

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

W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 4

2

Zmierzchy i świty

Zjawisko:

- Zachód, wschód

Wysokość Słońca :

$$h = 0^\circ$$

uwzględniając refrakcję i rozmiar tarczy
 $h = -51'$

- Zmierzch cywilny

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

- Zmierzch nautyczny (żeglarski)

$$-6^\circ > h \geq -12^\circ \quad \text{Nie można czytać bez światła}$$

- Zmierzch astronomiczny

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

- Noc astronomiczna

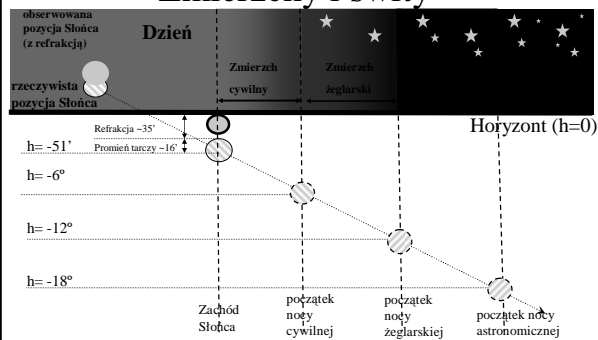
$$-18^\circ > h$$

Nie widać żadnej części oświetlonej atmosfery ziemskiej

W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 4

3

Zmierzchy i świty



W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 4

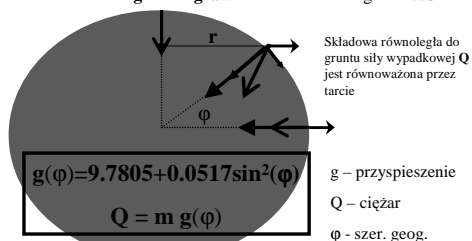
4

Siła odśrodkowa bezwładności

$$\vec{F}_{\text{odś}} = m\vec{v}^2/r$$

$$\vec{F}_g = m\vec{g}_{\text{graw}}$$

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



$$g(\varphi) = 9.7805 + 0.0517 \sin^2(\varphi)$$

$$Q = m g(\varphi)$$

Składowa równoległa do gruntu siły wypadkowej Q jest równoważona przez tarcie

g – przyspieszenie

Q – ciężar

φ – szer. geog.

W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 4

5

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 $\vec{\omega}$

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

W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 4

6

Iloczyn wektorowy

•Wartość siły (długość wektora)

wynosi: $F=|\vec{F}| = 2m v \omega \sin(\alpha)$

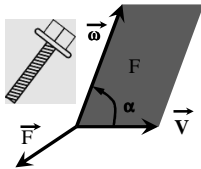
gdzie:

v - wartość prędkości

ω - wartość prędkości kątowej [radian / s]

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

•Zwrot określa reguła wektorów prawoskrętnych



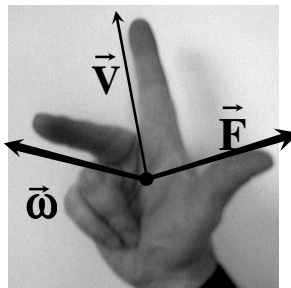
(tzw. reguła **prawej** śruby)

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

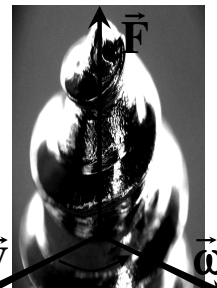
W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

7

Reguła 3 palców | Reguła śruby!!!



PRAWA RĘKA



PRAWA ŚRUBA

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

8

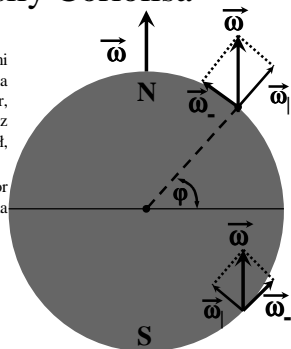
Składowe siły Coriolisa

- 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 $\vec{\omega}_p$ i na składową poziomą $\vec{\omega}_h$

$$\omega_p = \omega \cos(\varphi)$$

$$\omega_h = \omega \sin(\varphi)$$



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

9

Ruch w poziomie na półkuli północnej Oddziaływanie ze składową $\vec{\omega}_p$

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 $\vec{\omega}_p$ znika !

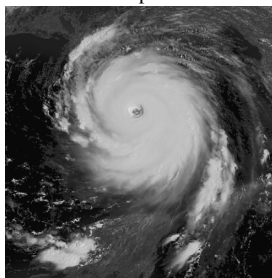
W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

10

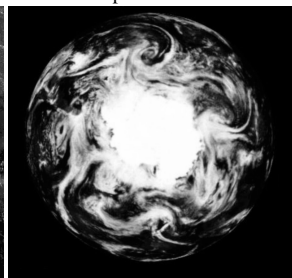
Na półkuli południowej jest odwrotnie!

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

Półkula północna.



Półkula południowa

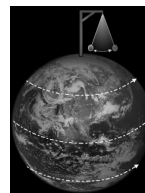


W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

11

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



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

12

Wahadło Foucaulta

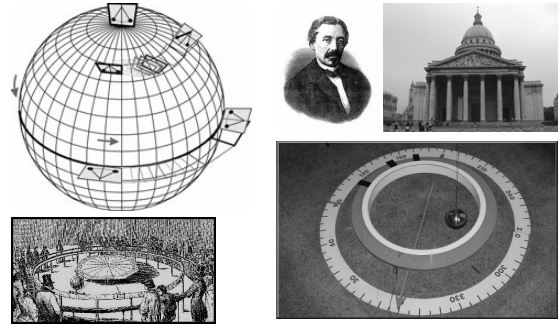
- Poza biegunem płaszczyzna wahań nie może być stała gdyż porusza się punkt zamocowania wahadła
- Zaobserwowano, że poza biegunem okres obrotu płaszczyzny wahań będzie zależał od szerokości geograficznej φ :

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

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

13

Jean Bernard Léon Foucault i jego wahadło



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

14

Ruch w poziomie na półkuli północnej Oddziaływanie ze składową $\vec{\omega}_\perp$

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

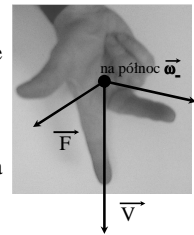
Ruch na wschód ciężar maleje, na zachód ciężar rośnie

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

15

Ruch w PIONIE na półkuli północnej

- Znika oddziaływanie z wektorem $\vec{\omega}_\parallel$ 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



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

16

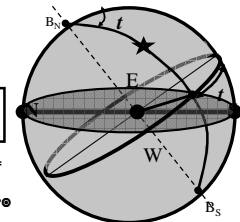
Czas i kalendarz

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 $T_{P\odot}$
 Słońce średnie +12^h - Czas miejscowy (średni słoneczny) $T_{S\odot}$



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

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

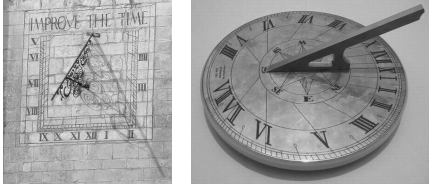
18

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



W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 4

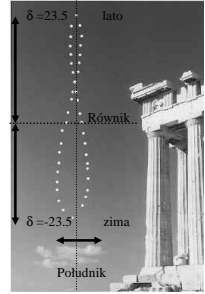
19

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 $\delta = 23.5^\circ$)

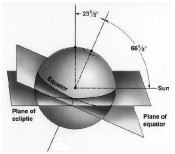
Czasem Słońce spóźnia się i nie zdąży wrócić na swoje miejsce na niebie a czasem spieszy i znajduje się już za południkiem niebieskim



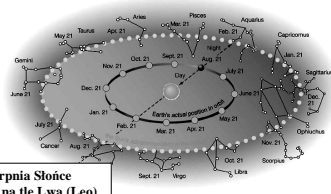
W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 4

20

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 $\delta = \arctg(\sin \alpha \operatorname{tg} \epsilon)$,

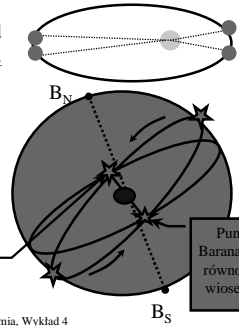
W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 4

21

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

W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 4

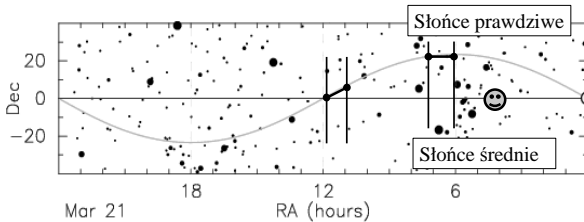
22

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



W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 4

23

Czas średni słoneczny $T_{S\odot}$ (lokalny!) inaczej Czas Miejscowy

- 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

W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 4

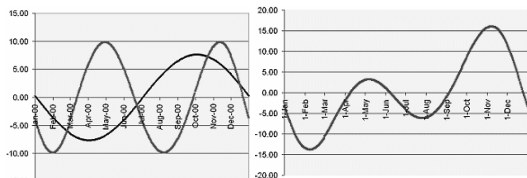
24

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



W. Ogłóza, Astronomia, Wykład 4

25

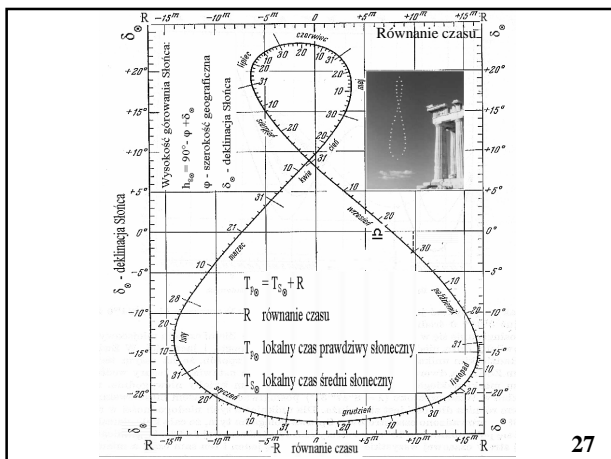
Równanie czasu



Zegar dla półkuli południowej

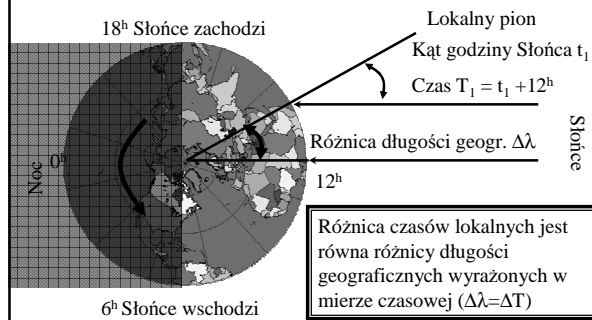
W. Ogłóza, Astronomia, Wykład 4

26



27

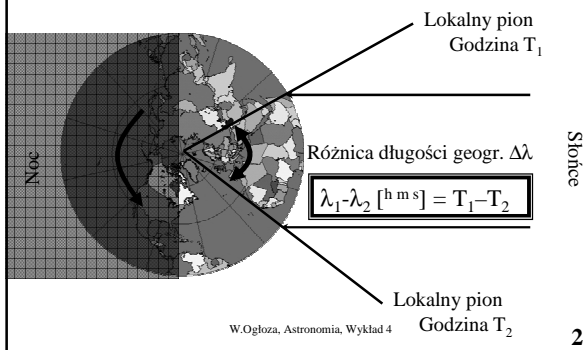
Czas lokalny a długość geograficzna



W. Ogłóza, Astronomia, Wykład 4

28

Czas lokalny a długość geograficzna



W. Ogłóza, Astronomia, Wykład 4

29

Czas strefowy

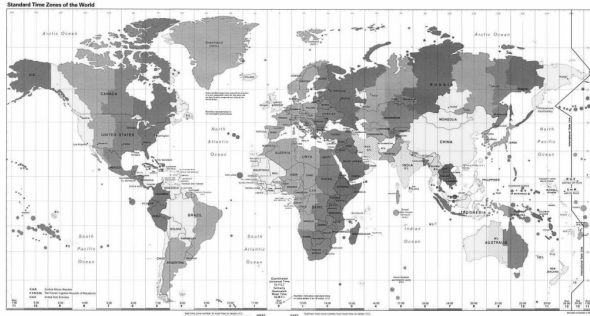
- Na powierzchni Ziemi ustanowiono **24 strefy** w których czas urzędowy **różni się o pełną godzinę**
- W danej strefie obowiązuje czas centralnego południka
- Strefa ma szerokość 15°
- Granice stref zmodyfikowano by w terenach zamieszkałych pokrywały się z granicami administracyjnymi
- Przykłady:

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

W. Ogłóza, Astronomia, Wykład 4

30

Czas strefowy



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

31

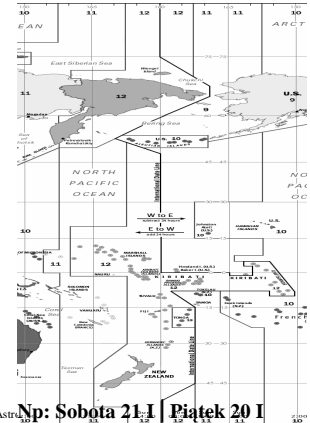
Czas strefowy

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

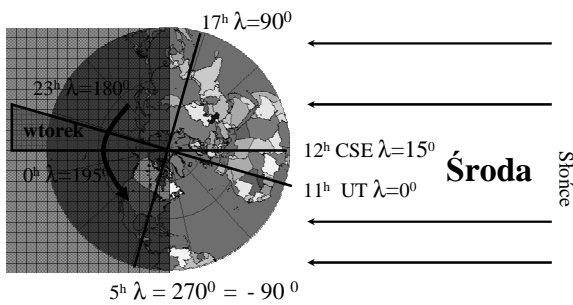
Ostatnia poprawka wprowadzona w 1995 roku przez rząd Kiribati Najwcześniejszy dzień zaczyna się na atolu *Caroline* 150°25' W



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

Np: Sobota 21 I Piątek 20 I

Czas i data w danej chwili na Ziemi



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

33

Przyczyny wahań długości doby

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 !!!

Trzeba było wprowadzić wzorec czasu niezależny od obrotu Ziemi

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

34

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 (¹³³Cs)
- 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

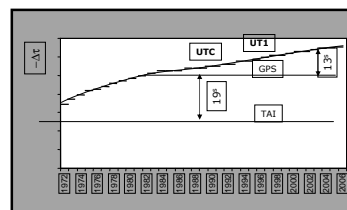
W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

35

Czas TAI oraz UTC



sekundy przestępne



różnica Δt pomiędzy UT1 i TAI narasta w sposób ciągły
różnica Δt pomiędzy UTC i TAI narasta w sposób skokowy
różnica Δt pomiędzy GPS i TAI jest praktycznie stała

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

36

- 30 czerwca 1972
- 31 grudnia 1972
- 31 grudnia 1975
- 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 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 bullę 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

W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 4

37

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 dziesiąty 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

W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 4

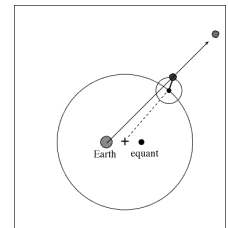
38

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)



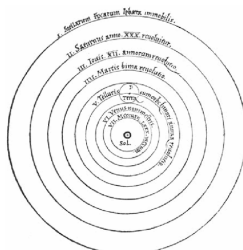
W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 4

40

Model Kopernika



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



Retrograde Motion in the Copernican System

W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 4

41

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!

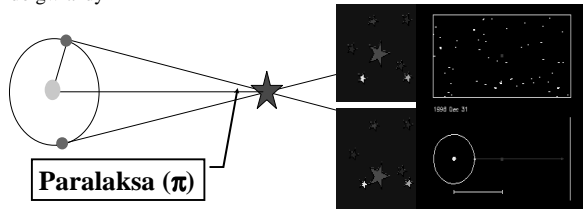


W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 4

42

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



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

43

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).

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

44

Wiatr rzeczywisty i pozorny Aberracja światła

Wiatr rzeczywisty

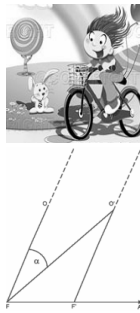
jest taki jak go czuje osoba nieruchoma.

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



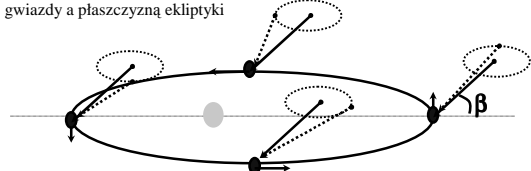
W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

45

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



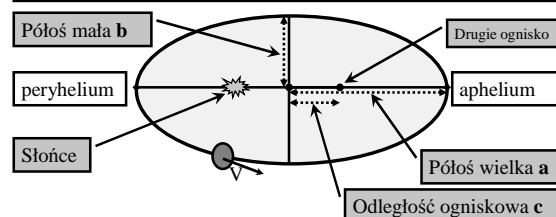
W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

46

I prawo Keplera



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



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

47

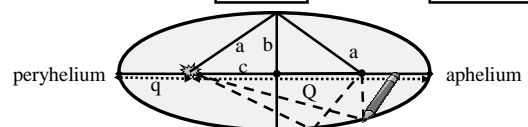
Własności geometryczne elipsy

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

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

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

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



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

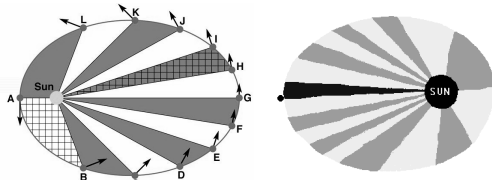
48

II prawo Keplera



Prędkość **polowa** 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)



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

49

III prawo Keplera

Kwadraty czasów obiegów (P_1 i P_2) 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)

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

50

Mechanika Newtona



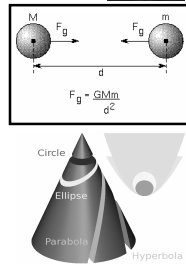
- Prawo powszechnego ciążenia

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

M, m - masy ciał

d - odległość pomiędzy nimi

- Ruch ciał po krzywych stożkowych



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

51

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

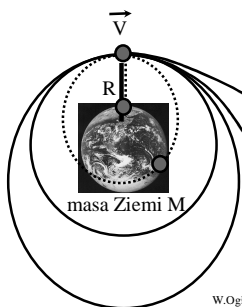
Ciało na orbicie o promieniu R w ciągu jednego obiegu T pokonuje drogę $S=2\pi R$. Ponieważ jednocześnie $S=VT$ to zmieniając promień orbity można ustalić pożądany okres obiegu.

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

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

52

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

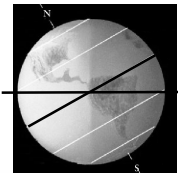
$$V_2 = (2GM/R)^{1/2}$$

II prędkość kosmiczna

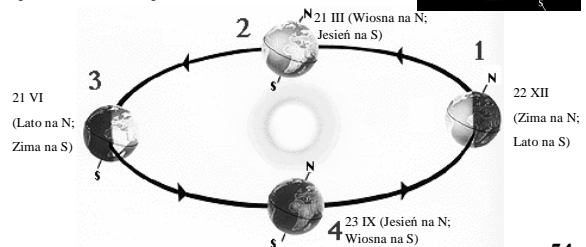
W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

53

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



54

Pory roku

- Do górnych warstw atmosfer Ziemi dociera energia równa około 1.3 kW na każdy m² **prostopadły do kierunku padania promieni słonecznych** (tzw. **Stała Słoneczna**). Przez atmosferę do samej powierzchni dociera już tylko około 100 W/m²
- W zależności od pokrywy śniegowej, stopnia vegetacji 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 $e=0.0167$)

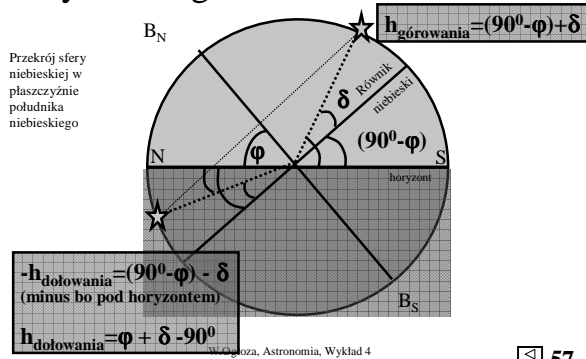
W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

55

Noce i dni polarne

Na półkuli północnej

Wysokość górowania i dołowania



57

Warunki występowania:

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

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

* Z uwzględnieniem refrakcji i rozmiarów tarczy Słońca

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

58

Strefy polarne

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

* 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** $\varphi = -66^\circ 34'$

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

59

Strefy zwrotnikowe

- Deklinacja Słońca δ zmienia się od $-23^\circ 26'$ do $23^\circ 26'$
- W strefie zwrotnikowej Słońce może świecić w Zenicie, zatem:
 $h_z = 90^\circ$
 $90^\circ - \varphi + \delta = 90^\circ$

czyli $\varphi = \delta$

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



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

60



Księżyc

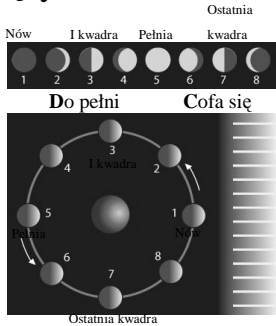
Promień: $1738 \text{ km} = 0.27 R_{\oplus}$ (promienia Ziemi)
 Masa: $7.347 \cdot 10^{22} \text{ kg} = 1/81,301 M_{\oplus}$ (masy Ziemi)
 Przyspieszenie grawitacyjne : 1.62 m/s^2 ($1/6 g_{\oplus}$)
 Temperatura: do -150 do 130 C
 Orbita: $e = 0.05$,
 $a = 384.4 \cdot 10^3 \text{ km}$,
 $i = 5.1^\circ$
 Prędkość orbitalna: 3681 km/h
 Jasność w pełni: -12 magnitudo
 Średnica kątowa $\sim 30'$

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4 **62**

Fazy Księżyca

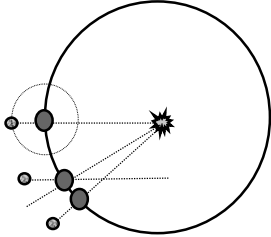
- Widać tylko część oświetloną przez Słońce
- Okres zmian faz to miesiąc synodyczny (około 29.53 dnia)
- Księżyc widać zawsze z tej samej strony bo okres obrotu Księżyca jest równy okresowi obiegu
- Czasem tuż po nowiu widać część Księżyca oświetloną przez Ziemię (światło popielate)



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4 **63**

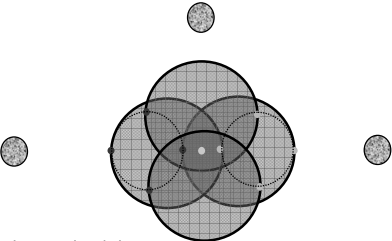
Miesiąc synodyczny i gwiazdowy

- Obieg Księżyca wokoło 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



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4 **64**

Ruch Ziemi wokół barycentrum



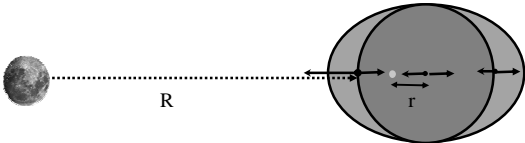
Każdy punkt na powierzchni Ziemi, w skutek jej ruchu wokół barycentrum, zatacza koło o promieniu r równym odległości barycentrum od środka Ziemi

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

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4 **65**

Zjawisko pływów

- Wielkość siły grawitacji F_g (GM_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 wybrzuszenie się skorupy Ziemi i podnoszenie poziomu wody w morzach i oceanach



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4 **66**

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 przypływu 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

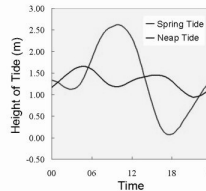


W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

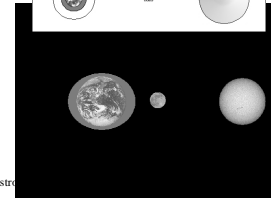
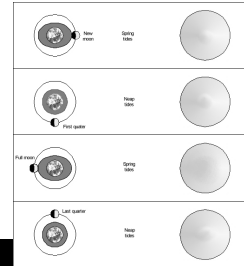
67

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

Pływy kwadraturowe (neap tides) charakteryzują się mniejszą amplitudą oraz oddzielnymi maksimumami dla pływy słonecznej i księżycowego

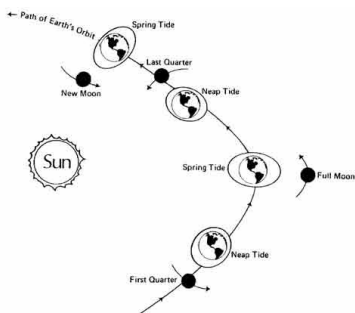


za. Astr



68

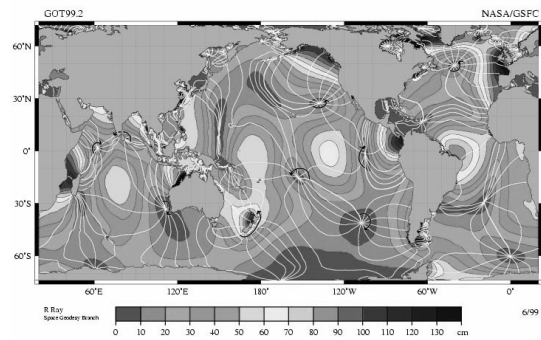
Cykl pływów



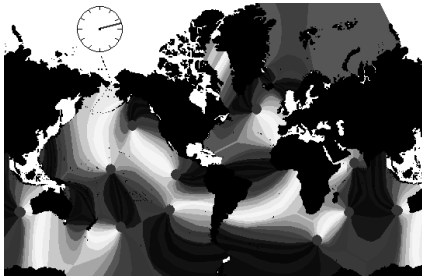
W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

69

Wielkość pływów oceanicznych zależy od ukształtowania dna i linii brzegowej



70

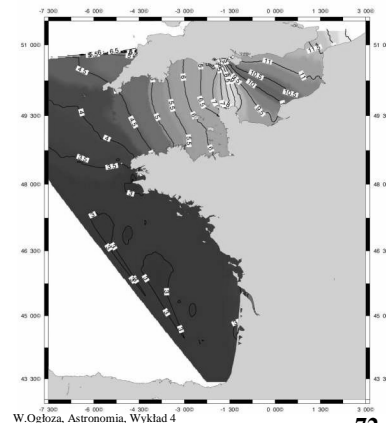


W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

71

Czas portowy

Z powodu ograniczonej prędkości przemieszczania się mas wody, maksymalny poziom wody jest opóźniony w stosunku do momentu górowania/dolowania 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.

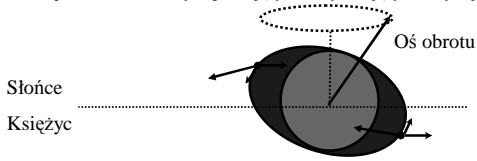


W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

72

Precesja i nutacja

- Grawitacyjne oddziaływania Słońca i Księżyca 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 Księżyca do ekliptyki (5°)
- Różne kierunki działania sił grawitacji F_g i odśrodkowych F_o powodują powstanie składowych prostujących F wywołujących oscylacje osi

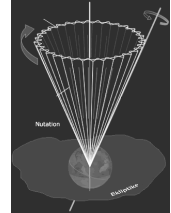


W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

73

Precesja i nutacja

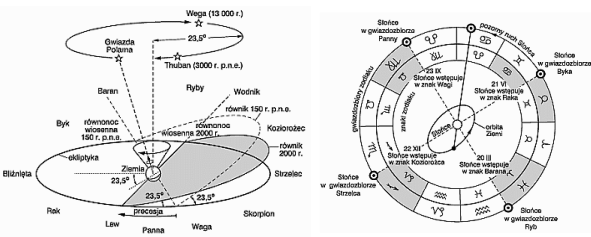
- Oś obrotu Ziemi w okresie 26000 lat (rok Platona) zakreśla pobocznice o kącie wierzchołkowym $2-23.5^\circ$
- Powoduje to dryfowanie biegunów niebieskich oraz punktów Barana i Wagi, a co za tym idzie zmianę współrzędnych astronomicznych
- Dlatego podając wartość rektascensji i deklinacji podaje się 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 $9'$



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

74

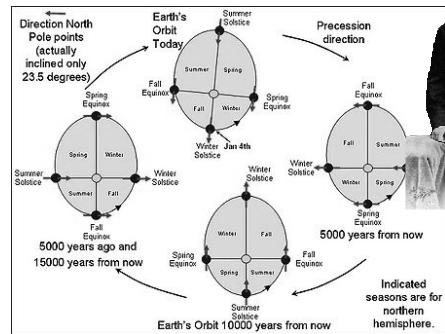
Precesja a znaki zodiaku



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

75

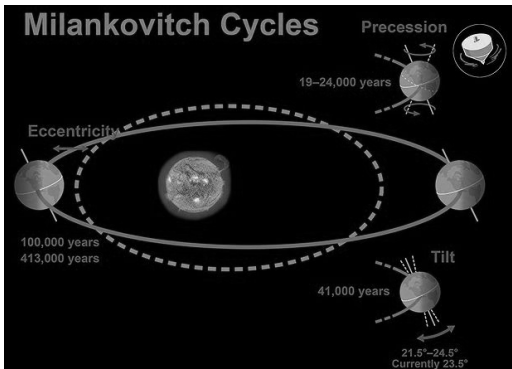
Cykle Milankowicza



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

76

Milankovitch Cycles

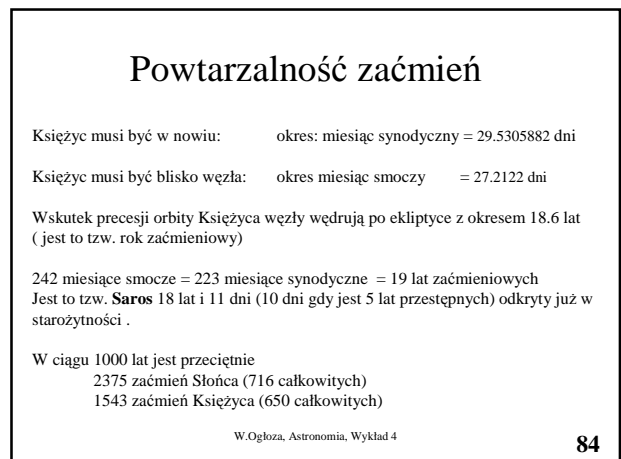
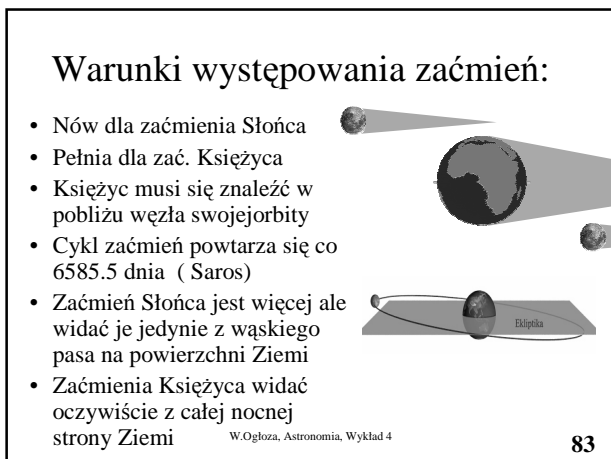
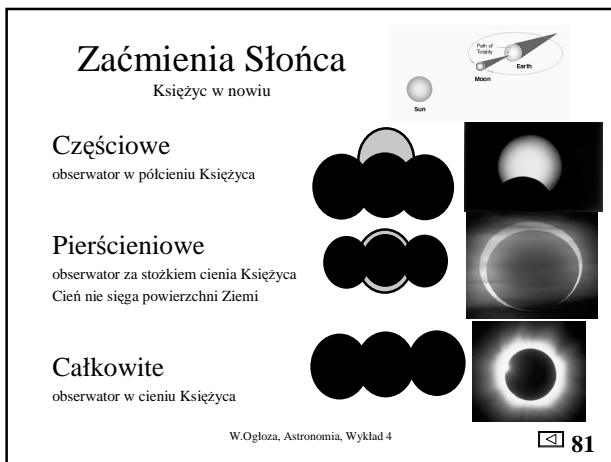
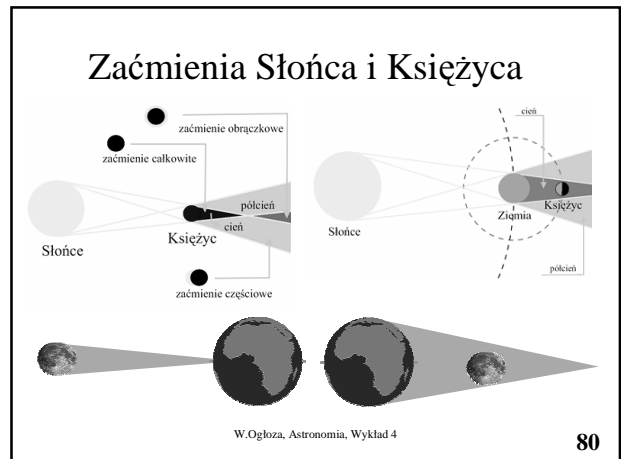
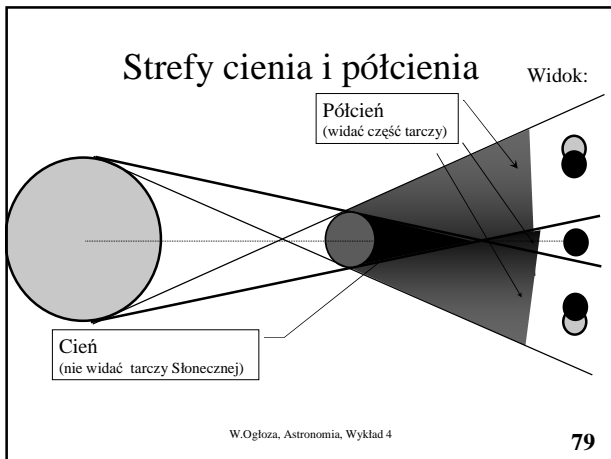


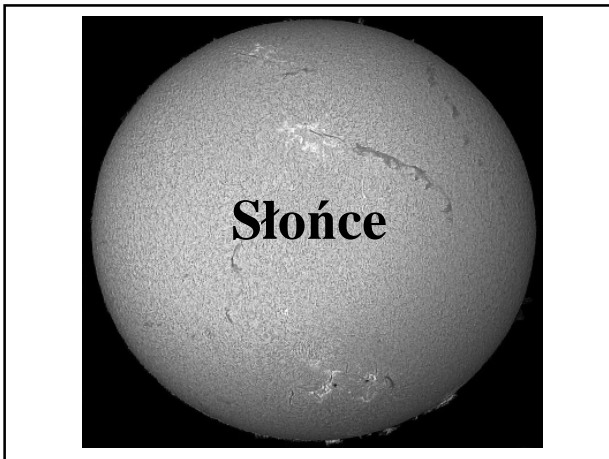
W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4

77

Zaćmienia Słońca i Księżyca

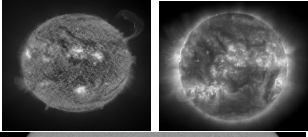
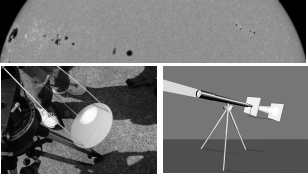






Słońce

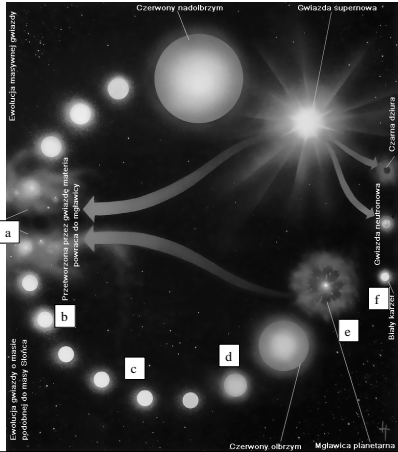
Masa: $1.989 \cdot 10^{30}$ kg
 Średnica: 1392000km
 Średnica kąтова: 32'
 Okres obrotu: 25.38 dnia
 $m_{\text{abs}} = -26$ mag.
 $M_{\text{abs}} = -4,96$ mag.
 Typ widmowy: G2
 Natężenie światła: $302 \cdot 10^{25}$ cd
 Moc promieniowania:
 $3.82 \cdot 10^{26}$ W
 Temperatura powierzchni:
 5810K
 Stała słoneczna poza atmosferą:
 $1360 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4 86

Ewolucja Słońca

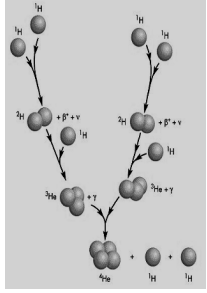
- Kondensacja obłoku gazowego
- Zapalenie się wodoru
- Stabilne spalanie wodoru (10 mld lat)
- Wyczerpanie się paliwa
- Odrzucenie atmosfery
- Degeneracja i stygnięcie jądra



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4 88

Źródło energii Słonecznej

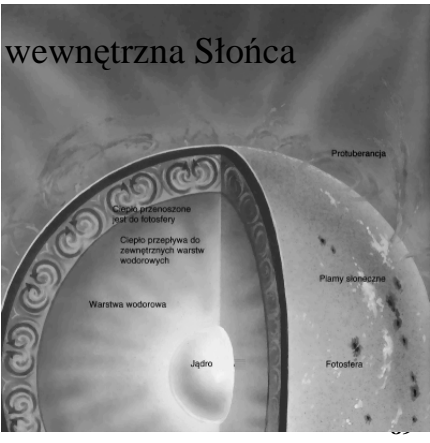
- We wnętrzu Słońca wysoka temperatura i ciśnienie umożliwiają zachodzenie reakcji termojądrowych.
- W ich wyniku 4 jądra wodoru łączą się tworząc atom helu.
- Różnica mas przed i po reakcji zgodnie z wzorem $E=mc^2$ uwalniana jest jako wysoko energetyczne promieniowanie gamma
- Promieniowanie to jest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



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4 88

Budowa wewnętrzna Słońca

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



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4 88

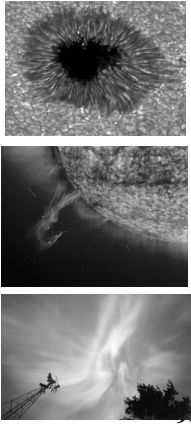
Aktywność Słoneczna

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

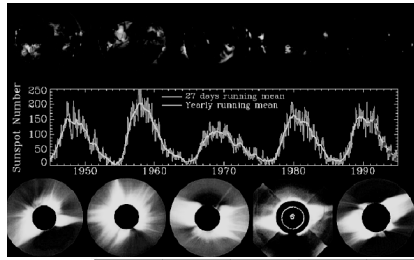
Przejawy aktywności:

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

Wzmogona 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 (zorce polarne)



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 4 88

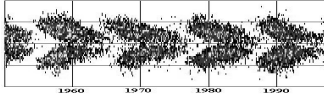


**Rejony
aktywne**

Liczba Wolfa

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

Korona



**Wykres
Motylkowy
pozycji plam**

W. Ogłóza, Astronomia, Wykład 4

91