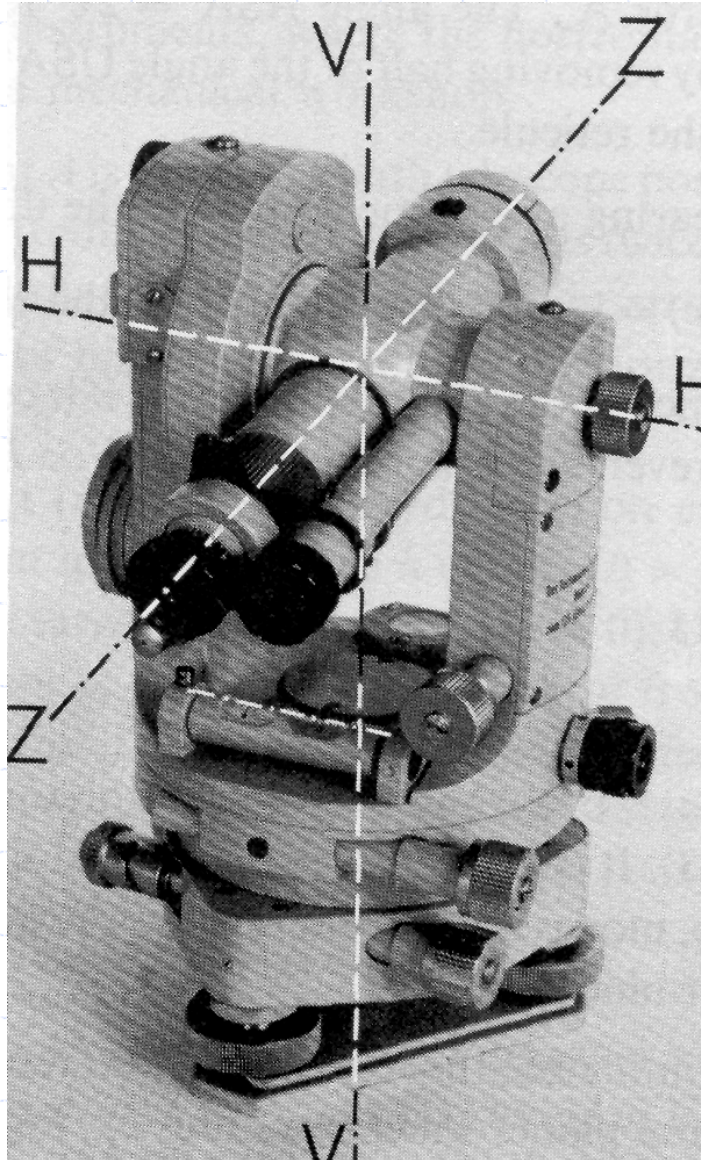


# Warunki geometryczne i ich rektyfikacja



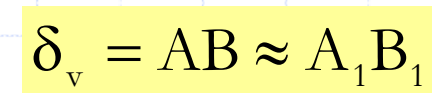
# Osie Teodolitu



# Błędy systematyczne

- błąd spowodowany **niedokładnym** ustawieniem osi pionowej instrumentu v-v w pionie,
- błąd spowodowany nieprostokątnością osi obrotu lunety do osi pionowej instrumentu, czyli błędem **inklinacji**,
- błąd spowodowany nieprostokątnością osi celowej lunety do osi poziomej obrotu lunety, czyli błędem **kolimacji**,
- błąd spowodowany **ekscentrycznością** alidady,
- błąd spowodowany **ekscentrycznością** osi celowej,
- błąd spowodowany systematycznym błędem **podziału** limbusa.

- Błąd jaki z tego powodu powstanie
- 



Z trójkąta sferycznego  $PZZ_1$  mamy

$$\frac{\sin \beta}{\sin v} = \frac{\sin \alpha}{\sin(90^\circ - h)}$$

Z trójkąta sferycznego  $PAB$  mamy

$$\frac{\sin \beta}{\sin \delta_v} = \frac{\sin 90^\circ}{\sin BP}$$

Kładąc ,  $\sin 90^\circ = 1$  i eliminując  $\sin \beta$  otrzymujemy

$$\sin \delta_v = \sin v \sin \alpha \operatorname{tgh}$$

Ponieważ kąty  $v$  i  $\delta v$  są małe

$$\delta_v'' = v'' \sin \alpha \operatorname{tgh}$$



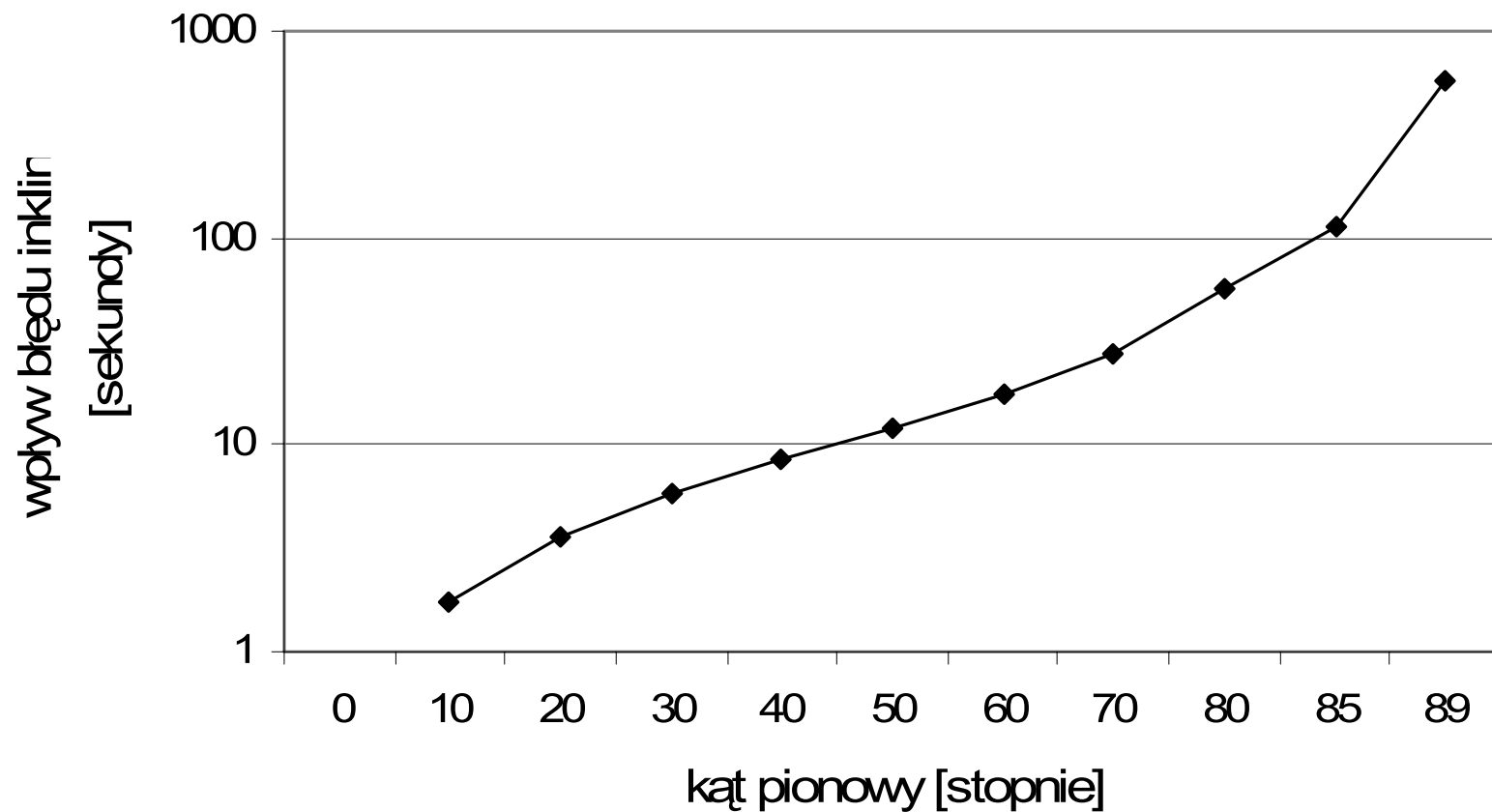
# Błąd inklinacji

- Jeżeli oś instrumentu **vv** nie jest prostopadłą do osi obrotu instrumentu **cc** i tworzy z nią kąt  $90^\circ + \nu$ , wówczas oś instrumentu nie przechodzi przez zenit  $Z$ , ale przez inny punkt  $Z_1$
- Błąd ten wynika z powodów konstrukcyjnych teodolitu i ma ten sam charakter co poprzedni błąd, z tą tylko różnicą, że jest w każdym miejscu limbosa ten sam:

$$\varepsilon_i'' = \nu'' \operatorname{tgh} h$$

# Wpływ błędu inklinacji

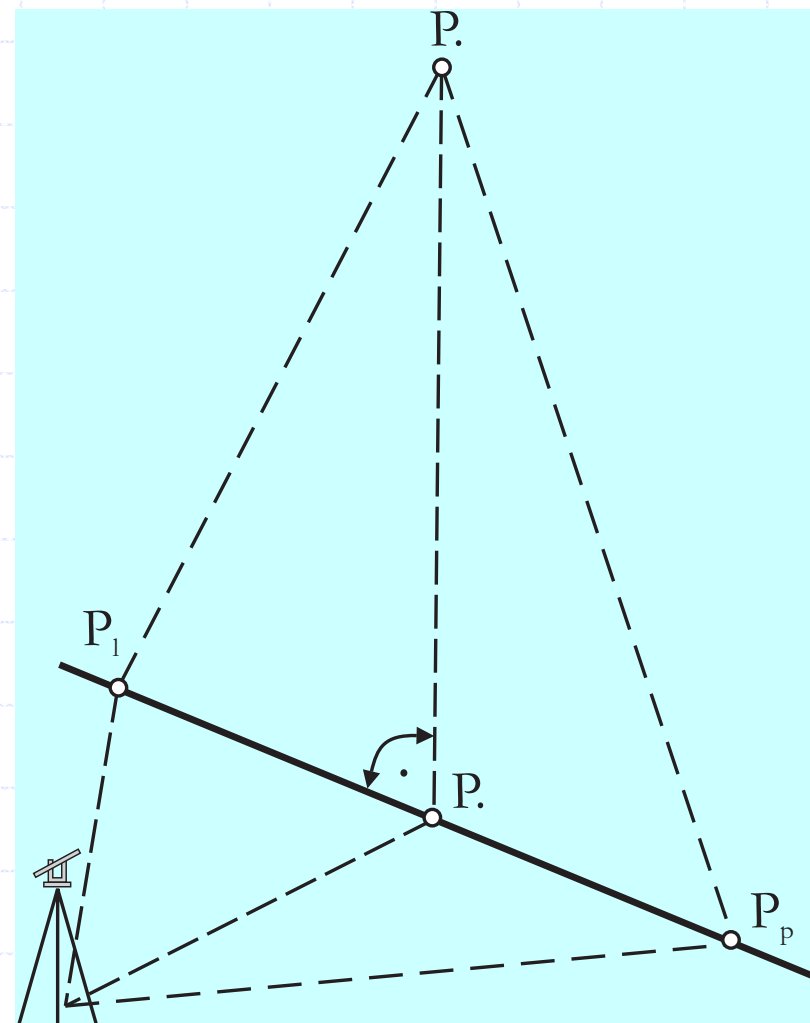
$$\varepsilon_i'' = v'' \operatorname{tgh}$$



w przykładzie przyjęto, że  $v = 20$  sekund łuku

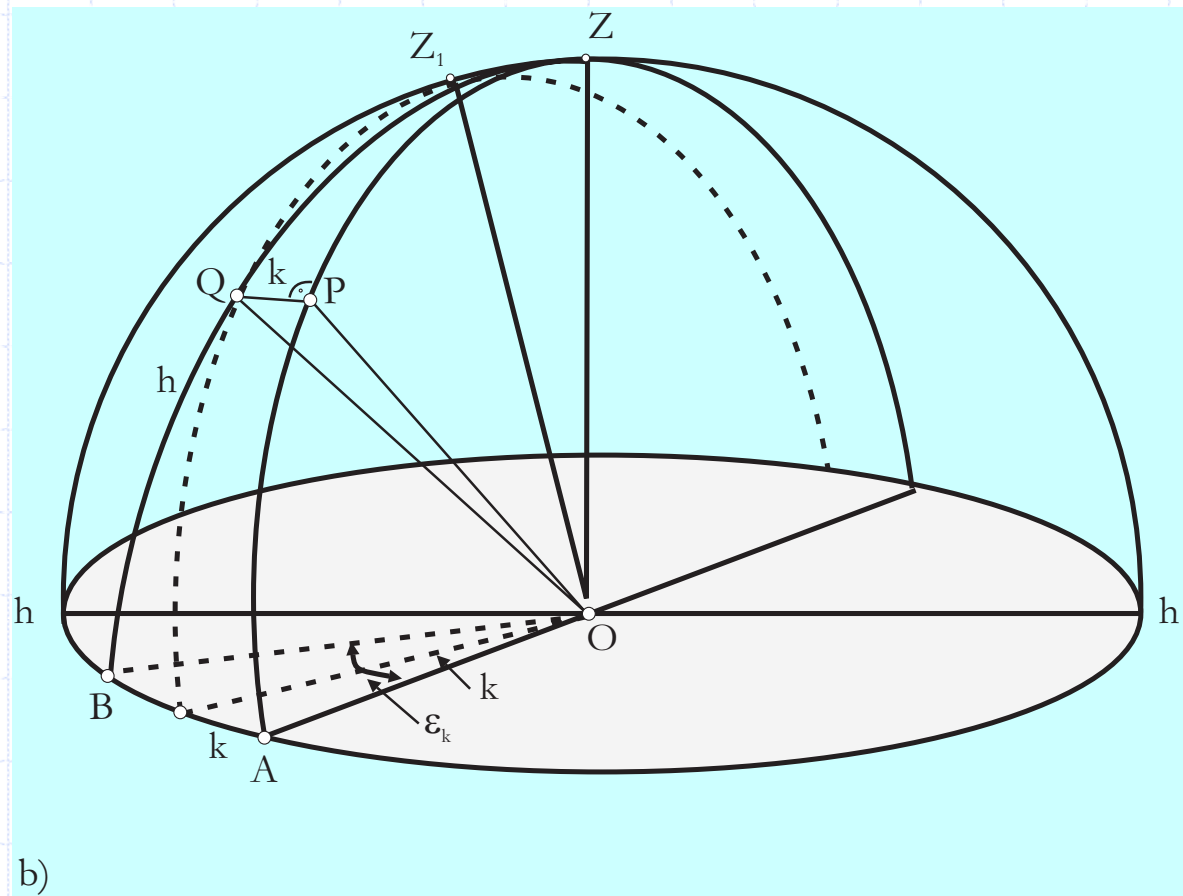
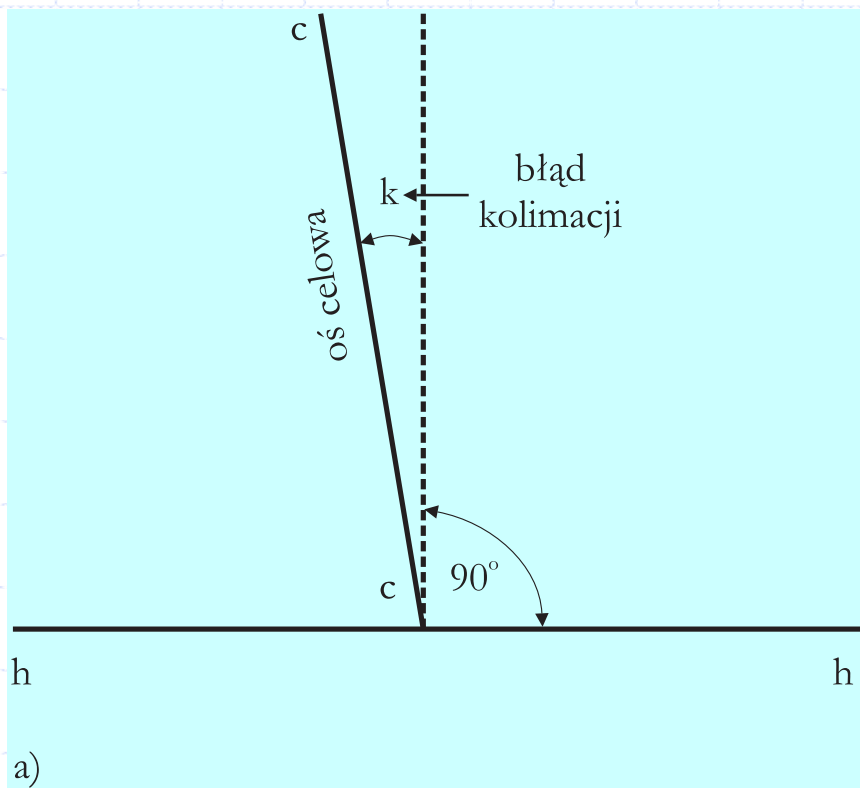
# Sprawdzenie warunku inklinacji

- W tym celu należy ustawić sprawdzany instrument na statywie lub słupie obserwacyjnym, spoziomować i wycelować na dobrze widoczny punkt P, leżący możliwie wysoko i niedaleko od teodolitu
- Następnie, opuszczając obiektyw lunety ku dołowi należy przenieść (zrzutować) wybrany punkt na poziom terenu (p)
- Tę samą czynność należy powtórzyć przy drugim położeniu kręgu pionowego,
- Jeżeli wyznaczone w powyższy sposób punkty P w terenie pokrywają się przy obu położeniach kręgu pionowego, to sprawdzany warunek geometryczny jest w danym instrumencie zachowany.





# Błąd kolimacji



- Biorąc pod uwagę trójkąt sferyczny **PZQ** widać, że

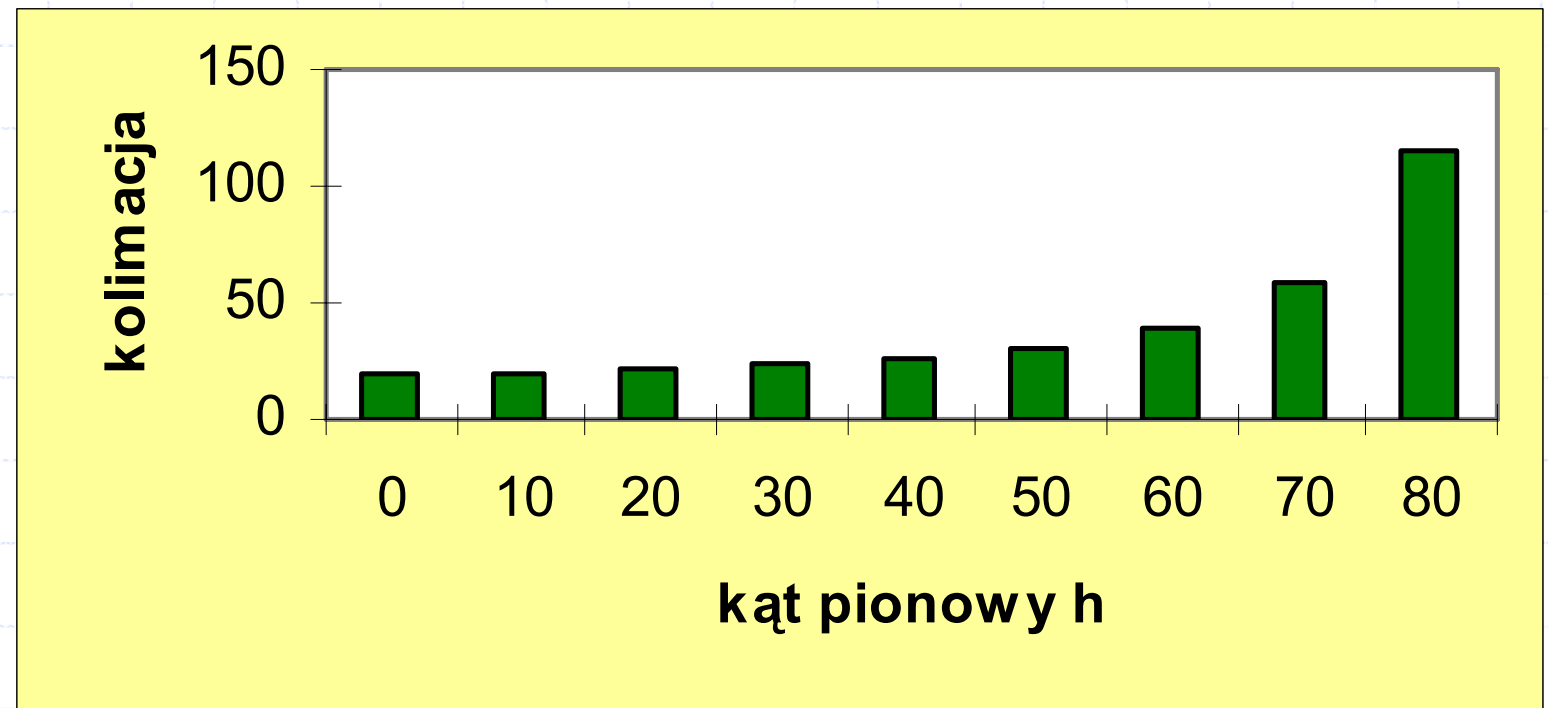
$$\sin \varepsilon_k = \sin k : \sin(90^\circ - h)$$

- ze względu na małe kąty  $\varepsilon_k$  i  $k$

$$\varepsilon_k = \frac{k}{\cosh h}$$

# Wpływ błędu kolimacji

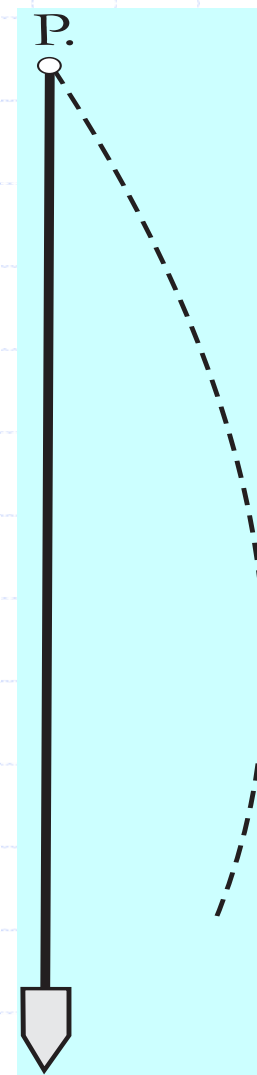
$$\varepsilon_k = \frac{\kappa}{\cos h}$$



w przykładzie przyjęto, że  $\kappa = 20$  sekund

# Sprawdzenie kolimacji

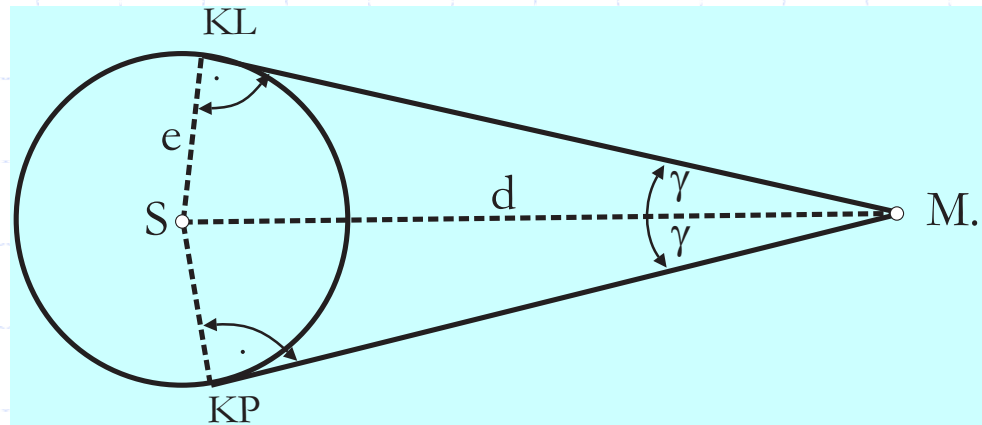
- Jeżeli istnieje błąd kolimacji to oś celowa zatacza w przestrzeni powierzchnię stożkową wokół osi obrotu lunety
- Jeśli wycelujemy na wysoki punkt P zawieszonego pionu, to pochylając lunetę na dół zauważymy, że środek krzyża kresek nie będzie przesuwiał się po linii pionu (prostej), lecz po stopniowo oddalającej się od niego krzywej.



# Metoda wyznaczenia podwójnej wartości kątowej błędu kolimacji

- Po spoziomowaniu instrumentu należy w terenie wybrać dobrze widoczny cel i wyznaczyć kierunek do tego punktu jako średnia wartość otrzymana z dwóch położenia kręgu pionowego
- Wybrany punkt powinien w przybliżeniu leżeć w płaszczyźnie poziomej, gdyż w ten sposób eliminuje się z wyników obserwacji wpływ ewentualnego błędu inklinacji.
- Jeżeli omawiany warunek geometryczny jest spełniony, wyniki obu pomiarów (przy dwóch położeniach kręgu pionowego) powinny się różnić pomiędzy sobą o kąt  $180^\circ$  w granicach dokładności celowania i odczytu
- Ewentualna odchyłka **jest podwójnym błędem kolimacji**.
- Rektyfikację położenia osi celowej przeprowadzamy za pomocą śrubek rektyfikacyjnych płytki ogniskowej
  - W tym celu należy na urządzeniu odczytowym nastawić za pomocą śruby naprowadzającej koła poziomego otrzymany średni odczyt kierunku
  - Pionowa kreska płytki ogniskowej zejdzie w tym położeniu z wybranego celu
  - Naprowadzenie tej kreski, czyli skorygowanie położenia osi celowej, wykonuje się poziomymi śrubkami rektyfikacyjnymi oprawy płytki ogniskowej.

# Mimośrodowe osadzenie lunety



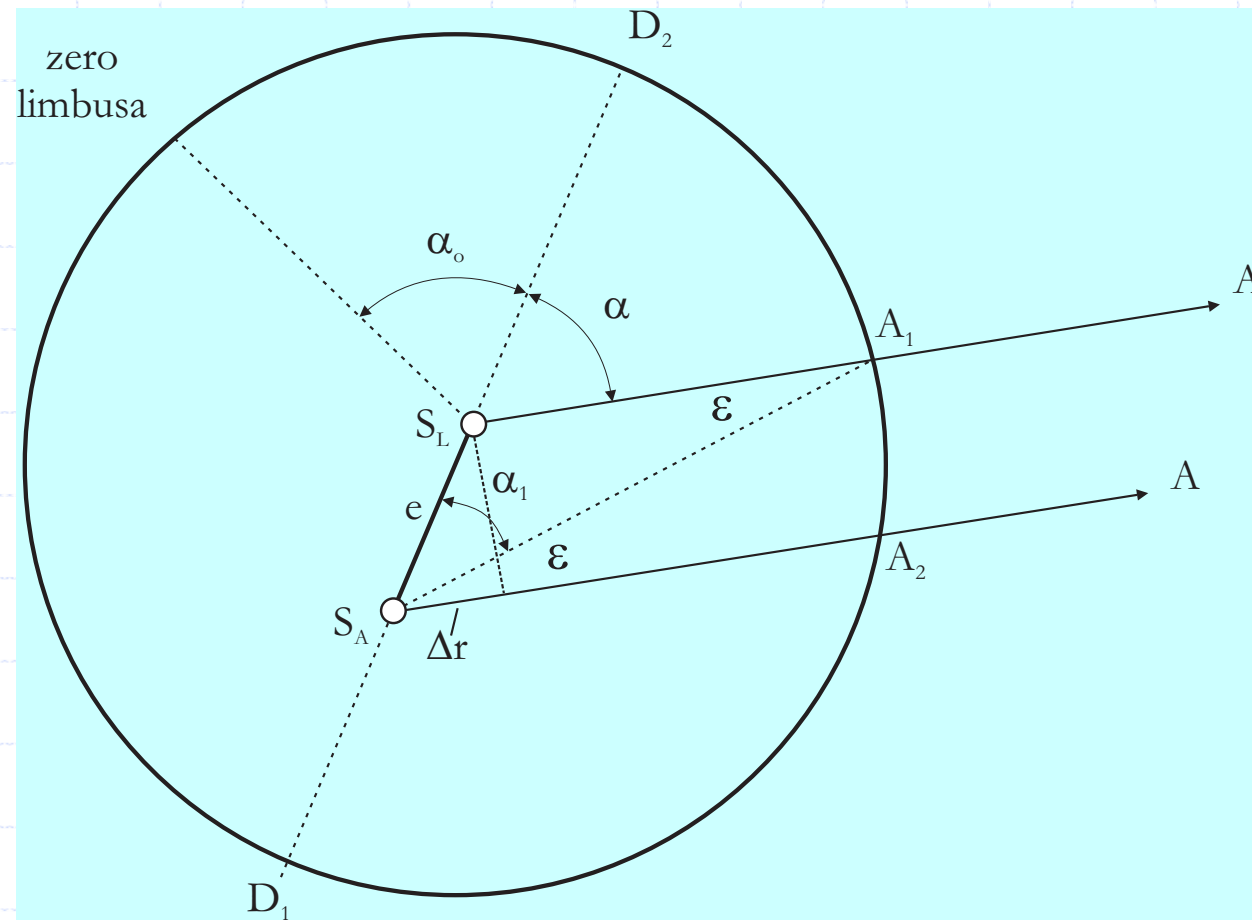
$$\gamma'' = \frac{e}{d} \rho''$$

- Jeśli oś celowa nie przecina się z osią pionową obrotu instrumentu to wówczas mamy do czynienia z **mimośrodem** osi celowej lunety,
- Wówczas oś celowa tworząca z osią obrotu lunety mimośród **e**, będzie podczas obrotu alidady styczna do okręgu o tym samym promieniu **e**,
- Celując do punktu **M** pomierzemy dany kierunek z błędem  $\gamma$ ,
- Wielkość tego błędu jest zmienna i zależy od odległości **d** i mimośrodu **e**
- Zazwyczaj mimośród **e** nie przekracza kilku milimetrów



# Mimośród alidady

- Jeżeli oś obrotu alidady  $S_A$  nie przechodzi przez środek nimbusa  $S_L$ , lecz jest osadzona względem niego ekscentrycznie, musimy liczyć się przy pomiarze kąta poziomego wywołanym przez to błędem systematycznym  $\varepsilon$



# Mimośród alidady

- Z trójkąta  $S_A S_L A_1$  można napisać następujące równanie sinusów:

$$\frac{\sin \varepsilon}{e} = \frac{\sin(180 - \alpha)}{S_A A_1}$$

- Podstawiając:  $S_A A_1 = (r + \Delta r)$  , oznaczając

$$\frac{\sin \varepsilon}{e} = \frac{\sin \alpha}{r + \Delta r}$$

$$\varepsilon'' \approx \frac{e \sin \alpha}{r + \Delta r} \rho''$$

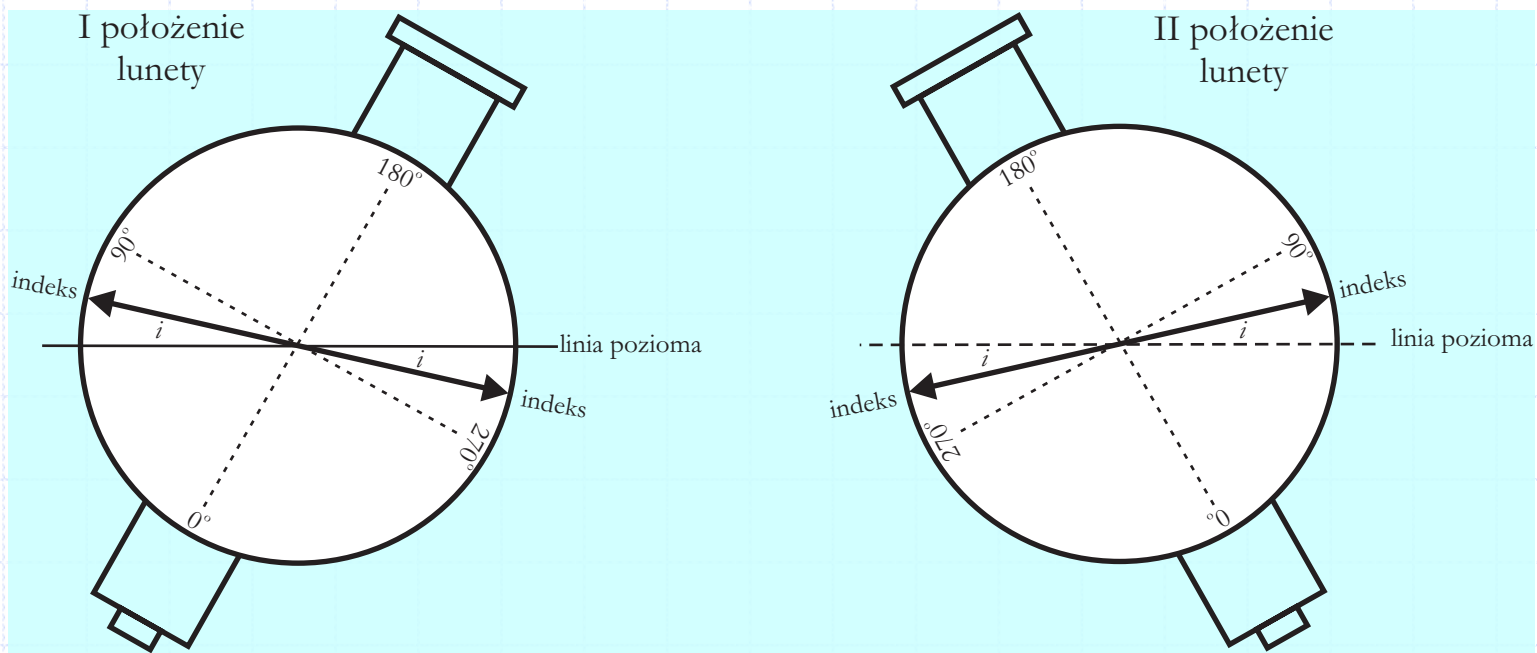
# Błędy podziału koła

- Jeśli teodolit o średnicy koła 10 cm jest podzielony co 20 minut gradowych, to na obwodzie koła należy nanieść 2000 kresek podziału,
- Kreski te muszą być umieszczone względem siebie w odległości 0.16 mm.
- W precyzyjnych teodolitach, aby uzyskać gwarancję dokładności 0.5 sekundy gradowej, każda z kresek musi zostać umieszczona poprawnie z dokładnością 0.4  $\mu\text{m}$ .
- Pomimo najwspanialszych maszyn do nanoszenia kresek podziału i wyjątkowej dbałości mechaników, ta dokładność nie zawsze jest osiągalna, z powodu stałych i przypadkowych błędów podziału koła jakie występują w procesie nanoszenia kresek
- Zagadnienie wyznaczenia błędów systematycznych i przypadkowych podziału kół teodolitów wykracza poza zakres niniejszego podręcznika i nie będzie omawiane.
- Ogólnie mówiąc błędy te są wyznaczane przez laboratoryjny pomiar takiego samego kąta na wielu symetrycznie rozłożonych partiach koła. Takie postępowanie prowadzi do eliminacji systematycznych błędów podziału koła i redukuje błędy przypadkowe do takiego stopnia aby z praktycznego punktu widzenia mogły być uważane za zanedbywane.

# Błąd indeksu koła pionowego

- przy pionowej osi instrumentu, poziomej osi celowej lunety i poziomej osi libelli kolimacyjnej, odczyty indeksów kół pionowych powinny wynosić
  - $0^{\circ} - 180^{\circ}$
  - lub  $90^{\circ} - 270^{\circ}$ , zależnie od opisu podziału kół.
- Jeśli ten warunek nie jest spełniony, to indeksy koła pionowego nie wskażą wymienionych odczytów, lecz inne odczyty.
- Odchylenie każdego indeksu od poprawnego odczytu nazywamy błędem **indeksu** lub błędem położenia **miejsca zera**

# Błąd indeksu koła pionowego



$$O_I = \alpha + i$$

$$O_{II} = \alpha - i$$

$$O_{\text{śred}} = \frac{O_I + O_{II}}{2} = \frac{\alpha + i + \alpha - i}{2} = \alpha$$

# Błąd ustawienia siatki celowniczej

- W celu sprawdzenie i usunięcie błędu ustawienia kresek siatki celowniczej, poziomujemy teodolit i celujemy na sznurek zawieszonego pionu
- Jeżeli nitka pionowa **nie pokrywa** się z osią sznurka, należy pierścień siatki celowniczej odpowiednio skręcić śrubkami siatki, dookoła punktu skrzyżowania kresek, sprawdzając, czy nie powstał błąd kolimacji.
- Następnie celujemy na dowolny punkt w poziomie instrumentu tak, by znalazł się on na poziomej kresce środkowej po lewej stronie pola widzenia lunety.
- Obracając alidadę obserwujemy, **czy kreska pozioma** stale przechodzi przez dany punkt.
- Jeżeli odchyli się, to nie jest ona pozioma i w przypadku znacznego odchylenia należy założyć nową siatkę. Jest to rektyfikacja trudna i przeprowadza się ją zwykle w laboratorium, a nie w terenie.