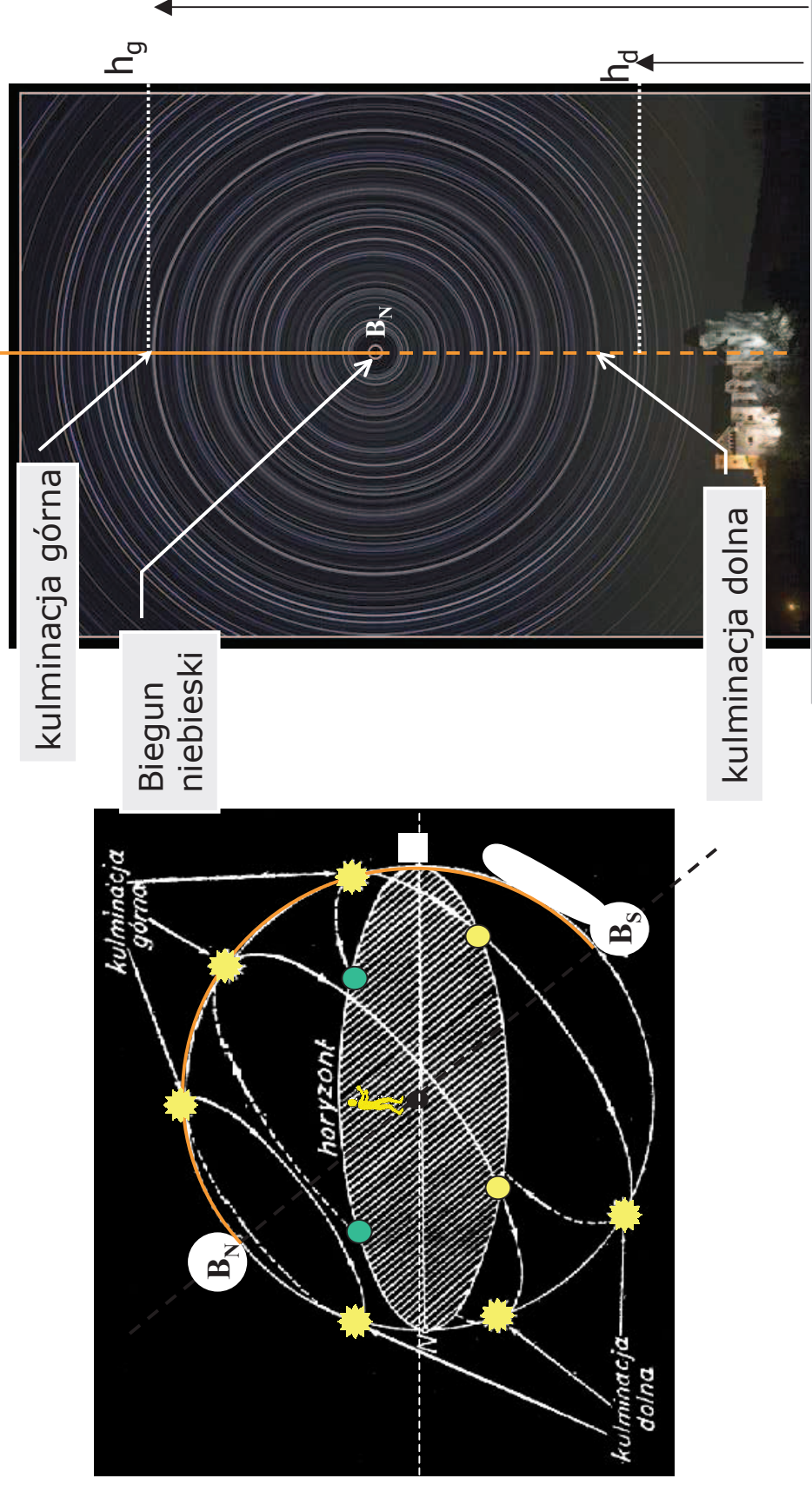


Rozdział IV

Zjawiska związane z ruchem dziennym nieba

Przejścia gwiazd przez południk



Na północnej półkuli Ziemi górowanie gwiazd zachodzi na Południku Niebieskim pomiędzy Biegunem Północnym a kierunkiem S.

(Jeśli górowanie zachodzi pomiędzy horyzontem a Biegunem Południowym to gwiazda nie jest widoczna)

Położenie Bieguna Niebieskiego

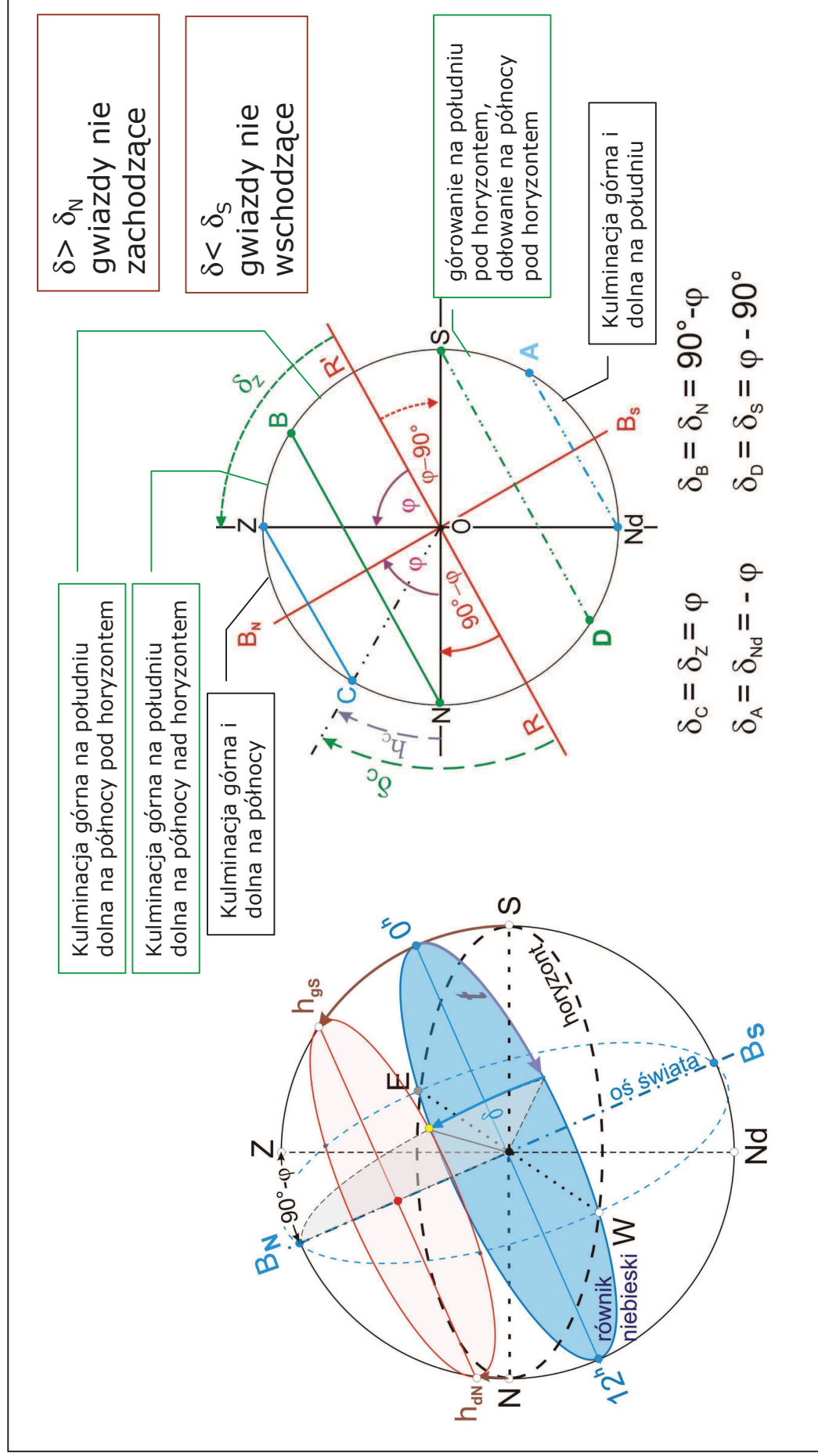
Położenie bieguna niebieskiego na sferze niebieskiej zależy od szerokości geograficznej



Wysokość bieguna $h_{BN} = \varphi$ zaś $h_{BS} = -\varphi$

zob. Rozdz III slajd 68

Przejścia gwiazd przez południk



Układ godzinowy jest "sztywny", tj. związany z obserwatorem. To sfera niebieska się kręci. δ jest stałe a t się zmienia. W kulminacji górnej $t=0^h$. Okres od górowania do dołowania gwiazdy to doba gwiazdowa, która wynosi ok. 23^h56^m .

Przejścia gwiazd przez południk

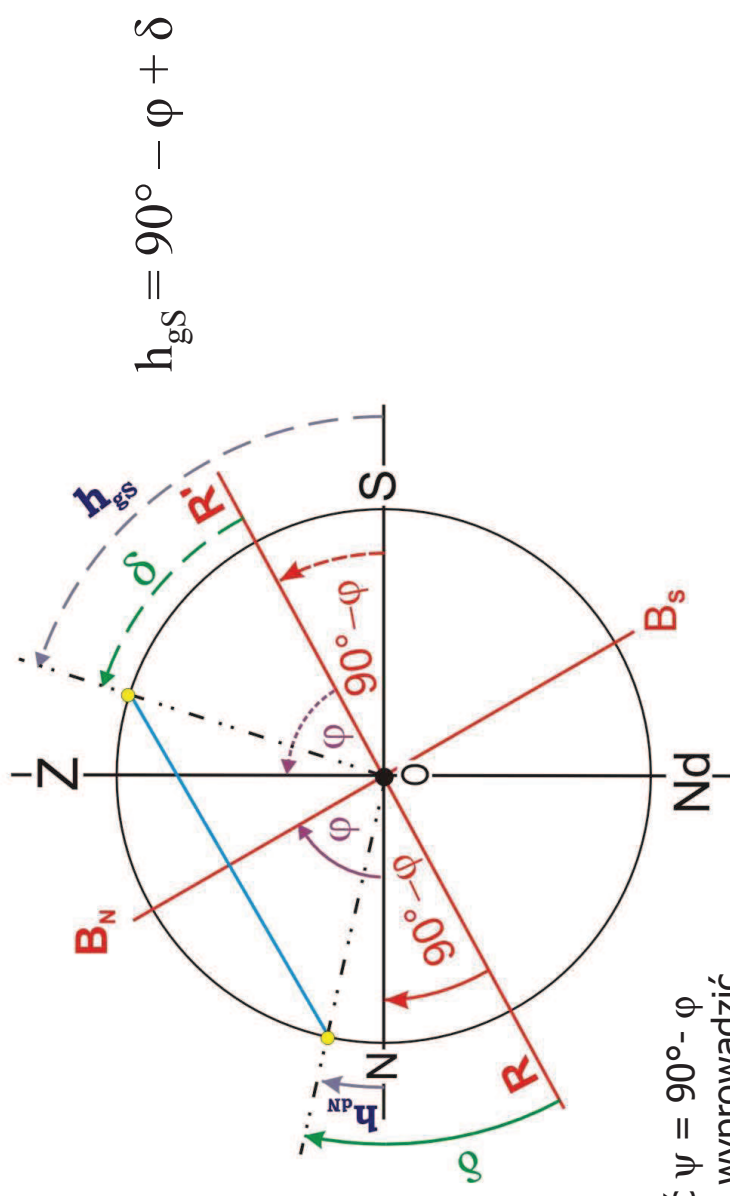


Kulminacja górna na południu, kulminacja dolna na północy

$$\delta = h_{dN} + (90^\circ - \varphi)$$

⇓

$$h_{dN} = \varphi - 90^\circ + \delta$$



$$h_{gs} = 90^\circ - \varphi + \delta$$

Komentarz:

Zauważ, że zamiast φ można użyć $\psi = 90^\circ - \varphi$.
Wówczas oba wzory można łatwo wyprowadzić i zapisać w postaci

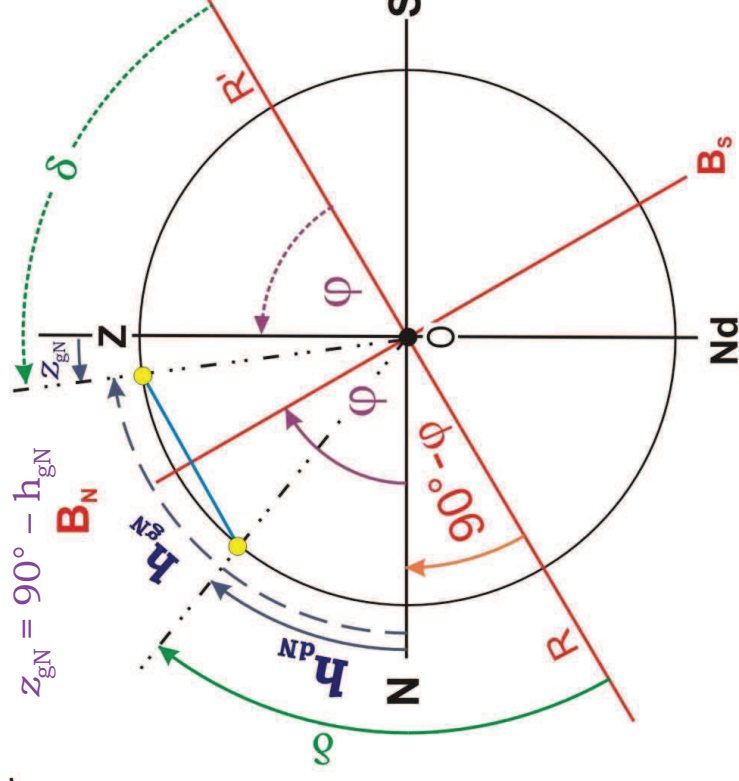
$$h_{dN} = \delta - \psi \quad h_{gN} = \delta + \psi$$

$$h_{dN} = \varphi - 90^\circ + \delta$$

$$h_{gS} = 90^\circ - \varphi + \delta$$

Przejścia gwiazd przez południk

Kulminacja górna na północy, kulminacja dolna na północy



$$\delta = z_{gN} + \varphi$$

$$z_{gN} = 90^\circ - h_{gN}$$

$$\delta = 90^\circ - h_{gN} + \varphi$$

$$\Downarrow$$

$$h_{gN} = 90^\circ + \varphi - \delta$$

$$\delta = h_{dN} + (90^\circ - \varphi)$$

$$\Downarrow$$

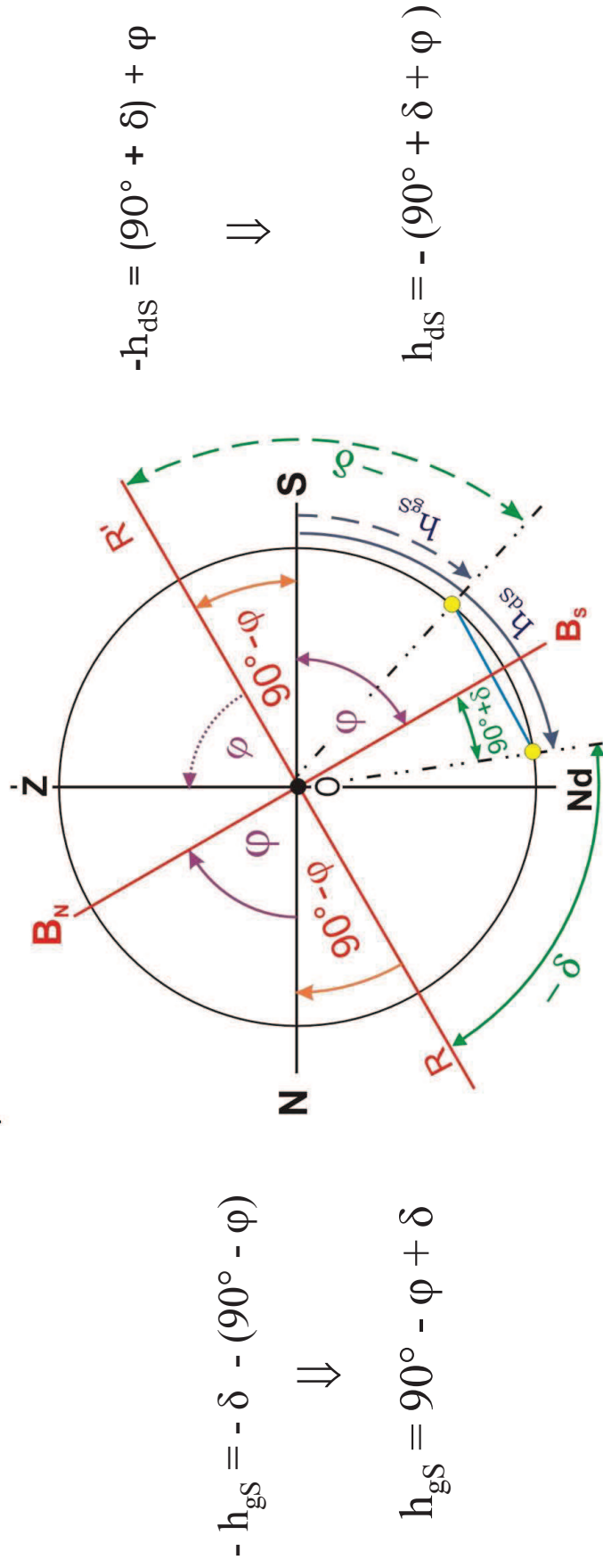
$$h_{dN} = \varphi - 90^\circ + \delta$$

$$h_{dN} = \varphi - 90^\circ + \delta$$

$$h_{gN} = 90^\circ + \varphi - \delta$$

Przejścia gwiazd przez południk

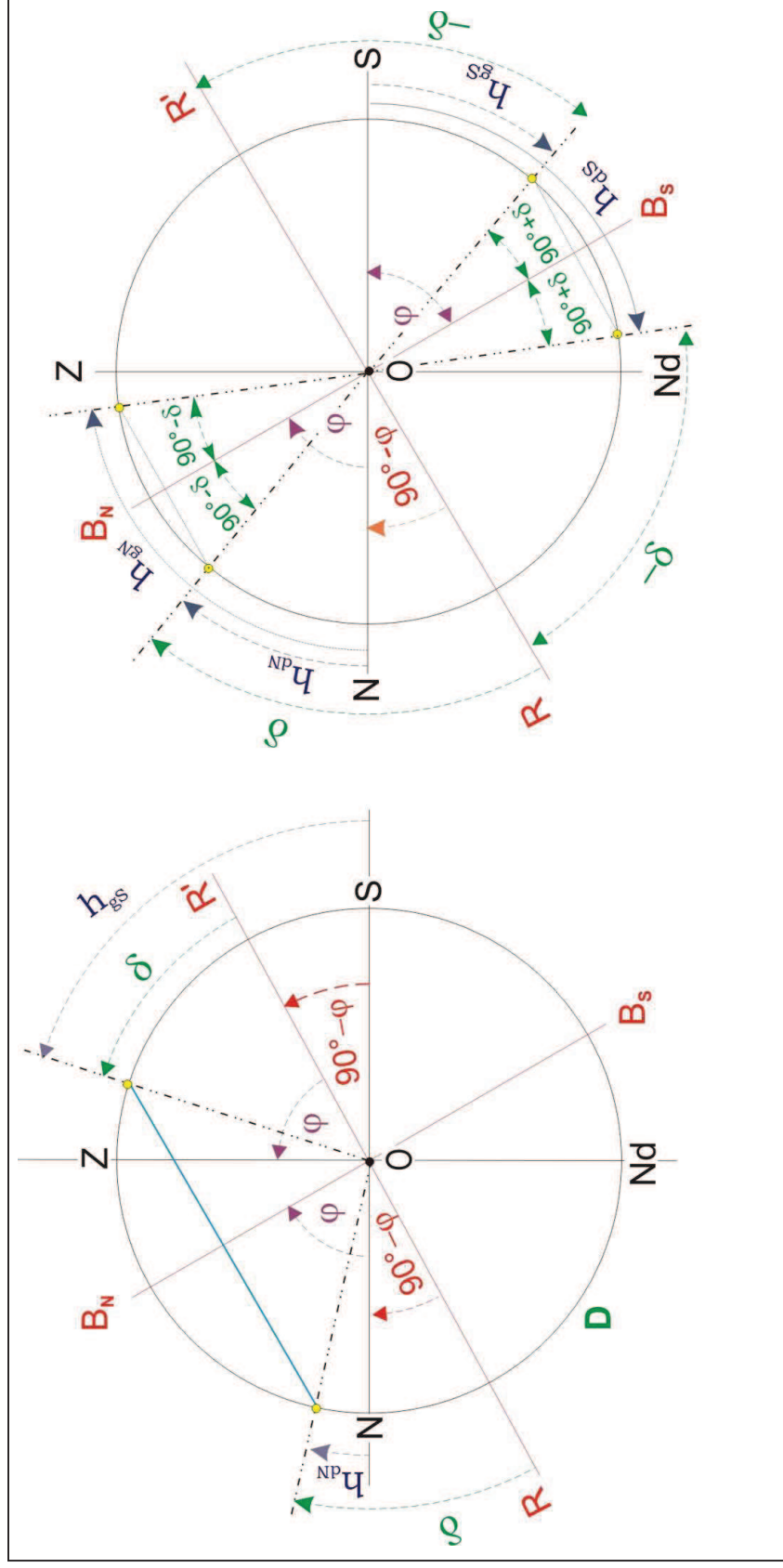
Kulminacja górna na południu, kulminacja dolna na północy



$h_{gs} = 90^\circ - \varphi + \delta$

$h_{ds} = -(90^\circ + \varphi + \delta)$

Przejścia gwiazd przez południk - podsumowanie



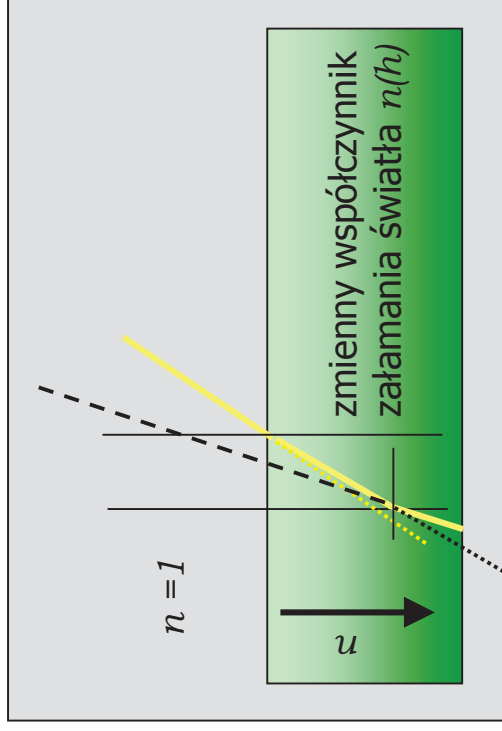
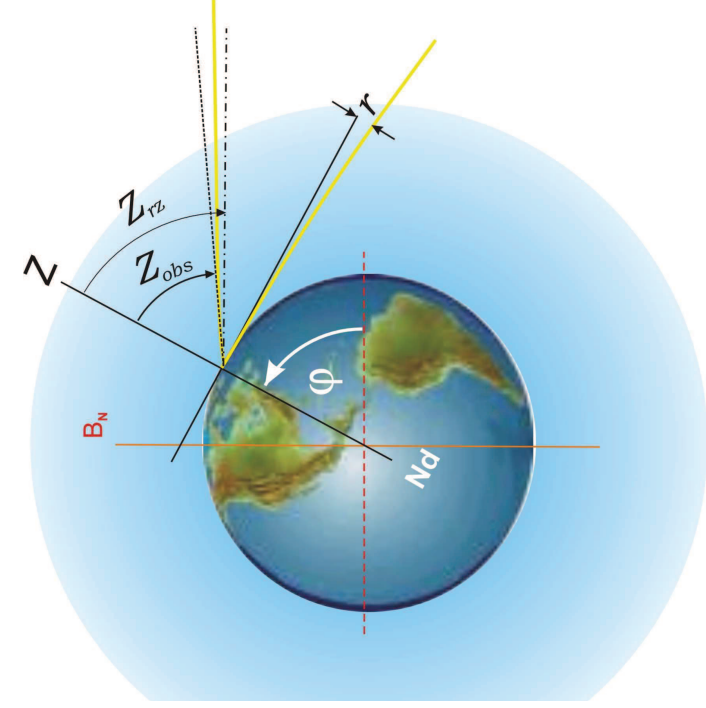
$$h_{gS} = 90^\circ - \varphi + \delta$$

$$h_{dN} = \varphi - 90^\circ + \delta$$

$$h_{gN} = 90^\circ + \varphi - \delta$$

$$h_{dS} = - (90^\circ + \varphi + \delta)$$

Refrakcja



$$h_{rzecz} = h_{obs} - r$$

Poprawka refrakcyjna r w zenicie wynosi 0° zaś na horyzoncie $r \approx 35'$

Obniżenie horyzontu

Horyzont dla obserwatora znajdującego się na pewnej wysokości h nad powierzchnią Ziemi obniża się o pewien kąt ξ . Wynosi on (w minutach łuku) :

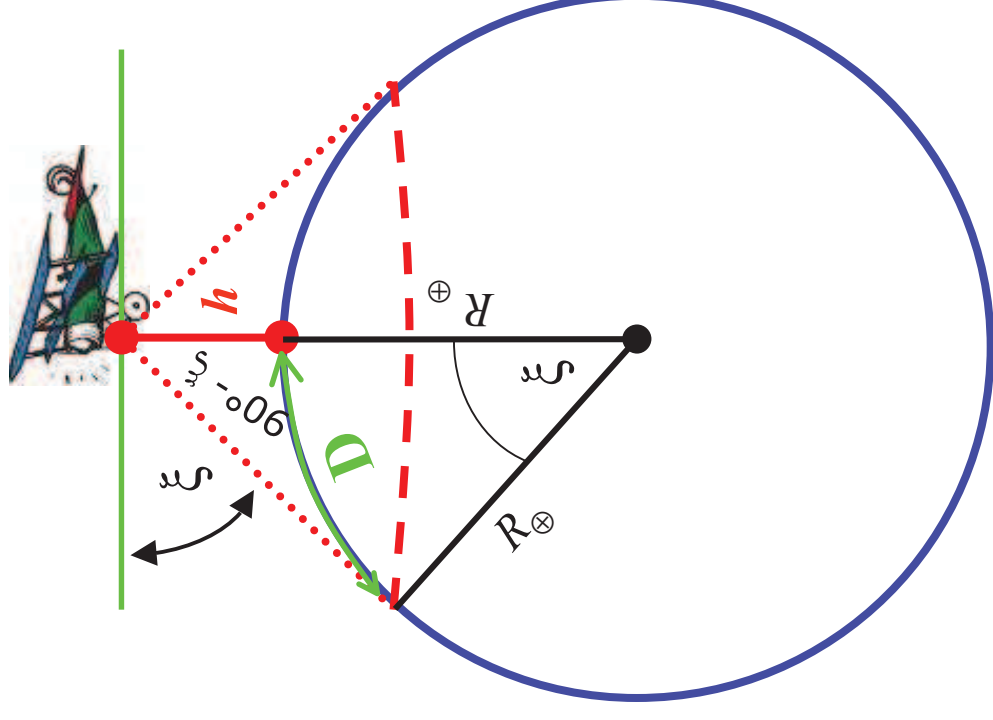
$$\xi = 1.779 \sqrt{h}$$

gdzie h jest w [m].

Teoretyczny zasięg widoczności D w [km] określony jest wzorem:

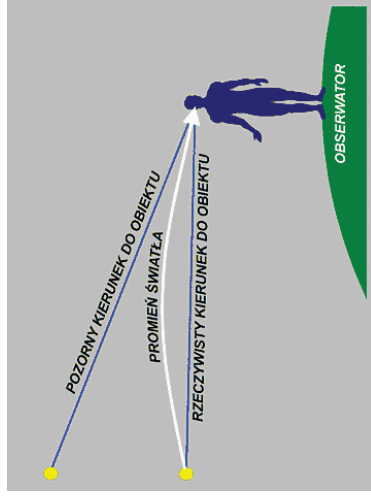
$$D = 3.86 \sqrt{h}$$

gdzie h jest w [m].

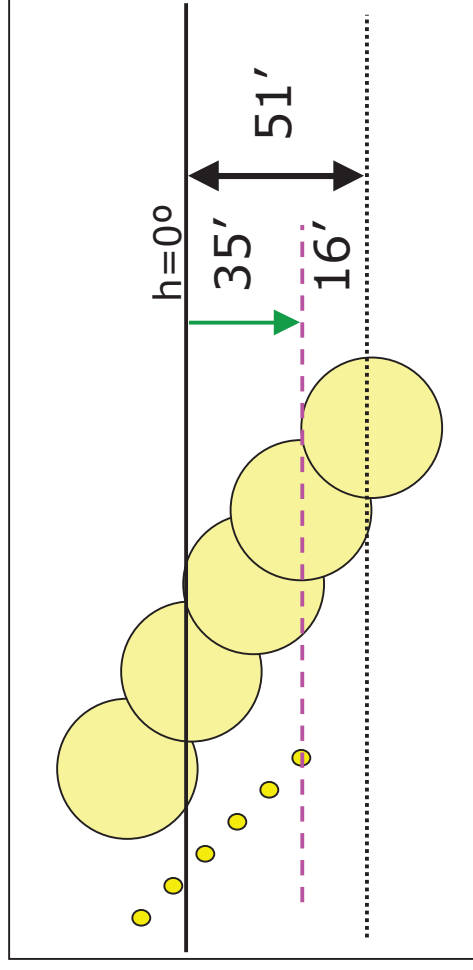
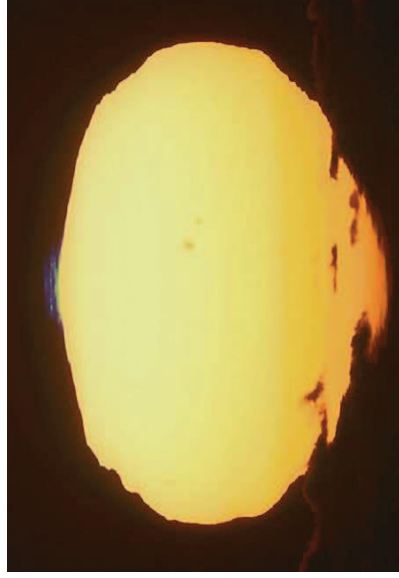


Zastanów się, jak te wzory wyprowadzić.
Wskazówka: kąt ξ jest mały.

Rzeczywiste wysokości na horyzoncie



zmiana wysokości ciał nad horyzontem

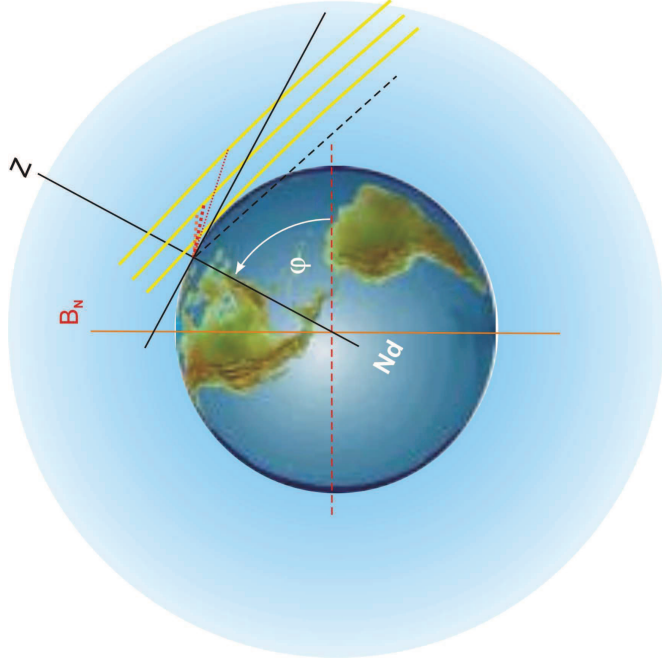


Obserwowany zachód(wschód) Słońca zachodzi gdy
 $h_{\odot} = - 0^{\circ}51'$

zmiana kształtu traczy Słońca i Księżycy

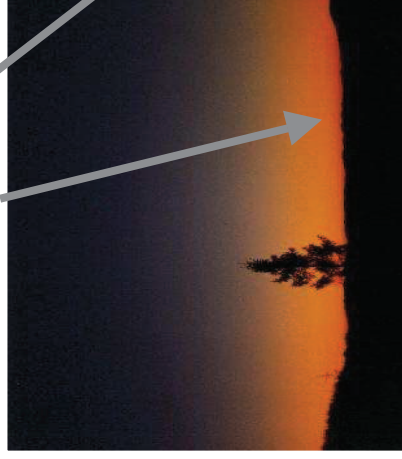
W dokładnych pomiarach należy uwzględnić obniżenie horyzontu oraz dokładne poprawki na refrakcje atmosferyczną z tablic w zależności od temperatury, wilgotności i ciśnienia powietrza.

Rozproszenie światła



Światło w atmosferze ulega rozproszeniu na molekułach (Rozpraszanie Rayleigha) wielkość rozproszenia $1/k \propto \lambda^4$

$$I(\lambda) = a \cdot I_0 \cdot \lambda^{-4}$$



Inne efekty – czerwień i rozmiar Słońca nad horyzontem

h_{\odot} wynosi dla świtu i zmierzchu:

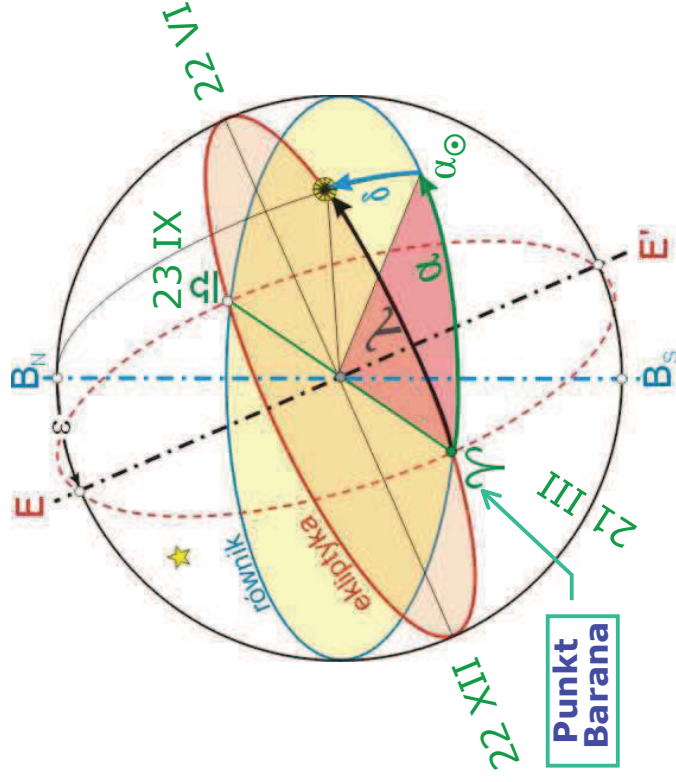
- 6° dla cywilnego
- 12° dla żeglarskiego
- 18° dla astronomicznego

Obserwowany zachód (wschód) Słońca zachodzi gdy

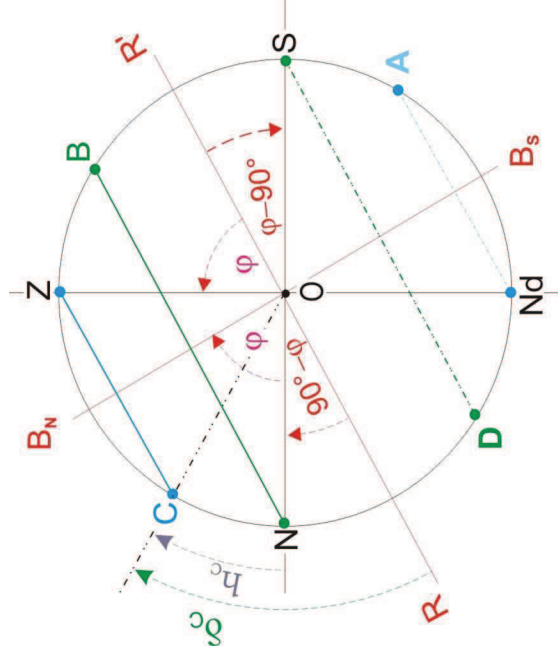
$$h_{\odot} = -0^{\circ}51'$$

Dni i noce polarne

ε - nachylenie płaszczyzny równika Ziemi do płaszczyzny orbity Ziemi $\varepsilon = 23^{\circ}26'$ (23.4°)



$$-23^{\circ}26' \leq \delta_{\odot} \leq +23^{\circ}26'$$



Warunek na noc polarną: $h_{g,\odot} < -0^{\circ}51'$

Warunek na dzień polarny $h_{d,\odot} \geq -0^{\circ}51'$

Warunek na białe noce

$$h_{0,\odot} < h_{d,\odot} < -0^{\circ}51'$$

$h_{0,\odot} = -6^{\circ}$ (cywilna),

$h_{0,\odot} = -12^{\circ}$ (żeglarska),

$h_{0,\odot} = -18^{\circ}$ (astronomiczna)

Białe noce, dni i noce polarne

$$-23^{\circ}26' \leq \delta_{\odot} \leq +23^{\circ}26'$$

$h_{g\odot} < -0^{\circ}51'$ noc polarna

$h_{d\odot} > -0^{\circ}51'$ dzień polarny

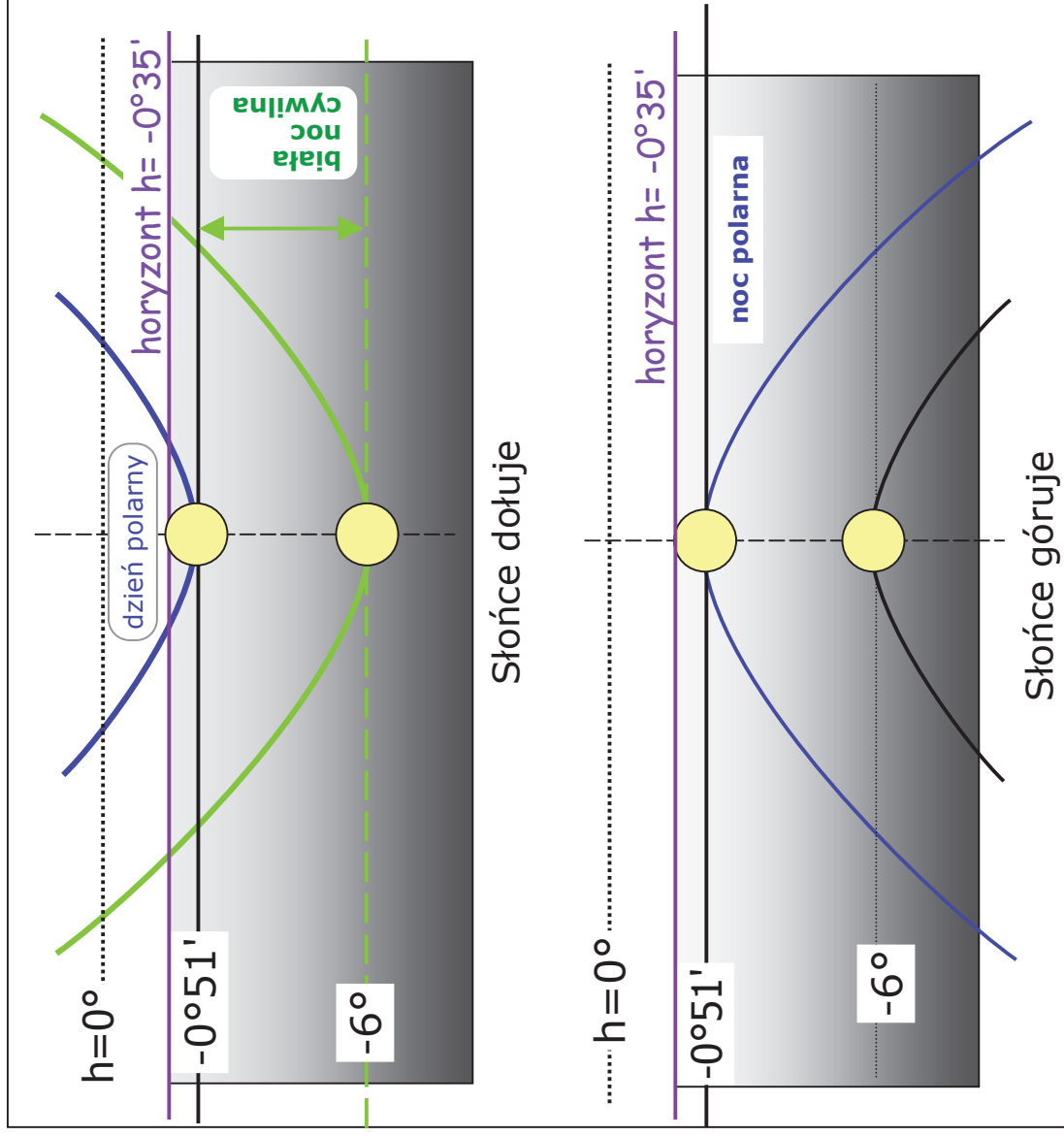
białe noce

$(-18^{\circ})(-12^{\circ})(-6^{\circ}) < h_{d\odot} < -0^{\circ}51'$

cywilne

żeglarskie (nautyczne)

astronomiczne



Dla półkuli północnej:
Słońce góruje na S
Słońce dołduje na N

Dla półkuli południowej
Słońce góruje na N
Słońce dołduje na S

$$h_{gS} = 90^{\circ} - \varphi + \delta; h_{gN} = 90^{\circ} + \varphi - \delta; h_{dN} = \varphi - 90^{\circ} + \delta; h_{dS} = - (90^{\circ} + \varphi + \delta)$$

Białe noce, dni i noce polarne

Półkula północna!!!

$-23^{\circ}26' \leq \delta_{\odot} \leq +23^{\circ}26'$

$$h_{dN\odot} > -0^{\circ}51' \text{ dzień polarny}$$

$$h_{gs\odot} < -0^{\circ}51' \text{ noc polarna}$$

białe noce

$$(-18^{\circ})(-12^{\circ})(-6^{\circ}) < h_{dN\odot} < -0^{\circ}51'$$

Przykładowo:

Dla półkuli północnej białe noce są gdy:

$$84^{\circ} - \varphi < \delta_{\odot} < -\varphi + 89^{\circ}09' \text{ (c)}$$

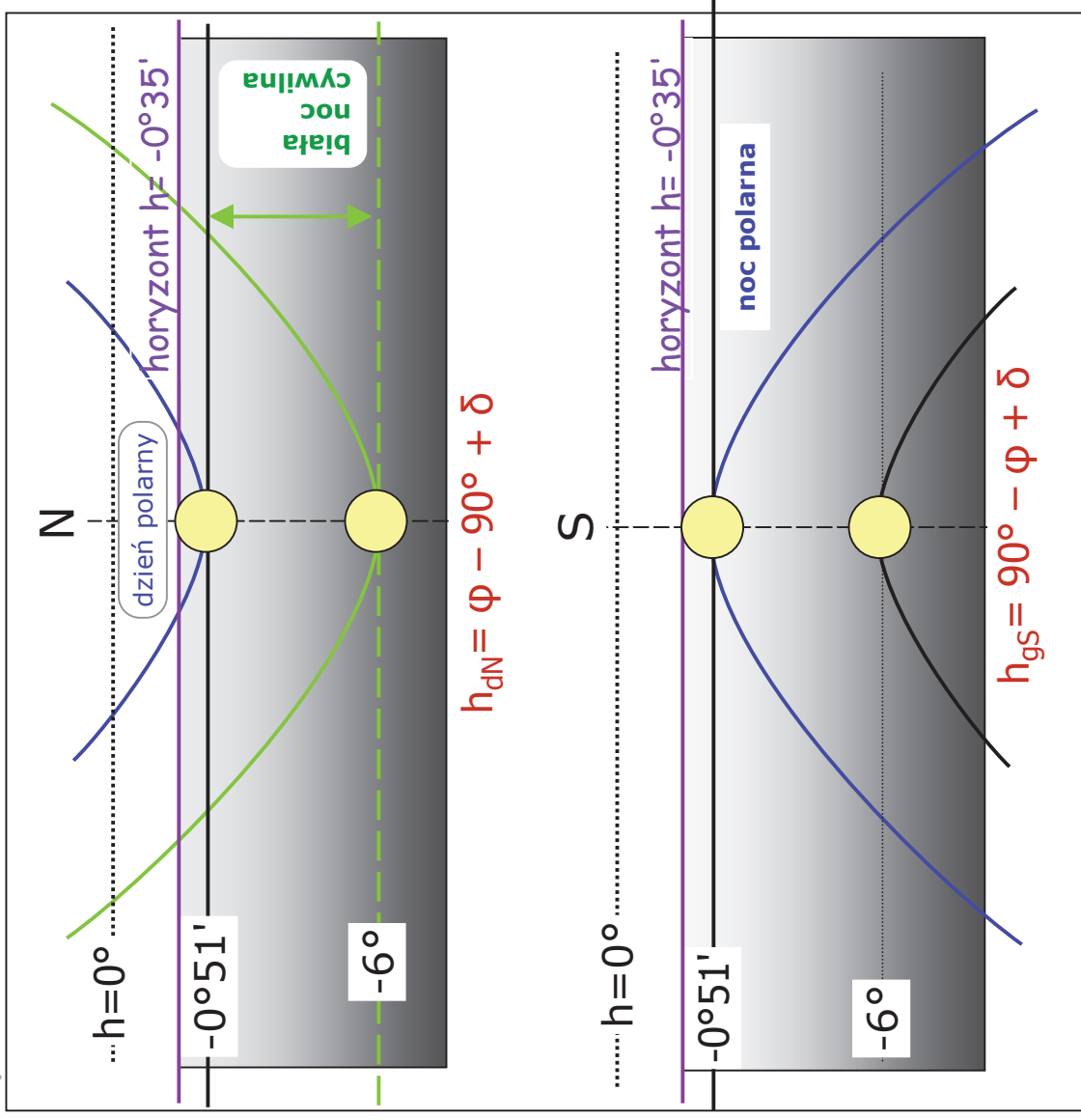
$$78^{\circ} - \varphi < \delta_{\odot} < -\varphi + 89^{\circ}09' \text{ (ż)}$$

$$72^{\circ} - \varphi < \delta_{\odot} < -\varphi + 89^{\circ}09' \text{ (a)}$$

$$84^{\circ} - \delta_{\odot} < \varphi < -\delta_{\odot} + 89^{\circ}09' \text{ (c)}$$

$$78^{\circ} - \delta_{\odot} < \varphi < -\delta_{\odot} + 89^{\circ}09' \text{ (ż)}$$

$$72^{\circ} - \delta_{\odot} < \varphi < -\delta_{\odot} + 89^{\circ}09' \text{ (a)}$$



Białe noce, dni i noce polarne

Półkula południowa!!

$$-23^{\circ}26' \leq \delta_{\odot} \leq +23^{\circ}26'$$

$h_{dS\odot} > -0^{\circ}51'$ dzień polarny

$$\varphi + \delta_{\odot} < -89^{\circ}09'$$

$h_{gN\odot} < -0^{\circ}51'$ noc polarna

$$\varphi - \delta_{\odot} < -90^{\circ}51'$$

białe noce

$$(-18^{\circ})(-12^{\circ})(-6^{\circ}) < h_{dS\odot} < -0^{\circ}51'$$

Dla półkuli południowej białe noce są gdy:

$$-84^{\circ} - \varphi > \delta_{\odot} > -\varphi - 89^{\circ}09' \quad (c)$$

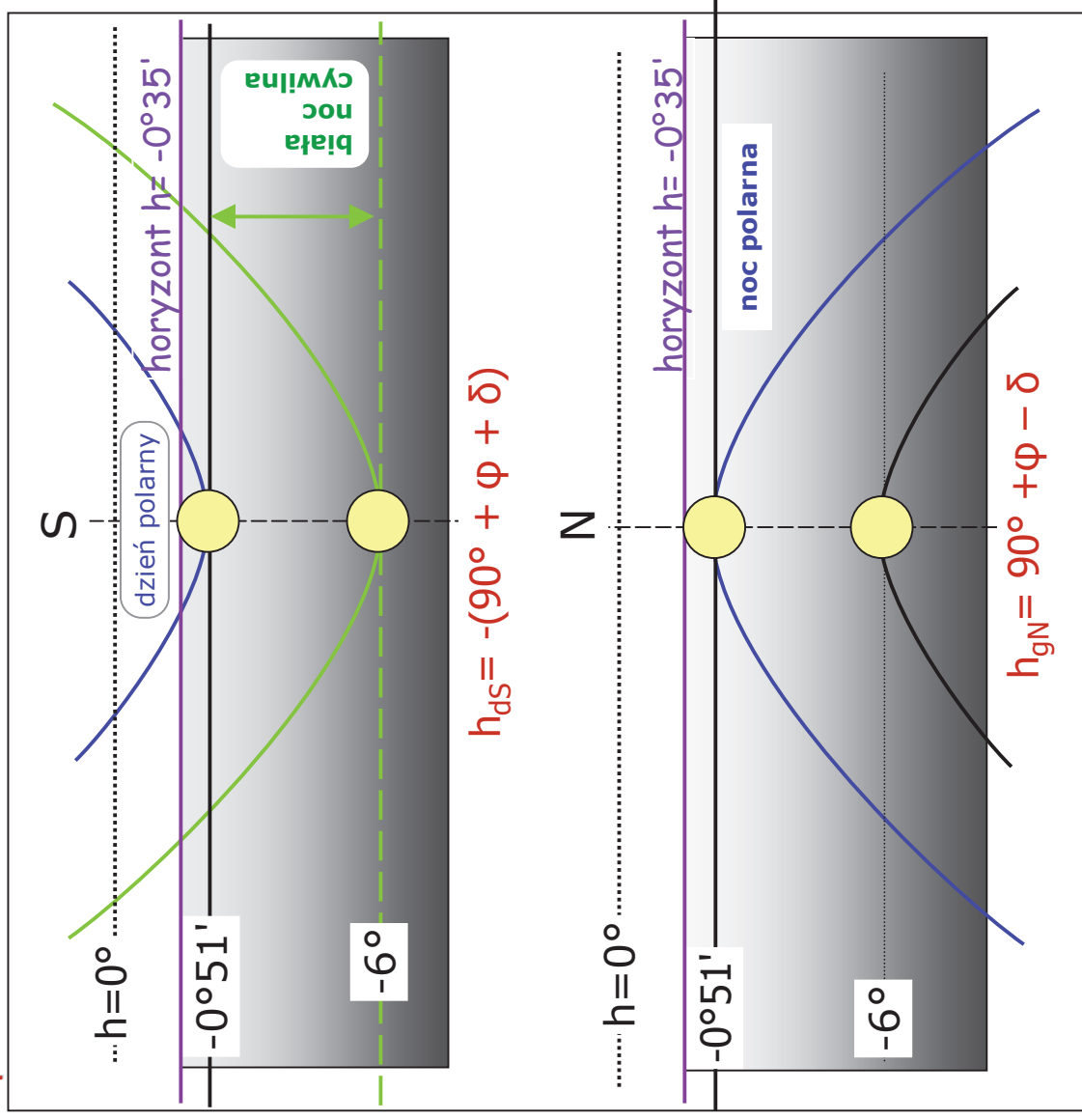
$$-78^{\circ} - \varphi > \delta_{\odot} < -\varphi - 89^{\circ}09' \quad (z)$$

$$-72^{\circ} - \varphi > \delta_{\odot} > -\varphi - 89^{\circ}09' \quad (a)$$

$$-84^{\circ} - \delta_{\odot} > \varphi > -\delta_{\odot} - 89^{\circ}09' \quad (c)$$

$$-78^{\circ} - \delta_{\odot} > \varphi > -\delta_{\odot} - 89^{\circ}09' \quad (z)$$

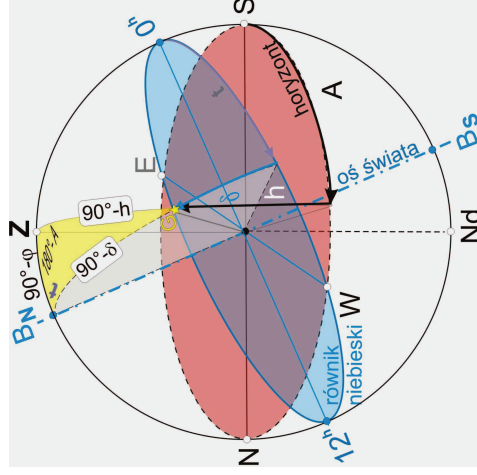
$$-72^{\circ} - \delta_{\odot} > \varphi > -\delta_{\odot} - 89^{\circ}09' \quad (a)$$



Wschody i zachody

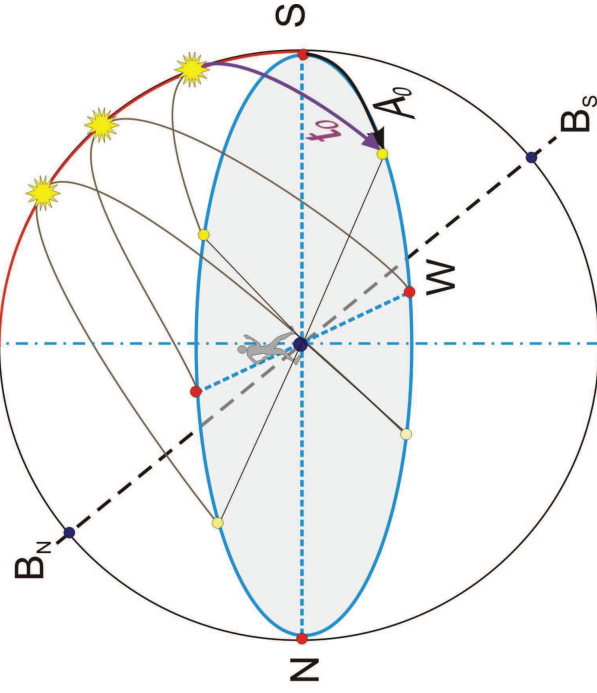
Przypomnienie: Transformacja $(t, \delta) \leftrightarrow (A, h) \Leftrightarrow$ trójkąt paralaktyczny

Zob. Rozdz III slajdy 79 i 80



$$\textcircled{1} \cos t = \frac{\sinh - \sin \delta \cdot \sin \varphi}{\cos \delta \cdot \cos \varphi} \quad \textcircled{2} \cos A = \frac{-\sin \delta + \sinh \cdot \sin \varphi}{\cosh \cdot \cos \varphi}$$

$$h=0^\circ \Rightarrow \cos A = -\frac{\sin \delta}{\cos \varphi} \quad \cos t = -\operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \varphi$$



Przybliżone obliczenie długości dnia

$t_0 \approx$ połowa długości dnia

$$\cos t_0 = -\operatorname{tg} \delta_{\odot} \operatorname{tg} \varphi$$

przybliżenie polega na zaniedbaniu refrakcji i zmiany deklinacji Słońca w ciągu dnia.

przykład:

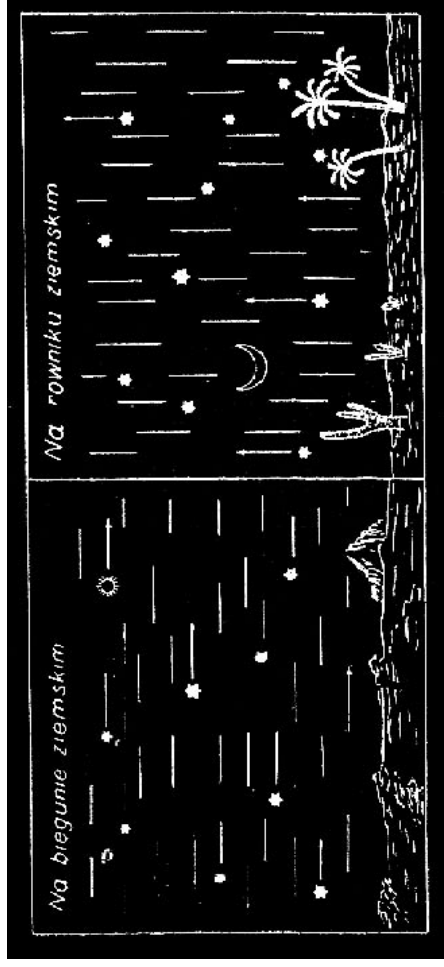
długość dnia w Krakowie $\varphi = 50^\circ$ w różnych porach roku

$$\delta_{\odot} = 0^\circ \Rightarrow t_0 = 6^{\text{h}}; \quad 2t_0 = 12^{\text{h}}$$

$$\delta_{\odot} = 23^\circ 26', \quad \varphi = 50^\circ \Rightarrow t_0 = 8^{\text{h}} 4^{\text{m}}; \quad 2t_0 = 16^{\text{h}} 8^{\text{m}}$$

$$\delta_{\odot} = -23^\circ 26', \quad \varphi = 50^\circ \Rightarrow t_0 = 3^{\text{h}} 56^{\text{m}}; \quad 2t_0 = 7^{\text{h}} 52^{\text{m}}$$

Wschody i zachody – sytuacje szczególne



$$\cos A_0 = -\frac{\sin \delta}{\cos \varphi}$$

$$\cos t_0 = -\operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \varphi$$

na równiku $\varphi = 0^\circ$

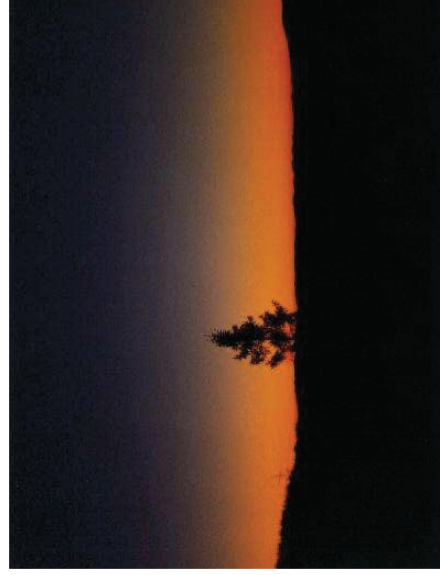
na biegunie $\varphi = \pm 90^\circ$

$$\cos t_0 = 0$$

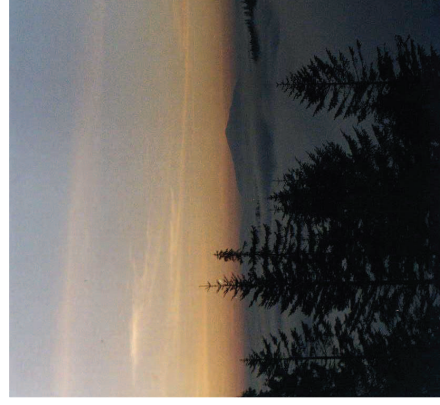
$$2t_0 = 12^{\text{h}}$$

osobliwość !!!
brak wschodów/zachodów

refrakcja wpływa na wschody i zachody



$$\sin 0^\circ 51' = 0.015$$



Dla gwiazd $h_0 = -0^\circ 35'$

Dla Słońca $h_0 = -0^\circ 51'$

$$\cos A = \frac{-\sin \delta + \sinh \cdot \sin \varphi}{\cosh \cdot \cos \varphi}$$

$$\cos t = \frac{\sinh - \sin \delta \cdot \sin \varphi}{\cos \delta \cdot \cos \varphi}$$

W praktyce dokładne wzory rzadko się stosuje do wschodów i zachodów

Rozdział V

Czas w astronomii

Czas

Czas w astronomii to kąć godzinny "czegoś"

czas gwiazdowy - kąć godzinny punktu Barana
doba gwiazdowa $23^{\text{h}} 56^{\text{m}} 04.09^{\text{s}}$ (2000)

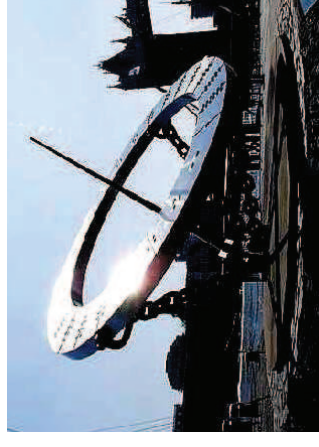
$$T_* = t_{\gamma} = t_* + \alpha *$$

czas słoneczny prawdziwy -

$$T_{\odot} = t_{\odot} + 12^{\text{h}}$$

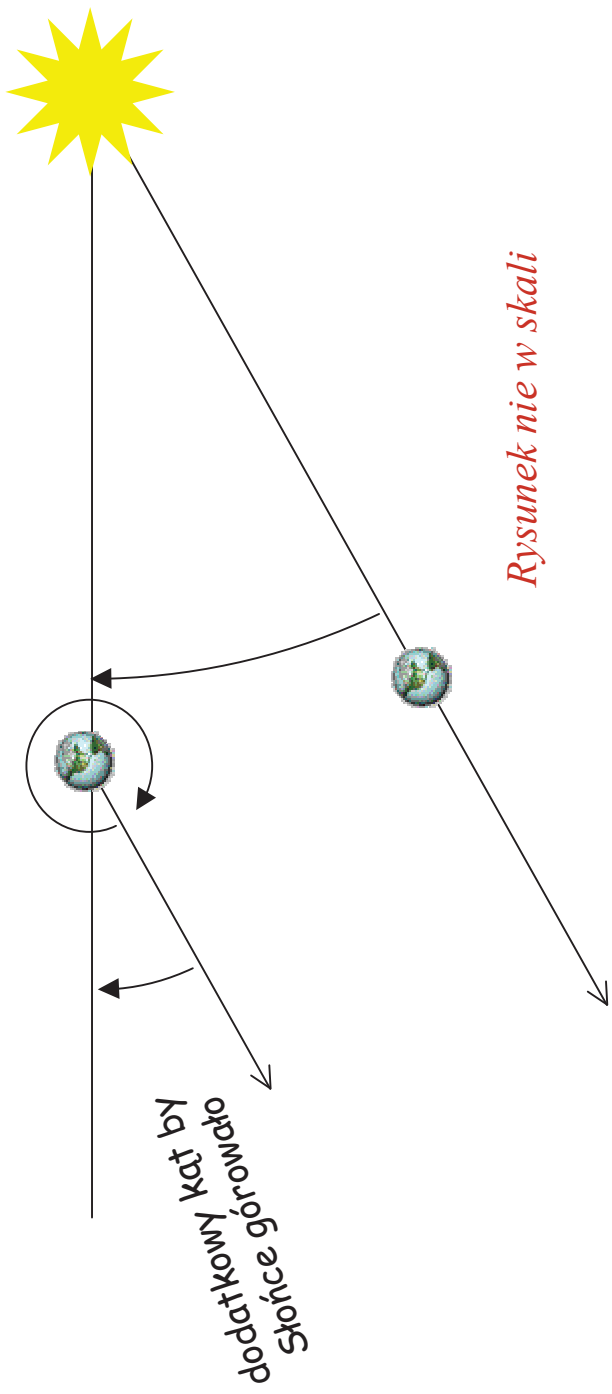
kąć godzinny Słońca prawdziwego + 12^{h}

chcemy by południe prawdziwe było o 12:00
ten czas pokazują zegary słoneczne



Zegar słoneczny

Doba gwiazdowa a doba słoneczna



To jest zagadnienie okresów gwiazdowych „syderycznych” i synodycznych

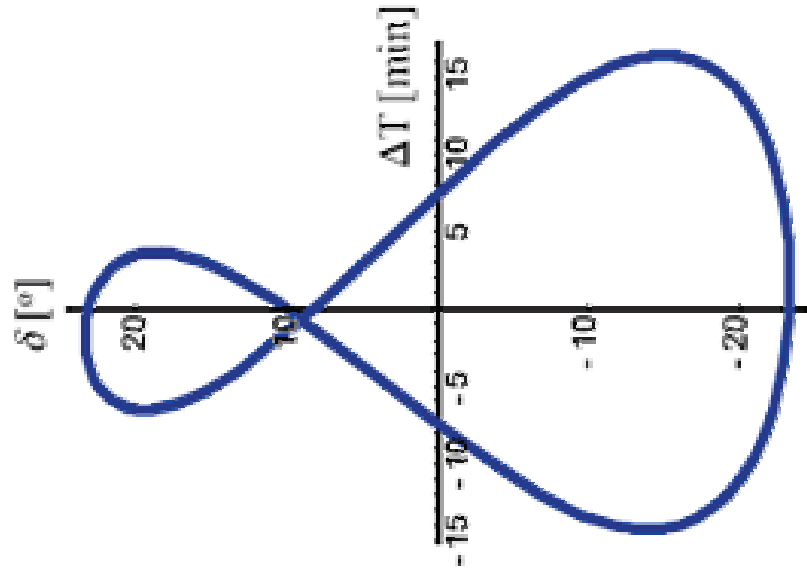
$$\omega_S = \omega_G - \omega_{\otimes} \quad \omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \frac{1}{T_{syn}} = \frac{1}{T_{gw}} - \frac{1}{T_{\otimes}}$$

rok = 365.2422^d = 31 556 926^s doba gwiazdowa ≈ 23^h56^m = 86160^s

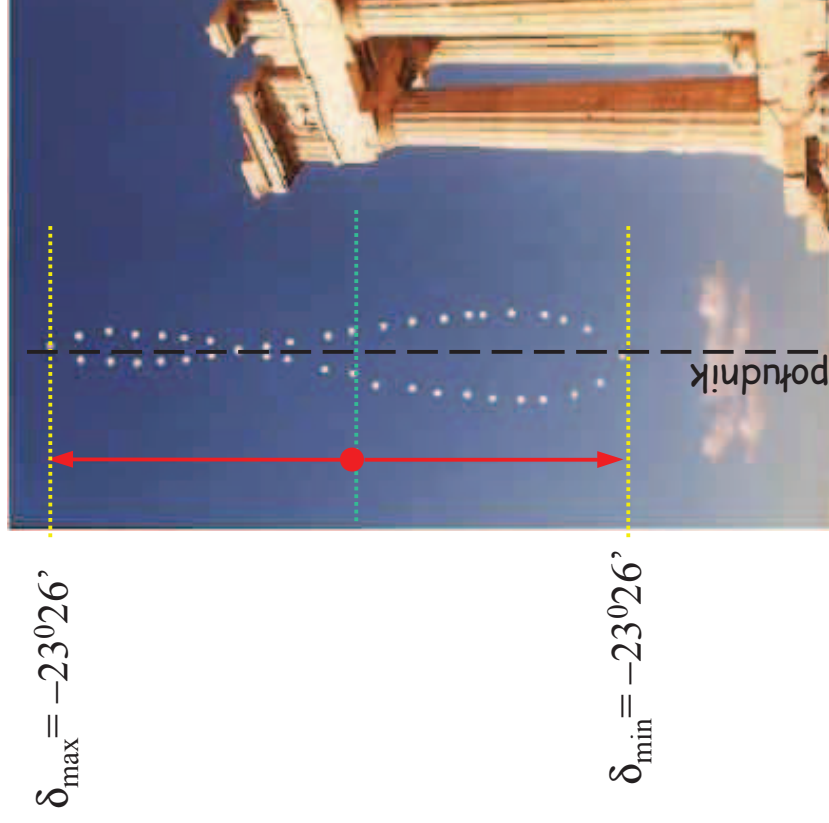
1^d = (1/86160^s - 1/31 556 926^s)⁻¹ = 86400^s ⇒ doba słoneczna = 24^h

Zegary słoneczne źle chodzą!

Analemma - rejestracja pozycji Słońca dokładnie o tej samej godzinie w ciągu roku

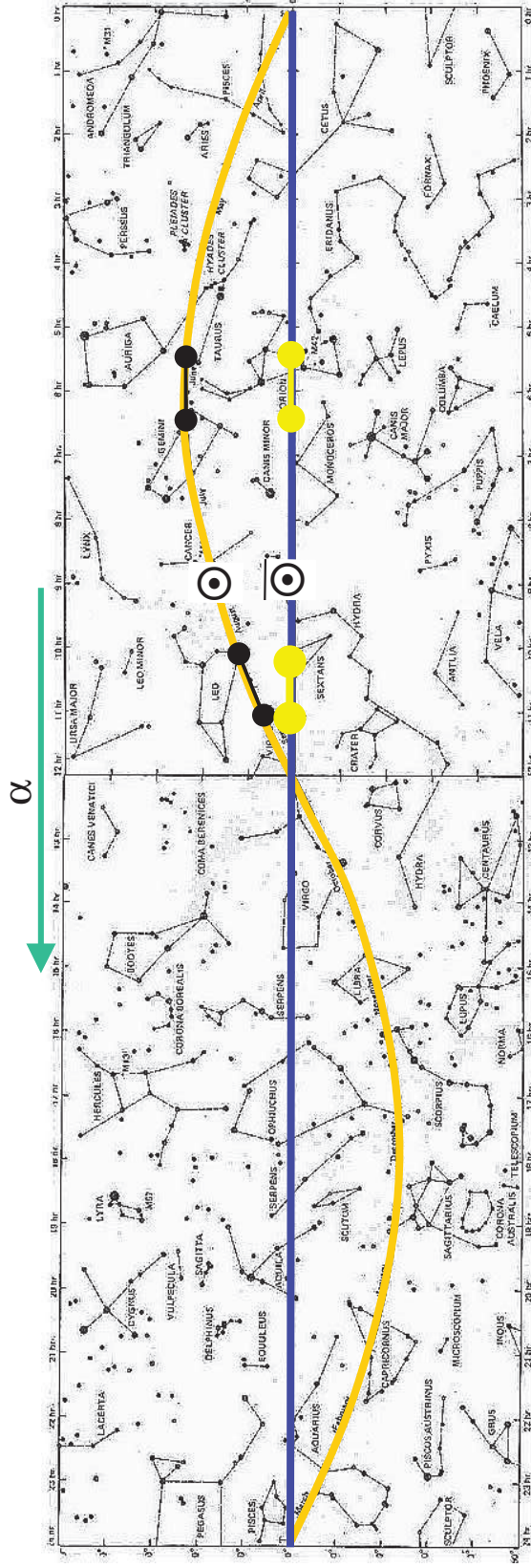


Analemma



Zegary słoneczne źle chodzą

Słońce średnie i prawdziwe

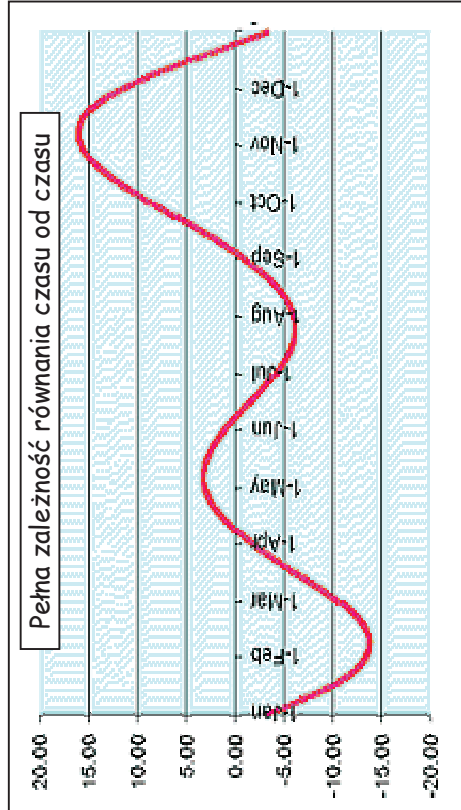
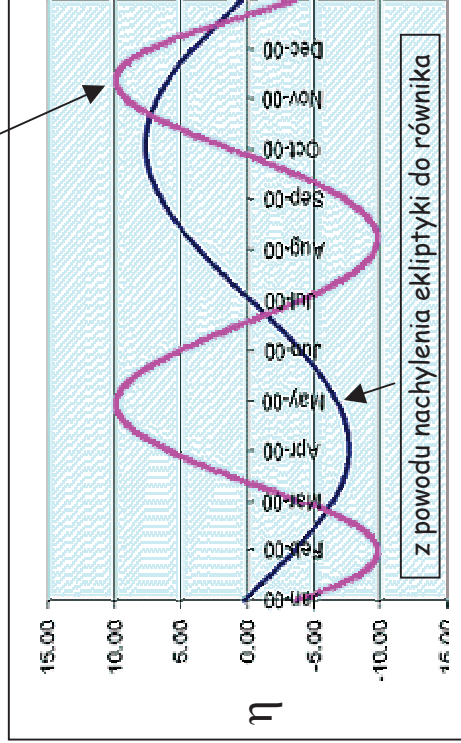


Słońce średnie ☉ to punkt poruszający się po równiku ze średnią prędkością
 kątową Słońca prawdziwego ☉.

$$\text{równanie czasu} \quad \Delta\alpha = \eta = \alpha_{\odot} - \alpha_{\odot}$$

ze względu na eliptyczność orbity Ziemi (niejednostajna prędkość na orbicie)

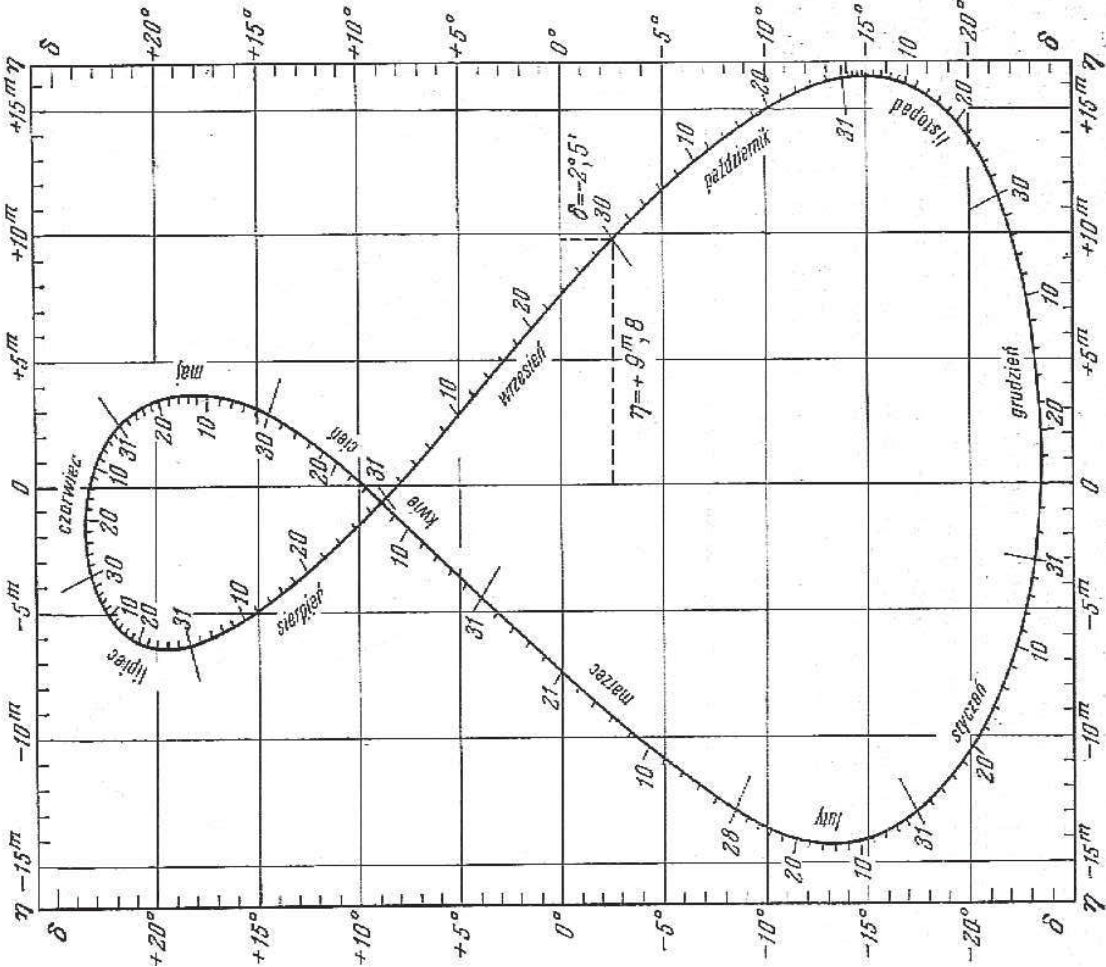
dlaczego równanie czasu to za chwilę



Analemma

Wykres ten może służyć do zgrubnego oszacowania współrzędnych Słońca i równania czasu. Ponieważ rok zwrotnikowy nie wyraża się całkowitą liczbą dni to moment przejścia Słońca przez punkt Barana wędruje po dniu 21 III.

Równanie czasu η



Deklinacja Słońca δ

Czas słoneczny średni

Słońce średnio to punkt poruszający się po równiku z średnią prędkością kątową Słońca prawdziwego. *Odstęp czasu pomiędzy dwoma górowaniami średniego słońca nazywamy średnią dobą słoneczną.*

czas słoneczny prawdziwy - $T_{\odot} = t_{\odot} + 12^h$

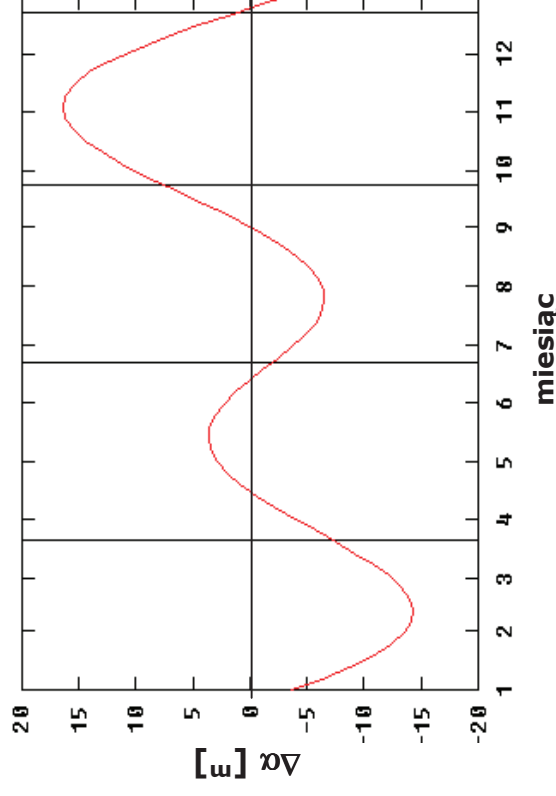
czas słoneczny średni - kąt godzinny
Słońca średniego + 12^h

czas słoneczny średni

doba słoneczna średnia wynosi 24^h

równanie czasu

$$\Delta\alpha = \eta = T_{\odot} - T_{\odot}^*$$



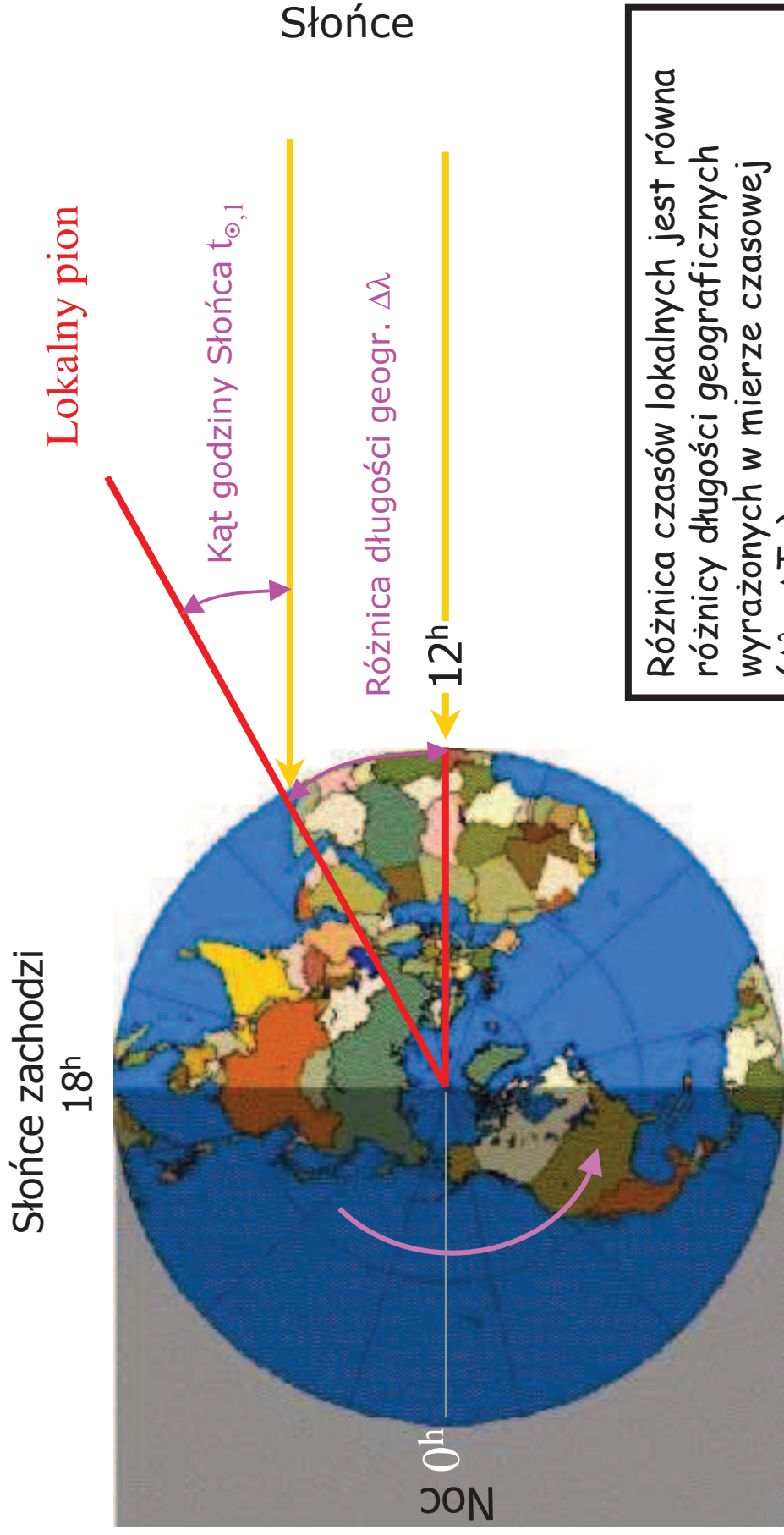
$$E = \alpha(\odot) - \alpha(\odot^*) = -7,7 \cdot \sin(79^\circ + t) + 9,5 \cdot \sin(2t)$$

$$\Delta\alpha = \eta = \alpha_{\odot}^* - \alpha_{\odot} = t_{\odot} - t_{\odot}^*$$

gdzie l oznacza długość ekliptyczną Słońca prawdziwego

proszę zwrócić uwagę na zmianę znaku! To prosta konsekwencja tego, że $t + \alpha = T_*$

Czas lokalny a długość geograficzna



Różnica czasów lokalnych jest równa różnicy długości geograficznych (wrażonych w mierze czasowej) ($\Delta\lambda = \Delta T_{\odot}$)

$$\Delta\lambda = \Delta T_{\odot} \Rightarrow \Delta\lambda = \Delta T_{\odot}$$

Czas strefowy (urzędowy)

- Na powierzchni Ziemi ustanowiono 24 strefy w których czas urzędowy różni się o pełną godzinę
- W danej strefie obowiązuje czas T_{\odot} centralnego południka
- Strefa ma szerokość 15°
- Granice stref zmodyfikowano by w terenach zamieszkałych pokrywały się z granicami administracyjnymi

Przykłady:

skrót (ang.)	Nazwa	południk	w Polsce obowiązuje
UT	Universal Time	0°	
CSE (CET)	Czas Środkowo Europejski	15°	czas zimowy
CWE (EET)	Czas Wschodnio Europejski	30°	czas letni

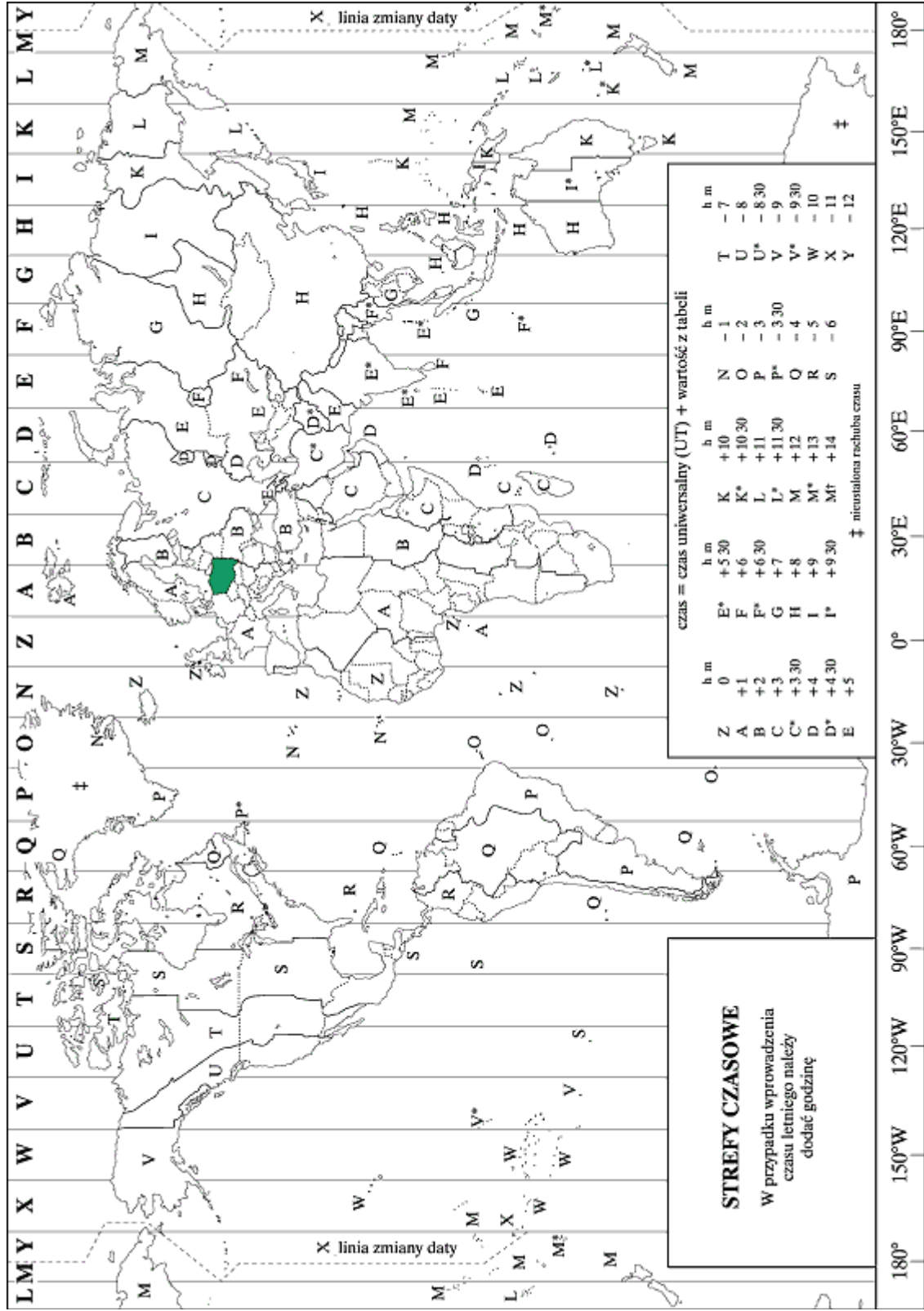
$$\mathbf{CSE=UT+1^h \quad CWE=UT+2^h}$$

$$\Delta\lambda = \Delta T_{\odot} \quad \text{oraz} \quad \Delta\lambda = \Delta T_{\odot}$$



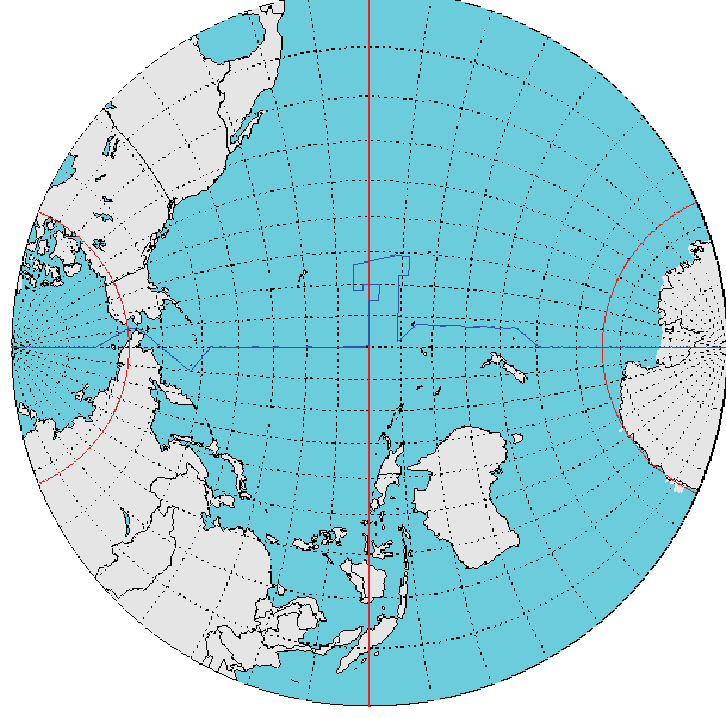
$$T_{\odot}(\lambda) = UT + \lambda$$

Strefy czasowe



Czas strefowy

- Zmiany czasu odbywają się w Europie w ostatnią niedzielę marca (CSE+1=CWE) i października (CWE-1=CSE) w godzinach wczesno-porannych (zwykle o 3:00 lub 2:00)
- Konsekwencją stref czasowych jest Międzynarodowa Linia Zmiany Daty
- Przebiega wzdłuż południka 180^o omijając lądy
- Ostatnia poprawka wprowadzona w 1995 roku przez rząd Kiribati



$$T_{\odot}(\lambda) = UT + \lambda$$

$$T_{\odot}(+12^h) = UT + 12^h$$

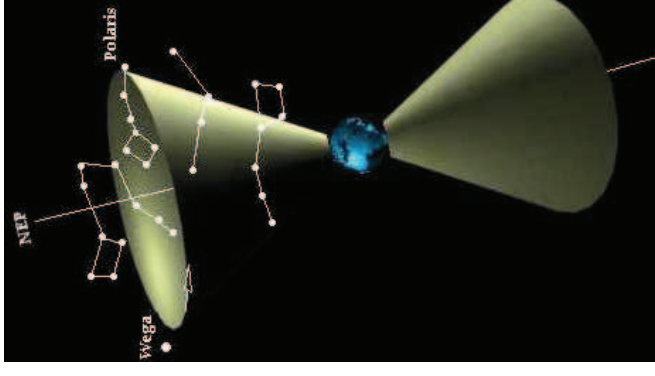
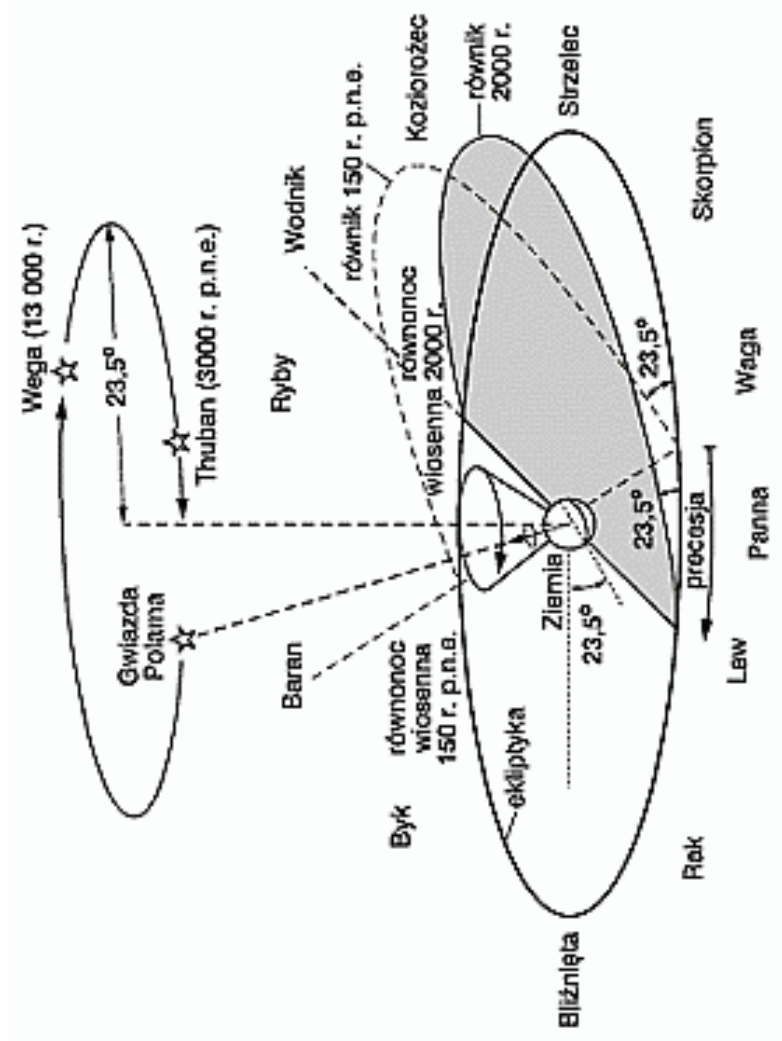
$$T_{\odot}(-12^h) = UT - 12^h$$

Widać, że na linii $\lambda=\pm 12^h$ następuje skok czasu o 24h

Np: Sobota 21 I | Piątek 20 I

Precesja osi obrotu Ziemi

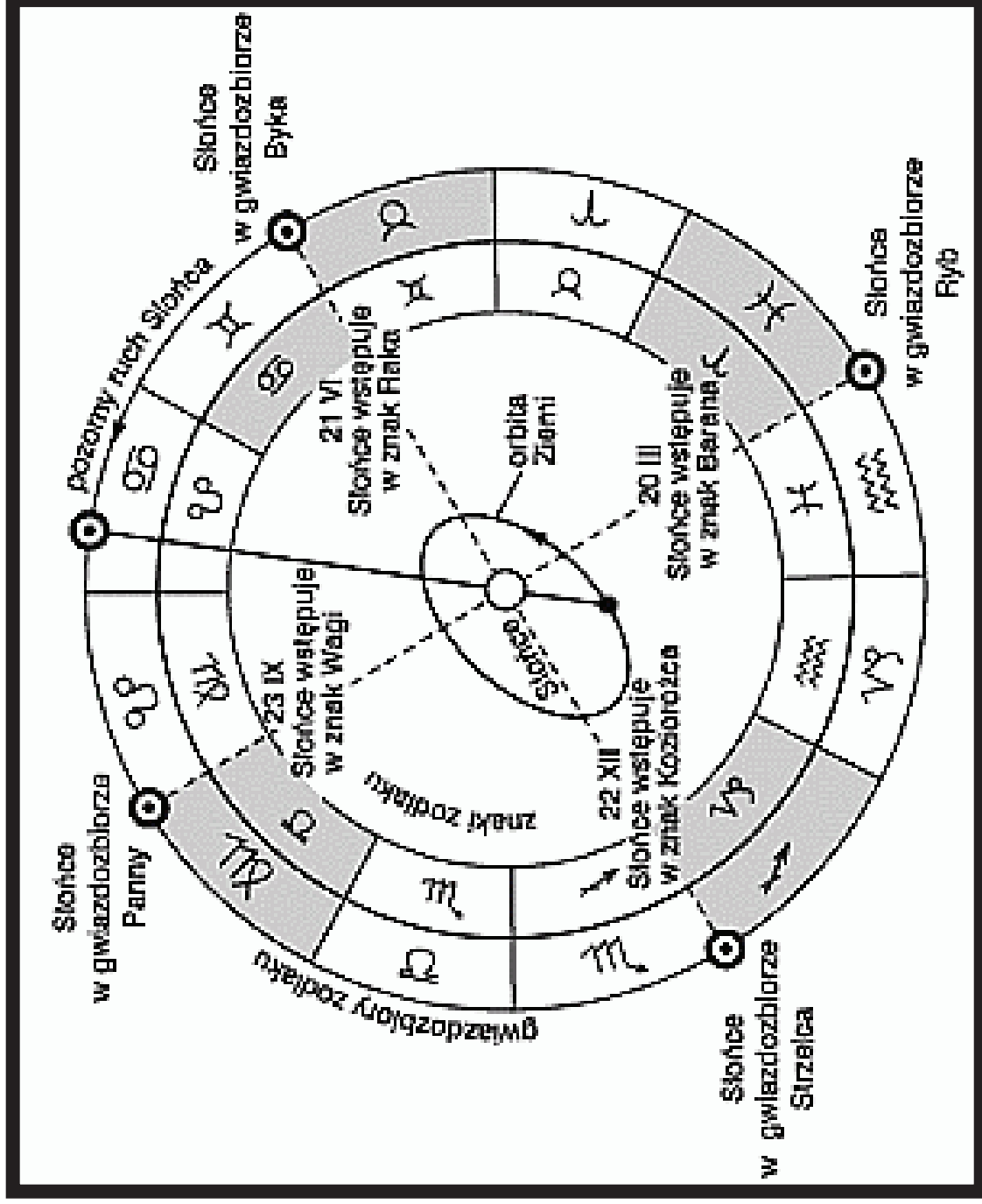
kołysanie się osi obrotu Ziemi spowodowane grawitacyjnym oddziaływaniem Słońca i Księżycyca



- Obecnie Gwiazda Polarna zbliża się do bieguna (o 15' za ostatnie 50 lat)
- Rozwartość stożka precesji wynosi 23.5°
- Okres precesji (rok Platona) to około 26000 lat (25 800 lat)
- Rok gwiazdowy 365.2564^d **rok zwrotnikowy 365.2422^d**

Rok zwrotnikowy – odstęp czasu pomiędzy kolejnymi przejściami Słońca przez Punkt Barana

Przesunięcie znaków zodiaku



Zewnętrzne koło obróci się względem wewnętrznego o pełny obrót w ciągu roku Platona (~26000 lat)

Przyczyny wahań długości doby średniej słonecznej

Wpływ innych ciał np.:

✓ pływy

✓ precesja, nutacja

Zmiany rozkładu masy Ziemi np.:

✓ pory roku

✓ ocieplenie klimatu

✓ dryf kontynentów

✓ trzęsienia Ziemi

W sumie może być nawet 50 sekund różnicy !!!

Czasy astronomiczne UT

UT0 czas uniwersalny prawdziwy - T_{\odot} chwilowego południka Greenwich

UT1 czas uniwersalny średni - T_{\odot} średniego południka Greenwich

ten czas jest używany w geodezji gdyż definiuje umowny układ ziemski wzg. gwiazd stałych

Stare definicje sekundy

86 400s = 1 doba UT1

31 556 925.9747s = 1 rok zwrotnikowy epoka 1900 0^d12^h

ruch słońca (jego długość ekliptyczna) określa czas TDT
(*Terrestrial Dynamic Time*)

odstęp czasu pomiędzy przejściami
Słońca przez pkt. Barana

Atomowa definicja sekundy i czasu

- W układzie SI 1 sekunda jest to czas równy 9192631770 okresów drgań promieniowania odpowiadającego przejściu pomiędzy dwoma poziomami energetycznymi atomu struktury nadsubtelnej stanu podstawowego atomu izotopu cezu 133 (^{133}Cs)
- Międzynarodowa sieć zegarów atomowych tworzy czas **TAI** bazujący na atomowej definicji sekundy. (*Temps Atomique Internationale*)
- Czas TAI płynie jednostajnie z dokładnością 10^{-13} s/s
- Czas ten nie jest zsynchronizowany z porą dnia !
- Obecnie stosuje się tak zwany uniwersalny czas skoordynowany **UTC**, który też bazuje na sekundzie atomowej lecz utrzymuje związek z czasem UT1 (geodezja)
- Jeśli różnica pomiędzy czasem TAI i UT1 jest większa niż 0.9 s wprowadza się do kalendarza sekundę przestępną
- Jedna z minut (np. ostatnia 31 XII 2005) ma wtedy 61 a nie 60 sekund

czas TAI jest podstawą czasu GPS $\text{TAI-GPS} = 19^{\text{s}} + C_0$; $C_0 \sim 10^{-8}$ s

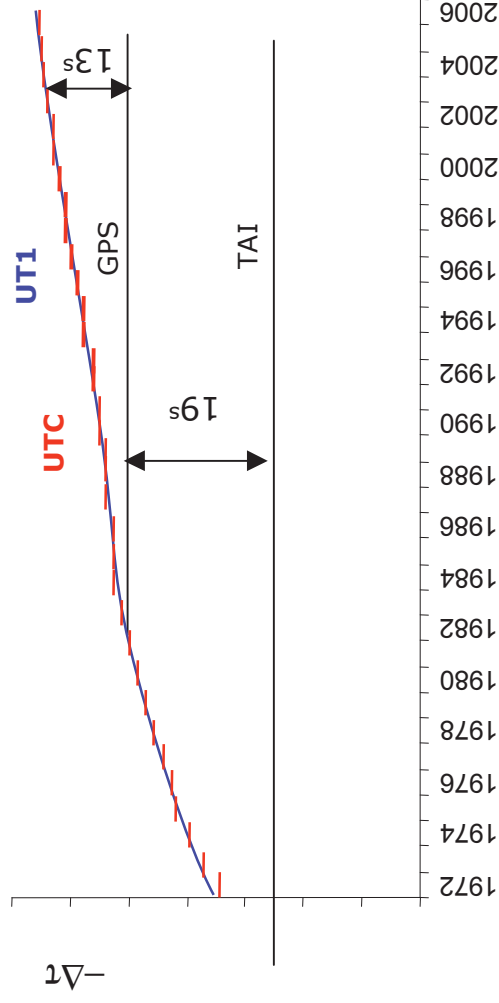
C_0 wynika z różnego zestawu zegarów cezowych w sieci TAI i GPS

Czas TAI oraz UTC



sekundy przestępne

1972	Jan.	1 - 1972	Jul.	1	10s
1972	Jul.	1 - 1973	Jan.	1	11s
1973	Jan.	1 - 1974	Jan.	1	12s
1974	Jan.	1 - 1975	Jan.	1	13s
1975	Jan.	1 - 1976	Jan.	1	14s
1976	Jan.	1 - 1977	Jan.	1	15s
1977	Jan.	1 - 1978	Jan.	1	16s
1978	Jan.	1 - 1979	Jan.	1	17s
1979	Jan.	1 - 1980	Jan.	1	18s
1980	Jan.	1 - 1981	Jul.	1	19s
1981	Jul.	1 - 1982	Jul.	1	20s
1982	Jul.	1 - 1983	Jul.	1	21s
1983	Jul.	1 - 1985	Jul.	1	22s
1985	Jul.	1 - 1988	Jan.	1	23s
1988	Jan.	1 - 1990	Jan.	1	24s
1990	Jan.	1 - 1991	Jan.	1	25s
1991	Jan.	1 - 1992	Jul.	1	26s
1992	Jul.	1 - 1993	Jul.	1	27s
1993	Jul.	1 - 1994	Jul.	1	28s
1994	Jul.	1 - 1996	Jan.	1	29s
1996	Jan.	1 - 1997	Jul.	1	30s
1997	Jul.	1 - 1999	Jan.	1	31s
1999	Jan.	1 - 2006	Jan.	1	32s
2006	Jan.	1 -			33s



różnica $\Delta\tau$ pomiędzy UT1 i TAI narasta w sposób ciągły
 różnica $\Delta\tau$ pomiędzy UTC i TAI narasta w sposób skokowy
 (czas UTC aproksymuje czas UT1 za pomocą linii schodkowej, $1s$ w UTC jest równa $1s$ TAI)
 różnica $\Delta\tau$ pomiędzy GPS i TAI jest praktycznie stała

Kalendarz gregoriański

$$1 \text{ rok} = 365.2421896698 - 6.15359 \cdot 10^{-5} \cdot \mathcal{T} - 7.29 \cdot 10^{-10} \cdot \mathcal{T}^2 + 2.64 \cdot 10^{-10} \cdot \mathcal{T}^3 \text{ dni}$$

(\mathcal{T} - ilość stuleci od 2000 roku)

$$\text{rok zwrotnikowy} \approx 365^{\text{d}} 5^{\text{h}} 48^{\text{m}} 46^{\text{s}} \approx 365.2422^{\text{d}}$$

*kolejne przejścia Słońca
przez punkt Barana*

Wyróżniamy jeszcze:

$$\text{rok gwiazdowy} \approx 365^{\text{d}} 6^{\text{h}} 9^{\text{m}} 10^{\text{s}} \approx 365.2564^{\text{d}}$$

rok anomalistyczny $\approx 365^{\text{d}} 6^{\text{h}} 13^{\text{m}} 54^{\text{s}} \approx 365.2596^{\text{d}}$ (*kolejne przejścia przez peryhelium*)

- 1) W kalendarzu chcemy mieć całkowitą ilość dni i miesięcy
- 2) Równonoc wiosenna powinna wypadać średnio 21 marca (*stałość pór roku*)

kalendarz juliański (1 rok = 365.25^{d}) nie utrzymywał reguły 2, dlatego w roku 1582 papież Grzegorz XIII wydał bullę wcielającą nowy kalendarz obliczany wg. następujących reguł:

- a) Z kalendarza usunięto dni pomiędzy 4 a 15 X 1582 roku (zob reg 1, w 1582r przesunięcie wynosiło 12 dni)
- b) Lata których numer dzieli się przez **4 są przestępne** (interkalacja 29 II)
- c) Lata, których numer dzieli się przez **100 nie są przestępne**
- d) Lata, których numer dzieli się przez **400 są przestępne**

okres wyrównania 400 lat, w którym jest 97 lat przestępnych tj rok średnio wyniesie 365.2425^{d}

Inne kalendarze

Kalendarz Muzułmański

Zsynchronizowany z fazami Księżyca,

liczy on 12 miesięcy po 29 i 30 dni, rok liczy 354 dni

Księżyc: 1 miesiąc synodyczny (od pełni do pełni) $29^d 12^h 44^m 3^s = 29.5306^d$

Astronomiczna ciągła rachuba dni - Dni Juliańskie (JD)

- Początek od 1 stycznia 4713 p.n.e.
- Dzień się liczy od południa, porę dnia określa ułamek dziesiątej numeru dnia, a nie godziny.

Np.: 21 I 2005 godz. 12⁰⁰ UT = JD 2 453 392.00

często podawane w tabelkach w nagłówku JD 2 453 000 a w wierszach +392.3457, +392.3672 itp.