

Astronomia

Wykład IV



Wykład dla studentów geografii

Waldemar Ogłóza

www.as.up.krakow.pl

>> „dla studentów”



Efekty ruchu wirowego Ziemi

- Zjawisko dnia i nocy
- Spłaszczenie Ziemi przez siłę odśrodkową bezwładności
- Zależność ciężaru od szerokości geograficznej
- Siła Coriolisa
- Zmiana płaszczyzny wahań wahadła Foucaulta

Zmierzchy i świty

Zjawisko:

- Zachód, wschód

Wysokość Słońca :

$$h = 0^0$$

uwzględniając refrakcję i rozmiar tarczy

$$h = -51'$$

- Zmierzch cywilny

$$0^0 > h \geq -6^0 \quad \text{Jest jasno}$$

- Zmierzch nautyczny
(żeglarski)

$$-6^0 > h \geq -12^0$$

Nie można czytać bez światła

- Zmierzch
astronomiczny

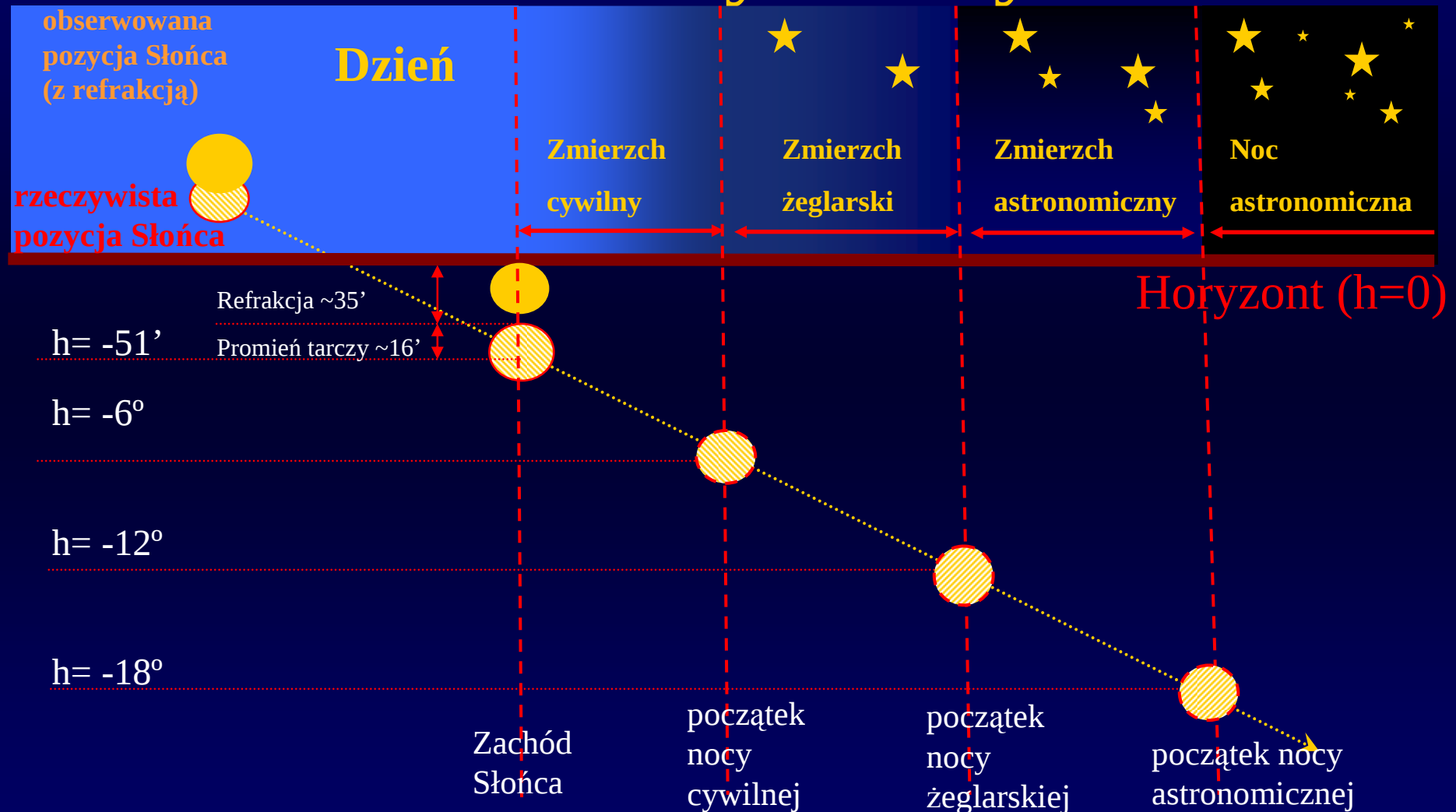
$$-12^0 > h \geq -18^0 \quad \text{Widać jasne gwiazdy}$$

- Noc astronomiczna

$$-18^0 > h$$

Nie widać żadnej części oświetlonej
atmosfery ziemskiej

Zmierzchy i świty

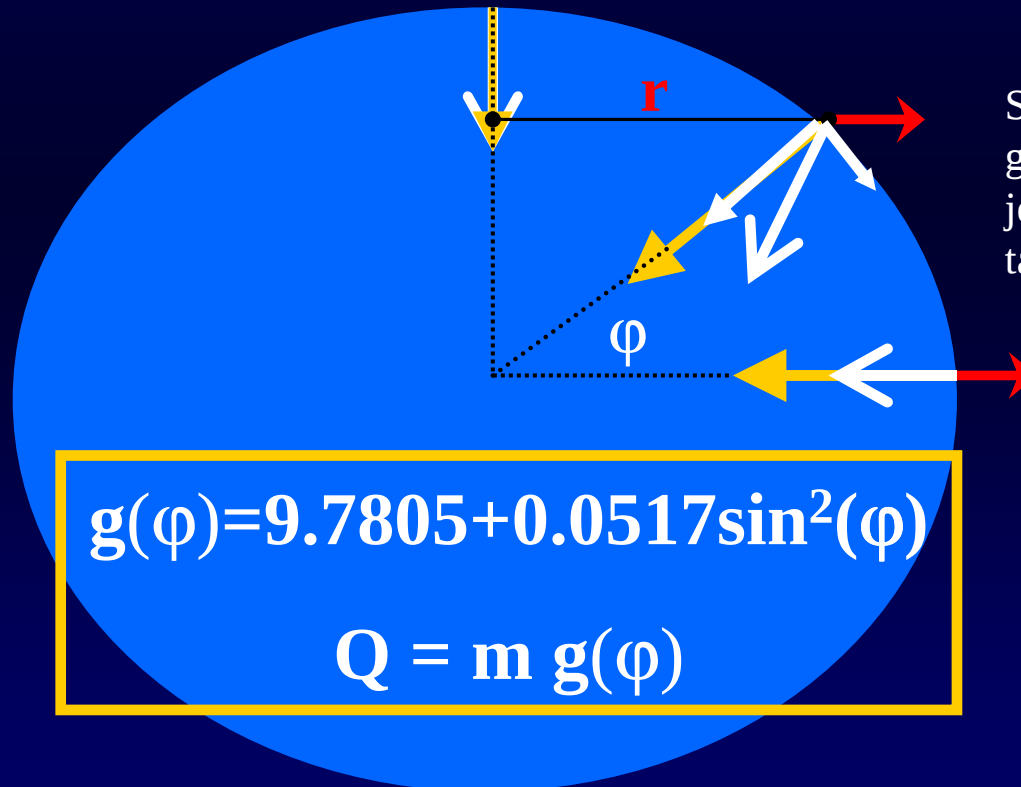


Siła odśrodkowa bezwładności

$$\vec{F}_{\text{odś}} = mv^2/r$$

$$\vec{F}_g = mg_{\text{graw}}$$

$$\vec{Q} = \vec{F}_g - \vec{F}_{\text{odś}}$$



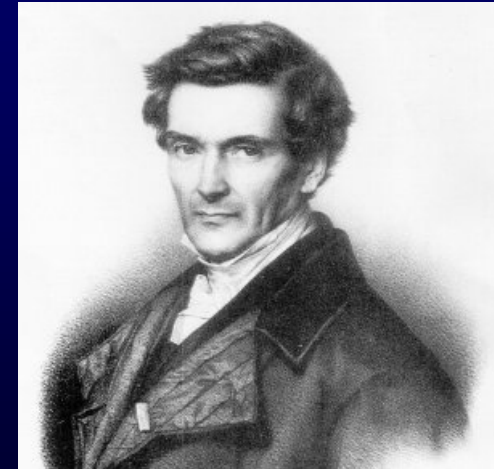
Składowa równoległa do
gruntu siły wypadkowej Q
jest równoważona przez
tarcie

g – przyspieszenie

Q – ciężar

φ - szer. geog.

Siła Coriolisa



- Jest obecna we wszystkich układach obracających się z jakąś prędkością kątową $\vec{\omega}$
- Dotyczy wszystkich ciał poruszających się z liniową prędkością $\vec{v}$
- Wartość i zwrot siły Coriolisa określa iloczyn wektorowy (symbol: $\times$) wektorów $\vec{v}$ i $\vec{\omega}$

$$\vec{F} = 2m\vec{v} \times \vec{\omega}$$

Iloczyn wektorowy

- Wartość siły (długość wektora) wynosi: $F = |\vec{F}| = 2m \mathbf{v} \omega \sin(\alpha)$

gdzie:

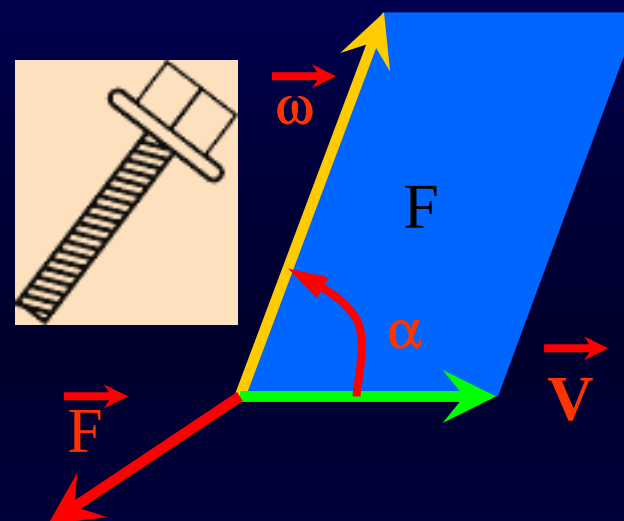
v - wartość prędkości

ω - wartość prędkości kątowej $[\text{radian} / \text{s}]$

α - kąt pomiędzy wektorami $\vec{v}$ i $\vec{\omega}$

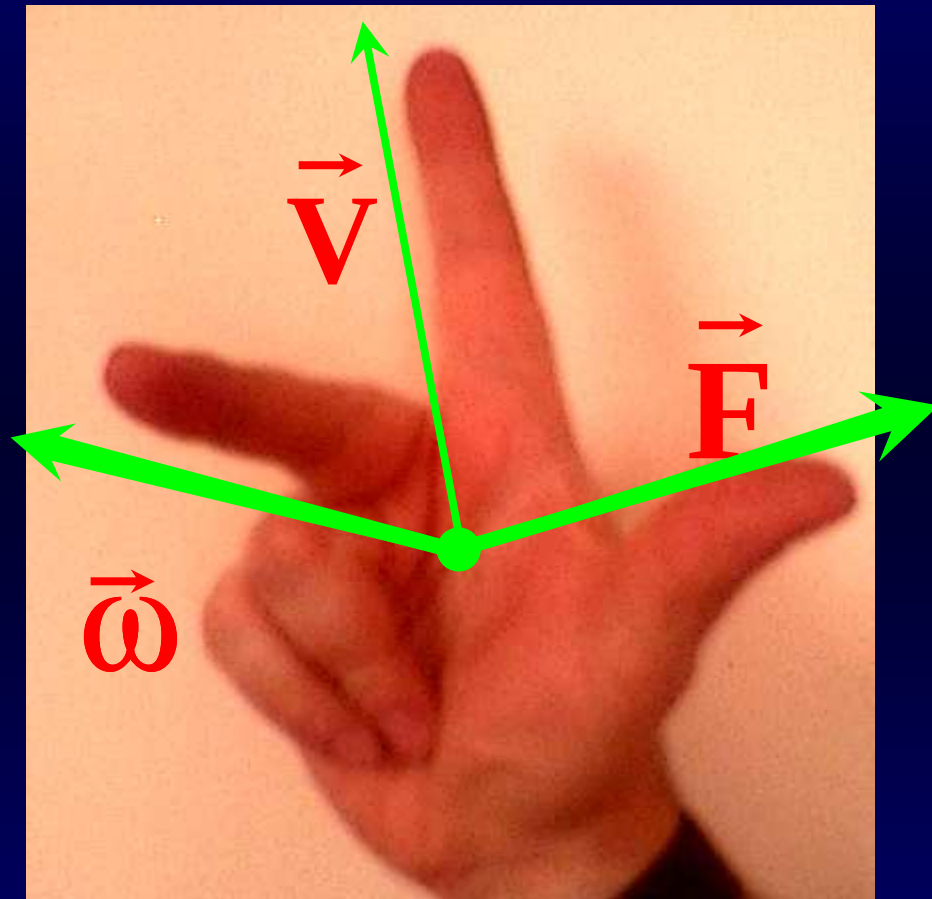
- Zwrot określa reguła wektorów prawoskrętnych

(tzw. reguła **prawej** śruby)

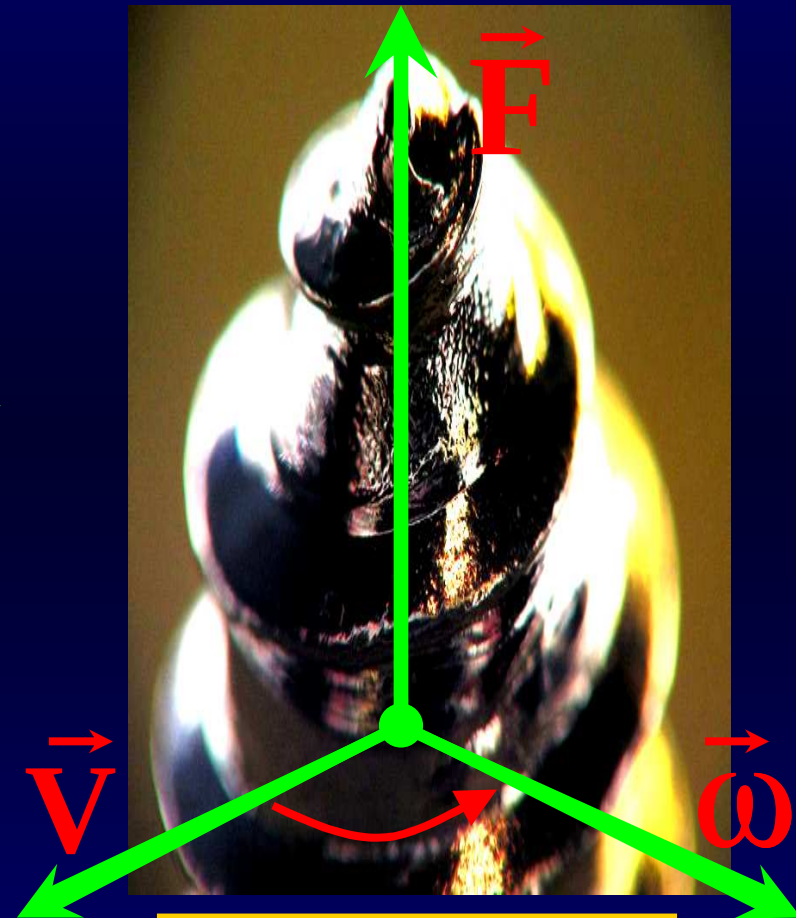


$$\vec{F} = 2m\vec{v} \times \vec{\omega}$$

Reguła 3 palców | Reguła śruby!!!



PRAWA RĘKA



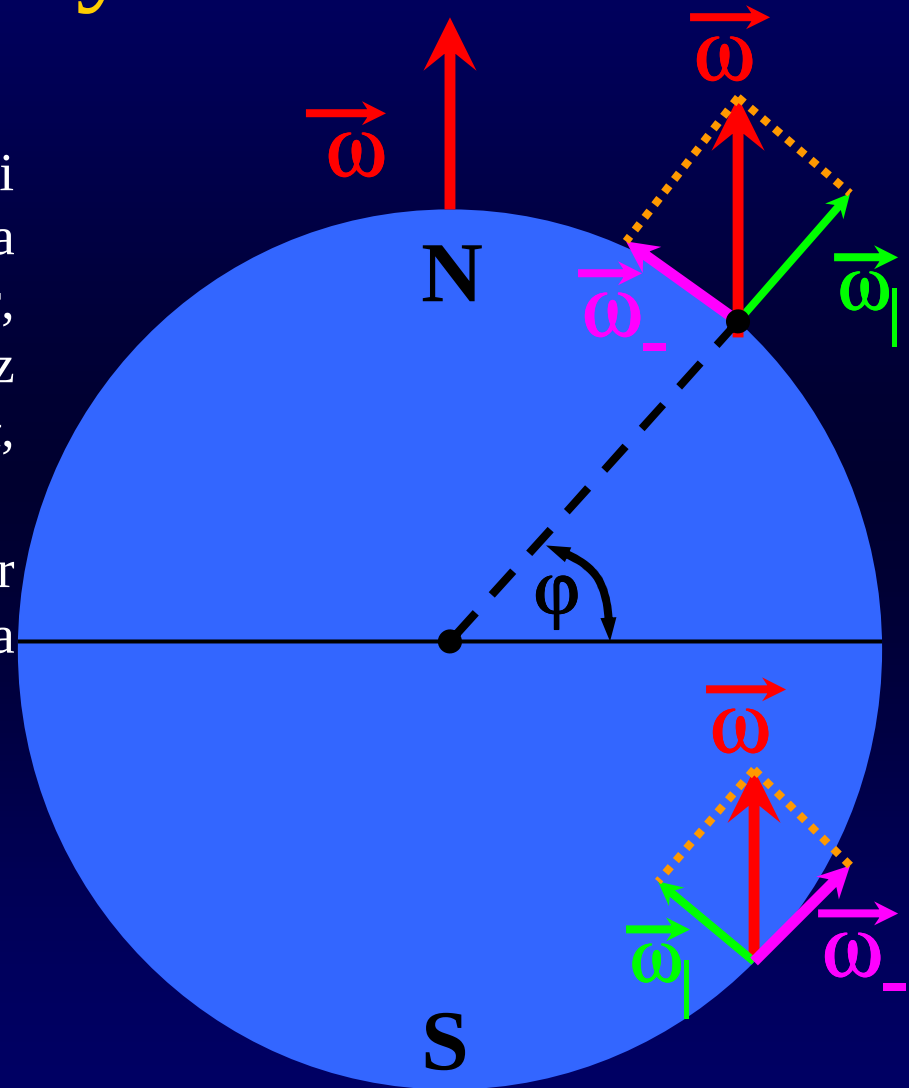
PRAWA ŚRUBA

Składowe siły Coriolisa

- Na powierzchni Ziemi najczęściej mamy do czynienia z ruchami w poziomie (wiatr, rzeki, pojazdy itp.) oraz z ruchami w pionie (spadek ciał, konwekcja powietrza)
- Wygodnie jest rozłożyć wektor $\vec{\omega}$ na składową pionową $\vec{\omega}_\parallel$ i na składową poziomą $\vec{\omega}_\perp$

$$\omega_\parallel = \omega \cos(\varphi)$$

$$\omega_\perp = \omega \sin(\varphi)$$



Ruch w poziomie na półkuli północnej

Oddziaływanie ze składową $\vec{\omega}_\parallel$

Efekty na półkuli północnej:

- Ruch mas powietrza
- Podmywanie prawych brzegów rzek (niezależnie od kierunku w jakim płyną)
- Szybsze ścieranie się prawych szyn kolejowych
- Odchylenie pocisków

• Na równiku $\vec{\omega}_\parallel$ znika !

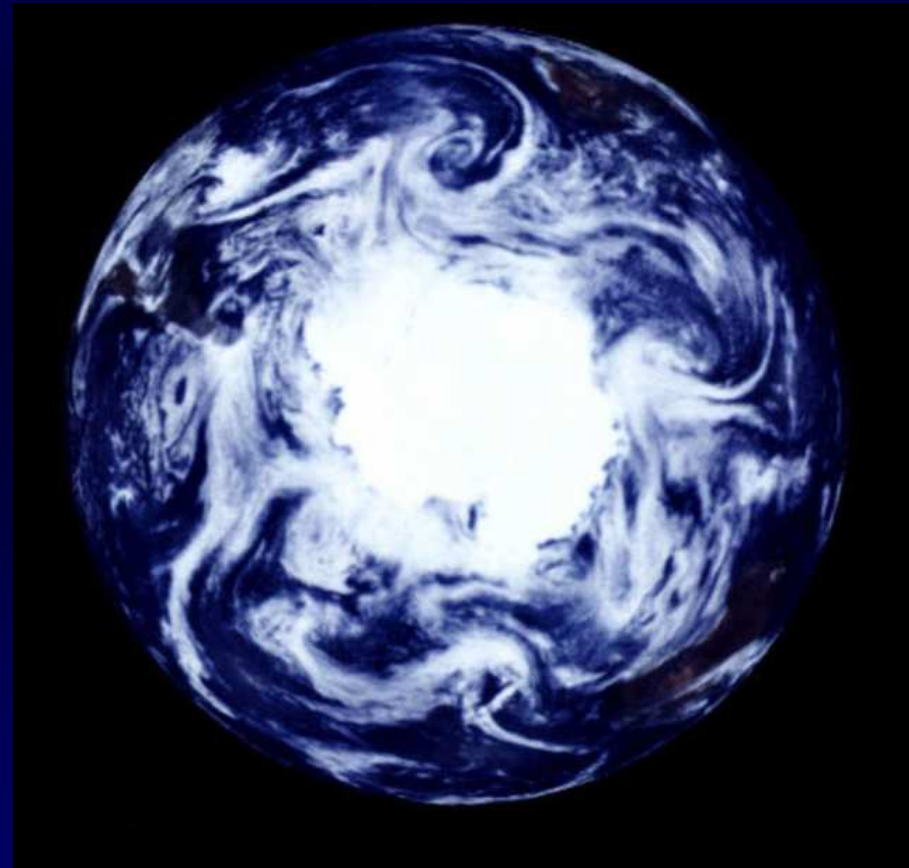
Na półkuli południowej jest odwrotnie!

Na półkuli północnej w niżu barycznym powietrze krąży przeciwnie do kierunku ruchu wskazówek zegara a na południowej – zgodnie ze wskazówkami zegara.

Półkula północna.

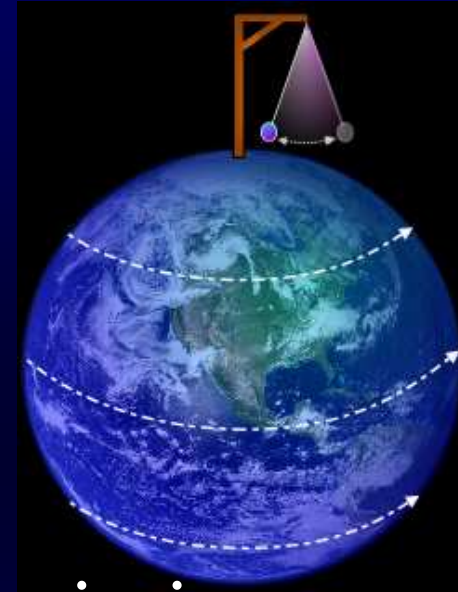


Półkula południowa



Wahadło Foucaulta

- Na biegunie płaszczyzna wahań jest stała w przestrzeni (zasada zachowania momentu pędu)
- Dla obserwatora związanego z wirującą Ziemią płaszczyzna wahań będzie się pozornie skręcać a okres jej obrotu będzie równy okresowi obrotu Ziemi

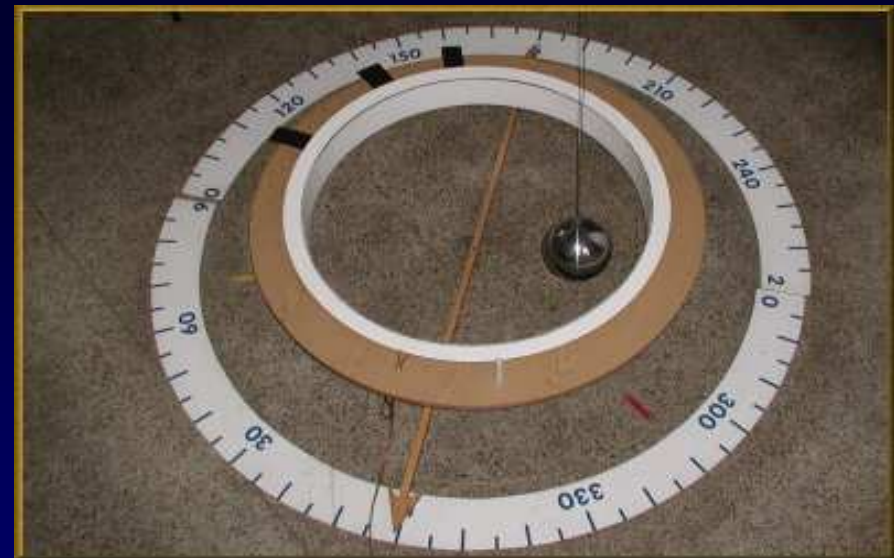
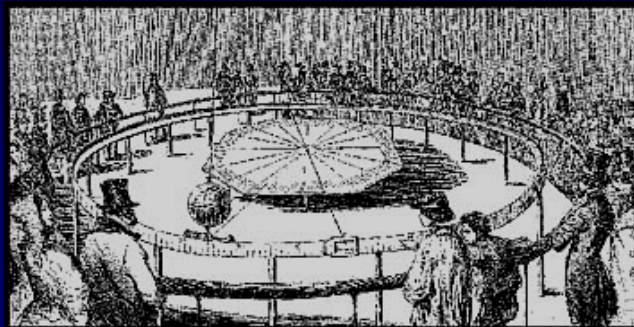
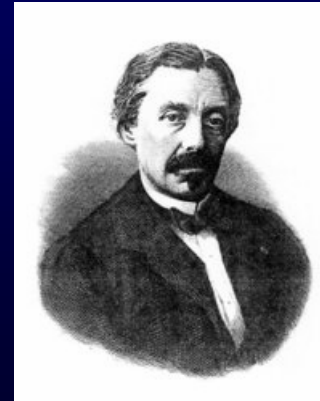
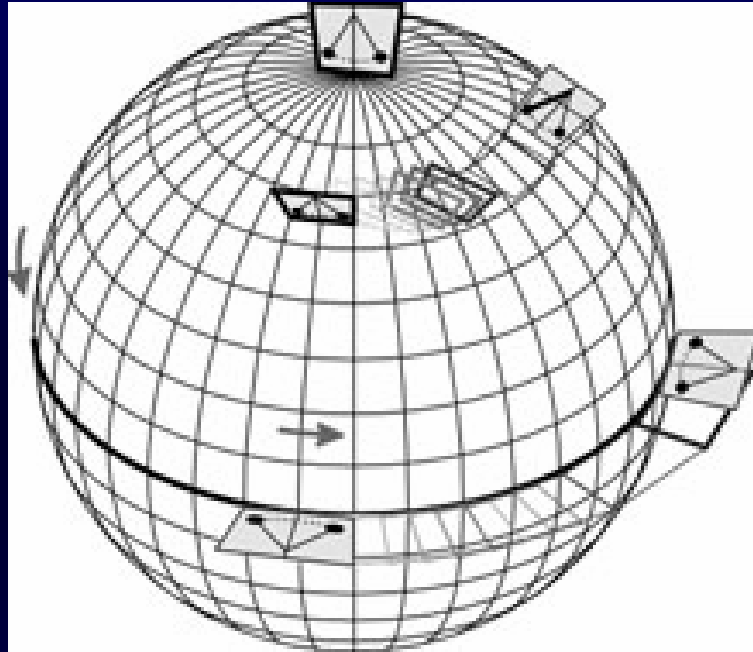


Wahadło Foucaulta

- Poza biegunem płaszczyzna wahań nie może być stała gdyż porusza się punkt zamocowania wahadła
- Zaobserwowano, że poza biegunem okres obrotu płaszczyzny wahań będzie zależał od szerokości geograficznej φ :

$$P = T / \sin (\varphi) = (23\text{h } 56\text{m } 04.09\text{s}) / \sin (\varphi)$$

Jean Bernard Léon Foucault i jego wahadło



Ruch w poziomie na półkuli północnej

Oddziaływanie ze składową $\vec{\omega}_-$

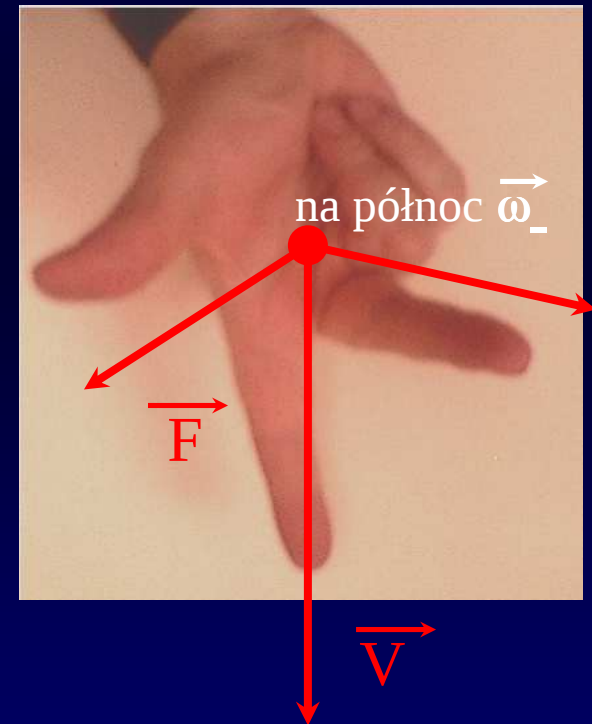
Oddziaływanie to powoduje zmianę ciężaru ciała, w zależności od kierunku ruchu ciała

Wektory $\vec{v}$ i $\vec{\omega}_-$ leżą poziomo, zatem wektor siły $\vec{F}$ jest skierowany pionowo

Ruch na wschód ciężar maleje, na zachód ciężar rośnie

Ruch w PIONIE na półkuli północnej

- Znika oddziaływanie z wektorem $\vec{\omega}_l$ bo $\sin(\alpha) = 0$ ($\alpha=0^\circ$ lub $\alpha=180^\circ$)
- Oddziaływanie z wektorem $\vec{\omega}_\perp$ (skierowanym na północ) powoduje odchylenie toru ciała od linii pionu
- Jeśli ciało spada odchylane jest na wschód
- Jeśli się wznosi to odchylane jest na zachód



Czas i kalendarz

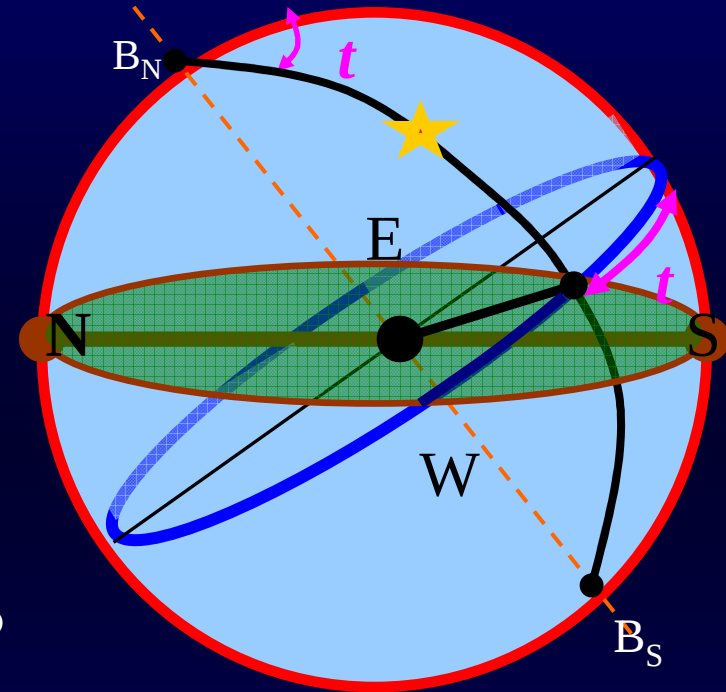
Czas a kąt godzinny

Kąt godzinny to kąt t pomiędzy płaszczyzną południka niebieskiego a płaszczyzną wyznaczoną przez oś świata i obiekt na niebie

Czas astronomiczny jest wyznaczony przez Kąt Godzinny różnych obiektów:

Punkt Barana (Υ) - Czas gwiazdowy	T^*
Słońce $+12^h$ - Czas prawdziwy słoneczny	$T_{\text{p}\odot}$
Słońce średnie $+12^h$ - Czas miejscowy (średni słoneczny)	T_{so}

Są to czasy lokalne tj. zależą od długości geograficznej obserwatora !!!



Czas prawdziwy słoneczny $T_{p\odot}$ (lokalny!)

Zegary słoneczne wskazują czas prawdziwy słoneczny $T_{p\odot}$.

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

gdzie $t_{p\odot}$ to kąt godzinny Słońca prawdziwego

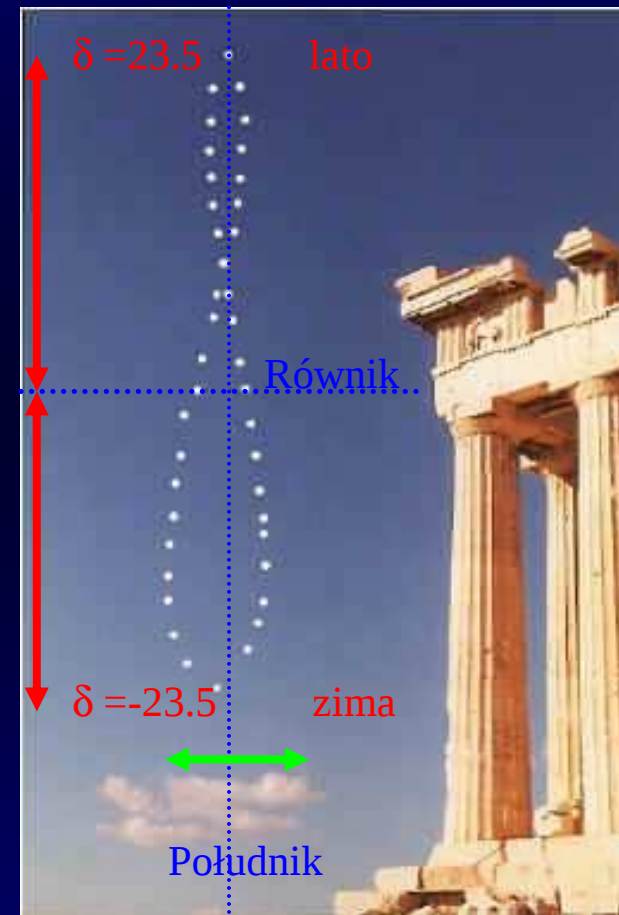


Zegary słoneczne źle chodzą!!

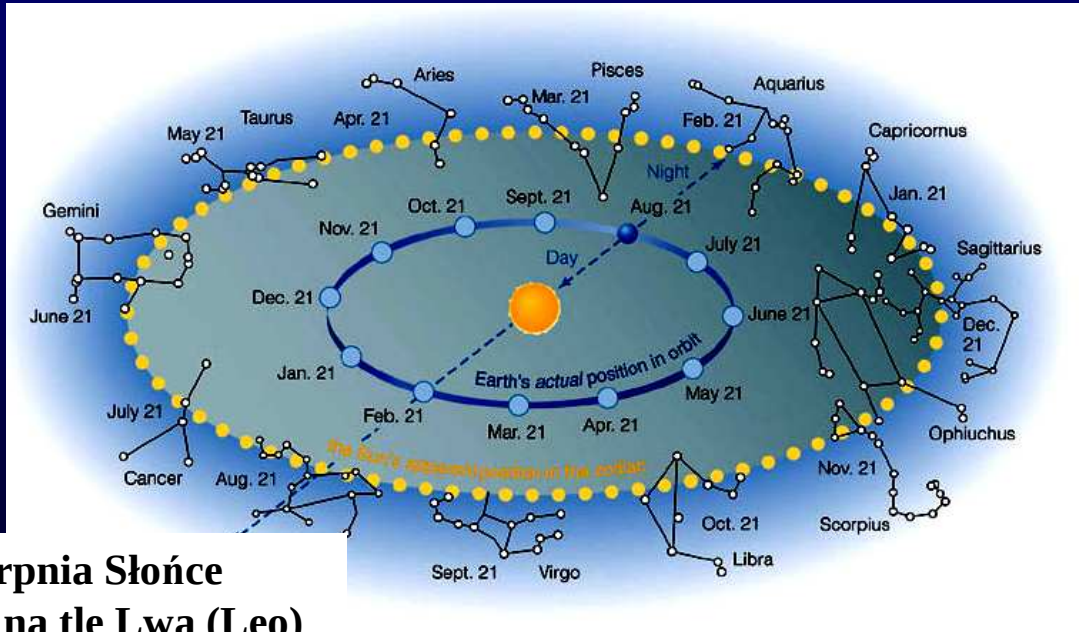
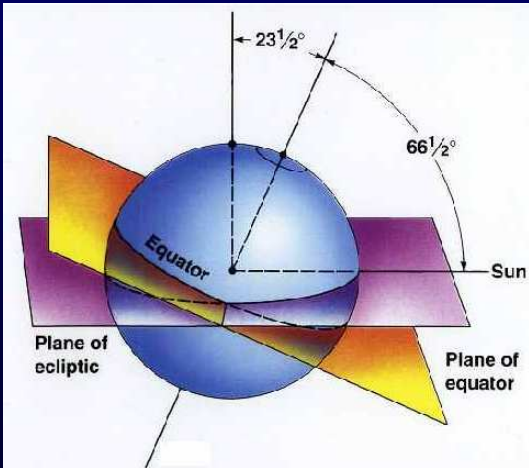
Analemma – rejestracja pozycji Słońca dokładnie o tej samej godzinie w ciągu roku (np. 12)

Słońce sezonowo zmienia wysokość nad horyzontem (zmiana deklinacji od $\delta = -23.5^\circ$ do $\delta = 23.5^\circ$)

Czasem Słońce spóźnia się i nie zdąża wrócić na swoje miejsce na niebie a czasem spieszy i znajduje się już za południkiem niebieskim



Ekliptyka



21 Sierpnia Słońce widać na tle Lwa (Leo)

EKLIPTYKA:

- Roczna droga Słońca na tle gwiazd.
- Koło wielkie na sferze niebieskiej nachylone do równika.
- Przecina się z równikiem niebieskim w punktach Barana i Wagi
- Efekt projekcji ruchu obiegowego Ziemi .
- Płaszczyzna ekliptyki to inaczej płaszczyzna orbity Ziemi.
- Równanie ekliptyki $\delta = \arcsin (\sin \alpha \sin \varepsilon)$,

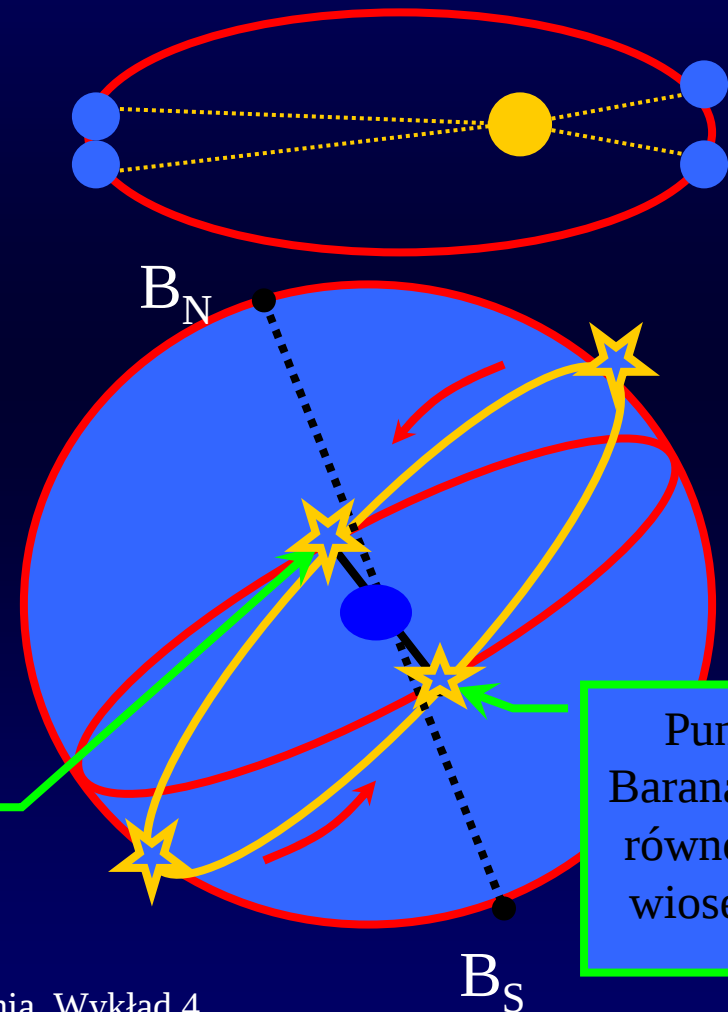
Zegary słoneczne źle chodzą!!

Słońce porusza się na tle gwiazd ze zmienną szybkością zależną od miejsca Ziemi na orbicie

Roczna droga Słońca na tle gwiazd (**Ekliptyka**) jest nachylona do równika niebieskiego pod kątem równym $\sim 23^{\circ} 26'$

Punkt Wagi (♎)
równonoc jesienna

Punkt
Barana (♈)
równonoc
wiosenna

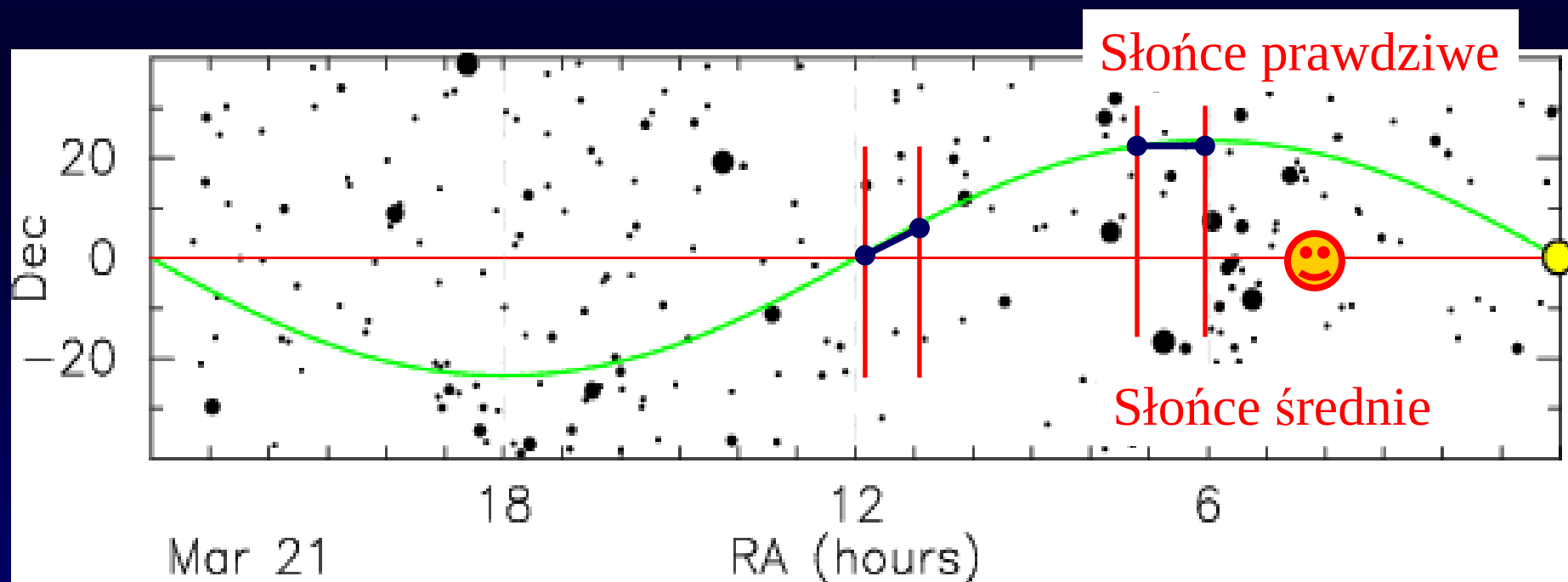


Roczny ruch Słońca po ekliptyce

Rzut dobowej drogi Słońca na **ekliptyce** na **równik niebieski** ma zmienną długość, zależną od pory roku.

Słońce Średnie to punkt poruszający się po równiku niebieskim ze stałą prędkością kątową.

Prędkość ta jest równa średniej prędkości słońca prawdziwego w rektascensji w czasie roku



Czas średni słoneczny $T_{s\odot}$ (lokalny!) inaczej Czas Miejsowy

- Czas $T_{s\odot}$ zmienia się jednostajnie zgodnie z jednostajnym ruchem umownego „słońca średniego” po równiku niebieskim
- $T_{s\odot}$ jest równy kątowi godzinnemu słońca średniego plus 12^h

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

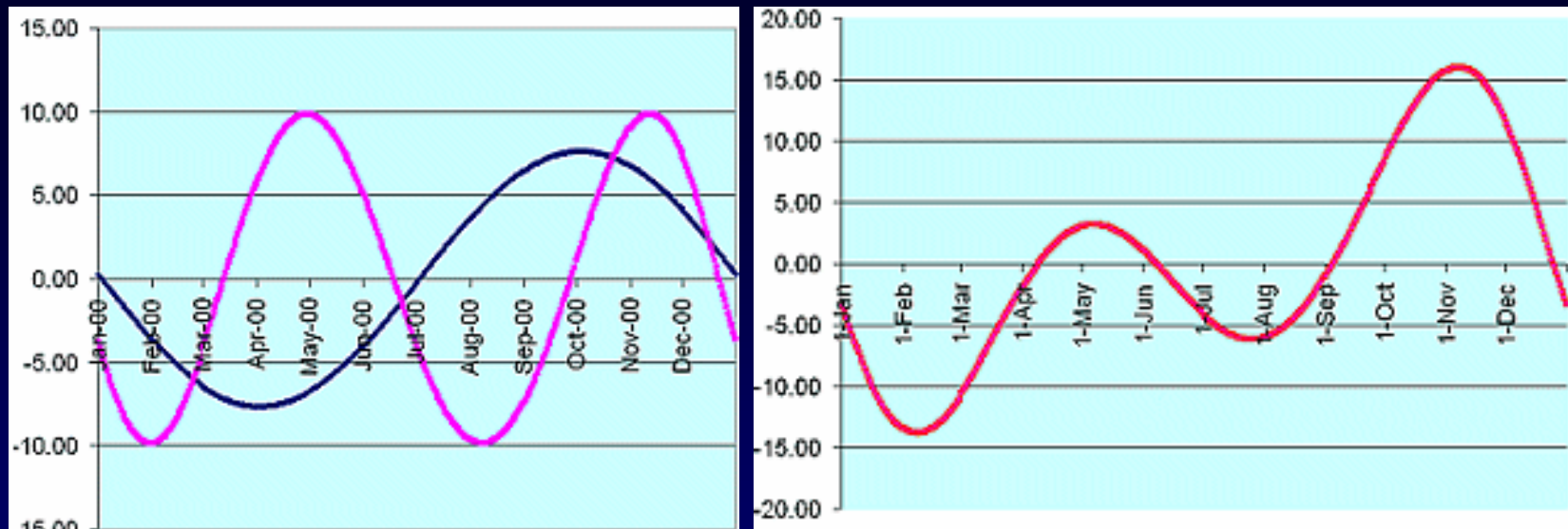
- Gdyby słońce średnie mogło naprawdę świecić to zegary słoneczne wskazywałyby czas średni słoneczny

Równanie czasu (R)

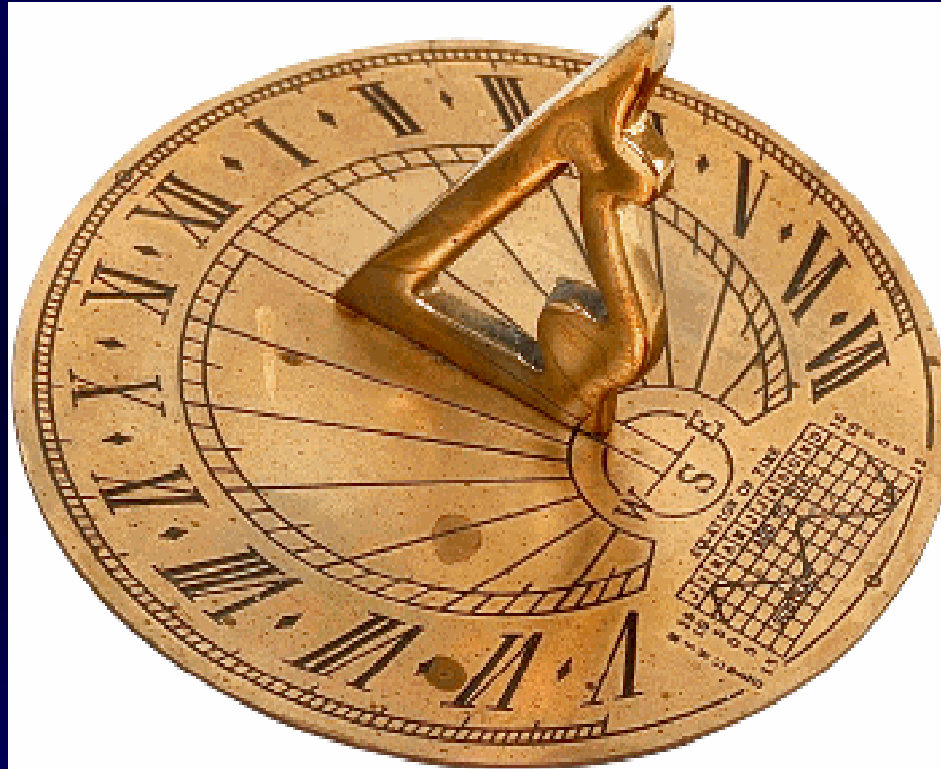
Równanie czasu R to różnica pomiędzy czasami $T_{p\odot}$ i $T_{s\odot}$

$$T_{p\odot} = T_{s\odot} + R$$

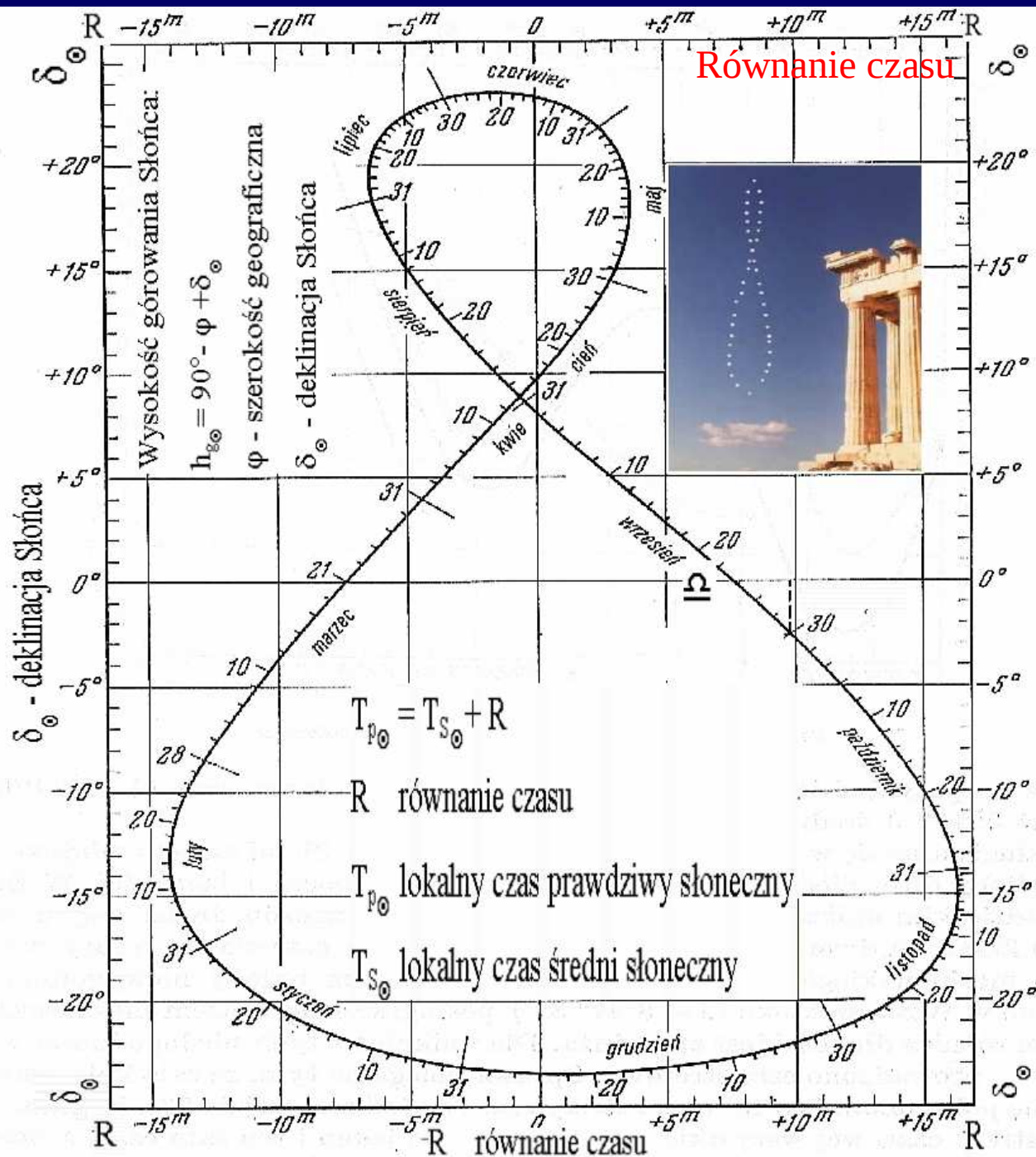
Wartość R zależy od pory roku i jest sumą obu odchyłek ruchu Słońca prawdziwego od jednostajności



Równanie czasu



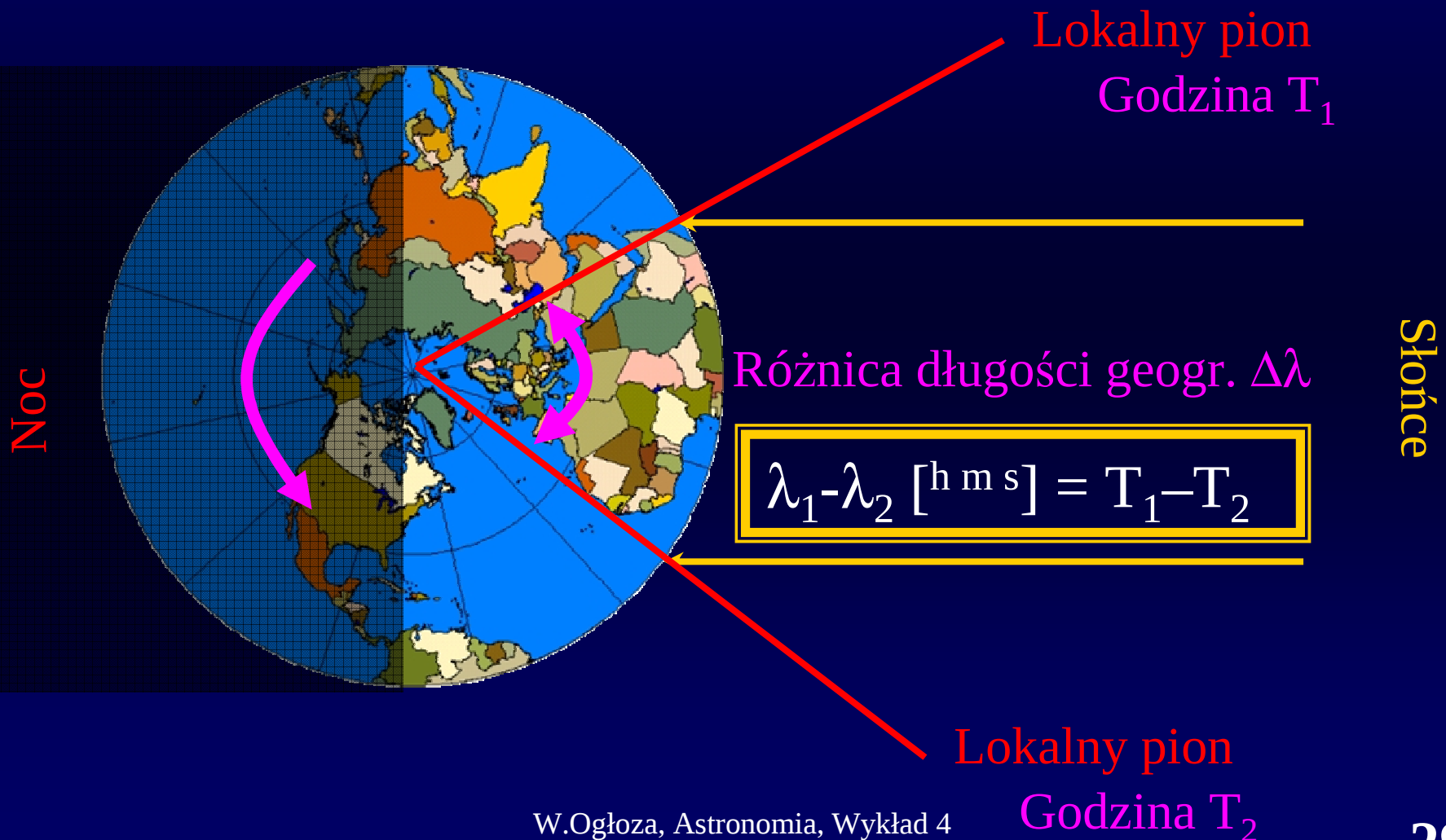
Zegar dla półkuli południowej



Czas lokalny a długość geograficzna



Czas lokalny a długość geograficzna



Czas strefowy

- Na powierzchni Ziemi ustanowiono **24 strefy** w których czas urzędowy **różni się o pełną godzinę**
- W danej strefie obowiązuje czas centralnego południka
- Strefa ma szerokość 15^0
- Granice stref zmodyfikowano by w terenach zamieszkałych pokrywały się z granicami administracyjnymi
- Przykłady:

UT	Universal Time	południk	$\lambda=0^0$	czas uniwersalny
CSE	Czas ŚrodkowoEuropejski		$\lambda=15^0$	czas zimowy
CWS	Czas WschodnioEuropejski		$\lambda=30^0$	czas letni

Czas strefowy



Czas strefowy

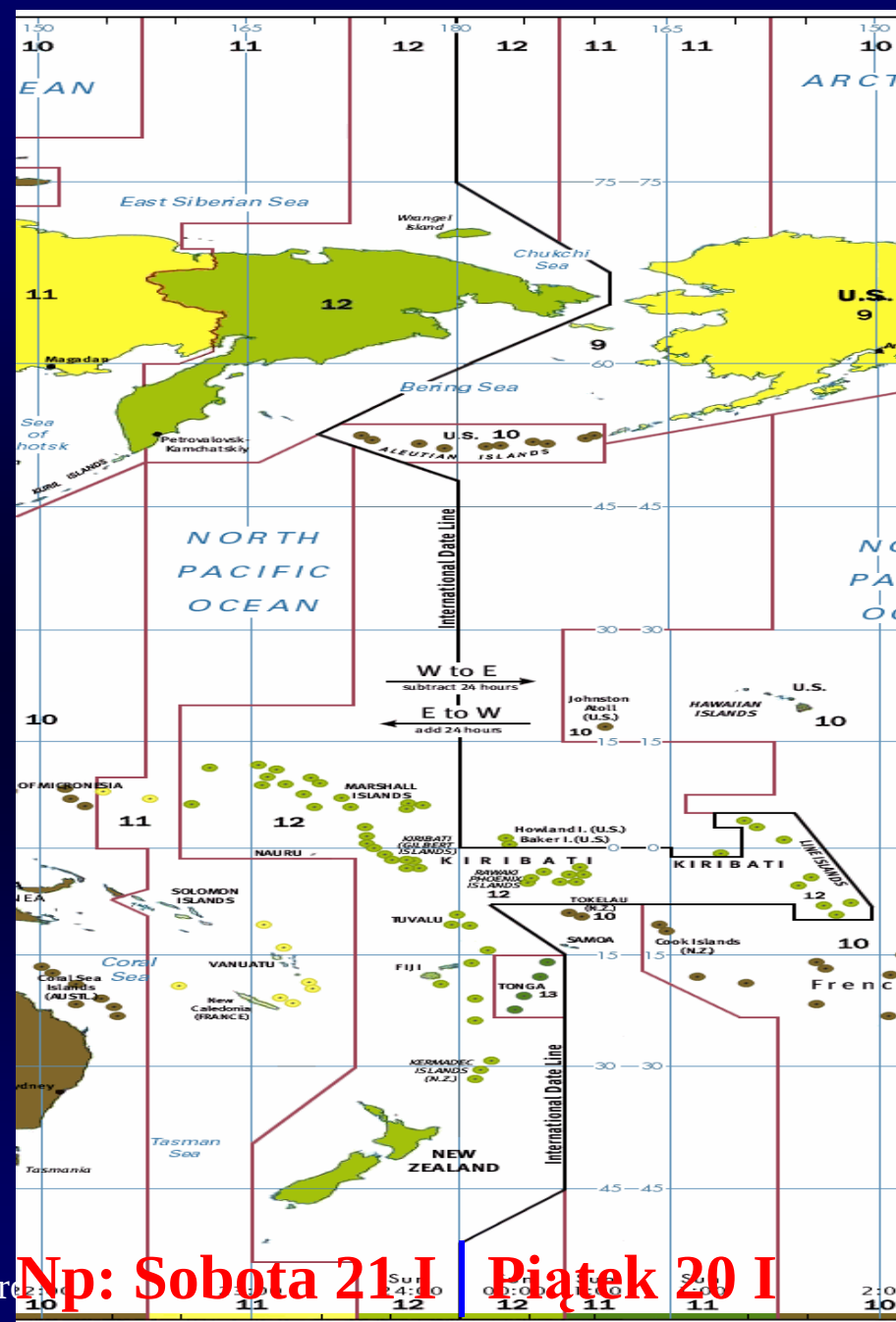
Zmiany czasu odbywają się w Europie w ostatnią niedzielę marca ($CSE+1=CWE$) i października ($CWE-1=CSE$) we wczesnych godzinach porannych.

Konsekwencją stref czasowych jest Międzynarodowa Linia Zmiany Daty

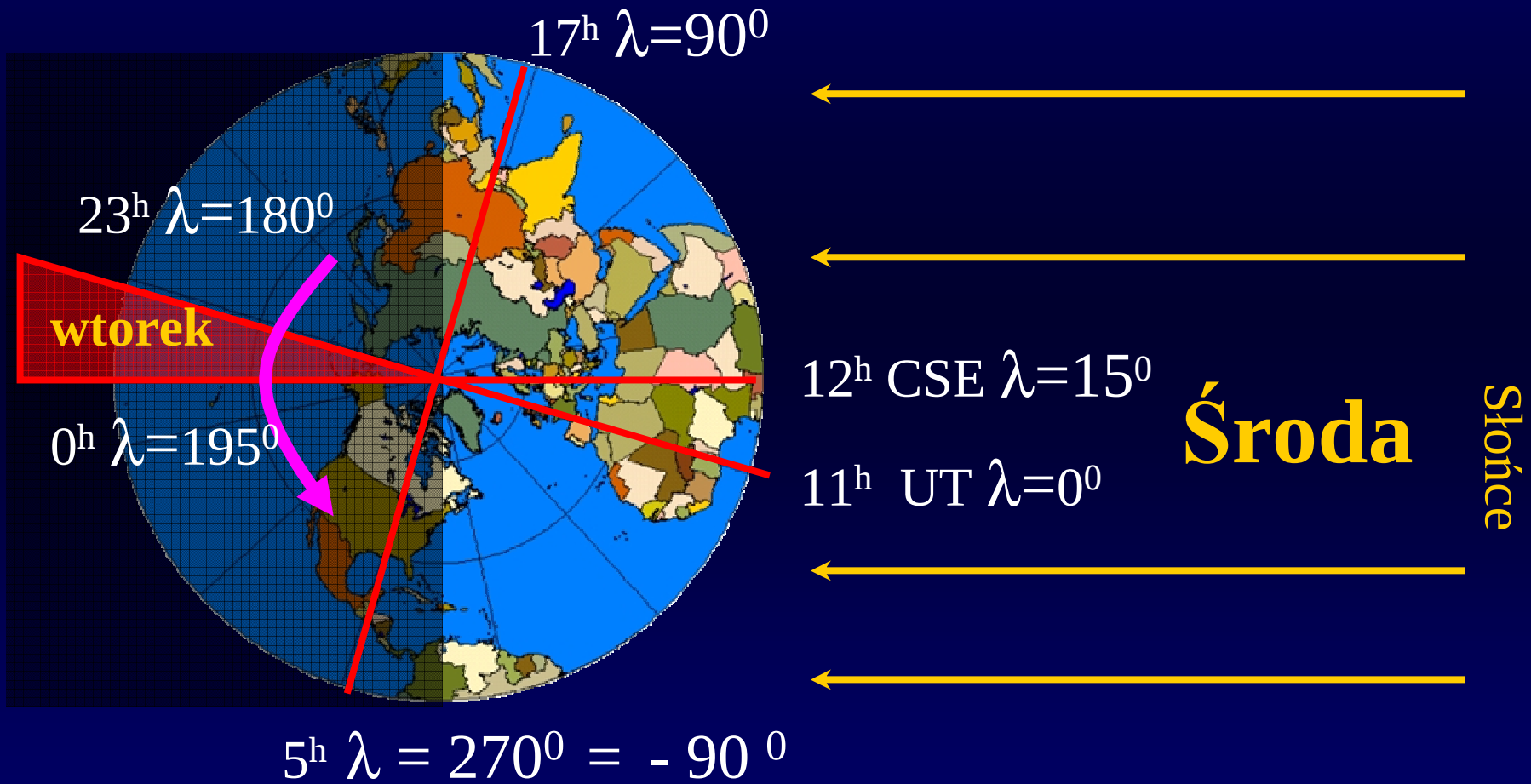
Przebiega wzdłuż południka 180° omijając lądy

Ostatnia poprawka wprowadzona w 1995 roku przez rząd Kiribati

Najwcześniej dzień zaczyna się na atolu *Coroline* $150^\circ 25' W$



Czas i data w danej chwili na Ziemi



Przyczyny wahań długości doby

Wpływ innych ciał np.:

- pływy
- precesja, nutacja

Zmiany rozkładu masy Ziemi np.:

- pory roku
- ocieplanie klimatu
- dryf kontynentów
- trzęsienia Ziemi

**W sumie może być nawet
50 sekund różnicy !!!**

**Trzeba było wprowadzić
wzorzec czasu niezależny
od obrotu Ziemi**

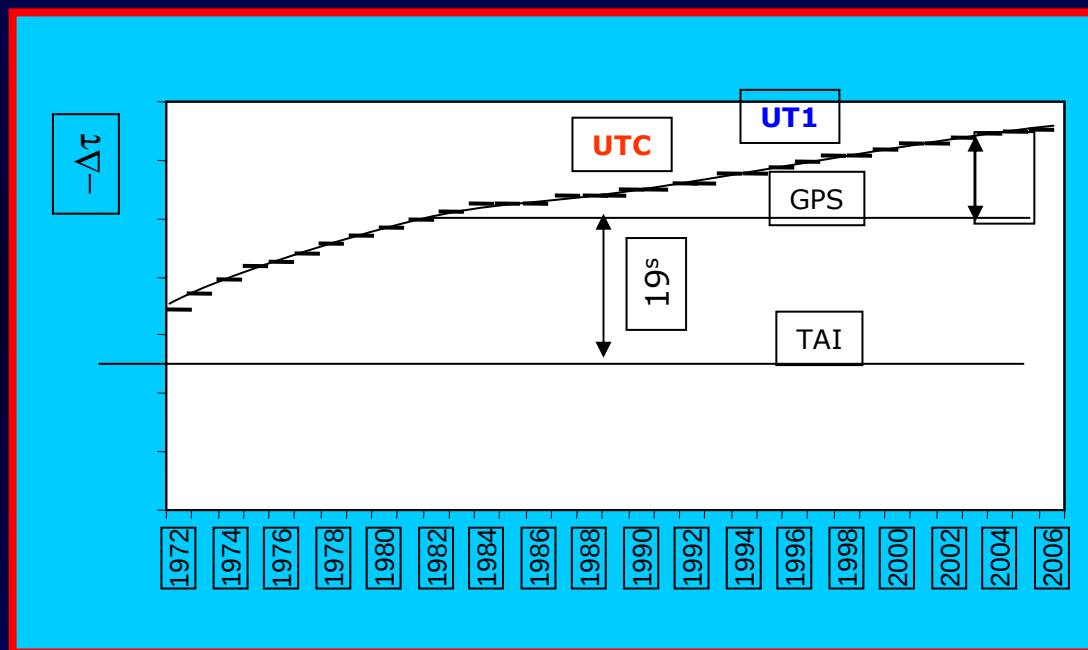
Atomowa definicja sekundy i czasu

- 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.
- 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.
- Jeśli różnica pomiędzy czasem TAI i UTC jest większa niż 0.9 s wprowadza się do kalendarza sekundę przestępną
- Jedna z minut (np. ostatnia 31 XII 2005 czasu UT) ma wtedy 61 a nie 60 sekund

Czas TAI oraz UTC



sekundy przestępne



różnica $\Delta\tau$ pomiędzy UT1 i TAI narasta w sposób ciągły
 różnica $\Delta\tau$ pomiędzy UTC i TAI narasta w sposób skokowy
 różnica $\Delta\tau$ pomiędzy GPS i TAI jest praktycznie stała

30 czerwca 1972
 31 grudnia 1972
 31 grudnia 1973
 31 grudnia 1974
 31 grudnia 1975
 31 grudnia 1976
 31 grudnia 1977
 31 grudnia 1978
 31 grudnia 1979
 30 czerwca 1981
 30 czerwca 1982
 30 czerwca 1983
 30 czerwca 1985
 31 grudnia 1987
 31 grudnia 1989
 31 grudnia 1990
 30 czerwca 1992
 30 czerwca 1993
 30 czerwca 1994
 31 grudnia 1995
 30 czerwca 1997
 31 grudnia 1998
 31 grudnia 2005
 31 grudnia 2008

Kalendarz gregoriański

- $1 \text{ rok} = 365.2421896698 - 6.15359 \cdot 10^{-5} \cdot T - 7.29 \cdot 10^{-10} \cdot T^2 + 2.64 \cdot 10^{-10} \cdot T^3$ dni (T-ilość stuleci od 2000 roku)
- W kalendarzu chcemy mieć całkowitą ilość dni i miesięcy
- W roku 1582 papież Grzegorz XIII wydał bulę wcielającą nowy kalendarz obliczany wg. następujących reguł:

- 1 Równonoc wiosenna powinna wypadać średnio 21 marca (z kalendarza usunięto dni pomiędzy 4 a 15 X 1582 roku)
- 2 Lata których numer dzieli się przez 4 są przestępne (interkalacja 29 II)
- 3 Lata, których numer dzieli się przez 100 nie są przestępne (np.: 1700, 1800, 1900) za wyjątkiem lat podzielnych przez 400 (np.: 1600, 2000) które są przestępne

Inne kalendarze:

www.as.up.krakow.pl/edu/ppt/kalendarze.ppt

- Juliański
(nie spełnia reguł 1 i 3 kal.gregoriańskiego)
- Muzułmański
(zsynchronizowany z fazami Księżyca, liczy on 12 miesięcy po 29 i 30 dni, rok liczy 354 dni)
- Astronomiczna ciągła rachuba dni (Dni Juliańskie) począwszy od 1 stycznia 4713 p.n.e. Dzień się liczy od południa, porę dnia określa ułamek dziesiętny numeru dnia, a nie godziny.
- $$JD = 367R - [(7(R + [(M + 9)/12]))/4] + [275M/9] + D + 1721013,5 + UT^h/24^h$$

gdzie [] oznacza część całkowitą, R-rok, M - miesiąc, D - dzień

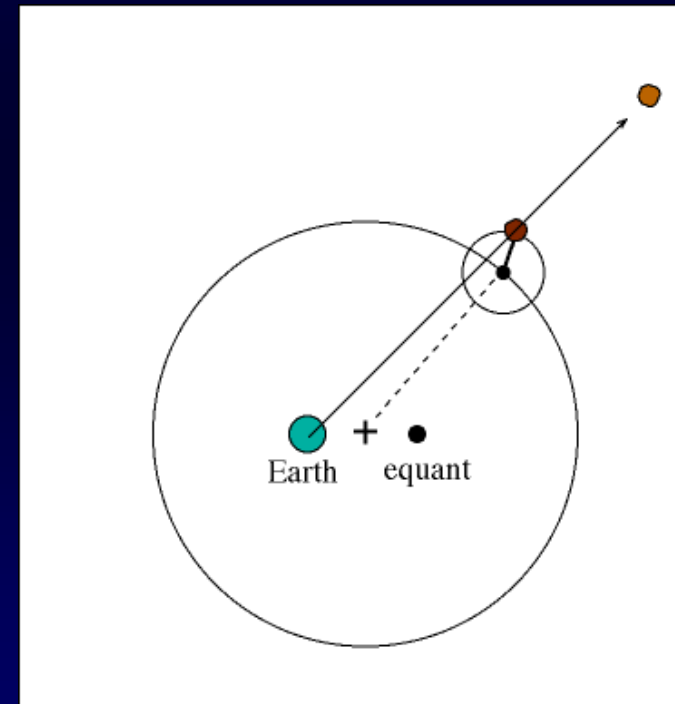
Np.: 3 XII 2006 godz. 12⁰⁰ UT = JD 2454073.00

Ruch obiegowy Ziemi

Model Ptolemeusza

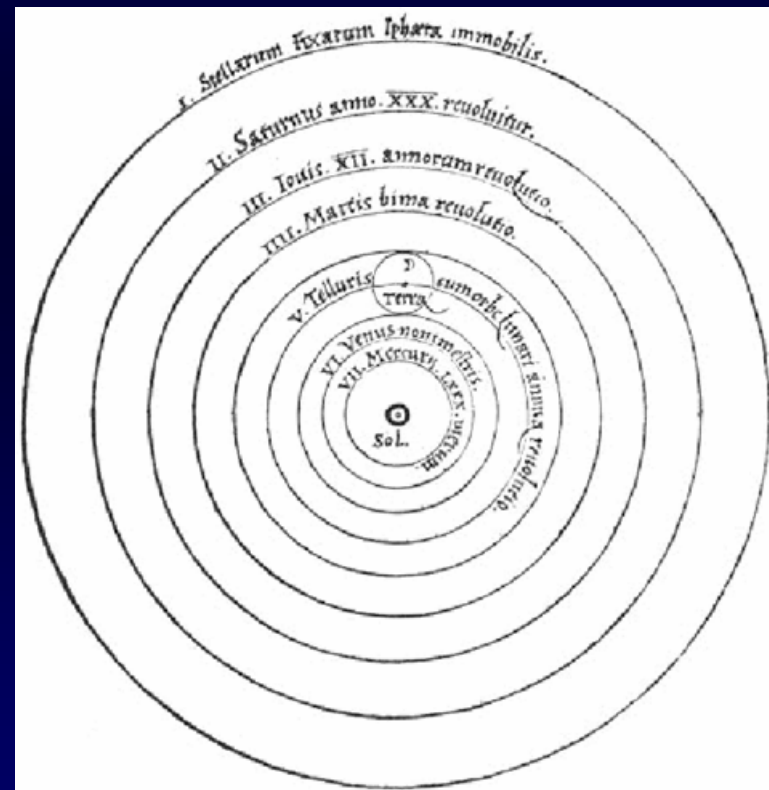


- Planety i Słońce obiegają Ziemię
- Planety poruszają się po okręgach
- Prędkość obrotu jest stała
- Dla dokładności wprowadzono różne komplikacje jak np.: epicykle (koła wyższego rzędu)



Model Kopernika

- Dzieło : „O obrotach *sfer niebieskich*”
- Ziemia nie jest centrum Wszechświata!
- Zachowano kołowe orbity i część epicykli

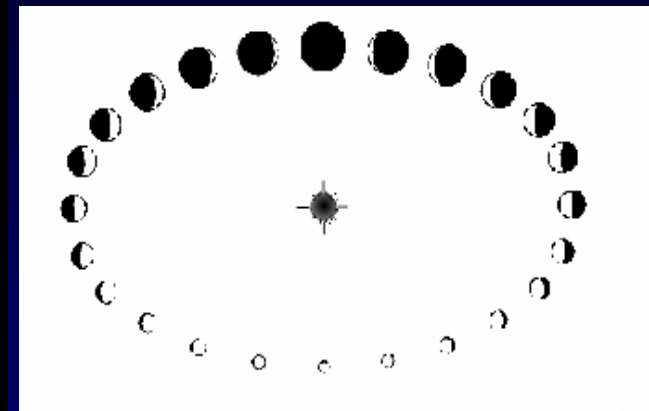


*Retrograde Motion in the
Copernican System*

Model Kopernika

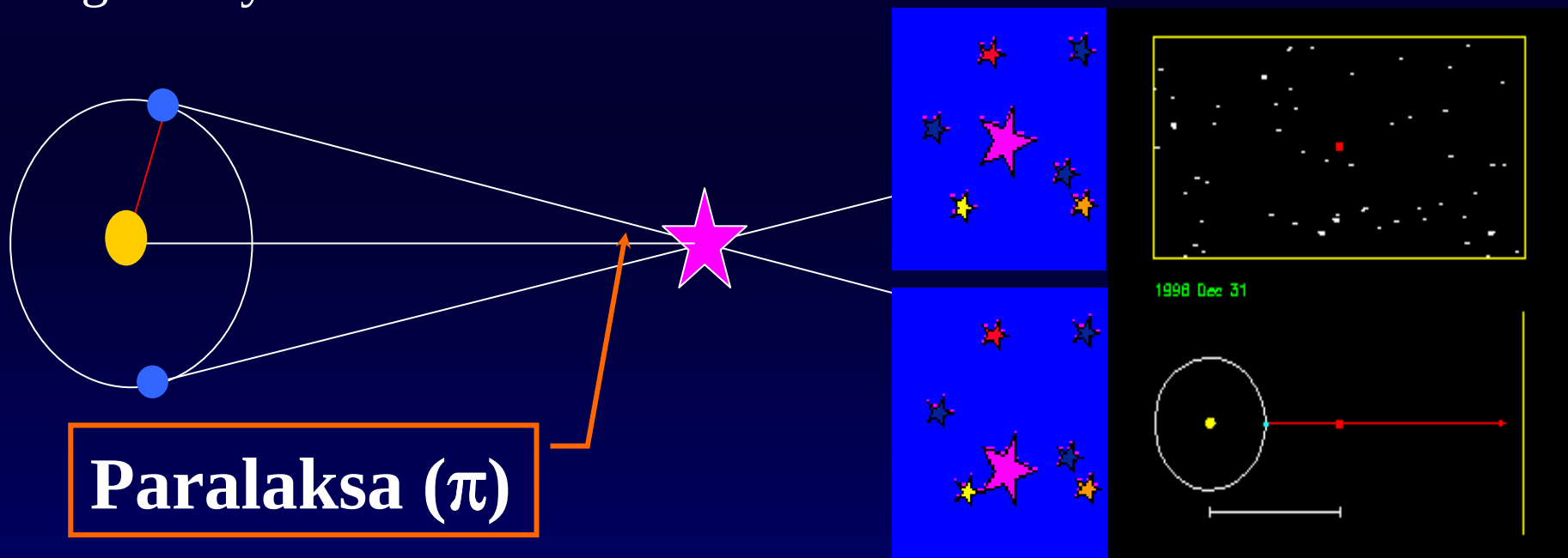
Konsekwencje modelu heliocentrycznego:

- ruch paralaktyczny gwiazd
- zjawisko aberracji światła
- fazy Wenus i Merkurego
 - Fazy Wenus zaobserwował Galileusz około 1610 roku przez świeżo wynalezioną lunetę!

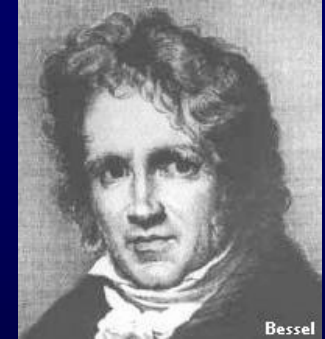


Ruchy paralaktyczne gwiazd

W trakcie ruchu rocznego Ziemi gwiazdy zakreślają na niebie małe elipsy. Ich kształt zależy od położenia gwiazdy względem ekliptyki, a kątowy rozmiar wielkiej półosi (π) zależy od odległości do gwiazdy



Paralaksy trygonometryczne gwiazd



- Pierwszą paralaksę zmierzył F.W. Bessel (1838) dla gwiazdy 61 Cyg . Wynosi ona $\pi = 0.26''$
- Największa paralaksa do najbliższej gwiazdy (Proxima Cen) wynosi $\pi = 0.77233''$
- Jej odległość D od Słońca wyrażona w parsekach wynosi:

$$D = 1/\pi = 1.295 \text{ pc}$$

- Najdokładniejsze pomiary paralaks wykonał satelita Hipparcos (brak niekorzystnych efektów atmosferycznych np.: seeingu).

Wiatr rzeczywisty i pozorny

Aberracja światła

Wiatr rzeczywisty

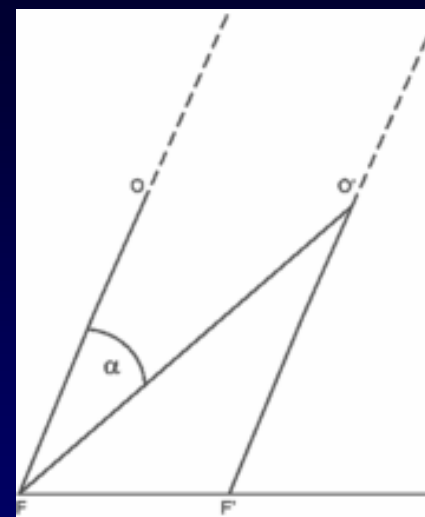
jest taki jak go czuje osoba nieruchoma.

Wiatr pozorny

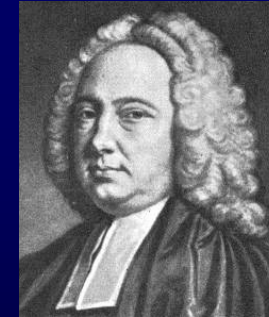
jest odczuwany przez osobę poruszającą się (np.: przez motocyklistę). Różni się on od rzeczywistego kierunkiem i prędkością tym bardziej im szybciej jedzie motocyklista.

Podobne zjawisko dotyczy też światła

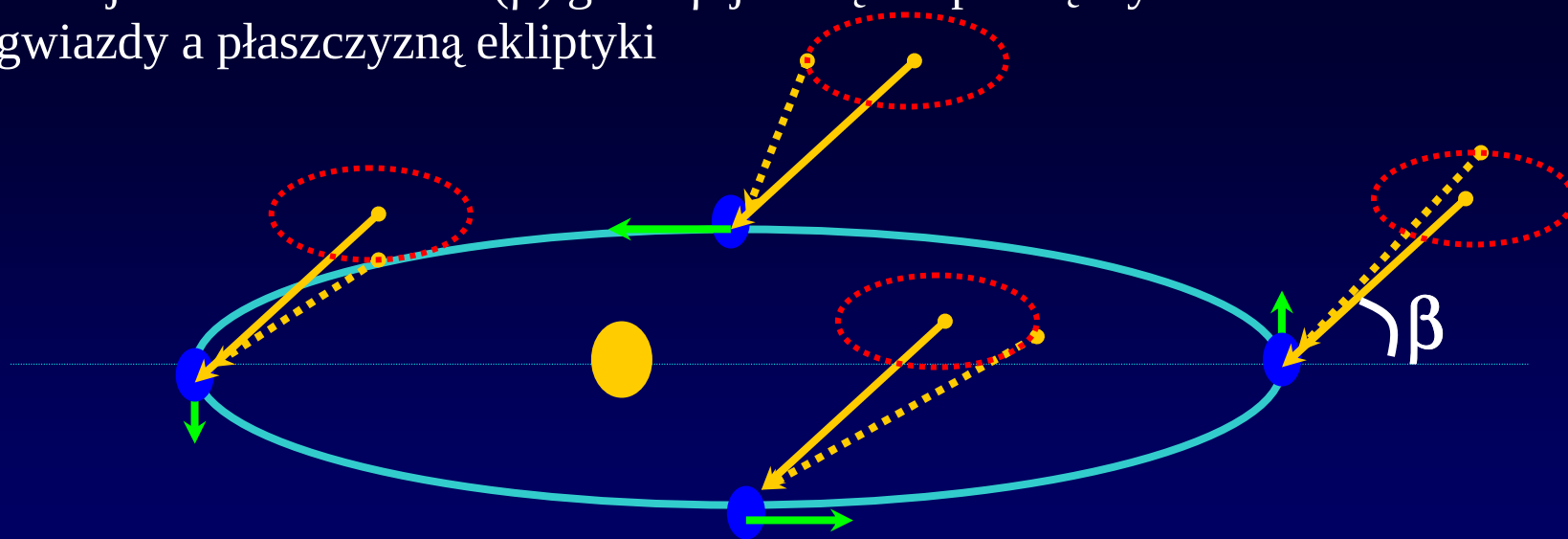
Obserwowany kierunek rozchodzenia się światła jest zależny od wektora prędkości obserwatora. Zjawisko to nazywa się aberracją światła



Aberracja światła



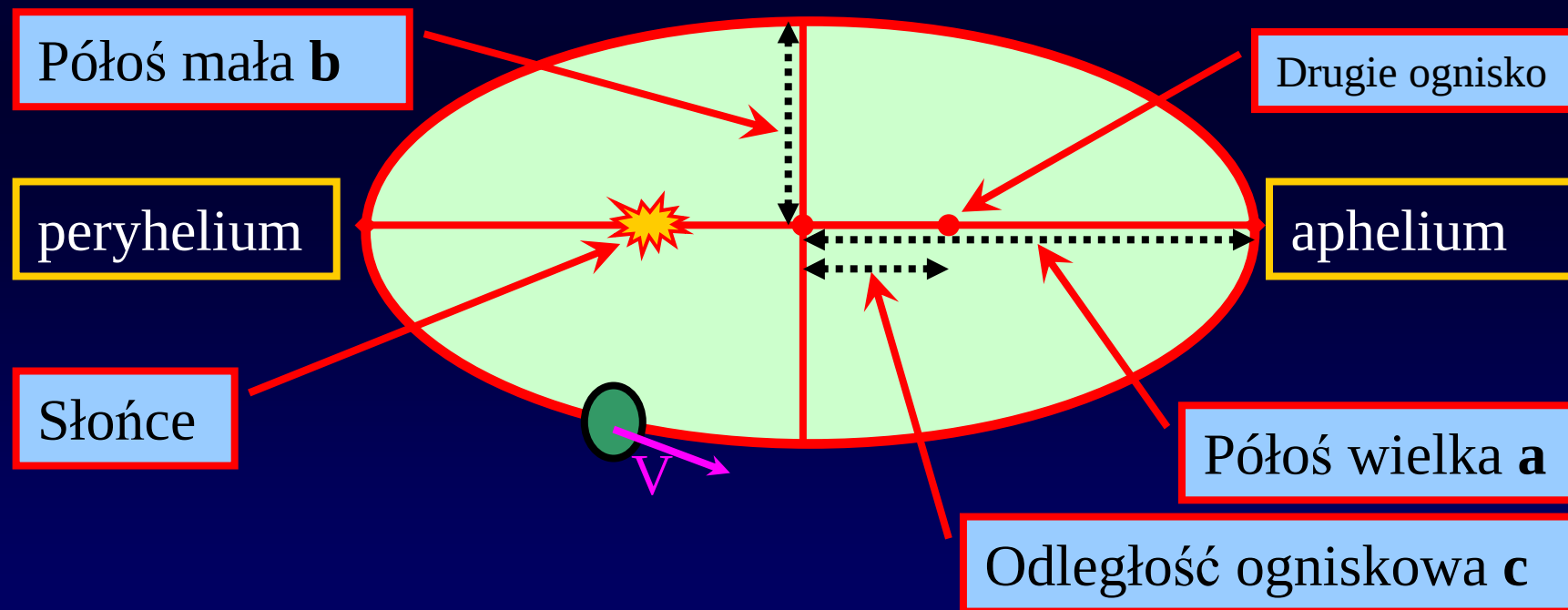
- W roku 1725 J. Bradley odkrył, że w ciągu roku gwiazda zatacza na niebie niewielką elipsę, której rozmiary zależą od jej położenia względem płaszczyzny orbity Ziemi
- Gwiazdy widoczne pod kątem prostym do płaszczyzny ekliptyki zataczają okręgi o promieniu $20.5''$
- Pozostałe gwiazdy zataczają elipsy, których wielka półś jest równa $20.5''$ a mała jest równa $20.5 \sin(\beta)$ gdzie β jest kątem pomiędzy kierunkiem do gwiazdy a płaszczyzną ekliptyki



I prawo Keplera



Każda planeta porusza się po elipsie a Słońce znajduje się w jednym z ognisk tej elipsy



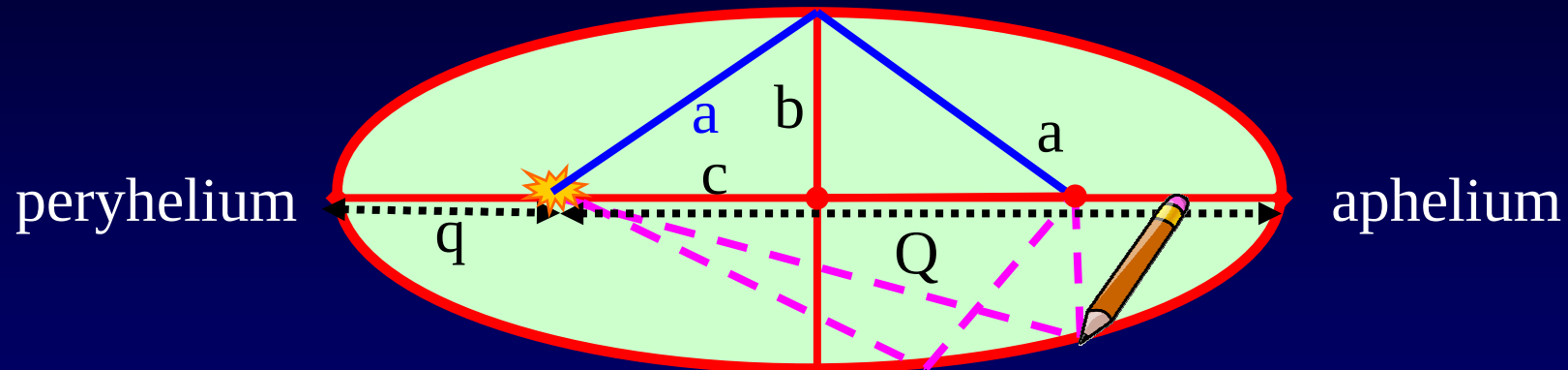
Własności geometryczne elipsy

Suma odległości od ognisk każdego punktu na elipsie wynosi: $2a$ (na rysunku -----)

a, b i c wiąże zależność: $a^2 = b^2 + c^2$

mimośród wynosi: $e = c/a$ (dla elips $0 < e < 1$)

minimalna odległość $q = a(1-e)$, maksymalna $Q = a(1+e)$



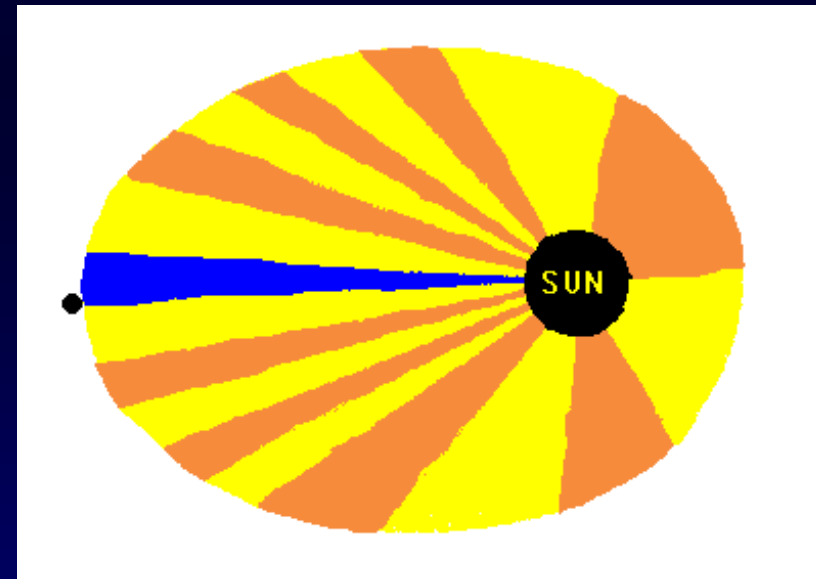
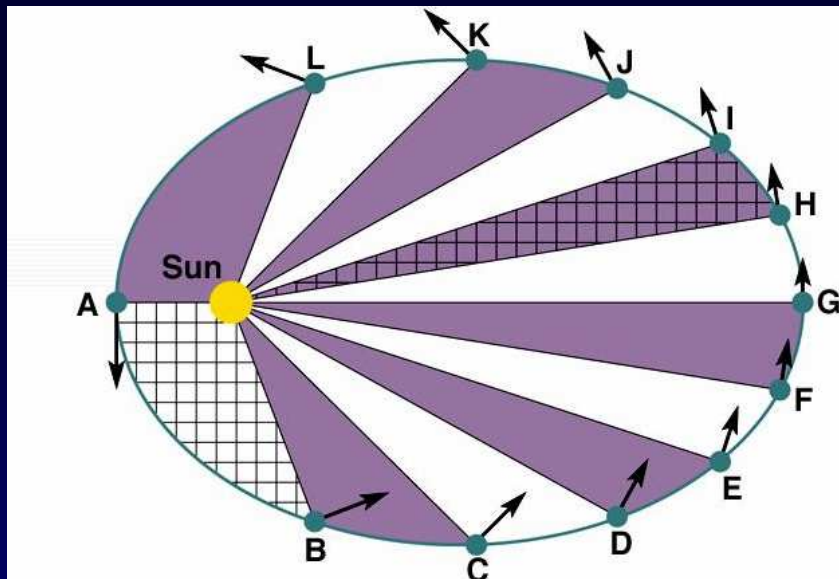
II prawo Keplera



Prędkość **połowa** planet jest stała

Wektor wodzący zakreśla równe pola w równych przedziałach czasu.

(oczywiście zmienia się wartość i kierunek wektora chwilowej prędkości V najszybciej planety poruszają się w peryhelium a najwolniej w aphelium)



III prawo Keplera

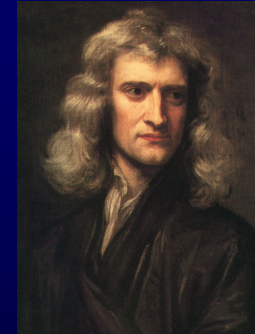
Kwadraty czasów obiegów (P_1 i P_2) dwóch dowolnych ciał mają się do siebie tak, jak sześciiany długości wielkich półosi ich orbit (a_1 i a_2)

$$\frac{P_1^2}{P_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$



(P wyrażone w latach, a -w jednostkach astronomicznych)

Mechanika Newtona



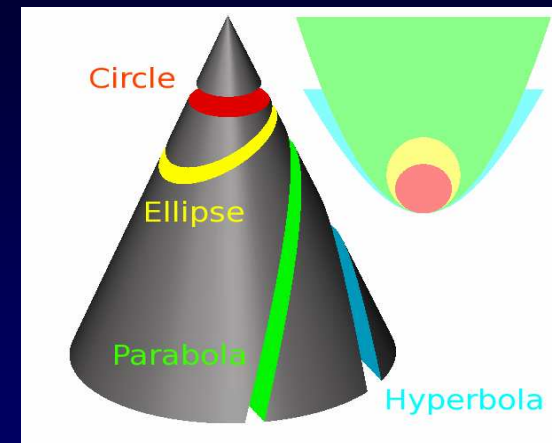
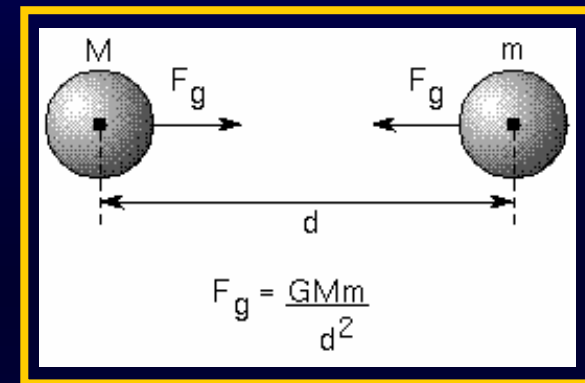
- Prawo powszechnego ciążenia

$$G = 6.67259 \cdot 10^{-11} [\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}]$$

M, m - masy ciał

d - odległość pomiędzy nimi

- Ruch ciał po krzywych stożkowych



Ruch satelitów po orbicie kołowej

Aby poruszać się po orbicie kołowej ciało musi mieć prędkość V taką, aby siła grawitacji F_g była równa sile odśrodkowej F_o

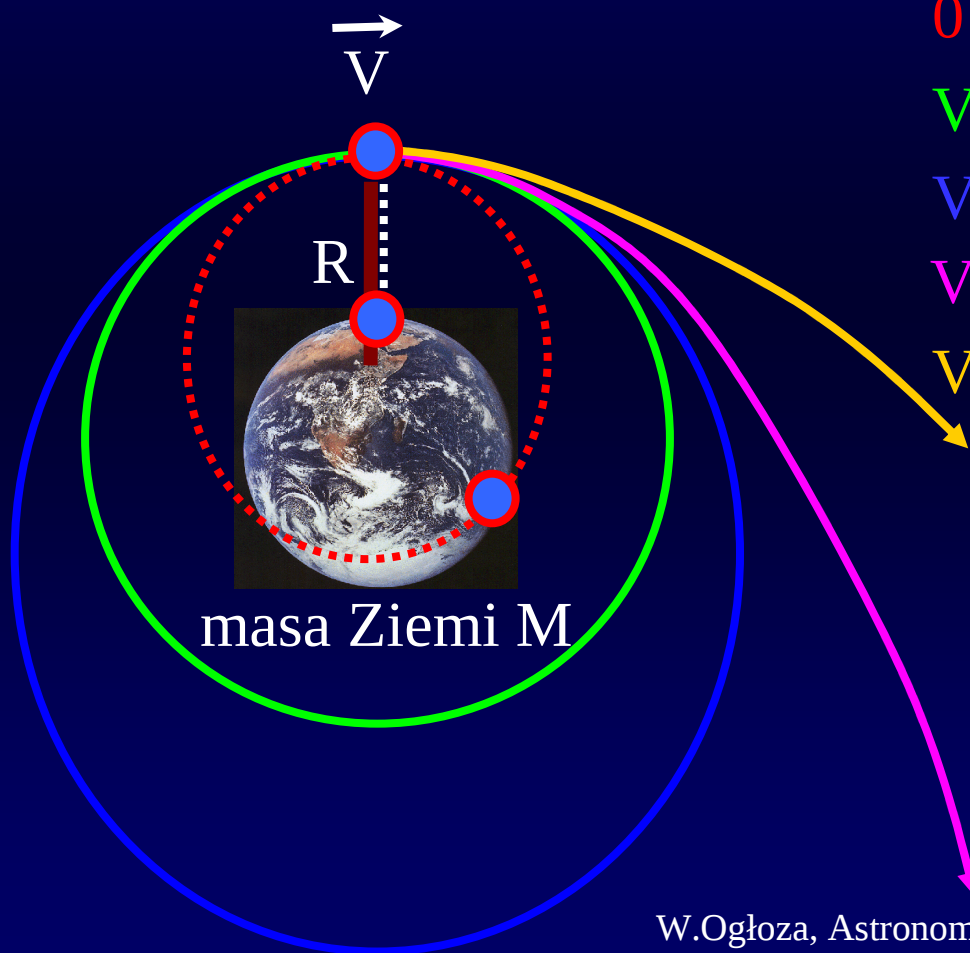
$$F_g = F_o \Rightarrow G \frac{Mm}{R^2} = \frac{mV^2}{R} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

Prędkość V to tak zwana pierwsza prędkość kosmiczna

Ciało na orbicie o promieniu R w ciągu jednego obiegu T pokonuje drogę $S=2\pi R$. Ponieważ jednocześnie $S=VT$ to zmieniając promień orbity można ustalić pożądany okres obiegu.

Tak zwane satelity geostacjonarne obiegają Ziemię w czasie jednej doby w płaszczyźnie równika więc zachowują stałą pozycję względem powierzchni Ziemi

Ruch satelitów



$$V = 0$$

pionowy spadek

$$0 < V < V_1$$

rzut ukośny

$$V = V_1$$

orbita kołowa

$$V_1 < V < V_2$$

orbita eliptyczna

$$V = V_2$$

parabola

$$V_2 < V$$

hiperbola

$$V_1 = (GM/R)^{1/2}$$

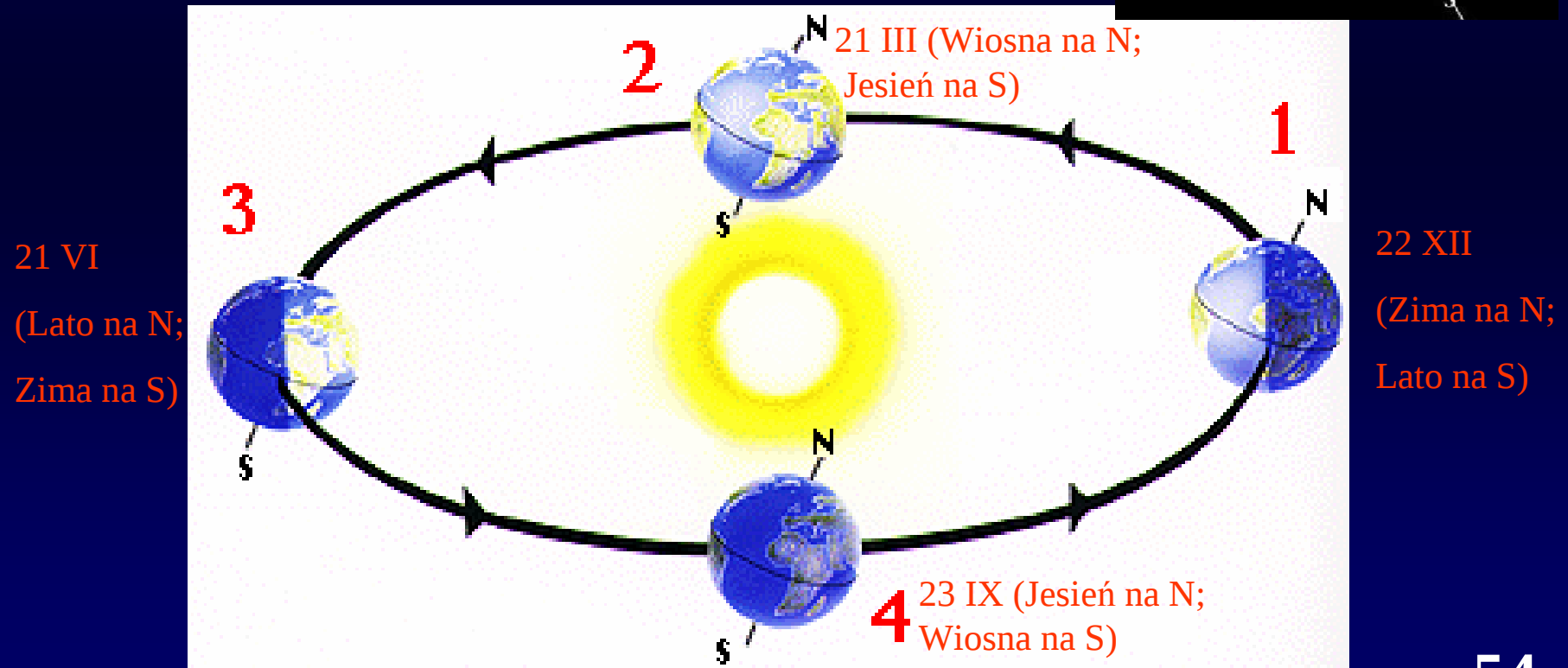
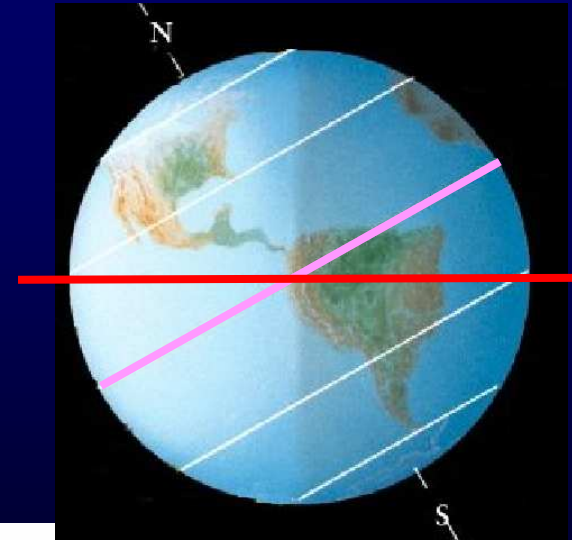
I prędkość kosmiczna

$$V_2 = (2GM/R)^{1/2}$$

II prędkość kosmiczna

Pory roku

Równik Ziemi jest nachylony pod kątem **$23^{\circ} 26'$** do **płaszczyzny ekliptyki**. Położenie osi obrotu Ziemi w przestrzeni względem gwiazd jest stałe, lecz na skutek ruchu obiegowego zmieniają warunki oświetlenia powierzchni Ziemi przez Słońce



Pory roku

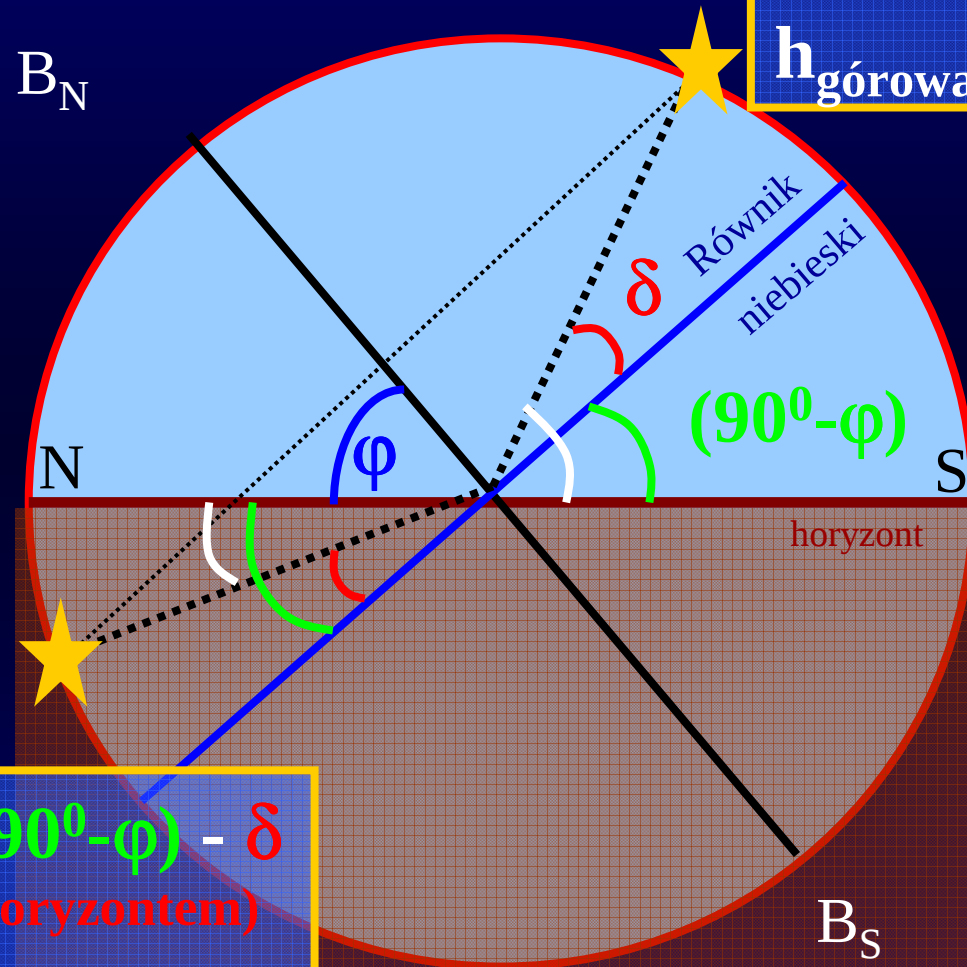
- Do górnych warstw atmosfery Ziemi dociera energia równa około 1.3 kW na każdy m^2 prostopadły do kierunku padania promieni słonecznych (tzw. Stała Słoneczna). Przez atmosferę do samej powierzchni dociera już tylko około 100 W/m^2
- W zależności od pokrywy śniegowej, stopnia wegetacji roślin, rodzaju gleby itp. część tej energii ulega odbiciu
- Zdolność odbijania promieniowania przez różne ciała to tak zwane albedo. Jest to stosunek ilości energii odbitej do całkowitej energii padającej
- Albedo śniegu jest bliskie 1 a czarnej sadzy bliskie 0
- Ekscentryczność orbity powoduje, że Ziemia zmienia swą odległość od Słońca (Peryhelium 3 I) ale nie ma to większego wpływu na pory roku (mimośród orbity Ziemi $e=0.0167$)

Noce i dnie polarne

Na półkuli północnej

Wysokość górowania i dołowania

Przekrój sfery niebieskiej w płaszczyźnie południka niebieskiego



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

-h_{dołowania} = (90° - φ) - δ
(minus bo pod horyzontem)

$$\mathbf{h}_{\text{dołowania}} = \varphi + \delta - 90^\circ$$

Warunki występowania:

Dzień polarny:	Słońce nie zachodzi	$h_d > -51' *$
Biała noc cywilna:	jest ciągle widno	$h_d > -6^0$
Biała noc nautyczna	nie widać gwiazd	$h_d > -12^0$
Biała noc astronomiczna	niebo rozświetlone	$h_d > -18^0$
Polarna noc zupełna	brak rozświetlenia	$h_g < -18^0$
Noc polarna	Słońce nie wschodzi	$h_g < -51' *$

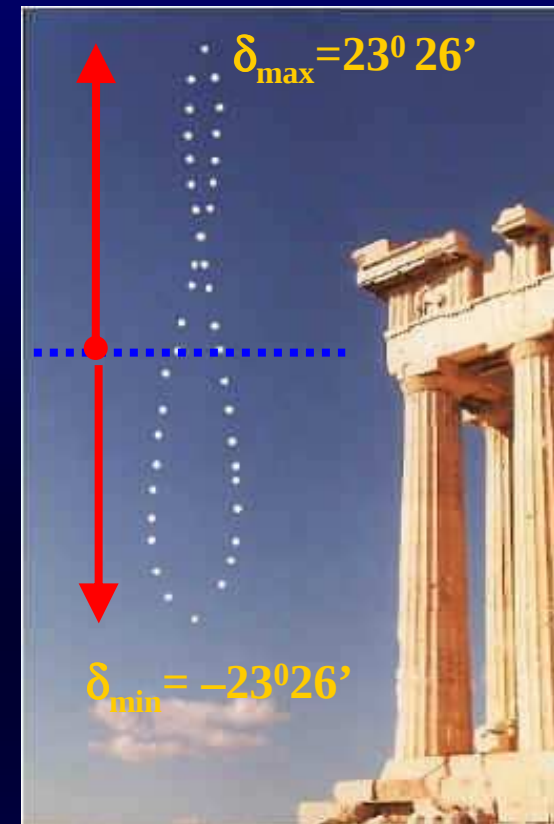
gdzie: $h_g = (90^0 - \varphi) + \delta$ $h_d = \varphi + \delta - 90^0$

* Z uwzględnieniem refrakcji i rozmiarów tarczy Słońca

Strefy polarne

- Deklinacja Słońca zmienia się w roku
od $\delta_{\min} = -23^{\circ} 26'$ do $\delta_{\max} = 23^{\circ} 26'$
- Aby nastąpiła noc polarna to: $h_g < 0^{\circ}$ *
 $90^{\circ} - \varphi + \delta_{\min} < 0^{\circ}$
 $90^{\circ} + \delta_{\min} < \varphi$
 $90^{\circ} + (-23^{\circ} 26') < \varphi$
- Aby nastąpił dzień polarny to: $h_d > 0^{\circ}$ *
 $\varphi + \delta_{\max} - 90^{\circ} > 0^{\circ}$
 $\varphi > -\delta_{\max} + 90^{\circ}$
 $\varphi > 90^{\circ} - 23^{\circ} 26'$

* warunki bez refrakcji



Strefy polarne: $\varphi < -66^{\circ} 34'$ i $66^{\circ} 34' < \varphi$
Północne koło polarne leży na szerokości
 $\varphi = 66^{\circ} 34'$ a południowe $\varphi = -66^{\circ} 34'$

Strefy zwrotnikowe

- Deklinacja Słońca δ zmienia się od $-23^{\circ} 26'$ do $23^{\circ} 26'$
- W strefie zwrotnikowej Słońce może świecić w Zenicie, zatem:

$$h_g = 90^{\circ};$$
$$90^{\circ} - \varphi + \delta = 90^{\circ}$$

czyli $\varphi = \delta$



Strefa zwrotnikowa rozciąga się na szerokościach od $-23^{\circ} 26'$ do $23^{\circ} 26'$



Księżyc

Księżyc

Promień: $1738 \text{ km} = 0.27 R_{\oplus}$ (promienia Ziemi)

Masa: $7.347 \cdot 10^{22} \text{ kg} = 1/81,301 M_{\oplus}$ (masy Ziemi)

Przyspieszenie grawitacyjne : 1.62 m/s^2 ($1/6 g_{\oplus}$)

Temperatura: do -150 do 130 C

Orbita: $e = 0.05$,

$a = 384.4 \cdot 10^3 \text{ km}$,

$i = 5.1^\circ$

Prędkość orbitalna: 3681 km/h

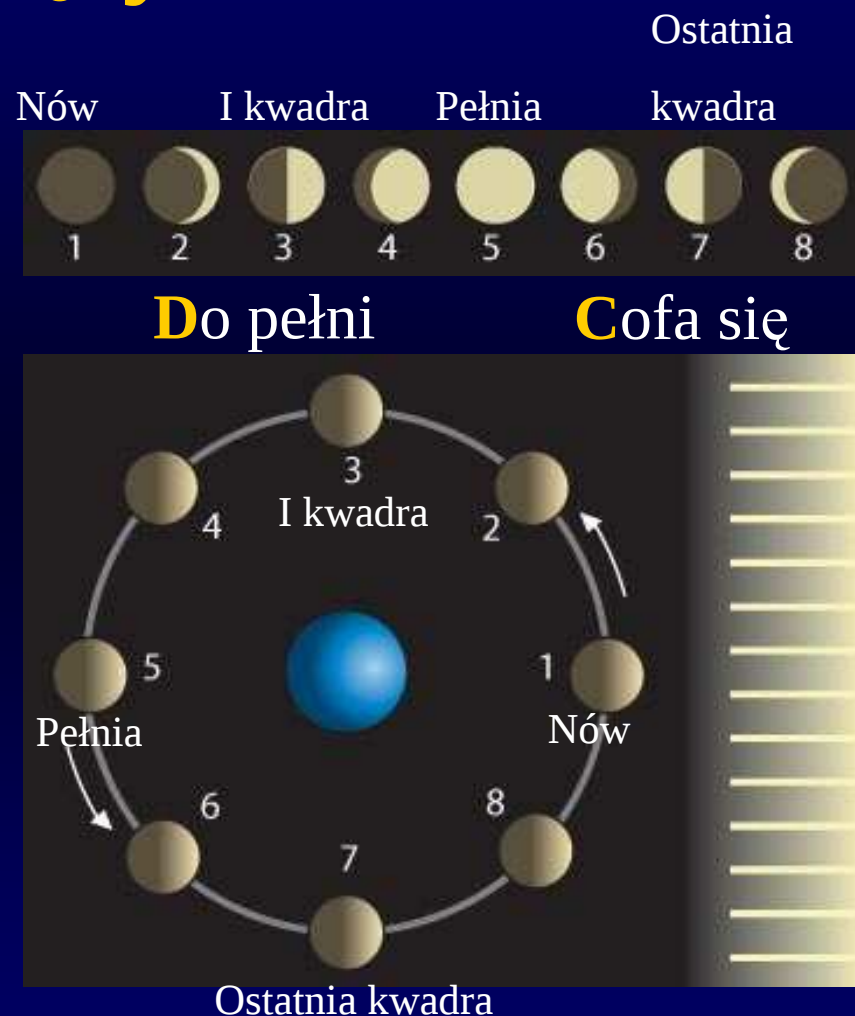
Jasność w pełni: -12 magnitudo

Średnica kątowa $\sim 30'$



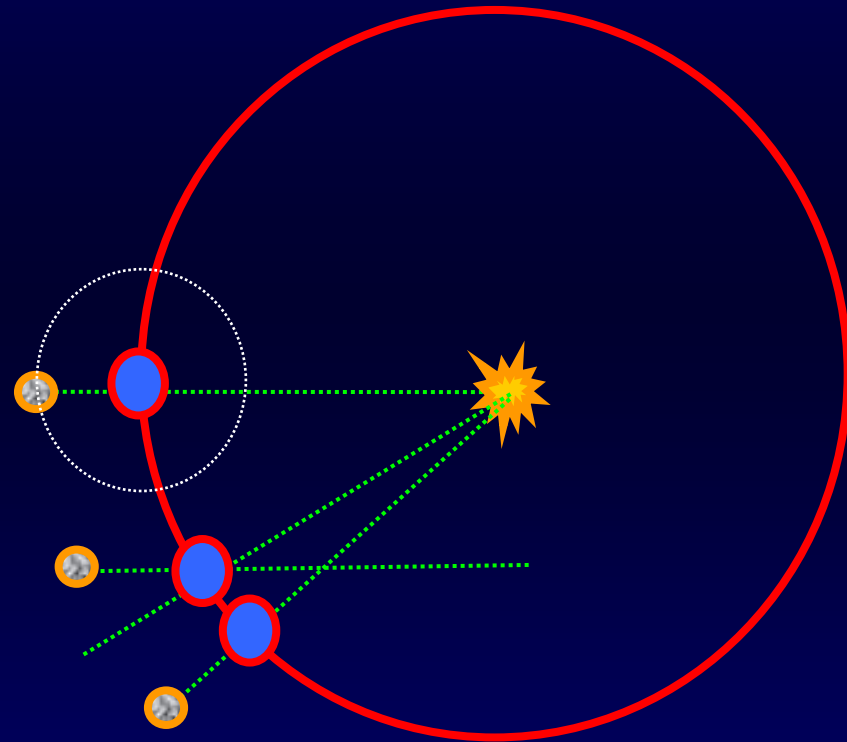
Fazy Księżyca

- Widać tylko część oświetloną przez Słońce
- Okres zmian faz to miesiąc synodyczny (około 29.53 dnia)
- Księżyc widać zawsze z tej samej strony bo okres obrotu Księżyca jest równy okresowi obiegu
- Czasem tuż po nowiu widać część Księżyca oświetloną przez Ziemię (światło popielate)

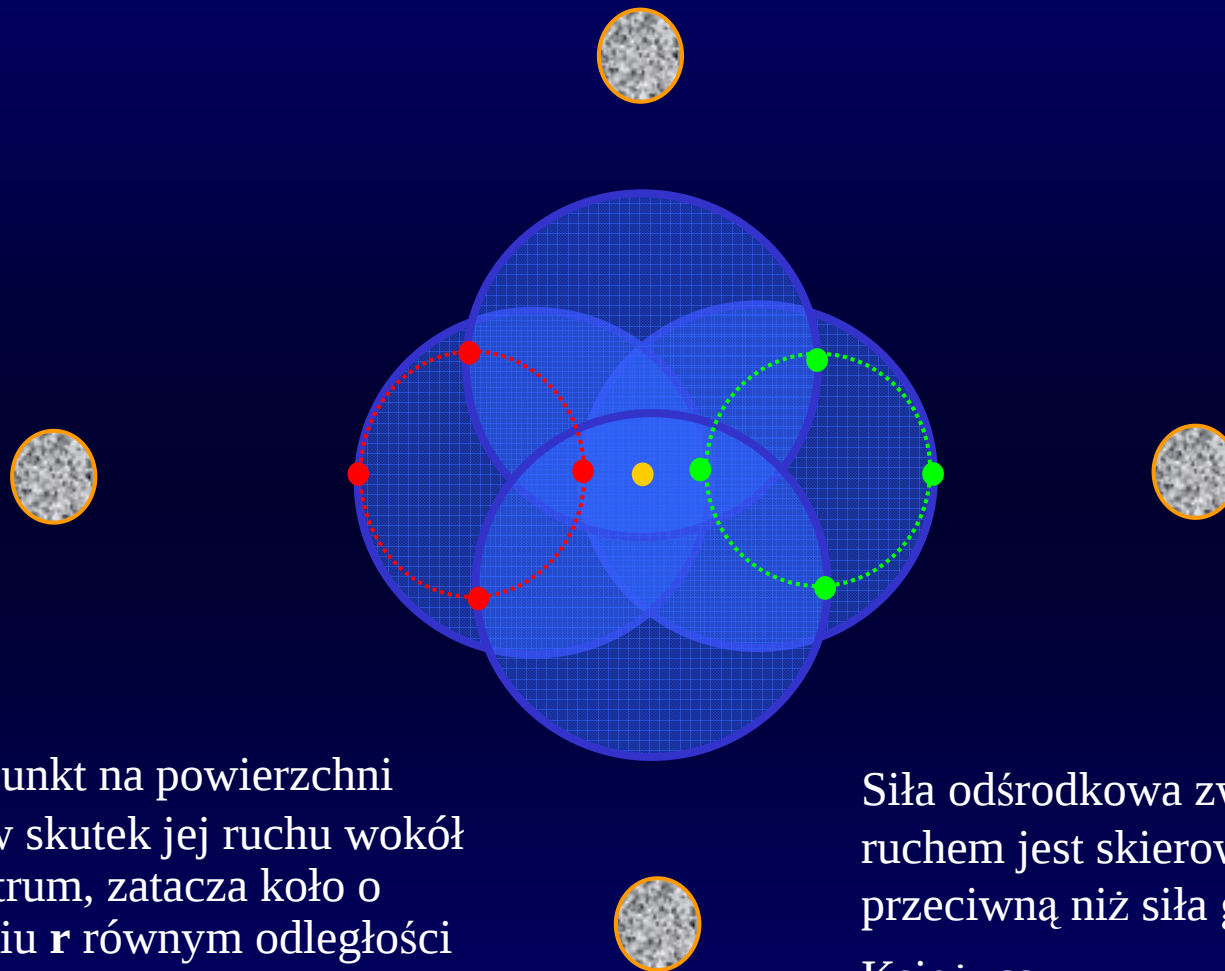


Miesiąc synodyczny i gwiazdowy

- Obieg Księżyca wkoło Ziemi trwa 27.321661 dnia (tyle co obrót !)
- W tym czasie Ziemia przemieściła się na swojej orbicie o około 30°
- Potrzeba dodatkowego czasu aby znowu nastąpiła pełnia
- Okres od pełni do pełni (miesiąc synodyczny) trwa 29.5305882 doby



Ruch Ziemi wokół barycentrum .

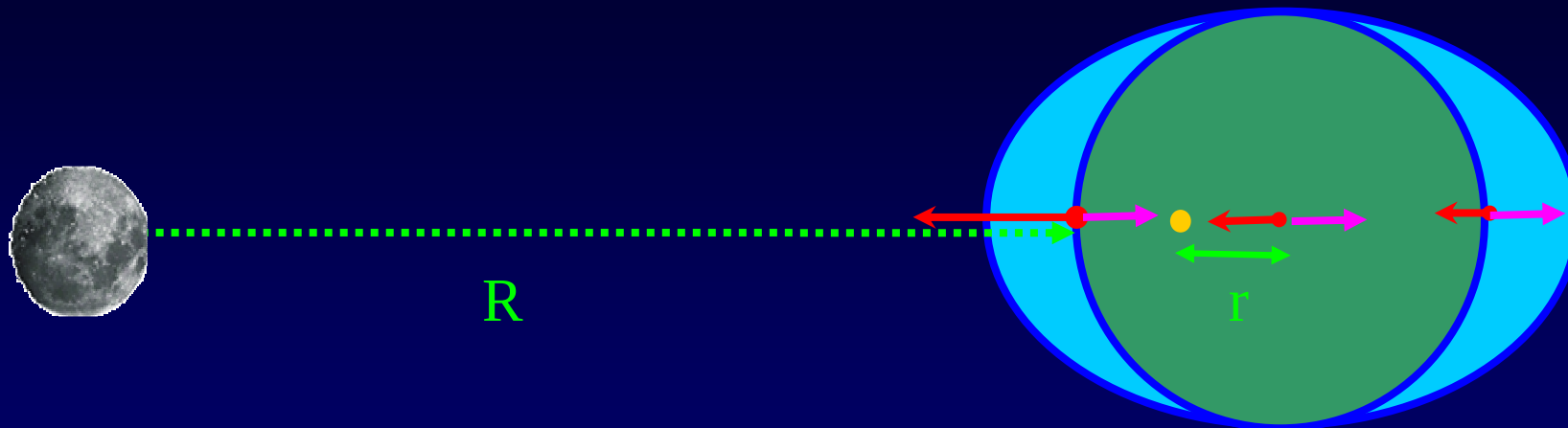


Każdy punkt na powierzchni Ziemi, w skutek jej ruchu wokół barycentrum, zatacza koło o promieniu r równym odległości barycentrum od środka Ziemi

Siła odśrodkowa związana z tym ruchem jest skierowana w stronę przeciwną niż siła grawitacji Księżyca.

Zjawisko pływów

- Wielkość siły grawitacji F_g ($GM_k m/R^2$) pomiędzy danym punktem na Ziemi a Księżycem zależy od jego odległości od Księżyca (R)
- Ziemia i Księżyc obiegają wspólny środek masy (barycentrum $\bullet$).
- Wielkość siły odśrodkowej F_o (mv^2/r) związanej z tym ruchem jest jednakowa dla całej Ziemi (r - odległość barycentrum od środka Ziemi)
- Powoduje to wybrzuszanie się skorupy Ziemi i podnoszenie poziomu wody w morzach i oceanach



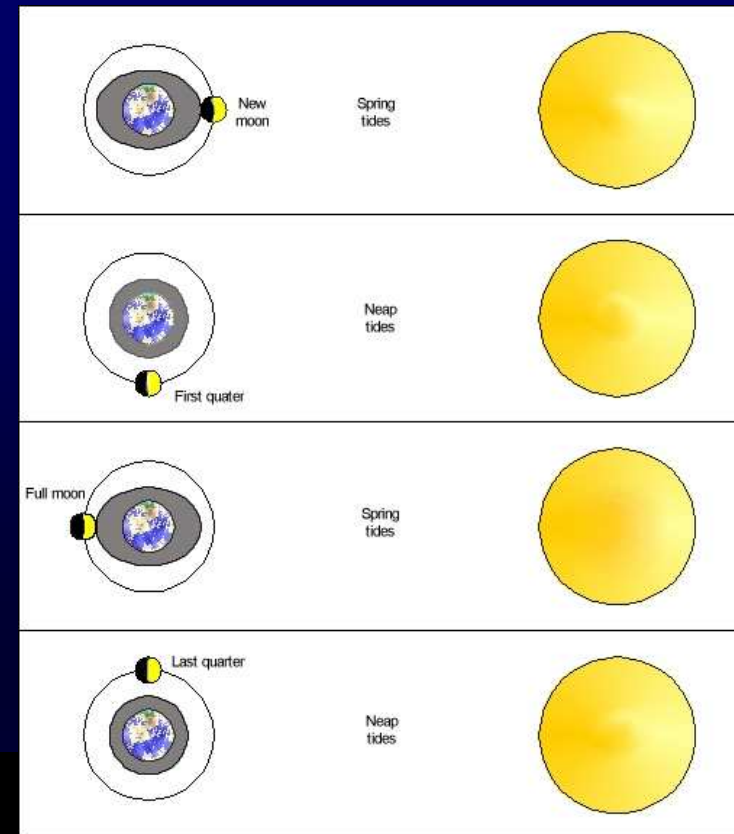
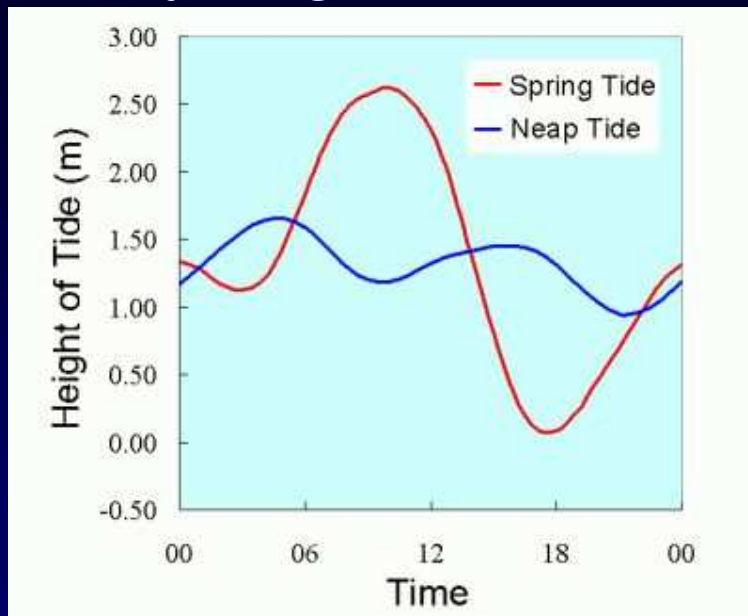
Zjawisko pływów

- Ponieważ masa Księżyca wynosi zaledwie $1/81$ masy Ziemi i znajduje się on w odległości około 380 000 km wspólny środek masy znajduje się pod powierzchnią Ziemi (4670 km od środka)
- Gdyby Ziemia była pokryta w całości wodą wielkość przyprływu wynosiłaby 36 cm, a odpływu 18cm. Obecność lądów i ukształtowanie dna morskiego powoduje, że obserwowane amplitudy pływów wahają się od kilku milimetrów do kilkunastu metrów w różnych miejscach (np.: Zatoka Fundy)
- Cykl pływów powtarza się 2 razy na $24^h50.5^m$. Moment maksimum jest opóźniony w stosunku do ekstremalnej wysokości Księżyca ze względu na tempo przemieszczania się mas wody (tzw. czas portowy)
- Istnieją także pływy wywołane przez Słońce lecz o 2.2 razy mniejszej amplitudzie. Najsilniejsze pływy obserwujemy podczas nowiu i pełni kiedy wpływ Słońca i Księżyca się sumuje
- Skorupa skalna unosi się także na wysokość około 20 cm

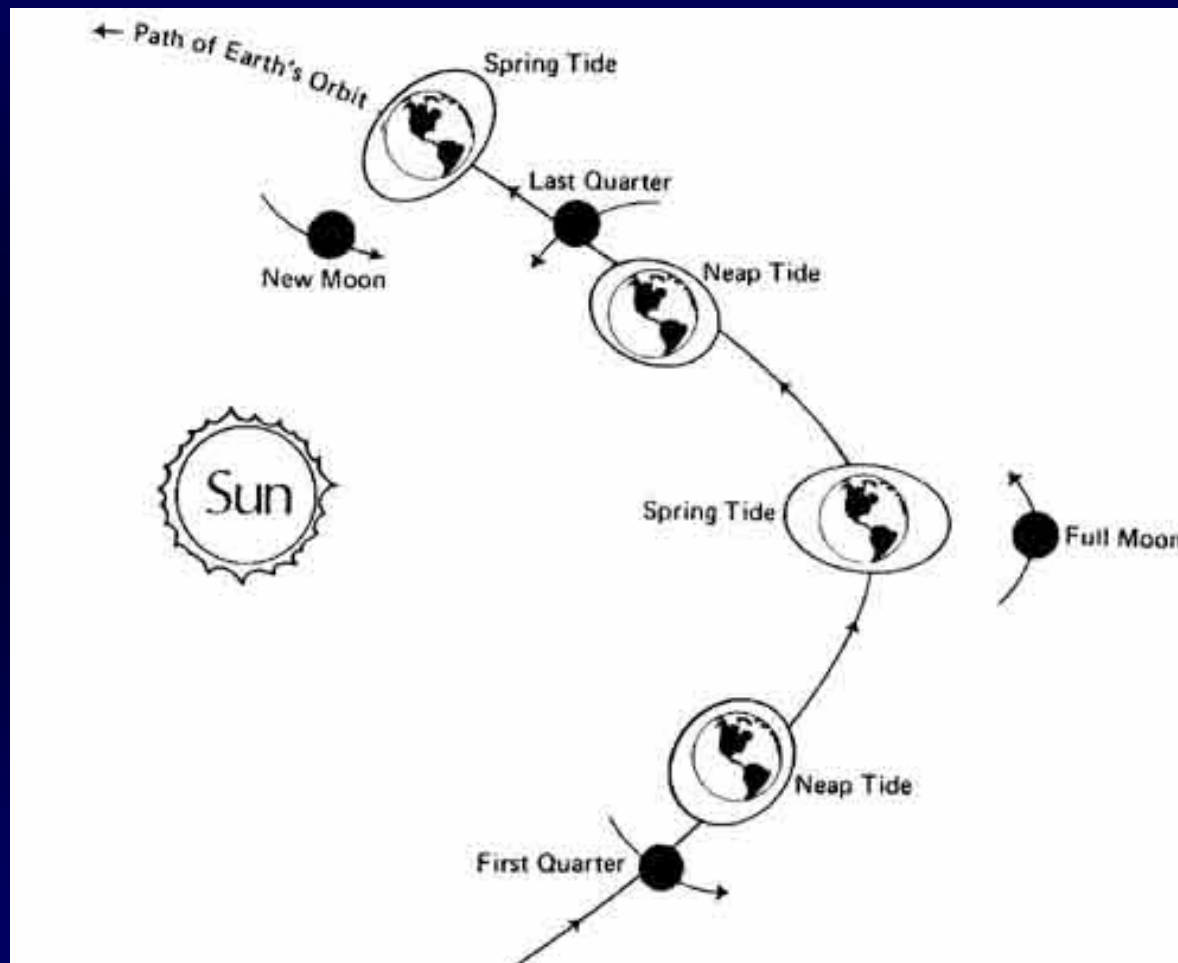


W czasie nowiu i pełni Księżyca fale pływowe wywołane przez Słońce i Księżyc nakładają się zwiększając amplitudę wahań poziomu wody. Są to tzw. pływy zyzygijne (ang. spring tides)

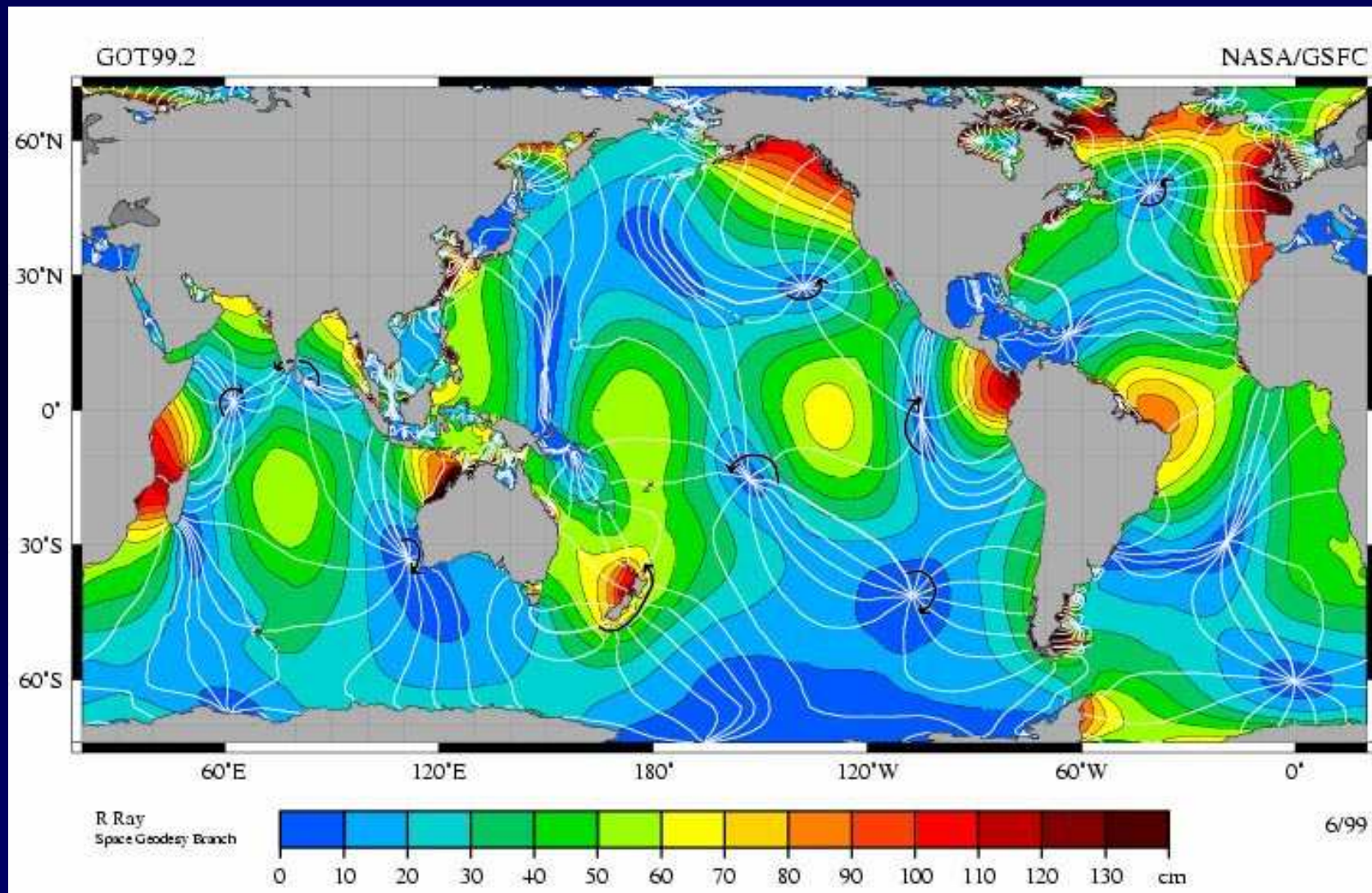
Pływy kwadraturowe (neap tides) charakteryzują się mniejszą amplitudą oraz oddzielnymi maksimami dla pływów słonecznego i księżycowego

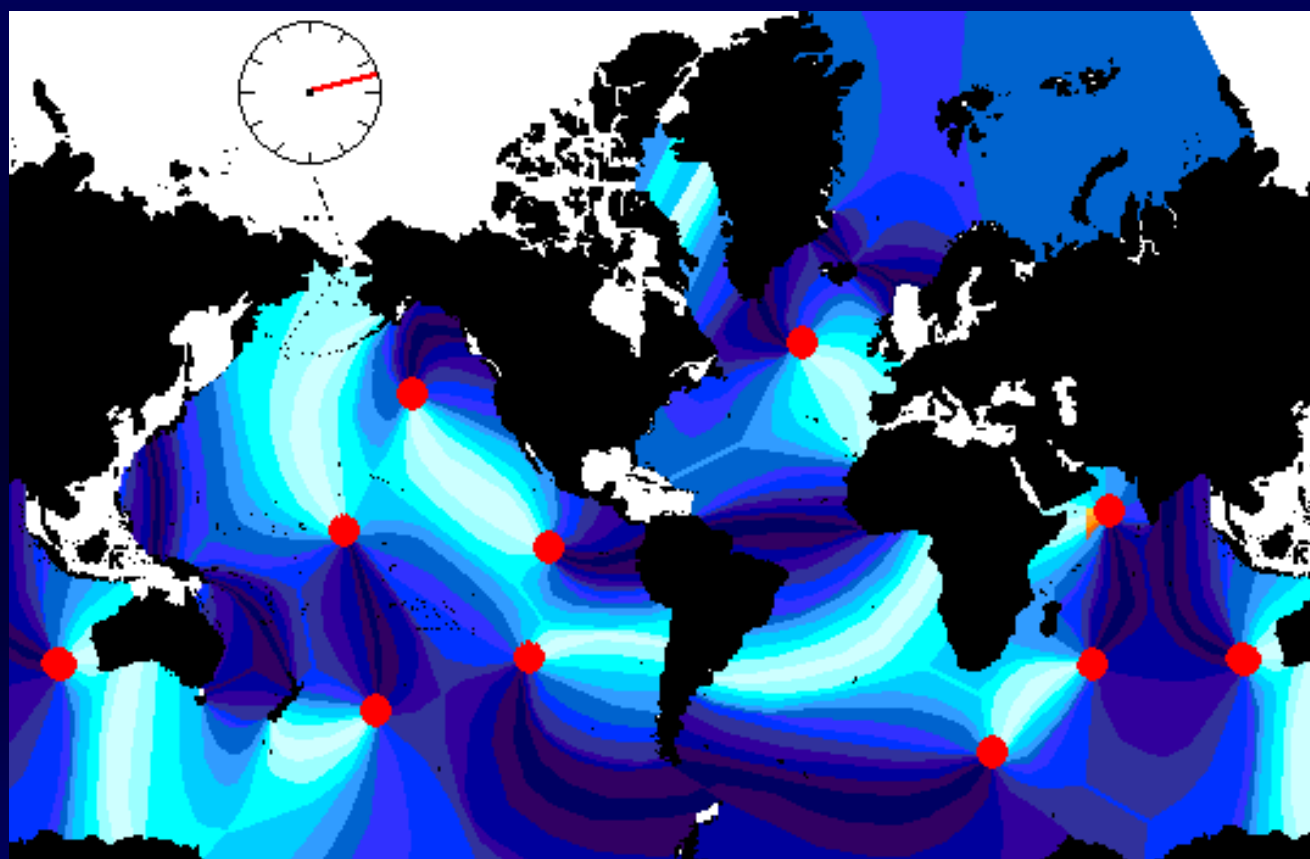


Cykl pływów



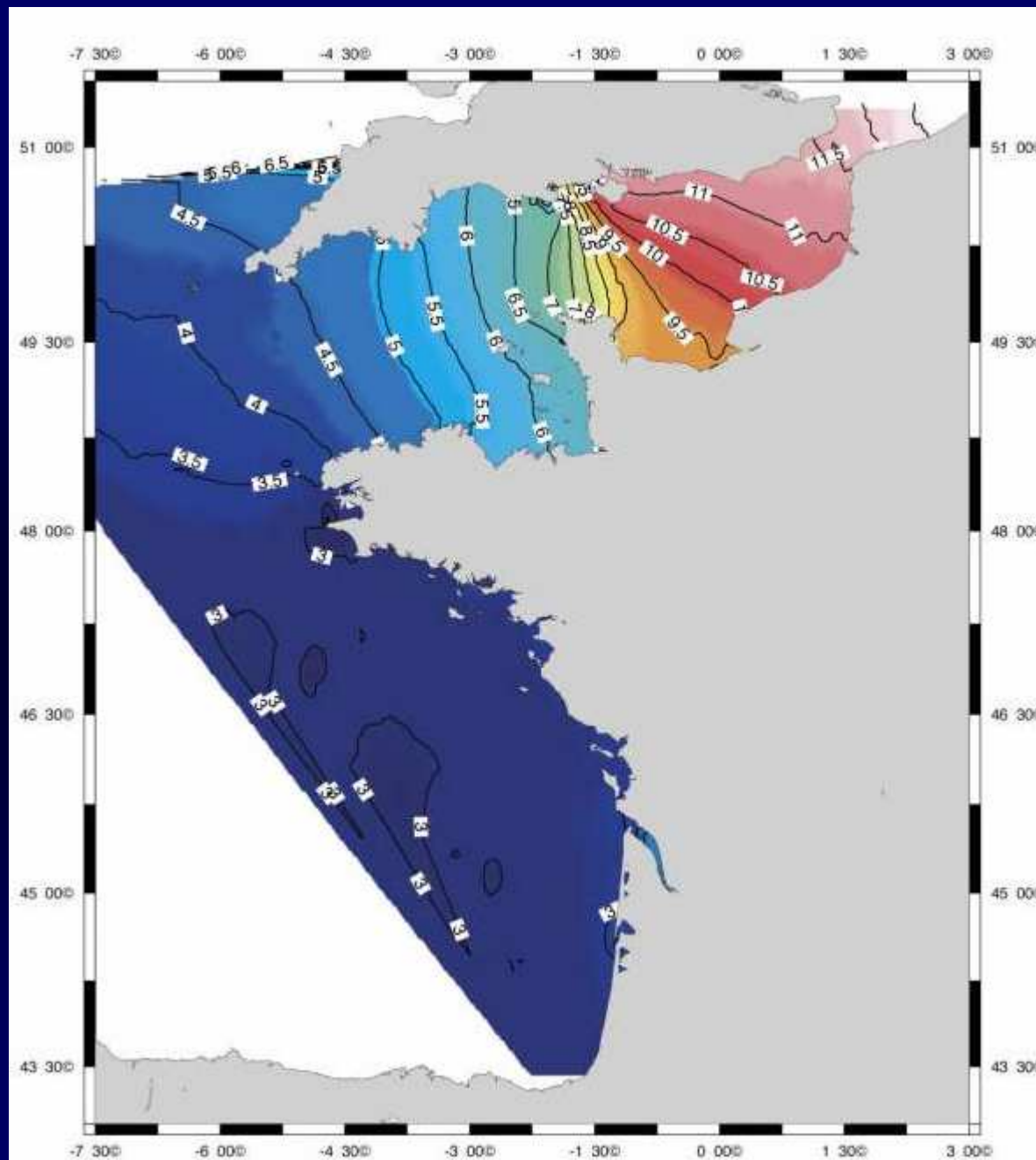
Wielkość pływów oceanicznych zależy od ukształtowania dna i linii brzegowej





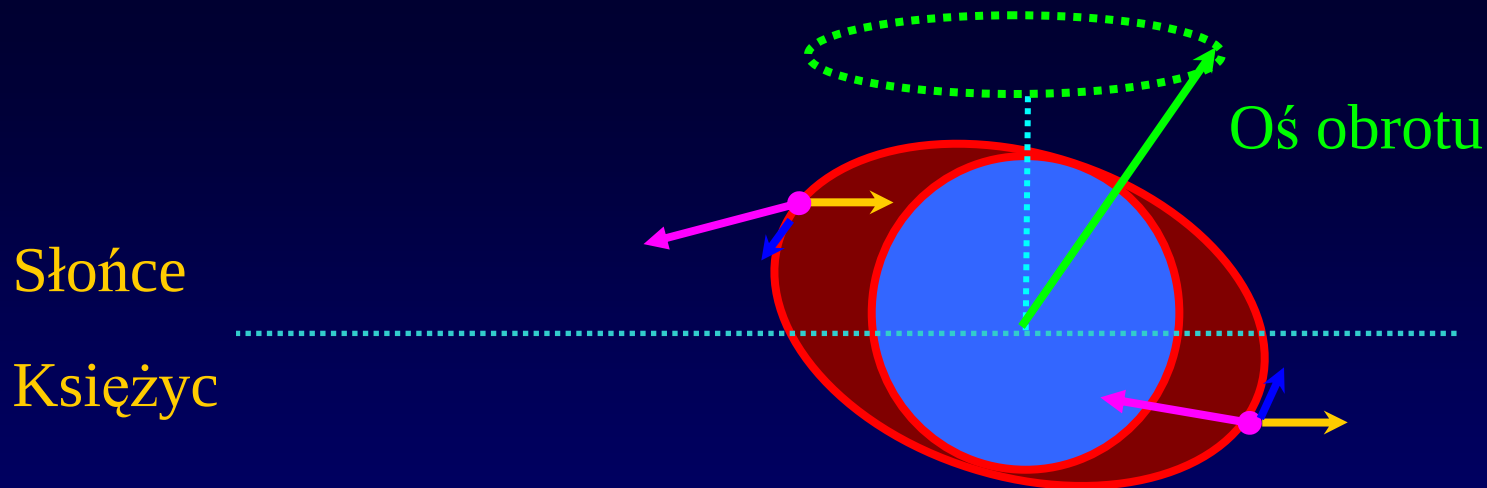
Czas portowy

Z powodu ograniczonej prędkości przemieszczania się mas wody, maksymalny poziom wody jest opóźniony w stosunku do momentu górowania/dołowania Księżyca i Słońca. Opóźnienie to tzw czas portowy (HWI - high water interval) jest mniej więcej stałe dla danego miejsca. Rysunek przedstawia rozkład czasów portowych w kanale La Manche.



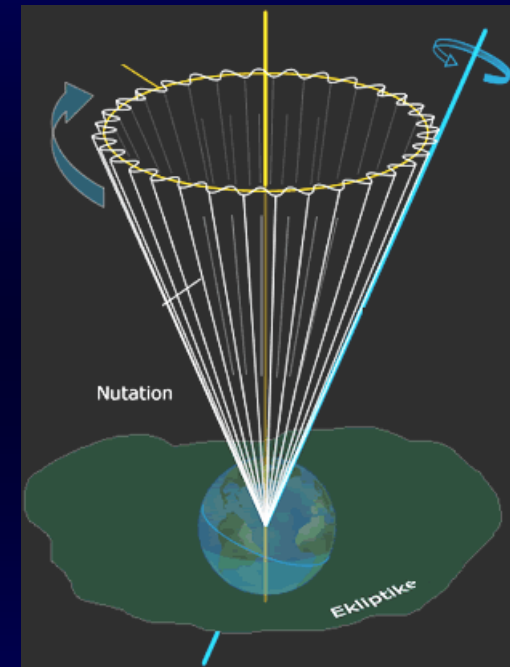
Precesja i nutacja

- Grawitacyjne oddziaływania Słońca i Księżycy ze spłaszczoną (na skutek rotacji) Ziemią powodują, że oś obrotu Ziemi zmienia swoje położenie w przestrzeni
- Jest to konsekwencją nachylenia płaszczyzny ekliptyki do równika ziemskiego (23.5°) i nachylenia orbity Księżycy do ekliptyki (5°)
- Różne kierunki działania sił grawitacji F_g i odśrodkowych F_o powodują powstanie składowych prostujących F wywołujących oscylacje osi

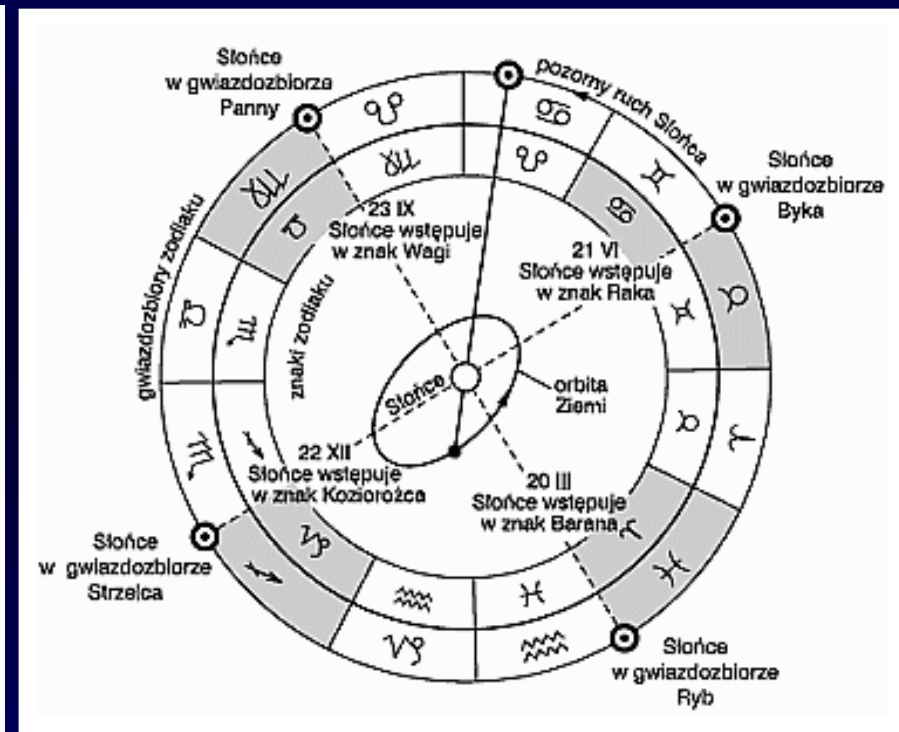
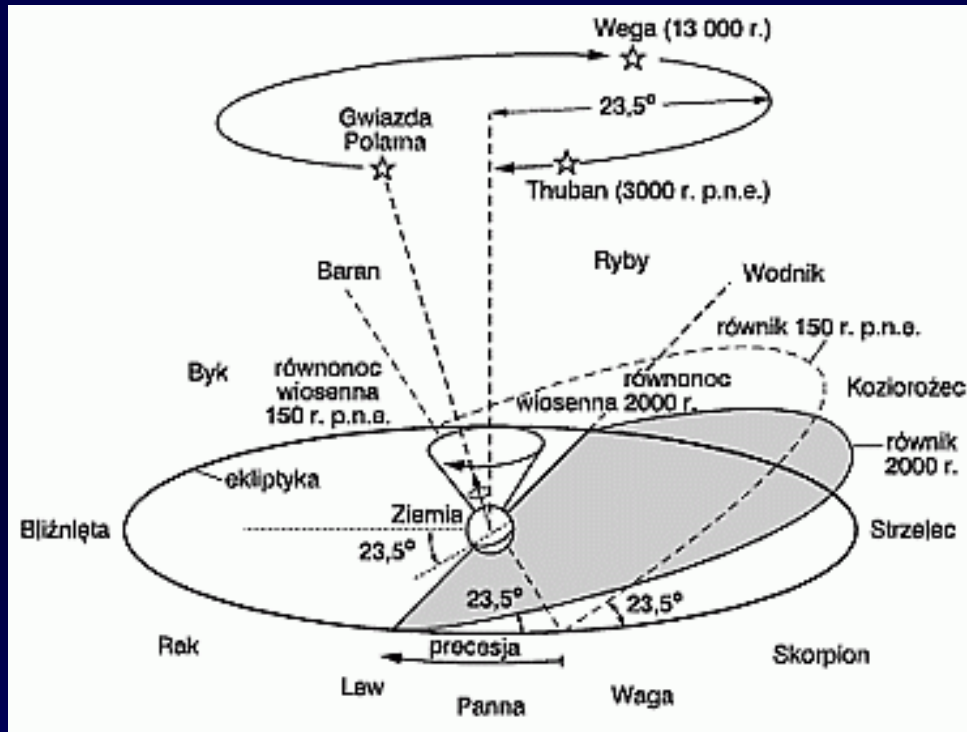


Precesja i nutacja

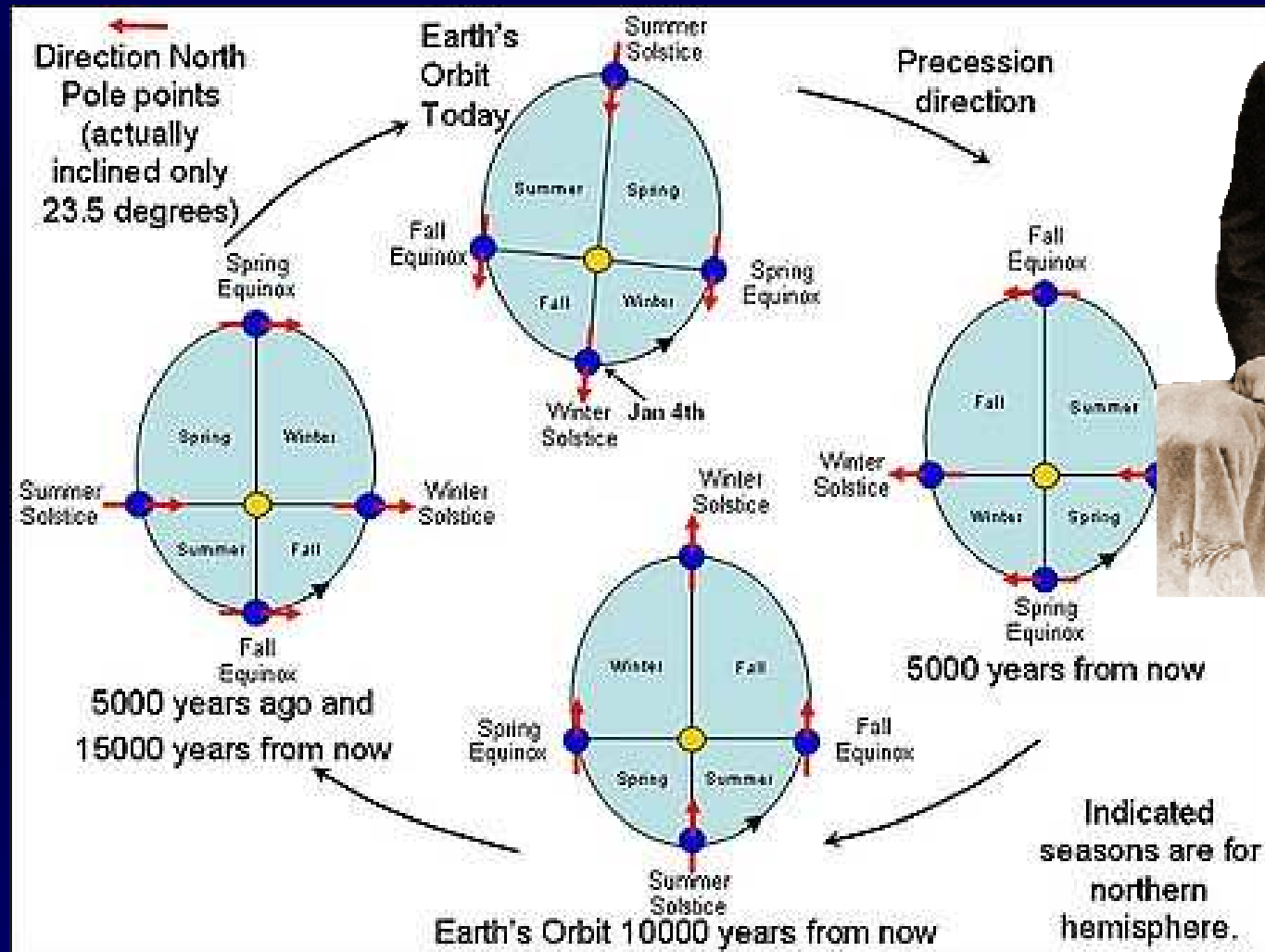
- Oś obrotu Ziemi w okresie 26000 lat (rok Platona) zakreśla pobocznicę o kącie wierzchołkowym $2 \cdot 23.5^\circ$
- Powoduje to dryfowanie biegunów niebieskich oraz punktów Barana i Wagi, a co za tym idzie zmianę współrzędnych astronomicznych
- Dlatego podając wartość rektascensji i deklinacji podaje się też datę ich obowiązywania tzw. epokę
- Biegun N zbliża się do Gwiazdy Polarnej (min. kąt w 2102 roku $27''$) W czasach budowy piramid gwiazdą biegunową był Tuban
- Okres nutacji (wpływ nachylenia orbity Księżyca do ekliptyki) wynosi 18.6 roku. Amplituda nutacji wynosi $9''$



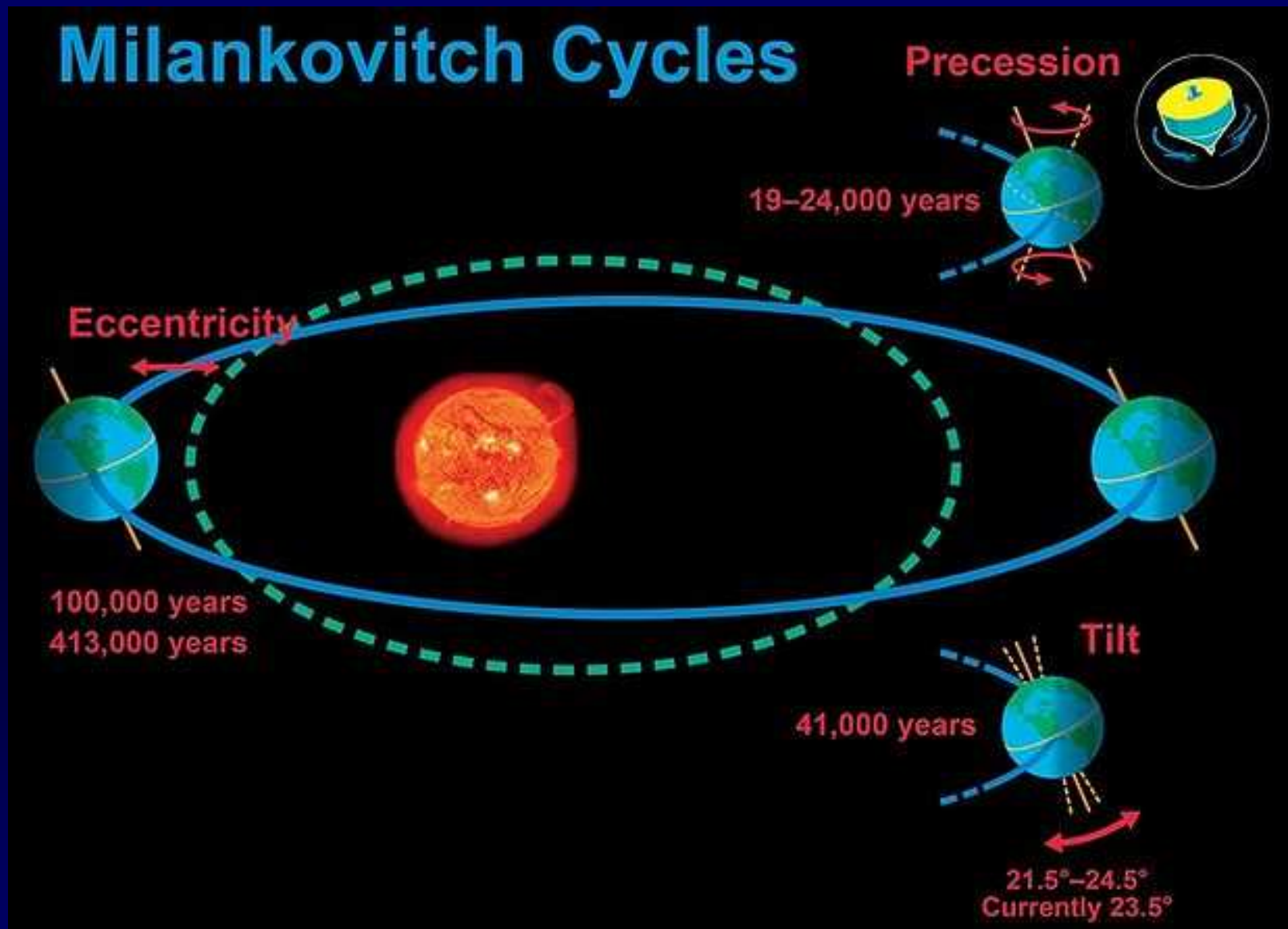
Precesja a znaki zodiaku



Cykle Milankowicza



Milankovitch Cycles



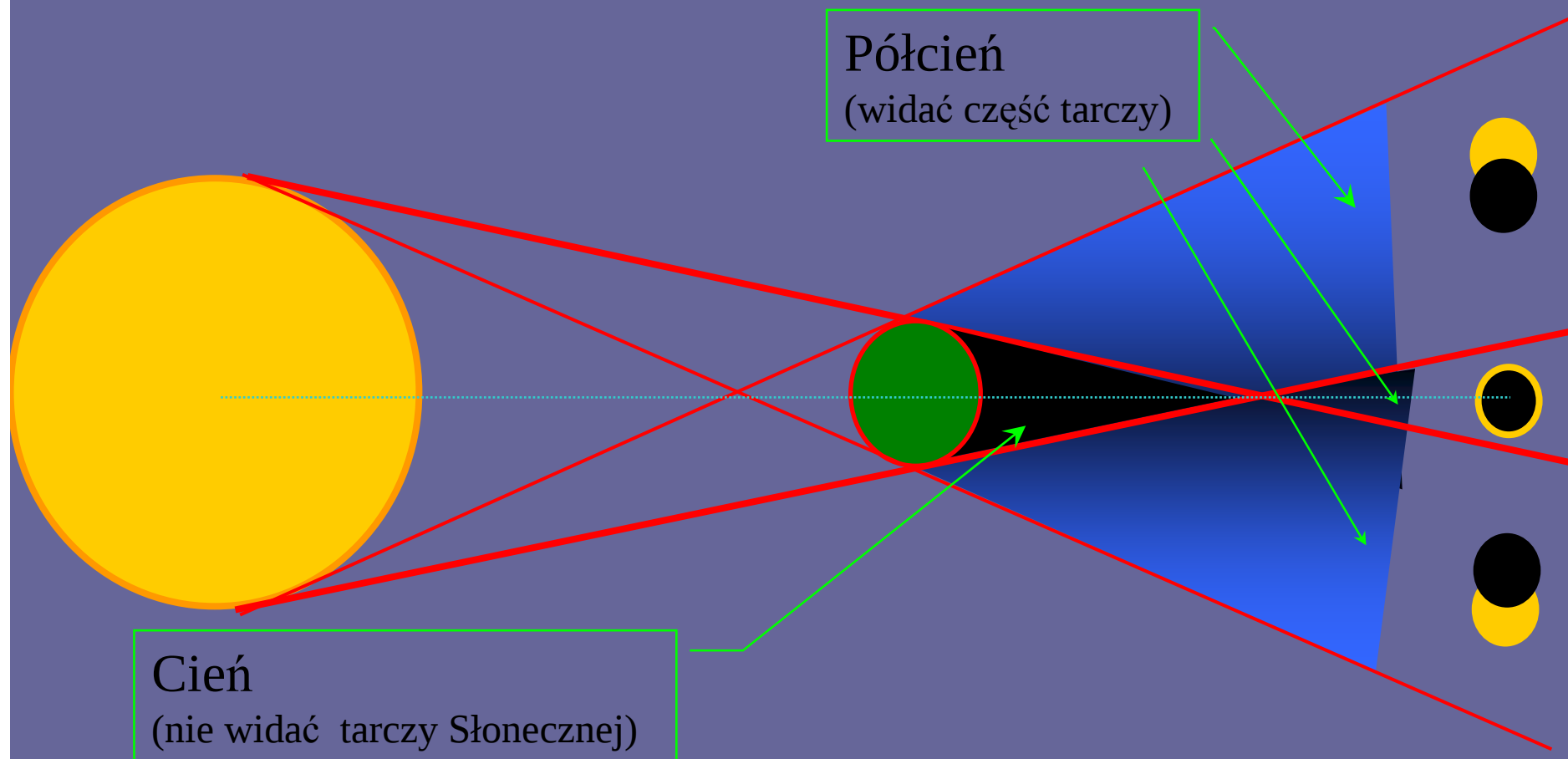
A total solar eclipse is shown as the background for the slide. The sun is completely obscured by the dark disk of the moon, leaving only a thin, glowing white ring of light (the solar corona) visible around the edges of the moon. The scene is set against a dark, almost black sky.

Zaćmienia Słońca i Księżycy

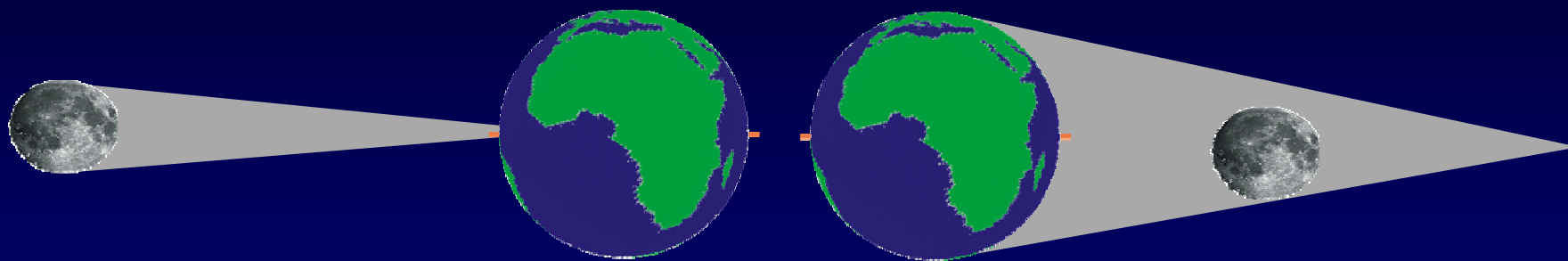
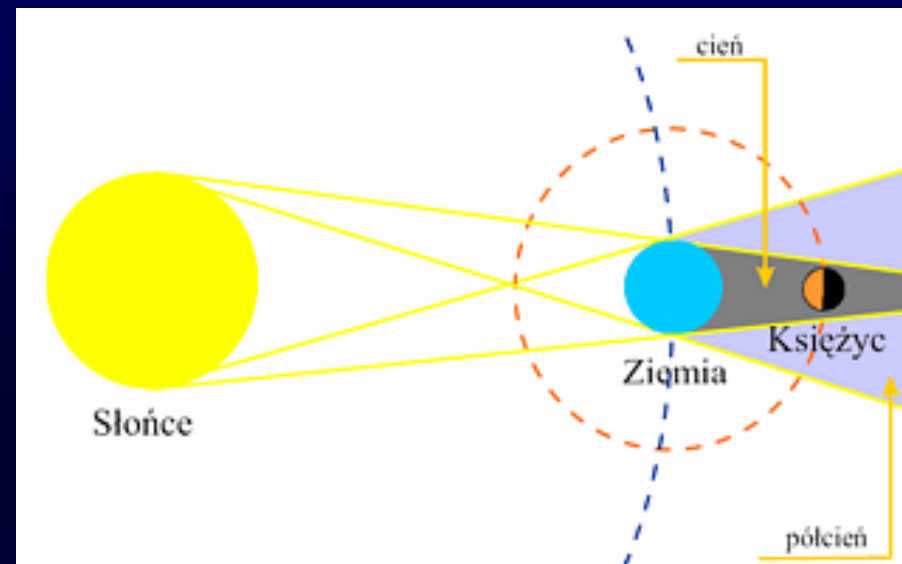
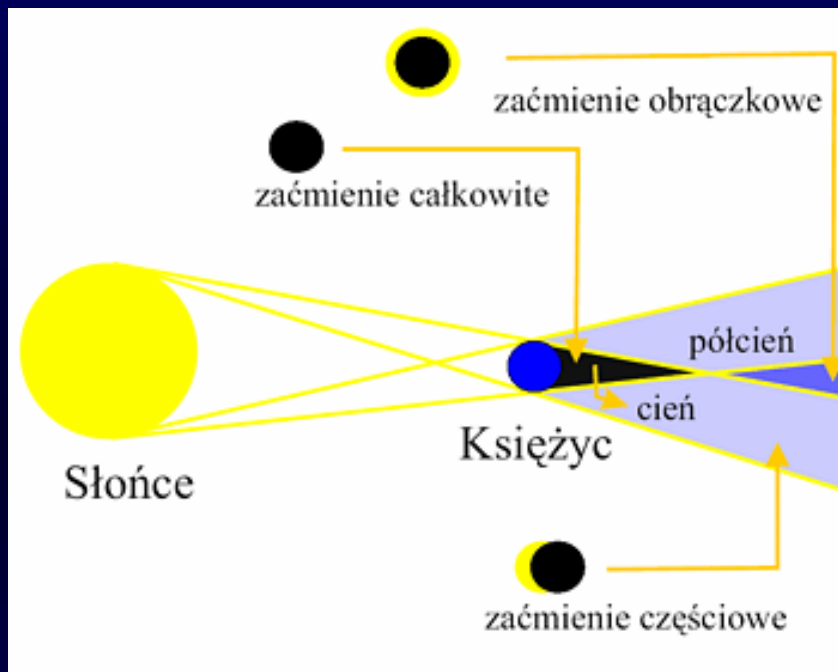
<http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/eclipse.html>

Strefy cienia i półcienia

Widok:

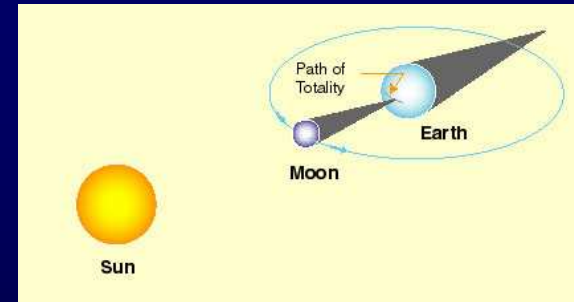


Zaćmienia Słońca i Księżycy



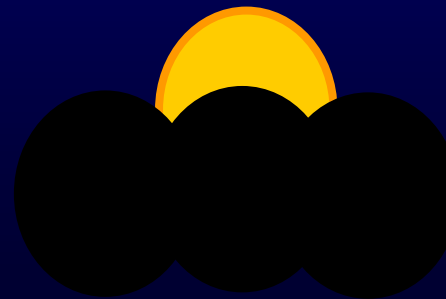
Zaćmienia Słońca

Księżyc w nowiu



Częściowe

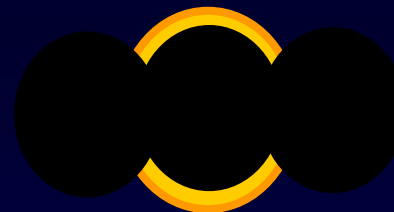
obserwator w półcieniu Księżyca



Pierścieniowe

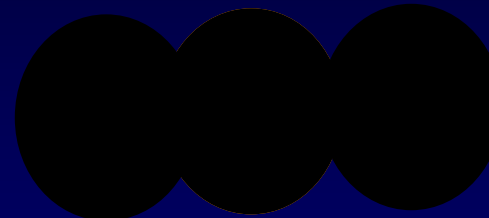
obserwator za stożkiem cienia Księżyca

Cień nie sięga powierzchni Ziemi



Całkowite

obserwator w cieniu Księżyca



Zaćmienia Księżyca

Księżyc w pełni

Półcieniowe

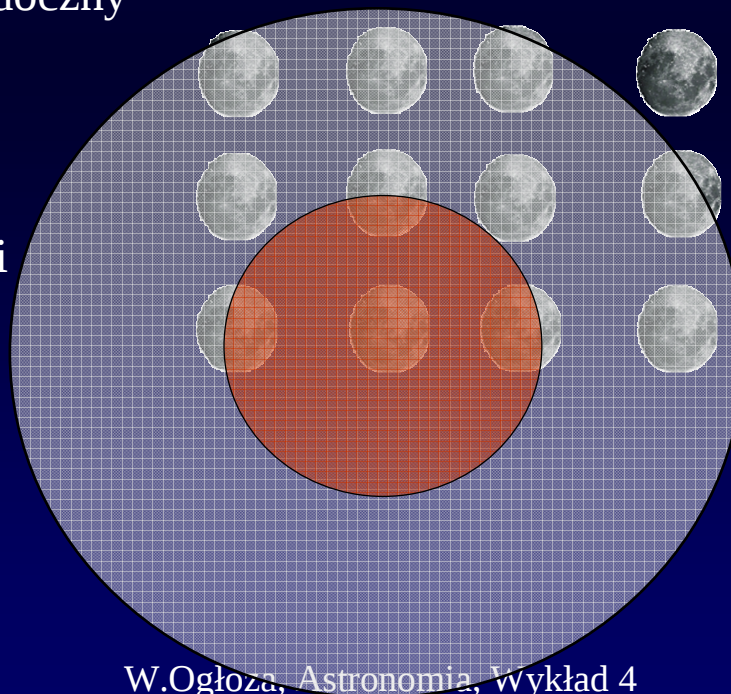
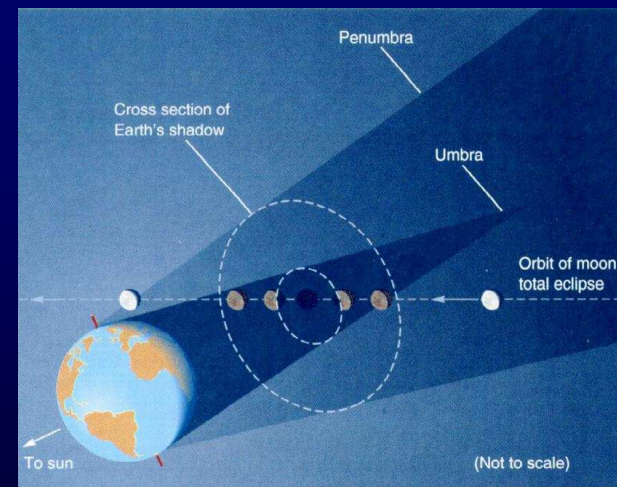
Księżyc przechodzi tylko przez
strefę półcienia Ziemi, spadek jasności
praktycznie jest niewidoczny

Częściowe

Część Księżyca
wchodzi w cień Ziemi

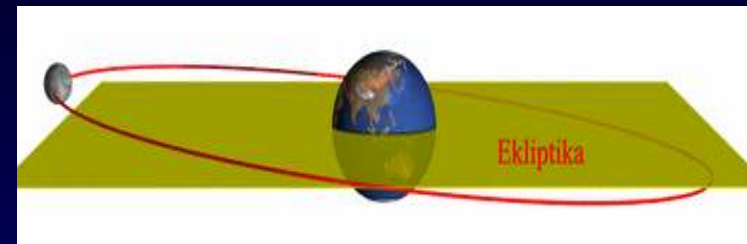
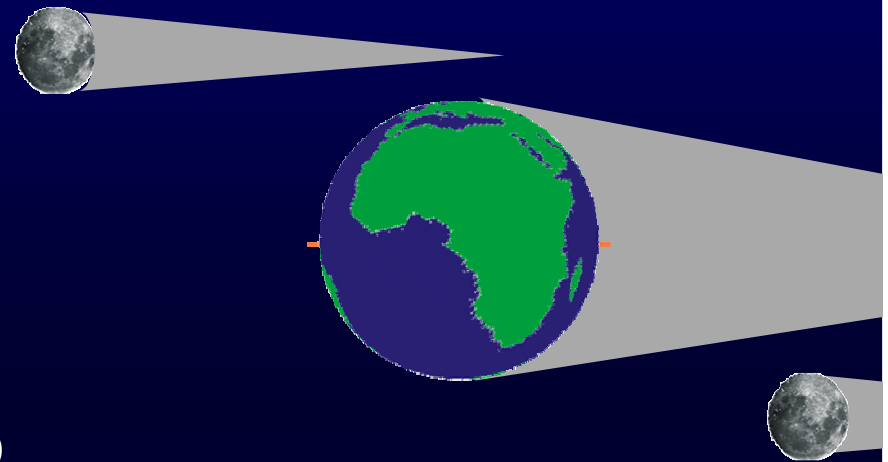
Całkowite

Cały Księżyc
w cieniu Ziemi



Warunki występowania zaćmień:

- Nów dla zaćmienia Słońca
- Pełnia dla zać. Księżyca
- Księżyc musi się znaleźć w pobliżu węzła swojej orbity
- Cykl zaćmień powtarza się co 6585.5 dnia (Saros)
- Zaćmienie Słońca jest więcej ale widać je jedynie z wąskiego pasa na powierzchni Ziemi
- Zaćmienia Księżyca widać oczywiście z całej nocnej strony Ziemi



Powtarzalność zaćmień

Księżyc musi być w nowiu: okres: miesiąc synodyczny = 29.5305882 dni

Księżyc musi być blisko węzła: okres miesiąc smoczy = 27.2122 dni

Wskutek precesji orbity Księżyca węzły wędrują po ekliptyce z okresem 18.6 lat
(jest to tzw. rok zaćmieniowy)

242 miesiące smocze = 223 miesiące synodyczne = 19 lat zaćmieniowych

Jest to tzw. **Saros** 18 lat i 11 dni (10 dni gdy jest 5 lat przestępnych) odkryty już w starożytności .

W ciągu 1000 lat jest przeciętnie

2375 zaćmień Słońca (716 całkowitych)

1543 zaćmień Księżyca (650 całkowitych)



Słońce

Słońce

Masa: $1.989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$

Średnica: 1392000km

Średnica kąтова: 32'

Okres obrotu: 25.38 dnia

$m_{\text{obs}} = -26 \text{ mag.}$

$M_{\text{abs}} = 4,96 \text{ mag.}$

Typ widmowy: G2

Natężenie światła: $302 \cdot 10^{25} \text{ cd}$

Moc promieniowania:

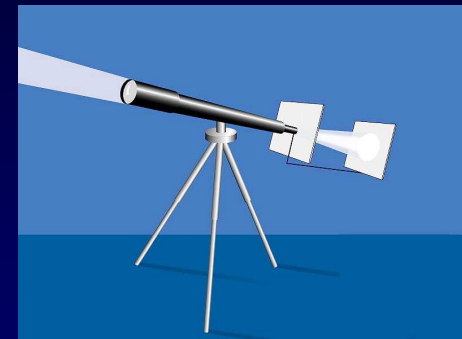
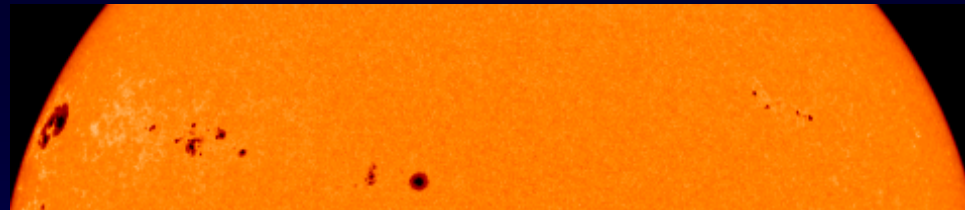
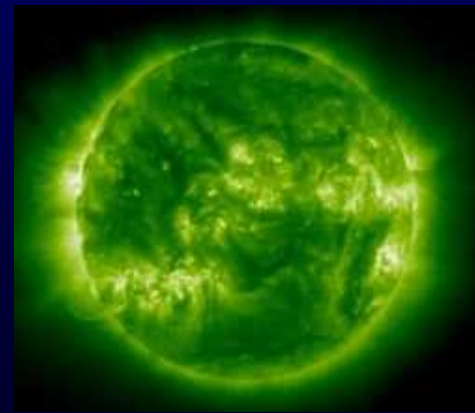
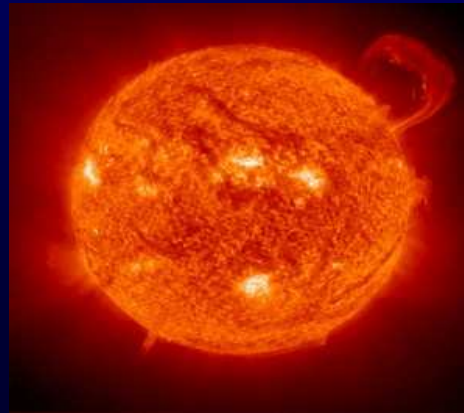
$3.82 \cdot 10^{26} \text{ W}$

Temperatura powierzchni:

5810K

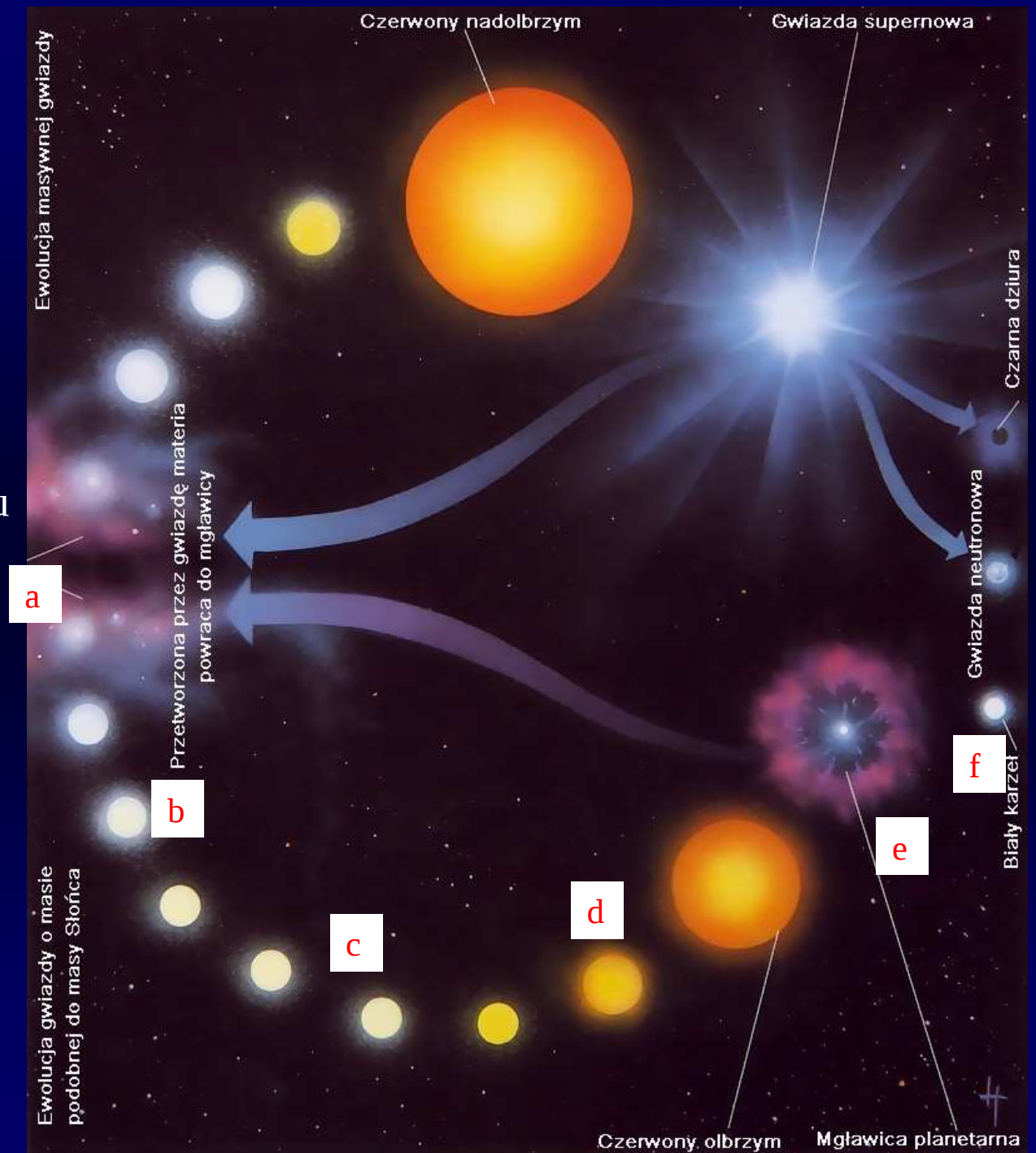
Stała słoneczna poza atmosferą:

$1360 \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{-1}$



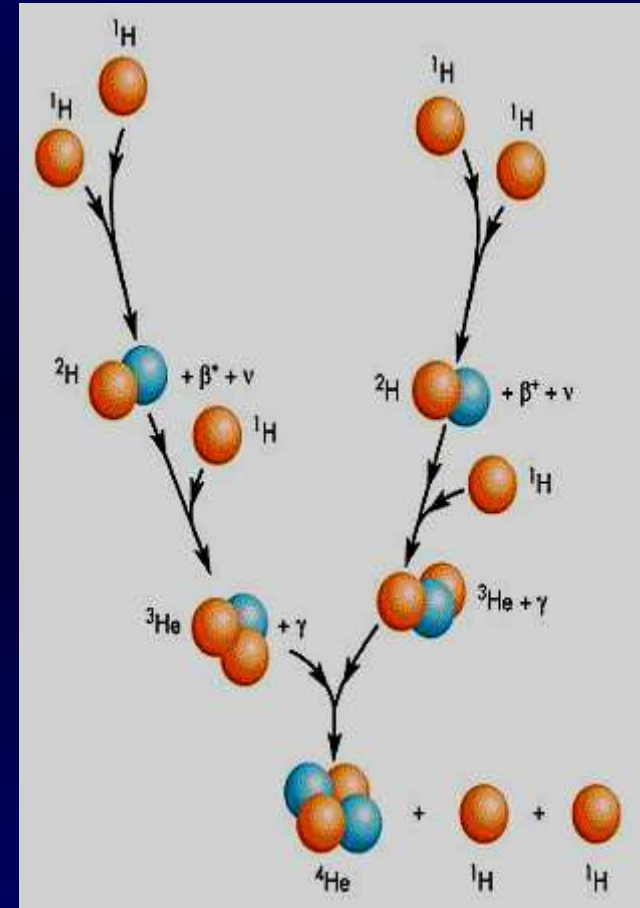
Ewolucja Słońca

- a) Kondensacja obłoku gazowego
- b) Zapalenie się wodoru
- c) Stabilne spalanie wodoru (10 mld lat)
- d) Wyczerpanie się paliwa
- e) Odrzucenie atmosfery
- f) Degeneracja i stygnięcie jądra



Źródło energii Słonecznej

- We wnętrzu Słońca wysoka temperatura i ciśnienie umożliwiają zachodzenie reakcji termojądrowych.
- W ich wyniku 4 jądra wodoru łączą się tworząc atom helu.
- Różnica mas przed i po reakcji zgodnie z wzorem $E=mc^2$ uwalniana jest jako wysoko energetyczne promieniowanie gamma
- Promieniowanie to jest wielokrotnie pochłaniane i reemitowane w czasie drogi ku powierzchni Słońca



Budowa wewnętrzna Słońca

- Jądro (reakcje termojądrowe)
- Strefa promienistego transportu energii
- Strefa konwektywna
- Fotosfera (powierzchnia widoczna okiem)
- Chromosfera (protuberancje)
- Korona Słoneczna (widoczna podczas zaćmień)



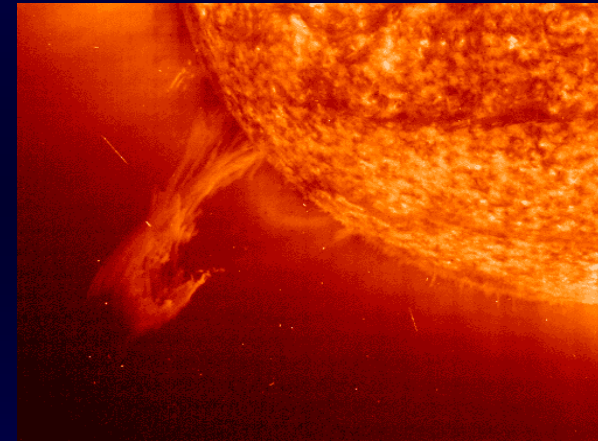
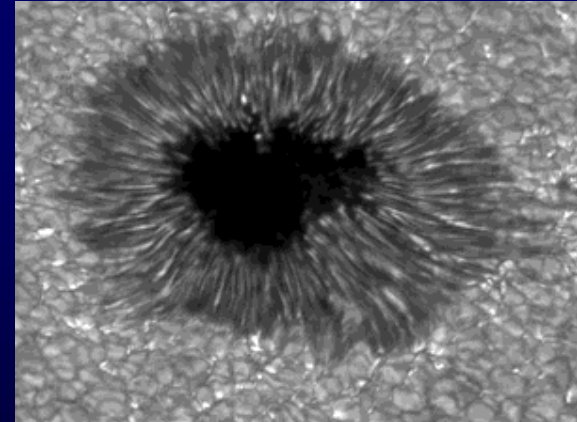
Aktywność Słoneczna

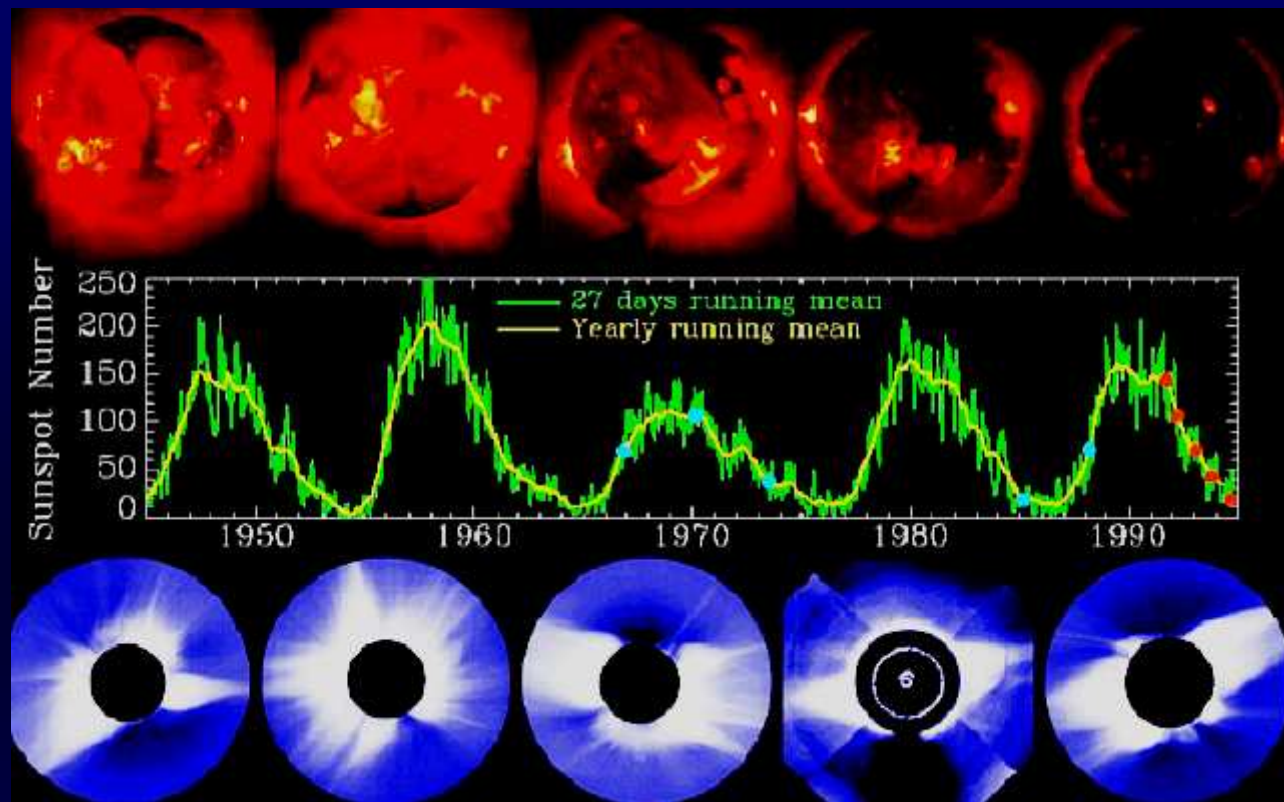
Zjawiska związane ze zmianami aktywności słonecznej spowodowane są zmianami pola magnetycznego Słońca w cyklach 11 lat.

Przejawy aktywności:

- plamy,
- protuberancje,
- rozbłyski, (prom. Korpuskularne i radiowe)
- zmiany w wyglądzie korony
- i inne

Wzmożona aktywność Słońca ma wpływ na pole magnetyczne Ziemi powodując zmiany w jonosferze (zakłócenia radiowe). Cząsteczki wyrzucone ze Słońca mogą wejść w atmosferę Ziemi w pobliżu biegunów magnetycznych i pobudzić ją do świecenia (zorze polarne)



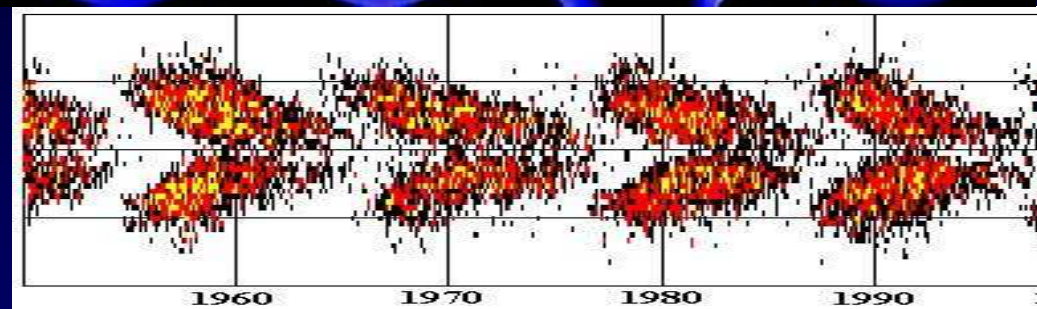


**Rejony
aktywne**

Liczba Wolfa

$W = 10g + p$
(g-grupy, p-plamy)

Korona



**Wykres
Motylkowy
pozycji plam**