

Astronomia

Wykład III



Wykład dla studentów geografii

Waldemar Ogłóza

www.as.up.krakow.pl

>> „dla studentów”



Ruch obrotowy Ziemi

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 3

3

Zmierzchy i świty

Zjawisko:

• Zachód, wschód

Wysokość Słońca :

$h = 0^\circ$

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

• Zmierzch cywilny

$0^\circ > h \geq -6^\circ$ Jest jasno

• Zmierzch nautyczny
(żeglarski)

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

Nie można czytać bez światła

• Zmierzch
astronomiczny

$-12^\circ > h \geq -18^\circ$ Widać jasne gwiazdy

• Noc astronomiczna

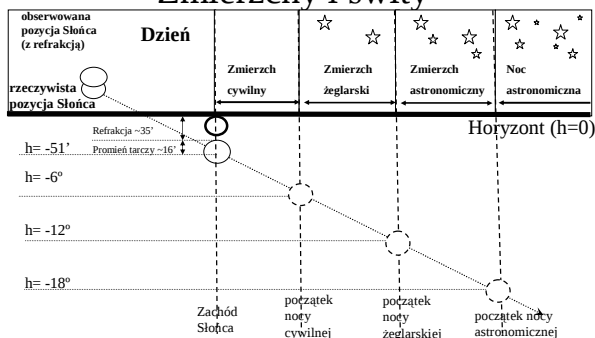
$-18^\circ > h$

Nie widać żadnej części oświetlonej
atmosfery ziemskiej

W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 3

4

Zmierzchy i świty

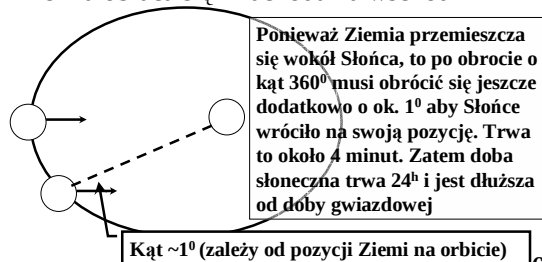


W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 3

5

Obrót Ziemi

- Okres obrotu Ziemi trwa 23h 56m 04.09s
- Ziemia obraca się z zachodu na wschód



6

Siła odśrodkowa bezwładności

$$\vec{F}_{\text{odś}} = m v^2 / r$$

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

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

Składowa równoległa do gruntu siły wypadkowej Q jest równoważona przez tarcie

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

$Q = m g(\varphi)$

g – przyspieszenie
 Q – ciężar
 φ – szer. geog.

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 3

7

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.Ogłoz, Astronomia, Wykład 3

8

Iloczyn wektorowy

- Wartość siły (długość wektora)

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

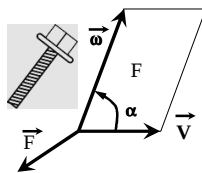
gdzie:

v - wartość prędkości

ω - wartość prędkości kątowej [radian/s]

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

- Zwrot określa reguła wektorów prawoskrętnych



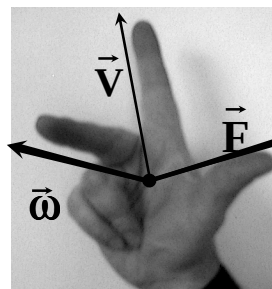
(tzw. reguła **prawej** śruby)

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

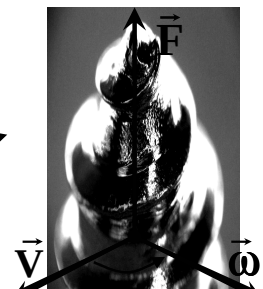
W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 3

9

Reguła 3 palców | Reguła śruby!!!



PRAWA RĘKA



PRAWA ŚRUBA

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 3

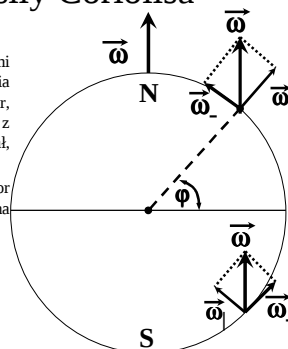
10

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)
- Wygódnie jest rozłożyć wektor $\vec{\omega}$ na składową pionową $\vec{\omega}_p$ i na składową poziomą $\vec{\omega}_h$

$$\vec{\omega}_p = \omega \sin(\varphi)$$

$$\vec{\omega}_h = \omega \cos(\varphi)$$

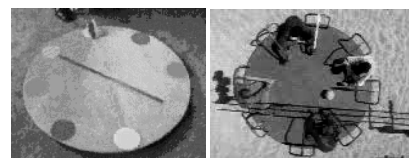


W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 3

11

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

- Składowa siły Coriolisa pomiędzy poziomym wektorem prędkości $\vec{v}$ i wektorem $\vec{\omega}_h$ powoduje zbaczanie wszystkich ciał w prawo od kierunku ich ruchu
- Zobacz: www.as.up.krakow.pl/edu/prezentacje.html >> coriolis.ppt



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 3

12

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

Efekty na półkuli północnej:

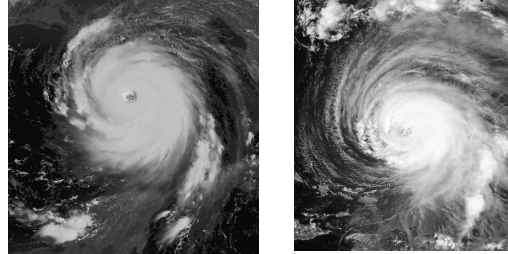
- Ruch mas powietrza
- Podmywanie prawych brzegów rzek (niezależnie od kierunku w jakim płyną)
- Szybsze ścieranie się prawych szyn kolejowych
- Odchylenie pocisków

- Na równiku $\vec{\omega}$ znika !

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 3

13

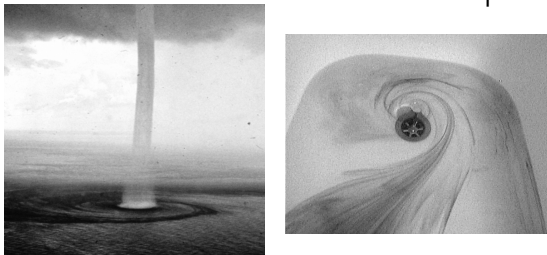
Ruch w poziomie na półkuli północnej Oddziaływanie ze składową $\vec{\omega}$



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 3

14

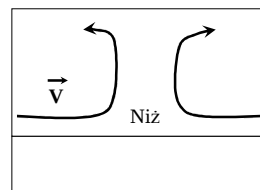
Ruch w poziomie na półkuli północnej Oddziaływanie ze składową $\vec{\omega}$



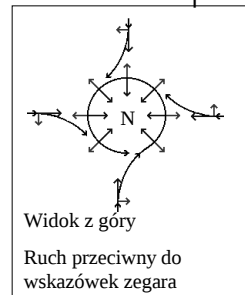
W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 3

15

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



Widok z boku



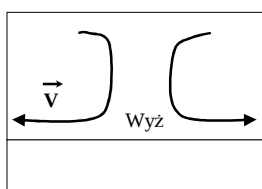
Widok z góry

Ruch przeciwny do wskazówek zegara

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 3

16

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



Widok z boku



Widok z góry

Ruch zgodnie ze wskazówkami zegara

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 3

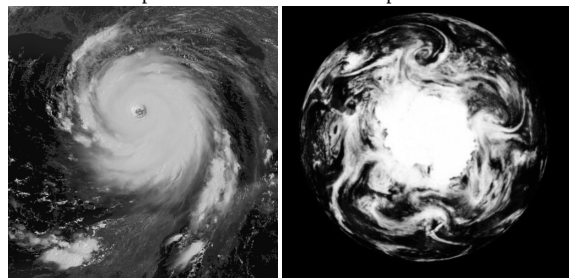
17

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

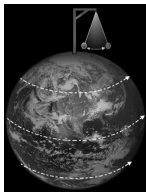


W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 3

18

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 3

19

Wahadło Foucaulta

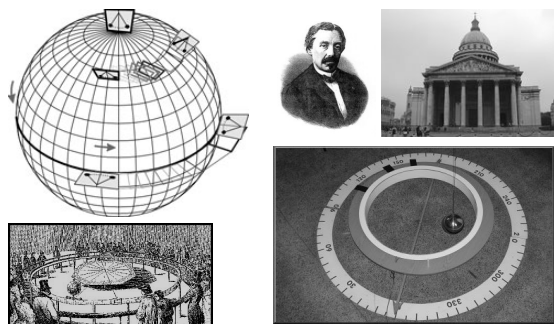
- Poza biegunem płaszczyzna wahań nie może być stała gdyż porusza się punkt zamocowania wahadła
- Zaobserwowano, że poza biegunem okres obrotu płaszczyzny wahań będzie zależał od szerokości geograficznej φ :

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

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 3

20

Jean Bernard Léon Foucault i jego wahadło



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 3

21

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

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

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

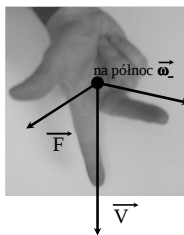
Ruch na wschód ciężar maleje, na zachód ciężar rośnie

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 3

22

Ruch w PIONIE na półkuli północnej

- Znika oddziaływanie z wektorem $\vec{\omega}_r$ bo $\sin(\alpha) = 0$ ($\alpha=0^\circ$ lub $\alpha=180^\circ$)
- Oddziaływanie z wektorem $\vec{\omega}_z$ (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 3

23

Czas i kalendarz

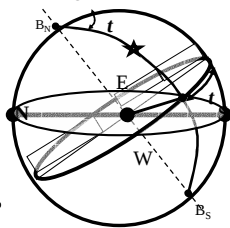
Czas a kąt godzinny

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.Ogłóza, Astronomia, Wykład 3

25

Czas gwiazdowy T^*

(lokalny to znaczy zależny od długości geograficznej!)

Doba gwiazdowa:

Okres po którym gwiazdy wracają na to samo miejsce na sferze niebieskiej

W tym czasie Ziemia obraca się o 360°

Czas gwiazdowy jest równy kątowi godzinnemu punktu Barana Υ
 (punkt równonocy wiosennej)

$$T^* = t_{p. B.} = t_{\Upsilon}$$



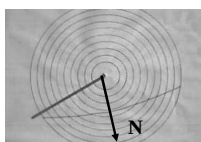
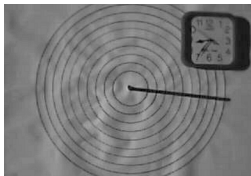
W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 3

26

Pomiary czasu z obserwacji Słońca

Gnomon - najstarszy zegar ma kilka wad:

- niejednorodny ruch cienia
- zmiana długości cienia



W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 3

27

Zegary słoneczne



Zegary słoneczne:

- „gnomon” równoległy do osi świata
- jednostajny ruch cienia
- odczyt w pobliżu płaszczyzny równika



W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 3

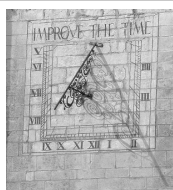
28

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 3

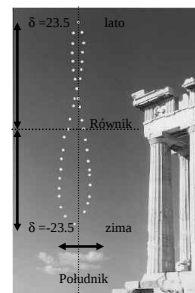
29

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 $\delta = 23.5^\circ$)

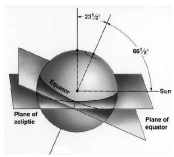
Czasem Słońce spóźnia się i nie zdąża wrócić na swoje miejsce na niebie a czasem spieszy i znajduje się już za południkiem niebieskim



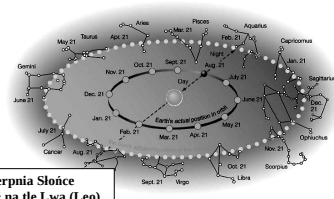
W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 3

30

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 $\delta = \arcsin(\sin \alpha \sin \epsilon)$,

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 3

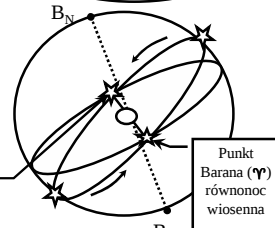
31

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 (ζ)
równonoc jesienna

Punkt Barana (γ)
równonoc wiosenna

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 3

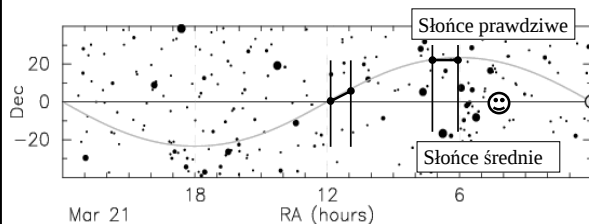
32

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.Ogłoz, Astronomia, Wykład 3

33

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 godzinemu 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.Ogłoz, Astronomia, Wykład 3

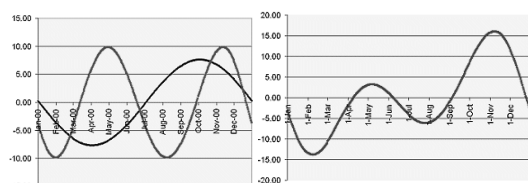
34

Równanie czasu (R)

Równanie czasu R to różnica pomiędzy czasami $T_{P\odot}$ i $T_{S\odot}$

$$T_{P\odot} = T_{S\odot} + R$$

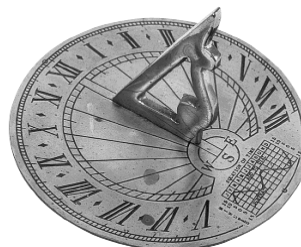
Wartość R zależy od pory roku i jest sumą obu odchyłek ruchu Słońca prawdziwego od jednostajności



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 3

35

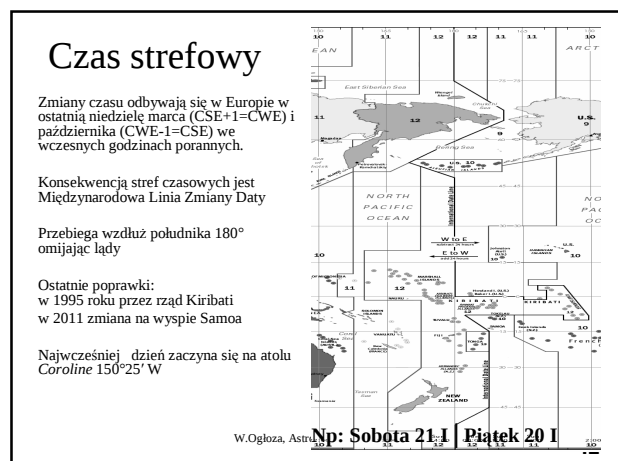
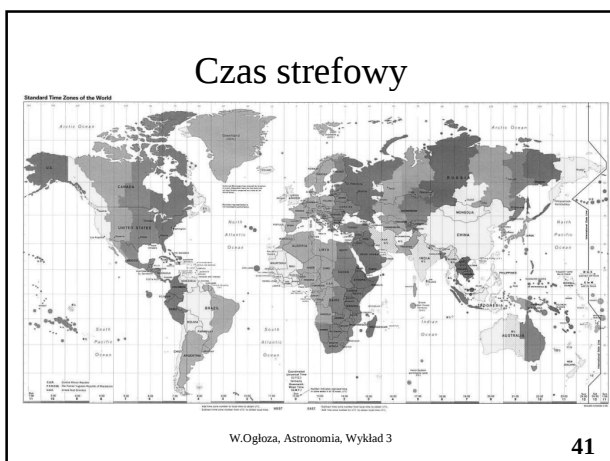
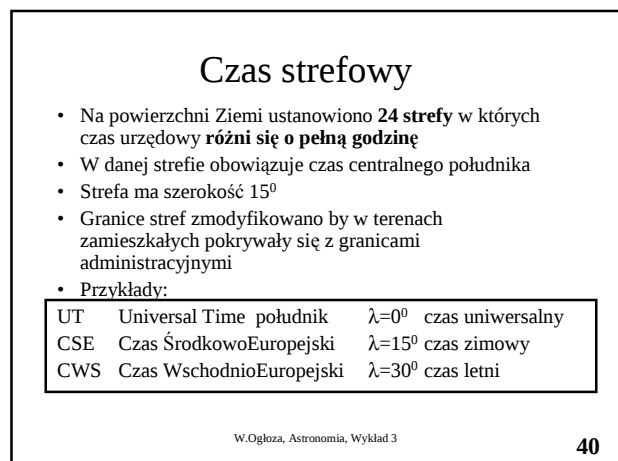
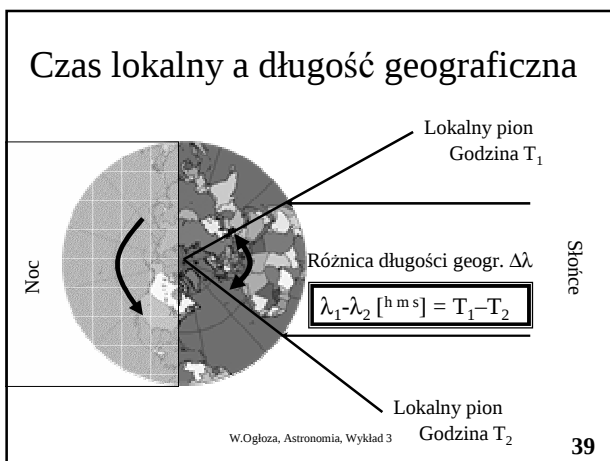
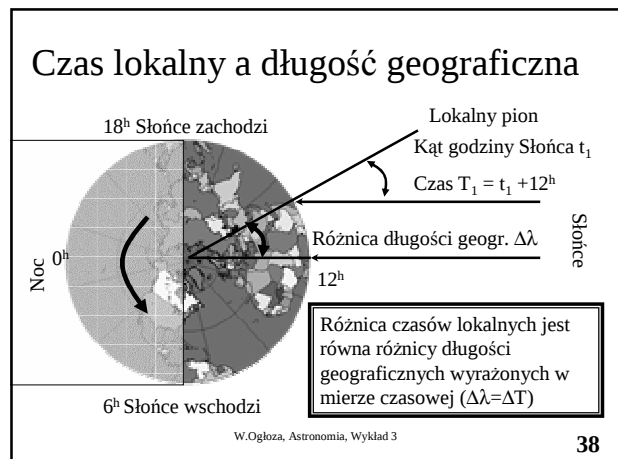
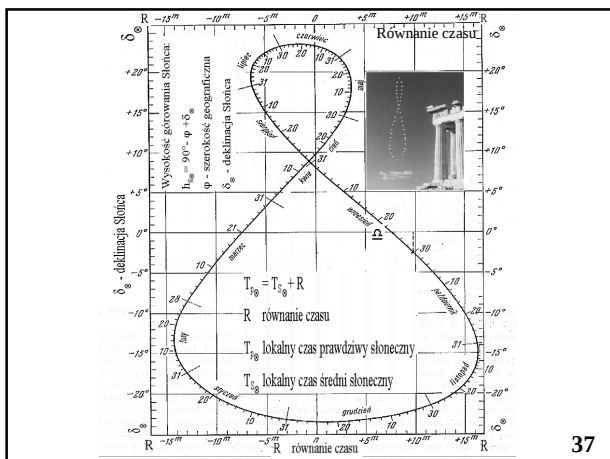
Równanie czasu



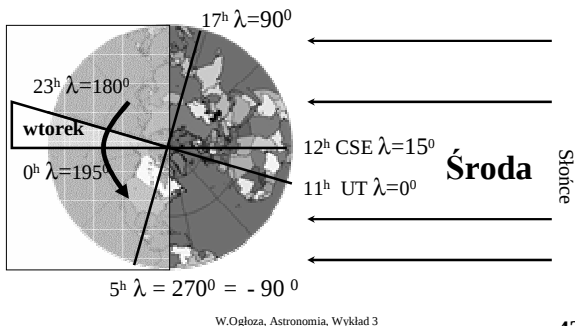
Zegar dla półkuli południowej

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 3

36



Czas i data w danej chwili na Ziemi



43

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 wzorec czasu niezależny od obrotu Ziemi

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 3

44

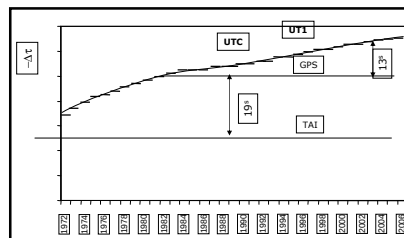
Atomowa definicja sekundy i czasu

- 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 czasu UT) ma wtedy 61 a nie 60 sekund

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 3

45

Czas TAI oraz UTC



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

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 3

46

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:

- Równonoc wiosenna powinna wypadać średnio 21 marca (z kalendarza usunięto dni pomiędzy 4 a 15 X 1582 roku)
- Lata których numer dzieli się przez 4 są przestępne (interkalacja 29 II)
- 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.Ogłoz, Astronomia, Wykład 3

47

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 z dzielenia, R-rok, M - miesiąc, D - dzień

Np.: 2 XII 2012 godz. 11⁰⁰ UT = JD 2456263.9583

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 3

48