

BUDOWA I EWOLUCJA GWIAZD

Jadwiga Daszyńska-Daszkiewicz

Semestr letni, 2018/2019

LITERATURA

1) Joergen Christensen-Dalsgaard, *Stellar Structure and Evolution*
http://astro.phys.au.dk/~jcd/evolnotes/LN_stellar_structure.pdf

2) R. Kippenhahn, A. Weigert, A. Weiss, *Stellar Structure and Evolution*

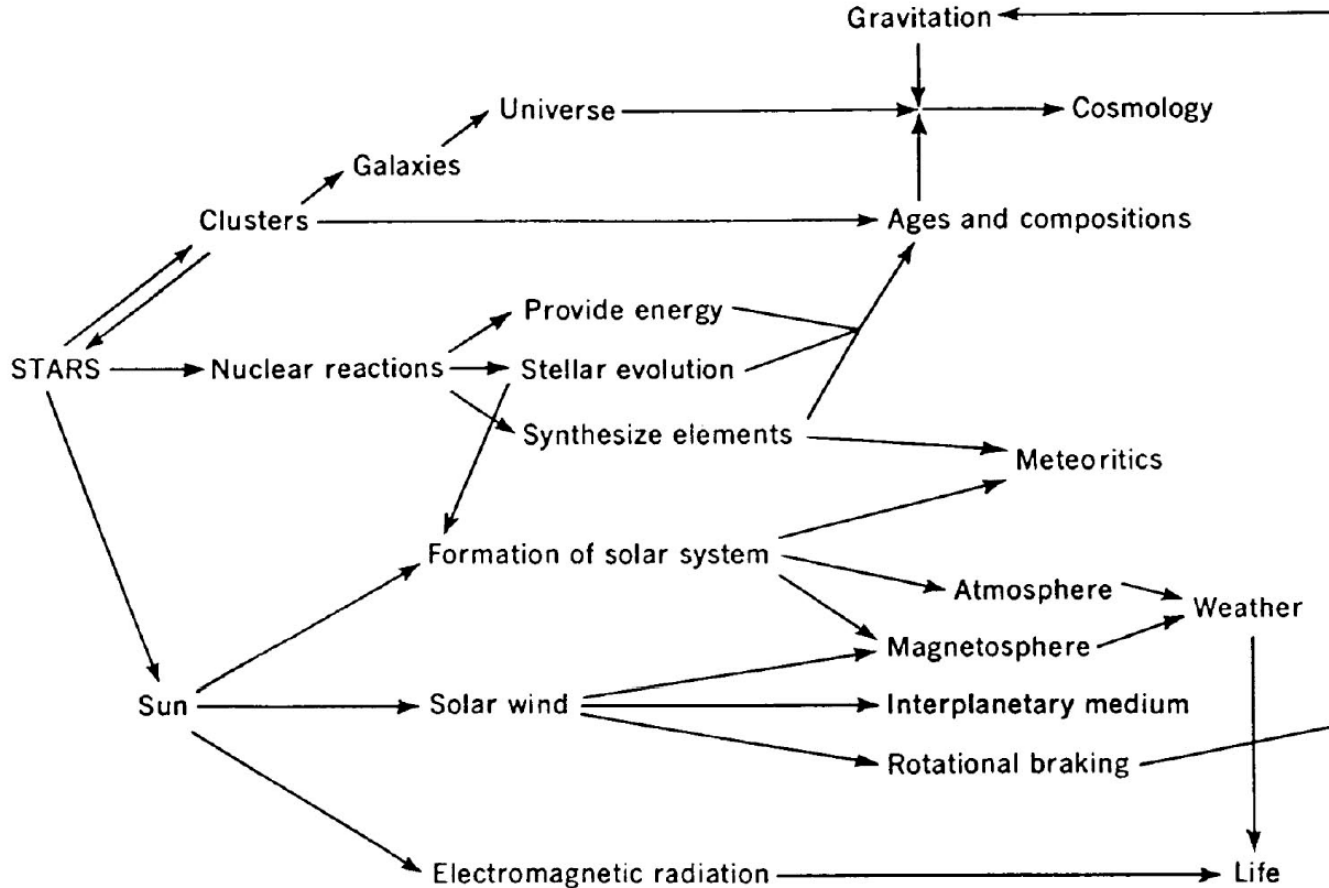
3) O. Pols, *Stellar Structure and Evolution*
http://www.astro.ru.nl/~onnop/education/stev_utrecht_notes/

4) B. Paczyński, *Budowa i Ewolucja Gwiazd*

5) D. Prialnik, *Theory of stellar structure and evolution*

6) M. Salaris & S. Cassisi, *Evolution of Stars and Stellar Population*
http://cfas.org/data/uploads/astronomy-ebooks/evolution_of_stars_and_stellar_populations.pdf

Teoria budowy i ewolucji gwiazd odgrywa centralną rolę we współczesnej astrofizyce



GWIAZDA

Ciało niebieskie zbudowane z gazu (plazmy), spełniające dwa warunki:

1) jest związane samograwitacją

2) wyświeca energię, która jest dostarczana ze źródeł wewnętrznych

Ad. 1

Kształt gwiazdy jest sf. –sym. (bo grawitacja jest polem sił sf.-sym.)

Np. Słońce, $P \approx 27$ d, $\omega = 2\pi/P \approx 2.7 \cdot 10^{-6}$, $B = 0.1$ T

En. kinet/en. graw.wiązania = $M\omega^2 R^2 / GM^2/R = \omega^2 R^3 / GM \approx 2 \cdot 10^{-5}$

$\sigma_{\text{mag}} / \sigma_{\text{graw}}$ = $B^2 / \mu_0 / GM^2/R^4 \approx 10^{-11}$

~~rotacja
pole magnetyczne
siły pływowe~~

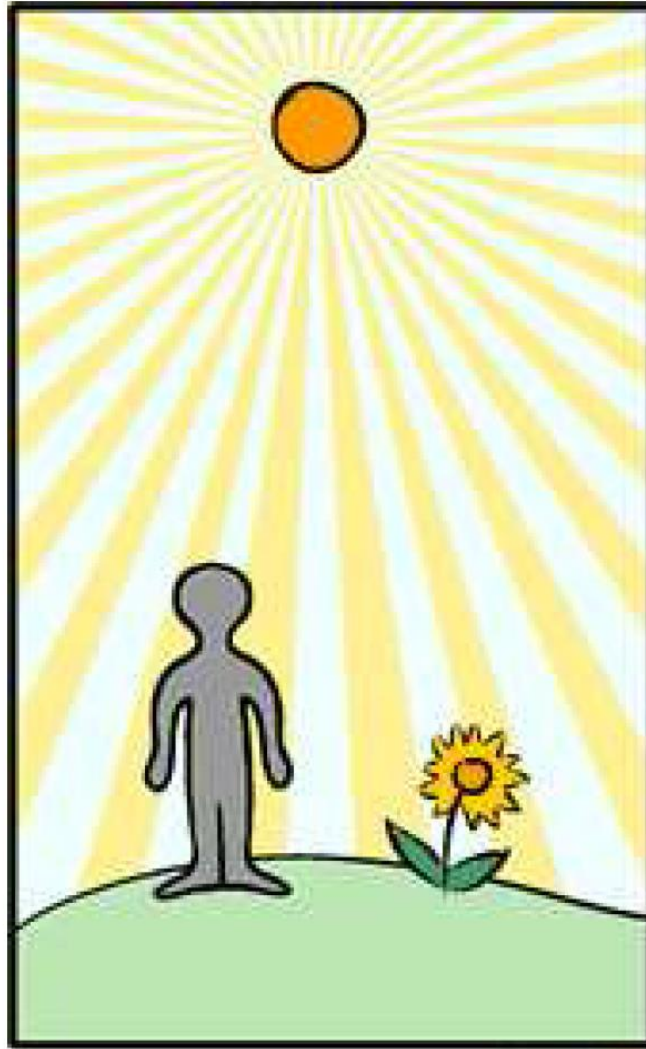


symetria sferyczna

Ad. 2

Źródłem energii jest en. nuklearna uwalniana podczas reakcji syntezy (+ en. grawitacyjna)

Dlaczego Słońce świeci?



How the Sun Shines, John N. Bahcall

http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/themes/physics/fusion/

dłaczego świeci =ile ma lat

1854 – Hermann von Helmholtz, kontrakcja grawitacyjna
30 000 000 lat

1859– Charles Darwin, min. 300 000 000 lat

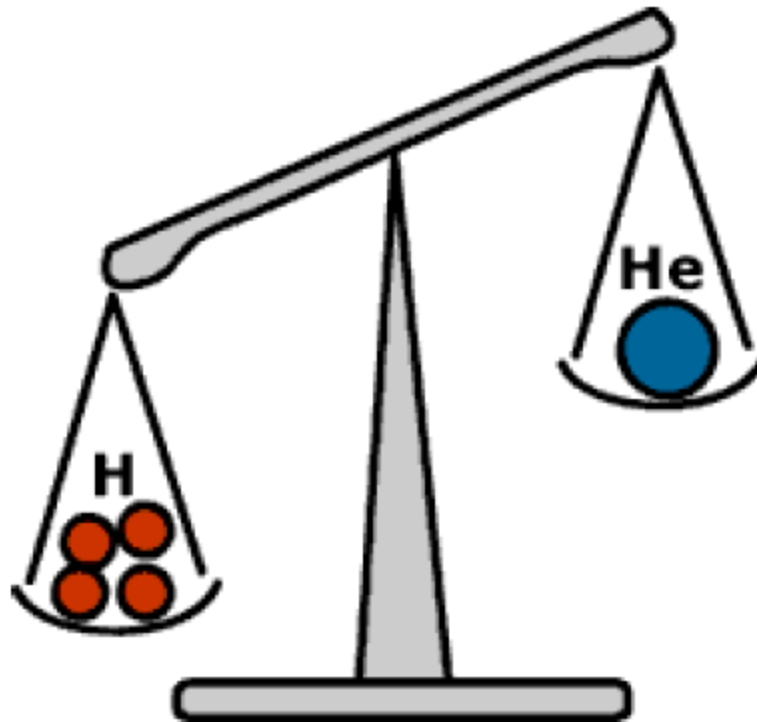
1854-1862 – William Thomson (Lord Kelvin),
kontrakcja graw. + uderzenia meteorów

1896 – odkrycie promieniotwórczości naturalnej,
H. Becquerel

1905 – Einstein, $E=mc^2$

1919 – Russell, wysoka T we wnętrzach gwiazd

1920 - Aston, defekt masy



1920 – Arthur Eddington, Słońce może świecić dzięki przemianie wodoru w hel

1928– George Gamow, niezerowe prawdop. zbliżenia się dwóch cząstek o tym samym znaku ładunku elek.

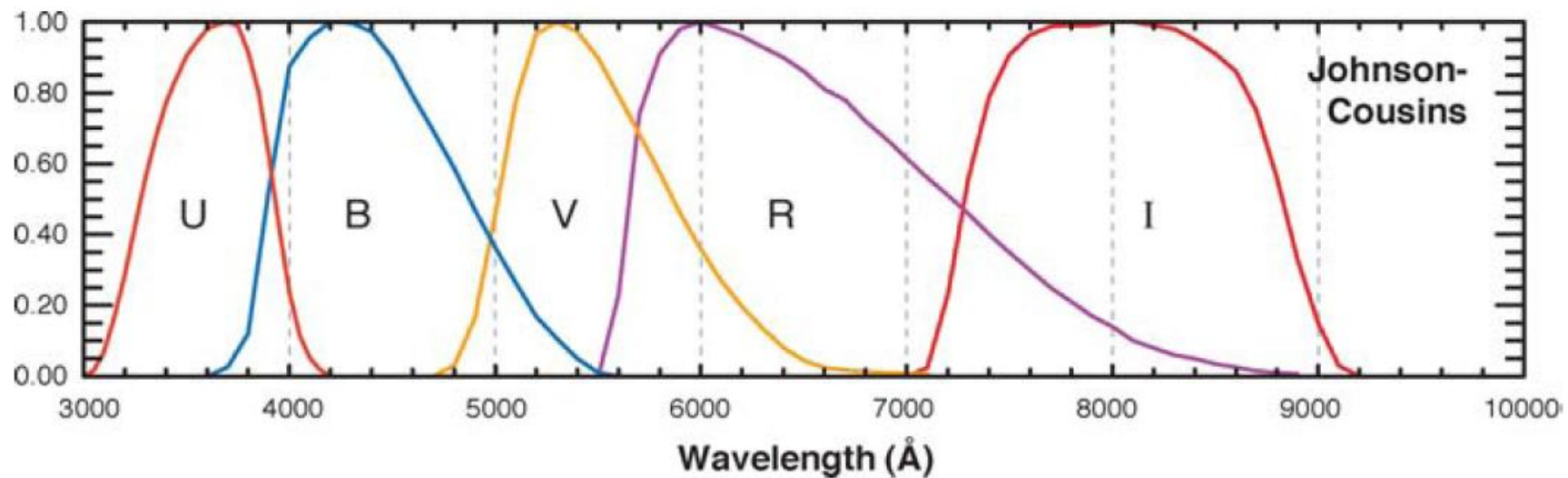
1934 – F. Joliot, Irena Joliot-Curie, pierwsza reakcja jądrowa

1938 – C.F. Weizsäcker, cykl CNO

1939 –H. Bethe, cykl p-p, *Energy production in Stars*

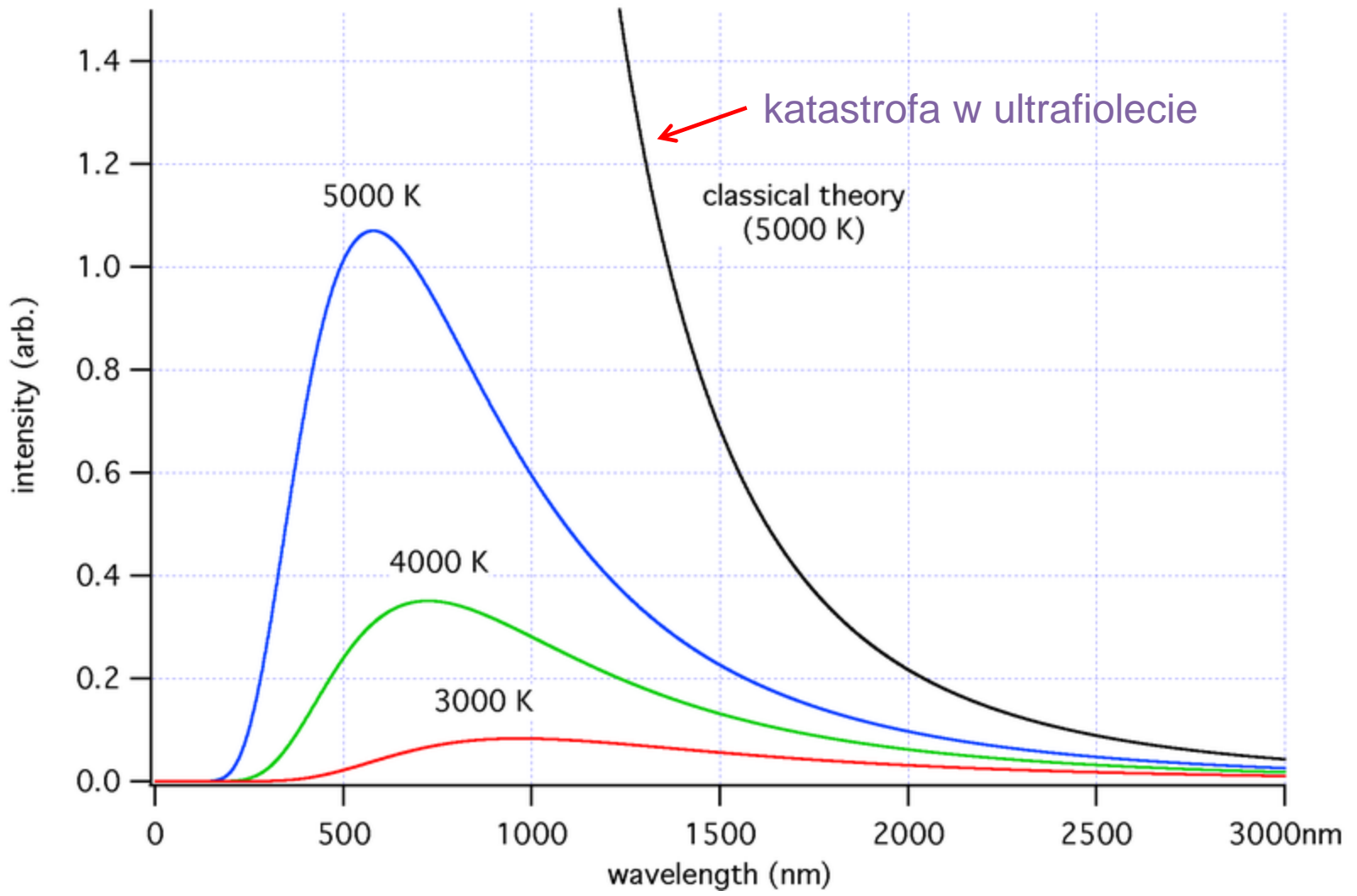
Czego możemy dowiedzieć się z obserwacji?

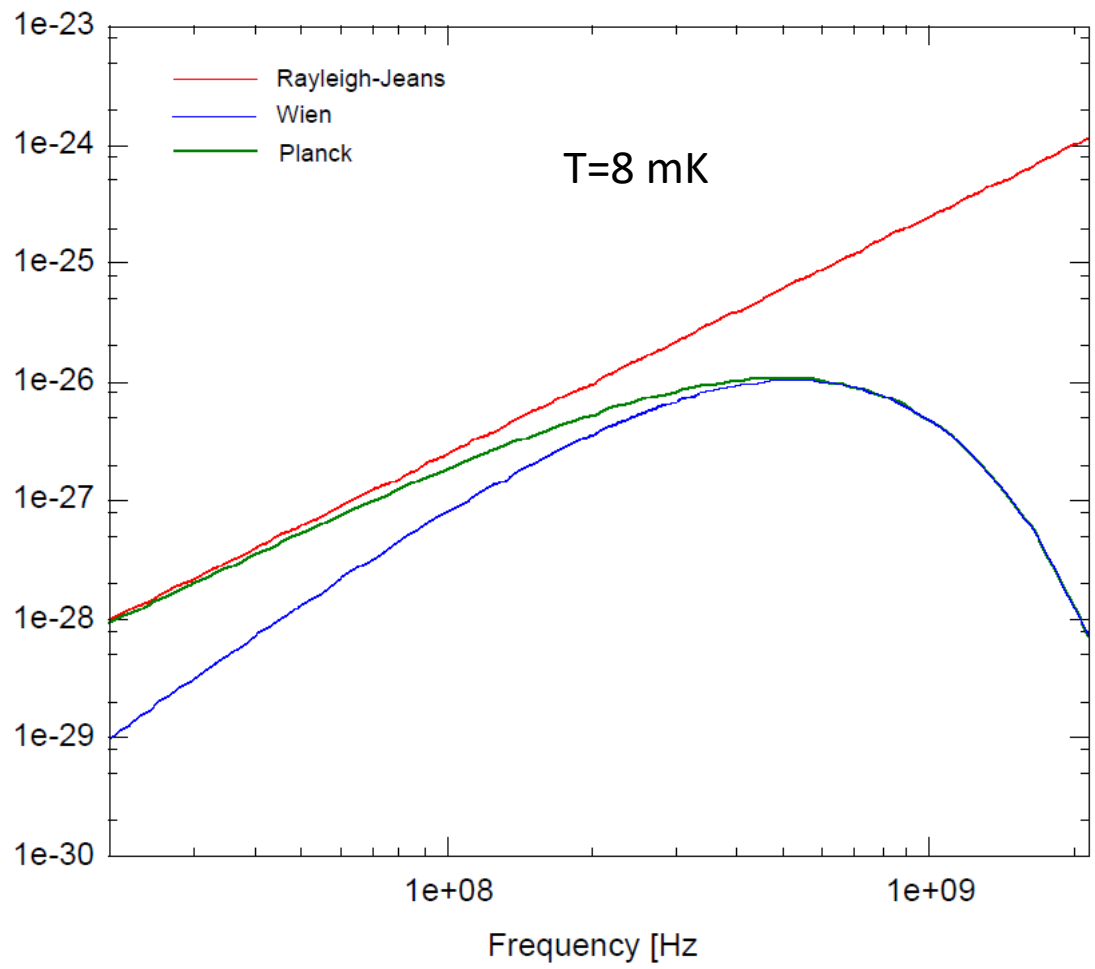
- **Odległość**
- **Jasność obserwowana**
- **Moc promieniowania**
- **Temperatura efektywna**
- **Masa**
- **Promień**
- **Skład chemiczny**



UBVRI		
	λ_{eff}	$\Delta\lambda$
<i>U</i>	3663	650
<i>B</i>	4361	890
<i>V</i>	5448	840
<i>R</i>	6407	1580
<i>I</i>	7980	1540

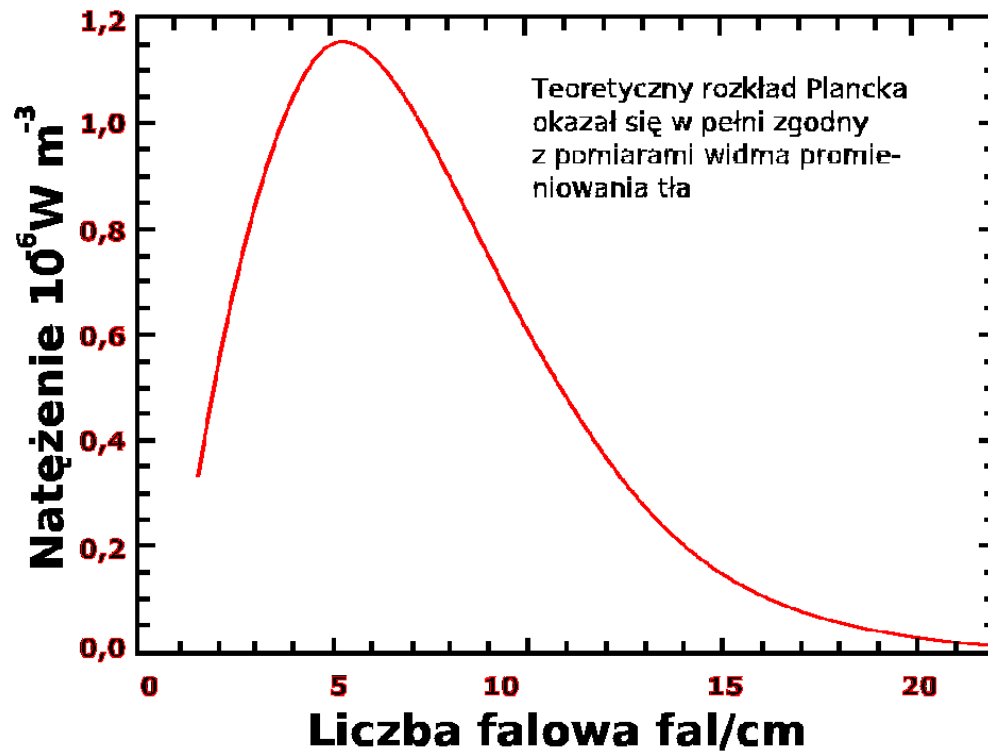
Sp	M_V	$B - V$	B.C.	$\log T_{\text{eff}}$ (K)
O5	-5.6	-0.32	-4.15	4.626
O7	-5.2	-0.32	-3.65	4.568
B0	-4.0	-0.30	-2.95	4.498
B3	-1.7	-0.20	-1.85	4.286
B7	-0.2	-0.12	-0.80	4.107
A0	0.8	+0.00	-0.25	3.982
A5	1.9	+0.14	0.02	3.924
F0	2.8	+0.31	0.02	3.863
F5	3.6	+0.43	-0.02	3.813
G0	4.4	+0.59	-0.05	3.774
G2	4.7	+0.63	-0.07	3.763
G8	5.6	+0.74	-0.13	3.720
K0	6.0	+0.82	-0.19	3.703
K5	7.3	+1.15	-0.62	3.643
M0	8.9	+1.41	-1.17	3.591
M5	13.5	+1.61	-2.55	3.491



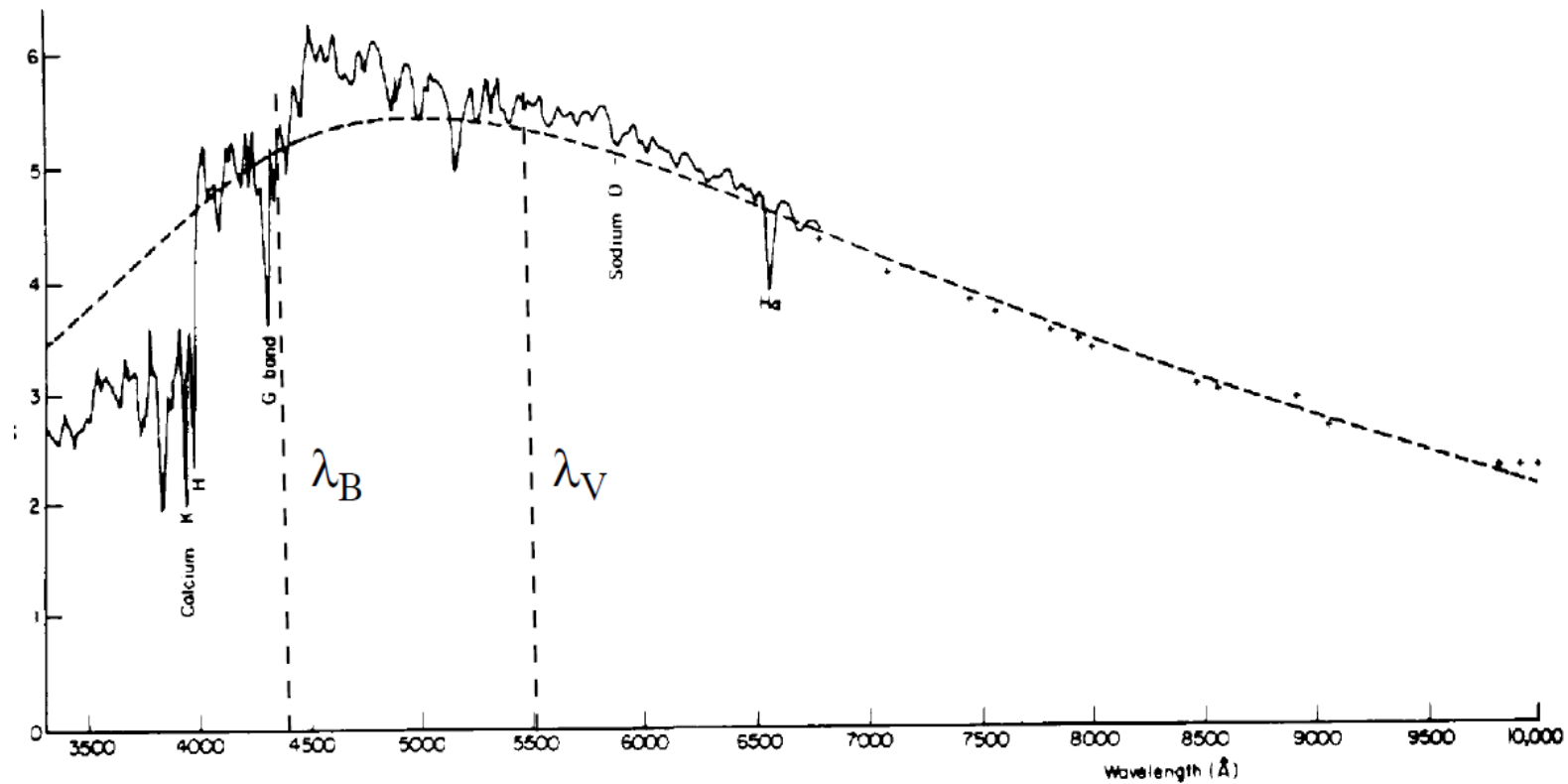


Katastrofa w UV

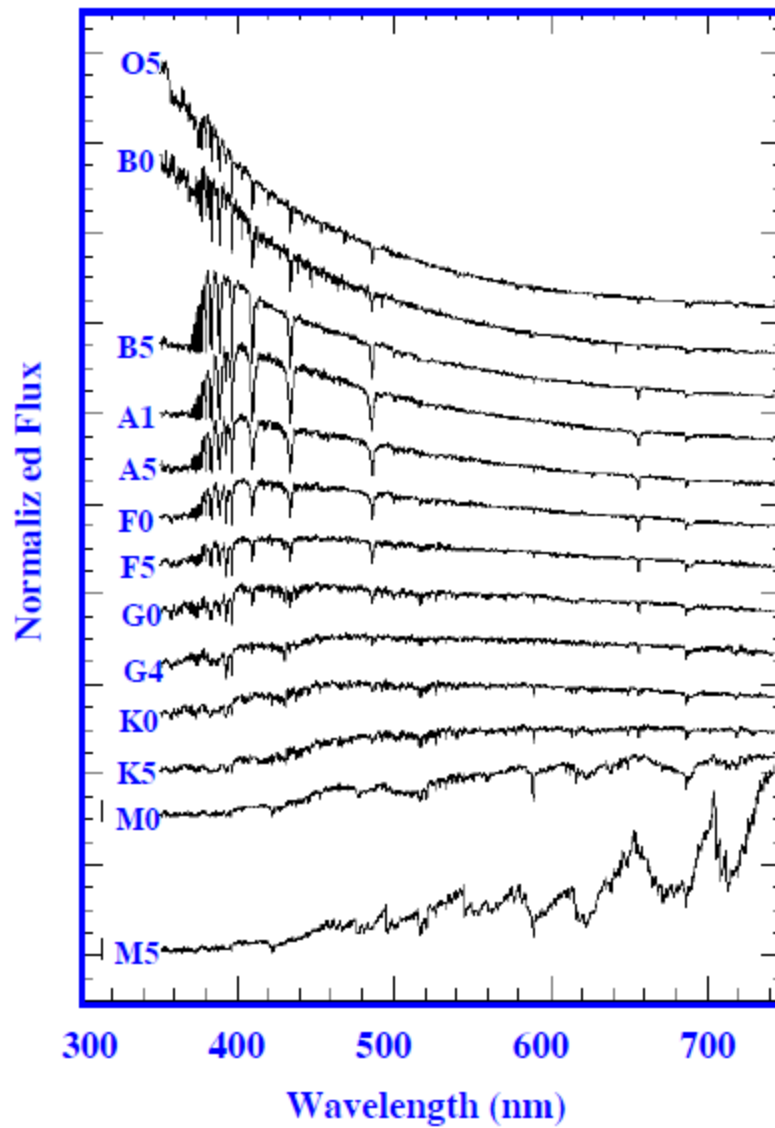
Widmo promieniowania tła uzyskane z satelity COBE



Widmo Słońca w porównaniu z rozkładem dla ciała doskonale czarnego o $T_{\text{eff}}=T_{\text{eff}}(\odot)$

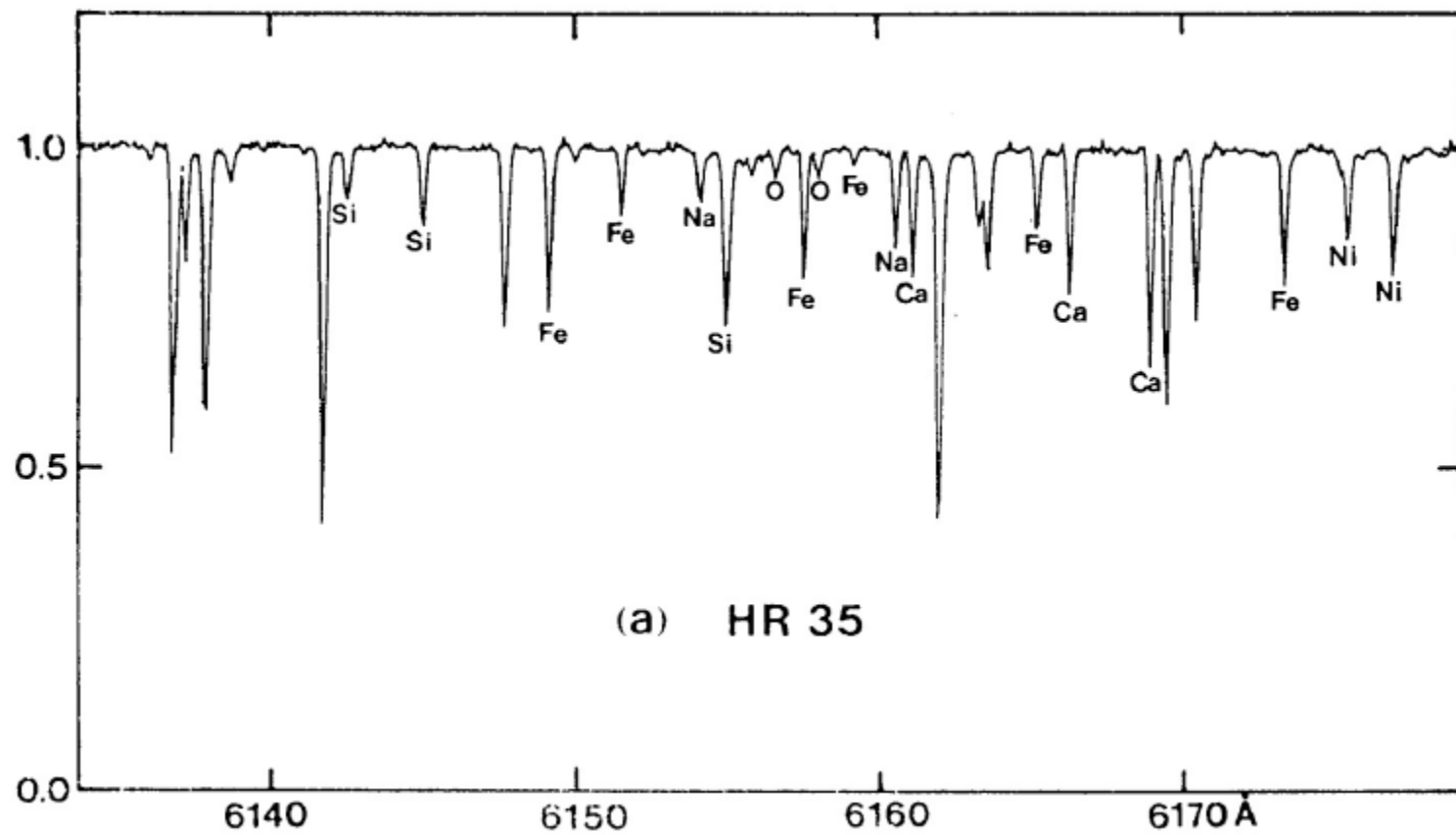


Widma gwiazd ciągu głównego



Source	X	Y	Z	Z/X
Present-day photosphere:				
Anders & Grevesse (1989) ^a	0.7314	0.2485	0.0201	0.0274
Grevesse & Noels (1993) ^a	0.7336	0.2485	0.0179	0.0244
Grevesse & Sauval (1998)	0.7345	0.2485	0.0169	0.0231
Lodders (2003)	0.7491	0.2377	0.0133	0.0177
Asplund, Grevesse & Sauval (2005)	0.7392	0.2485	0.0122	0.0165
Lodders, Palme & Gail (2009)	0.7390	0.2469	0.0141	0.0191
Present work	0.7381	0.2485	0.0134	0.0181

Asplund, Grevesse, Sauval, Scott 2009
 ARA&A 47,481



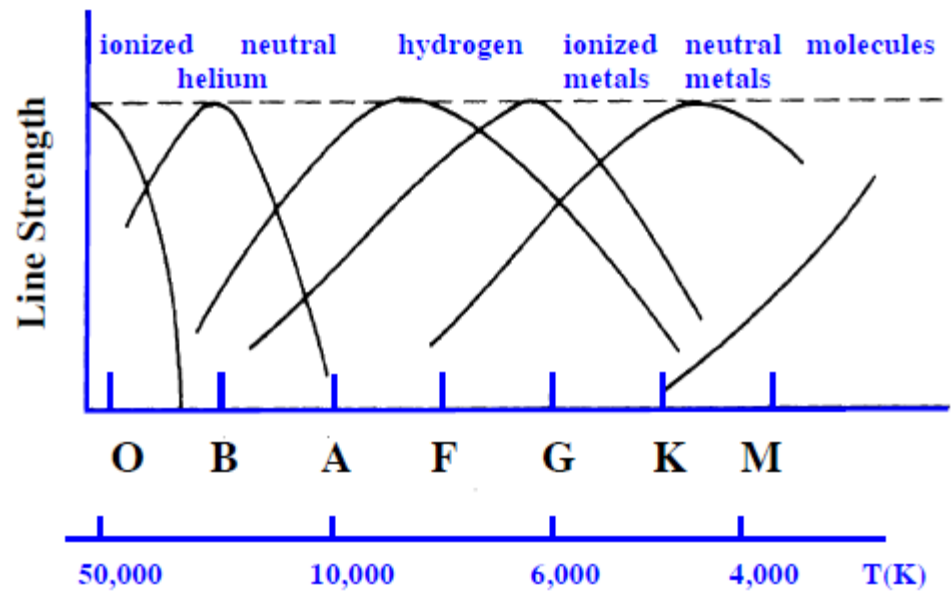


diagram Hertzsprunga-Russlla dla gwiazd z sąsiedztwa Słońca

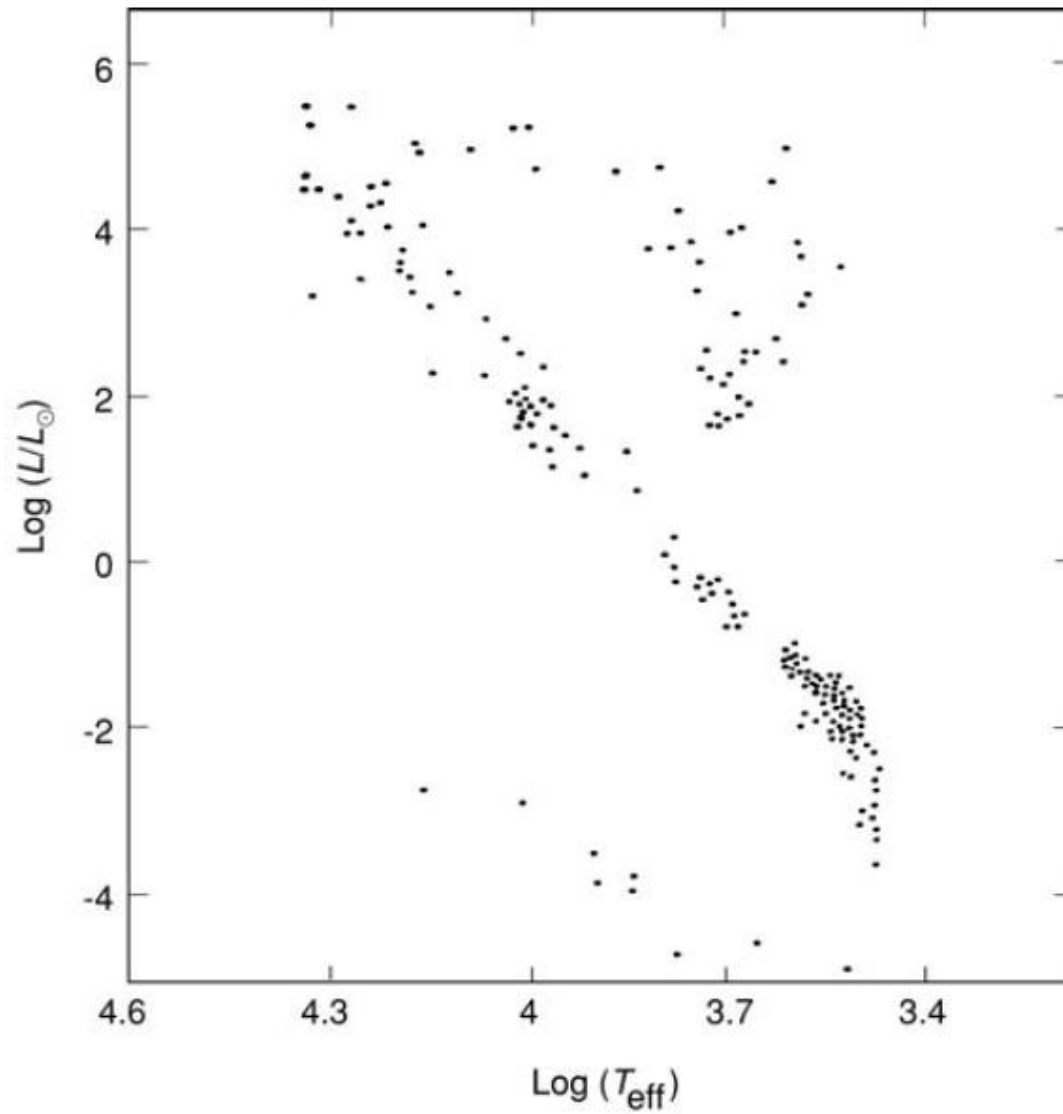
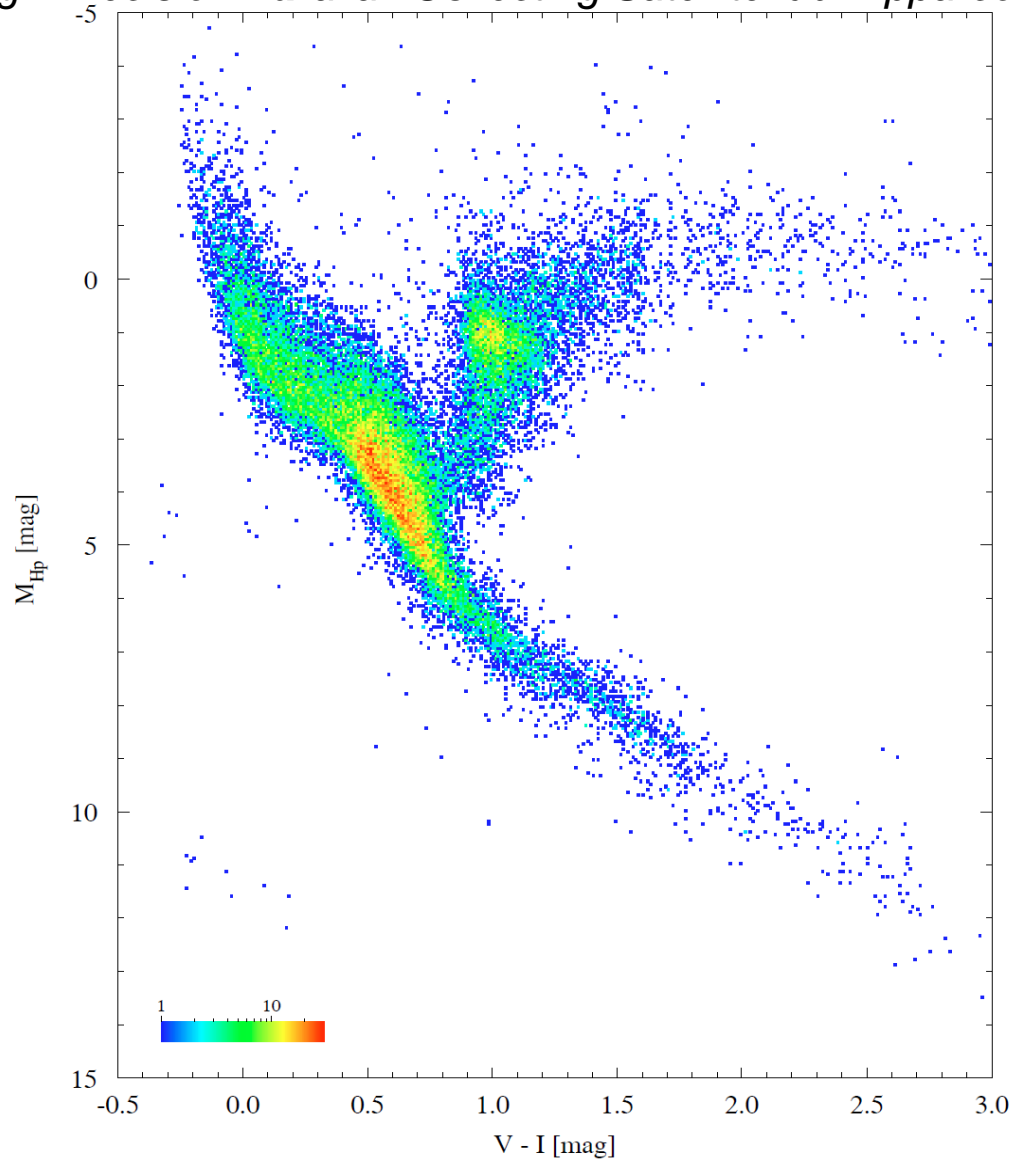
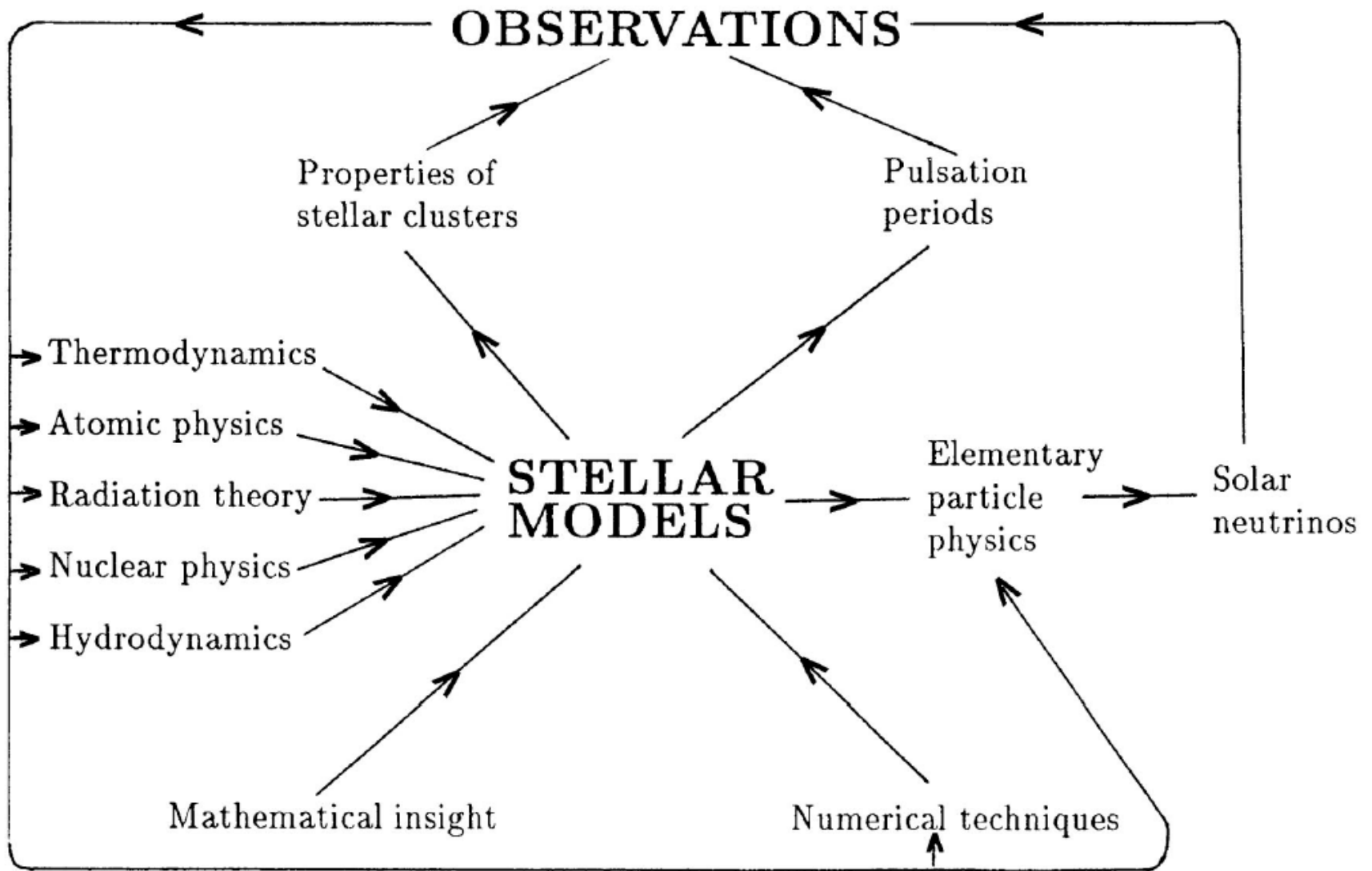


Diagram Hertzsprunga-Russella dla 41453 gwiazd z katalogu Hipparcosa (*High Precision Parallax Collecting Satellite* lub *Hipparcos Space Astrometry Mission*)



Kolory oznaczają liczbę gwiazd w „komórce” 0.01 mag w (V-I) i 0.05 mag w Hp (M_{Hp}).



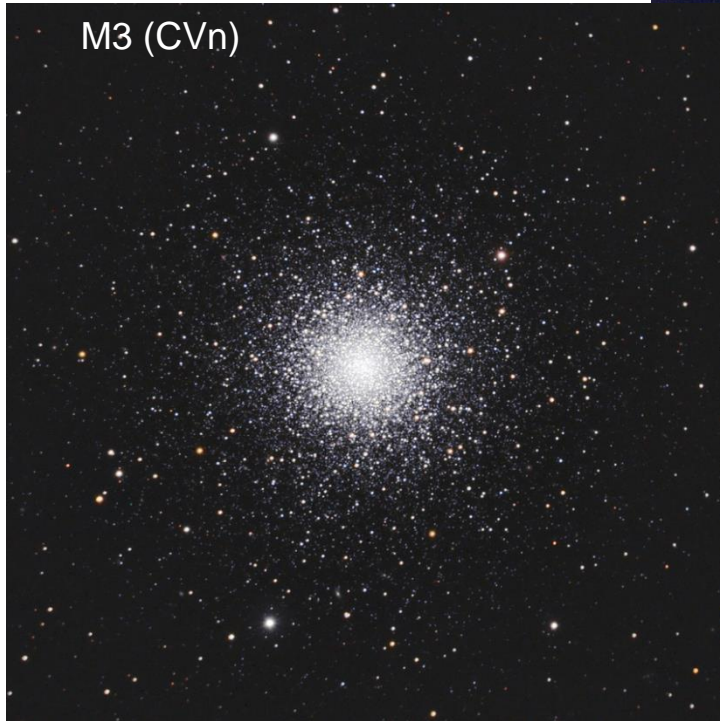
Plejady



Hiady



M3 (CVn)



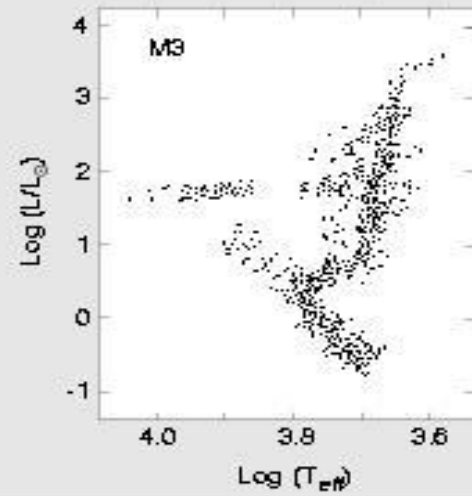
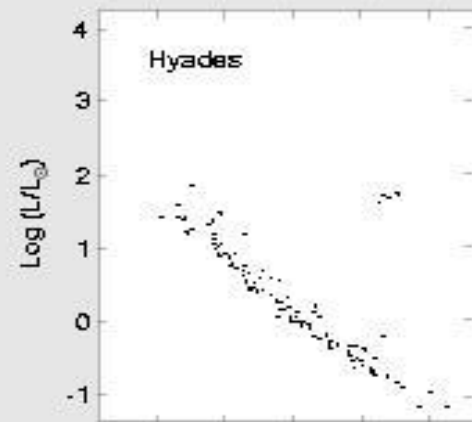
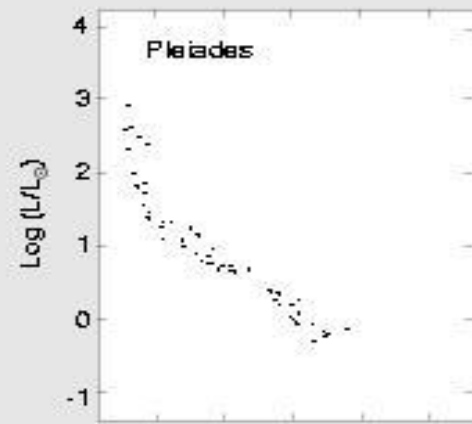
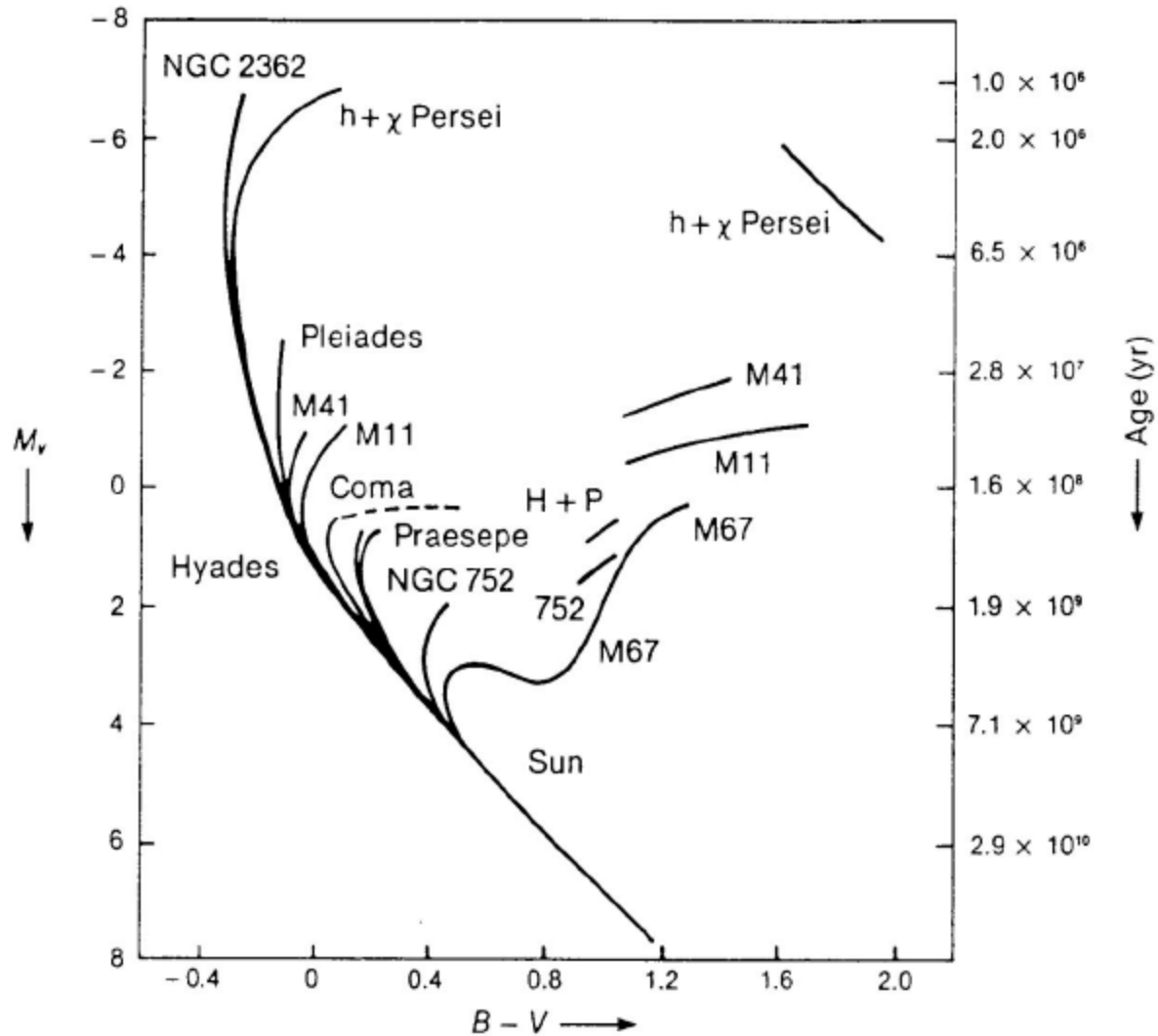
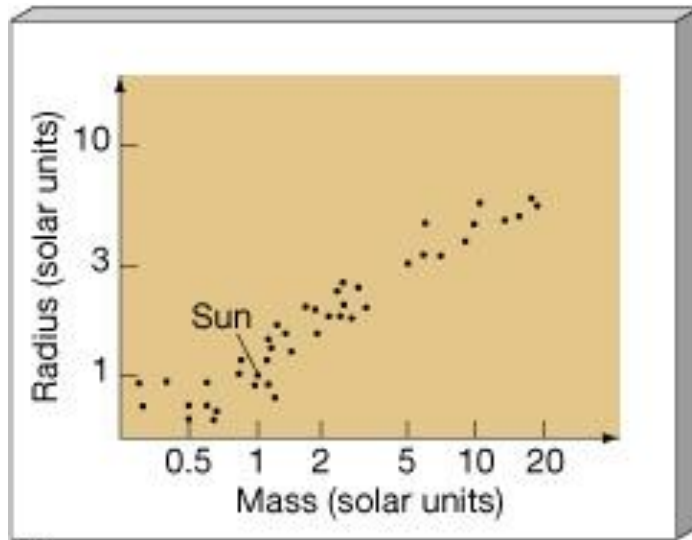


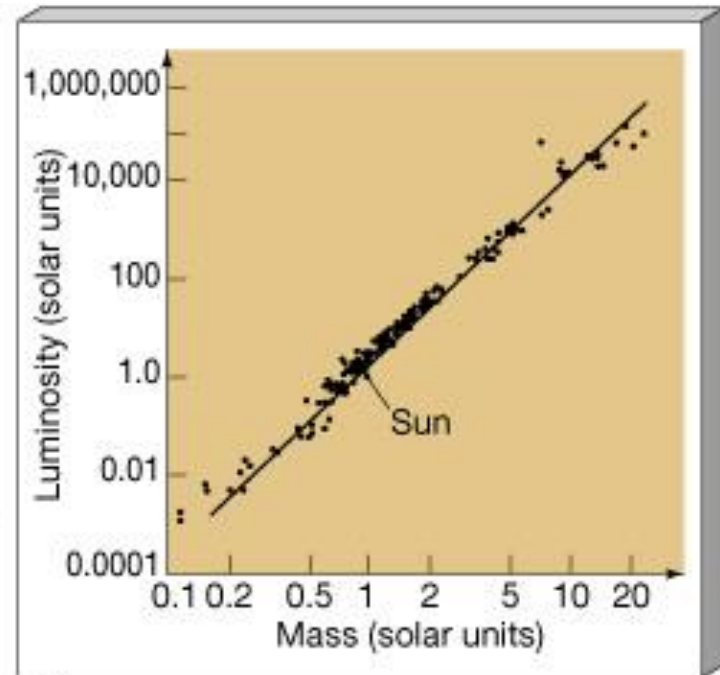
diagram kolor-jasność dla kilku galaktycznych gromad otwartych



Zależność masa-promień i masa-jasność dla gwiazd ciągu głównego



(a)



(b)