

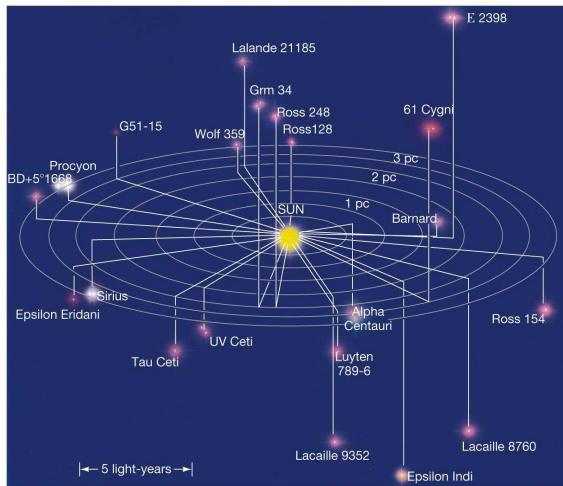
POMIARY GWIAZD

ab

14 maja 2019

- Sąsiedzi Słońca
- Ruchy własne gwiazd
- Jasność i magnitudo
- Temperatura
- Rozmiary
- Diagram Hertzsprunga-Russella
- Masa

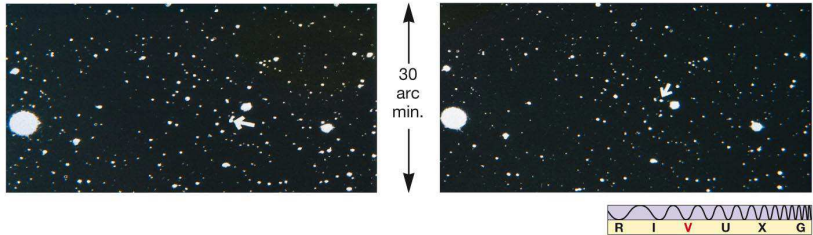
SĄSIEDZI



RUCHY WŁASNE GWIAZD

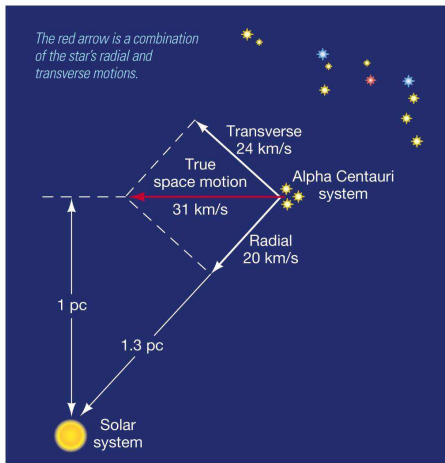
Gwiazda Barnarda.

Zdjęcia wykonano w przedziale czasu 22 lat.



(patrz: https://en.wikipedia.org/wiki/Barnard%27s_Star)

Ruch własny układu α -Centauri.



JASNOŚĆ – MAGNITUDO

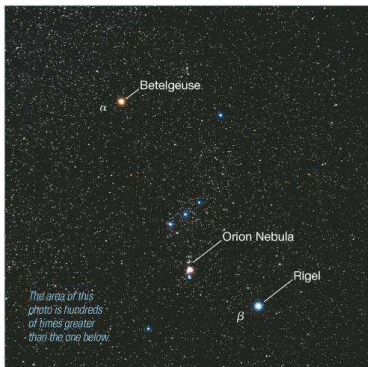
Jasność lub wielkość absolutna jest miara całkowitej mocy promieniowanej przez gwiazdę.

Jasność widoma (pozorna) jest jasnością widzianą z Ziemi; zależy od jasności absolutnej oraz od odległości gwiazdy.

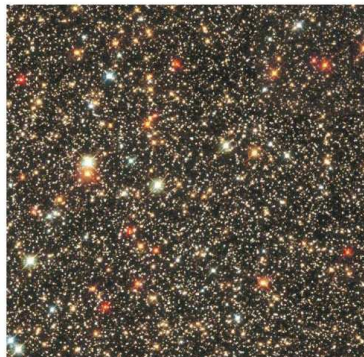
$$\text{jasność widoma (strumień energii)} \approx \frac{\text{jasność}}{\text{odległość}^2}$$

TEMPERATURA GWIAZD

TEMPERATURA



(a)



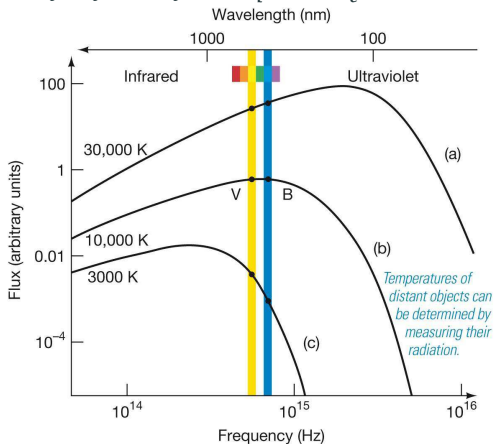
(b)



Kolor gwiazdy jest wskaźnikiem jej temperatury.
Gwiazdy czerwone są względnie chłodniejsze niż gwiazdy niebieskie.

WIDMO PROMIENIOWANIA PLANCKA

Promieniowanie gwiazdy jest promieniowaniem ciała doskonale czarnego. Ponieważ krzywa rozkładu promieniowania nie jest symetryczna, więc wystarczy pomiar jasności przy dwóch długościach fal by wyznaczyć temperaturę źródła.



WIDMA PROMIENIOWANIA GWIAZD

Bardziej dokładnych informacji o temperaturze dostarcza *dyskretne* widmo gwiazdy.

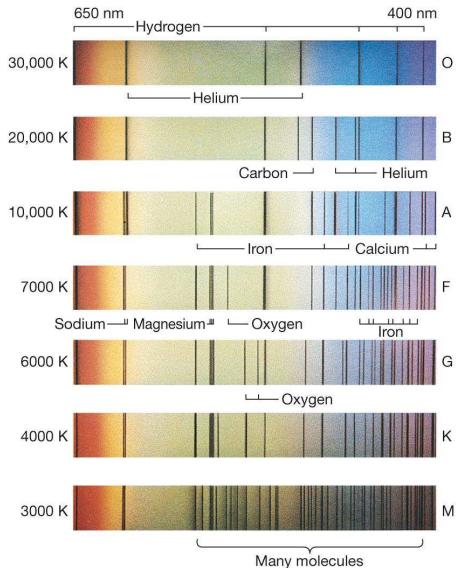
Mamy w ogólności siedem klas widm gwiazdowych, odpowiadających różnym temperaturom.

Kategorie widmowe (od temperatury najwyższej do najniższej):



WIDMA PROMIENIOWANIA GWIAZD

Widma promieniowania gwiazd, odpowiadające im temperatury i klasy widmowe.



CHARAKTERYSTYKA KLAS WIDMOWYCH

Klasa	Temp.(K)	Dominujące linie widmowe	Przykład
O	45000	He ⁺ , He, H, O ²⁺ , N ²⁺ , C ²⁺ , Si ³⁺	Regor(?)
B	30000	He, H, C ⁺ , O ⁺ , N ⁺ , Fe ²⁺ , Mg ²⁺	Rigel(B8)
A	12000	H, metale zjonizowane;	Wega(A0),Syriusz(A1)
F	8000	H, Ca ⁺ , Ti ⁺ , Fe ⁺	Canopus(F0)
G	6500	Ca ⁺ , Ti, Mg, H słabe	Słońce (G2),Centauri(G2)
K	5000	Ca ⁺ , H, pasma molekularne	Arktur (K2), Aldebaran(K5)
M	3500	Ti, Ca, pasma molekularne	Betelgeuze(M2),Barnard(M5)

ZAMIANA M-L

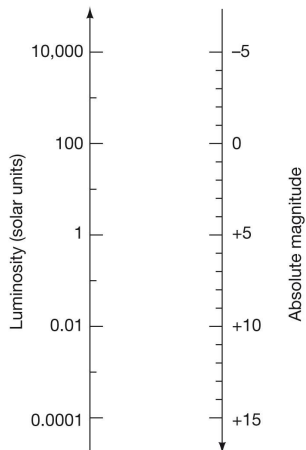
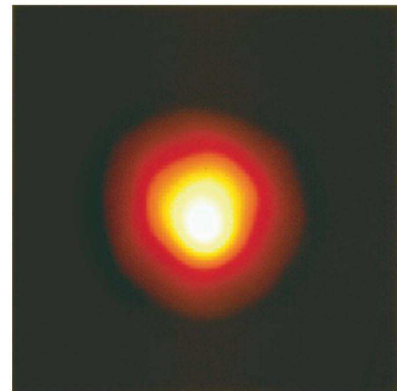


Diagram pozwala zamieniać wielkość gwiazdową magnitudo na jasność (L) i odwrotnie. Zmiana jasności o 100 jednostek słonecznych odpowiada 5 jednostkom wielkości gwiazdowej magnitudo.

ROZMIARY GWIAZD

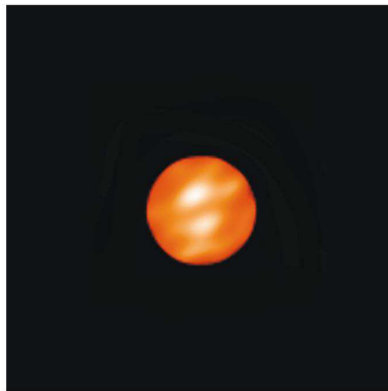
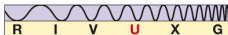
ROZMIARY GWIAZD

Kilka bardzo dużych, bliskich gwiazd można obserwować i zmierzyć ich promień bezpośrednio (speckle interferometry); np. Betelgeuze.

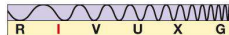


(a)

→ | ←
Size of Jupiter's orbit



(b)



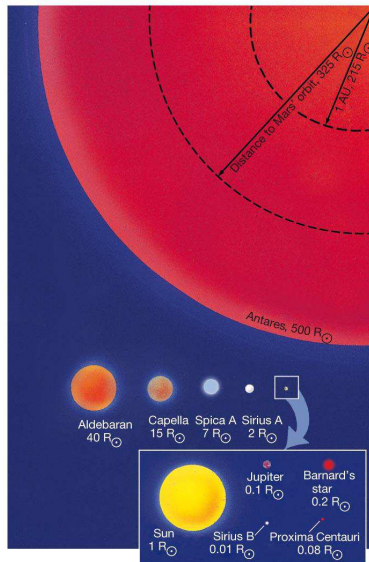
W przypadku większości gwiazd nie można zmierzyć ich średnic. Można je jednak oszacować, znając jasność i temperaturę.

$$\text{jasność} \sim \text{promień}^2 \times \text{temperatura}^4$$

- Gwiazdy olbrzymy mają promienie $10 < R_{\odot} < 100$
- Promienie karłów są porównywalne lub mniejsze niż $R_{\odot}$
- Nadolbrzymy mają promienie większe niż $100R_{\odot}$

ROZMIARY GWIAZD

Promienie gwiazd są bardzo różne.



Wychodząc z prawa Stefana-Boltzmann'a (moc promieniowania ciała doskonale czarnego w funkcji temperatury) można zapisać jasność gwiazdy jako

$$L = 4\pi\sigma R^2 T^4$$

Mierząc jasność, promień i temperaturę w jednostkach słonecznych mamy

$$L = R^2 T^4$$

DIAGRAM H-R

DIAGRAM H-R

Diagram
Hertzsprunga-Russela
podaje jasność w funkcji
temperatury
powierzchniowej
gwiazdy.

Pewne *ważne* gwiazdy
na diagramie H-R

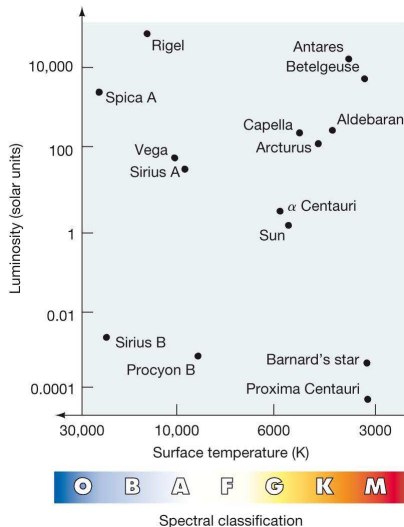


DIAGRAM H-R

80 najbliższych gwiazd.
Linie przerywane są
liniami stałego
promienia (skala LOG).

Ciemniejszy pas jest tzw
ciągiem głównym.

Oznaczono obszar
białych karłów –
gwiazdy gorące lecz o
małej jasności (małe).

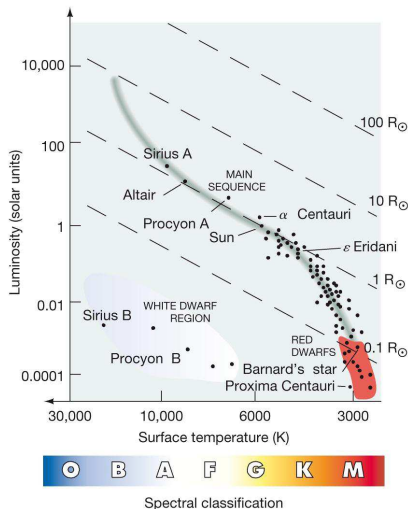


DIAGRAM H-R

Diagram H-R 100 najjaśniejszych gwiazd ma całkiem inny wygląd. Jaśniejsze niż Słońce. Dwie nowe kategorie: czerwone olbrzymy i olbrzymy niebieskie.

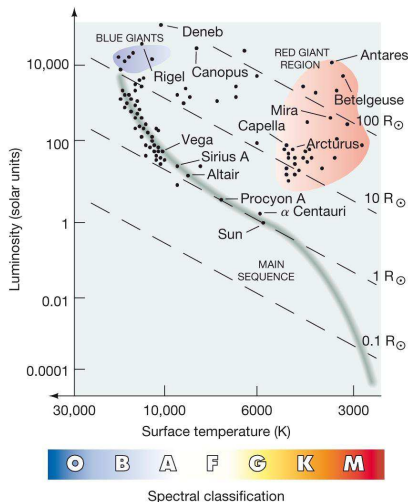
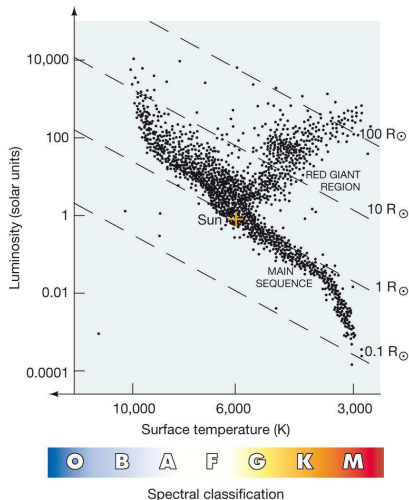


DIAGRAM H-R

20000 gwiazd na wykresie H-R. ~ 90% gwiazd leży na ciągu głównym, 9% to czerwone olbrzymy, a 1% to białe karły.



ROZSZERZENIE SKALI ODLEGŁOŚCI

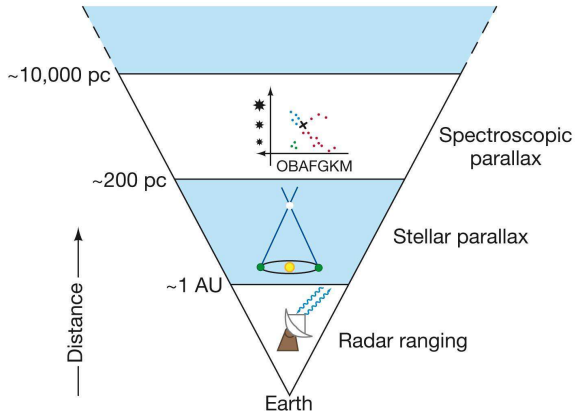
Paralaksa spektroskopowa: metoda mierzenia odległości w oparciu o różnicę pomiędzy jasnością absolutną obiektu a jego zmierzoną jasnością widomą.

Zależność pomiędzy jasnością absolutną a jasnością widomą opisuje wzór $m = M - 5 + 5 \log_{10}(d)$, gdzie m oznacza jasność widomą, M jasność absolutną, a d odległość wyrażoną w parsekach (różnicę $(m - M)$ określa się mianem modułu odległości).

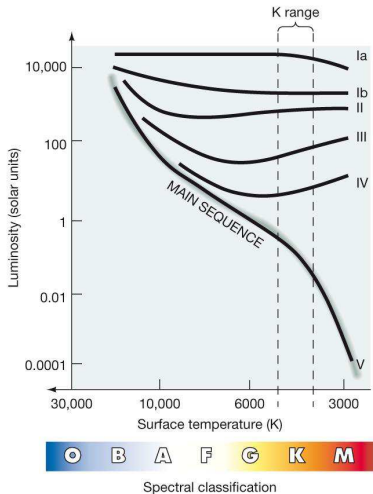
Jasność M określa się na podstawie typu widmowego, na podstawie zmian blasku (cefeidy, gwiazdy typu RR Lyr, supernowych.),

SKALA ODLEGŁOŚCI

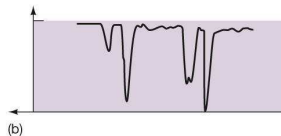
Jak daleko...?



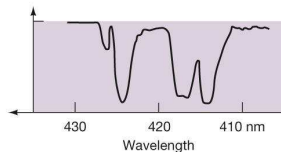
Paralaksa spektroskopowa – POMYŁKI



(a)



(b)



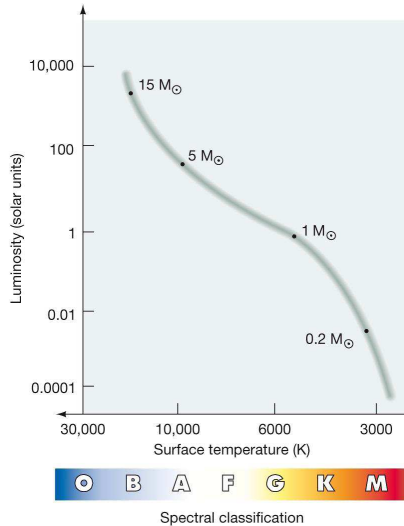
(c)

MASY GWIAZD

Wyznaczanie mas w układach podwójnych omawialiśmy wcześniej.
Patrz: <http://kft.umcs.lublin.pl/baran/Astro-19>

MASY GWIAZD NA CIĄGU GŁÓWNYM D. H-R

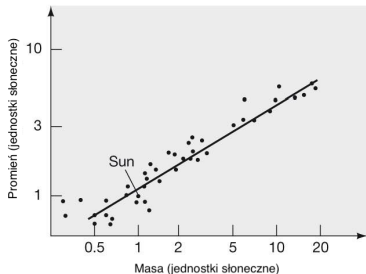
Masa określa miejsce gwiazdy na ciągu głównym diagramu H-R.



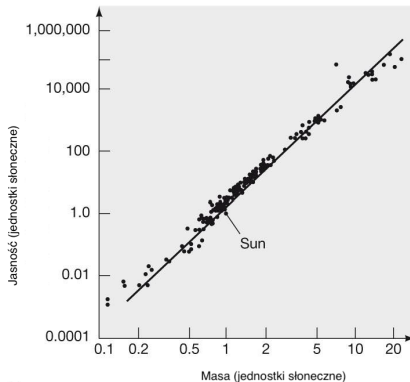
MASA, JASNOŚĆ, PROMIEŃ, CZAS ŻYCIA

MASA - JASNOŚĆ - PROMIEŃ

Istnieje korelacja między masą i promieniem (Rys. a) oraz między masą i jasnością gwiazdy (Rys. b).



(a)



(b)

Masa gwiazdy M_* jest jednocześnie związana z czasem życia gwiazdy t_* :

$$t_* \sim \frac{M_*}{L_*}$$

Używając zależności między masą, a jasnością znajdujemy, że

$$t_* \sim \frac{1}{M_*^3}$$

Wniosek

Gwiazdy masywne żyją krócej niż mniej masywne.

PODSUMOWANIE

- paralaktyczne pomiary odległości
- wielkość magnitudo jest związana z jasnością widomą
- wielkość absolutna związana z mocą promieniowania
- klasy widmowe są wynikiem różnych widm promieniowania
- promień gwiazdy można wyznaczyć, znając jasność i odległość
- oprócz *normalnych* gwiazd mamy czerwone olbrzymy, czerwone nadolbrzymy, niebieskie olbrzymy, niebieskie nadolbrzymy, czerwone i białe karły

- klasa jasność pozwala odróżnić gwiazdę ciągu głównego od gwiazdy olbrzyma
- pomiar widma promieniowania pozwala określić jasność; stąd i z jasności widomej można oszacować odległość
- pomiary w układach podwójnych pozwalają na znalezienie masy
- masa jest skorelowana z promieniem i mocą promieniowania
- czas życia gwiazdy zależy od masy; im większa masa tym krótszy czas życia