k'}{k}$$

przy tem:

a — jest jedną tysiączną częścią okręgu walca,
l — długością ramienia obwodowego,
R — długością ramienia biegunowego,
r — odległością płaszczyzny kółka walca obrotowego od przegubu.

Wobec tego k i k' mają charakter powierzchni; k — możemy uważać jako powierzchnię prostokąta o bokach a i l; zaś k' jako powierzchnię koła o promieniu:

$$\rho = \sqrt{2\,r\,l + l^2 + R^2}$$

Liczba stała C wyraża stosunek tych powierzchni czyli ma charakter liczby oderwanej.

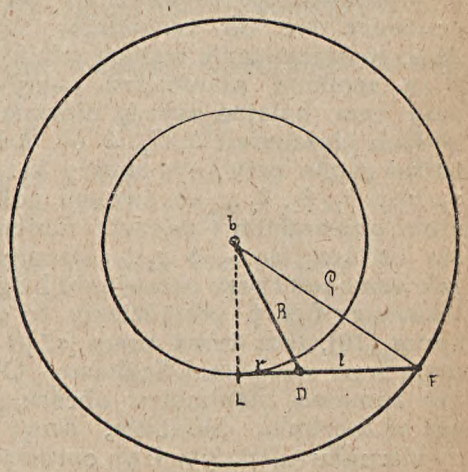
Jeśli ustawimy planimetr tak, żeby płaszczyzna kółka obrotowego przechodziła przez biegun (Rys. 80). to $L\ D = r$ i jest rzutem $b\ D$ czyli R na przedłużenie $F\ D$ czyli l; wskutek tego mamy następujące równanie dla boku $b\ F$ trójkąta $b\ F\ D$:

$$(b\ F)^2 = l^2 + R^2 + 2\,r\,l = \rho^2$$

z czego wynika, że

$$b\ F = \rho$$

Koło o promieniu ρ nazywa się *kołem podstawowem*, a wobec tego, że



Rys. 80.

$$k' = \pi \rho^2$$

wynika, że liczba stała k' wyraża powierzchnię koła podstawowego.

Z równania (12) gdzie

$$U = k\,(uk - up) + k'$$

otrzymujemy $u\,k - u\,p = \frac{U - k'}{k} = \frac{U - \pi \rho^2}{k}$

stąd wynika, że przy oprowadzaniu obwodnicy płaszczyzny, gdy biegun planimetru znajduje się wewnątrz tej płaszczyzny, znak różnicy odczytów $(u\,k - u\,p)$ odpowiada znakowi różnicy $(U - \pi \rho^2)$, czyli że odczyt końcowy jest większy lub mniejszy od odczytu początkowego, a to zależnie od tego, czy powierzchnia danej figury jest większą lub mniejszą od powierzchni koła podstawowego. Jeśli $U = \pi \rho^2$, t. j. powierzchnia oprowadzonej figury jest równą powierzchni koła podstawowego, to końcowe i początkowe odczyty muszą być identyczne.

Przekonać się o tem można z Rys. 80, który ilustruje wypadek szczególowy oprowadzenia planimetrem obwodu koła podstawowego, przy biegunie położonym w środku tego koła. W tym wypadku kółko obrotowe toczy się po okręgu koła, przyczem stale leży w jednej płaszczyźnie z biegunem, t. j. płaszczyzna kółka obrotowego jest stale prostopadłą do stycznej koła po którem ono przebiega, czyli do ramienia obwodowego. Wskutek tego kółko się nie obraca a tylko ślizga się, odczyt więc pozostaje bez zmiany.

Wielkości a, l, r i R, które wchodzą w równania powierzchni i liczb stałych, oznaczają długości naturalne odpowiednich części planimetru. Jasnem jest, że i powierzchnia U, która jest funkcją tych wielkości, będzie oznaczać naturalną wielkość na planie danej figury, czyli będzie powierzchnią zajmowanej przez daną figurę części papieru, na którym plan jest narysowany. Ponieważ plan jest to zmniejszenie rzeczywistej wielkości danej płaszczyzny lub obszaru w skali $1/m$, a powierzchnie figur podobnych mają się do siebie jak kwadraty odpowiednich boków, więc chcąc otrzymać rzeczywistą powierzchnię danej figury w mierze gruntowej musimy k i k' pomnożyć przez kwadrat mianownika cyfrowej skali. Wobec tego k i k', wyraża się równaniem:

$$\left.\begin{aligned} k &= m^2\,a\,l \\ k' &= \pi\,(2\,r\,l + l^2 + R^2)\,m^2 \end{aligned}\right\} \quad \ldots . \quad (15)$$

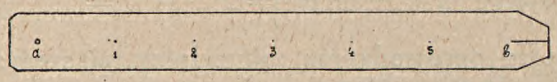
Liczba stała C jako stosunek stałych wielkości k i k' oczywiście nie zależy od skali planu.

§ 146. **Praktyczne sposoby określenia liczb stałych k i C i długości ramienia.** Zakład mechaniczny wytwarzający planimetry, zwykle dołącza do każdego instrumentu tabelkę wartości k i C przy odpowiednich długościach ramienia obwodowego i pewnej skali.

Nie należy jednak zadowalać się podanemi w tabelce wartościami i każdy technik powinien określić liczby stałe dla swego planimetru. Wyznaczenie wielkości k czyli wartości jednej podziałki noniusza walca planimetru uskutecznia się zapomocą oprowadzenia bardzo dokładnie wykreślonej na planie figury, której powierzchnia jest nam już zawczasu wiadomą. (N. p. starannie wykreślonego kwadratu o danym boku, lub figury, której powierzchnię obliczono matematycznie z danych pomiarowych.)

Wówczas k wyraża się równaniem: $k = \frac{U}{up - uk}$ w którem U jest wiadomą powierzchnią, a $up - uk$, różnicą odczytów.

Bardzo dogodnym przyrządem pomocniczym dla określenia wartośćci k jest linijka kontrulująca. (Rys 81.) Jest to płaska sztabka stalowa, mająca z jednej strony okrągłe ostrze a które się wtyka w papier. Na sztabce znajdują się w równych odległościach (a — 1 — 2 — 3 — 4 — i t. d.) zagłębienia w które wstawia się ostrze wodzidła, na przeciwnym końcu sztabki znajduje się wskaźnik indeksowy b.



Rys. 81.

W zależności od tego w jakich jednostkach miary wyrażone są długości linji na planach, odstępy na linijce kontrolnej a — 1 — 2 i t. d. mierzone są w tych samych jednostkach miary (1 cm, 1 cal). Linijką kontrolną posługujemy się w następujący sposób: Mając na rysownicy równo napięty arkusz papieru, wtykamy ostrze linijki w dowolny punkt na arkuszu. W odległości 15 do 20 cm od tego punktu ustawia się biegun planimetru. W jedno z zadłębień na linijce wstawia się ostrze wodzidła, oznacza się na papapierze punkt przy wskaźniku b i robi się odczyt na liczydle, walcu i noniuszu planimetru. Porusza się wodzidło razem z linijką kontrolną tak żeby zakreślić koło, którego środkiem jest punkt a. Gdy wskaźnik znajdzie się znowu na oznaczonym na papierze punkcie, robi się nowy odczyt. Różnica odczytów daje powierzchnię koła zatoczonego wodzidłem w jednostkach podziałki planimetru. Koniecznem jest aby ta powierzchnia była obliczona kilkakrotnie, zataczając koło raz w kierunku ruchu wskazówek zegarka, drugi raz w kierunku przeciwnym i biorąc średnią arytmetyczną ze wszystkich różnic odczytów. Ponieważ tak promień którym zakreśliliśmy koło, jak i skala planu są nam wiadome, możemy więc obliczyć U. $U = \pi r^2 m^2$. Dzielimy U przez średnią arytmetyczną różnic odczytów i otrzymujemy wartość k.

Przykład. Plan wykonano w skali 1 : 5000. Wodzidło ustawiliśmy w zagłębieniu linijki, w odległości 5 cm. od ostrza a linijki, czyli opisaliśmy koło o promieniu 5 cm, = 0,05 m. Powierzchnia tego koła wynosi $\pi\, 0{,}05^2 \times 5000^2$ w metrach kwadratowych; w hektarach

$$U = \frac{3.1416 \times 0.0025 \times 25000000}{10000} = 19\,6349 \text{ ha}$$

Odczyty planimetru były

$$u\,p = 3170 \text{ i } u\,k = 4634,$$
$$u\,k - u\,p = 1464.$$

Ztąd k w hektarach

$$k = \frac{19.6349}{1464} = 0\,0134 \text{ ha.}$$

Mając w ten sposób oznaczoną wartość k, możemy obliczać planimetrem poierzchnie na planach w skali 1 : 5000. Należy tylko zachować tą samą długość ramienia obwodowego, przy jakiej określono k, oprowadzić wodzidłem obwodnicę figury, której powierzchnia jest żądana i różnicę odczytów pomnożyć przez k.

§ 147. Dla oznaczenia wartości C wskażemy dwa sposoby. Pierwszy z nich polega na dwukrotnem określeniu tej samej powierzchni w jednostkach wartości podziałki planimetru, raz oblicza się powierzchnię mając

biegun położony nazewnątrz figury, drugi raz wewnątrz figury. Z różnicy odczytów pierwszego obwodu obliczymy powierzchnię figury według wzoru

$$U = k\,(u\,k - u\,p)\,m^2,$$

we wzorze tym wszystkie wielkości są nam wiadome. Z rezultatów drugiego obwodu powierzchnia wyznacza się równaniem.

$$U = k\,m^2\,[(u'\,k - u'\,p) + C]$$

W tem ostatniem równaniu nieznaną jest tylko wartość C. Rozwiązujemie równanie i określamy C

$$k\,(u\,k - u\,p)\,m^2 = k\,m^2\,[(u'\,k - u'\,p) + C] =$$
$$= k\,m^2(u'\,k - u'\,p) + k\,m^2\,C.$$
$$k\,(u\,k - u\,p)\,m^2 - k\,m^2\,(u'\,k - u'\,p) = k\,m^2\,C.$$
$$k\,m^2\,[(u\,k - u\,p) - (u'\,k - u'\,p)] = k\,m^2\,C.$$

Skąd

$$C = (u\,k - u\,p) - (u'\,k - u'\,p)$$

t. j. liczbę stałą C określamy odejmując różnicę odczytów przy położeniu bieguna wewnątrz figury, od różnicy odczytów przy biegunie położonym nazewnątrz figury.

§ 148. Drugi sposób określenia liczby stałej C. Wykreśla się na papierze koło o wiadomym promieniu. Wewnątrz koła ustawia się biegun planimetru, oprowadza się wodzidło bardzo starannie, kilka razy po obwodnicy wykreślonego koła i bierze się średnią arytmetyczną z różnic odczytów $u\,k - u\,p$.

Wówczas

$$\pi\,r^2 = k\,m^2\,[(u\,k - u\,p) + C].$$

Skąd

$$C = \frac{\pi\,r^2 - k\,m^2\,(u\,k - u\,p)}{k\,m^2} = \frac{\pi\,r^2}{k\,m^2} - (u\,k - u\,p)$$

Określenie wartości C musi być wykonanem przy tej samej długości ramienia obwodowego, jak i określenie k.

§ 149. Oznaczenie długości ramienia obwodowego Ze wzoru $k = m^2\,a\,l$ widzimy że istnieje ścisły stosunek między wartością jednostki podziałki planimetru, a długością ramienia obwodowego. Możemy więc napisać: $\frac{k_1}{k_2} = \frac{l_1}{l_2}$

Jeśli zachodzi potrzeba zmiany wartości k — musimy odpowiednio zmienić długość zamienia l. Potrzeba taka może zajść albo wskutek tego, że współczynnik k wyraża się niedogodnym dla rachunku ułamkiem, lub gdy wartość k w stosunku do wielkości obliczanej powierzchni jest zbyt wielką, co może spowodować znaczną niedokładność obliczenia. Tymczasowa Instrukcja Techniczna Głównego Urzędu Ziemskiego wymaga aby $^1/_{400}$ część obliczonej powierchni nie była mniejszą od wartości k w przeciwnym razie należy skrócić ramię obwodowe. Otóż gdy zachodzi potrzeba zmiany długości ramienia obwodowego postępujemy w następujący sposób:

Robimy na podziałce ramienia i zamieszczonym przy nim noniuszu odczyt który daje długość ramienia l przy danej wartości k_1 i określamy nową długość ramienia dla żądanej wartości k_2, zapomocą wzoru

$$l_2 = \frac{l_1\,k_2}{k_1}$$

Odkręcamy śrubę d, przesuwamy ramię do wyliczonej długości, sprzęgamy ramię z ramą i ostatecznie regulujemy odczyt zapomocą śruby do leniwego ruchu m (Rys. 76). Po każdorazowej zmianie długości ramienia obwodowego koniecznem jest ponowne określenie wartości k, sposobem podanym w § 146. Jeśli takie sprawdzenie daje nam taką wartość k jaka jest żądana, to jest dowodem, że zmiana długości ramienia została wykonaną dokładnie.

Związek między wartością podziałki planimetru i mianownikiem cyfrowej skali planu wyraża się równaniem:

$$\frac{k_1}{k_3} = \frac{m_1^2}{m_2^2}$$

Jeśli więc przystępujemy do obliczenia powierzchni na planie sporządzonym w skali odmiennej od skali dla której mamy wyznaczoną wartość k, musimy określić tą wartość na nowo. Określa ją równanie:

$$k_2 = \frac{k_1 \, m_2^2}{m_1^2}$$

Przykłady: 1) Przy długości ramienia 140 0 wartość jednej podziałki $k = 104.48$ m^2. Jakie ma być ustawienie ramienia dla $k = 100$ m^2.

Z równania $l_2 = \frac{l_1 \, k_2}{k_1}$ mamy $l_2 = \frac{140 \times 100}{104.48} = \frac{14000}{104.48} = 134.0$

2) Przy danej długości ramienia obwodowego $k = 100$ m^2 dla skali 1 : 5000. Jaką będzie wartość k dla planu w skali 1 : 4000 przy tej samej długości ramienia obwodowego?

Rozwiązanie: $k_2 = \frac{100 \times 4000^2}{5000^2} = 64.0$ m^2

§ 150. Sprawdzanie i rektyfikacja planimetru. Przed użyciem planimetr musi być sprawdzonym i musi odpowiadać następującym wymaganiom:

a) Oś kółka obrotowego nie powinna mieć ruchu bokowego w swych gniazdach. Żeby się przekonać, że warunek ten został zachowany, porusza się oś zlekka nie dotykając samego kółka obrotowego. Jeśli spostrzeżemy, że w czasie tych poruszeń oś waha się w swych gniazdach, musimy przesunąć jeden ze sztywtów gniazdowych, zapomocą znajdującej się obok i równoległej do niego śrubki rektyfikacyjnej. Pierścień tej śrubki wchodzi w wyżłobienie sztyftu gniazdowago, skutkiem czego ruch obrotowy śrubki powoduje posuwanie się sztyftu gniazdowego. Aby przesunąć sztyft gniazdowy w jego łożysku, należy najpierw odkręcić śrubę boczną w ramie planimetru, działającą na sztyft gniazdowy. Po ukończeniu rektyfikacji srubę tą należy znowu zakręcić.

b) Oś kółka obrotowego powinna się obracać zupełnie swobodnie i bez tarcia w swych gniazdach. Dla sprawdzenia tego nadaje się osi ruch obrotowy trącając ją z lekka palcem, ruch ten powinien trwać kilka sekund i powoli, miarowo ustać, jeśli zaś kółko po kilku obrotach zatrzymuje się nagle, trzeba przesunąć jeden ze sztyftów gniazdowych tak, jak wskazano pod a.

c) Walec kółka obrowego powinien być osadzonym możliwie blisko noniusza, lecz nie powinien go dotykać. Jeśli odległość między noniuszem a walcem jest za wielka, lub jeśli one do siebie przystają i wskutek tego powstaje tarcie, to wadliwość tę usuwa się w ten sposób, że się przesuwa obydwa sztyfty gniazdowe jednocześnie w tym samym kierunku.

d) Płaszczyzna kółka obrotowego musi być prostopadłą do ramienia obwodowego i do swej osi. Żeby się przekonać że warunek ten jest zachowanym, oprowadzamy dwukrotnie ten sam obwód, korzystając z linijki kon-

trolnej i ustawiając ramię obwodowe raz z prawej strony ramienia biegu nowego, drugi raz z lewej strony. Jeśli dwie różnice odczytów otrzymane w ten sposób nie są takie same, ale się różnią i różnica ta jest większą lub mniejszą niż $^1/_{300}$ średniej wartości dwuch różnic otrzymanych po dwukrotnem oprowadzeniu figury, to płaszczyzna kółka obrotowego nie jest prostopadłą do ramienia obwodowego. Wadliwość tę można usunąć mechanicznie w wytwórni instrumentu. Planimetr w którym płaszczyzns kółka obrotowego nie jest prostopadłą do ramienia obwodowego, może być używanym, koniecznem iest jednak przy każdorazowem obliczaniu powierzchni, oprowadzić obwodnicę danej figury dwukrotnie, przy dwuch położeniach ramienia obwodowego, raz z jednej strony ramienia biegunowego, drugi raz z drugiej strony i brać średnią z otrzymanych różnic odczytów.

e) Wartość jednej podziałki planimetru musi być sprawdzoną codziennie przed rozpoczęciem roboty, jakoteż przy każdorazowej zmianie długości ramienia. Sprawdzanie to wykonuje się sposobem wskazanym w § 146.

§ 151. Zastosowanie planimetru. Plan należy równo rozłożyć na gładkiej i poziomej powierzchni, tak by do niej przystawał. Arkusz powinien być dostatecznej wielkości, by kółko obrotowe zeń nie schodziło. Instrument powinien być zrektyfikowany i tak naoliwiony by części jego poruszały się z największą swobodą, lecz bez straty ruchu. Walec i noniusz muszą być jasne i wolne od kurzu. Przed rozpoczęciem roboty należy określić wartość jednej podziałki sposobem podanym w § 146. Wyniki sprawdzenia należy notować w „Dzienniku sprawdzania planimetru". Rekomenduje się poniżej podaną formę dziennika.

Dziennik sprawdzania planimetru.

Planimetr biegunowy № 5821 firm. Gerlach — Warszawa.

Data	Powierzchnia sprawdzenia	Długość ramienia	Poszczególne wyniki (W jednostkach podziałki planimetru)	Średnia	Wartość podziałki k	UWAGI
1	2	3	4	5	6	7
1923						
18-IV	9980 mm²	332.8	[999;998;999,999;	999.8	9.992 mm²	
19-IV	9980 mm²	250.2	1327;1326;1328; 1327;	1327	7.521 mm²	

Planimetru można używać tylko wtenczas gdy $^1/_{400}$ obliczanej powierzchni nie jest mniejszą od wartości jednej podziałki planimetru; w przeciwnym razie trzeba skrócić ramię, lub figurę, której płaszczyznę obliczamy, wykreślić w większej skali. Jeśli papier skurczył się to musimy albo zmienić długość ramienia obwodowego proporcjonalnie do linijnego skurczu papieru, tak że będziemy odrazu otrzymywać rzeczywiste powierzchnie figur, albo określamy współczynnik skurczu i mnożymy przez niego wyniki pomiaru powierzchni. Ażeby określić powierzchnię, należy przedewszystkiem wybrać punkt w ktorym mamy ustawić biegun. Bardziej pożądanem jest ustawienie bieguna na zewnątrz figury, gdyż wtedy otrzymujemy powierzchnię bez dodawania liczby stałej C. Jeśli figura jest zbyt wielką, wskazanem jest

podzielić ją linjami na części, mając biegun na zewnątrz. Przed rozpoczęciem obwodu, koniecznem jest, sprawdzić czy wodzidło dosięga swobodnie wszystkich części obwodu figury i czy ramiona nie tworzą podczas obwodu kątów bardzo ostrych lub zbliżonych do 180°. Pożądanem jest aby w czasie obwodu, kąt rozwarcia między ramionami stale pozostawał w granicach od 60° do 120°. Jeśli warunek ten nie jest zachowanym — trzeba odpowiednio zmienić miejsce bieguna.

Po ustawieniu bieguna obieramy na obwodnicy figury, dobrze oznaczony punkt, który mamy przyjąć za początek obwodu i ustawiamy w nim wodzidło. Punkt początkowy najlepiej oznaczać w tej części obwodnicy, gdzie przy posuwaniu wodzidła, kółko obrotowe ma najmniejszy ruch. Po ustawieniu wodzidła robi się odczyt. Często się zdarza, że przy odczytywaniu wskaźnik na liczydle stoi naprzeciw lub minął już pewną liczbę n. p. 7, gdy tymczasem zero noniusza stoi między kreskami n. p. 9 i 0 na walcu. Odczyt na liczydle wskazuje, że kółko obrotowe wykonało całkowitych 7 obrotów, zaś odczyt noniusza wskazuje, że siódmy obrót kółka obwodowego nie skończył się. W takim wypadku odczyt liczydła zmniejsza się o 1, to znaczy, że pierwsza cyfra całego odczytu będzie 6 zamiast 7. Dla uniknięcia błędów, przy odczytywaniu liczydła należy jednocześnie zważać na noniusz. Jeśli zero noniusza nie przeszło przez kreskę zerową walca (n. p. zero noniusza zatrzymało się między kreskami 7 i 8 na walcu) to odczyt liczydła zmiejsza się o 1, jeśli zaś zero noniusza przeszło przez kreskę zerową walca, to odczyt na liczydle robi się według wskaźnika.

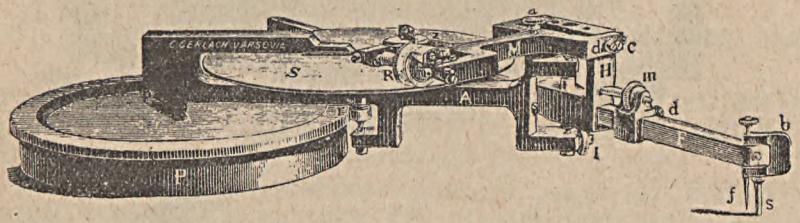
Po zapisaniu odczytu, ostrze wodzidła posuwa się starannie, powoli i miarowo po obwodnicy figury w kierunku ruchu wskazówek zegarka, naokoło aż do punktu początkowego, w którym zatrzymujemy wodzidło i robimy drugi odczyt. Jeśli wodzidło oprowadzaliśmy po obwodnicy figury w kierunku ruchu wskazówek zegarka, to drugi odczyt będzie większym od pierwszego i jak nam już wiadomo różnica tych dwuch odczytów daje nam powierzchnię figury w jedostkach podziałki planimetru. Teraz zmienimy położenie ramienia obwodowego jak wskazano pod *d* poprzedniego paragrafu i zrobimy nowy obwód figury. Różnice między poszczególnymi wynikami nie powinne przekraczać $^1/_{300}$ wartości tych wyników. Średnią arytmetyczną wyników dwuch obwodów mnożymy przez wartość podziałki planimetru i otrzymujemy żądaną powierzchnię. Wyniki obliczeń należy zapisywać do przygotowanego na ten cel wykazu. Wzór takiego wykazu podaje się poniżej:

Wykaz obliczenia powierzchni planimetrem.

Data	№ i nazwa figury	Poszczególne wyniki	Średnia	Wartość jednostki podziałki w m²	Powierzchnia U w m²	Instrument	Uwagi
		W jednostkach podziałki planimetru.					
1	2	3	4	5	6	7	8
1923 18 · IV.	№ 7 łąka przy strumyku	2801; 2802	2801 5	56 43	158089	Planimetr firmy Gerlach № 5821	
	№ 8 Rola I kl.	4319; 4323	4321	„	243834		
	№ 9 Jezioro	2573; 2576	2574 5	„	145279		

Jeśli obliczamy planimetrem kompleks figur, którego ogólna powierzchnia wyliczoną została w sposób bardziej dokładny n. p. z danych cyfrowych bezpośredniego pomiaru na gruncie, otrzymujemy zwykle pewną niezgodność między sumą powierzchni określonych planimetrem, a ogólną powierzchnią obliczoną matematycznie. Różnica ta jest wynikiem mniejszej, dokładności mechanicznego sposobu określania powierzchni planimetrem. Jeśli różnica taka leży w granicach dokładności planimetru, wówczas musi ona być rozdzielona na powierzchnie poszczególnych figur proporcjanalnie do tych powierzchni. W ten sposób uzgadnia się sumę powierzchni poszczególnych figur, z ogólną powierzchnią całego kompleksu, obliczoną matematycznie. Gdyby zaś różnica była znaczną, trzeba powtórzyć obliczenie figur planimetrem i odszukać ewentualny gruby błąd. Zgodnie z Tymczasową Instrukcją G. U. Z. różnica między powierzchnią kompleksu obliczoną matematycznie, a tą samą powierzchnią obliczoną plenimetrem nie powinna przekraczać $^1/_{400}$ jej wartości.

§ 152. Planimetr biegunowy z tarczą. Przy obliczaniu powierzchni planimetrem biegunowym Amslera-Coradiego, stan powierzchni papieru po którym posuwa się kółko obwodowe ma pewien wpływ na wynik obliczenia. Wpływ ten eliminuje się zupełnie przy użyciu planimetru biegunowego z tarczą, którego kółko obrotowe nie posuwa się bezpośrednio po papierze, lecz po stałej metalowej powierzchni oklejonej papierem. Planimetr ten (Rys. 82) ma biegun *p* w środku ciężkiej, okrągłej płyty *P*, do brzegów płyty przymocowany jest pierścień *r*, który na zewnętrznej swej powierzchni ma drobne zębate nacięcia. Z ramieniem biegunowem *A* połączony jest walec zębaty, obracający się na osi pionowej. Gdy ramię biegu-



Rys. 82.

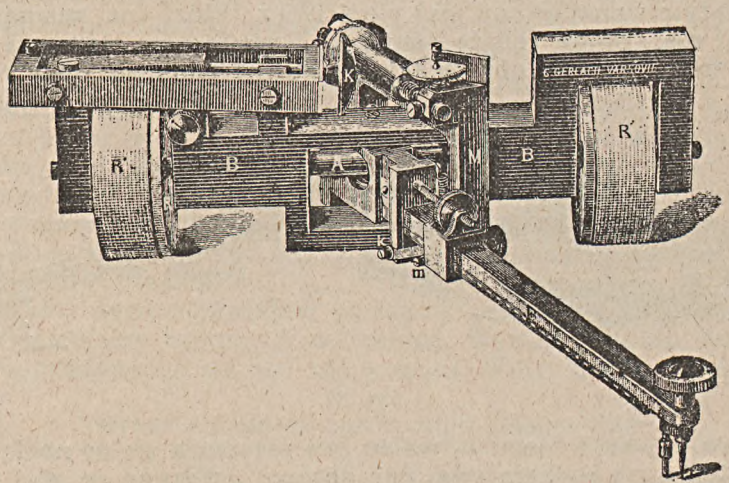
nowe obraca się koło bieguna, walec ten przesuwa się po naciętej powierzchni pierścienia *r* i ruchem swej osi obraca osadzoną na niej centrycznie metalową tarczę *S*, której powierzchnia górna oklejona jest papierem. Do drugiego końca ramienia biegunowego przymocowana jest oś pionowa, na której obraca się rama *H*. Przez ramę tą przechodzi ramię obwodowe *F* z wodzidłem *f*. Długość ramienia obwodowego reguluje się tak samo, jak w poprzednio opisanym planimetrze. Z górną częścią ramy *H*, poziomym przegubem łączą się widełka *M*, w rozgałęzieniu tych widełek obraca się oś kółka obrotowego, które obwodem swym dotyka opisanej tarczy *S*; ilość obrotów kółka rejestruje się na liczydle jak i w planimetrze Amslera-Coradiego; obwód walca podzielony jest również na dziesiąte i setne części, tysiączne części odwrotu walca — odczytuje się taksamo z noniusza. Za pomocą śrubki *a* możemy podnieść nieco wolny koniec widełek *M*, skutkiem czego kółko obrotowe nie będzie się dotykać tarczy *S*. Celem konserwacji najbardziej subtelnych części instrumentu, wskazanem jest w czasie przerwy

w pracy, podnosić walec w ten sposób i obniżać go na tarczę tylko podczas użycia planimetru. Płaszczyzna kółka obrotowego musi być prostopadłą do ramienia obwodowego i przechodzić przez przegub łączący oba ramiona. Wskutek tego, gdy ramię biegunowe jest nieruchome, ruch ramienia obwodowego wywołuje tylko posuwanie się kółka po powierzchni bez ruchu własnego naokoło osi. Gdy zaś ramię biegunowe obraca się naokoło bieguna, to ruch jego powoduje ruch obrotowy walca zębatego i złączonej z jego osią tarczy *S*, co z kolei wywołuje ruch obrotowy kółka posuwającego się po tarczy.

Przy oprowadzaniu obwodnicy figury wodzidłem *f*, rzecz jasna, że i ramię obwodowe obraca się koło przegubu i ramię biegunowe koło bieguna, t. j. kółko obrotowe to się obraca koło swej osi, to znowu ślizga się bez ruchu własnego po powierzchni tarczy.

Nie podajemy teorji tego planimetru, gdyż zasadniczo jest ona taka sama jak i teorja planimetru poprzedniego, zastosowanie zaś jego jest również takie same jak planimetru Amslera — Coradiego i obliczenie powierzchni wykonuje się na podstawie tych samych wzorów w zależności od stanowiska bieguna na zewnątrz lub wewnątrz figury.

§ 153. **Planimetr kulisto walcowy Corradiego** (Rys. 83) jest to najdokładniejszy instrument tego rodzaju. nie posiada on punktu stałego (bieguna) i dla tego można go toczyć po arkuszu dowolnej wielkości.



Rys. 83.

Planimetr ten składa się z ramy *B*, przez którą przechodzi oś *A*. Na osi tej obracają się walce *R'*. Powierzchnia tych walców jest drobno pocentkowana, wskutek czego mogą się one posuwać po papierze tylko w kierunku prostopadłym do osi *A*. Nad lewym walcem mieści się mała górna rama połączona z ramą *B* poziomym przegubem. Przez tą ramę przechodzi równoległa do osi *A*, oś dokładnie wytoczonego i wyszlifowanego odcinka kulistego *K*.

Na osi odcinka kulistego mieści się kółko zębate, które łączy się z zazębionym brzegiem lewego walca *R'*; w ten sposób ruch obrotowy walców *R'* powoduje ruch odcinka kulistego naokoło jego osi. Przez śro-

dek ramy B przechodzi łożysko k, ramienia obwodowego F, zakończonego wodzidłem f. Łożysko k obraca się w ramie B na osi pionowej. Długość ramienia obwodowego reguluje się taksamo jak w planimetrach poprzednio opisanych. Z łożyskiem k sprzęgnięta jest rama m, a w jej górnej części na osi równoległej do ramienia obwodowego obraca się trzpień walcowy dokładnie wyszlifowany i zakończony porcelanowem kółkiem obrotowem. Zapomocą spiralnej sprężynki trzpień walcowy przyciska się do odcinka kulistego K, pozostając stale równoległym do kierunku ramienia obwodowego.

Ruch obrotowy walców R' wywołuje takiż ruch odcinka kulistego K, zaś tarcie odcinka kulistego powoduje ruch trzpienia walcowego naokoło jego osi. Całkowite obroty trzpienia rejestruje połączone z nim zębatką liczydło, dziesiąte i setne części obrotu — odczytuje się z kółka obrotowego, tysiączne zaś części — z noniusza znajdującego się naprzeciw kółka obrotowego na ramie M.

Jeśli ramię obwodowe jest prostopadłem do osi A, to trzpień walcowy podczas ruchu wałów R', dotyka odcinka kulistego K w jego punkcie biegunowym i wskutek tego sam pozostaje bez ruchu. Gdy zaś podczas obrotu wałów R', ramię obwodowe odchyla się na pewien kąt od pozycji prostopadłej do osi A, wówczas trzpień walcowy dotyka powierzchni obracającego się odcinka kulistego w punktach leżących na łukach koła, które otrzymamy przecinając odcinek kulisty płaszczyzną prostopadłą do jego osi. Jasnem jest że promień tego koła będzie tem większy im większym będzie kąt odchylenia ramienia obwodowego od pozycji prostopadłej. Wynikiem tego będzie ruch obrotowy trzpienia walcowego, przyczem ilość obrotów jego jest funkcją drogi, krórą przejdzie planimetr w kierunku posuwania się walców R', t. j. prostopadłym do osi A i kąta który tworzy ramię obwodowe z kierunkiem tej drogi.

W celu konserwowania instrumentu, możemy zapomocą specjalnych śrub:

1) podnieść górną ramę, przez którą przechodzi oś odcinka kulistego K, skutkiem czego rozłączymy ruch wałów R' z tą osią i możemy przesuwać planimetr bez ruchu odcinka kulistego.

2) przesunąć na prawo ruchome ramię M, przez co trzpień walcowy traci łączność z odcinkiem kulistym, tak że ruch tego ostatniego nie wywołuje ruchu trzpienia.

3) Zahamować ruch wałów R' naokoło osi A.

Gdy się planimetru nie używa to wały R' muszą być zahamowane, rama górna podniesiona, a rama M przesunięta na prawo. Podczas użycia instrumentu odprzęga się oś obrotu wałów R' łączy się walec zębaty górnej ramy z lewym wałem R' i trzpień z odcinkiem kulistym. Przy oprowadzaniu wielkich i długich figur, planimetr należy ustawić tak, żeby kierunek biegu wałów R' mniej więcej zgadzał się z kierunkiem największego wydłużenia figury. Zatem ustawiamy wodzidło f w jakimkolwiek określonym punkcie obwodu figury, robimy odczyt $u\ p$, oprowadzamy figurę wodzidłem postępując w kierunku ruchu wskazówek zegarka i po powrocie wodzidła do punktu początkowego robimy drugi odczyt $u\ k$.

Pomijając teorję tego planimetru zaznaczymy tylko iż powierzchnia figury określi się wzorem:

$$U = k\ (u\ k - u\ p)$$

w którym przez k, oznaczamy *wartość jednostki podziałki planimetru*, wartość tą określa się w ten sam sposób jak i w planimetrze Amslera - Coradiego.

(Nie używa się tutaj linijki kontrolnej, ale oprowadza się wodzidło po obwodzie figury, której powierzchnia jest znaną).

Planimetr kulisto - walcowy, w szczególności nadaje się do określania powierzchni długich i wązkich figur.

§ 154. Dokładność obliczenia powierzchni planimetrem. Profesor Lorber, z Leoben w Austrji, przeprowadził dokładne badanik stosunkowej dokładności różnych rodzajów planimetru, a rezultaty jego badań podane są w poniżej zamieszczonej tablicy. Widzimy, że stosunkowy błąd jest tem mniejszy, im większą jest powierzchnia, którą mierzymy. Błąd absolutny jest prawie stałym dla wszystkich powierzchni w planimetrze biegunowym. Zadziwiająca dokładność planimetru kulisto - walcowego jest taka, że się go uważa za instrument precyzyjny.

Tablica stosunkowych błędów w pomiarach planimetrycznych.

Powierzchnia w kwadratowych cm.	Błąd po jednem przejściu ostrza wodzidła po obwodzie, powierzchnia wynosi w ułamkowych częściach mierzonej powierzchni		
	Planimetr biegunowy Amslera. Jednostka noniusza = 10 mm²	Planimetr biegunowy Corradiego z tarczą. Jednostka noniusza = 1 mm²	Planimetr kulisto-walcowy Corradiego. Jednostka noniusza = 1 mm²
10	$\frac{1}{75}$	$\frac{1}{625}$	$\frac{1}{1000}$
20	$\frac{1}{148}$	$\frac{1}{1111}$	$\frac{1}{2000}$
50	$\frac{1}{355}$	$\frac{1}{2500}$	$\frac{1}{3000}$
100	$\frac{1}{682}$	$\frac{1}{4167}$	$\frac{1}{5000}$
200	$\frac{1}{1274}$	$\frac{1}{7143}$	$\frac{1}{7693}$
300	.....	$\frac{1}{9375}$	$\frac{1}{10000}$

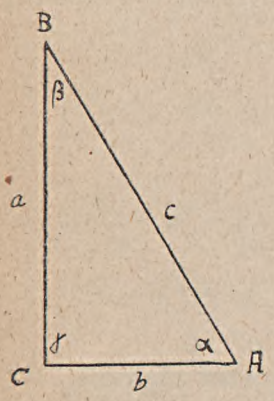
DODATEK

Goniometrja i formuły trygonometryczne.

Goniometrja i formuły trygonometryczne.

Goniometrja.

Znaczenie funkcji.



$A\ B\ C$ jest trójkątem prostokątnym.

$$sin\ \alpha = \frac{a}{c};\quad tg\ \alpha = \frac{a}{b};\quad sec\ \alpha = \frac{c}{b};$$

$$cos\ \alpha = \frac{b}{c};\quad cotg\ \alpha = \frac{b}{a};\quad cosec\ \alpha = \frac{c}{a};$$

FUNKCJE	ĆWIARTKA			
	I	II	III	IV
sin	+	+	−	−
cos	+	−	−	+
tg	+	−	+	−
cotg	+	−	+	−
sec	+	−	−	+
cosec	+	+	−	−

Funkcje kątów ujemnych.

(1) $sin\ (-\alpha) = -\ sin\ \alpha.$
(2) $cos\ (-\alpha) = +\ cos\ \alpha.$
(3) $tg\ (-\alpha) = -\ tg\ \alpha.$
(4) $ctg\ (-\alpha) = -\ ctg\ \alpha.$
(5) $sec\ (-\alpha) = +\ sec\ \alpha.$
(6) $cosec\ (-\alpha) = -\ cosec\ \alpha.$

---

(7) $sin^2\ \alpha + cos^2\ \alpha = 1.$
(8) $sec^2\alpha - tg^2\ \alpha = 1.$
(9) $cosec^2\ \alpha - ctg^2\ \alpha = 1.$
(10) $sin\ \alpha\ .\ cosec\ \alpha = 1.$
(11) $cos\ \alpha\ .\ sec\ \alpha = 1.$
(12) $tg\ \alpha\ .\ ctg\ \alpha = 1.$

	$90^0 + \alpha$	$180^0 + \alpha$	$270^0 + \alpha$	$360^0 + \alpha$	$90^0 - \alpha$	$180^0 - \alpha$	$270^0 - \alpha$	$360^0 - \alpha$
$sin =$	$cos\ \alpha$	$-sin\ \alpha$	$-cos\ \alpha$	$sin\ \alpha$	$cos\ \alpha$	$sin\ \alpha$	$-cos\ \alpha$	$-sin\ \alpha$
$cos =$	$-sin\ \alpha$	$-cos\ \alpha$	$sin\ \alpha$	$cos\ \alpha$	$sin\ \alpha$	$-cos\ \alpha$	$-sin\ \alpha$	$cos\ \alpha$
$tg =$	$-cotg\ \alpha$	$tg\ \alpha$	$-cotg\ \alpha$	$tg\ \alpha$	$cotg\ \alpha$	$-tg\ \alpha$	$cotg\ \alpha$	$-tg\ \alpha$
$cotg =$	$-tg\ \alpha$	$cotg\ \alpha$	$-tg\ \alpha$	$cotg\ \alpha$	$tg\ \alpha$	$-cotg\ \alpha$	$tg\ \alpha$	$-cotg\ \alpha$
$sec =$	$-cosec\ \alpha$	$-sec\ \alpha$	$cosec\ \alpha$	$sec\ \alpha$	$cosec\ \alpha$	$-sec\ \alpha$	$-cosec\ \alpha$	$sec\ \alpha$
$cosec =$	$sec\ \alpha$	$-cosec\ \alpha$	$-sec\ \alpha$	$cosec\ \alpha$	$sec\ \alpha$	$cosec\ \alpha$	$-sec\ \alpha$	$-cosec\ \alpha$

Zależność funkcji od siebie:

(13) $$sin\ \alpha =$$

$$= \sqrt{1 - cos^2\ \alpha} = \frac{tg\ \alpha}{\sqrt{1 + tg^2\ \alpha}} = \frac{1}{\sqrt{1 + ctg^2\ \alpha}} = \frac{1}{cosec\ \alpha} =$$

$$= cos\ \alpha \cdot tg\ \alpha = \frac{cos\ \alpha}{ctg\ \alpha} = 2\ sin\ {}^1\!/_2\ \alpha \cdot cos\ {}^1\!/_2\ \alpha =$$

$$= \frac{2\ tg\ {}^1\!/_2\ \alpha}{1 + tg^2\ {}^1\!/_2\ \alpha} = \frac{2\ cotg\ {}^1\!/_2\ \alpha}{1 + cotg^2\ {}^1\!/_2\ \alpha} = \frac{2}{tg\ {}^1\!/_2\ \alpha + cotg\ {}^1\!/_2\ \alpha} =$$

$$= 2\ sin^2\ ({}^1\!/_4\ \pi + {}^1\!/_2\ \alpha) - 1 = 1 - 2\ sin^2\ ({}^1\!/_4\ \pi - {}^1\!/_2\ \alpha) =$$

$$= \frac{1 - tg^2\ ({}^1\!/_4\ \pi - {}^1\!/_2\ \alpha)}{1 + tg^2\ ({}^1\!/_4\ \pi - {}^1\!/_2\ \alpha)}$$

(14) $$cos\ \alpha =$$

$$= \sqrt{1 - sin^2\ \alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + tg^2\ \alpha}} = \frac{ctg\ \alpha}{\sqrt{1 + ctg^2\ \alpha}} = \frac{1}{sec\ \alpha} =$$

$$= sin\ \alpha \cdot ctg\ \alpha = \frac{sin\ \alpha}{tg\ \alpha} = cos^2\ {}^1\!/_2\ \alpha - sin^2\ {}^1\!/_2\ \alpha =$$

$$= 1 - 2\ sin^2\ {}^1\!/_2\ \alpha = 2\ cos^2\ {}^1\!/_2\ \alpha - 1 = \frac{1 - tg^2\ {}^1\!/_2\ \alpha}{1 + tg^2\ {}^1\!/_2\ \alpha} =$$

$$= \frac{ctg^2\ {}^1\!/_2\ \alpha - 1}{ctg^2\ {}^1\!/_2\ \alpha + 1} = \frac{ctg\ {}^1\!/_2\ \alpha - tg\ {}^1\!/_2\ \alpha}{ctg\ {}^1\!/_2\ \alpha + tg\ {}^1\!/_2\ \alpha} =$$

$$= \frac{2}{tg\ ({}^1\!/_4\ \pi + {}^1\!/_2\ \alpha) + ctg\ ({}^1\!/_4\ \pi + {}^1\!/_2\ \alpha)} =$$

$$= 2\ cos\ ({}^1\!/_4\ \pi + {}^1\!/_2\ \alpha)\ cos\ ({}^1\!/_4\ \pi - {}^1\!/_2\ \alpha)$$

(15) $$tg\ \alpha =$$

$$= \frac{sin\ \alpha}{\sqrt{1 - sin^2\ \alpha}} = \frac{\sqrt{1 - cos^2\ \alpha}}{cos\ \alpha} = \sqrt{\frac{1 - cos^2\ \alpha}{1 - sin^2\ \alpha}} = \frac{sin\ \alpha}{cos\ \alpha} =$$

$$= \frac{1}{ctg\ \alpha} = \frac{2\ tg\ {}^1/_2\ \alpha}{1 - tg^2\ {}^1/_2\ \alpha} = \frac{2\ ctg\ {}^1/_2\ \alpha}{ctg^2\ {}^1/_2\ \alpha - 1} =$$

$$= \frac{2}{ctg\ {}^1/_2\ \alpha - tg\ {}^1/_2\ \alpha} = \frac{tg\ ({}^1/_4\ \pi + {}^1/_2\ \alpha) - tg\ ({}^1/_4\ \pi - {}^1/_2\ \alpha)}{2}$$

(16) $$ctg\ \alpha =$$

$$= \frac{\sqrt{1 - sin^2\ \alpha}}{sin\ \alpha} = \frac{cos\ \alpha}{\sqrt{1 - cos^2\ \alpha}} = \sqrt{\frac{1 - sin^2\ \alpha}{1 - cos^2\ \alpha}} = \frac{cos\ \alpha}{sin\ \alpha} =$$

$$= \frac{1}{tg\ \alpha} = \frac{1 - tg^2\ {}^1/_2\ \alpha}{2\ tg\ {}^1/_2\ \alpha} = \frac{ctg^2\ {}^1/_2\ \alpha - 1}{2\ ctg\ {}^1/_2\ \alpha} =$$

$$= \frac{ctg\ {}^1/_2\ \alpha - tg\ {}^1/_2\ \alpha}{2} = \frac{2}{tg\ ({}^1/_4\ \pi + {}^1/_2\ \alpha) - tg\ ({}^1/_4\ \pi - {}^1/_2\ \alpha)}$$

(17) $$sec\ \alpha = \frac{1}{cos\ \alpha} = \sqrt{1 + tg^2\ \alpha}$$

(18) $$cosec\ \alpha = \frac{1}{sin\ \alpha} = \sqrt{1 + ctg^2\ \alpha}$$

Funkcje kąta podwójnego, wyrażone przez funkcje kąta całego:

(19) $$sin\ 2\ \alpha = sin\ \alpha\ .\ cos\ \alpha = \frac{2\ tg\ \alpha}{1 + tg^2\ \alpha} = \frac{2\ ctg\ \alpha}{1 + ctg^2\ \alpha} =$$

$$= \frac{2}{tg\ \alpha + ctg\ \alpha} = 2\ sin^2\ ({}^1/_4\ \pi + \alpha) - 1$$

(20) $$cos\ 2\ \alpha = cos^2\ \alpha - sin^2\ \alpha = 1 - 2\ sin^2\ \alpha = 2\ cos^2\ \alpha - 1 =$$

$$= \frac{ctg^2\ \alpha - 1}{ctg^2\ \alpha + 1} = \frac{1 - tg^2\ \alpha}{1 + tg^2\ \alpha} = \frac{ctg\ \alpha - tg\ \alpha}{ctg\ \alpha + tg\ \alpha}$$

(21) $$tg\ 2\ \alpha = \frac{2\ tg\ \alpha}{1 - tg^2\ \alpha} = \frac{2\ ctg\ \alpha}{ctg^2\ \alpha - 1} = \frac{2}{ctg\ \alpha - tg\ \alpha} =$$

$$= \frac{tg\ ({}^1/_4\ \pi + \alpha) - tg\ ({}^1/_4\ \pi - \alpha)}{2}$$

(22) $$ctg\ 2\ \alpha = \frac{1 - tg^2\ \alpha}{2\ tg\ \alpha} = \frac{ctg^2\ \alpha - 1}{2\ ctg\ \alpha} = \frac{ctg\ \alpha - tg\ \alpha}{2} =$$

$$= \frac{2}{tg\ ({}^1/_4\ \pi + \alpha) - tg\ ({}^1/_4\ \pi - \alpha)}$$

Funkcje połowy kąta, wyrażone przez funkcje kąta całego:

(23) $$\sin \tfrac{1}{2}\alpha = \frac{\sqrt{1+\sin\alpha} - \sqrt{1-\sin\alpha}}{2} = \sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{2}}$$

(24) $$\cos \tfrac{1}{2}\alpha = \frac{\sqrt{1+\sin\alpha} + \sqrt{1-\sin\alpha}}{2} = \sqrt{\frac{1+\cos\alpha}{2}}$$

(25) $$\operatorname{tg} \tfrac{1}{2}\alpha = \frac{\sin\alpha}{1+\cos\alpha} = \frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha} = \sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{1+\cos\alpha}}$$

(26) $$\operatorname{ctg} \tfrac{1}{2}\alpha = \frac{1+\cos\alpha}{\sin\alpha} = \frac{\sin\alpha}{1-\cos\alpha} = \sqrt{\frac{1+\cos\alpha}{1-\cos\alpha}}$$

(27) $$\sin \tfrac{1}{4}\pi = \cos \tfrac{1}{4}\pi = \tfrac{1}{2}\sqrt{2} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \sqrt{\frac{1}{2}}$$

$$\operatorname{tg} \tfrac{1}{4}\pi = \operatorname{ctg} \tfrac{1}{4}\pi = 1$$

Funkcje sumy i różnicy dwuch kątów, wyrażone przez funkcje kątów pojedyńczych:

(28) $$\sin(\alpha+\beta) = \sin\alpha \cdot \cos\beta + \cos\alpha \cdot \sin\beta$$

(29) $$\sin(\alpha-\beta) = \sin\alpha \cdot \cos\beta - \cos\alpha \cdot \sin\beta$$

(30) $$\cos(\alpha+\beta) = \cos\alpha \cdot \cos\beta - \sin\alpha \cdot \sin\beta$$

(31) $$\cos(\alpha-\beta) = \cos\alpha \cdot \cos\beta + \sin\alpha \cdot \sin\beta$$

(32) $$\operatorname{tg}(\alpha+\beta) = \frac{\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta}{1 - \operatorname{tg}\alpha \cdot \operatorname{tg}\beta}$$

(33) $$\operatorname{tg}(\alpha-\beta) = \frac{\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\beta}{1 + \operatorname{tg}\alpha \cdot \operatorname{tg}\beta}$$

(34) $$\operatorname{ctg}(\alpha+\beta) = \frac{\operatorname{ctg}\alpha \operatorname{ctg}\beta - 1}{\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta}$$

(35) $$\operatorname{ctg}(\alpha-\beta) = \frac{\operatorname{ctg}\alpha \operatorname{ctg}\beta + 1}{\operatorname{ctg}\beta - \operatorname{ctg}\alpha}$$

Formuły z trygonometrji płaskiej.

Rozwiązanie trójkątów.

Określenia:

a, b, c = **boki trójkąta.**

α, β, γ = **kąty trójkąta leżące naprzeciw boków** a, b, c.

h_a, h_b, h_c = **wysokości trójkąta, (prostopadłe do boków** a, b, c, **naprzeciwległych kątów** α, β, γ)

r = **promień koła wpisanego w trójkąt.**

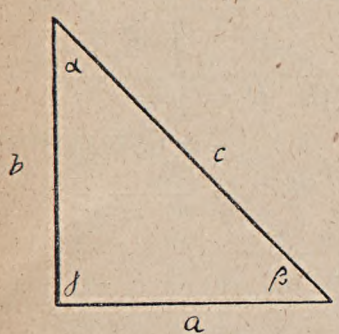
R = **promień koła opisanego.**

U = **powierzchnia trójkąta.**

$S = \frac{a + b + c}{2}$, **połowa sumy trzech boków trójkąta.**

$Sa = S - a, \quad Sb = S - b, \quad Sc = S - c.$

§ 166. Trójkąt prostokątny.



(1) $a^2 + b^2 = c^2$ (Twierdzenie Pytagorasa).

(2) $\alpha + \beta = \gamma = {}^1/_2\,\pi$

(3) $\sin\alpha = \frac{a}{c}$ | (7) $tg\,\alpha = \frac{a}{b}$

(4) $\sin\beta = \frac{b}{c}$ | (8) $tg\,\beta = \frac{b}{a}$

(5) $\cos\alpha = \frac{b}{c}$ | (9) $tg\,({}^1/_4\,\pi + \alpha) = \frac{b+a}{b-a}$

(6) $\cos\beta = \frac{a}{c}$ | (10) $tg\,({}^1/_4\,\pi + \beta) = \frac{a+b}{a-b}$

(11) $a = c\sin\alpha = c\cos\beta = b\,tg\,\alpha = b\,ctg\,\beta = \sqrt{c^2 - b^2} = \sqrt{(c+b)(c-b)}$

(12) $b = c\sin\beta = c\cos\alpha = a\,tg\,\beta = a\,ctg\,\alpha = \sqrt{c^2 - a^2} = \sqrt{(c+a)(c-a)}$

(13) $c = \frac{a}{\sin\alpha} = \frac{b}{\cos\alpha} = \frac{a}{\cos\beta} = \frac{b}{\sin\beta} = \sqrt{a^2 + b^2}$

(14) $h_a = b$

(15) $h_b = a$

(16) $h_c = \frac{a\,b}{c} = \frac{a\sqrt{(c+a)(c-a)}}{c} = \frac{b\sqrt{(c+b)(c-b)}}{c} =$

$= a\sin\beta = b\sin\alpha = a\cos\alpha = b\cos\beta = \frac{c\sin 2\beta}{2} = \frac{c\sin 2\alpha}{2}$

$$(17)\quad U = \frac{a\,b}{2} = \frac{a}{2}\sqrt{(c+a)\,(c-a)} = \frac{b}{2}\sqrt{(c+b)\,(c-b)} =$$

$$= \frac{c\,h_c}{2} = \frac{a^2\,tg\,\beta}{2} = \frac{b^2\,tg\,\alpha}{2} = \frac{a^2\,ctg\,\alpha}{2} = \frac{b^2\,ctg\,\beta}{2} =$$

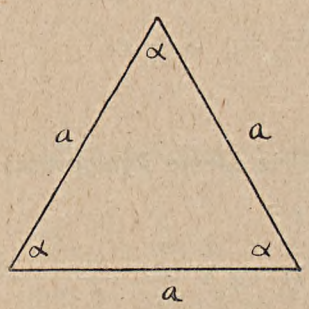
$$= \frac{a\,c\,sin\,\beta}{2} = \frac{b\,c\,sin\,\alpha}{2} = \frac{a\,c\,cos\,\alpha}{2} = \frac{b\,c\,cos\,\beta}{2} =$$

$$= \frac{c^2\,sin\,\alpha\,cos\,\alpha}{2} = \frac{c^2\,sin\,\beta\,cos\,\beta}{2} = \frac{c^2\,sin\,2\,\alpha}{4} = \frac{c^2\,sin\,2\,\beta}{4}$$

r i R oblicza się według tych samych wzorów co i w trójkącie rozwartokątnym.

Trójkąt równoboczny.

(1) $\alpha = {}^1/_3\,\pi$



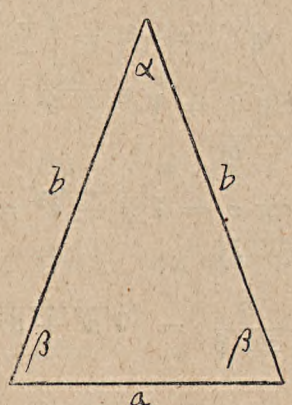
(2) $h = \frac{a}{2}\sqrt{3}$
$= a\ 0.8660254^{*)}$
$= a\ sin\ {}^1/_3\,\pi$

(3) $U = \left(\frac{a}{2}\right)^2\sqrt{3}$
$= a^2\sqrt{0.1875}$
$= a^2\ 0.4330127^{**)}$

(4) $r = \frac{a}{6}\sqrt{3}$
$= a\sqrt{{}^1/_{12}}$
$= a\ 0.2886751^{***)}$
$= \frac{a}{2}\ tg\ \frac{1}{6}\,\pi$

(5) $R = \frac{a}{\sqrt{3}}$
$= a\ 0.5773503^{****)}$
$= \frac{a}{sin\ {}^1/_3\,\pi}$

Trójkąt równoramienny.



(1) $\alpha + 2\,\beta = \pi$

(2) $a^2 = 2\,b^2\,(1 - cos\,\alpha)$

(3) $a = 2\,b\,cos\,\beta = 2\,b\,sin\,{}^1/_2\,\alpha$

(4) $b = \frac{a}{2\,sin\,{}^1/_2\,\alpha} = \frac{a}{2\,cos\,\beta}$

(5) $sin\,{}^1/_2\,\alpha = cos\,\beta = \frac{a}{2\,b}$

(6) $ctg\,{}^1/_2\,\alpha = \frac{\sqrt{(2\,b)^2 - a^2}}{a} = \sqrt{\frac{(2\,b)^2}{a^2} - 1}$

(7) $cos\,\beta = sin\,{}^1/_2\,\alpha = \frac{a}{2\,b}$

(8) $tg\,{}^1/_2\,\beta = \sqrt{\frac{2\,b - a}{2\,b + a}}$

---

*) log 0.8660254 = 9.9375306.
**) log 0.4330127 = 9.6365006.
***) log 0.2886751 = 9.4604094.
****) log 0.5773503 = 9.7614394.

(9) $h_a = {}^1/_2\sqrt{(2b)^2 - a^2} = b \sin\beta = {}^1/_2 a \operatorname{tg}\beta = b \cos {}^1/_2\alpha =$
$= {}^1/_2 a \operatorname{ctg} {}^1/_2\alpha = \frac{2U}{a}$

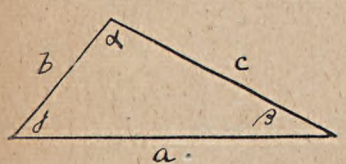
(10) $h_b = \frac{a}{2b}\sqrt{(2b)^2 - a^2} = a \sin\beta = b \sin\alpha = \frac{2U}{b}$

(11) $r = a\frac{\sin^2 {}^1/_2\beta}{\sin\beta} = {}^1/_2 a \operatorname{tg} {}^1/_2\beta = \frac{2U}{a + 2b}$

(12) $R = \frac{a}{2\sin\alpha} = \frac{b}{2\sin\beta} = \frac{a b^2}{4U}$

(13) $U = \frac{a}{4}\sqrt{(2b)^2 - a^2} = \frac{a b \sin\beta}{2} = \frac{b^2 \sin\alpha}{2} =$
$= \left(\frac{a}{2}\right)^2 \operatorname{ctg} {}^1/_2\alpha = \left(\frac{a}{2}\right)^2 \operatorname{tg}\beta$

Trójkąt rozwartokątny.



(1) $a + b > c;\ b + c > a;\ c + a > b$

(2) $\alpha + \beta + \gamma = \pi$

(3) $\frac{a}{\sin\alpha} = \frac{b}{\sin\beta} = \frac{c}{\sin\gamma} = \frac{a}{\sin(\beta+\gamma)} = \frac{b}{\sin(\alpha+\gamma)} = \frac{c}{(\sin\alpha+\beta)}$

(4) $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc\cos\alpha$

(5) $b^2 = a^2 + c^2 - 2ac\cos\beta$

(6) $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos\gamma$

(7) $a = b\cos\gamma + c\cos\beta$

(8) $b = c\cos\alpha + a\cos\gamma$

(9) $c = a\cos\beta + b\cos\alpha$

(10) $(a + b)\sin {}^1/_2\gamma = c\cos {}^1/_2(\alpha - \beta)$

(11) $(a + c)\sin {}^1/_2\alpha = a\cos {}^1/_2(\beta - \gamma)$

(12) $(c + a)\sin {}^1/_2\beta = b\cos {}^1/_2(\gamma - \alpha)$

(13) $(a - b)\cos {}^1/_2\gamma = c\sin {}^1/_2(\alpha - \beta)$

(14) $(b - c)\cos {}^1/_2\alpha = a\sin {}^1/_2(\beta - \gamma)$

(15) $(c - a)\cos {}^1/_2\beta = b\sin {}^1/_2(\gamma - \alpha)$

(16) $(a + b) : (a - b) = \operatorname{tg} {}^1/_2(\alpha + \beta) : \operatorname{tg} {}^1/_2(\alpha - \beta)$

(17) $(b + c) : (b - c) = \operatorname{tg} {}^1/_2(\beta + \gamma) : \operatorname{tg} {}^1/_2(\beta - \gamma)$

(18) $(c + a) : (c - a) = \operatorname{tg} {}^1/_2(\gamma + \alpha) : \operatorname{tg} {}^1/_2(\gamma - \alpha)$

(19) $$\frac{a+b-c}{a+b+c} = tg\ {}^1/_2\ \alpha\ tg\ {}^1/_2\ \beta$$

(20) $$\frac{a+c-b}{a+b+c} = tg\ {}^1/_2\ \alpha\ tg\ {}^1/_2\ \gamma$$

(21) $$\frac{b+c-a}{a+b+c} = tg\ {}^1/_2\ \beta\ tg\ {}^1/_2\ \gamma$$

(22) $$\frac{a^2-b^2}{c^2} = \frac{sin\ (\alpha-\beta)}{sin\ \gamma}$$

(23) $$\frac{a^2-c^2}{b^2} = \frac{sin\ (\alpha-\gamma)}{sin\ \beta}$$

(24) $$\frac{b^2-c^2}{a^2} = \frac{sin\ (\beta-\gamma)}{sin\ \alpha}$$

(25) $$h_a = \sqrt{b^2-\left(\frac{a^2+b^2-c^2}{2a}\right)^2} = \frac{2\sqrt{S\ Sa\ Sb\ Sc}}{a} =$$
$$= b\ sin\ \gamma = c\ sin\ \beta = \frac{2U}{a}$$

(26) $$h_b = \sqrt{c^2-\left(\frac{b^2+c^2-a^2}{2b}\right)^2} = \frac{2\sqrt{S\ Sa\ Sb\ Sc}}{b} =$$
$$= a\ sin\ \gamma = c\ sin\ \alpha = \frac{2U}{b}$$

(27) $$h_c = \sqrt{a^2-\left(\frac{a^2+c^2-b^2}{2c}\right)^2} = \frac{2\sqrt{S\ Sa\ Sb\ Sc}}{c} =$$
$$= a\ sin\ \beta = b\ sin\ \alpha = \frac{2U}{c}$$

Trzy linje, które przepoławiają trzy kąty trójkąta, przecinają się w jednym punkcie, który jest środkiem koła wpisanego w trójkącie.

Promień tego koła:

(28) $$r = \frac{U}{S} = \sqrt{\frac{Sa\ Sb\ Sc}{S}} = a\ \frac{sin\ {}^1/_2\ \beta\ sin\ {}^1/_2\ \gamma}{sin\ {}^1/_2\ (\beta+\gamma)} =$$
$$= b\ \frac{sin\ {}^1/_2\ \alpha\ sin\ {}^1/_2\ \gamma}{sin\ {}^1/_2\ (\alpha+\gamma)} = c\ \frac{sin\ {}^1/_2\ \alpha\ sin\ {}^1/_2\ \beta}{sin\ {}^1/_2\ (\alpha+\beta)}$$

Trzy linje, prostopadłe do trzech boków trójkąta w ich punktach środkowych, przecinają się w jednym punkcie wewnątrz trójkąta; punkt ten jest środkiem koła opisanego, którego promień:

(29) $$R = \frac{a\ b\ c}{4U} = \frac{a\ b\ c}{4\sqrt{S\ Sa\ Sb\ Sc}} = \frac{a}{2\ sin\ \alpha} =$$
$$= \frac{b}{2\ sin\ \beta} = \frac{a}{2\ sin\ \gamma}$$

Powierzchnia trójkąta.

(30) $$U = \frac{a\ h_a}{2} = \frac{b\ h_b}{2} = \frac{c\ h_c}{2}$$

(31) $$U = \frac{a\ b\ \sin\gamma}{2} = \frac{b\ c\ \sin\alpha}{2} = \frac{a\ c\ \sin\beta}{2}$$

(32) $$U = \frac{a^2\ \sin\beta\ \sin\gamma}{2\ \sin\alpha} = \frac{b^2\ \sin\alpha\ \sin\gamma}{2\ \sin\beta} = \frac{c^2\ \sin\alpha\ \sin\beta}{2\ \sin\gamma}$$

(33) $$U = \sqrt{S\ Sa\ Sb\ Sc}$$

(34) $$U = r\ s = r^2\ ctg\ {}^1/_2\ \alpha\ ctg\ {}^1/_2\ \beta\ ctg\ {}^1/_2\ \gamma$$

(35) $$U = \frac{a\ b\ c}{4R} = 2\ R^2\ \sin\alpha\ \sin\beta\ \sin\gamma$$

Miary linijne.

Metr	Pręt	Sążeń (pol.)	Łokieć	Stopa ang.	Sążeń (ros)	Arszyn
1	0.231481	0.578704	1.736111	3.280899	0.468700	1.406100
4.320000	1	2.500000	7.500000	14.173484	2.024783	6.074350
1.728000	0.400000	1	3.000000	5.669994	0.809913	2.429740
0.576000	0.133333	0.333333	1	1.889798	0.269971	0.809913
0.304794	0.070554	0.176386	0.529157	1	0.142857	0.428571
2.133561	0.493880	1.234700	3.704100	7.000000	1	3.000000
0.711187	0.164627	0.411567	1.234700	2 333333	0.333333	1

Miary kwadratowe.

Metr	Pręt	Sążeń (pol.)	Łokieć	Stopa ang.	Sążeń (ros.)
1	0.0535836763	0.3348979767	3.0140817901	10.7642993417	0.2196795784
18.6624000000	1	6.2500000000	56.2500000000	200.8876600348	4.0997481640
2.9859840000	0.1600000000	1	9.0000000000	32.1420256056	0.6559597062
0.3317760000	0.0177777777	0.1111111111	1	3.5713361784	0.0728844118
0.0928996833	0.0049779066	0.0311119160	0.2800072438	1	0.0204081633
4.5520844826	0.2439174213	1.5244838829	13.7203549463	49.0000000000	1

Hektar	Włóka	Morga	Pręt kw.	Dziesięcina
1	0.059537	1.786 23	535.836900	0.915332
16.796160	1	30.000000	9000.000000	15.374056
0.559872	0.033333	1	300.000000	0.512469
0.001866	0.000111	0.003333	1	0.001708
1.092500	0.065045	1.951339	585.401700	1

Miary gruntowe amerykańskie.
(Linijne i kwadratowe)

1 łańcuch=100 kolankom
= 22 jardom
= 66 stopom
=20.116404 metr

1 akr=10 łańcuchom kw.
=4840 jardom kw.
=43560 stopom kw.
=4046.6971 metr. kw.
=0.404670 ha
=0.722790 morgi
=0 370407 dzies.
=0.024093 włóki

SPIS RZECZY.

str.

Przedmowa 3
Wstęp 5

ROZDZIAŁ I.

Instrumenty do mierzenia odległości.

§ 1. Łańcuch mierniczy 7
2. Sprawdzenie łańcucha 7
3. Mierzenie łańcuchem 8
4. Taśma stalowa 10
5. Mierzenie taśmą stalową 11
6. Łata miernicza 11
7. Inne instrumenty do mierzenia odległości 12
8. Zwykłe źródła błędów przy mierzeniu odległości 12
9. Zwykłe źródła błędów w odczytywaniu i zapisywaniu pomiarów 12
Ćwiczenia 13

ROZDZIAŁ II.

Instrumenty do mierzenia kierunku.

10. Busola 15
11. Sposoby odczytywania kierunku magnetycznego 16
Sprawdzanie busoli 17
12. Ogólna zasada sprawdzania 17
13. Sprawdzenie prostopadłości płaszczyzny limbusa do osi pionowej instrumentu 17
14. Sprawdzenie libelli 17
15. Odnaleźć błąd powstający z powodu igły magnetycznej 18
16. Wyprostować igłę magnetyczną 18
17. Zcentrować łożysko igły magnetycznej 18
18. Zremagnetyzować igłę magnetyczną 19
19. Sprawdzenie przezierników 19
20. Magnetyzm ziemski 19
21. Zboczenie igły magnetycznej 19
22. Dzienna zmiana deklinacji 19
23. Stuletnie wahanie się deklinacji 19
24. Linje izogoniczne i agoniczne 20
25. Inne zmiany deklinacji 20
26. Obserwacja deklinacji 21
27. Zastosowanie busoli 21
28. Usunąć deklinację 22
29. Przyciąganie miejscowe 22
30. Wytyczyć linję której kierunek jest dany 23
31. Oznaczyć kierunek geograficzny danej linji 23
32. Odtrasować starą linję 23
Ćwiczenia . . . . . 23 i 24

ROZDZIAŁ III.

Instrumenty do oznaczania linji poziomych.

str.

§ 33. Pion i libella 25
34. Powierzchnia pozioma 25
35. Twierdzenie I. Libella oparta na dwuch punktach o tym samym poziomie 26
36. Twierdzenie II. Gdy bańka pozostaje w środku libelli naokoło osi, to oś jest pionowa 26
37. Dokładny pomiar małych kątów pionowych 26
38. Kątowa wartość jednej podziałki libelli 27
39. Uwagi ogólne 28
40. Instrument niwelacyjny z lunetą do przekładania typu I-go 28

Rektyfikacje instrumentu niwelacyjnego.

41. Rektyfikacja siatki włosków krzyżowych 29
42. Rektyfikacja poprzeczna libelli 30
43. Rektyfikacja osi libelli metodą pośrednią 30
44. Rektyfikacja osi libelli metodą bezpośrednią 31
45. Rektyfikacja ramion w których spoczywa luneta 33
46. Stosunkowa ważność rektyfikacji 33
47. Instrument niwelacyjny typu II-go 33
48. Rektyfikacja siatki włosków krzyżowych 33
49. Rektyfikacja libelli 33
50. Rektyfikacja osi celowej 34
51. Instrument niwelacyjny typu III-go 35
52. Rektyfikacja siatki włosków krzyżowych 35
53. Rektyfikacja libelli 35
54. Rektyfikacja osi celowej 35
55. Ognisko i paralaksa 35
56. Łaty niwelacyjne 36
57. Zastosowanie instrumentu niwelacyjnego 38
58. Niwelacja dla oznaczenia różnicy poziomu 39
59. Długość odczytów 39
60. Repery 40
61. Dziennik niwelacyjny 41
62. Ogólne wskazówki dotyczące niwelacji 42
63. Niwelacja profilowa 42
64. Dziennik niwelacji profilowej 43
65. Niwelacja dla oznaczenia żądanego poziomu 44
66. Ręczny instrument niwelacyjny 45

Ćwiczenia instrumentem niwelacyjnym.

ROZDZIAŁ IV.

Instrumenty do mierzenia kątów.

67. Teodolit 47
68. Luneta 49
69. Objektyw 49
70. Lupa 49
71. Siła powiększająca lunety 50
72. Noniusz 50
73. Noniusze teodolitowe 51

Sprawdzenia i rektyfikacje teodolitu.

str.

§ 74. Wymagania jakie zadawala sprawdzony teodolit 53
75. Rektyfikacja limbusa i alidady 53
76. Rektyfikacja włosków krzyżowych 54
77. Rektyfikacja kolimacji 54
78. Rektyfikacja ramion 55
79. Rektyfikacja bańki lunety 56
80. Rektyfikacja koła pionowego 56
81. Sprawdzenie nie polowe 56
82. Sprawdzenie dokładności podziałek 56
83. Ekscentryczność 56
84. Suwak lupy okularu 57
85. Stosunkowa ważność rektyfikacji 57
86. Skłon osi pionowej 57
87. Odchyłka osi poziomej lunety 58
88. Oś celowa nie prostopadła do osi obrotowej lunety 58
89. Ustawienie teodolitu na stanowisku 59
90. Zmierzyć kąt poziomy 59
91. Zmierzyć kąt poziomy przy dwuch położeniach lunety 60
92. Zmierzyć kąt repetycyjnie 61
93. Zmierzyć repetycyjnie kilka kątów z tego samego stanowiska 61
94. Dzienniki polowe 62
95. Przykład pierwszy 62
96. Przykład drugi 64
97. Przykład trzeci 65
98. Dziennik pomiaru kątów sposobem kierunkowym 66
99. Wytyczyć kąt danej wielkości 67
100. Wytyczyć kąt danej wielkości repetycyjnie 67
101. Przedłużyć linję prostą 67
102. Wytyczyć linję prostą między dwoma punktami, gdy z jednego punktu nie widać punktu drugiego 68
103. Znaki używane do tyczenia 68
104. Sygnały polowe 68
105. Obchodzenie się z teodolitem 69
106. Ustawianie włosków krzyżowych 69
Ćwiczenia do wykonania teodolitem 70

Sekstans.

107. Opis sekstansu 7
108. Teorja sekstansu 72

Rektyfikacja sekstansu.

109. Prostopadłość zwierciadła indeksowego do płaszczyzny sekstansu 73
110. Równoległość zwierciadła horyzontowego do zwierciadła indeksowego, gdy odczyt noniusza jest zero 73
111. Równoległość osi celowej lunety do płaszczyzny sekstansu 74

Zastosowanie sekstansu.

112. Pomiar kąta sekstansem 74
Ćwiczenia sekstansem 74

ROZDZIAŁ V.

Stolik mierniczy.

str.

§ 113. Opis stolika mierniczego 77

Rektyfikacje stolika.

114. Rektyfikacja libelli 78
115. Rektyfikacja osi celowej 79
116. Rektyfikacja noniusza 79
117. Równoległość osi celowej do krawędzi kierownicy 79

Zastosowanie stolika.

118. Ustawienie stolika nad punktem na ziemi i orjentowanie stolika 80
119. Oznaczenie położenia punktu przez wcinanie wprzód 80
120. Oznaczenie położenia punktu przez wcinanie wstecz 82
121. Oznaczyć położenie nieznanego punktu przez wcinanie wstecz na dwa znane punkty 82
122. Zadanie Potenota 84
123. Bezpośredni sposób rozwiązania zadania Potenota 85
124. Pośredni sposób rozwiązania zadania Potenota 87
125. Zdjęcia stollkowe oparte na metodzie tachimetrycznej 88

ROZDZIAŁ VI.

Zdjęcia tachimetryczne. Teorja pomiarów tachimetrycznych.

126. Pojęcia zasadnicze 89
127. Określenie wartości liczby stałej K 90
128. Określenie wartości liczby stałej K i $f + c$ z odczytów 91
129. Zmienianie odległości między skrajnymi włoskami krzyżowymi 93
130. Zastosowanie współczynnika dla liczby stałej K 93
131. Określenie liczby stałej K z ciągu tachimetrycznego miedzy stałymi punktami 95
132. Zabezpieczenie się od błędów systematycznych w pomiarach tachimetrycznych 95
133. Zastosowanie formuł tachimetrycznych gdy oś celowa ma kąt nachylenia . 97

ROZDZIAŁ VII.

Dodatkowe instrumenty używane do mierzenia i kreślenia.

134. Spadomierz lub eklimetr 99
135. Węgielnica lustrzana 100
136. Pantograf 101
137. Zastosowanie pantografu 103
138. Przenośnik 103
139. Linja kreślarska 104
140. Podziałki 105

ROZDZIAŁ VIII.

Planimetr.

141. Opis planimetru Amslera—Corradiego 107
142. Teorja planimetru biegunowego Amslera 108
143. Obliczanie powierzchni planimetrem gdy instrument znajduje się wewnątrz figury. — Wartość jednostki planimetru — k, i liczba stała planimetru C 109
144. Obliczanie powierzchni planimetrem gdy biegun znajduje się nazewnątrz figury. Określenie wartości promienia koła podstawowego, ρ 111

str.

§ 145. Liczby stałe k, k' i C 112
146. Praktyczne sposoby określenia liczb stałych k 113
147. 1-szy sposób określenia wartości C 114
148. 2-gi sposób określenia wartości C 115
149. Oznaczenie długości ramienia 115
150. Sprawdzenie i rektyfikacja planimetru 116
151. Zastosowanie planimetru 117
152. Planimetr biegunowy z tarczą 119
153. Planimetr kulisto-walcowy Coradjego 120
154. Dokładność obliczenia planimetrem 122

DODATEK.

Goniometrja i formuły trygonometryczne.

Znaczenie funkcji 125
Znaki funkcji w czterech ćwiartkach okręgu 125
Zależność funkcji od siebie 126
Funkcje kąta podwójnego, wyrażone przez funkcje kąta całego 127
Funkcje połowy kąta wyrażone przez funkcje kąta całego 128
Funkcje sumy i różnicy dwuch kątów, wyrażone przez funkcje kątów pojedyńczych 128

Formuły z trygonometrji płaskiej.

Określenia 129
Trójkąt prostokątny 129
Trójkąt równoramienny 130
Trójkąt równoboczny 130
Trójkąt rozwartokątny 131
Powierzchnia trójkąta 133
Tablice zamiany miar linijnych i kwadratowych 134

ERRATA.

W przedmowie wiersz 22 z góry jest „praca własna", powinno być *„praca oryginalna"*.

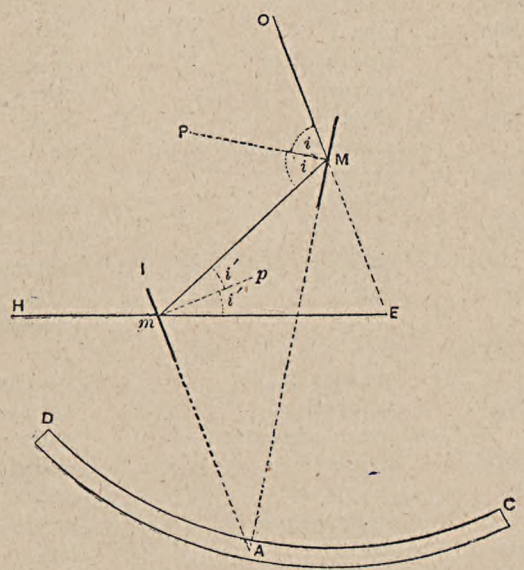
Na str. 73, Rys. 47, skutkiem złego wykończenia kliszy, formuła, podana w trzecim wierszu z góry, nie jest prawidłową.

Jest:

Kąt $A = H\,m\,M - M\,m\,A = (90^0 - i') - (90^0 - i) = i - i';$

Winno być:

Kąt $A = I\,m\,M - m\,M\,A = (90^0 - i') - (90^0 - i) = i - i'.$



Rys. 47 prawidłowy.

Dostrzeżono omyłki druku:

strona	*wiersz*	*jest*	*powinno być*
5	2-gi od góry	Dakładne	Dokładne
5	19-ty „ „	sie	się
7	4-ty „ „	zrsbiony	zrobiony
7	21-szy „	dlugość	długość
9	4-ty „ „	ozaczający	oznaczający
9	19-sty „	sfę	się
19	5-ty „ „	k lka	kilka
19	8-my od dołu	wieszorem	wieczorem
20	pod Rys. 14.	zbcczenia	zboczenia
20	20-sty od dołu	czcsie	czasie
20	10-ty „ „	ogoniczna	agoniczna
25	4-ty od góry	szklanne	szklane
25	5-ty „ „	najpowszeshniejsze	najpowszechniejsze
25	10-ty od dołu	szklanne	szklane
25	5-ty „ „	śaisłego	ścisłego

strona	*wiersz*	*jest*	*powinno być*
26	2-gi od góry	śradka	środka
27	2-gi „ „	szklannej	szklanej
27	10-ty od dołu	mikrometrzcznemi	mikrometrycznemi
29	8-my „ „	rekty.ikację	rektyfikację
33	pod Rys. 21	lutetą	lunetą
34	20-sty od dołu	Jeści	Jeśli
35	8-my „ „	I belli	libelli
36	29-ty „ „	mlosków	włosków
36	26-ty „ „	n.e	nie
37	5-ty „ „	wczasie	w czasie
38	14-ty „ „	w tył	wtył
45	13-sty od góry	poziomaj	poziomej
49	11-sty od dołu	tupu	typu
50	5-ty od góry	stusunkowych	stosunkowych
52	8-my „ „	odczysu	odczytu
52	10-ty od dołu	częćć	część
52	1-szy „ „	równa $55^0\ 0'\ 0''$	równa się $55^0\ 0'\ 0''$
57	22-gi od góry	ukularu	okularu
59	5-ty „ „	włościwy	właściwy
64	22-gi od dołu	nonisza	noniusza
64	12-sty „ „	odcztów	odczytów
67	12-sty „ „	kata	kąta
68	19-sty „ „	dopuki	dopóki
70	13-sty od góry	s.ę	się
72	10-ty „ „	prowienie	promienie
77	6-ty od dołu	zapopocą	za pomocą
78	2-gi „ „	przezp rzesunięcie	przez przesunięcie
79	7-my od góry	dopuki	dopóki
80	3-ci od dołu	*alidodę*	*alidadę*
81	7-my „ „	krzyżcwych	krzyżowych
85	16-ty od góry	lezy	leży
85	3-ci od dołu	p zedłużonej	przedłużonej
86	17-ty od góry	kat	kąt
86	8-my od dołu	położenie	położenia
86	2-gi „ „	wykręślonych	wykreślonych
86	1-szy od góry	Wypapek	Wypadek
89	4-ty „ „	§ 131	§ 126
90	16-ty „ „	łachimetryczna	tachimetryczna
97	23-ci od dołu	podnurza	podnóża
108	13 sty „ „	pozzcji	pozycji
113	19-sty „ „	f gury	figury
114	2-gi od góry	kontrulująca	kontrolująca

Czcionki używane do drukowania tej książki były nieco zużyte, skutkiem czego w odbitkach podawanych do korekty trudno było rozpoznać samogłoski *a* i *ą*, *e* i *ę*, i z tej przyczyny, tak często powtarza się w druku *tą* zamiast *tę*.

MIERNICTWO.

		Zł. gr.
Cholewo J. Inż.	— Mosty kolejowe. Budowa ich i utrzymanie	2.50
Hrynorowicz K. Inż.	— Braki. Wykonanie techniczne	45
Jabłoński Wł.	— Materjały budowlane	3.40
Jakubiszyn D.	— Miernictwo. Teorja i praktyka, z rysunkami . . .	2.50
Skibiński K. Inż.	— Mury oporowe, mury podporowe, przyczółki mostowe .	1.25
" "	— Równowaga sypkich materjałów	1.60
" "	— Tyczenie tras, dróg kolei żelaz., kanałów rzek, i t. d. Podręcznik dla inżynierów i geometrów	4.—
Broniewski T.	Geometrja wykreślna z 392 ryc.	5.20
Jakubiszyn D.	Tablice do obliczania współrzędnych w układzie prostokątnym .	1.40
Łazarski M. dr.	Zasady geometrji wykreślnej z atlasem	3.90

Wydawnictwa techniczne polecają księgarnie M. Arct, Zakłady wydawnicze Warszawa, Poznań, Księgarnia Naukowa — Lwów, Równe, Drohobycz, Księgarnia Stowarzyszenia Nauczycielstwa Polsk. Wilno, Lida.

Katalogi na żądanie bezpłatnie.

KSIĘGARNIA
Stowarzyszenia Nauczycielstwa Polskiego
w WILNIE.

Oddziały: WILNO — LIDA — OSZMIANA — ŚWIĘCIANY — WILEJKA POW.

Poleca ostatnie wydawnictwa własne:

CHOLEWO J. Inż. Mosty kolejowe: budowa i utrzymanie. Dla użytku techników i dozorców drogowych.

CZARKOWSKA M. Twórczość polska. Dorobek Polski w kulturze ogólnej.

CZARKOWSKI L. Pseudonimy i kryptonimy polskie.

CYWIŃSKI ST. Syrokomla. Człowiek i twórczość.

FEDOROWICZ Z. Dr. Wypisy do nauki o Polsce współczesnej. Zastosowane do programu gimnaz. państw.

KADER ST. Tajemnica Genui. Stosunek Anglji do Rosji Sowieckiej w sprawie naftowej.

LUTOSŁAWSKI W. prof. Praca Narodowa. Program polityki polskiej.

LUTOSŁAWSKI W. prof. Rozwój potęgi woli. 3-cie ulepszone wydanie.

PESZYŃSKI ST. Dr. Odmładzanie zwierząt i ludzi w swietle najnowszych badań.

PROGRAM Państwowego Gimnazjum Męskiego im. Kr. Zygmunta Augusta w Wilnie (Typ humanistyczny z łaciną).

REUTTÓWNA M. Dla mojego tatusia. (Dzienniczek Danusi).

ŚWIDERSKI ST. Trygonometrja płaska. Podręcznik dla szkół średnich.

SYROKOMLA WŁADYSŁAW. Wybór poezyi. 3 tomy. Przygotował St. Cywiński.

SZALKIEWICZ K. Podręcznik do racjonalnego pszczelnictwa zastosowany do gospodarki w ulach nadstawkowych systemu Amerykańskiego.

WRÓBLEWSKA EW. Dr. „Rok 1863". Wyjątki z dzieł i pamiętników, dokumenty, odezwy. Z ilustrac.

ZDZIECHOWSKI M. prof. Europa, Rosja, Azja. Szkice polityczno-literackie.