

Astronomia

Wykład I

Wykład dla studentów geografii

Waldemar Ogłóza

www.as.up.krakow.pl

> dla studentów > informacje > zajęcia W.Ogłóza > a4g-w1.pdf



Literatura:

- J.M.Kreiner *Ziemia i Wszechświat astronomia nie tylko dla geografów* Wydawnictwo Naukowe UP 2009
- Rybka E. , *Astronomia ogólna,*
- Mietelski J., *Astronomia w geografii*
- Kreiner J.M. *Astronomia z astrofizyką*
- Wszolek B., *Wprowadzenie do astronomii* (Wyd. WSP w Częstochowie, 2002)
- Pańkow M., *Wstęp do ćwiczeń z astronomicznych podstaw geografii,* (wyd. III Wyd. UŚ, Katowice 2001)



W.Ogłóza, Astronomia, Wykład I

2

Astronomia jako nauka

W.Ogłóza, Astronomia, Wykład I

3

- Astronomia - czyli nauka o gwiazdach (od greckich słów: *astro* i *nomos*)
- Jedna z najstarszych dyscyplin naukowych kość Leombo (~35000 p.n.e)
- Namibia (4000 p.n.e) Stonehenge (3000 p.n.e.)



W.Ogłóza, Astronomia, Wykład I

4

KOSMOLOGIA

bada Wszechświat jako całość

ASTRONOMIA
bada tę część Wszechświata, która jest dostępna obserwacjom
~13 mld lat świetlnych

BADANIA KOSMICZNE praktycznie ograniczone do Układu Słonecznego
~ 8 godzin świetlnych

Źródło informacji:

fale elektromagnetyczne

- obserwacje pozycyjne (kierunek)
- obserwacje fotometryczne (natężenie)
- obserwacje spektroskopowe (widmo)
- obserwacje polarymetryczne (uporządkowanie)

W.Ogłóza, Astronomia, Wykład I

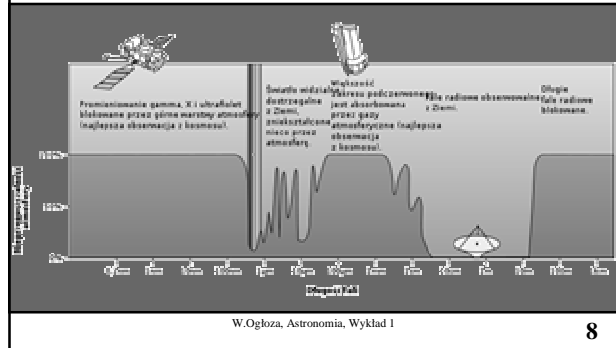
6

Fale elektromagnetyczne

Nazwa zakresu	Długość fali λ	Częstotliwość ν
promieniowanie γ	<0.01 nm	> $3 \cdot 10^{19}$ Hz
promieniowanie rentgenowskie	0.01-0.1 nm 0.1-10 nm	$3 \cdot 10^{19}$ - $3 \cdot 10^{18}$ Hz $3 \cdot 10^{18}$ - $3 \cdot 10^{16}$ Hz
promieniowanie ultrafioletowe	10-200 nm 200-380 nm	$3 \cdot 10^{15}$ - $1.5 \cdot 10^{15}$ Hz $1.5 \cdot 10^{15}$ - $8 \cdot 10^{14}$ Hz
promieniowanie widzialne	380-750 nm	$7.9 \cdot 10^{14}$ - $4 \cdot 10^{14}$ Hz
promieniowanie podczerwone	750nm-1 mm	$4 \cdot 10^{14}$ - 10^{12} Hz
mikrofałe	1mm-300 mm	1000 GHz-1 GHz
UKF	0.3-10 m	1 GHz-30 MHz
radiowe krótkie	10-100 m	30 MHz-3 MHz
radiowe średnie i długie	0.1-30 km	3 MHz-10 KHz
małej częstotliwości	>30 km	<10 KHz

7

Ekstynkcja atmosferyczna - okna spektralne dla fal widzialnych i radiowych



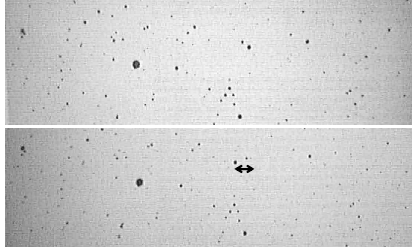
W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

8

Obserwacje pozycyjne.

Badanie kierunku rozchodzenia się światła.
Wyznaczanie dokładnych pozycji ciał niebieskich.

PRZYKŁAD: Gwiazda Barnarda



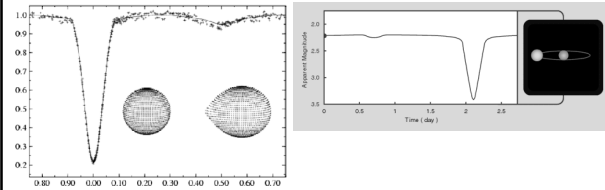
W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

9

Obserwacje fotometryczne.

Badanie natężenia światła.
Wyznaczanie jasności ciał niebieskich.

PRZYKŁAD:
Gwiazdy zmienne



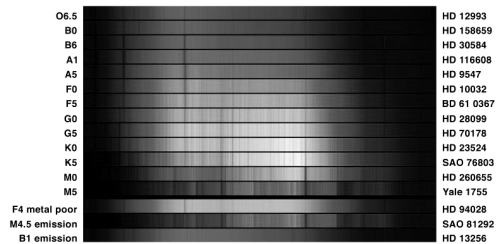
W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

10

Obserwacje spektroskopowe.

Badanie widm tj. natężenia światła w funkcji długości fali.
Wyznaczanie: składów chemicznych, temperatur, prędkości ...

PRZYKŁAD: Typy widmowe gwiazd



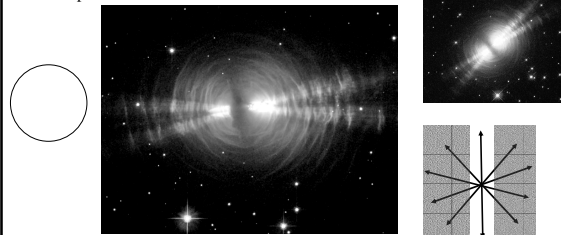
W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

11

Obserwacje polarymetryczne.

Badanie kierunku drgań fali elektromagnetycznej.

Sztuczne barwy informują o przestrzennej orientacji podłużnych ziarenek pyłu w polu magnetycznym w odległej mgławicy. Mgławica przepuściła tylko fale uporządkowane (spolaryzowane) w określony sposób.

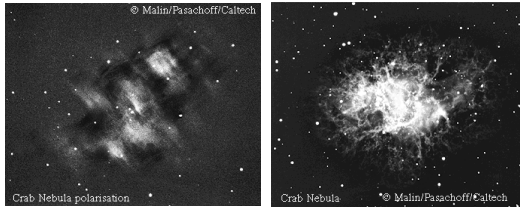


W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

12

Obserwacje polarymetryczne

Sztuczne barwy informują o przestrzennej orientacji ziarenek pyłu w odległej mgławicy



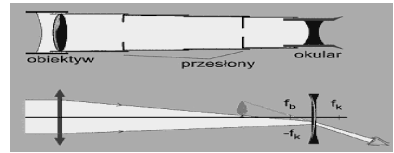
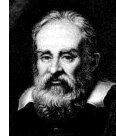
W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

13

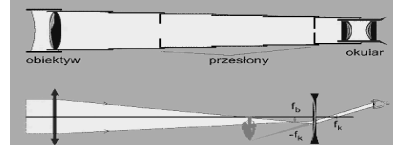
Instrumenty astronomiczne:

Lunety soczewkowe

Luneta Galileusza



Luneta Keplera



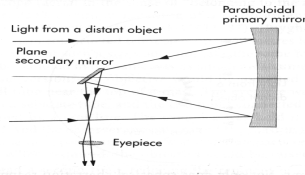
W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

14

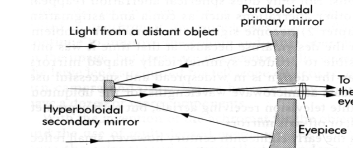
Instrumenty astronomiczne:

Teleskopy zwierciadłowe

Teleskop Newtona



Teleskop Cassegraina



W.C.

15

Najważniejsze parametry instrumentów astronomicznych

Powierzchnia

$$S = \pi r^2$$

Zdolność rozdzielcza

$$a \text{ [radiany]} = 2.44 \cdot \lambda / D$$

Powiększenie

$$D$$

Światłosiła

$$p = F_{\text{obiektywu}} / F_{\text{okularu}}$$

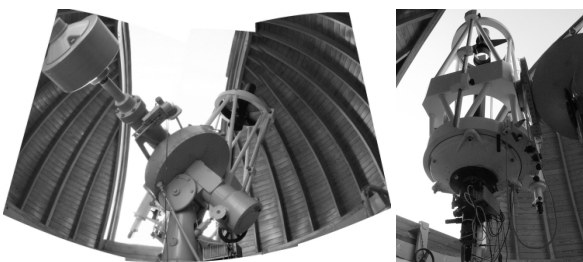
W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

$$S = D^2 / F_{\text{obiektywu}}$$

16

Teleskop AP na Suhorze (60 cm)

system Cassegraina, montaż niemiecki



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

17

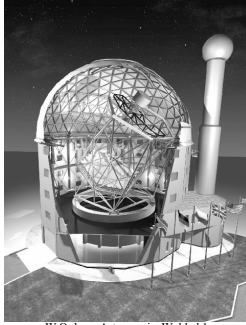
Największe teleskopy świata: Subaru, Keck I i II, VLT (~8 m)



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

18

Największe teleskopy świata: SALT (~11 m) (W 15% Polski!)

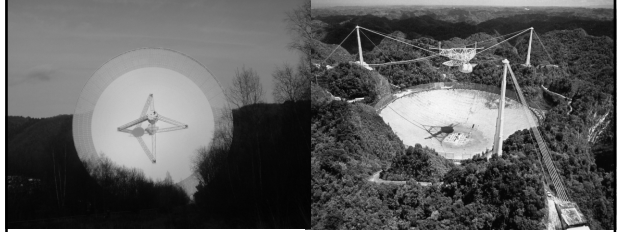


W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

19

Obserwatoria radiowe

(pracujące na falach o długości λ od 1mm do 100m)
Największe: Efelsberg 100m, Arrecibo 300m



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

20

VLA



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

21

Kryteria lokalizacji obserwatoriów astronomicznych

- pogoda
- duża wysokość
- brak zanieczyszczeń
(w tym zanieczyszczenia światłem!)
- stabilność atmosfery

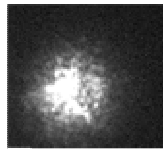


W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

22

Seeing

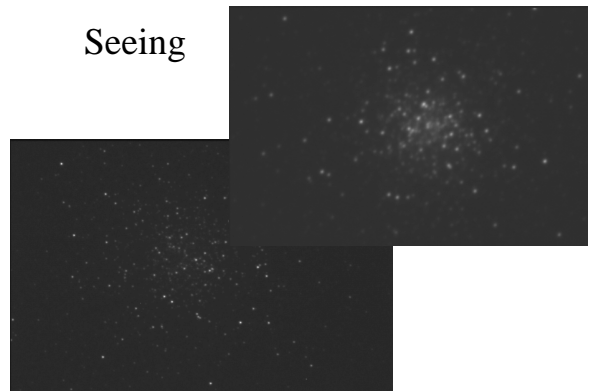
- składowa wysoka
- składowa niska
- najlepszy 0.25"
- w Polsce ~ 1-3"



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

23

Seeing

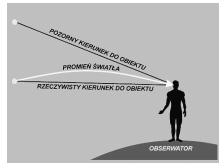


W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

24

Refrakcja atmosferyczna

zmiana wysokości
ciał nad horyzontem



zmiana kształtu
traczy Słońca i
Księżycy



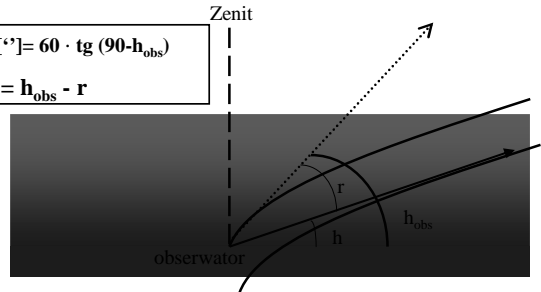
W.Ogłozła, Astronomia, Wykład 1

25

Refrakcja atmosferyczna

$$r ['] = 60 \cdot \text{tg} (90 - h_{\text{obs}})$$

$$h = h_{\text{obs}} - r$$



W.Ogłozła, Astronomia, Wykład 1

26

Refrakcja atmosferyczna

poprawka wysokości r

$$r ['] = 60 \cdot \text{tg} (90 - h_{\text{obs}})$$

$$h_{\text{prawdziwe}} = h_{\text{obserwowane}} - r$$

Współczynnik 60'' odpowiada ciśnieniu 760 mm Hg oraz temperaturze 0°C
Wzór obowiązuje przy $h > 20^\circ$

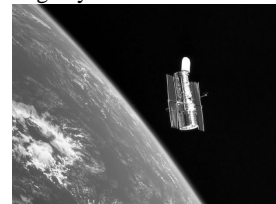
Przy horyzoncie ($h = 0^\circ$) wartość $r \approx 35'$

W.Ogłozła, Astronomia, Wykład 1

27

Obserwatoria pozaatmosferyczne

- Dostępne całe widmo fal elektromagnetycznych
- Lepsza zdolność rozdzielcza
- Brak dobowego cyklu widoczności danego obiektu

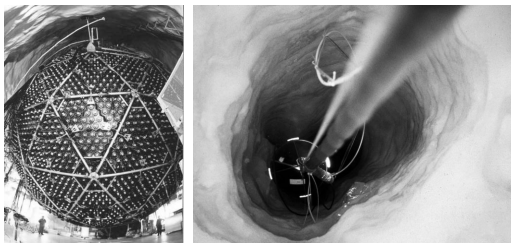


W.Ogłozła, Astronomia, Wykład 1

28

Inne źródła informacji:

- Cząstki elementarne (np. neutrina)



W.Ogłozła, Astronomia, Wykład 1

29

Inne źródła informacji:

- Meteoryty: np: Arizona

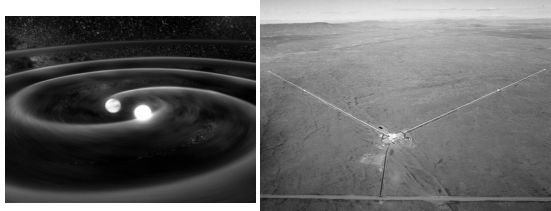


W.Ogłozła, Astronomia, Wykład 1

30

Inne źródła informacji:

Fale grawitacyjne (?) Eksperyment „Ligo”



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

31

Nauki pokrewne Astronomii

- Kosmologia
- Badania kosmiczne
- Astrofizyka
- Astrochemia
- Astrobiologia
- Planetologia
-

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

32

Specyfika Astronomii

- Obserwacje zamiast powtarzalnego eksperymentu laboratoryjnego
- Brak wpływu na przedmiot obserwacji
- Specyficzne metody badań
- Specyficzna terminologia
- Tradycyjne jednostki miar

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

33

Jednostki używane w Astronomii

Jednostka astronomiczna

$$1 \text{ AU} = 149.6 \text{ mln km}$$

jej długość odpowiada średniej odległości Ziemi od Słońca

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

34

Jednostki używane w Astronomii

Rok świetlny to odległość jaką światło pokonuje w ciągu roku

$$\text{Rok świetlny [l.y.]} = c \cdot t = 9.460530 \cdot 10^{15} \text{ m}$$

c – prędkość światła w próżni $c = 299792458 \text{ m/s}$
t – długość roku podana w sekundach $t_{1900} = 31556925.97474 \text{ [sekund]}$
(w przybliżeniu wynosi: 365.2422-24-60-60 s)

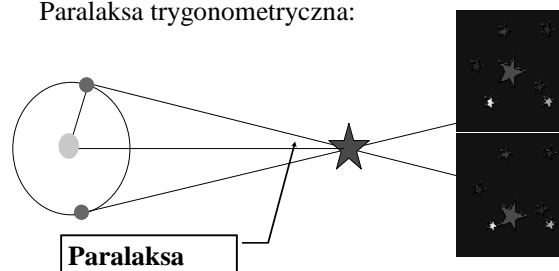
Stosuje się też jednostki pokrewne: świetlne minuty, świetlne sekundy

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

35

Jednostki używane w Astronomii

Paralaksa trygonometryczna:



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

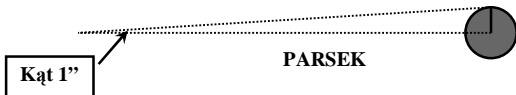
36

Jednostki używane w Astronomii

$$1 \text{ parsek} = 3.085678 \cdot 10^{16} \text{ m}$$

Parsek ~ PARalaksa SEKundowa

Jest to odległość z jakiej promień orbity ziemskiej widać pod kątem jednej sekundy łuku



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

37

Jednostki używane w Astronomii Czasowa miara kątów

Kąt pełny 2π radianów mierzy 360 stopni [°] podzielonych na 60 minut łuku ['] podzielonych z kolei na 60 sekund łuku ["].

W tzw. mierze czasowej kątów, kąt pełny liczy 24 godziny [h] podzielone na 60 minut [m], które dzieli się na 60 sekund [s]

$360^\circ = 24^h$	/:24	$15^\circ = 1^m$	/:15
$15^\circ = 1^h$		$15' = 60^s$	/:15
$15^\circ = 60^m$	/:15	$1' = 4^s$	/:4
$1^\circ = 4^m$	/:4	$60'' = 4^s$	/:4
$60' = 4^m$	/:4	$15'' = 1^s$	/:15

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

38

Skala jasności gwiazd

Ptolomeusz dla opisanja jasności gwiazd wprowadził pojęcie „wielkość gwiazdowa”, (*magnitudo*), które nie ma nic wspólnego z rzeczywistymi rozmiarami gwiazd

Podzielił on gwiazdy widoczne gołym okiem na sześć klas od pierwszej do szóstej wielkości gwiazdowej.

Wielkości gwiazdowe opisują obserwowane i absolutne jasności gwiazd

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

39

Skala jasności gwiazd

Współcześnie nadal stosuje się tę skalę, rozszerzając jej zakres na wszystkie obiekty dostępne obserwacjom teleskopowym.

Przykłady:

Słońce	-26 mag	Syriusz	-1
Księżyc	-12	Wega	≡ 0
Wenus	-4	Zasięg oka do	~ 6
Inne planety	-1	Teleskopy do	~ 30

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

40

Skala jasności gwiazd

Związek wielkości gwiazdowej z jednostkami fizycznymi układu SI.

$$m = -2.5 \log I - 13.98$$

gdzie I jest to ilość energii padającej na 1 m^2 w ciągu sekundy

$$\log_a b = c \text{ gdy } a^c = b$$

$$\log a = \log_{10} a \quad \ln a = \log_e a \quad \text{gdzie } e = 2.718281828$$

$$\log(a/b) = \log a - \log b \quad \log(ab) = \log a + \log b \quad \log a^x = x \log a$$

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

41

Skala jasności gwiazd

Wzór fotometryczny Pogsona:

$$m_1 - m_2 = 2.5 \log (I_2 / I_1)$$

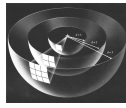
$m_{1,2}$ – wielkości gwiazdowe (*magnitudo*)

$I_{1,2}$ – energia danego obiektu padająca w jednostce czasu na jednostkę powierzchni detektora

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

42

Spadek natężenia światła z kwadratem odległości



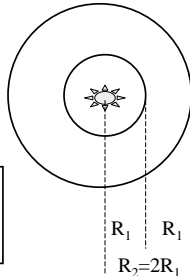
Taki sam strumień energii przechodzi przez sferę o promieniu R_1 jak i przez sferę o promieniu $R_2=2R_1$. Powierzchnia drugiej sfery jest 4 razy większa:

$$S_1=4\pi R_1^2$$

$$S_2=4\pi R_2^2=4\pi(2R_1)^2=4\pi 4R_1^2=4S_1$$

Zatem:

Natężenie oświetlenia (strumień energii na każdy m^2) maleje z kwadratem odległości



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

43

Skala jasności gwiazd

Wielkości gwiazdowe niestety nie odzwierciedlają prawdziwych jasności gwiazd

Gwiazdy o takiej samej mocy promieniowania ($I_1=I_2$) mogą różnić się obserwowaną wielkością gwiazdową jeśli znajdują się w różnych odległościach

Na przykład strumień energii od obiektu będącego 2 razy dalej będzie 2^2 razy słabszy a jego obserwowana wielkość gwiazdowa będzie się różnić o $2.5 \log(4 \cdot \frac{I_2}{I_1}) \approx 1.5$ magnitudo

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

44

Jasność obserwowana i absolutna

Aby bezpośrednio porównać moce promieniowania różnych gwiazd wprowadzono tak zwane absolutne wielkości gwiazdowe (M)

Jest to wielkość gwiazdowa jaką byśmy zaobserwowali gdyby dana gwiazda znalazła się w odległości 10 pc od Ziemi

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

45

Jasność obserwowana i absolutna

Związek obserwowanych i absolutnych wielkości gwiazdowych (m i M) z odległością obiektu od Ziemi

$$M = m + 5 - 5 \log D$$

gdzie D to rzeczywista odległość gwiazdy wyrażona w parsekach

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

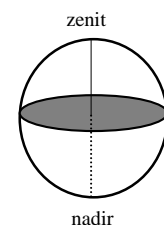
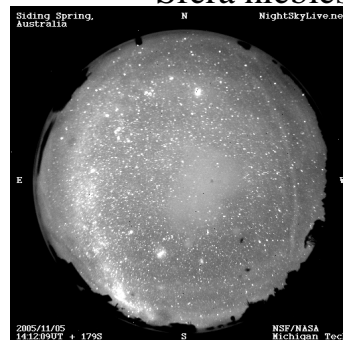
46

Astronomia Sferyczna

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

47

Sfera niebieska



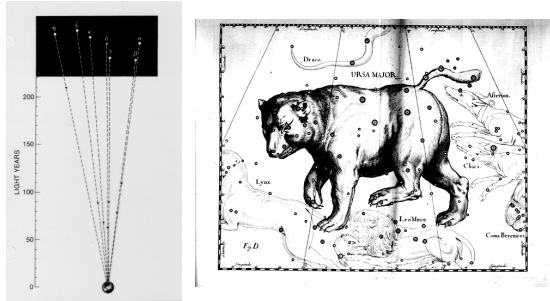
Sila gravitacji określa kierunek pionu, przecinającego sferę niebieską w zenicie i nadirze

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

48

Sfera niebieska

złudzenie jednakowej odległości gwiazd



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

49

Sfera niebieska- ruch dobowy wschód



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

50

Sfera niebieska- ruch dobowy górowanie



Południk niebieski

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

51

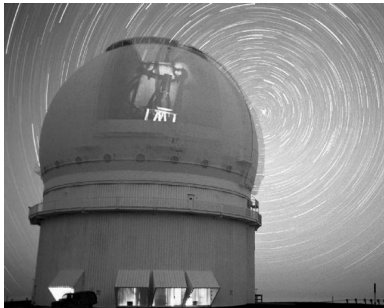
Sfera niebieska- ruch dobowy zachód



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

52

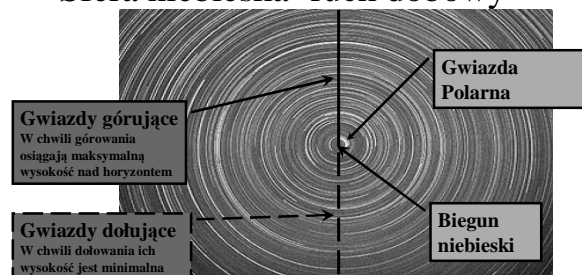
Sfera niebieska- ruch dobowy



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

53

Sfera niebieska- ruch dobowy



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

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

54

Położenie Bieguna Niebieskiego

zależy od szerokości geograficznej



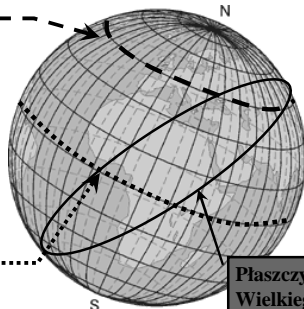
55

Układy współrzędnych sferycznych

Koła Wielkie i Koła Małe

Równoleżniki to koła małe

Równik-Koło Wielkie



Płaszczyzna Koła Wielkiego zawiera środek sfery

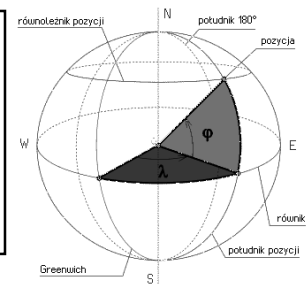
W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

57

Współrzędne sferyczne (np. geograficzne na powierzchni Ziemi)

Szerokość geograficzna φ : kąt pomiędzy kierunkiem pionu w danym miejscu a płaszczyzną równika ziemskiego

Długość geograficzna λ : kąt dwuścienny pomiędzy płaszczyzną południka zerowego a płaszczyzną południka przechodzącego przez dane miejsce.



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

58

Elementy układów współrzędnych Współrzędne geograficzne

- Oś układu
- Płaszczyzna podstawowa
- Pierwsza współrzędna
- druga współrzędna
- Półkole początkowe
- jednostki; zakres; zwrot
- Oś obrotu Ziemi
- Równik (prostopadły do osi obrotu)
- Szerokość geograficzna φ
- Długość geograficzna λ
- Południk zerowy
- $^{\circ}$; od -90 (S) do +90 (N)
- $^{\circ}$; od -180 (W) do +180 (E)

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

59

Sfera niebieska

Pion - wyznaczony przez kierunek siły grawitacji

Horizont - Koło Wielkie prostopadłe do pionu

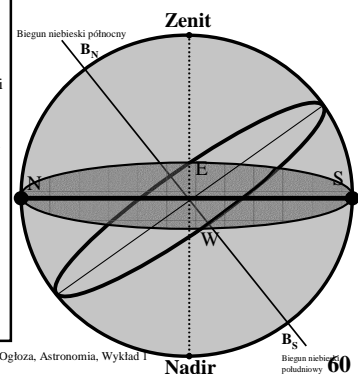
Zenit i Nadir - punkty przecięcia pionu ze sferą niebieską

Oś Świata - prosta równoległa do osi obrotu Ziemi przechodząca przez obserwatora

Bieguny Niebieskie - przecięcie Osi Świata ze sferą

Równik Niebieski - Koło Wielkie prostopadłe do Osi Świata, równoległe do równika ziemskiego przecina horyzont w punktach E, W

Południk Niebieski - Koło Wielkie przechodzące przez bieguny, zenit i nadir. Jego przecięcie z horyzontem wyznacza punkty N i S



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

60

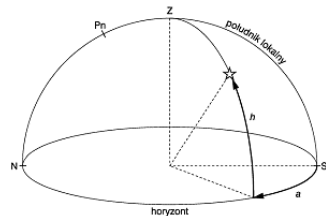
Współrzędne horyzontalne

Wysokość h :

kąt pomiędzy kierunkiem do danego obiektu na sferze niebieskiej a płaszczyzną horyzontu

Azymut a :

kąt dwuścienny pomiędzy półpłaszczyzną południka niebieskiego a półpłaszczyzną zawierającą pion i przechodzącą przez dane miejsce na sferze niebieskiej.



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

61

Elementy układów współrzędnych Współrzędne horyzontalne

- Oś układu
- Płaszczyzna podstawowa
- Pierwsza współrzędna
- jednostki; zakres; zwrot
- Druga współrzędna
- Półkole początkowe
- jednostki; zakres; zwrot
- Pion
- Horyzont matematyczny (prostopadły do pionu)
- Wysokość h
- Azymut a lub Az
- Kierunek S
- $^{\circ}$; od -90 do $+90$
- $^{\circ}$; $0 - 360$; $S \rightarrow W \rightarrow N \rightarrow E$

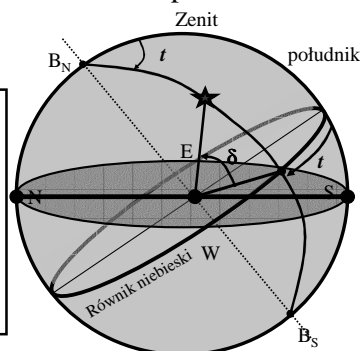
W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

62

Współrzędne równikowe-południkowe

Kąt godzinny t : kąt pomiędzy płaszczyzną południka niebieskiego a płaszczyzną wyznaczoną przez Oś Świata i obiekt na niebie

Deklinacja δ : kąt pomiędzy kierunkiem do obiektu a płaszczyzną równika niebieskiego



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

63

Elementy układów współrzędnych Współrzędne równikowe-południkowe

- Oś układu
- Płaszczyzna podstawowa
- Pierwsza współrzędna
- Druga współrzędna
- Półkole początkowe
- jednostki; zakres; zwrot
- Oś świata
- Równik niebieski
- deklinacja δ
- kąt godzinny t
- od południka
- $h m s$; $0 - 24$; na zachód
- $^{\circ}$; od -90 (S) do $+90$ (N)
- $^{\circ}$; $0 - 24$; na zachód

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

64

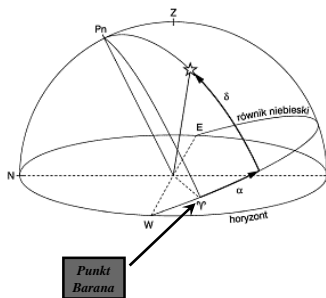
Współrzędne równikowe-równonocne

Deklinacja δ :

kąt pomiędzy kierunkiem do danego obiektu na sferze niebieskiej a płaszczyzną równika niebieskiego

Rektascensja α :

kąt dwuścienny pomiędzy półpłaszczyzną wyznaczoną przez Oś Świata i punkt równonocy wiosennej (Punkt Barana) a półpłaszczyzną zawierającą Oś Świata i przechodzącą przez dane miejsce na sferze niebieskiej.



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

65

Elementy układów współrzędnych Współrzędne równikowe-równonocne

- Oś układu
- Płaszczyzna podstawowa
- Pierwsza współrzędna
- Druga współrzędna
- Półkole początkowe
- jednostki; zakres; zwrot
- Oś świata
- Równik niebieski
- deklinacja δ
- rektascensja α
- od punktu równonocy wiosennej*
- $h m s$; $0 - 24$; na wschód
- $^{\circ}$; od -90 (S) do $+90$ (N)
- $^{\circ}$; $0 - 24$; na wschód

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 1

66

Czas gwiazdowy T^*

- Obie współrzędne gwiazd w układzie horyzontalnym cały czas się zmieniają z niejednorodną prędkością
- Obie współrzędne gwiazd w układzie równikowym-równonocnym są stałe
- W układzie równikowym-południkowym deklinacja jest stała a kąt godzinny rośnie jednostajnie w czasie
- Wzajemną orientację obu układów równikowych określa tzw czas gwiazdowy

Czas gwiazdowy T^* jest równy rektascensji obiektów górujących lub kątowi godzinnemu punktu Barana¹

¹ Punkt Barana, pozycja Słońca w czasie równonocy wiosennej, przecięcie ekliptyki z równikiem niebieskim

Współrzędne równikowe-południkowe

Kąt godzinny punktu Barana t_{γ}
Czas gwiazdowy T^*

$$t_{\gamma} = T^*$$

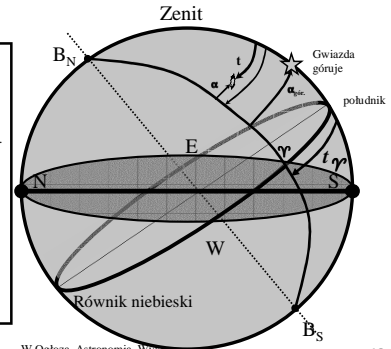
t_{γ} rośnie jednostajnie wraz z upływem czasu gwiazdowego T^* . (dlatego wygodnie jest używać miary czasowej kątów!)

Rektascensja gwiazd górujących α_{gr} jest równa T^*

$$\alpha_{gr} = T^*$$

Dla innych obiektów:

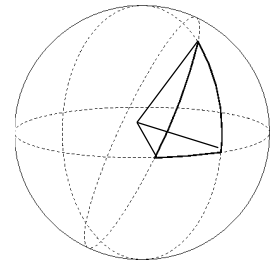
$$t = T^* - \alpha$$



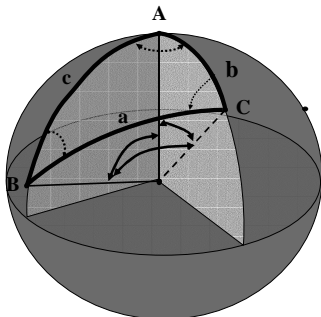
Trójkąty sferyczne i paralaktyczne

Trójkąt sferyczny

- Trójkąt leżący na powierzchni kuli
- Boki są fragmentami kół wielkich
- Boki opisujemy jako kąty z wierzchołkami w środku sfery



Trójkąt sferyczny



Kąty wierzchołkowe oznaczamy A,B,C a ich przeciwległe boki a,b,c

Boki trójkąta sferycznego są również kątami! (wierzchołek w środku sfery)

Suma $A+B+C$ jest większa od 180 stopni i mniejsza od 540 stopni!

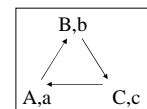
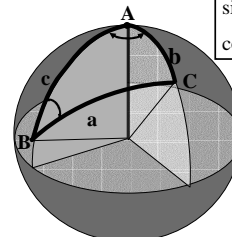
Podobnie jak w trójkątach płaskich aby rozwiązać trójkąt potrzeba znać trzy elementy oraz odpowiednie wzory:

Trójkąt sferyczny

$$\sin a / \sin A = \sin b / \sin B = \sin c / \sin C$$

$$\sin a \cos B = \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A$$

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$



Reguła zmiany oznaczeń