



MINISTERSTWO EDUKACJI
NARODOWEJ



Anna Betke

Stosowanie instrumentów geodezyjnych 311[10].Z1.01

Poradnik dla ucznia

Wydawca

**Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
Radom 2007**

Recenzenci:

Dr inż. Barbara Gąsowska

Mgr inż. Julitta Rosa

Opracowanie redakcyjne:

Mgr inż. Anna Betke

Konsultacja:

Mgr Małgorzata Sienna

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 311[10].Z1.01 „Stosowanie instrumentów geodezyjnych” zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu technika geodeta.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2007

SPIS TREŚCI

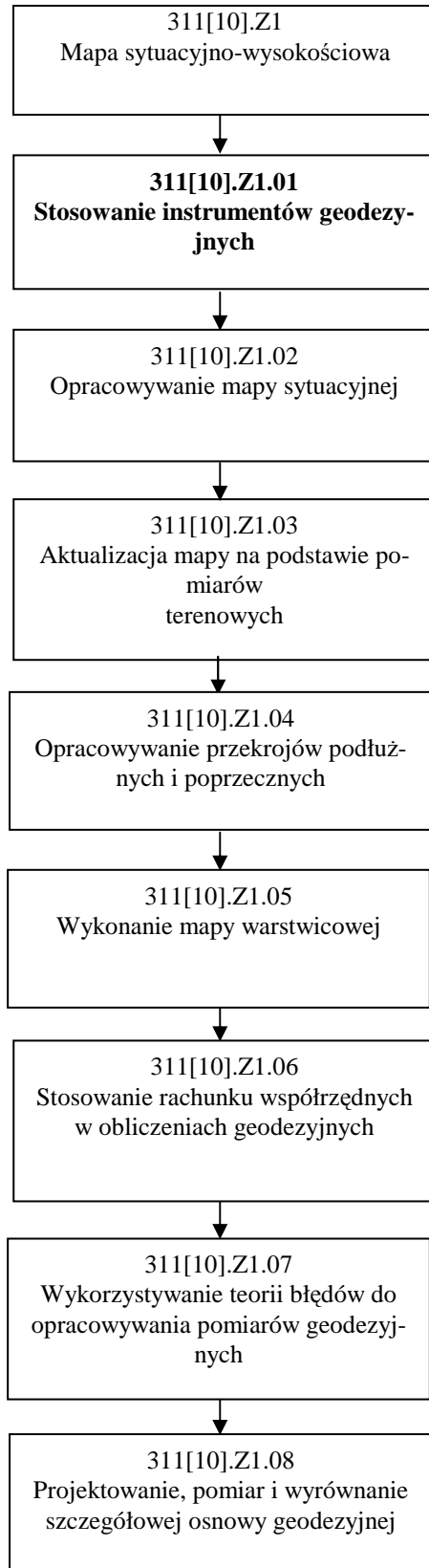
| | |
|--|----|
| 1. Wprowadzenie | 3 |
| 2. Wymagania wstępne | 5 |
| 3. Cele kształcenia | 6 |
| 4. Materiał nauczania | 7 |
| 4.1. Zastosowanie elementów optycznych w instrumentach geodezyjnych | 7 |
| 4.1.1. Materiał nauczania | 7 |
| 4.1.2. Pytania sprawdzające | 16 |
| 4.1.3. Ćwiczenia | 16 |
| 4.1.4. Sprawdzian postępów | 18 |
| 4.2. Przyrządy i instrumenty do pomiaru odległości. Instrumenty do pomiaru kątów. Magnetyzm ziemski | 19 |
| 4.2.1. Materiał nauczania | 19 |
| 4.2.2. Pytania sprawdzające | 33 |
| 4.2.3. Ćwiczenia | 33 |
| 4.2.4. Sprawdzian postępów | 38 |
| 4.3. Przyrządy do pomiaru różnic wysokości | 39 |
| 4.3.1. Materiał nauczania | 39 |
| 4.3.2. Pytania sprawdzające | 46 |
| 4.3.3. Ćwiczenia | 47 |
| 4.3.4. Sprawdzian postępów | 49 |
| 5. Sprawdzian osiągnięć | 50 |
| 6. Literatura | 56 |

1. WPROWADZENIE

Poradnik będzie Ci pomocny w przyswajaniu wiedzy o stosowaniu instrumentów geodezyjnych.

W poradniku zamieszczono:

- wymagania wstępne – wykaz umiejętności, jakie powinieneś mieć już ukształtowane, abyś bez problemów mógł korzystać z poradnika,
- cele kształcenia – wykaz umiejętności, jakie ukształtujesz podczas pracy z poradnikiem,
- materiał nauczania – wiadomości teoretyczne niezbędne do opanowania treści jednostki modułowej,
- zestaw pytań, abyś mógł sprawdzić, czy już opanowałeś określone treści,
- ćwiczenia, które pomogą Ci zweryfikować wiadomości teoretyczne oraz ukształtować umiejętności praktyczne,
- sprawdzian postępów,
- sprawdzian osiągnięć, przykładowy zestaw zadań; zaliczenie testu potwierdzi opanowanie materiału całej jednostki modułowej,
- literaturę uzupełniającą.



Schemat układu jednostek modułowych

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- korzystać z różnych źródeł informacji,
- określać rolę i zadania geodezji i kartografii w działalności gospodarczej,
- posługiwać się jednostkami miar stosowanymi w geodezji,
- klasyfikować mapy ze względu na przeznaczenie, skalę, treść i formę,
- rozróżniać znaki i symbole kartograficzne,
- wykonywać obliczenia i opracowania graficzne z wykorzystaniem programów komputerowych,
- opisywać modele Ziemi stosowane w geodezji i związane z nimi układy współrzędnych,
- określać systemy odniesień przestrzennych,
- odczytywać z map informacje dotyczące przestrzennego rozmieszczenia obiektów terenowych,
- przestrzegać przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony przeciwpożarowej oraz ochrony środowiska.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- sklasyfikować instrumenty geodezyjne,
- rozróżnić przyrządy do pomiarów liniowych,
- posłużyć się przyrządami do pomiaru długości linii geodezyjnej,
- określić zastosowanie praw optyki w instrumentach geodezyjnych,
- wyjaśnić budowę, zasady działania oraz zastosowanie węgielnicy, soczewki, lupy, mikroskopu, lunety,
- posłużyć się węgielnicą,
- zastosować zasady obsługi dalmierzy optycznych,
- rozróżniać rodzaje teodolitów,
- scharakteryzować budowę i zasadę działania teodolitów,
- określić zasady obsługi teodolitu optycznego i elektronicznego,
- sprawdzić warunki geometryczne teodolitów,
- wykonać pomiar kierunku i kąta poziomego przy różnych systemach odczytowych,
- dokonać podziału teodolitów ze względu na klasę dokładności,
- wykonać pomiar kąta pionowego,
- wyjaśnić pojęcie azymut magnetyczny,
- wyjaśnić zasady obsługi instrumentów busolowych,
- rozróżnić rodzaje niwelatorów,
- wyjaśnić budowę i zasadę działania niwelatorów,
- sprawdzić warunki geometryczne niwelatorów,
- zastosować zasady obsługi niwelatorów,
- określić sposoby sprawdza łąt niwelacyjnych,
- dokonać odczytu z łąt niwelacyjnych,
- określić zasady obsługi tachimetrów,
- określić zastosowanie rejestratorów polowych.

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

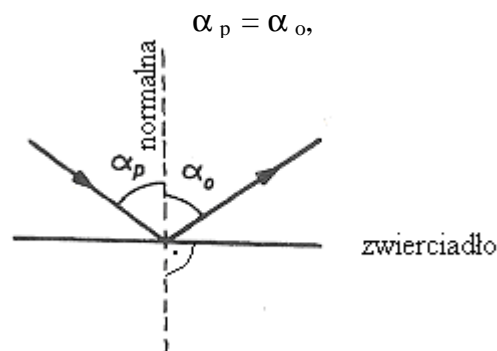
4.1. Zastosowanie elementów optycznych instrumentach geodezyjnych

4.1.1. Materiał nauczania

Prawa odbicia i załamania światła

Prawo odbicia światła:

- promień padający, promień odbity i normalna w punkcie padania (tj. linia \perp do powierzchni odbijającej) leżą w jednej płaszczyźnie,
- kąt padania α_p jest równy kątowi odbicia α_o :

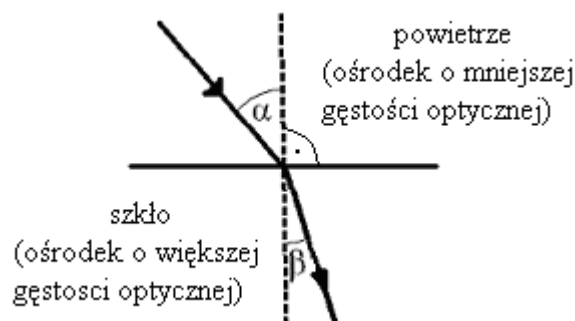


Rys.1. Odbicie promienia świetlnego od zwierciadła płaskiego

Prawo załamania światła:

- promień padający, promień załamany i normalna w punkcie padania (tj. linia \perp do powierzchni odbijającej) leżą w jednej płaszczyźnie,
- promień padający w ośrodku o mniejszej gęstości optycznej po przejściu do ośrodka o większej gęstości optycznej załamuje się ku normalnej ($\alpha \geq \beta$),
- promień padający w ośrodku o większej gęstości optycznej po przejściu do ośrodka o mniejszej gęstości optycznej załamuje się od normalnej ($\alpha < \beta$).

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$$



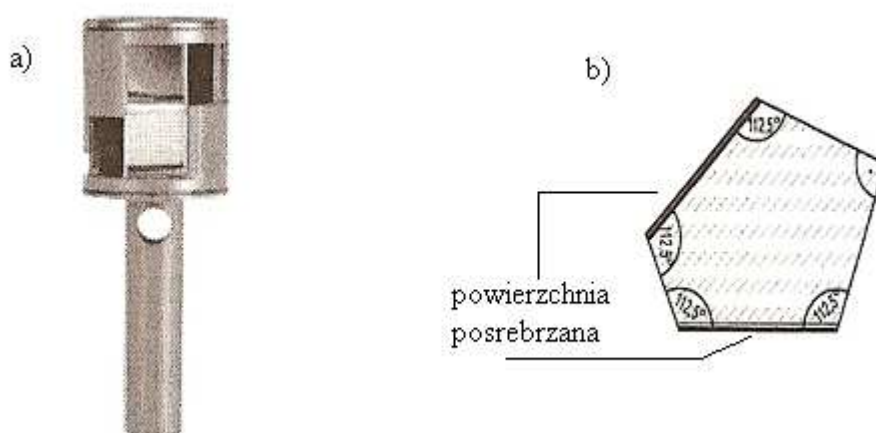
Rys.2. Załamanie promienia świetlnego przy przejściu z powietrza do szkła

gdzie:

- α – kąt padania,
- β – kąt załamania,
- n_{21} stała, zwana współczynnikiem załamania ośrodka 2 względem 1,
- n_1 współczynnik załamania ośrodka 1 względem próżni,
- n_2 współczynnik załamania ośrodka 2 względem próżni.

Węgielnica pryzmatyczna – budowa, działanie, zastosowanie

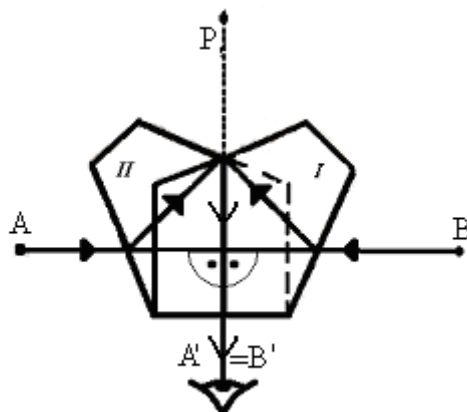
Węgielnica pryzmatyczna – przyrząd geodezyjny, zbudowany z dwóch pryzmatów pięciokątnych umieszczonych jeden nad drugim we wspólnej obudowie. Do uchwytu węgielnicy podwieszany jest pion sznurkowy. Węgielnica pryzmatyczna służy do wytyczania kątów prostych i półpełnych.



Rys. 3. Węgielnica pięciokątna podwójna: a) widok, b) przekrój

Obydwa pryzmaty mają kształt spłaszczonego graniastoslupa z dwiema posrebrzаныmi ściankami. Podstawą graniastoslupa jest pięciokąt, w którym jeden kąt jest prosty, zaś pozostałe kąty są równe sobie i wynoszą 112,5° (rys. nr 3b)

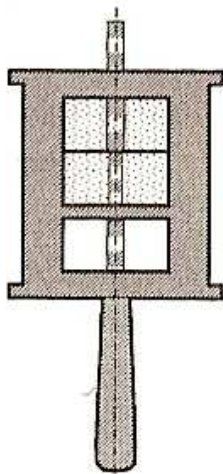
Metalizowane ścianki pryzmatów znajdują się naprzeciwko ścian pryzmatów tworzących kąt prosty, dzięki czemu kąt utworzony przez promienie świetlne wewnątrz pryzmatu jest równy kątowi prostemu. Promień świetlny po przejściu przez pryzmat zmienia swój kierunek o 90°.



Rys. 4. Układ pryzmatów w węgielnicy pięciokątnej podwójnej

Pojedynczy pryzmat pięciokątny umożliwia wyznaczenie kąta prostego, w wyniku zgrania obrazu tyczki A lub B oraz tyczki P obserwowanej bezpośrednio ponad węgielnicą, znajdującą się przed obserwatorem. Dwa pryzmaty, umieszczone w węgielnicy jeden nad

drugim, umożliwiającą zbudowanie kąta półpełnego, tj. wyznaczenie punktu pośredniego na prostej. W tym celu obserwator przemieszczając się powoli w kierunku prostopadłym do linii pomiarowej, doprowadza obrazy tyczek A i B do koincydencji (zgrania), zaś ostrze pionu zawieszzonego na rączce węgielnicy, wskazuje na powierzchni terenu położenie punktu pośredniego na prostej. Jeśli dodatkowo, z obrazami tyczek A i B, widocznymi w pryzmatach, zostanie zgrana oś tyczki P widzianej bezpośrednio, to nastąpi także wytyczenie linii prostopadłej do odcinka AB, przechodzącej przez punkt terenowy, nad którym znajduje się tyczka P. Tym samym punkt P zostaje zrzutowany na odcinek AB (rys. nr 4).



Rys. 5. Efekt zgrania obrazów tyczek A i B wytworzonych przez węgielnicę oraz tyczki P obserwowanej bezpośrednio

Soczewki. Graficzna konstrukcja obrazów. Wady soczewek

Soczewka – bryła szklana, ograniczona dwiema powierzchniami, z których przynajmniej jedna jest zakrzywiona.

Pod względem kształtu powierzchni ograniczających soczewki dzielą się na: skupiające, rozpraszające i zerowe.

Soczewki skupiające mogą być:

- obustronnie-wypukłe,
- płasko-wypukłe,
- wklęsło-wypukłe.

Soczewki rozpraszające mogą być:

- obustronnie-wklęsła,
- płasko-wklęsła,
- wypukło-wklęsła.

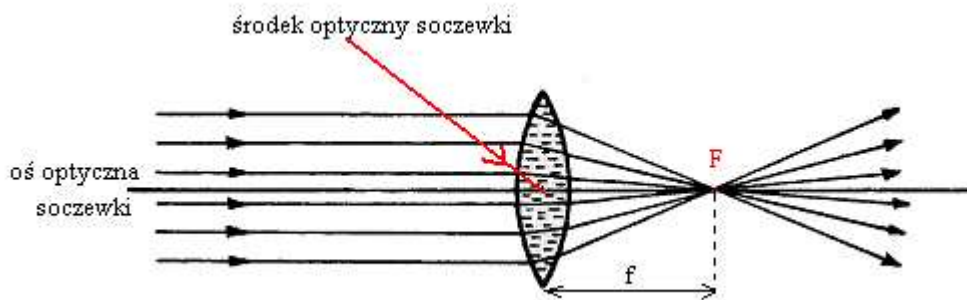
Soczewki zerowe charakteryzują się tym, że obie powierzchnie ograniczające soczewkę mają taką samą krzywiznę.



Rys. 6. Oznaczenie soczewek na rysunkach

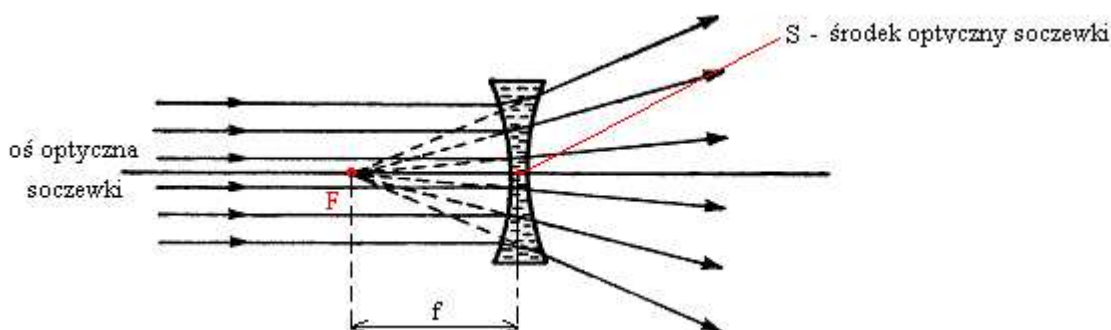
Soczewkę charakteryzują następujące elementy geometryczne: oś optyczna, środek optyczny, ognisko, ogniskowa.

Ogniskiem soczewki skupiającej nazywamy punkt F, w którym przecinają się (po załamaniu w soczewce) promienie równoległe do głównej osi optycznej (rys. nr 7).



Rys. 7. Elementy geometryczne soczewki skupiającej

Ogniskiem pozornym soczewki rozpraszającej nazywamy punkt, w którym przecinają się przedłużenia promieni załamanych (rys. nr 8) po przejściu przez soczewkę.



Rys. 8. Ognisko pozorne soczewki rozpraszającej

Odległość ogniska F od środka optycznego S soczewki nazywamy ogniskową (f). Wielkość ogniskowej f dla soczewek cienkich określona jest równaniem:

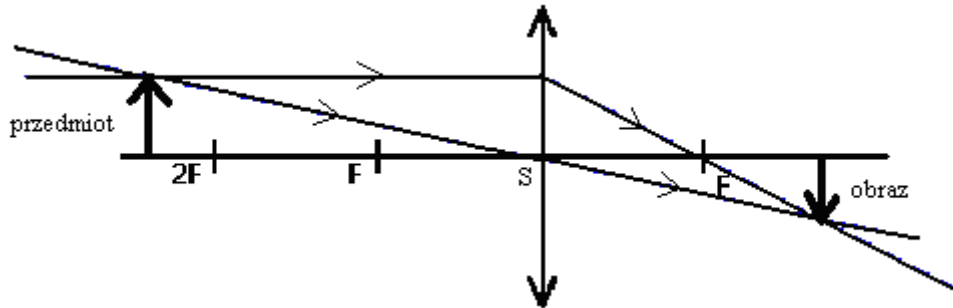
$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n}{n'} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$$

gdzie:

- n – bezwzględny współczynnik załamania szkła z jakiego wykonana jest soczewka
- n' – bezwzględny współczynnik załamania ośrodka otaczającego soczewkę (dla powietrza n' ≈ 1)
- r₁, r₂ – promienie krzywizn soczewki.

Obrazy tworzone przez soczewki skupiające można skonstruować graficznie za pomocą następujących promieni:

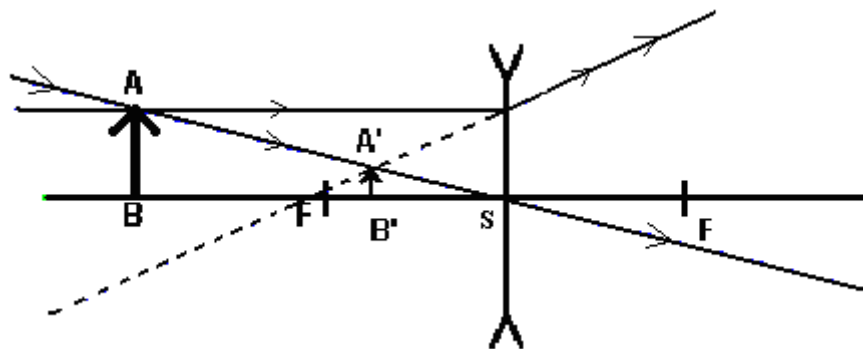
- promienia równoległego do głównej osi optycznej, który po załamaniu się w soczewce przechodzi przez ognisko,
- promienia przechodzącego przez środek soczewki, który po przejściu przez soczewkę nie zmienia swojego kierunku.



Rys. 9. Konstruowanie obrazu wytwarzanego przez soczewkę skupiającą

Obrazy tworzone przez soczewki rozpraszające można skonstruować graficznie za pomocą następujących promieni:

- promienia równoległego do osi optycznej, który po załamaniu w soczewce zostaje odchylony od osi. Jego przedłużenie w przestrzeni przedmiotowej przechodzi przez ognisko F,
- promienia przechodzącego przez środek soczewki, który nie ulega załamaniu. Promienie te nie przecinają się. Nie otrzymujemy zatem rzeczywistego obrazu przedmiotu AB lecz pozorny A'B', który jest prosty i pomniejszony.

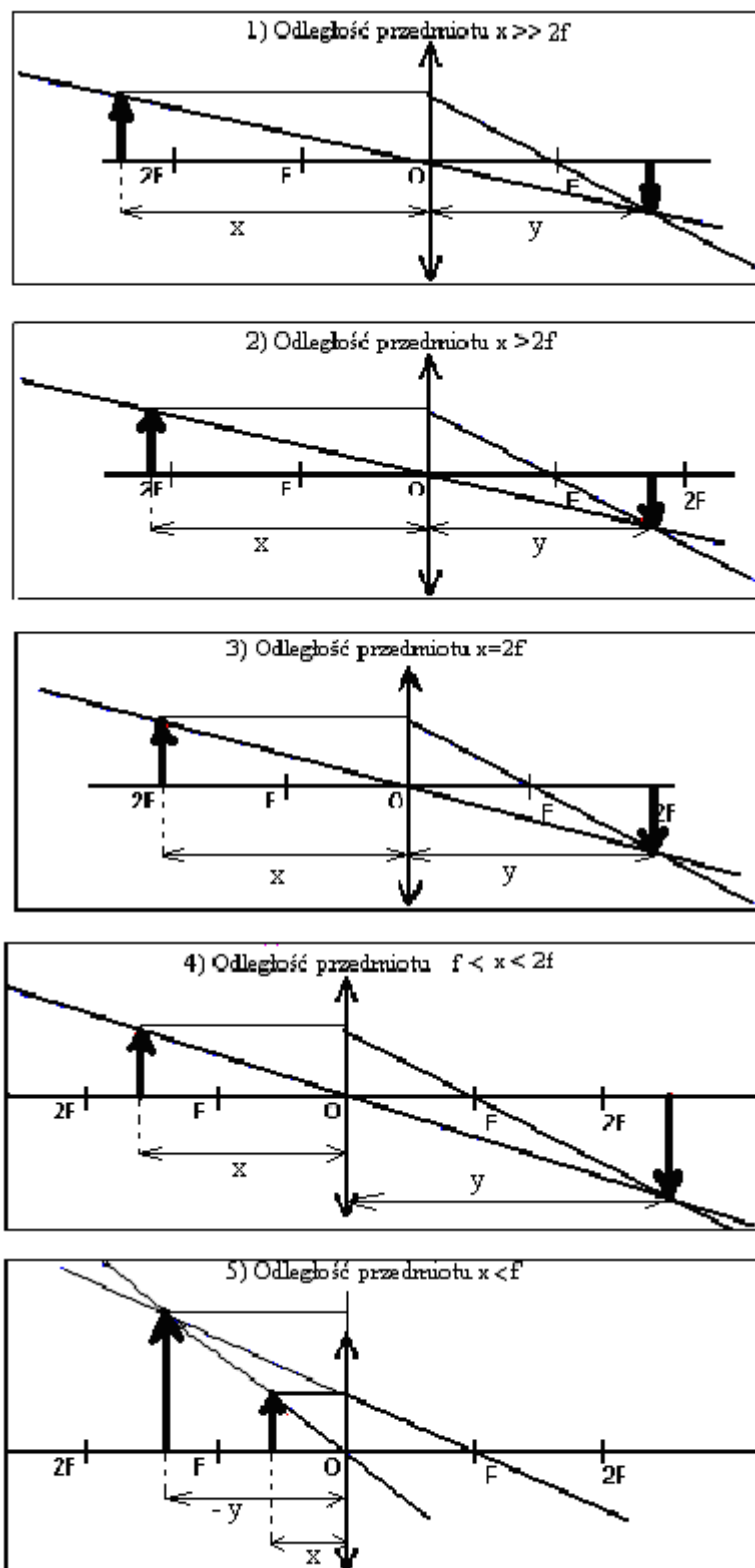


Rys. 10. Konstruowanie obrazu przez soczewkę rozpraszającą

Inny sposób konstruowania obrazów, wytwarzanych przez soczewki, to sposób analityczny, polegający na wykorzystaniu zależności między ogniskową (f) soczewki, odległością przedmiotu od soczewki (x) i odległością obrazu od soczewki (y):

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y}$$

Zależność ta nazywana jest równaniem soczewki. Na rysunku 11 przedstawiono zależność między położeniem przedmiotu i obrazu, a cechami obrazu.



Rys. 11. Zależności między położeniem przedmiotu i obrazu, a cechami obrazów

Wady soczewek

Aberacja sferyczna to wada obrazów wytwarzanych przez soczewki, polegająca na rozmyciu obrazu na jego brzegach (obraz nieostry). Wada ta spowodowana jest różną zdolnością skupiającą soczewki na jej krawędziach i w środku. Usunięcie wady polega na zastosowaniu przesłon lub soczewek o przeciwnej aberacji.

Aberacja chromatyczna to wada polegająca na jego zabarwieniu na brzegach. Spowodowana jest rozszczepieniem światła przez soczewkę. Usuwaniu wady polega na stosowaniu przesłon lub układów soczewek o przeciwnej aberacji. Dystorsja to wada układów optycznych, polegająca na niejednakowym powiększeniu różnych części obrazu.

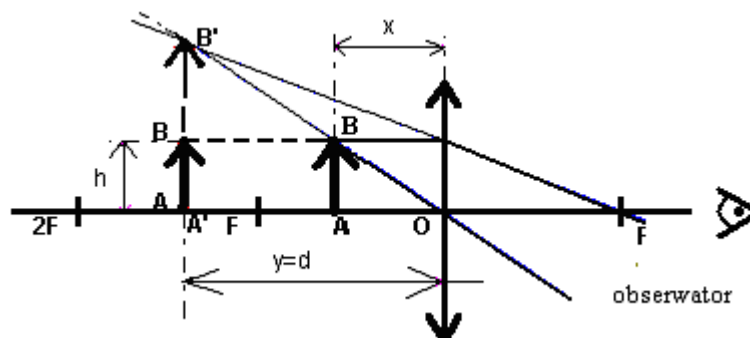
Lupa, mikroskop, luneta- budowa i działanie

Lupa jest to soczewka dwustronnie wypukła o małej ogniskowej. Umożliwia ona oglądanie małych przedmiotów, w powiększeniu. Ustawiając przedmiot przed soczewką w odległości mniejszej od ogniskowej, obserwujemy obraz pozorny, powiększony i prosty. Obserwowany przedmiot ustawiamy w takim miejscu na osi optycznej, aby obraz powstał w odległości dobrego widzenia (d). Powiększenie lupy określa wzór:

$$p = \frac{d}{f}$$

gdzie:

- d – odległość dobrego widzenia,
- f – ogniskowa soczewki (lupy).



Rys. 12. Tworzenie obrazu przez lupę

W geodezji lupa wykorzystywana jest jako okular w mikroskopach i lunetach, a także do powiększania obrazów podziałek kątowych i liniowych.

Mikroskop – budowa i działanie

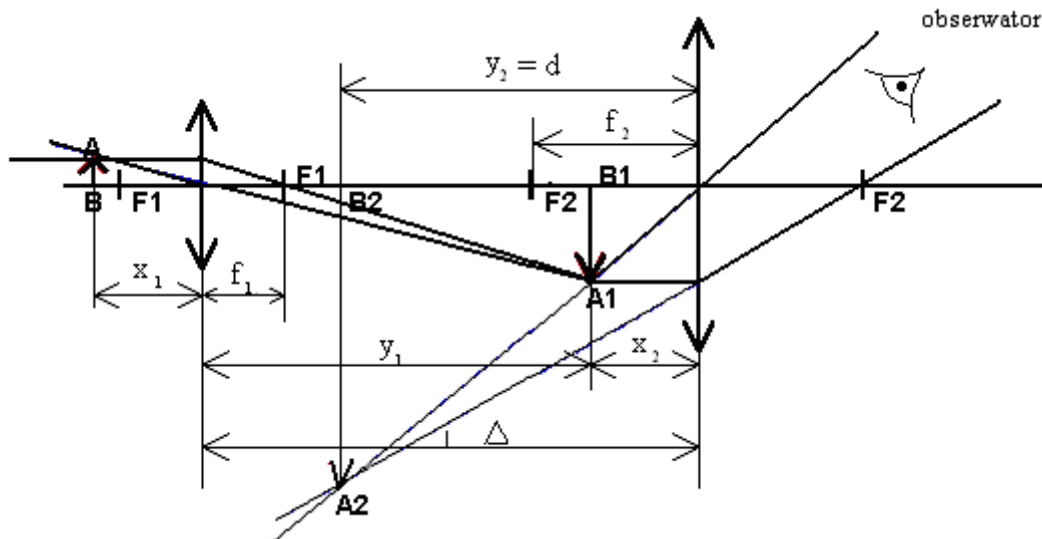
Mikroskop służy do obserwacji bardzo małych przedmiotów w dużym powiększeniu. Składa się on z dwóch układów soczewkowych skupiających: obiektywu i okularu, które umieszczone są w jednej rurze. Obserwowany przedmiot ustawiany jest przed obiektywem w odległości $f_1 < x < f_2$. Obraz utworzony przez obiektyw jest rzeczywisty, odwrócony i powiększony. Natomiast okular, pełni rolę lupy i tworzy ostateczny obraz obserwowanego przedmiotu. Obraz jest urojony, odwrócony i mocno powiększony.

Parametrem charakteryzującym mikroskop jest jego powiększenie, wyrażające się wzorem:

$$G = G_{ob} G_{ok} = \frac{\Delta d}{f_1 f_2}$$

gdzie:

- G_{ob} – powiększenie obiektywu,
- G_{ok} – powiększenie okularu,
- f_1, f_2 – ogniskowe obiektywu i okularu,
- Δ – długość mikroskopu, tj. odległość od obiektywu do okularu,
- d – odległość dobrego widzenia.



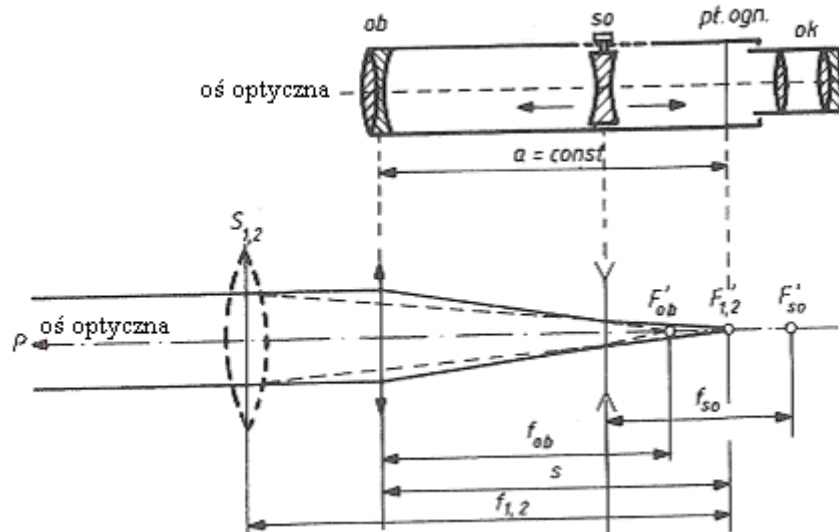
Rys. 13. Tworzenie obrazu przez mikroskop

W instrumentach geodezyjnych (niwelatorach i teodolitach) mikroskopy pełnią funkcje systemów odczytowych. Mikroskopy służą do powiększania podziałów kątowych limbusów koła poziomego i pionowego.

Luneta geodezyjna- budowa i działanie

Luneta geodezyjna to tzw. luneta z teleobiektywem. Składa się ona z dwóch układów optycznych umieszczonych na wspólnej osi. Obiektyw ma długą ogniskową, natomiast okular krótką. Przed okulem znajduje się tzw. płytka ogniskowa, na której wytrawiono krzyż kresek. Płytke umieszcza się w płaszczyźnie, w której powstaje obraz rzeczywisty wytworzony przez układ optyczny obiektywu. Ponieważ za pomocą lunety oglądamy obiekty odległe, obiektyw tworzy ich rzeczywisty obraz. Okular pełni rolę lupy, służącej do oglądania rzeczywistego obrazu wytworzonego przez obiektyw.

We współczesnych instrumentach geodezyjnych stosuje się lunety o stałej długości. Płytkę ogniskowa z wytrawioną siatką kresek jest nieruchoma, a jej odległość od obiektywu jest stała. Między obiektywem a płytką ogniskową umieszczona jest soczewka wklęsła (rozpraszająca), zwana soczewką ogniskującą. Przesuwając soczewkę ogniskującą równoległe do osi optycznej, przy pomocy pierścienia znajdującego się przed okulem, zmieniamy długość ogniskowej układu obiektywu (należy do niego również soczewka ogniskująca). W ten sposób obraz rzeczywisty przedmiotu powstaje w płaszczyźnie płytki ogniskowej z siatką kresek. Zastosowanie w lunetach geodezyjnych teleobiektywu, tj. obiektywu z soczewką ogniskującą, wpłynęło na zwiększenie powiększenia lunety.



Rys. 14 Luneta geodezyjna z teleobiektywem

Lunetę charakteryzują:

- powiększenie, które wyraża wzór:

$$p = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}$$

gdzie,

- f_{ob} – ogniskowa obiektywu,
- f_{ok} – ogniskowa okularu.
- pole widzenia lunety, które wyraża wzór:

$$\gamma = \frac{2300'}{G}$$

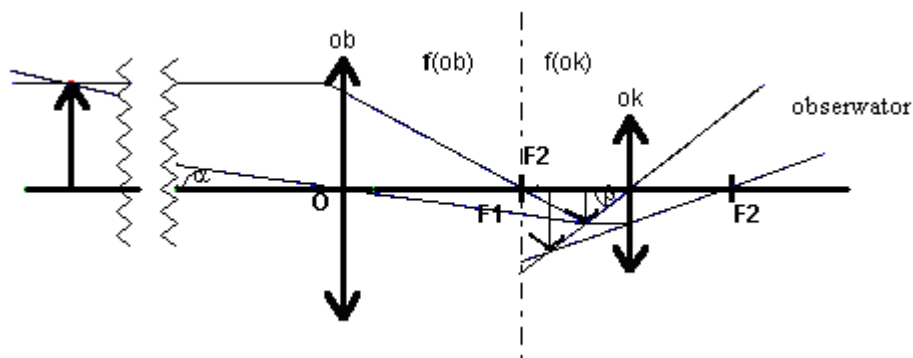
gdzie:

- G- powiększenie lunety,
- jasność którą wyraża wzór:

$$J = 0,85 \frac{R^2}{r^2 G^2}$$

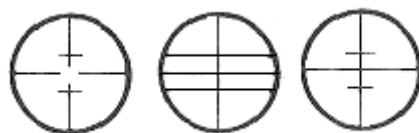
gdzie:

- R – promień czynnego otworu obiektywu,
- r – promień źrenicy oka,
- G- powiększenie lunety.



Rys. 15. Tworzenie obrazu przez lunetę

W lunetach geodezyjnych siatka kresek składa się z krzyża kresek i najczęściej dwóch bocznych poziomych kresek zwanych dalmierczymi. Można również spotkać w lunetach dodatkowe poziome lub pionowe kreski dalmierczych zadanie jest zwiększenie dokładności celowania (rys.)



Rys. 16. Widok na kreski dalmiercze w lunecie

Przy pomocy poziomej osi celowej, pionowo ustawionej łąty i kresek dalmierczych możemy odliczyć odległość stosując wzór:

$$d = kl + c,$$

gdzie:

- k – stała mnożenia dalmierza kreskowego,
- c – stała dodawania dalmierza kreskowego (najczęściej $c = 0$),
- l – długość odcinka łąty widziany w lunecie między górną i dolną kreską dalmierczą ($l = g - d$).

4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Na czym polega zjawisko odbicia światła na granicy dwóch ośrodków?
2. Na czym polega zjawisko załamania światła na granicy dwóch ośrodków?
3. Jaką zależnością można opisać prawo odbicia światła?
4. Jaką zależnością można opisać prawo załamania światła?
5. Jaka jest podstawowa własność węgielnicy?
6. Do czego wykorzystuje się w geodezji węgielnicę pięciokątną?
7. Jakie znasz rodzaje soczewek?
8. Jakie są zasady konstruowania obrazów wytwarzanych przez soczewki?
9. Jaka jest zależność między położeniem przedmiotu i obrazu, na osi optycznej soczewki a cechami obrazu?
10. Jakie znasz wady soczewek?
11. Jaki parametr charakteryzuje lupę?
12. Jaki parametr charakteryzuje mikroskop?
13. Jakie parametry charakteryzują lunetę?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Wykonaj rysunek przedstawiający tworzenie obrazu przez soczewkę, jeżeli odległość przedmiotu (odcinka AB prostopadłego do osi optycznej) od soczewki jest mniejsza od podwójnej ogniskowej i większa od ogniskowej ($f < x < 2f$).

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przygotować arkusz papieru oraz przybory kreślarskie,

- 2) narysować przestrzeń przedmiotową z naniesionymi elementami geometrycznymi soczewki: ognisko przedmiotowe, ogniskowa przedmiotowa, środek soczewki,
- 3) narysować przestrzeń obrazową z naniesionymi elementami geometrycznymi soczewki: ognisko przedmiotowe, ogniskowa przedmiotowa,
- 4) narysować przedmiot w zadanej odległości od soczewki ($f < x < 2f$), w postaci odcinka AB prostopadłego do osi optycznej,
- 5) poprowadzić promień równoległe do osi optycznej soczewki przechodzące przez punkty A i B przedmiotu,
- 6) poprowadzić promień przechodzący przez punkt A przedmiotu i środek soczewki,
- 7) poprowadzić promień przechodzący przez punkt B przedmiotu i środek soczewki,
- 8) poprowadzić promień przechodzący przez A przedmiotu i ognisko przedmiotowe,
- 9) poprowadzić promień przechodzący przez punkt B przedmiotu i ognisko przedmiotowe,
- 10) narysować odcinek A'B' będący obrazem przedmiotu AB.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- kartka papieru,
- przybory kreślarskie,
- poradnik dla ucznia.

Ćwiczenie 2

Na zadany odcinek AB rzutuj przy pomocy węgielnicy kilka wybranych szczegółów sytuacyjnych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) ustawić tyczki na punktach końcowych odcinka zamarkować tyczkami ustawionymi pionowo w stojakach,
- 2) zasygnalizować rzutowany szczegół sytuacyjny przy pomocy tyczki ustawionej pionowo w stojaku,
- 3) wykonać rzutowanie szczegółu na odcinek AB za pomocą węgielnicy,
- 4) powtórzyć czynności 2) i 3) dla kolejnych szczegółów.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- węgielnica z pionem sznurkowym,
- komplet tyczek,
- komplet stojaków,
- komplet szpilek.

4.1.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

| | Tak | Nie |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1) zdefiniować prawo odbicia światła? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) zdefiniować prawo załamania światła? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) określić zależność opisującą prawo odbicia światła? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4) określić podstawową własność węgelnicy? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5) rozróżnić pojęcia soczewka skupiająca, soczewka rozpraszająca? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6) zastosować węgelnice pięciokątą do wyznaczenia kąta prostego? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7) określić wady soczewek? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8) określić cechy obrazu w zależności od odległości przedmiotu od soczewki i od rodzaju soczewki? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9) określić jaki parametr charakteryzuje lupę? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 10) określić jaki parametr charakteryzuje mikroskop? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 11) określić jaki parametr charakteryzuje lunetę? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

4.2. Przyrządy i instrumenty do pomiaru odległości. Instrumenty do pomiaru kątów. Magnetyzm ziemski

4.2.1. Materiał nauczania

Podział instrumentów geodezyjnych

Najprostszym kryterium podziałowym instrumentów geodezyjnych jest rodzaj mierzonej wielkości. W związku z tym można zaproponować następujący podział:

- urządzenia i instrumenty do pomiaru odległości: taśmy geodezyjne, ruletki, dalmierze;
- instrumenty do pomiaru różnic wysokości- niwelatory;
- instrumenty do pomiaru kątów- teodolity;
- instrumenty do pomiaru kątów i odległości – tachimetry.

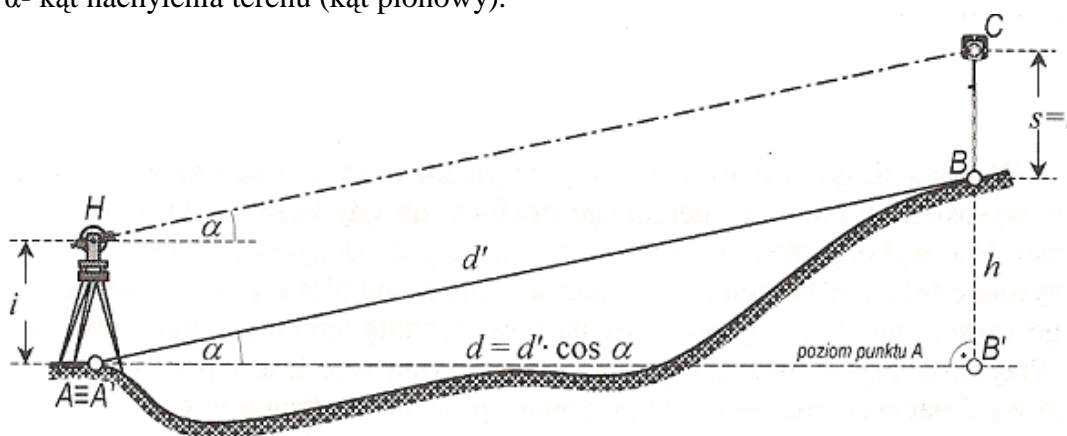
Przyrządy i instrumenty do pomiarów liniowych

W geodezji przez długość linii rozumiemy długość jej rzutu prostokątnego na powierzchnię odniesienia (płaszczyznę poziomą). W przypadku pomiaru w terenie jednostajnie nachylonym lub odcinków długich, najczęściej mierzy się odległość skośną a następnie oblicza odległość geodezyjną ze wzoru:

$$d = d' \cos \alpha,$$

gdzie:

- d - długość pozioma (zredukowana),
- d' - długość skośna (rzeczywista),
- α - kąt nachylenia terenu (kąt pionowy).



Rys. 17. Odległość rzeczywista d' i zredukowana d

Pomiar długości linii geodezyjnej

Pojęcie długość linii w geodezji oznacza długość rzutu tej linii na płaszczyznę poziomą. W geodezyjnych pomiarach liniowych wyróżniamy dwie metody pomiaru długości: bezpośrednią i pośrednią. Pomiar bezpośredni polega na porównaniu długości mierzonego odcinka z długością przymiaru geodezyjnego, którym wykonuje się pomiar. Pomiar pośredni polega na pomiarzeniu innych wielkości fizycznych (np. długości odcinków, kątów), które z określoną pośrednio odległością pozostają w znanej zależności matematycznej. Wykorzystując tę zależność następuje obliczenie szukanej odległości. Dawniej pomiary bezpośrednie wykonywane były taśmą stalową ze szpilkami. Pomiar taśmą polegał na układaniu taśmy wzdłuż mierzonego odcinka i obliczeniu zmierzonej długości odcinka ze wzoru:

$$d = nl + r,$$

gdzie:

n – liczba pełnych odłożeń taśmy,

l – długość taśmy,

r – długość ostatniego niepełnego odłożenia taśmy, tzw. reszta.

Przy pomiarach długich odcinków np. boków osnowy, wprowadzano poprawki z tytułu kpmparacji, temperatury, nachylenia terenu; co umożliwiło uzyskanie dokładności rzędu 1/2000-1/5000

Sprzęt do pomiarów liniowych

Obecnie bezpośrednie pomiary odległości wykonuje się używając do pomiaru specjalnych taśm geodezyjnych-ruletek. Ruletki wykorzystuje się tylko do pomiarów krótkich odcinków (do 70 m) np. czołówek budynków, domiarów prostokątnych. Dokładności pomiaru uzyskiwane ruletkami są rzędu 1/2500- 1/10000. W praktyce geodezyjnej używane są ruletki o różnej długości (20m, 30m, 50m).



Rys. 18. Nowoczesne typy taśm i ruletek

Podstawowymi przyrządami do pośredniego pomiaru odległości są różnego rodzaju dalmierze od najprostszych i mało dokładnych (optycznych kreskowych) do elektronicznych o wysokiej dokładności.

Dalmierze kreskowe

Dalmierze kreskowe nigdy nie występują jako samodzielny instrument. Umieszczone są one w lunecie instrumentu geodezyjnego w postaci kresek dalmierczych w płaszczyźnie płytki ogniskowej (patrz rozdział 4.1. niniejszego poradnika).

Dalmierze elektromagnetyczne

Dalmierze elektromagnetyczne są to instrumenty geodezyjne służące do pomiaru odległości, w których nośnikiem sygnału jest fala elektromagnetyczna. Dalmierz elektromagnetyczny składa się z nadajnika, odbiornika i elektronicznego miernika czasu. Wyznaczeni odległości między zadanymi punktami A i B odbywa się na zasadzie pomiaru czasu, w którym sygnał pomiarowy przebędzie podwójną drogę wzdłuż mierzonego odcinka, tj. w kierunku AB i BA. Długość odcinka d_{AB} obliczymy znając czas (t) w jakim fala elektromagnetyczna przebyła podwójną drogę $2d_{AB}$ oraz prędkość przenoszenia sygnału na fali (v): $d = 1/2vt$

Wśród dalmierzy elektromagnetycznych należy wspomnieć o dalmierzach fazowych, w których sygnałem pomiarowym jest zmodulowana sinusoidalnie, ciągła fala harmoniczna. Czas w tych dalmierzach określany jest w sposób pośredni, jako różnica faz fali wychodzącej z nadajnika i tej samej fali, po odbiciu, powracającej do odbiornika.

Dalmierze wbudowane w tachimetry

Obecnie najpopularniejszymi dalmierzami wbudowanymi w tachimetr są dalmierze elektromagnetyczne. Automatyczny pomiar odległości odbywa się zgodnie z zasadami fazowego pomiaru odległości, a jego wynik jest automatycznie redukowany do poziomu.

Przyrządy i instrumenty do pomiaru kątów

Instrumentem geodezyjnym do pomiaru kątów poziomych i pionowych jest teodolit. Kątem poziomym utworzonym przez dwie dowolnie nachylone proste, nazywamy kąt dwuścienny zawarty, między płaszczyznami pionowymi przechodzącymi przez te proste.

Kątem pionowym nazywamy kąt, położony w płaszczyźnie pionowej, jedno ramię jest poziome lub pionowe a drugim ramieniem jest linia celowania na punkt terenowy. Zasada pomiaru kąta poziomego przy pomocy teodolitu sprowadza się do zrzutowania rzeczywistych ramion kąta (kierunków) na płaszczyznę poziomą. Funkcję płaszczyzny poziomej pełni płaszczyzna limbuse teodolitu, ustawiona w położeniu poziomym.

Instrument do pomiaru kątów (teodolit) powinien spełniać następujące warunki konstrukcyjne:

- powinien posiadać koło z podziałem kątowym (limbus), z możliwością poziomowania go,
- powinien posiadać część (element) umożliwiającą obrót instrumentu wokół osi pionowej i budowanie płaszczyzn pionowych przechodzących przez punkty terenowe (punkty celowania) noszącą nazwę alidada,
- powinien posiadać koło pionowe z podziałem kątowym,
- powinien posiadać nieruchomą podstawę wyposażoną w śruby poziomujące i służącą do mocowania teodolitu do statywu noszącą nazwę spodarka.

Budowa teodolitów

Teodolit składa się z trzech podstawowych części: spodarki, limbuse, alidady.

Spodarka jest to płyta metalowa wyposażona w trzy śruby, które służą do poziomowania teodolitu. W niej znajduje się otwór do wkręcania śruby sercowej służącej do przymocowania teodolitu do statywu.

Limbus jest to szklany krążek (koło poziome) z wytrawionym na obwodzie podziałem stopniowym lub gradowym. Limbus osadzony jest centrycznie na spodarce przy pomocy trzpienia, co umożliwia obrót limbuse względem spodarki.

Alidada jest to najbardziej rozbudowany element teodolitu. Alidada umocowana jest centrycznie względem limbuse. Ma ona możliwość swobodnego obrotu względem limbuse, bądź po sprzęgnięciu alidady z limbusem za pomocą śruby zaciskowej wspólnego obrotu tych dwóch elementów. Podstawowe elementy budowy alidady to: luneta (patrz punkt 4.1.1. niniejszego poradnika), libella, urządzenie odczytowe.

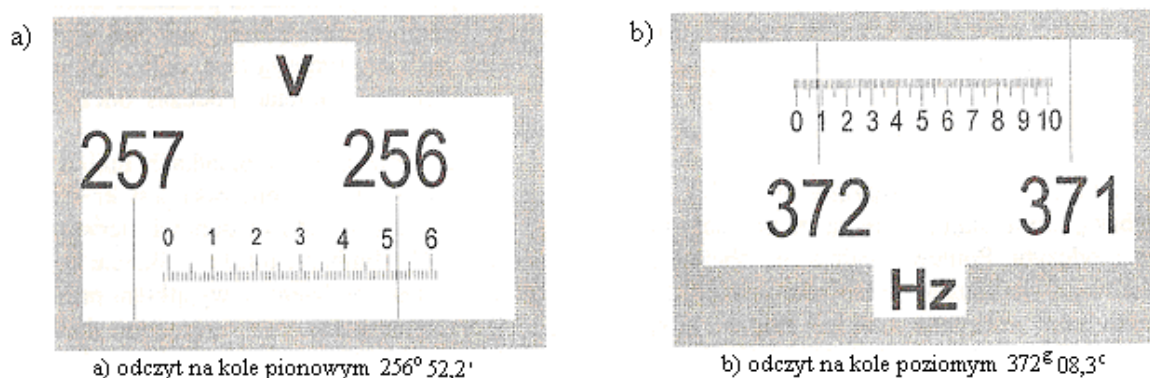
Libelle służą do realizowania płaszczyzn poziomych. Wyróżnia się dwa rodzaje libell: pudełkową (okrągłą, sferyczną) i rurkową. Libelka pudełkowa to szklany walec, którego górną płaszczyznę tworzy powierzchnia kulista o promieniu krzywizny około 2m. W naczyniu tym znajduje się pęcherzyk powietrza zanurzony w alkoholu. Na powierzchni kulistej wytrawione jest centrycznie kółko, którego środek wyznacza punkt główny libeli. Ustawienie pęcherzyka libeli w punkcie głównym oznacza realizację płaszczyzny poziomej. Dokładność libelli pudełkowej jest niska (5'-6'), dlatego w instrumentach geodezyjnych wykorzystywana jest wstępnego poziomowania niwelatorów, teodolitów czy tachimetrów. Libelka rurkowa jest to szklana rurka, w środku której w alkoholu pływa swobodnie pęcherzyk powietrza. Górna powierzchnia libeli rurkowej ma wytrawiony podział, którego środek oznacza punkt główny. Ustawienie pęcherzyka libeli w punkcie głównym oznacza realizację płaszczyzny poziomej.

Dokładność libeli rurkowej jest wyższa od libeli pudełkowej i wynosi od 1' do 1'', w zależności od promienia krzywizny górnej płaszczyzny budującej libele rurkową.

Systemy odczytowe teodolitów, to urządzenia, dzięki którym możliwe jest odczytanie na podziale kątowym limbusa wartości odczytu, odpowiadającego kierunkowi celowania do punktu terenowego. Możemy wyróżnić następujące systemy odczytowe teodolitów:

- systemy analogowe – odczyt wykonuje obserwator przez ocenę położenia wskaźnika,
- systemy analogowo-cyfrowe – część odczytu wyświetlana jest w formie cyfrowej przez urządzenie, druga część natomiast szacowana jest przez obserwatora,
- systemy cyfrowe – odczyt wyświetlany jest w formie cyfrowej na wyświetlaczu instrumentu. Pełny odczyt wykonywany jest automatycznie.

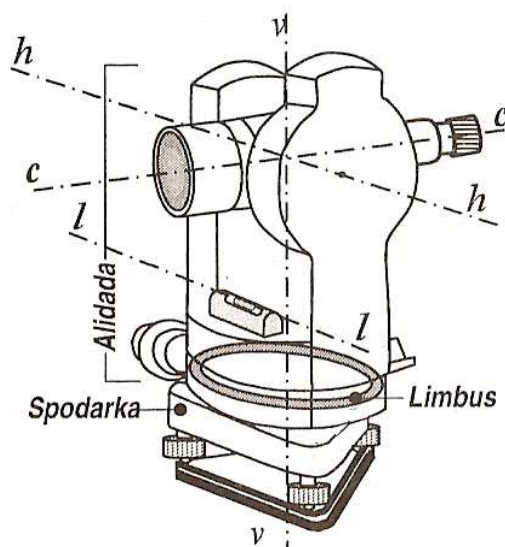
Najwygodniejsze w praktyce geodezyjnej są cyfrowe systemy odczytowe. W teodolitach optycznych najczęściej stosowane są systemy odczytowe analogowe, w postaci mikroskopu skalowego. Odczyt kierunku jest sumą okrągłego odczytu wyrażonego w działkach limbusa i końcówki odczytu, utworzonej z działek skali. Dokładność odczytu jest równa 0,1 najmniejszej działki skali mikroskopu odczytowego.



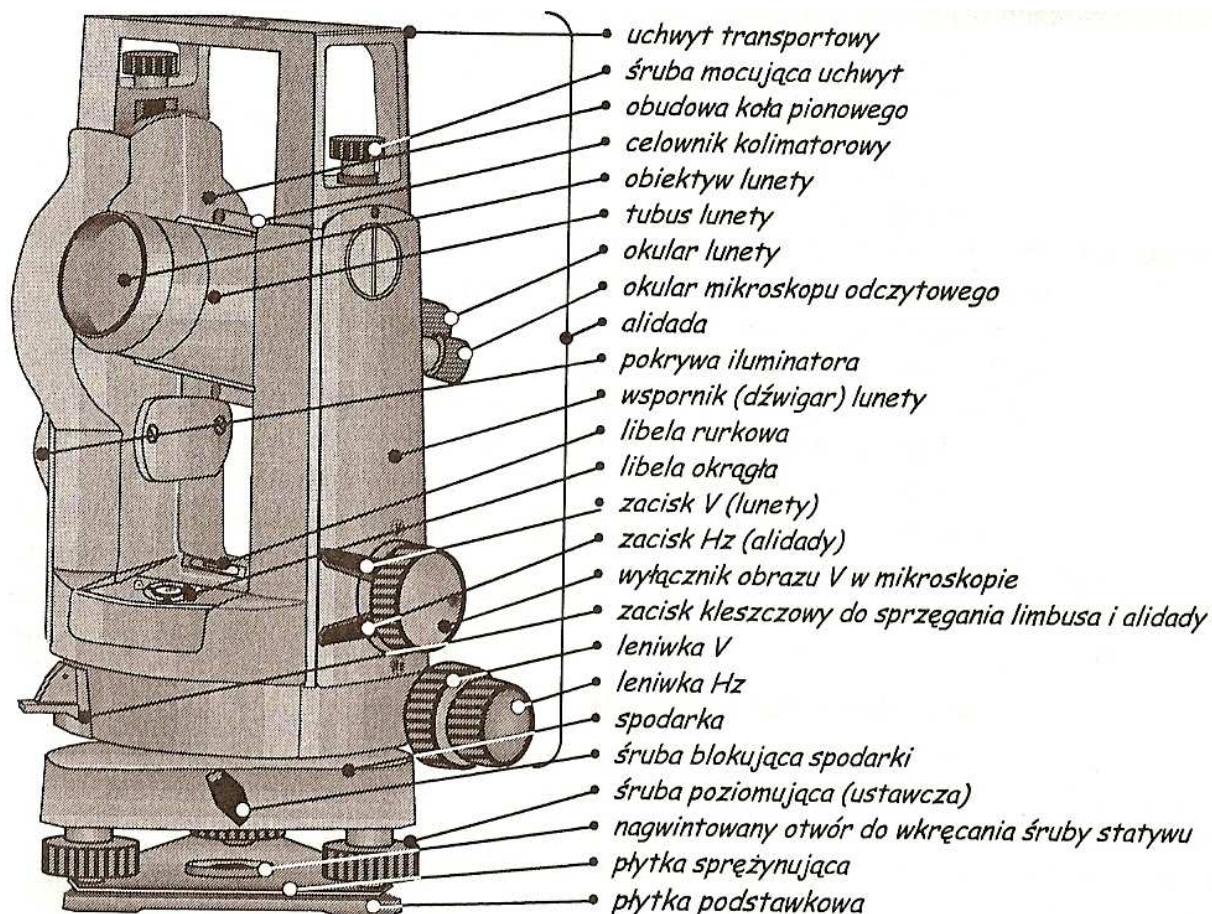
Rys. 19. Przykład systemu odczytowego w teodolicie w postaci mikroskopu skalowego

Najważniejsze osie wyróżniane w budowie teodolitu to:

- pionowa oś obrotu instrumentu – v ,
- pozioma oś obrotu lunety – h ,
- oś celowa lunety – c ,
- oś rurkowej libeli alidadowej – l .



Rys.20. Podstawowe części i osie teodolitu [2, str.101]

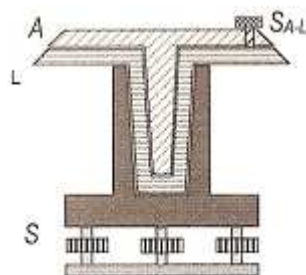


Rys.21. Podzespoły obsługowe teodolitu THEO 020 [2, str.104]

Układy osiowe teodolitów

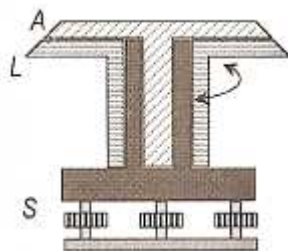
We współczesnych teodolitach stosuje się dwa rodzaje układów pionowej osi obrotu teodolitu: układ dwuosiowy repetycyjny i układ dwuosiowy układ reiteracyjny.

System repetycyjny umożliwia obrót limbusa wokół osi pionowej po sprzężeniu go z alidadą.



Rys. 22. Układ dwuosiowy, system repetycyjny. [1, str.114]

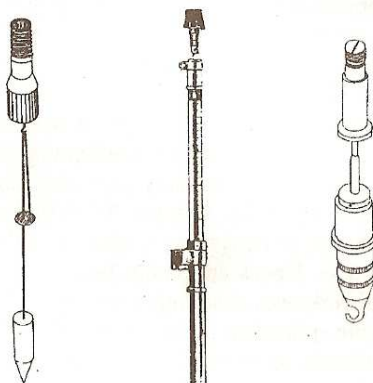
System reiteracyjny – umożliwia samodzielny obrót limbusa wokół osi pionowej, niezależnie od obrotu alidady.



Rys.23. Układ dwuosiowy, system reiteracyjny [1, str.114]

Urządzenia do centrowania

Bardzo ważną czynnością na stanowisku pomiarowym jest centrowanie instrumentu nad punktem terenowym, który jest wierzchołkiem mierzonego kąta poziomego. Do tego celu używamy sprzętu pomocniczego w postaci pionów sznurkowych, drążkowych i optycznych. Współczesne teodolity mają wbudowany pion optyczny. Centrowanie instrumentu jest to czynność polegająca na naprowadzeniu osi głównej instrumentu na centr punktu stanowiska.



Rys.24. Piony sznurkowy i drążkowy [1, s. 111]

Warunki geometryczne, sprawdzanie i rektyfikacja teodolitu

Podstawowe warunki geometryczne, które muszą spełniać cztery osie występujące w teodolicie: pionowa oś obrotu teodolitu (v), pozioma oś obrotu lunety (h), oś celowa (c) i oś rurkowej libeli alidadowej (l) są następujące:

- $l \perp v$. Prostopadłość osi libeli do pionowej osi obrotu instrumentu umożliwia zrealizowanie poziomej płaszczyzny rzutów podczas pomiaru kątów poziomych teodolitem. Występowanie tego błędu możemy stwierdzić pracując na spoziomowanym na libelkę pudełkową teodolicie. Obracamy alidadę tak, aby oś libelki rurkowej była równoległa do dwóch śrub poziomujących. Wykonujemy poziomowanie libelki rurkowej przy pomocy wskazanych wcześniej śrub. Kiedy pęcherzyk libelki rurkowej znajdzie się w punkcie głównym wykonujemy obrót alidady o 180° . Jeżeli nie jest spełniony warunek $l \perp v$, pęcherzyk libelki rurkowej nie znajdzie się ponownie w punkcie głównym libelki. Usunięcie stwierdzonego błędu odbywa się przy pomocy wskazanych na początku śrub poziomujących (połowa wartości błędu) oraz śrubek rektyfikacyjnych libeli. Jeżeli pęcherzyk libeli, po ponownym obrocie alidady, wychyli się o mniej niż połowadziałki libeli oznacza to, że warunek $l \perp v$ jest spełniony,
- $h \perp v$. Niespełnienie tego warunku powoduje wystąpienie błędu inklinacji. Oś celowa nie zakreśla wówczas płaszczyzny pionowej lecz płaszczyznę skośną. Występowanie tego błędu możemy stwierdzić przez celowanie w dwóch położeniach lunety na wysoko

położony cel, a następnie sprowadzenie osi celowej na poziomo położoną łąkę pod nim. Odczyty wykonane na łące powinny być takie same, w granicach dokładności odczytów. W przeciwnym razie teodolit obarczony jest błędem inklinacji. W warunkach terenowych nie ma możliwości usunięcia tego błędu. Możemy jednak zastosować pomiar kątów w dwóch położeniach lunety, a wtedy średnia arytmetyczna z pomiaru kątów w dwóch położeniach lunety wolna jest od wpływu inklinacji,

- $c \perp h$. Niespełnienie tego warunku powoduje wystąpienie błędu kolimacji. Wtedy oś celowa, obracając się wokół osi obrotu lunety nie zakreśla płaszczyzny pionowej lecz płaszczyznę stożkową o kącie wierzchołkowym równym $180^0 - 2k$. Występowanie tego błędu możemy stwierdzić mierząc dowolny kierunek przy poziomej lunecie w dwóch położeniach lunety. Jeżeli błąd kolimacji nie występuje, to odczyty różnią się dokładnie o 180^0 . Odchyłka różnicy odczytów od kąta 180^0 stanowi podwójną wartość błędu kolimacji. Usunięcie tego błędu polega na odpowiednim przesunięciu krzyża kresek przy pomocy jego poziomych śrub rektyfikacyjnych krzyża kresek. Praktycznie usunięcie błędu kolimacji wykonuje się realizując następujące czynności:
 1. obliczenie wartości błędu kolimacji na podstawie odczytów kierunku w dwóch położeniach lunety,
 2. ustawienie (leniwką alidady) na urządzeniu odczytowym koła poziomego wartości kierunku poprawionej o wartość błędu kolimacji,
 3. naprowadzenie środka krzyża kresek na cel przy pomocy poziomych śrubek rektyfikacyjnych krzyża kresek.

Wykonanie pomiaru kierunków i kątów w dwóch położeniach lunety i obliczenie średniej uwalnia wynik pomiaru od wpływu błędu kolimacji.

- $Q \perp v$. Płaszczyzna główna libeli sferycznej powinna być prostopadła do pionowej osi obrotu instrumentu. Spełnienie tego warunku sprawdzamy tak samo, jak spełnienie warunku $l \perp v$.

Wyżej wymienione warunki geometryczne związane są z układem osi występujących w teodolicie. Należy jednak pamiętać również o wymaganiach mechanicznych, dotyczących poszczególnych części teodolitu. Przed pomiarem należy także sprawdzić, czy nie występuje paralaksa krzyża kresek i paralaksa systemu odczytowego.

Podział teodolitów na klasy dokładnościowe

Podstawowym kryterium podziału teodolitów na klasy dokładnościowe jest dokładność odczytu kierunku.

Tabela 3. Klasy teodolitów

| Klasa | Nazwa | Błąd odczytu kierunku |
|-------|--|---------------------------------------|
| 1 | Teodolity precyzyjne | poniżej 0,5' (1^{cc}) |
| 2 | Teodolity o wyższej dokładności (jednosekundowe) | około 1' (2^{cc}) |
| 3 | Teodolity o średniej dokładności (sześciosekundowe) | 5" – 20" (10^{cc} - 20^{cc}) |
| 4 | Teodolity o niskiej dokładności (minutowe i półminutowe) | 30" - 1' (1^c – 2^c) |

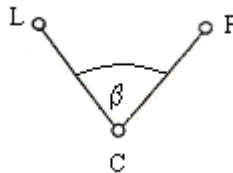
Teodolity klasy 1 (precyzyjne) są przeznaczone do najdokładniejszych pomiarów kątowych, takich jak: pomiary astronomiczno-geodezyjne, pomiary odkształceń i przemieszczeń oraz pomiary realizacyjne o najwyższej precyzji.

Teodolity klasy 2 (teodolity o dokładności wyższej) są wykorzystywane do pomiarów poligonizacji precyzyjnej, do dokładnych pomiarów inżynierskich itp. Urządzeniem odczytowym jest tu mikrometr optyczny.

Teodolity klasy 3 (teodolity o średniej dokładności) stanowią najliczniejszą i zarazem najpopularniejszą grupę teodolitów o szerokim zakresie zastosowań, takich jak: pomiary kątowe osnowy szczegółowej III klasy i osnowy pomiarowej, tachimetria zwykła, pomiary katastralne, inżyniersko-techniczne itp. Urządzeniem odczytowym jest tu mikrometr optyczny lub mikroskop skalowy.

Pomiar kierunku i kąta poziomego

Pomiar kąta poziomego polega na pomiarze dwóch kierunków (tj. ramion kąta), zrzutowanych na płaszczyznę poziomą. Pomiar każdego z kierunków wykonujemy w dwóch położeniach lunety (I położenie – KL, II położenie – KP). Kąt poziomy obliczamy jako różnicę odczytów kierunków, które są ramionami kąta:



Rys. 25. Kierunki budujące kąt

$$\beta^I = O_{CP}^I - O_{CL}^I$$

$$\beta^{II} = O_{CP}^{II} - O_{CL}^{II},$$

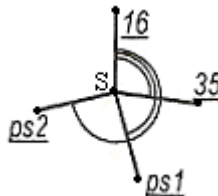
gdzie:

- β^I – wartość kąta poziomego obliczony z pierwszego położenia lunety,
- β^{II} – wartość kąta poziomego obliczony z drugiego położenia lunety,
- O_{CP}^I O_{CL}^I – odczyty kierunku prawego i lewego w I położeniu lunety,
- O_{CP}^{II} O_{CL}^{II} – odczyty kierunku prawego i lewego w II położeniu lunety.

Pomiar kątów poziomych możemy wykonać jedną z następujących metod:

- metodą pojedynczego pomiaru,
- metodą kierunkową.

Metoda kierunkowa wykorzystywana jest, wówczas gdy na stanowisku pomiarowym należy pomierzyć kilka kątów o wspólnym wierzchołku (rys.)



Rys. 26. Szkic-pomiar kątów poziomych metodą kierunkową

Kolejność czynności w tej metodzie jest następująca:

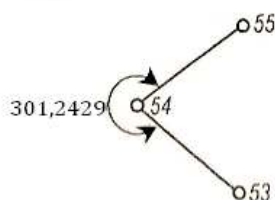
- przygotowujemy teodolit na stanowisku do pomiaru,
- sygnalizujemy punkty celowania przy pomocy tyczek,

- obieramy wyraźny i dobrze widoczny cel jako punkt początkowy, dla którego ustawiamy odczyt na kole poziomym w I położeniu lunety bliski zeru,
- wykonujemy odczyt na cel początkowy,
- obracamy teodolit zgodnie z ruchem wskazówek zegara dookoła jego osi pionowej celując na kolejne punkty celowania,
- wykonujemy odczyty i zapisujemy w dzienniku pomiarowym,
- ostatnia czynność na stanowisku to tzw. zamknięcie horyzontu, czyli ponowne wycelowanie do punktu początkowego i wykonanie odczytu na kole poziomym. Odczyt powinien być taki sam, jak odczyt początkowy.

Opisane czynności stanowią jedną pół serię. Należy wykonać analogiczne czynności w II położeniu lunety, przy czym należy obracać instrument w lewą stronę. Wartości kątów obliczone z pomiaru w I i II położeniu lunety należy uśrednić.

Metodę pojedynczego pomiaru kąta wykorzystujemy, kiedy na stanowisku trzeba pomierzyć jeden kąt. Czynności pomiarowe na stanowisku są następujące:

- przygotowujemy teodolit na stanowisku do pomiaru,
- sygnalizujemy punkty celowania przy pomocy tyczek,
- obieramy jako punkt początkowy celu kierunek na lewe ramię kąta, dla którego ustawiamy odczyt na kole poziomym w I położeniu lunety bliski zeru,
- wykonujemy odczyt na cel początkowy,
- obracamy teodolit zgodnie z ruchem wskazówek zegara dookoła jego osi pionowej celując na sygnał prawego ramienia kąta,
- wykonujemy odczyty w I położeniu lunety i zapisujemy wynik pomiaru w dzienniku pomiarowym,
- wykonaliśmy I półpoczet,
- obracamy lunetę przez zenit a alidadę obracamy o 180^0 wokół pionowej osi obrotu teodolitu,
- w II położeniu lunety najpierw celujemy na cel prawy i wykonujemy odczyt koła poziomego,
- zapisujemy wynik pomiaru w dzienniku pomiarowym,
- w II położeniu lunety celujemy na cel lewy i wykonujemy odczyt koła poziomego,
- zapisujemy wynik pomiaru w dzienniku pomiarowym,
- wykonaliśmy w ten sposób pełen poczet polegający na pomiarze kąta poziomego w dwóch położeniach lunety,
- obliczamy średnią wartość kąta z dwóch położeniach lunety, która daje ostateczną wartość mierzonego kąta wolną od wpływu błędów kolimacji i inklinacji.



Rys. 27. Szkic-pomiar kątów poziomych metodą pojedynczego kąta

Metoda repetycyjna jest obecnie bardzo rzadko używana do pomiaru kątów. Znajduje ona jeszcze zastosowanie w geodezji górniczej.

Koło pionowe teodolitu

Koło pionowe teodolitu służy do pomiaru kątów pionowych. Zbudowane jest z limbusa i alidady. Limbus jest połączony na stałe z lunetą i obraca się wspólnie z nią. Podczas pomiaru kątów pionowych alidada koła pionowego pozostaje nieruchoma.

Wyznaczenia błędu indeksu

Na kole pionowym z podziałem zenitalnym ($0^{\text{g}} - 400^{\text{g}}$) w czasie pomiaru indeks alidady powinien zajmować takie położenie, aby przy poziomej osi celowej odczyty na kole pionowym wynosiły 100^{g} (KL) i 300^{g} (KP). Jeżeli warunek ten nie jest spełniony, to mówimy, że w teodolicie występuje błąd indeksu inaczej błąd miejsca zera. W takim przypadku dla poziomej linii celowania odczyt na kole pionowym w I położeniu lunety (KL) wynosi $100^{\text{g}}00^{\text{c}}+x$ lub $100^{\text{g}}00^{\text{c}}-x$, i $300^{\text{g}}00^{\text{c}}+x$ lub $300^{\text{g}}00^{\text{c}}-x$, w II położeniu lunety (KP). Suma odczytów na kole pionowym dla tego samego kierunku wolnych od błędu indeksu wynosi:

$$O_{\text{KL}}+O_{\text{KP}}=400^{\text{g}},$$

gdzie:

- O_{KL} – odczyt kierunku na kole pionowym w I położeniu lunety,
- O_{KP} – odczyt kierunku na kole pionowym w II położeniu lunety.

W przypadku wystąpienia błędu indeksu suma odczytów wyniesie:

$$O_{\text{KL}}+O_{\text{KP}}=400+2x.$$

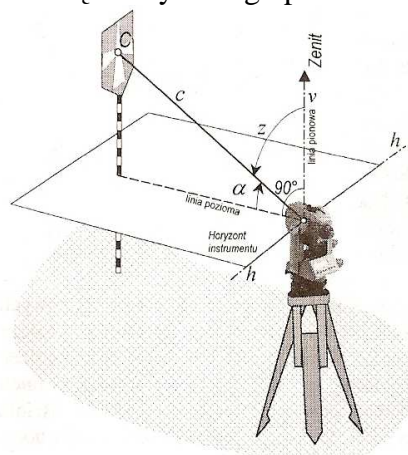
Zatem błąd indeksu można obliczyć na podstawie odczytów na kole pionowym, wykonanych w dwóch położeniach lunety dla danego kierunku celowania ze wzoru:

$$x = \frac{O_{\text{IL}} - (400^{\text{g}} - O_{\text{IP}})}{2}$$

Współczesne teodolity wyposażone są w kompensator indeksu koła pionowego. W tych teodolitach błąd miejsca zera usuwamy ustawiając poprawny odczyt na kole pionowym przy pomocy leniwki lunety. Następnie naprowadzamy kreskę poziomą krzyża kresek na cel przy pomocy śrubek rektyfikacyjnych krzyża kresek. Niezależnie od rektyfikacji błędu indeksu koła pionowego, wykonanie pomiaru w dwóch położeniach lunety, a następnie obliczenie średniej arytmetycznej z otrzymanych wyników uwalnia kąt pionowy od wpływu tego błędu.

Pomiar kąta pionowego

Kąt pionowy jest to kąt, którego obydwie ramiona leżą na płaszczyźnie pionowej, przy czym jedno ramię jest zawsze stałe: poziome lub pionowe, zaś drugie ramię – zmienne, wyznaczone przez oś celową teodolitu, skierowaną do wybranego punktu celu P.



Rys. 28. Kąt nachylenia α i kąt zenitalny z [1, s. 161]

Opierając się na powyższej definicji kąta pionowego możemy wyróżnić:

- kąt pionowy, dla którego ramieniem stałym jest ramię poziome. Taki kąt pionowy nazywamy kątem horyzontalnym (lub kątem nachylenia), oznaczamy go symbolem α .
- kąt pionowy, dla którego ramieniem stałym jest ramię pionowe. Taki kąt nazywamy kątem pionowym zenitalnym, oznaczamy go symbolem z .

Suma wartości obydwu kątów pionowych z i α wynosi:

$$\alpha + z = 90^\circ,$$

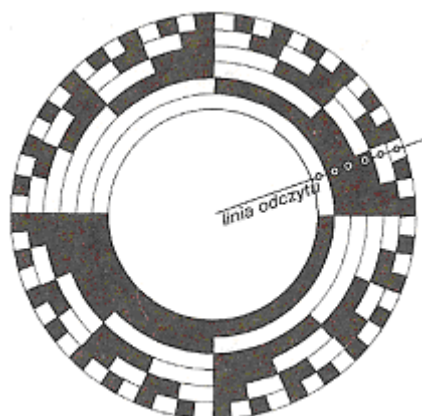
gdzie:

- α – kąt horyzontalny (kąt nachylenia),
- z – kąt zenitalnym.

Kąty nachylenia α zmieniają się w przedziale $(-90^\circ, +90^\circ)$. Kąty zenitalne z mogą przyjmować wartości z przedziału $(0, 180^\circ)$.

Teodolity elektroniczne

Teodolity elektroniczne to instrumenty do pomiaru kątów, w których klasyczny limbus zastąpiono tarczą z podziałem zakodowanym w systemie dwójkowym.



Rys. 29. Tarcza kodowa złożona z sześciu pierścieni (bitów) [1, s. 171]

Tarcza kodowa sprzężona z alidadą składa się z koncentrycznych pierścieni zwanych bitami, kanałami lub ścieżkami. Każdy pierścień odpowiada jednemu bitowi (cyfra 0 lub 1). Pole jasne tarczy kodowej oznacza wystąpienie impulsu świetlnego lub elektrycznego i przypisano mu cyfrę 1. Pole ciemne tarczy kodowej oznacza brak impulsu świetlnego lub elektrycznego, przypisano mu cyfrę 0. Dokładność odczytu zależy od ilości ścieżek tarczy.

Teodolity elektroniczne wyposażone są w elektrooptyczny przetwornik położenia, dzięki któremu następuje odczyt kierunku z tarczy. Przetworniki (czytniki) połączone są z nieruchomą spodarką. Odczyt kierunku w teodolitach elektronicznych następuje przez odbiór przy pomocy fotodetektorów impulsów z poszczególnych ścieżek. Impulsy te powstają w wyniku wysłania płaskiej wiązki promieniowania podczerwonego pod kątem prostym do tarczy kodowej przez czytniki. Wartość kierunku zapisana jest w systemie dwójkowym. Każdemu położeniu wiązki świetlnej przecinającej tarczę kodową odpowiada dokładnie jeden odczyt kierunku. Odczyt zerowy limbusa realizowany jest przez ustawienie czytnika wzdłuż linii przechodzącej wyłącznie przez ciemne pola (zapis 0).

Przykładem teodolitu elektronicznego jest produkt firmy TOPCON serii DT-200



Rys. 30. Teodolit elektroniczny firmy TOPCON [5]

Cechą teodolitów elektronicznych jest to, że odczyty kierunków wykonywane są automatycznie, (bez udziału obserwatora) oraz zapisywane są w pamięci wewnętrznej instrumentu, co eliminuje konieczność prowadzenia dziennika pomiarowego.

Przyrządy i instrumenty busolowe

Magnetyzm ziemski

Ziemskie pole magnetyczne występujące wokół Ziemi jest polem naturalnym. Odpowiada ono w przybliżeniu polu dipola magnetycznego z jednym biegunem magnetycznym znajdującym się w pobliżu geograficznego bieguna północnego Ziemi a drugim biegunem magnetycznym w pobliżu południowego bieguna geograficznego Ziemi. Linia łącząca bieguny magnetyczne Ziemi tworzy z osią obrotu Ziemi kąt równy w przybliżeniu $11,3^\circ$. Pole magnetyczne rozciąga się na kilkadziesiąt tysięcy kilometrów od Ziemi, a obszar w którym ono występuje nazywa się ziemską magnetosferą.

W każdym punkcie przestrzeni pole magnetyczne ma swoją określoną wartość, na którą mają wpływ takie zjawiska, jak:

- inklinacja magnetyczna,
- deklinacja magnetyczna,
- zmiany deklinacji: okresowe, wiekowe i chwilowe,
- anomalie magnetyczne.

Inklinacja jest to kąt jaki tworzy wektor natężenia pola z płaszczyzną poziomą. W punktach położonych na równiku magnetycznym inklinacja równa jest zero, a wtedy igła magnetyczna zajmuje położenie równoległe do płaszczyzny poziomej.

Bieguny magnetyczne nie pokrywają się z biegunami geograficznymi, w związku z tym południki geograficzne i magnetyczne tworzą linie przecinające się pod pewnym kątem, który nazywamy deklinacją. Wartość deklinacji jest różna w różnych miejscach na powierzchni Ziemi a ponadto jest zmienna w czasie.

Dobowe zmiany deklinacji spowodowane są ruchem obrotowym Ziemi wokół własnej osi.

Roczne zmiany deklinacji spowodowane są od ruchem obiegowym Ziemi dookoła Słońca.

Wiekowe zmiany deklinacji powodowane są ciągłym przemieszczaniem się biegunów magnetycznych względem biegunów geograficznych Ziemi.

Chwilowe zmiany deklinacji znane są pod nazwą burz magnetycznych. Mają one charakter nieregularny, często bardzo gwałtowny.

Azymut magnetyczny

Południk magnetyczny to linia przechodząca przez punkt terenowy i przez bieguny magnetyczne Ziemi. Igła magnetyczna kompasu ustawia się w położeniu równoległym do południka magnetycznego.

Azymut magnetyczny to kąt zawarty między kierunkiem północnej części południka magnetycznego a danym kierunkiem poziomym liczony w prawą stronę od południka. Jego wartość wyrażana jest w mierze kątowej. Azymut magnetyczny może być wyznaczony w terenie z użyciem busoli. Różnica między wartością azymutu magnetycznego i azymutu geograficznego to deklinacja magnetyczna.

Busole nasadkowe

Busola magnetyczna to urządzenie wyposażone w igłę magnetyczną wskazujące kierunek do bieguna magnetycznego. Busola wyposażona jest w urządzenie celownicze (najczęściej w postaci muszki i szczerbinki), które umożliwia określenie azymutu dla dowolnego kierunku w terenie.

Busola nasadkowa to busola okrągła lub kierunkowa nasadzana na instrument kątomierczy.

Busole połączone z teodolitami

Teodolity-busole są to najdokładniejsze instrumenty, służące do pomiaru azymutu magnetycznego. Ich budowa opiera się na stałym połączeniu limbosa z silnym magnesem, osadzonym na ostrzu. Powoduje to, iż średnica zerowa limbosa ustawia się automatycznie w płaszczyźnie południka magnetycznego.

Tachimetry elektroniczne

Tachimetr to instrument geodezyjny, przeznaczony do pomiaru kątów poziomych, pionowych oraz odległości. Stanowi on połączenie teodolitu (optycznego lub elektronicznego) i dalmierza elektromagnetycznego. Wyróżnia się tachimetry optyczne oraz elektroniczne. W tych ostatnich odczyt kierunku wykonywany jest automatycznie, a odległość mierzona jest z użyciem wbudowanego dalmierza elektrooptycznego. Pomiar odległości polega na wysłaniu przez nadajnik (ustawiony na punkcie początkowym mierzonego odcinka) zmodulowanej fali świetlnej w kierunku reflektora zwrotnego (ustawionego na punkcie końcowym mierzonego odcinka). Zadaniem reflektora zwrotnego jest odbicie fali i skierowanie jej do punktu początkowego mierzonego odcinka, gdzie odbiera ją odbiornik instrumentu. Obsługa tachimetrów elektronicznych jest bardzo prosta. Polega ona na przygotowaniu instrumentu na stanowisku do pomiaru (poziomowanie, centrowanie, zorientowanie). Sam pomiar ogranicza się do włączenia żądanych operacji i programów za pomocą klawiatury.

Tachimetry obecnie stosowane w wykonawstwie geodezyjnym, to tzw. tachimetry zintegrowane (total station). Zbudowane są one z: teodolitu elektronicznego, dalmierza elektrooptycznego, klawiatury numerycznej, rejestratora oraz mikroprocesora. Zadaniem oprogramowania zainstalowanego w tachimetrach jest przetwarzanie danych pomiarowych oraz informacji zgromadzonych w pamięci wewnętrznej instrumentu. Standardowe oprogramowanie daje możliwość wykonania na przykład następujących pomiarów: pomiar mimośrodowy, tyczenie punktów i osi obiektów, wyznaczenie współrzędnych stanowisk swobodnych, obliczanie czołówek między pikietami, obliczanie pól powierzchni, określanie wysokości punktów niedostępnych.

Większość tachimetrów posiada możliwość pomiaru kierunków i odległości w różnych trybach:

- dokładny – dla pomiarów osnów szczegółowych i dokładnego tyczenia,
- standardowy – wykorzystywany do zakładania osnów i pomiaru tachimetrycznego,
- śledzący tzw. tracking – szybki i nieprzerwany (ciągły) pomiar do poruszającego się pryzmatu.

Współcześnie stosowane tachimetry wyposażone są w kompensatory, które automatycznie korygują zarówno wychylenie pionowe, jak i poziome. Coraz więcej tachimetrów posiada wbudowaną pamięć wewnętrzną.



Rys. 31. Tachimetr elektroniczny firmy TOPCON [5]

Rejestratory polowe stosowane w pomiarach tachimetrycznych

Większość stosowanych obecnie tachimetrów elektronicznych posiada wbudowaną pamięć wewnętrzną, co umożliwia zapisywanie wyników pomiarów w formie numerycznej. Eliminuje to konieczność prowadzenia dziennika terenowego oraz szkicu pomiarowego. Pomierzone i zapisywane w pamięci wewnętrznej (lub zewnętrznej) instrumentu pikiety, mogą mieć nadawane kody, które następnie ułatwiają wykonanie mapy numerycznej. Pojemność pamięci wewnętrznej wyrażona jest podobnie, jak w komputerach, w MB (megabajtach) lub za pomocą maksymalnej liczby pikiet, których dane można zapisać na nośniku pamięci danego instrumentu. W nowszych tachimetrach istnieje możliwość rozbudowywania pamięci instrumentu przez zastosowanie wymiennych kart pamięci (2-82 MB). Transmisja danych pomiarowych do komputera (i odwrotnie) odbywa się przez specjalny port (wyjście), będący na wyposażeniu instrumentu.

4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Na czym polega bezpośredni pomiar odległości?
2. Na czym polega pośredni pomiar odległości?
3. Jaki jest podstawowy sprzęt do bezpośredniego pomiaru odległości?
4. Jaki jest podstawowy sprzęt do pośredniego pomiaru odległości?
5. W jaki sposób charakteryzuje się dokładność pomiarów liniowych?
6. Jaką dokładność pomiaru odległości można uzyskać wykonując pomiar dalmierzem optycznym, a jaką dalmierzem elektromagnetycznym?
7. Jakie jest zastosowanie dalmierzy w pomiarach geodezyjnych?
8. Jakie jest zastosowanie teodolitów w pomiarach geodezyjnych?
9. Jakie jest zastosowanie tachimetrów w pomiarach geodezyjnych?
10. 10. Jakich znasz rodzaje dalmierzy stosowanych w geodezji?
11. Jaki rodzaj dalmierzy zastosowano w tachimetrach?
12. Jaka jest podstawowa zasada konstrukcji dalmierza kreskowego?
13. Z jakich osi składa się układ osiowy teodolitu?
14. Jakie warunki geometryczne musi spełniać układ osiowy teodolitu?
15. Jakie są podstawowe części składowe teodolitu?
16. Jakie znasz rodzaje układów osiowych teodolitów?
17. Co oznacza termin centrowanie?
18. Jakie znasz urządzenia do centrowania?
19. Do czego służą systemy odczytowe teodolitu?
20. Jakie znasz rodzaje systemów odczytowych teodolitów?
21. Jakie warunki geometryczne teodolitu podlegają rektyfikacji w warunkach polowych?
22. Jakie parametry charakteryzują dokładność teodolitu?
23. Jak dzieli się teodolity ze względu na dokładność?
24. Co określa termin kąt poziomy?
25. Co określa termin kąt pionowy?
26. Na czym polega metoda kierunkowa pomiaru kątów poziomych?
27. Na czym polega metoda pojedynczego kąta?
28. Co oznacza termin: błąd indeksu koła pionowego?
29. Jakimi cechami charakteryzują się teodolity elektroniczne?
30. Co to jest magnetyzm ziemski?
31. Co to jest termin: deklinacja magnetyczna?
32. Co to jest termin: inklinacja magnetyczna?
33. Co to jest termin: azymut magnetyczny?
34. Jakie zastosowanie mają busole nasadkowe?
35. Co określa termin tachimetr?
36. Jakie zastosowanie mają rejestratory polowe w pracach geodezyjnych?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Wykonaj sprawdzenie i rektyfikację warunku $c \perp h$ i ewentualną rektyfikację teodolitu (jeżeli warunek nie będzie spełniony).

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przygotować teodolit do pracy na stanowisku,

- 2) wybrać punkt celu tak, aby linia celowania była zbliżona do poziomu i ustawić na tym punkcie tyczkę w stojaku,
- 3) zmierzyć kierunek przy poziomej lunecie w dwóch położeniach lunety,
- 4) obliczyć różnicę między odczytem kierunku z I i II położenia lunety (otrzymany wynik to podwójna wartość kolimacji),
- 5) obliczyć wartość błędu kolimacji,
- 6) ustawić (leniwką alidady) na urządzeniu odczytowym odczyt kierunku poprawiony o wartość błędu kolimacji (środek krzyża kresek zejdzie z celu),
- 7) naprowadzić środek krzyża kresek na cel przy pomocy poziomych śrubek rektyfikacyjnych krzyża kresek,
- 8) wykonać kontrolny pomiar kierunku w dwóch położeniach lunety.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- teodolit,
- tyczka,
- stojak,
- szkicownik,
- kartka papieru,
- ołówek.

Ćwiczenie 2

Wyznacz błąd indeksu koła pionowego teodolitu

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienś:

- 1) przygotować teodolit do pracy na stanowisku,
- 2) wybrać wyraźny, dobrze widoczny cel, umożliwiający precyzyjne celowanie (w poziomie i pionie),
- 3) wycelować na wybrany punkt celu i wykonać odczyt na kole pionowym teodolitu (podział zenitalny) w I (koło lewe KL) a następnie II (koło prawe KP) położeniu lunety,
- 4) obliczyć wartość błędu indeksu ze wzoru

$$x = \frac{O_{KL} - (400^{\circ} - O_{KP})}{2}$$

- 5) dla II położenia lunety obliczyć odczyt na kole pionowym poprawiony o wartość błędu indeksu,
- 6) ustawić obliczony poprawny odczyt na kole pionowym przy pomocy leniwki lunety,
- 7) sprowadzić oś celową, przy pomocy śrubek rektyfikacyjnych krzyża kresek, na cel odpowiadający odczytowi wolnemu od błędu indeksu,
- 8) wykonać odczyt kontrolny na kole pionowym po wycelowaniu na ten sam cel w I położeniu lunety.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- teodolit,
- statyw,
- szkicownik,
- kartka papieru,
- ołówek.

Ćwiczenie 3

Na szkolnym poligonie wybierz trzy sąsiednie punkty osnowy i wykonaj pomiar kąta poziomego metodą pojedynczego pomiaru kąta.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) skompletować sprzęt do pomiaru (teodolit, statyw, para tyczek, para stojaków, szkicownik, dziennik pomiarowy, ołówek, kalkulator),
- 2) ustawić tyczki pionowo w stojakach na punktach wyznaczających ramiona kąta,
- 3) ustawić instrument nad wierzchołkiem mierzonego kąta,
- 4) przygotować instrument do pomiaru na stanowisku,
- 5) wykonać pomiar kąta w I położeniu lunety,
- 6) zapisać wyniki w dzienniku pomiarowym,
- 7) wykonać pomiar kąta w II położeniu lunety,
- 8) zapisać wyniki w dzienniku pomiarowym,
- 9) wykonać obliczenia.

Wyposażenie stanowiska:

- poradnik dla ucznia,
- teodolit,
- statyw,
- para tyczek,
- para stojaków,
- szkicownik,
- dziennik pomiarowy,
- ołówek,
- kalkulator.

Ćwiczenie 4

Wykonaj pomiar dowolnego kąta pionowego w dwóch położeniach lunety.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) skompletować sprzęt do pomiaru (teodolit, statyw, szkicownik, dziennik pomiarowy, ołówek),
- 2) ustawić instrument na stanowisku,
- 3) przygotować instrument do pomiaru na stanowisku,
- 4) ustawić KL, wycelować na wybrany punkt celu i wykonać odczyt na kole pionowym w I położeniu lunety,
- 5) zapisać wyniki w dzienniku pomiarowym,
- 6) ustawić teodolit w pozycji KP, wycelować na punkt celu i wykonać odczyt na kole pionowym w II położeniu lunety,
- 7) zapisać wyniki w dzienniku pomiarowym,
- 8) wykonać obliczenia.

Wyposażenie stanowiska:

- poradnik dla ucznia,
- teodolit,
- statyw,
- szkicownik,
- dziennik pomiarowy,
- ołówek,
- kalkulator.

Ćwiczenie 5

Na terenie szkoły wybierz kilka szczegółów sytuacyjnych i wykonaj pomiar umożliwiający określenie ich położenia względem punktów poligonu szkolnego. Do wykonania ćwiczenia wykorzystaj tachimetr.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) skompletować sprzęt do pomiaru (tachimetr, statyw, para tyczek, para stojaków, pryzmat, tyczka do pryzmatu, szkicownik, dziennik pomiarowy, ołówek, kalkulator),
- 2) ustawić tyczki pionowo w stojakach na punktach wyznaczających ramiona kąta,
- 3) ustawić instrument nad wierzchołkiem mierzonego kąta,
- 4) przygotować instrument do pomiaru na stanowisku,
- 5) wykonać pomiar kąta w I położeniu lunety,
- 6) zapisać wyniki w dzienniku pomiarowym,
- 7) wykonać pomiar odległości zredukowanej w (I położeniu) lunety celując na znaczki pomiarowe pryzmatu,
- 8) zapisać wynik pomiaru,
- 9) wykonać pomiar kąta w II położeniu lunety,
- 10) zapisać wyniki w dzienniku pomiarowym,
- 11) wykonać pomiar odległości zredukowanej w (II położeniu) lunety celując na znaczki pomiarowe pryzmatu,
- 12) zapisać wynik pomiaru,
- 13) wykonać obliczenia.

Wyposażenie stanowiska:

- poradnik dla ucznia,
- tachimetr,
- statyw,
- para tyczek,
- para stojaków,
- pryzmat,
- tyczka do pryzmatu z libelą,
- szkicownik,
- dziennik pomiarowy,
- ołówek,
- kalkulator.

Ćwiczenie 6

Na terenie szkoły wybierz kilka szczegółów rozmieszczonych równomiernie względem dowolnego punktu poligonu szkolnego. Wykonaj pomiar kątów utworzonych w wierzchołku w punkcie osnowy przy celowaniu na kolejne szczegóły. Ćwiczenie wykonaj teodolitem, metodą kierunkową w dwóch położeniach lunety.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) przygotować teodolit na stanowisku do pomiaru (w wierzchołku czyli na punkcie poligonowym),
- 2) zasygnalizować punkty celowania przy pomocy tyczek,
- 3) obierać wyraźny i dobrze widoczny cel jako punkt początkowy, dla którego ustawiamy odczyt na kole poziomym w I położeniu lunety bliski zeru,
- 4) wykonać odczyt na cel początkowy,
- 5) zapisać wynik w dzienniku pomiarowym,
- 6) obrócić teodolit zgodnie z ruchem wskazówek zegara dookoła jego osi pionowej celując na kolejne punkty celowania,
- 7) wykonać odczyty i zapisać je w dzienniku pomiarowym,
- 8) wykonać zamknięcie horyzontu, czyli ponowne wycelowanie do punktu początkowego i wykonanie odczytu na kole poziomym. Odczyt powinien być taki sam, jak odczyt początkowy,
- 9) wykonać analogiczne czynności w II położeniu lunety, przy czym należy obracać instrument w lewą stronę,
- 10) uśrednić wartości kątów obliczone z pomiaru w I i II położeniu lunety.

Wyposażenie stanowiska:

- poradnik dla ucznia,
- teodolit,
- statyw,
- para tyczek,
- para stojaków,
- szkicownik,
- dziennik pomiarowy,
- ołówek,
- kalkulator.

4.2.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

| | Tak | Nie |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1) zdefiniować pojęcie: bezpośredni pomiar odległości? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) zdefiniować pojęcie: pośredni pomiar odległości? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) wykonać bezpośredni pomiar odległości? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4) określić miary charakteryzujące dokładność pomiarów liniowych? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5) określić dokładność pomiaru odległości różnymi przyrządami? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6) określić zastosowanie teodolitu? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7) określić zastosowanie dalmierza? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8) określić zastosowanie tachimetru? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9) wyjaśnić podstawową zasadę konstrukcji dalmierza okreskowego? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 10) określić podstawowe osie teodolitu? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 11) rozróżnić podstawowe części składowe teodolitu? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 12) rozróżnić rodzaje układów osiowych teodolitów? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 13) zdefiniować pojęcie centrowanie teodolitu? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 14) rozróżnić systemy odczytowe występujące w teodolitach? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 15) określić parametr charakteryzujący dokładność teodolitu? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 16) wykonać rektyfikację teodolitu? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 17) zdefiniować pojęcie kąt poziomy? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 18) zdefiniować pojęcie kąt pionowy? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 19) zdefiniować pojęcie błąd indeksu? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 20) wyznaczyć wartość błędu indeksu dla konkretnego teodolitu? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 21) wykonać pomiar kątów poziomych metodą kierunkową? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 22) wykonać pomiar kąta poziomego metodą pojedynczego kąta? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 23) zdefiniować pojęcie magnetyzm ziemski? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 24) zdefiniować pojęcie deklinacja magnetyczna? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 25) zdefiniować pojęcie azymut magnetyczny? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 26) zdefiniować pojęcie tachimetr? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

4.3. Przyrządy do pomiaru różnic wysokości

4.3.1. Materiał nauczania

Rodzaje niwelatorów

Niwelator jest to instrument geodezyjny umożliwiający wykonywanie pomiarów różnic wysokości pomiędzy punktami terenowymi. Po spoziomowaniu niwelatora (czyli doprowadzeniu jego osi głównej do położenia pionowego) oś celowa lunety niwelatora przyjmuje położenie poziome. Przy wykorzystaniu łąt geodezyjnych, ustawionych pionowo na punktach terenowych, wykonywane są odczyty. Różnica odczytów z łąt geodezyjnych to różnica wysokości między danymi punktami terenowymi.

Rozważając podział niwelatorów na różne rodzaje należy wziąć pod uwagę sposób wyznaczenia płaszczyzny poziomej i dokonywania obserwacji oraz osiągnięte dokładności.

Biorąc pod uwagę pierwsze kryterium, niwelatory dzielimy na:

- niwelatory libelowe, których oś celowa jest poziomowana ręcznie, na podstawie obserwacji wskazań libeli niwelacyjnej,
- niwelatory automatyczne optyczne – oś celowa jest poziomowana automatycznie za pomocą kompensatora, a odczyt wykonywany jest przez obserwatora dokonującego szacowania położenia kreski poziomej na tle podziału łąty,
- niwelatory automatyczne cyfrowe – oś celowa jest poziomowana automatycznie za pomocą kompensatora, a odczyt na łącie, wyposażonej w kod paskowy jest samoczynnie wykonywany przez instrument i wyświetlany w postaci cyfrowej,
- niwelatory laserowe, które realizują płaszczyznę poziomą przez generowanie obrotowej wiązki światła laserowego.

Podział niwelatorów ze względu na dokładność (miernikiem dokładności jest średni błąd podwójnej niwelacji odcinka o długości 1 km wyrażony w mm/km trasy):

| Klasa niwelatora | Dokładność w mm/km | Dokładność poziomowania osi celowej | Powiększenie lunety i |
|------------------|--------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| precyzyjny | $\leq \pm 1$ mm/km | $\pm 0,2''$ | »40« |
| techniczny | $\pm 2,5$ mm/km | 0,5"-1" | 25 – 30x |
| budowlany | ± 8 mm/km | $\pm 7-10''$ | $\leq 20x$ |

Niwelatory budowlane stosowane są do kontroli poziomowania fundamentów, murów, podłóg, osi budowli itp. Niwelatory techniczne wykorzystywane są do takich prac geodezyjnych jak: pomiar wysokościowej osnowy pomiarowej i szczegółowej, niwelacja powierzchniowa, wyznaczanie profilów, przemieszczeń i innych. Niwelatory precyzyjne służą do wykonywania prac nazywanych niwelacją precyzyjną.

Budowa niwelatora



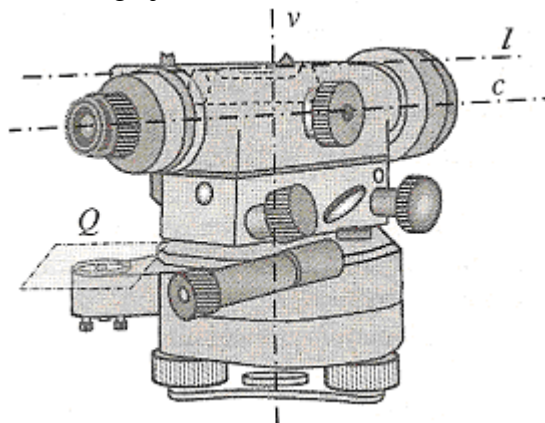
Rys. 32. Niwelator automatyczny (techniczny) firmy TOPCON (AT-G4 GL) [5]

Podstawowe części niwelatora optycznego to:

- spodarka (a),
- alidada (b),
- luneta ©,
- libela niwelacyjna lub kompensator (w niwelatorach automatycznych),
- libela okrągła.

W niwelatorze występują następujące osie instrumentu:

- oś obrotu instrumentu – v ,
- oś celowa lunety – c ,
- oś główna libeli niwelacyjnej – l (w niwelatorach libelowych),
- płaszczyzna główna libeli okrągłej – Q .



Rys. 33. Osie niwelatora libelowego [2, s. 233]

Realizacja warunków geometrycznych wynikających z konstrukcji niwelatora zapewnia prawidłowe jego działanie. Warunki geometryczne niwelatora libelowego:

- $l \perp v$, tj. prostopadłość osi głównej libeli niwelacyjnej do osi obrotu instrumentu,
- $Q \perp v$, tj. prostopadłość płaszczyzny głównej libeli okrągłej do osi obrotu instrumentu,
- $l \parallel c$, tj. równoległość osi głównej libeli niwelacyjnej i osi celowej lunety (w płaszczyźnie poziomej i pionowej),
- $n_1 \perp v$, tj. pozioma kreska siatki kresek powinna być prostopadła do osi obrotu instrumentu.

W niwelatorach automatycznych libelę rurkową zastąpiono kompensatorem, który również zastępuje śrubę elewacyjną. Tym samym wyeliminowano czasochłonne i pracochłonne poziomowanie libeli niwelacyjnej. Usprawniło to w znacznym stopniu wykonywanie pomiarów niwelacyjnych.

Sprawdzenie i rektyfikacja niwelatora libelowego

Sprawdzenie warunku $l \perp v$.

W celu sprawdzenia warunku $l \perp v$ należy wykonać następujące czynności:

- spoziomować niwelator używając libelki okrągłej,
- ustawić libelę niwelacyjną w pozycji równoległej do linii łączącej dwie śruby ustawcze spodarki,
- obrotami śrub ustawczych doprowadzić libelę niwelacyjną do górowania,
- obrócić alidadę niwelatora o 180^0 ,
- sprawdzić położenie pęcherzyka libelki,
- wychylenie pęcherzyka świadczy o niespełnieniu warunku $l \perp v$,
- w niwelatorach ze śrubą elewacyjną, niewielkie wychylenie korygujemy przy pomocy tejże śruby,
- w pozostałych przypadkach (duże wychylenie w niwelatorze ze śrubą, niwelator bez śruby) instrument należy oddać do warsztatu.

Sprawdzenie warunku $Q \perp v$.

Sprawdzenie przebiega w identyczny sposób, jak w przypadku warunku $l \perp v$:

- obrócić niwelator tak, aby linia łącząca dwie śruby rektyfikacyjne libeli okrągłej była równoległa do linii łączącej dwie śruby ustawcze (S_1, S_2),
- spoziomować niwelator na libelkę okrągłą,
- obrócić alidadę niwelatora o 180^0 ,
- sprawdzić położenie pęcherzyka libelki,
- wychylenie pęcherzyka libeli okrągłej świadczy o niespełnieniu warunku $Q \perp v$.

Jeżeli stwierdzone zostanie niespełnienie warunku $Q \perp v$, wtedy konieczna jest rektyfikacja. Obejmuje ona następujące czynności:

- połowę wychylenia pęcherzyka libeli wzdłuż linii \parallel do odcinka łączącego dwie śruby ustawcze (S_1, S_2) usuwamy dwiema śrubkami rektyfikacyjnymi libeli, drugą połowę śrubami nastawczymi,
- połowę wychylenia pęcherzyka libeli wzdłuż linii \perp do poprzedniej usuwamy trzecią śrubą rektyfikacyjną libeli, drugą połowę trzecią śrubą nastawczą.

Kontrolujemy położenie pęcherzyka. W razie potrzeby czynności powtarzamy.

Sprawdzenie warunku $l \parallel c$.

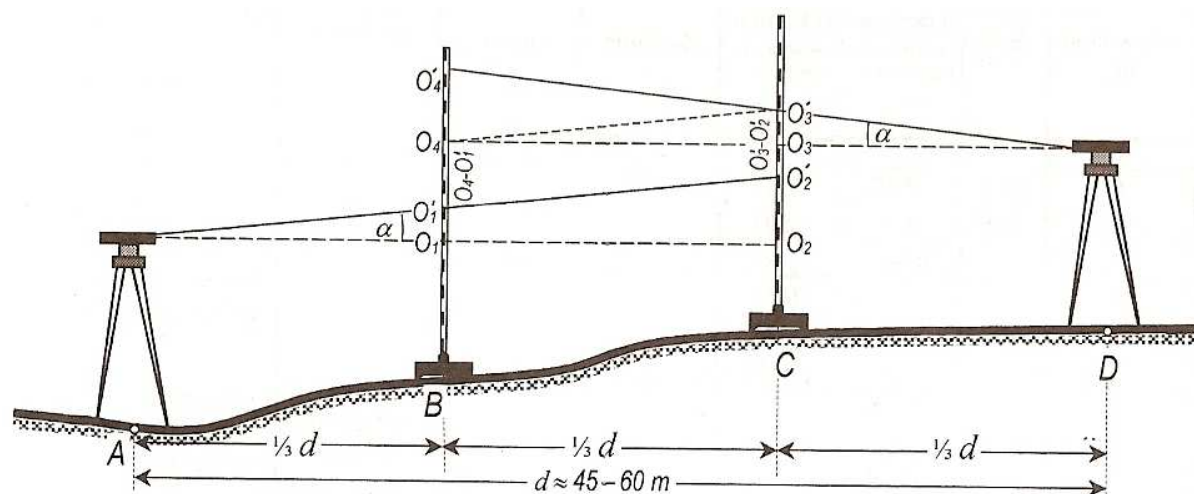
W celu sprawdzenia warunku $l \parallel c$ w rzucie na płaszczyznę poziomą należy wykonać następujące czynności:

- spoziomować niwelator za pomocą libelki pudełkowej,
- obrócić niwelator tak, aby luneta znalazła się nad jedną śrubą ustawczą spodarki i jednocześnie symetrycznie pomiędzy pozostałymi dwoma śrubami ustawczymi,
- ustawić pionowo na żabce łąkę w linii osi celowej i w odległości około 40 m od niwelatora,
- wykonać dokładne poziomowanie niwelatora libelą niwelacyjną,
- wykonać odczyt na łące,

- obrócić o pół obrotu śrubę ustawczą spodarki, znajdującą się z lewej strony lunety (spowoduje to zmianę odczytu na łącie),
- naprowadzić oś celową na poprzedni odczyt przy pomocy śruby ustawczej spodarki, znajdującej się po prawej stronie lunety, wykonując nią ruch w przeciwną stronę, niż śrubą znajdującą się z lewej strony lunety,
- jeżeli wystąpiło wychylenie pęcherzyka, świadczy to o wichrowatości osi I i c. Błąd ten usuwamy przy pomocy poziomych śrubek rektyfikacyjnych libeli niwelacyjnej.

Teraz należy sprawdzić warunek $I \parallel c$ w płaszczyźnie pionowej.

Istnieje kilka sposobów kontroli tego warunku, w niniejszym materiale zostanie przedstawiony sposób opracowany przez fińskiego geodetę Kukkamäki, nazywany sposobem trzech odcinków.



Rys.34. Sprawdzenie warunku $I \parallel c$ metodą trzech odcinków [1, s. 275]

Sprawdzenie warunku $I \parallel c$ tą metodą polega na wykonaniu następujących czynności:

- w terenie płaskim odmierzymy odcinek AD o długości 45-60 m,
- dzielimy go na trzy równe odcinki przy pomocy taśmy, określając położenie punktów B i C,
- na punkcie A ustawiamy niwelator,
- na łątach ustawionych w punktach B i C wykonujemy odczyty O_1' i O_2' ,
- przenosimy niwelator na punkt D,
- na łątach w punktach B i C wykonujemy odczyty O_3' i O_4' ,
- prawidłowe odczyty O_1, O_2, O_3, O_4 powinny spełniać warunek:

$$O_4 - O_1 = O_3 - O_2,$$
- w przypadku nie spełnienia w/w warunku w niwelatorze występuje błąd libeli niwelacyjnej spowodowany tym, że nie jest spełniony warunek $I \parallel c$,
- w celu rektyfikacji niwelatora libelowego ze śrubą elewacyjną obliczamy teoretyczny odczyt O_4

$$O_4 = O_1' - O_2' + O_3'$$
- na obliczony odczyt O_4 ustawiamy (śrubą elewacyjną) kreskę poziomą krzyża kresek,
- usuwamy wychylenie pęcherzyka libelki niwelacyjnej przy pomocy pionowych śrub rektyfikacyjnych libeli,
- jeżeli warunek $O_4 = O_1' - O_2' + O_3'$ jest spełniony z dokładnością $\pm 2\text{mm}$ oznacza to, że warunek $I \parallel c$ został spełniony.

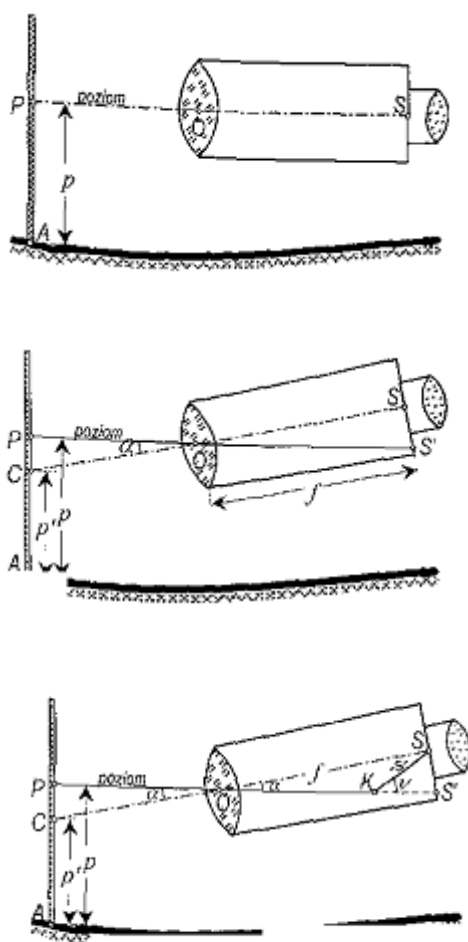
Sprawdzenie warunku $n_1 \perp v$.

Prostopadłość poziomej kreski krzyża kresek do osi obrotu instrumentu sprawdzamy następująco:

- naprowadzamy lunetę na wyraźny punkt, tak aby jego obraz leżał na kresce poziomej, na lewym lub prawym jej końcu,
- obracamy niwelator używając leniwki alidady i przesuujemy obraz punktu na drugi kraniec pola widzenia lunety,
- jeżeli obraz nie zejdzie z kreski poziomej, oznacz to, że warunek $n_1 \perp v$ jest spełniony.

W warunkach polowych nie da się usunąć błędu nieprostopadłości poziomej kreski siatki kresek do osi obrotu instrumentu.

Współczesne niwelatory zamiast libeli niwelacyjnej, wyposażone są w kompensatory. Dzięki zastosowaniu kompensatorów otrzymuje się odczyt na łacie, odpowiadający ściśle poziomej osi celowej niwelatora. Na rys.35 przedstawiono zasadę działania jednego z typów kompensatorów.



Rys. 35. Zasada działania kompensatora [1, s. 278]

Warunki geometryczne, sprawdzenie i rektyfikacja niwelatorów automatycznych

Niwelatory automatyczne powinny spełniać następujące warunki:

- $Q \perp v$,
- $n_1 \perp v$,
- kompensator niwelatora powinien działać sprawnie w przewidzianym dla niego zakresie,
- kompensator powinien ustawiać oś celową lunety w położeniu poziomym.

Dwa pierwsze warunki sprawdzamy tak samo, jak w niwelatorach libelowych.

Sprawdzenie warunku trzeciego polega na wykonaniu następujących czynności:

- niwelator ustawiamy tak, aby obiektyw znalazł się nad jedną ze śrub ustawczych spodarki,
- na kierunku osi celowej ustawiamy na żabce łąkę (30-40 m),
- dokładnie poziomujemy instrument przy pomocy libelki pudełkowej,
- wykonujemy odczyt z łąki,
- obracamy śrubę ustawczą pod obiektywem,
- kontrolujemy stałość obrazu podczas obrotu śruby,
- w momencie zmiany stałości obrazu skończyło się działanie kompensatora, w tym położeniu odczyt na łące powinien zmienić się nie więcej niż o 1 mm,
- wychylając kompensator w przeciwną stronę (obracamy śrubę poziomującą w przeciwną stronę) odczyt na łące powinien zachowywać się podobnie,
- jeżeli odczyt zmienia się o więcej niż 1mm należy oddać instrument do specjalistycznego zakładu do naprawy.

Warunek czwarty sprawdzamy jak w niwelatorach libelowych np. metodą trzech odcinków.

Nowe konstrukcje niwelatorów (cyfrowe, laserowe)

Niwelatory cyfrowe(elektroniczne) to niwelatory automatyczne (z wbudowanym dalmierzem elektronicznym) współpracujące ze specjalnymi łąkami z podziałem kodowym.

Odczyt z łąki odbywa się automatycznie przy pomocy mikroprocesora wbudowanego w instrument. Odczyt może być pokazany na wyświetlaczu lub zapisany w pamięci wewnętrznej niwelatora. Niwelatory cyfrowe mogą działać również, jak zwykle niwelatory samopoziomujące. Niewątpliwymi zaletami niwelatorów elektronicznych są:

- wykonanie i wyświetlenie wyników pomiarów w czasie krótszym niż 3 sekundy,
- natychmiastowe obliczenie różnic wysokości,
- zapis wyników pomiarów w pamięci wewnętrznej i możliwość przesłania ich do komputera,
- możliwość automatycznego pomiaru odległości,
- pomiar ciągły,
- odczyt z łąki odwróconej,
- wewnętrzny program do rektyfikacji instrumentu,
- eliminowanie błędnych odczytów łąki i błędnych zapisów odczytów,
- praca przy świetle ulicznym, wewnątrz budynków, w tunelach nawet w ciemności.

Niwelatory laserowe są wyposażone w laser, który wytwarza poziomą, obrotową wiązkę promieni światła widzialnego(czerwonego lub zielonego) albo niewidzialnego. Niwelatory laserowe posiadają również wbudowane urządzenie odbiorcze-fotodetektor z czujnikiem poziomym. Przy jego pomocy rejestrowane jest położenie wiązki laserowej służącej do pomiaru.

Dokładność poziomowania płaszczyzny poziomej w niwelatorze laserowym jest rzędu $\pm 3-5\text{mm}/50\text{m}$. Zaletą niwelatorów laserowych jest:

- możliwość bezpośredniego wyznaczania płaszczyzny, poziomu, pionu, kąta prostego na tyczonej obiekcie, bez konieczności użycia łąk niwelacyjnych i wskazań obserwatora,
- osiągnięte dokładności przewyższają dokładności tradycyjnych metod pomiarowych,
- szybkość pracy i wygoda stosowania – laser można ustawić na budowie, by w sposób ciągły wyznaczał poziom lub nachylenie,
- wszystkie pomiary może wykonywać praktycznie jedna osoba, bez specjalnych kwalifikacji,
- laser pozwala zidentyfikować błędy już w trakcie pomiaru.



Rys. 36. Niwelator laserowy firmy TOPCON [5]

Pomocniczy sprzęt niwelacyjny

Do sprzętu niwelacyjnego zaliczamy:

- łąty niwelacyjne-przymiary sztywne (drewniane bądź aluminiowe) służące do wyznaczenia odległości pionowych pomiędzy niwelowanymi punktami a płaszczyzną poziomą wyznaczoną przez oś celową niwelatora,
- statyw,
- libele okrągłe (pudełkowe),
- żabki niwelacyjne (trójkątna lub okrągła podstawa zaopatrzona w zaokrąglony trzpień, na którym ustawia się łątę).

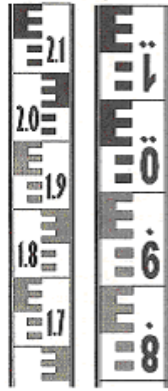
Sposoby sprawdzania łąt niwelacyjnych

Instrukcja techniczna G-2 narzuca na użytkowników konieczność sprawdzenia rzeczywistej długości poszczególnych odcinków metrowych łąt, tj. wyznaczenia poprawki komparacji na średnią długość łąt. Sprawdzenie wykonuje się w laboratorium na przyrządzie zwanym „linią genewska”- precyzyjny przymiar będący wzorcem metra w postaci liniału. Na jednej jego krawędzi znajduje się podziałka milimetrowa, na drugiej- podział złożony z działek o wartości 0,2mm. Nad końcami podziałki znajdują się dwa mikroskopy. Porównanie długości wzorcowej z długością poszczególnych metrowych odcinków łąty umożliwia określenie rzeczywistej długości łąty.

Według instrukcji G-2 poprawka średniego metra łąty nie może przekraczać $\pm 0,2\text{mm}$ dla niwelacji kl. III oraz $\pm 0,3\text{mm}$ dla niwelacji kl. IV.

Wykonywanie odczytów z łąt niwelacyjnych

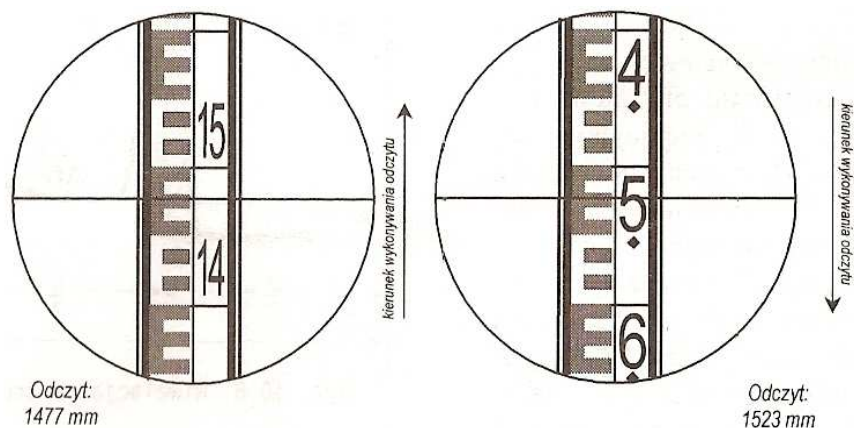
Łata niwelacyjna jest najczęściej wykonana z drewna lub z aluminium o przekroju prostokątnym. Łata ma naniesiony opis, umożliwiający wykonanie odczytu, czyli dokładne określenie odległości pionowej od stopy łąty do punktu, przez który przechodzi pozioma oś celowa lunety niwelatora. Łatę niwelacyjną ustawiamy na bolcu (trzpieniu) żabki niwelacyjnej w pozycji pionowej. Do ustawienia łąty w pionie wykorzystuje się libelę, zazwyczaj zamontowaną na stałe na korpusie łąty.



Rys. 37. Przykładowe podziały łat niwelacyjnych [1, s.264]

Przed wykonaniem odczytu z łaty niwelacyjnej należy:

- 1) spoziomować niwelator,
- 2) ustawić ostrość krzyża kresek,
- 3) wycelować na łatę,
- 4) ustawić ostrość obrazu celu,
- 5) wykonać odczyt z łaty.



Rys. 38. Przykładowy odczyt z łaty [1, s. 257]

Wykonanie odczytu polega na oszacowaniu położenia kreski poziomej krzyża kresek na tle podziałki widocznego na obrazie łaty.

4.4.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

- 1) Jakie zastosowanie w pomiarach geodezyjnych mają niwelatory?
- 2) Jakie znasz rodzaje niwelatorów, jeżeli za kryterium podziału przyjmiesz sposób wyznaczania płaszczyzny poziomej?
- 3) Jakie znasz rodzaje niwelatorów, jeżeli za kryterium podziału przyjmiesz osiągnięte dokładności?
- 4) Przy pomocy jakiego parametru charakteryzuje się dokładność niwelacji geometrycznej technicznej?
- 5) Jakie są podstawowe części niwelatora?
- 6) Jakie osie występują w niwelatorze?

- 7) Jakie warunki geometryczne musi spełniać prawidłowo działający niwelator automatyczny?
- 8) Które z warunków geometrycznych niwelatora podlegają rektyfikacji?
- 9) Do czego służy kompensator w niwelatorze?
- 10) Co określa termin niwelator automatyczny?
- 11) Jakie znasz rodzaje nowoczesnych niwelatorów?
- 12) Jakie przybory i instrumenty zaliczysz do sprzętu niwelacyjnego?
- 13) W jaki sposób należy sprawdzić podział łat niwelacyjnych przed pomiarem?

4.3.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Na poligonie szkolnym wykonaj pomiar różnicy wysokości między dwoma sąsiednimi punktami osnowy metodą niwelacji geometrycznej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wyznaczyć na odcinku niwelacyjnym stanowiska dla niwelatora i łat,
- 2) ustawić niwelator na przygotowanym stanowisku,
- 3) przygotować niwelator do pomiaru,
- 4) ustawić pionowo łaty na żabkach: na początkowym punkcie niwelowanego odcinka i na pierwszym stanowisku łaty,
- 5) wykonać odczyt z łaty wstecz,
- 6) zapisać odczyt w dzienniku,
- 7) wykonać odczyt z łaty w przód,
- 8) zapisać odczyt w dzienniku,
- 9) zmienić wysokość instrumentu na stanowisku i ponownie wykonać odczyty (najlepiej w odwrotnej kolejności, tj. „w przód”, „wstecz”),
- 10) porównać wyniki pomiarów cząstkowej różnicy wysokości na stanowisku i jeżeli rozbieżność $\leq 4\text{mm}$ - obliczyć Δh_{sr} ,
- 11) przenieść niwelator na następne stanowisko i łatę „wstecz” wraz z żabką na kolejny punkt wiążący,
- 12) powtarzać czynności 5-11, aż łata w przód znajdzie się na punkcie końcowym odcinka niwelacyjnego,
- 13) wykonać obliczenie różnicy wysokości na niwelowanym odcinku,
- 14) powtórzyć pomiar w przeciwnym kierunku,
- 15) porównać otrzymane Δh na całym odcinku niwelacji z pomiaru w dwóch kierunkach,
- 16) jeżeli rozbieżność jest dopuszczalna oznacza to koniec prac pomiarowych.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- sprzęt niwelacyjny (niwelator, statyw, para łat, para żabek, ruletka, dziennik pomiarowy, szkicownik),
- ołówek,
- kalkulator,
- poradnik dla ucznia.

Ćwiczenie 2

Na terenie szkoły wybierz kilka szczegółów sytuacyjnych i wykonaj pomiar umożliwiający określenie ich wysokości względem punktów poligonu szkolnego o znanej wysokości. Do wykonania ćwiczenia wykorzystaj tachimetr.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) skompletować sprzęt do pomiaru (tachimetr, statyw, para tyczek, para stojaków, pryzmat, tyczka do pryzmatu, szkicownik, dziennik pomiarowy, ołówek, kalkulator),
- 2) ustawić instrument na stanowisku (wybrany punkcie poligonu szkolnego o znanej wysokości H_A),
- 3) przygotować instrument do pomiaru na stanowisku,
- 4) ustawić pionowo pryzmat na wybranym szczególe sytuacyjnym (punkt B),
- 5) wycelować na znaczki pomiarowe tarczy celowniczej pryzmatu,
- 6) wykonać pomiar i odczytać pomierzoną różnicę wysokości ΔH_{AB} ,
- 7) zapisać wynik pomiaru,
- 8) obliczyć wysokość punktu B: $H_B = H_A + \Delta H_{AB}$,
- 9) powtórzyć czynności 4-8.

Wyposażenie stanowiska:

- poradnik dla ucznia,
- tachimetr,
- statyw,
- para tyczek,
- para stojaków,
- pryzmat,
- tyczka do pryzmatu z libelą,
- szkicownik,
- dziennik pomiarowy,
- ołówek,
- kalkulator.

Ćwiczenie 3

Dla punktów z ćwiczenia 2 wykonaj niwelatorem automatycznym pomiar odległości.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) skompletować sprzęt do pomiaru (niwelator, statyw, para łąt, szkicownik, dziennik pomiarowy, ołówek, kalkulator),
- 2) ustawić niwelator na stanowisku (wybrany punkcie poligonu szkolnego),
- 3) przygotować instrument do pomiaru na stanowisku,
- 4) ustawić pionowo łątę na wybranym szczególe sytuacyjnym (punkt B),
- 5) wycelować na łątę na punkcie celu,
- 6) odczytać trzy kreski dalmiercze (górną-g, środkową-s i dolną-d),
- 7) zapisać wynik pomiaru w dzienniku,
- 8) sprawdzić warunek $(g+d)/2 = s$,

- 9) obliczyć odległość między stanowiskiem A i mierzonym punktem B ze wzoru: $d = kl + c$,
 10) powtórzyć czynności 4-8.

Wyposażenie stanowiska:

- poradnik dla ucznia,
- niwelator,
- statyw,
- para łąt,
- szkiecownik,
- dziennik pomiarowy,
- ołówek,
- kalkulator.

4.4.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

| | Tak | Nie |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1) zdefiniować pojęcie niwelator? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) określić warunki geometryczne niwelatora automastycznego? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) określić osie występujące w niwelatorze | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4) rozróżnić części składowe niwelatora? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5) rozróżnić rodzaje niwelatorów w zależności od sposobu realizowania płaszczyzny poziomej? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6) rozróżnić rodzaje niwelatorów w zależności od osiąganych dokładności? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7) wykonać rektyfikację niwelatora? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8) skompletować sprzęt do wykonania niwelacji geometrycznej? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9) pomierzyć różnicę wysokości między dwoma punktami metodą niwelacji geometrycznej? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 10) wyjaśnić zasadę działania kompensatora w niwelatorze? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

INSTRUKCJA DLA UCZNIĄ

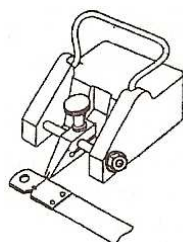
1. Przeczytaj uważnie instrukcję.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
4. Udzielaj odpowiedzi na załączonej karcie odpowiedzi.
5. Test zawiera 25 zadań. Do każdego zadania dołączone są 4 możliwości odpowiedzi. Tylko jedna jest prawidłowa.
6. Udzielaj odpowiedzi na załączonej karcie odpowiedzi, stawiając w odpowiedniej rubryce znak X. W przypadku pomyłki należy błędną odpowiedź zaznaczyć kółkiem, a następnie ponownie zakreślić odpowiedź prawidłową.
7. Pracuj samodzielnie.
8. Jeśli udzielenie odpowiedzi będzie sprawiało Ci trudności, wtedy odłóż jego rozwiązanie na później i wróć do niego, gdy zostanie Ci wolny czas.
9. Na rozwiązanie testu masz 60 minut.

Powodzenia!

ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

1. Pomiar odległości między dwoma punktami leżącymi na przeciwległych brzegach rzeki można wykonać metodą
 - a) bezpośrednią taśmą ze szpilkami.
 - b) bezpośrednią ruletką geodezyjną.
 - c) pośrednią dalmierzem.
 - d) pośrednią taśmą ze szpilkami.

2. Na rysunku przedstawiony jest



- a) wskaźnik do taśmy.
 - b) żabka.
 - c) obciążnik.
 - d) klin.
3. Parametrem charakteryzującym dokładność pomiarów liniowych jest
 - a) średnia arytmetyczna.
 - b) błąd względny lub bezwzględny.
 - c) błędy systematyczne.
 - d) błędy przypadkowe.

4. Odległość pomierzoną metodą bezpośrednią obliczamy ze wzoru

- a) $d = nl - r$,
- b) $d = nl / r$
- c) $d = nl + r$
- d) $d = r - nl$

gdzie:

- n – liczba odłożeń przymiaru,
- l – długość przymiaru,
- r – reszta.

5. Czy możliwe jest automatyczne wykonywanie odczytów niwelatorem cyfrowym na łącie ze zwykłym podziałem

- a) tak, ale trzeba zmienić oprogramowanie niwelatora.
- b) nie, jest to niemożliwe.
- c) tak, nie ma żadnej różnicy, jaką łątę stosujemy.
- d) tak, ale dokładność takich pomiarów z tego powodu będzie mniejsza.

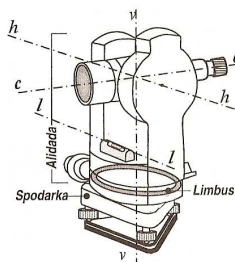
6. Węgielnicę w pomiarach geodezyjnych stosujemy do wyznaczenia

- a) poziomu.
- b) kąta poziomego.
- c) kąta pionowego.
- d) kąta prostego.

7. W teodolicie oś oznaczona symbolem „l” oznacza

- a) oś celową lunety.
- b) pionową oś obrotu instrumentu.
- c) poziomą oś obrotu lunety.
- d) oś rurkowej libeli alidadowej.

8. Rysunek przedstawia

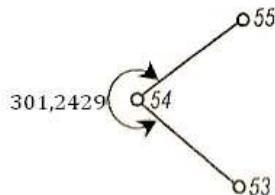


- a) tachimetr.
- b) teodolit.
- c) niwelator.
- d) dalmierz.

9. Śruby ustawcze teodolitu służą do

- a) mocowania teodolitu na statywie.
- b) sprzęgania limbusa z alidadą.
- c) poziomowania teodolitu.
- d) poziomowania statywu.

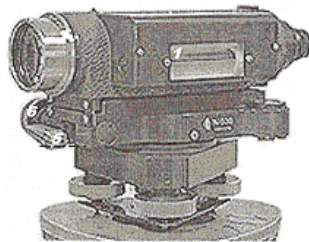
10. Teodolity precyzyjne charakteryzują się dokładnością odczytu kierunku
- nie mniejszą niż $\pm 0,5'$ (1^{cc}).
 - około $\pm 1'$ (2^{cc}).
 - od $\pm 5''$ do $\pm 20''$, (10^{cc} - 20^{cc}).
 - od $\pm 30''$ do $\pm 1'$, (1^{c} - 2^{c}).
11. Teodolit jest wolny od błędu kolimacji, gdy spełniony jest warunek
- $l \perp v$.
 - $h \perp v$.
 - $h \perp l$.
 - $c \perp h$.
12. Kąt poziomy jest to kąt dwuścienny utworzony przez dwie
- płaszczyzny poziome.
 - płaszczyzny pionowe przechodzące przez pionową oś obrotu instrumentu.
 - dowolne płaszczyzny.
 - płaszczyzny: poziomą i pionową, przechodzącą przez pionową oś obrotu instrumentu.
13. Kąt pionowy jest to kąt, którego obydwie ramiona leżą na płaszczyźnie
- poziomej.
 - pionowej, i są wyznaczone przez oś celową teodolitu, skierowaną do dwóch punktów celu P_1 i P_2 .
 - pionowej, przy czym jedno ramię jest zawsze stałe: poziome lub pionowe, zaś drugie ramię – zmienne, wyznaczone przez oś celową teodolitu, skierowaną do punktu celu P.
 - skośnej i oba ramiona są zawsze zmienne.
14. Rysunek przedstawia pomiar kąta



- poziomego metodą kierunkową.
 - poziomego metodą repetycyjną.
 - poziomego metodą pojedynczego kąta.
 - pionowego.
15. Oblicz wartość błędu indeksu koła pionowego mając dane odczyty na kole pionowym tego samego kierunku: $O_{KL} = 101^{\text{g}}80^{\text{c}}70^{\text{c}}$, $O_{KP} = 298^{\text{g}}17^{\text{c}}00^{\text{c}}$
- $+1^{\text{c}}15^{\text{cc}}$
 - $+2^{\text{c}}30^{\text{cc}}$
 - $-1^{\text{c}}15^{\text{cc}}$
 - $-2^{\text{c}}30^{\text{cc}}$
16. Ziemskie pole magnetyczne
- wytwarzają odbiorniki znajdujące się na ziemi.
 - wytwarza sama Ziemia.
 - wytwarzają nadajniki występujące na ziemi.
 - wytwarzają sztuczne satelity Ziemi.

17. Azymut magnetyczny jest to kąt między kierunkiem
- północnej części południka magnetycznego a danym kierunkiem poziomym, liczony zgodnie z ruchem wskazówek zegara od kierunku południka magnetycznego.
 - północnej części południka geograficznego a danym kierunkiem poziomym, liczony zgodnie z ruchem wskazówek zegara od kierunku południka geograficznego.
 - południowej części południka magnetycznego a danym kierunkiem poziomym, liczony zgodnie z ruchem wskazówek zegara od kierunku południka.
 - północnej części południka magnetycznego a danym kierunkiem poziomym, liczony przeciwnie do ruchu wskazówek zegara od kierunku południka .
18. Rejestratory polowe stosujemy zamiast
- przyborów kreślarskich.
 - dzienników polowych.
 - szkicowników.
 - oprogramowania instrumentu.
19. Niwelator to instrument służący do pomiaru
- kątów poziomych.
 - kątów pionowych.
 - różnic wysokości między punktami.
 - wysokości punktów.

20. Rysunek przedstawia



- teodolit.
- tachimetr.
- dalmierz.
- niwelator.

21. Rysunek przedstawia



- łatę.
- żabkę.
- stojak.
- statyw.

22. Zasadnicza różnica w budowie między teodolitem a niwelatorem polega na braku
- alidady w niwelatorze.
 - koła pionowego w niwelatorze.
 - koła poziomego w niwelatorze.
 - śrub ustawczych w niwelatorze.
23. W niwelatorze kompensator służy do
- rektyfikacji niwelatora.
 - usuwania błędów przypadkowych.
 - uzyskania odczytu odpowiadającego ściśle spoziomowanej osi celowej niwelatora.
 - wykonania odczytu.
24. Tachimetr to instrument będący połączeniem
- teodolitu i niwelatora.
 - niwelatora i dalmierza.
 - niwelatora i rejestratora.
 - teodolitu i dalmierza.
25. Niwelatory cyfrowe różnią się od niwelatorów optycznych następującą cechą
- podczas pomiaru niwelatorem cyfrowym nie jest wymagane ustawianie ostrości obrazu celu.
 - wszystkie czynności niwelator cyfrowy wykonuje automatycznie.
 - niwelatory cyfrowe są dużo mniejsze od optycznych.
 - sposobem identyfikacji położenia osi celowej na łacie.

KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko.....

Stosowanie instrumentów geodezyjnych

Zakreśl poprawną odpowiedź.

| Nr zadania | Odpowiedź | | | | Punkty |
|---------------|-----------|---|---|---|--------|
| 1 | a | b | c | d | |
| 2 | a | b | c | d | |
| 3 | a | b | c | d | |
| 4 | a | b | c | d | |
| 5 | a | b | c | d | |
| 6 | a | b | c | d | |
| 7 | a | b | c | d | |
| 8 | a | b | c | d | |
| 9 | a | b | c | d | |
| 10 | a | b | c | d | |
| 11 | a | b | c | d | |
| 12 | a | b | c | d | |
| 13 | a | b | c | d | |
| 14 | a | b | c | d | |
| 15 | a | b | c | d | |
| 16 | a | b | c | d | |
| 17 | a | b | c | d | |
| 18 | a | b | c | d | |
| 19 | a | b | c | d | |
| 20 | a | b | c | d | |
| 21 | a | b | c | d | |
| 22 | a | b | c | d | |
| 23 | a | b | c | d | |
| 24 | a | b | c | d | |
| 25 | a | b | c | d | |
| Razem: | | | | | |

6. LITERATURA

1. Jagielski A.: Geodezja I. GEODPIS, Kraków 2006
2. Jagielski A.: Przewodnik do ćwiczeń z geodezji I. GEODPIS, Kraków 2006
3. Jagielski A.: Geodezja II. GEODPIS, Kraków 2006
4. Jagielski A.: Przewodnik do ćwiczeń z geodezji II. GEODPIS, Kraków 2006
5. www.topcon.pl
6. Ząbek J.: Geodezja I. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1998