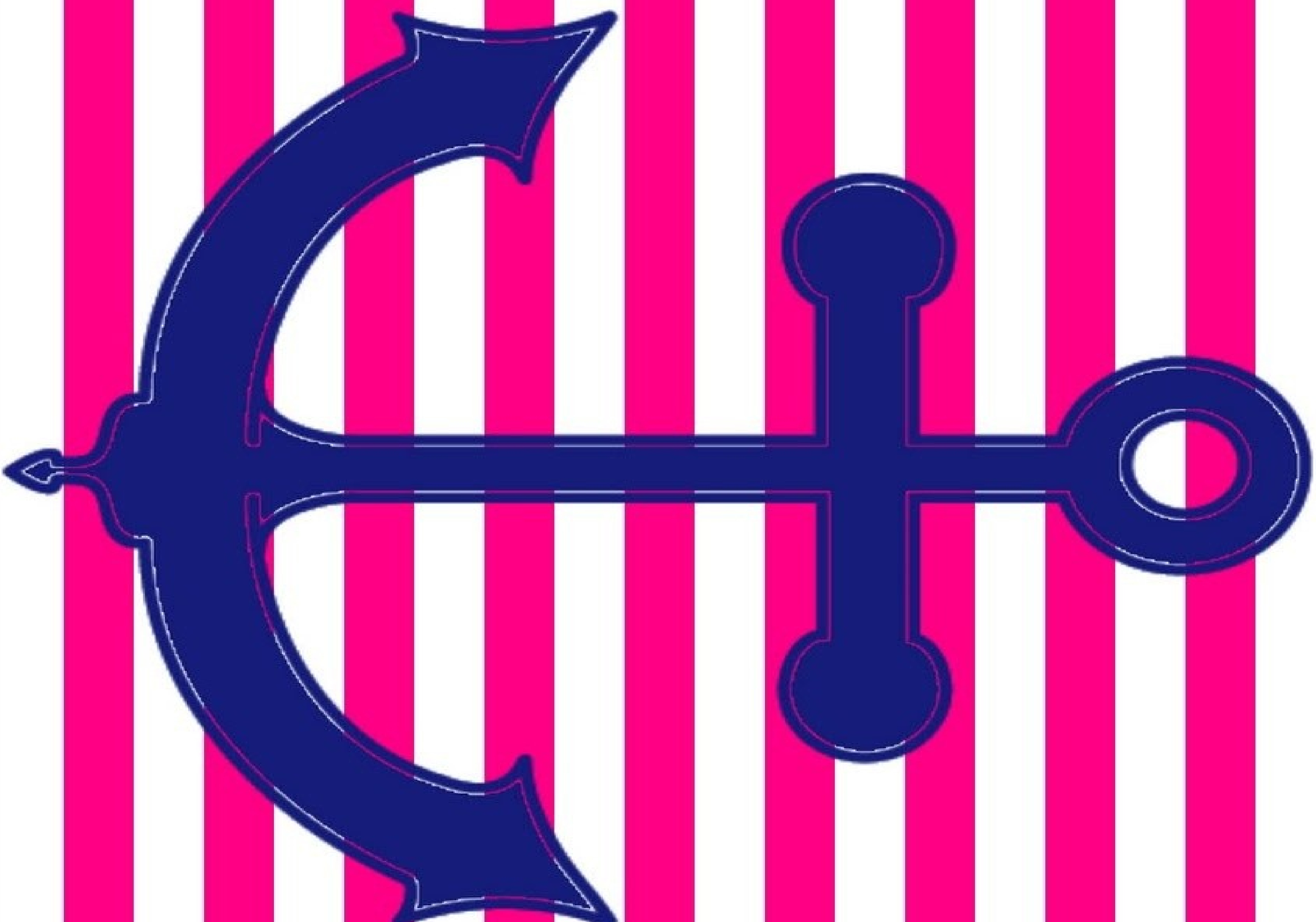
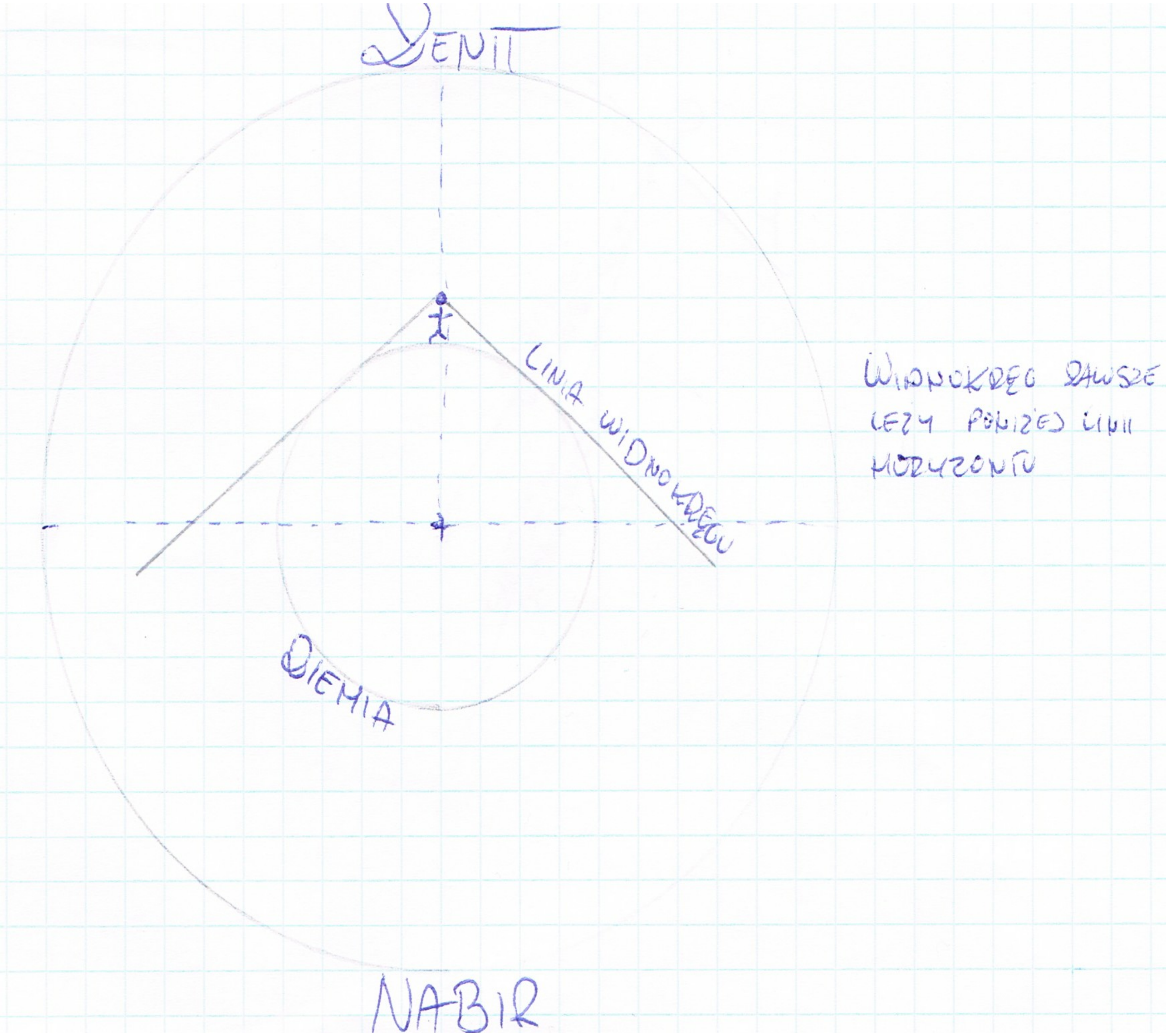
GDYNSKA SZKOLA MORSKA

Kierunek: NAWIGACJA; rocznik 2012; Bartłomiej Czechura

Astronawigacja

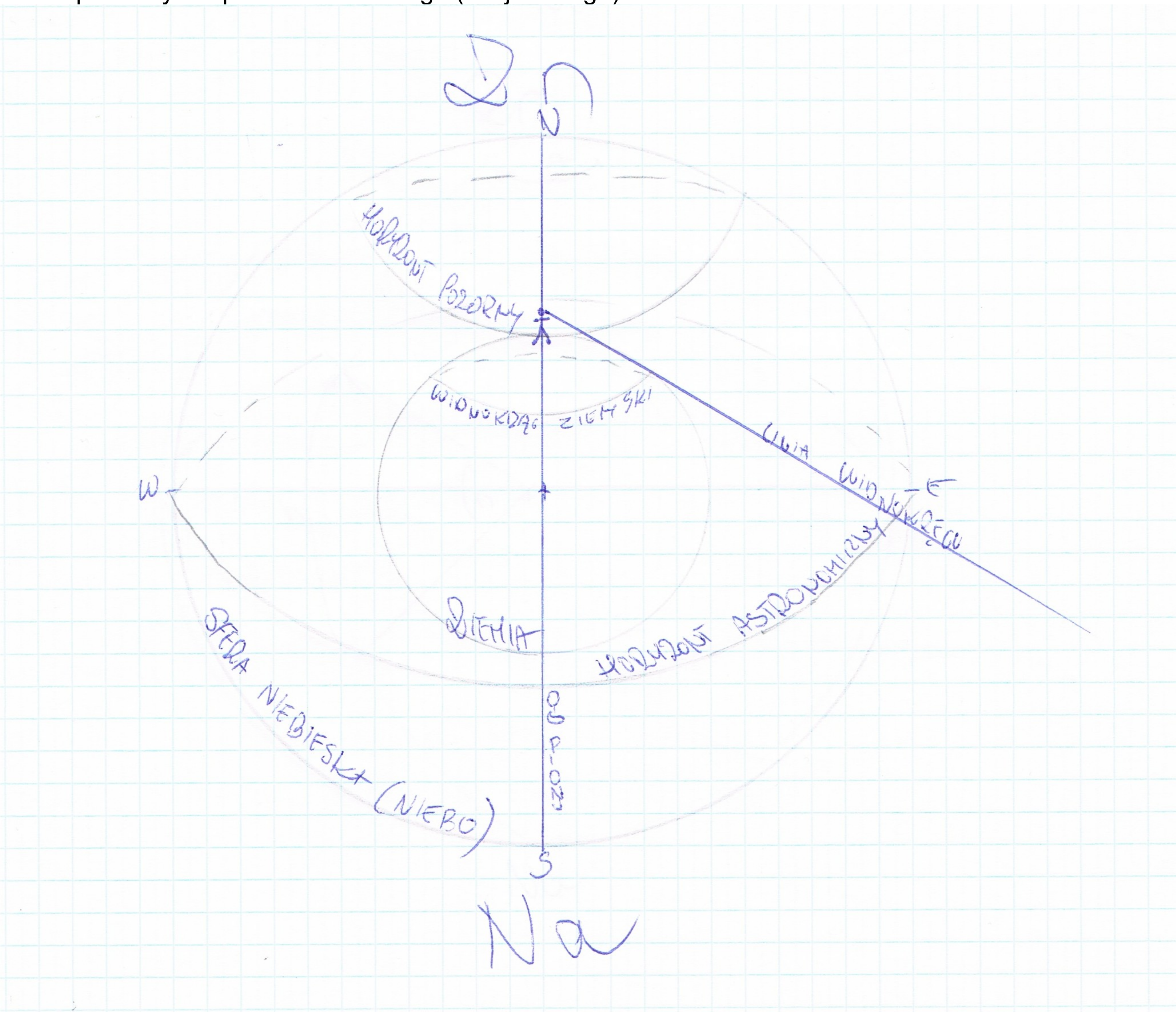


Astronawigacja, nawigacja astronomiczna, astronomia morska lub żeglarska – to różne nazwy działu nawigacji, w którym za pomocą pomiarów wysokości i azymutów słońca, księżyca, czterech najjaśniejszych planet i około 50-60 najjaśniejszych gwiazd wyznacza się położenie statku – pozycję obserwowaną.



Pojęcia podstawowe

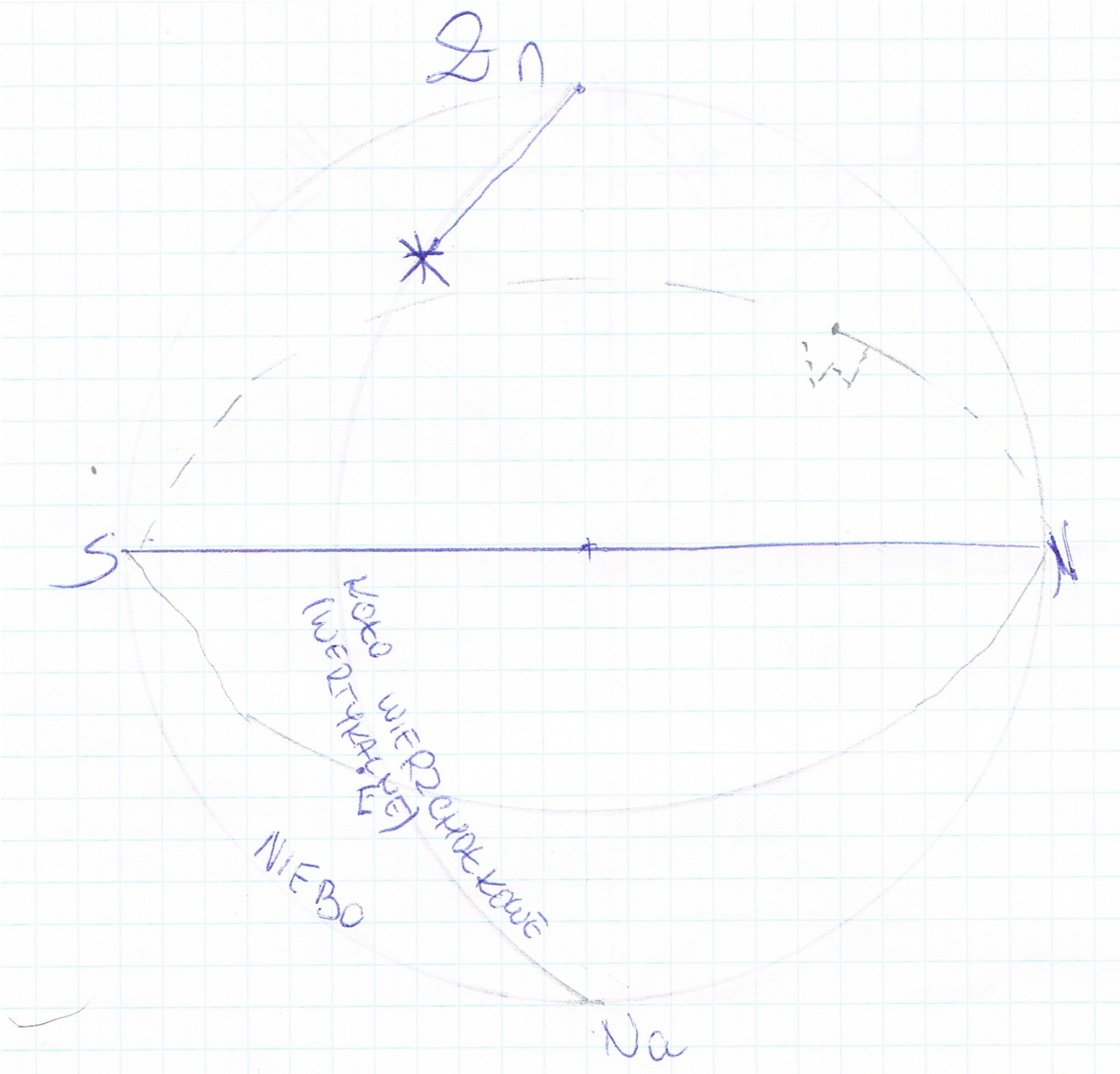
Na kolejnych rysunkach patrzymy na niebo z zewnątrz, a płaszczyzną kartki będzie płaszczyzna południka lokalnego (miejscowego).



Horyzont astronomiczny to płaszczyzna prostopadła do osi pionu i przechodząca przez środek ziemi
Wzniesienie oka (a) to odległość na którą widzi oko nad poziomem widnokręgu
Horyzont Pozorny to płaszczyzna równoległa do horyzontu astronomicznego i przechodząca przez oczy obserwatora
Widnokrąg ziemski to koło małe na ziemi utworzone przez linię widnokręgu jako obwiednia stożka
Obniżenie widnokręgu (k) to kąt jaki poniżej horyzontu pozornego leży widnokrąg

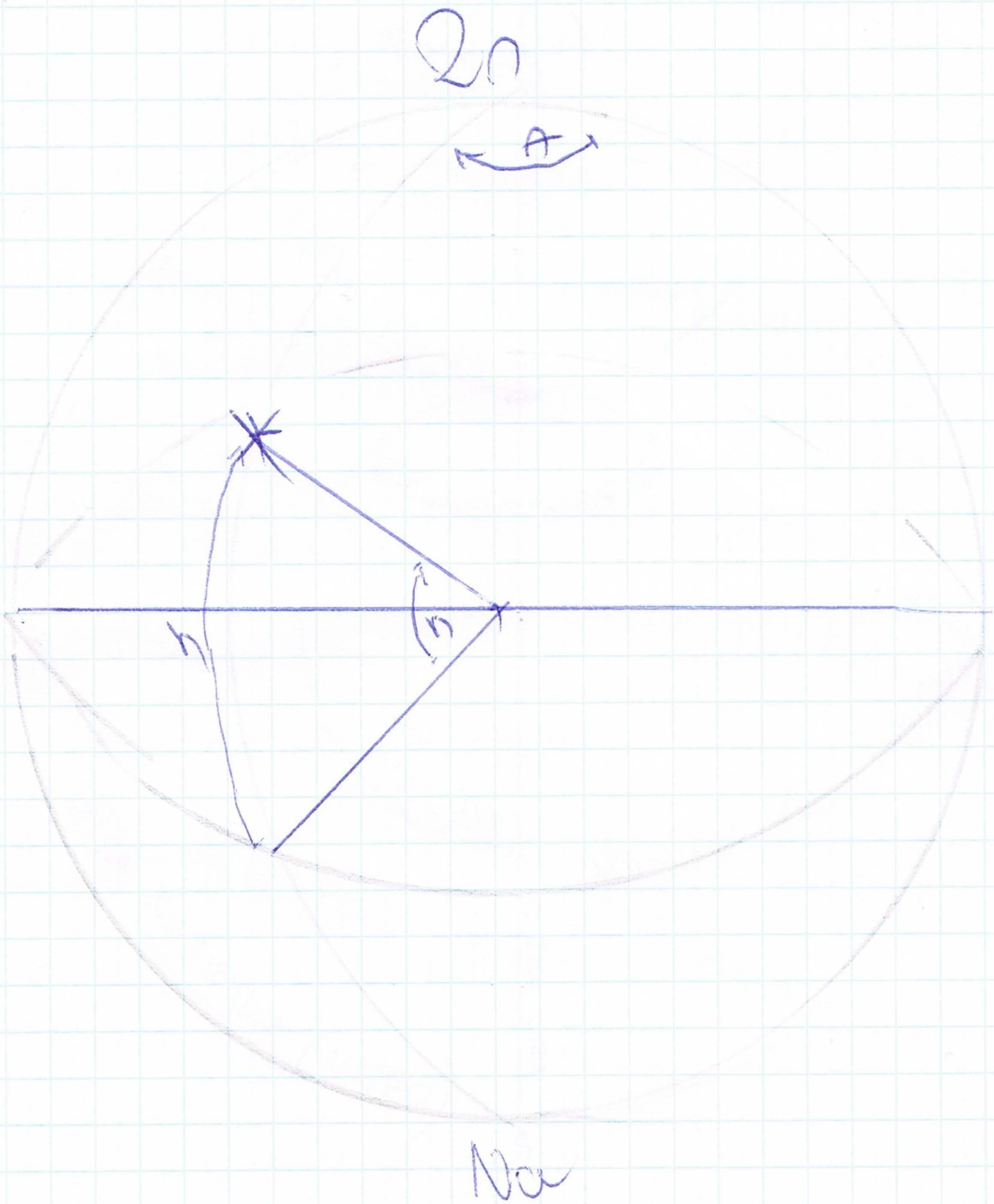
$$k=1{,}77\sqrt{a}$$

Na następnych rysunkach ziemia będzie punktem w środku świata. Horyzont pozorny pokryje się z horyzontem astronomicznym i będziemy go opisywać jako horyzont.



Wszystkie ciała niebieskie znajdują się na niebie w takiej samej odległości od ziemi.

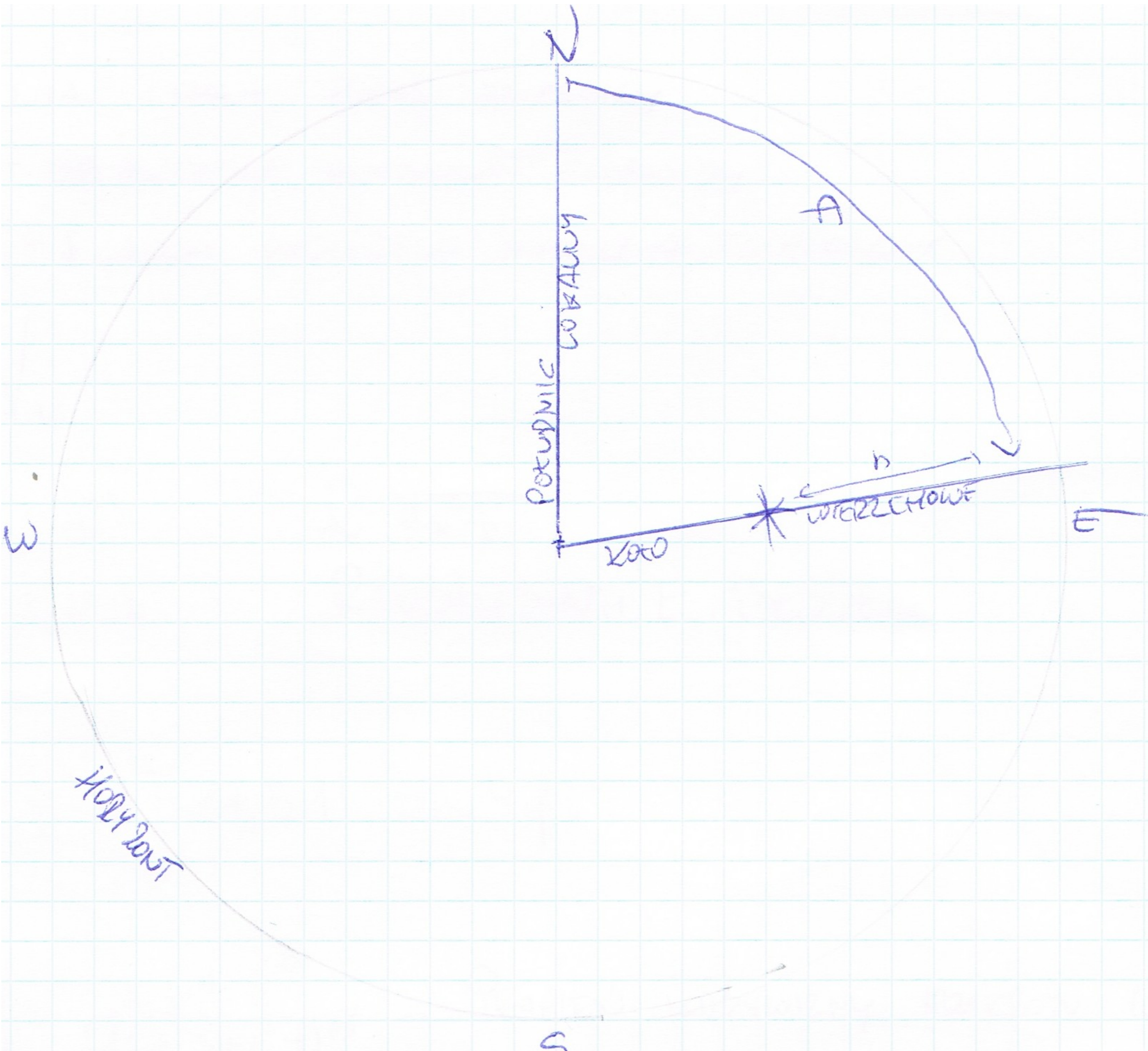
Koło wierzchołkowe to koło wielkie przechodzące przez Zn, cn i Na, prostopadłe do horyzontu.

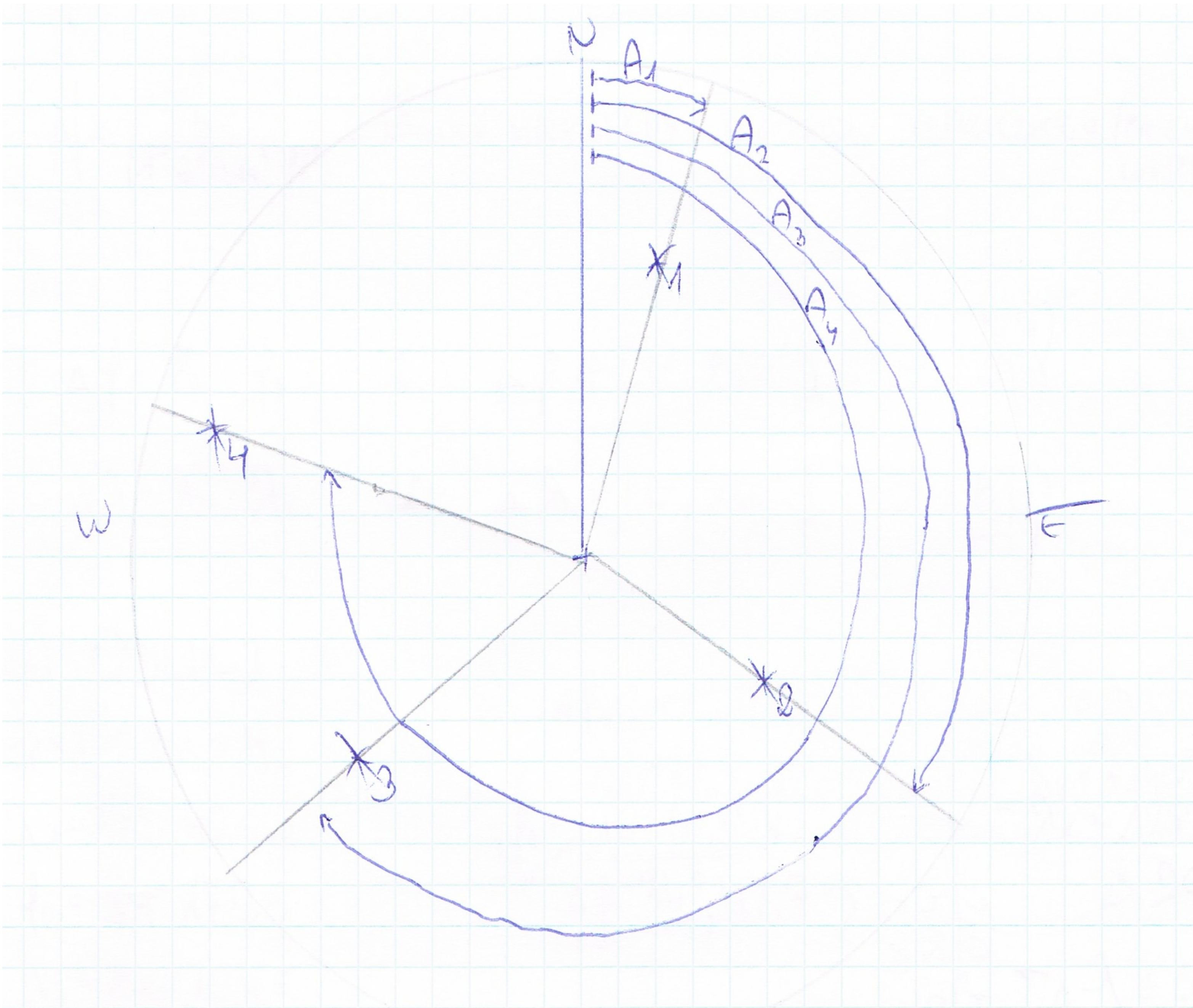


Wysokość (h) to łuk koła wierzchowego liczony od horyzontu w kierunku:
- Zn od 0 do +90 [0, 90]
- Na od 0 do -90 [0, -90]

Azymut (duża litera A) to łuk horyzontu mierzony od wyróżnionego punktu do koła wierzchowego ciała niebieskiego.

Na następnym rysunku patrzymy na horyzont od strony Zenitu

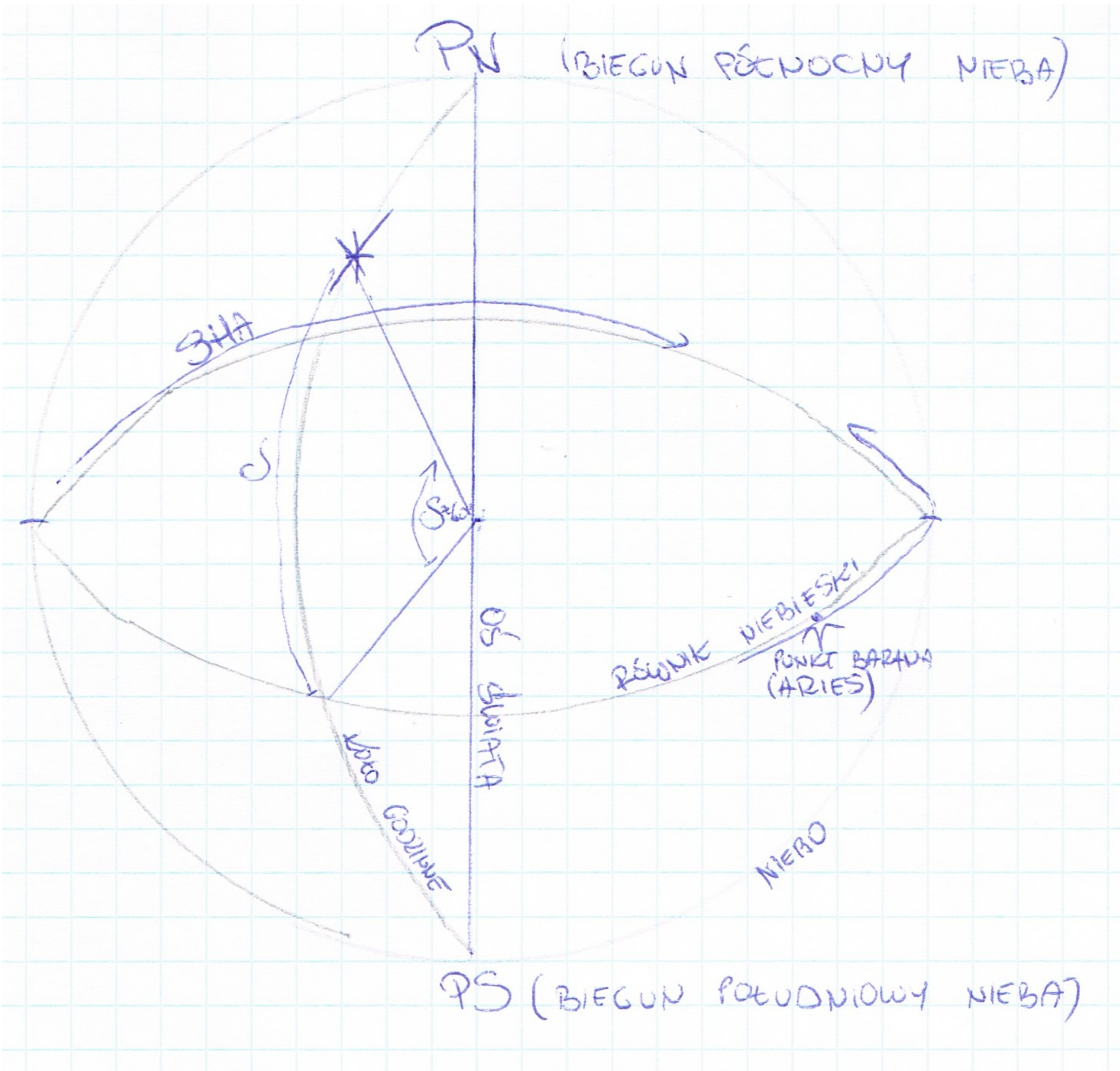




Azymuty:

- pełny (od N) niezależnie od znaku φ
- połówkowy („spod widoczności bieguna”) N dla φ północnej, S dla φ południowej)
- ćwiartkowy (od N do S) niezależnie od znaku φ

*	Pełny	Połówkowy	Ćwiartkowy
1	050°	50°NE	N50°E
2	120°	120°NE	S60°E
3	210°	150°NW	S30°W
4	300°	60°NW	S60°W



Równik niebieski jest to koło wielkie prostopadłe do osi świata i przechodzące przez środek układu.

Deklinacja (δ) to łuk koła godzinnego liczony od równika do c.n.

– w kierunku od bieguna PN ze znakiem + lub N [0°; 90°]
– w kierunku do bieguna PS ze znakiem – lub S [0°; 90°]

Równik widziany od strony PN to tarcza zegara widziana z góry

Rektascensja (α) to łuk równika widziany od ♈, przeciwnie do ruchu wskazówek zegara do koła godzinnego c.n.

♈ ∈ [0h;24h)

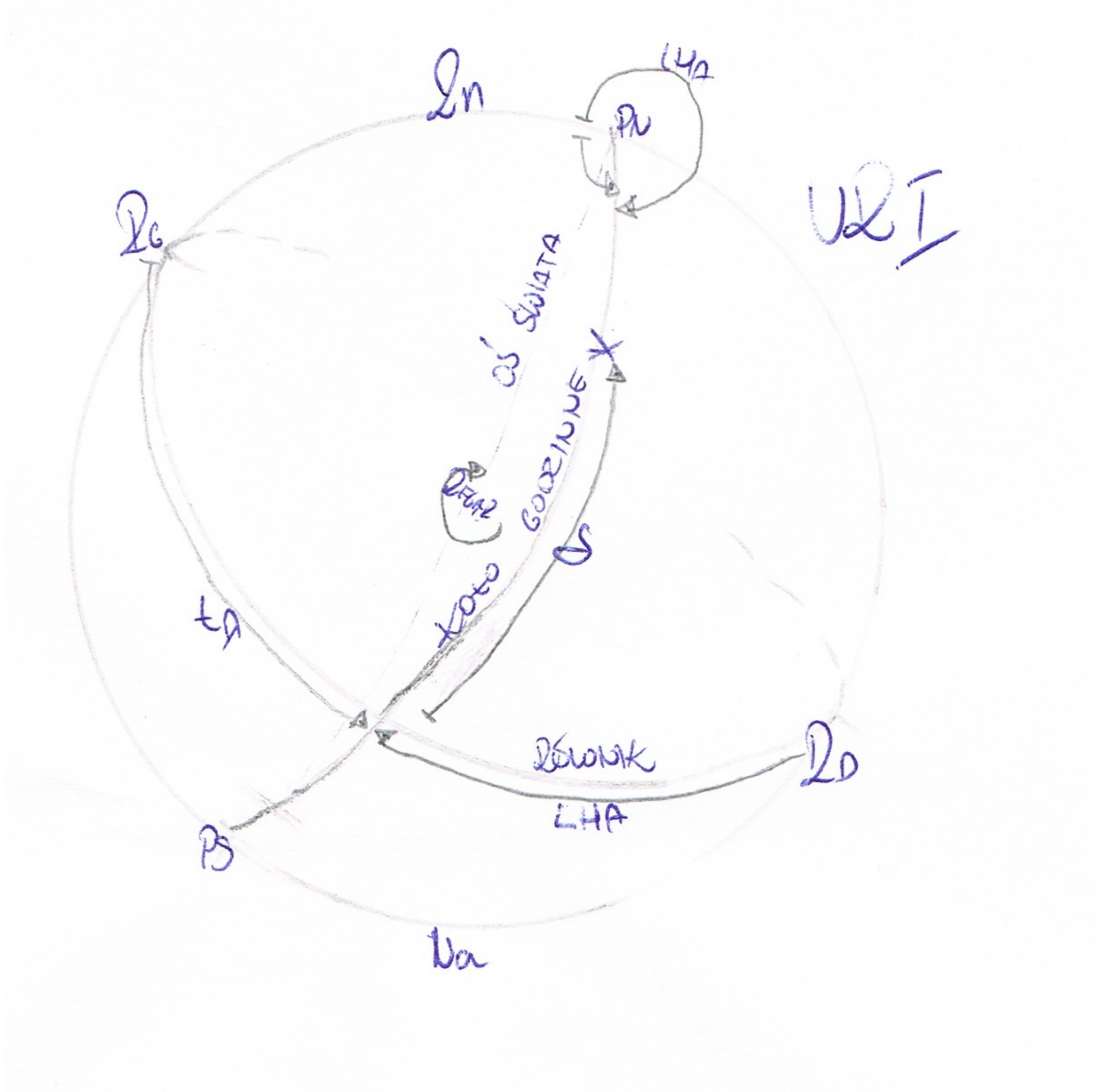
Dopełnienie gwiazdowe (SHA) to łuk równika widziany od ♈, przeciwnie do ruchu wskazówek zegara do koła godzinnego c.n.

Zależność pomiędzy α a SHA:

$$\alpha = 360° - SHA$$

$$SHA = 24h - \alpha$$

Miara kątowa	Miara Czasowa
360°	24h
15°	1h
1°	4h
15'	1h
1'	4s
0,25'	1s



Południk lokalny (miejscowy) to koło wielkie przechodzące przez: Zn, Pn, N, Na, PS, S

Równik z południkiem lokalnym przecina się w dwóch punktach
- Rg (z górnym południkiem)
- Rd (z dolnym południkiem)

Miejscowy kąt górny (LHA) to łuk równika liczony od górnego południka Rg do koła godzinnego ciała niebieskiego.
[0°; 360°]

W celu obliczeń wprowadza się kąt godzinny połówkowy (tλ) który zawsze mierzy się od 180°

Punkty Zn, Na, NE, S, W <u>nie należą</u> do układu równikowego I, nie powinny być rysowane ALE w celu orientacji przestrzennej zaznaczamy E i W.

$\delta = 60°$
$t\lambda = 135°E$
$LHA = 225°$

Kąt godzinny (tλ) to łuk równika liczony od górnego południka w kierunku
- na E z literą tλE
- na W z literą tλW

Zależność pomiędzy kontem godzinnym pełnym a kątem godzinnym połówkowym tλ

jeżeli LHA > 180 => tλE = 360 – LHA
jeżeli LHA < 180 => tλW = LHA

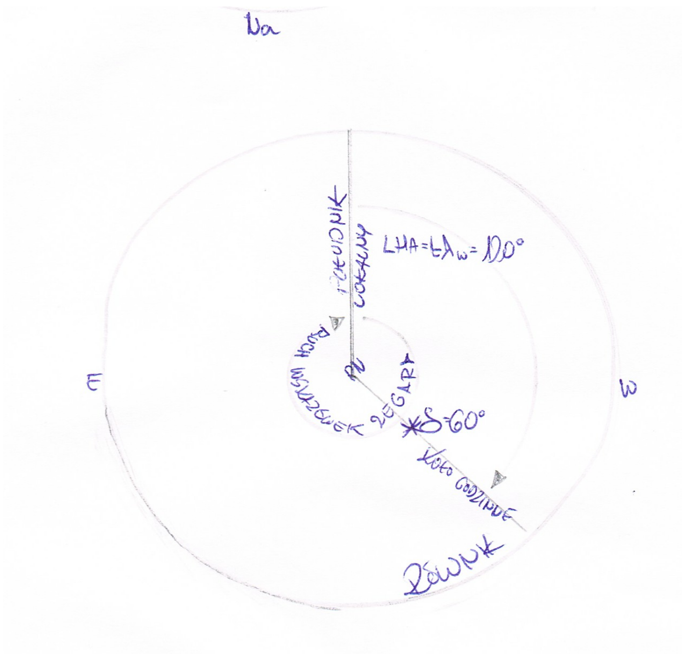
Na rysunkach przy wartości A, tλ, δ można pominąć gdyż wynikają one z kontekstu rysunku.

Przy podawaniu wartości liczbowych współrzędnych astronomicznych muszą być albo podane oznaczenia literowe lub sygnalne.

Zależności (kątowe) pomiędzy układem horyzontalnym a układem równikowym lokalnym.

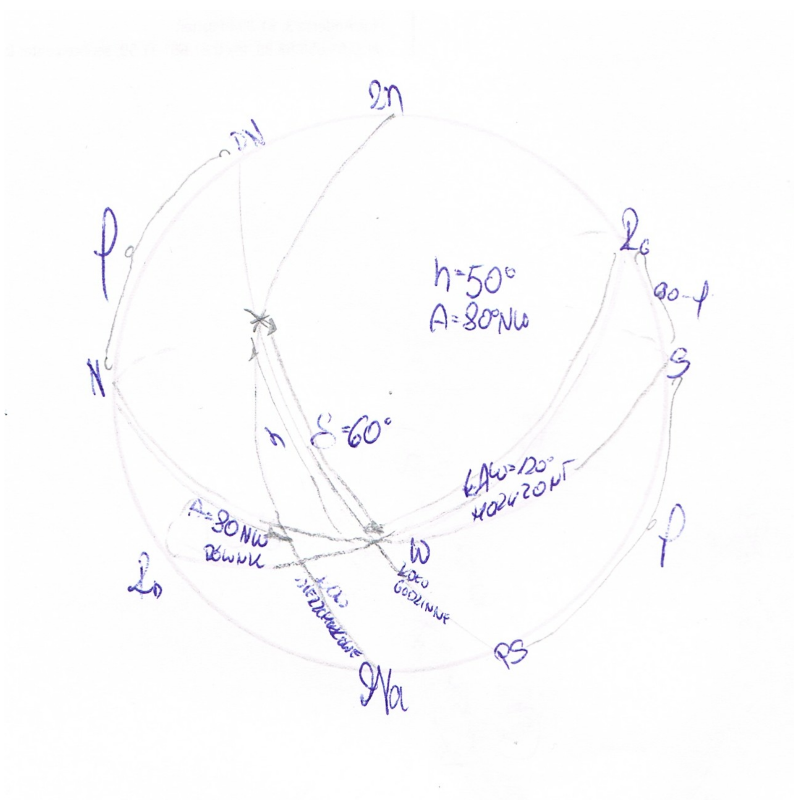
Zad. Oblicz
Oblicz wysokość (h) i azymut (A) dla danych:
φ= 54°N
LHA (miejscowy kąt godzinny)= 120°
δ= 60°N

<u>Przejścia graficzne pomiędzy układami wygodniej jest robić gdy współrzędne c.n. Są w systemach południkowych.</u>



Rysunek pomocniczy - równik widziany od strony PN

Orientację stron świata i biegunów „ustawia się” tak żeby rozwiązanie było „po naszej stronie” kartki.



Konsekwencją patrzenia na równik trochę z góry i trochę z boku będzie to że jednakowym łukom będą odpowiadały jednakowe kąty tyko wewnątrz ćwiartek kół wielkich.

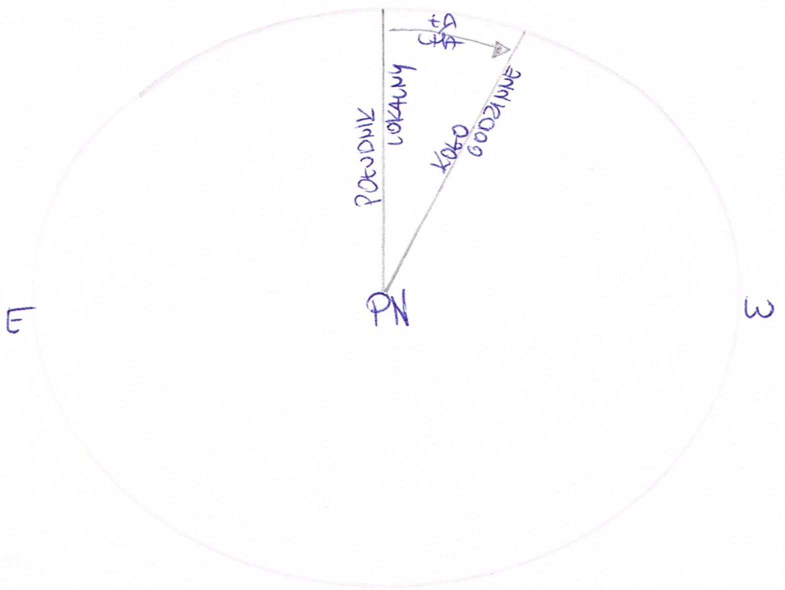
Przy graficznym przechodzeniu pmiędzy układami rysunki:

- łuku azymutu (na horyzoncie)
- kąta godzinnego (na równiku)

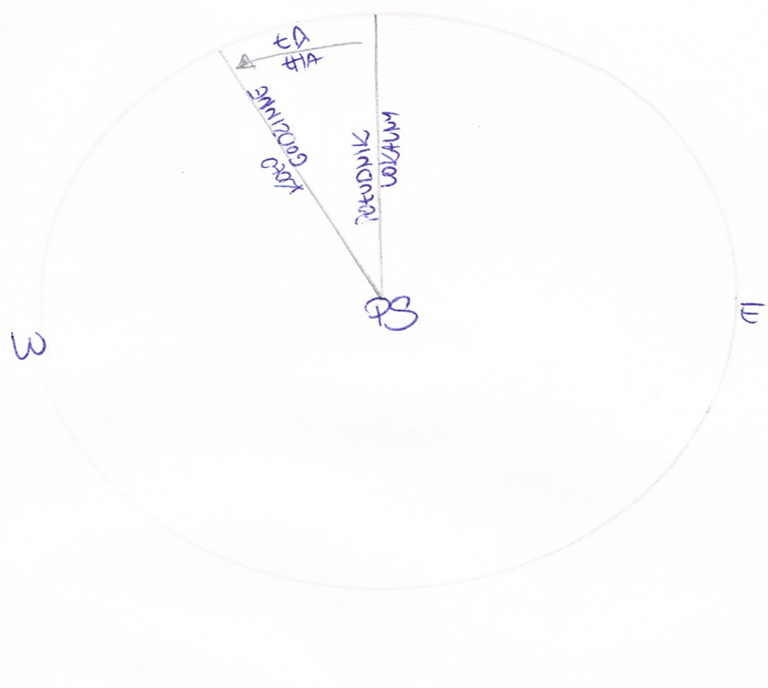
rysuje się tak żeby odpowiadały kątom znajdującym się wewnątrz trójkąta paralaktycznego.

Instrukcja:

1. Położenie kierunków N i S narzuca druga litera azymutu połówkowego tak żeby rozwiązanie było „po naszej” stronie kartki.
2. Rysuje się widoczny biegun φ° nad odpowiednim kierunkiem
3. Na narysowaniu równika jego przecięcie z horyzontem opisuje się literami E i W
4. Rysuje się koło wierzchołkowe przechodzące przez Zenit, koniec strzałki azymutu i Nadir
5. Największe „wybrzuszenie” koła wierzchołkowego przy patrzeniu na horyzont tak troche z góry będzie na linii N/S.
6. Rysuje się koło godzinne przechodzące przez oba bieguny niebieskie.
7. Przy rysowaniu koła wierzchołkowego lub godzinnego środek koła (nóżka cyrkla) może się znaleźć na zewnątrz tego rysunku ale na pewno na linii N/S
8. Łuki tλ równika i A na horyzoncie zaznacza się tak, żeby odpowiadały kątom znajdującym się wewnątrz trójkąta paralaktycznego.



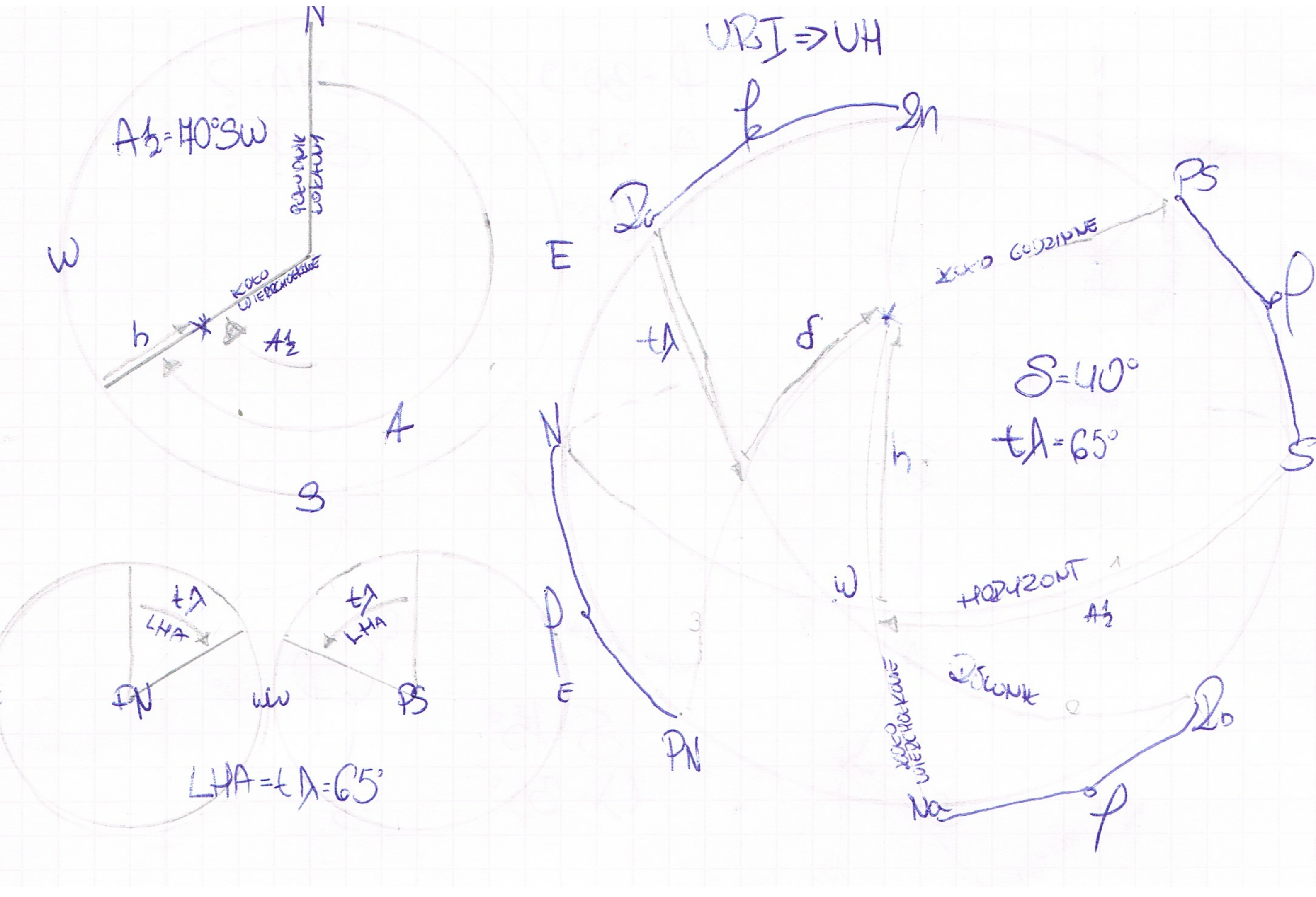
LHA=30°



ZADANIA Z OBLICZANIA GRAFICZNEGO

Zad. Oblicz **LHA** i **δ**

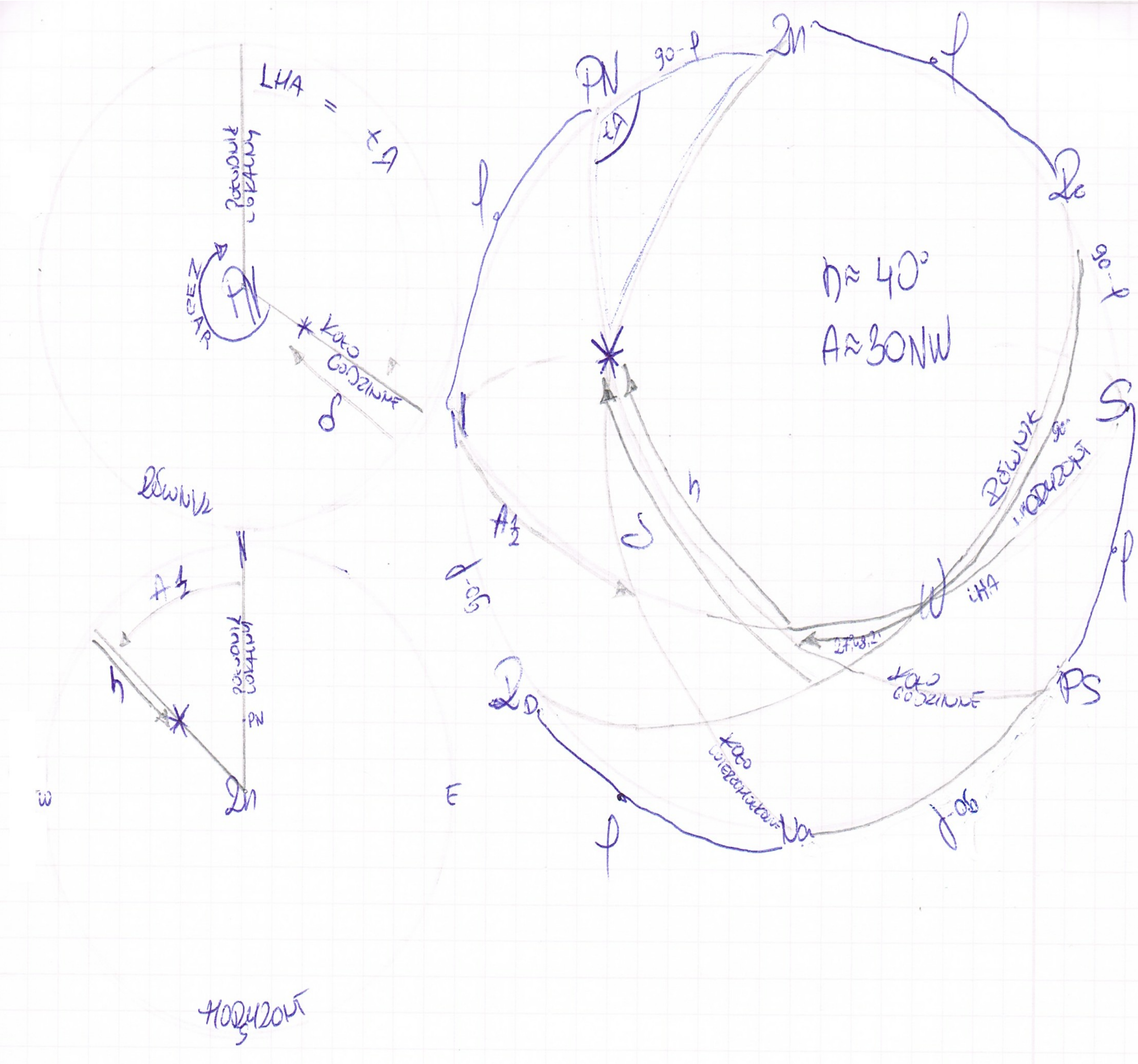
$\varphi = 35°S$
$A = 250°$
$h = 48°$



ZADANIA Z OBLICZANIA GRAFICZNEGO

Zad. <u>Oblicz **h** i **A**</u>

φ= 54°31,1'N
LHA= 117°48,8'
δ=61°52,2'N

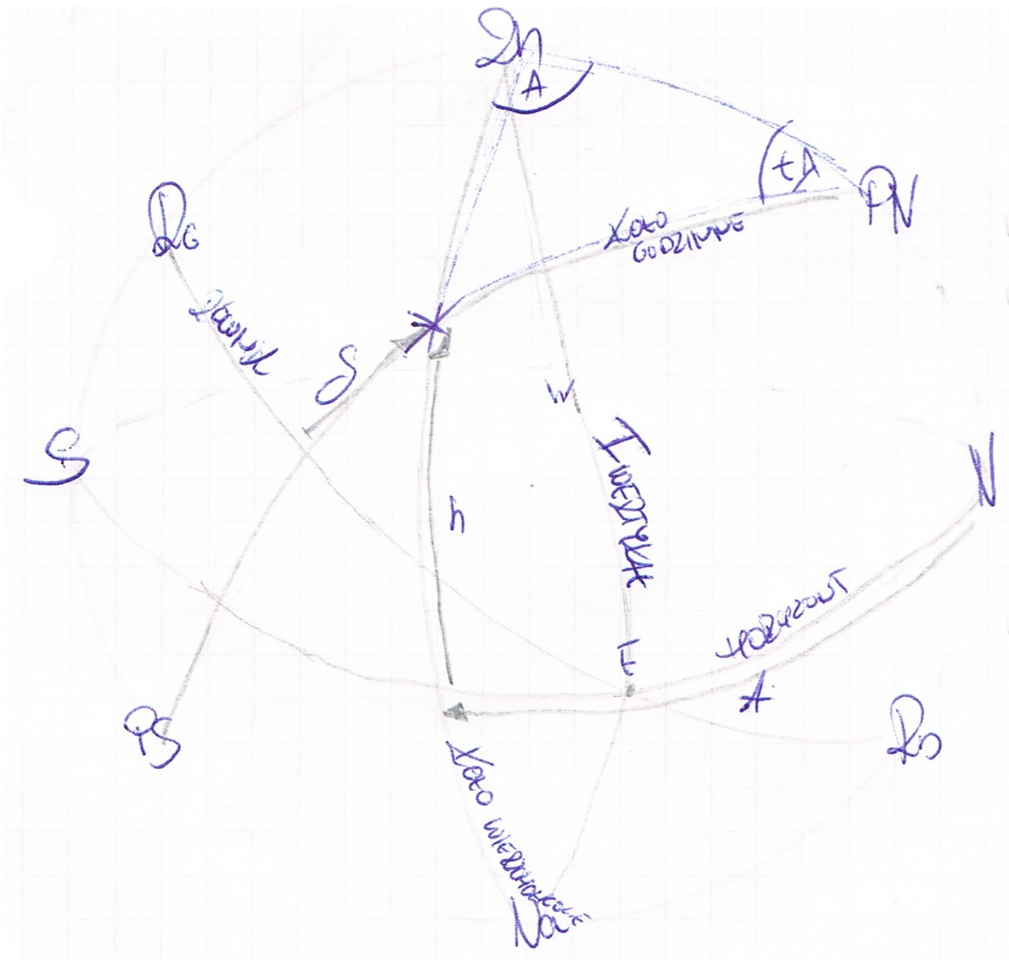


Analityczne obliczanie h i A oraz mianowanie azymutu ćwiartkowego.

h=?
A=?

φ= 34°21,1'N
LHA= 316°43,8'
δ=38°17,2'N

if LHA > 180 => tλE = 360 - LHA
if LHA < 180 => tλW = LHA

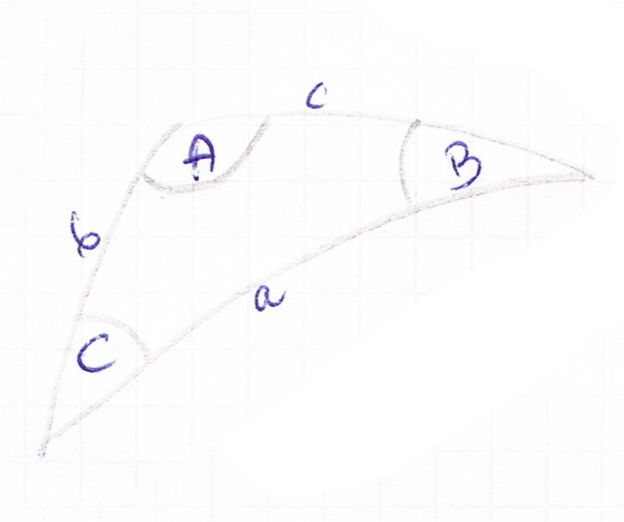


I wertykał (I wert) to koło wielkie prostopadłe jednocześnie do horyzontu i południka lokalnego a więcj I wert przechodzi przez ZN, E, NA i W

W trygonometrii sferycznej boki i kąty wyraża się wielkościami kątowymi

Suma kątów w trójkącie sferycznym wynosi od 180° do 540°.

Z poprzedniego rysunku „wyjmuje się trójkąt paralaktyczny utworzony przez zenit (Zn), ciało niebieskie (cn) i widoczny biegun (PN/PS).

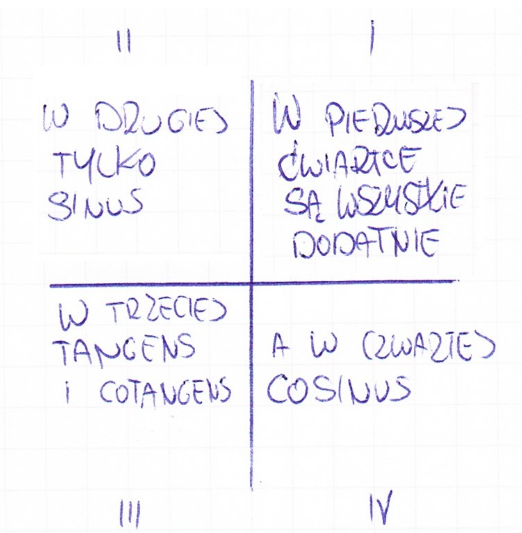


W trygonometrii sferycznej kąty opisuje się dużymi literami a boki (leżące naprzeciwko nich) małymi literami zgodnie z regułą prawoskrętności

Twierdzenia buduje się na narożu trójściennym,

1. Obliczanie wysokości (h)
   korzysta się ze wzorów cosinusowych:
   $\cos \alpha = \cos b \times \cos\ c + \sin b \times \sin c \times \cos A$
   $\cos b = \cos a \times \cos c + \sin a \times \sin c \times \cos B$
   $\cos c = \cos a \times \cos b + \cos a \times \sin b \times \cos C$

$$\cos b = \cos a \times \cos c + \sin a \times \sin c \times \cos B$$
$$=$$
$$\cos(90°-h)=\cos(90°-\delta) \times \cos(90°-\varphi) + \cos(90°-\varphi) \times \cos(90°-\delta) \times \cos t\lambda$$



Przedstawia się dowolny kąt w postaci
90, 190, 270, 360 ± α

Jeśli dopadowuje się kąt do osi 0/180 to pozostawia się jego funckję, jeżeli dopaduje się do osi 90/270 to funckja przechodzi w cofunkcję i doczepia się znak jaki wyjściowa funkcja ma w tej ćwiartce.

np.
$\sin150°=\sin(90°+60°)=\cos60°$
$\mathrm{ctg}\ 330°=\mathrm{ctg}(360°-30°)=-\mathrm{ctg}30°$
$\mathrm{ctg}300°=\mathrm{ctg}(270°+30°)=\mathrm{tg}30°$
$\mathrm{ctg}300°=\mathrm{ctg}(360°-60°)=-\mathrm{ctg}60°$

$$\sin h = \sin \varphi \times \sin \delta + \cos \varphi \times \cos \delta \times \cos t\lambda$$

W astronawigacji rozpatruje się tylko ciała niebieskie nad horyzontem ($h \geq 0$) przyjmuje się że szerokość jest zawsze dodatnia niezależnie od znaku N/S.

Przyjmuje się regułę znaku która mówi że:

- znak δ jest dodatni (+) gdy jest ona jednoimienna z φ
- znak δ jest ujemny (-) gdy jest ona różnoimienna z φ

Signum (znak) – sign±
wówczas regułę znaków zapisuje się następująco:

- $\mathrm{sign}\varphi = +$ zawsze
- $\mathrm{sign}\delta =$ + gdy $\varphi\uparrow\uparrow\delta$ lub $\varphi\downarrow\downarrow\delta$
  - gdy $\varphi\uparrow\downarrow\delta$ lub $\varphi\downarrow\uparrow\delta$
- $\mathrm{sign}(\cos t\lambda) =$ + gdy $t\lambda < 90°$
  - gdy $t\lambda > 90°$

  PRZY POSŁUGIWANIU SIĘ KALKULATOREM IGNORUJE SIĘ III ZASADĘ GDYŻ JEST ONA „SCHOWANA" W PROGRAMIE WEJŚCIOWYM KALKULATORA.

Wartość wtsokości oblicza się i podaje do 0,1' ponieważ z taką dokładnością do wzoru sinh wchodzi się z wartością φ, δ, $t\lambda$.

Dla danych z podanego zadania oblicz h.

360-316=44

$t\lambda = 44$

$$\sin h = \sin \varphi \times \sin \delta + \cos \varphi \times \cos \delta \times \cos t\lambda =$$

$$\sin 34° = \sin 38° \times \sin 34° + \cos 34° \times \cos 38° \times \cos 44° = 0{,}814064 = 54°29'$$

Obliczanie i mianowanie azymutu ćwiartkowego

Do obliczenia azymutu wykorzystuje się twierdzenie Snelliusa które mówi że

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C}$$

Bierze się część tego twierdzenia i je odwraca

$$\frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b}$$

$$\frac{\sin A}{\sin(90°-\delta)} = \frac{\sin t\lambda}{\sin(90°-h)}$$

Korzysta się ze wzoru redukcyjnego

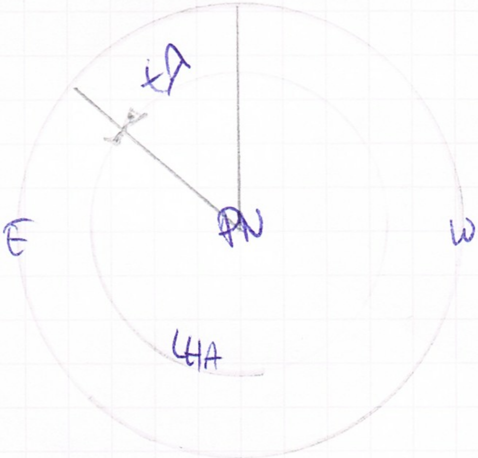
$$\frac{\sin A}{\cos\delta} = \frac{\sin t\lambda}{\cos h}$$

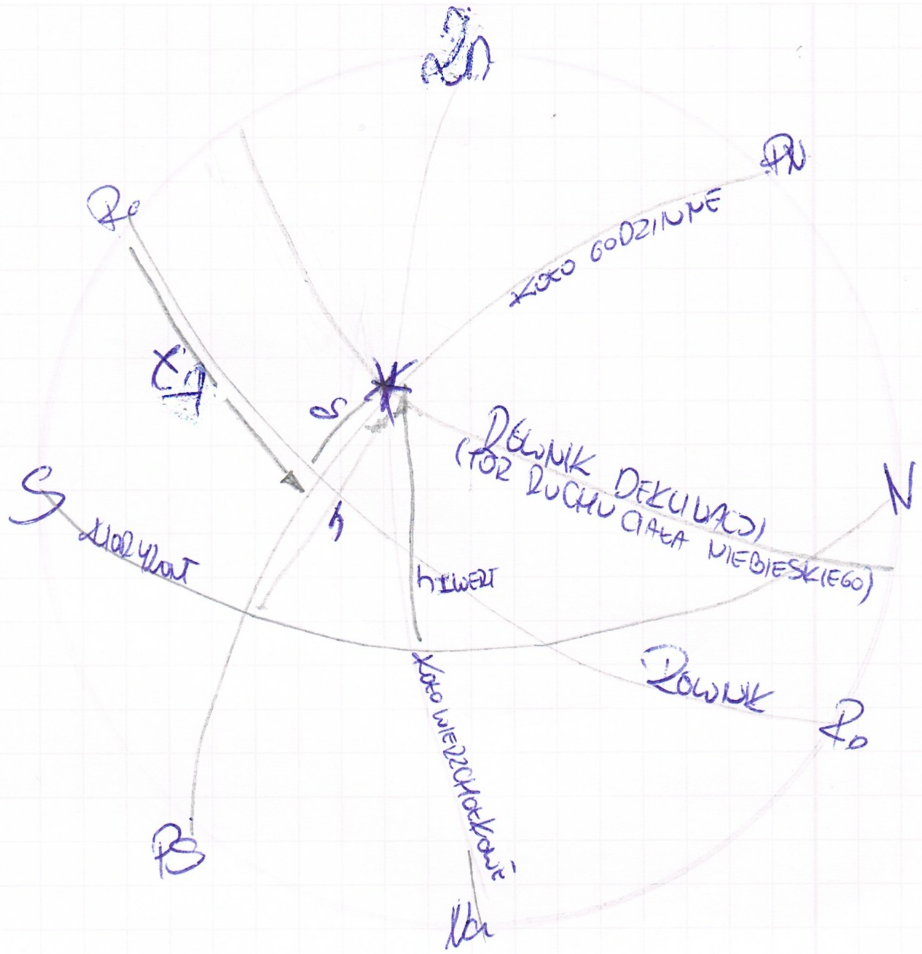
Obie strony mnożę przez δ

$$\frac{\sin A \cdot \cancel{\cos\delta}}{\cancel{\cos\delta}} = \frac{\sin t\lambda \cdot \cos\delta}{\cos h} =$$

$$\boxed{\sin A = \sin t\lambda \cdot \cos\delta \cdot \sec h}$$

Jest to wartość liczbowa azymutu ćwiartkowego.
Wartości A zaokrągla się do 0°,1.
Do mianowania azymutu ćwiartkowego potrzebny jest I wertykał.





$\varphi = 54°31{,}1' N$

$LHA = 316°43{,}8'$

$\delta = 38°17{,}7' N$

$h = 50$

$A = 120$

Wysokość na jakiej tor ruchu ciała niebieskiego przecina pierwszy wertykał oblicza się ze wzoru:

$$\sin_{Iwert} = \frac{\sin \delta}{\sin \varphi}$$

hIwert≈45° i wysokości w momencie obserwacji ≈50° wynika że jest po przeciwnej stronie Iwert niż widoczny biegun.

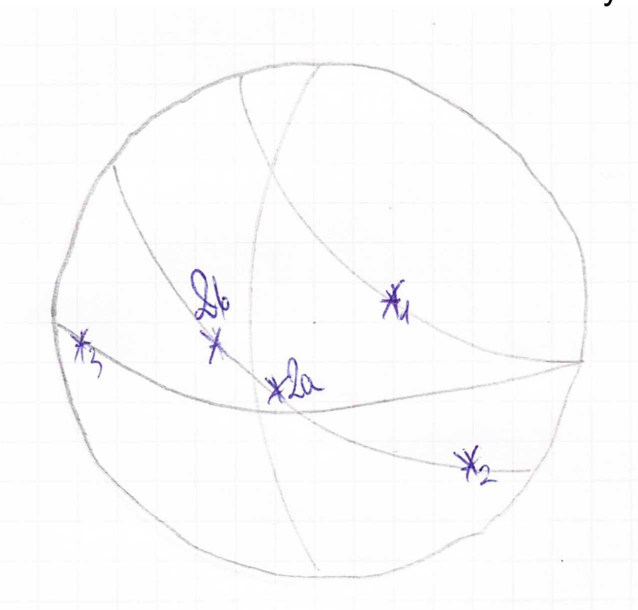
Ze wzoru $\sin A = \sin t\lambda \cdot \cos \delta \cdot \sec h$

otrzymuję $A \approx 60°$

Zatem mianowanie pierwszej litery „S" a drugiej litery nie musi być takie same jak litera przed tλ.

Reguły mianowania azymutu ćwiartkowego

Pierwsza litera azymutu ćwiartkowego



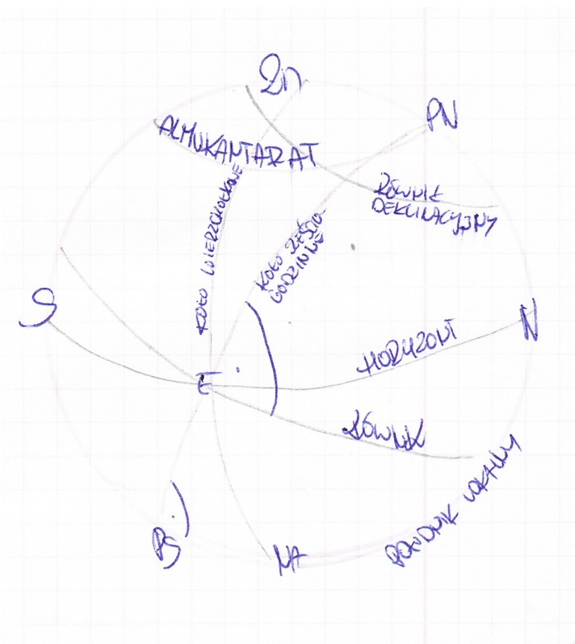
1. φ i δ jednoimienne i δ > φ
   signI=signφ
2. φ i δ jednoimienne i δ < φ
   a) gdy hcm < hIwert => singI = signφ
   b) gdy hcn > hIwert => signI = -signφ
3. φ i δ róznoimienne

Regułka I jest symetryczna względem równika,

Druga litera azymutu ćwiartkowego

sign II = sign tλ
Aby móc porównać hcn w momencie bserwacji z wysokością jakie ono osiągnie na pierwszym wertykale wykorzystuje się wzór cosinusowy na bok Zn – cn (na I wertykale) korzytając z tego że wówczas A=270 i otrzymujemy że sinhc na Iwert

sinh Iwert = sin δ x cosec φ



Równoleżnik deklinacyjny to koło małe równoległe do równika (δ = const)

Almukantarat to koło małe jednakowych wysokości.

Koło sześciogodzinne to koło wielkie prostopadłe jednocześnie do równika i do południka lokalnego.

Analogi

Układ horyzontalny	Układ równikowy I
Horyzont	Równik
Oś pionu	Oś świata
Almukantarat	Równoleżnik deklinacyjny
I wertykał	Koło sześciogodzinne