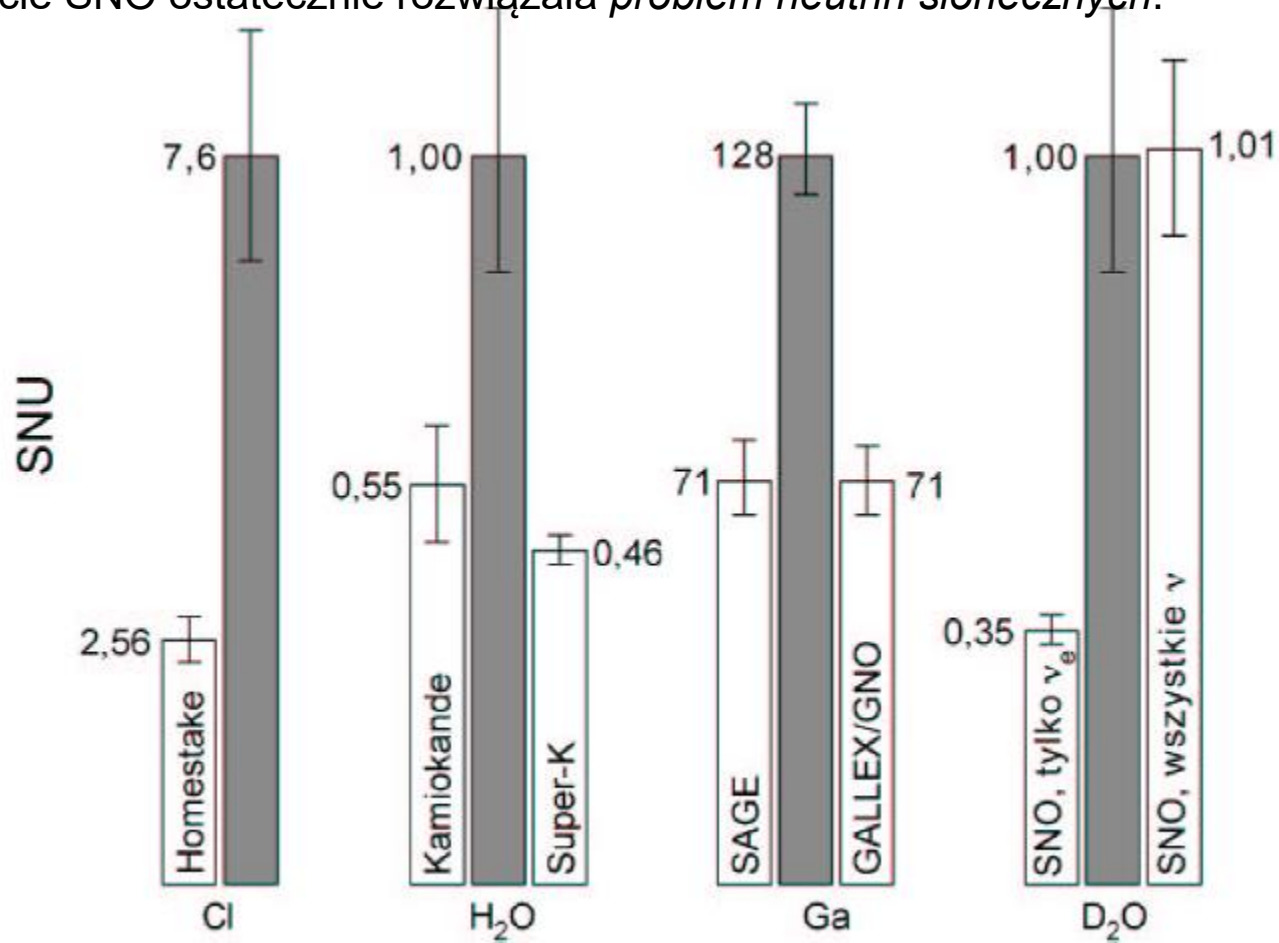


Porównanie pomiarów strumienia neutrin słonecznych w eksperymencie chlorowym, dwóch eksperymentach galowych (SAGE i GALLEX/GNO), dwóch eksperymentach wodnych Czerenkowa (Kamiokande i SuperKamiokande) oraz eksperymentu SNO z ciężką wodą, z przewidywaniami teoretycznymi Bahcalla i in.

Wysokość słupków ilustrujących przewidywania teoretyczne jest taka sama, aby ułatwić porównania z doświadczeniami. Rejestracja neutrin o wszystkich zapachach w eksperymencie SNO ostatecznie rozwiązała *problem neutrin słonecznych*.



Christensen-Dalsgaard,  
Stellar Structure and Evolution, Rozdział 11.5

Tadeusz Jarzębowski, Astronomia neutrinowa  
Urania - Postępy Astronomii nr 2/2003

John N. Bahcall, How the Sun shines  
<http://arxiv.org/pdf/astro-ph/0009259v3.pdf>

# STANDARDOWY MODEL SŁOŃCA

model o masie  $1 M_{\odot}$  wyewoluowany do wieku Słońca o słonecznych wartościach  $L$ ,  $R$ ,  $Z/X$

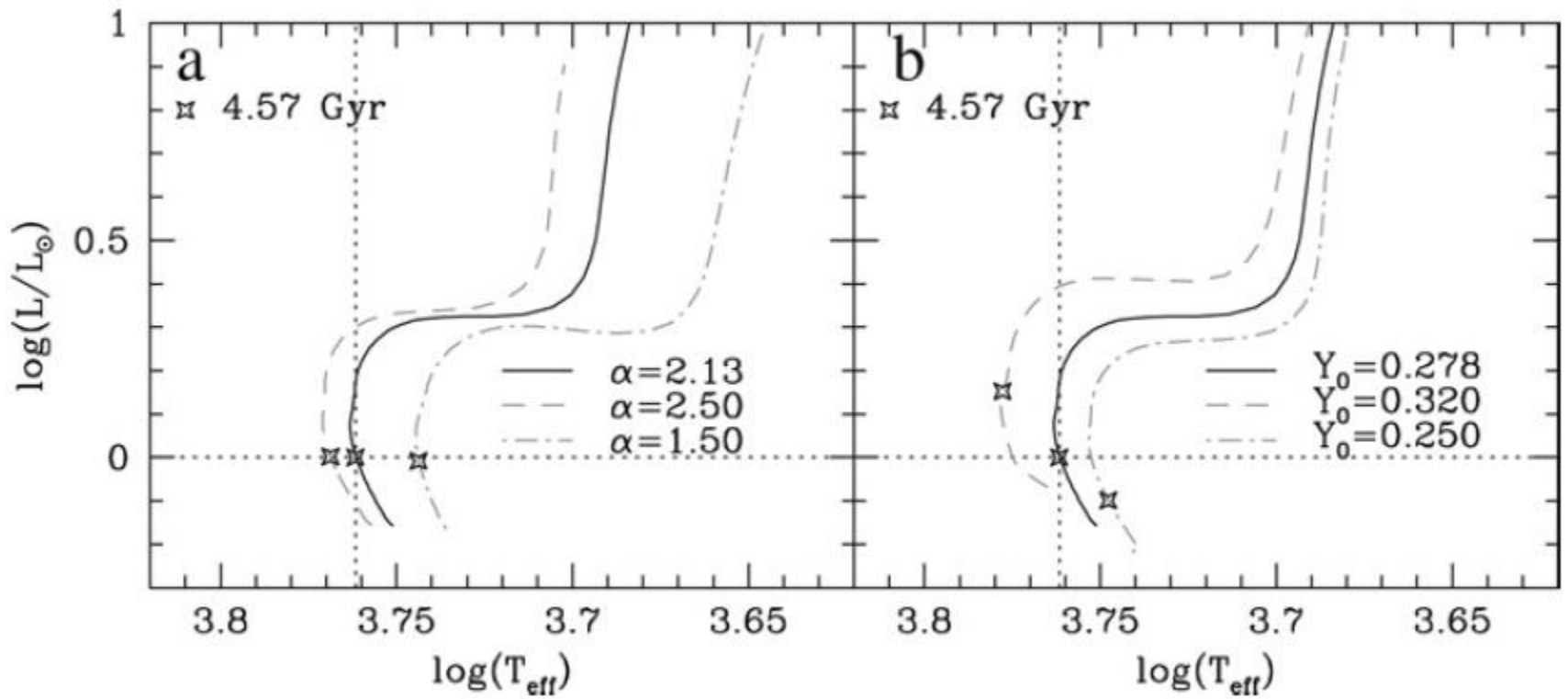
Table 1  
Global parameters of the Sun

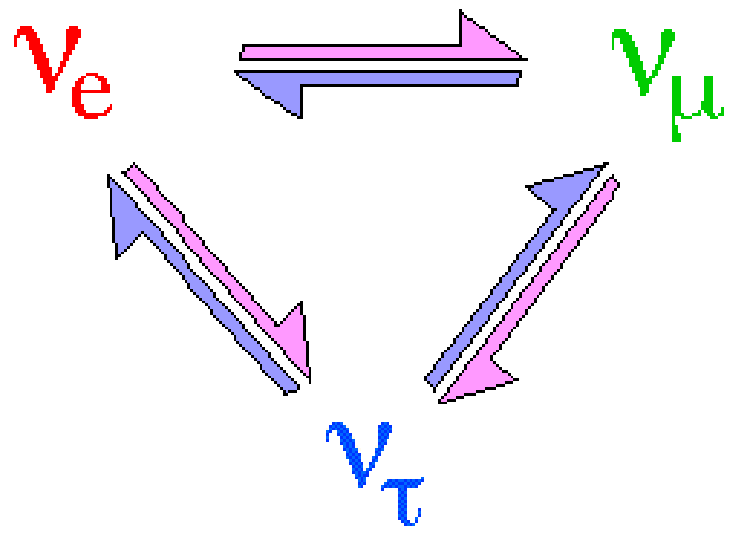
| Quantity                            | Estimate  | Reference                                       |
|-------------------------------------|---|---|
| Mass ( $M_{\odot}$ ) <sup>a</sup>   | $1.98892(1 \pm 0.00013) \times 10^{33}$ g                 | Cohen and Taylor (1987)                         |
| Radius ( $R_{\odot}$ ) <sup>b</sup> | $6.9599(1 \pm 0.0001) \times 10^{10}$ cm                  | Allen (1973)                                    |
| Luminosity ( $L_{\odot}$ )          | $3.8418(1 \pm 0.004) \times 10^{33}$ ergs s <sup>-1</sup> | Fröhlich and Lean (1998), Bahcall et al. (1995) |
| Age                                 | $4.57(1 \pm 0.0044) \times 10^9$ yr                       | Bahcall et al. (1995)                           |

<sup>a</sup> Derived from the values of  $G$  and  $GM_{\odot}$ .

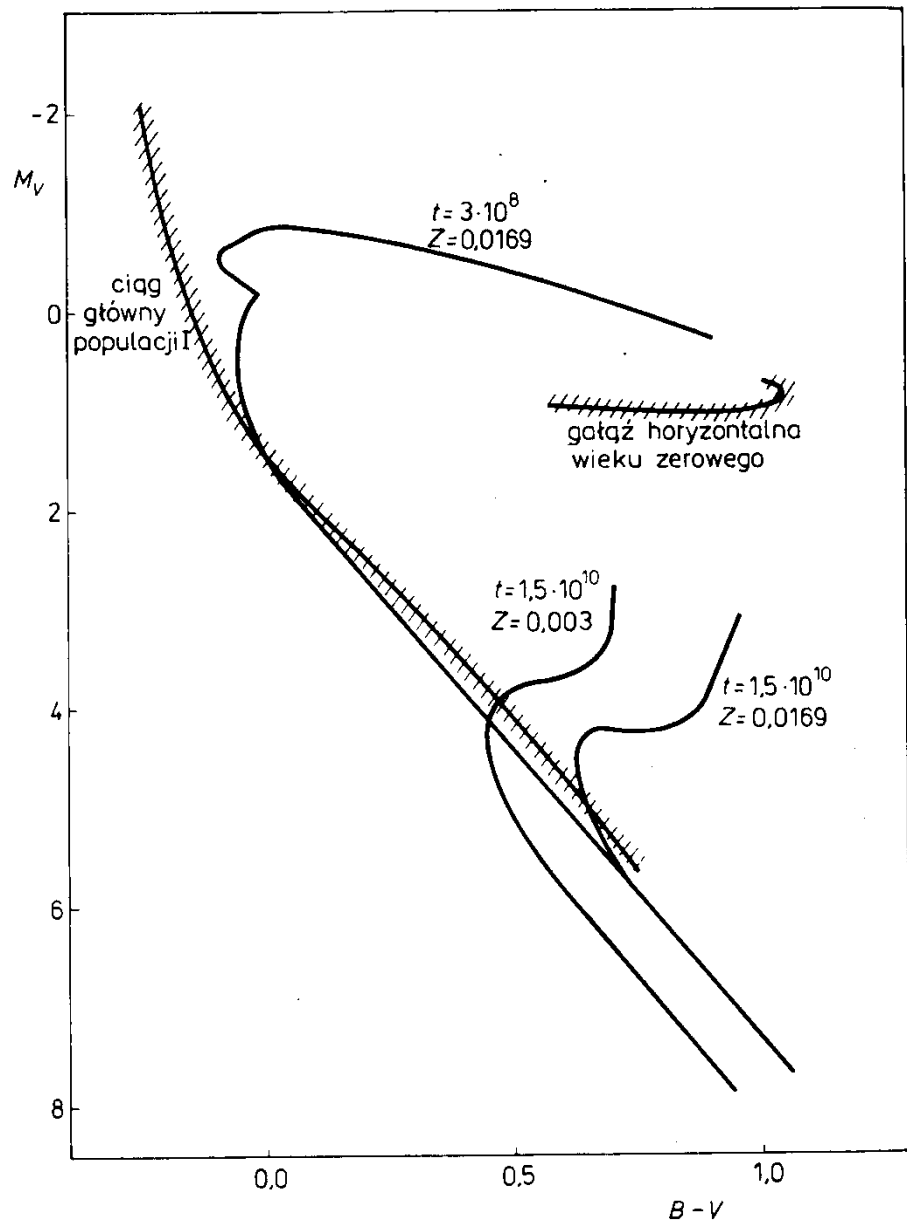
<sup>b</sup> See Schou et al. (1997), Antia (1998) and Brown and Christensen-Dalsgaard (1998) for a more recent discussion about the exact value of the solar radius.

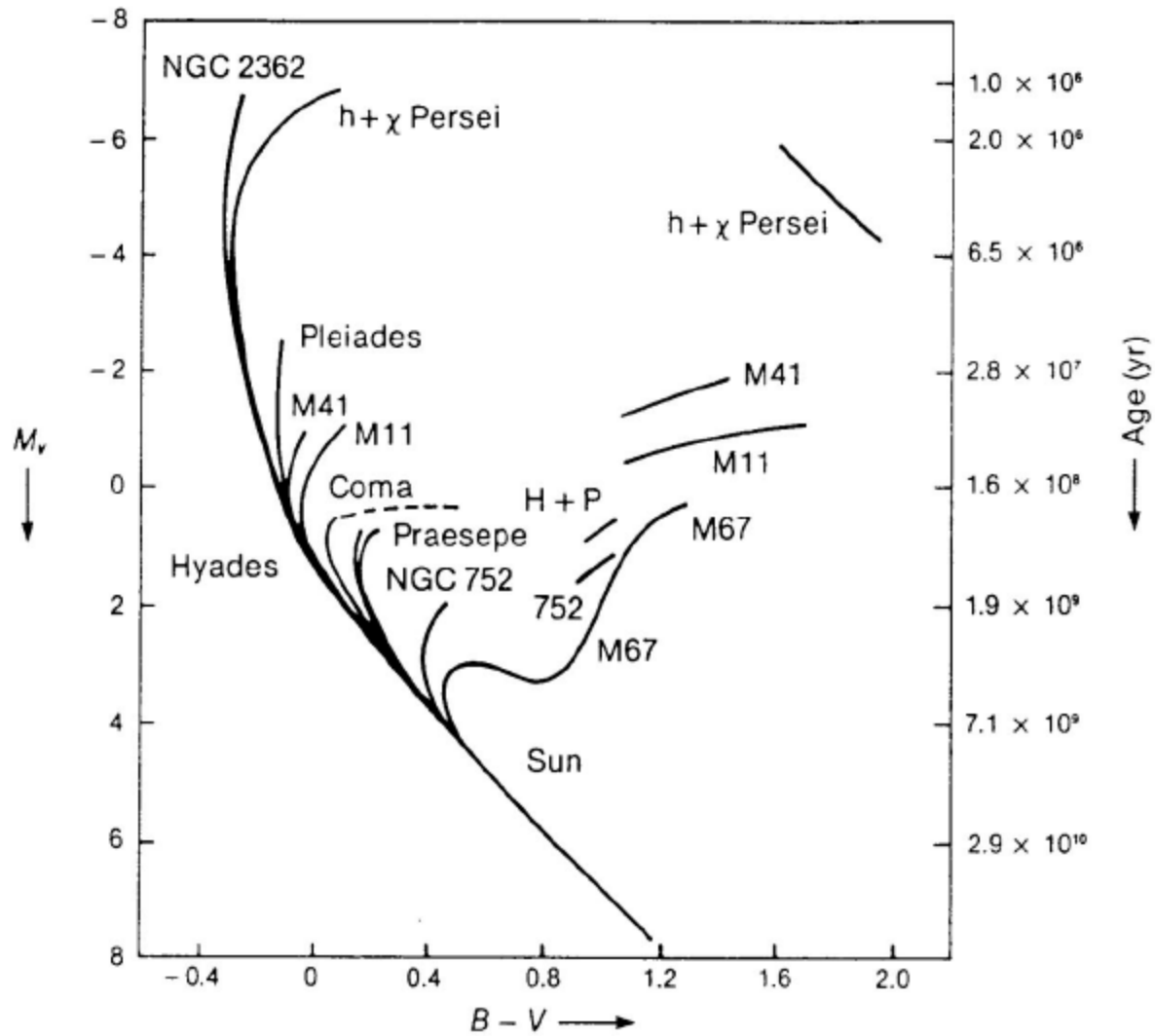
wolne parametry:  $Y, \alpha_{\text{MLT}}$



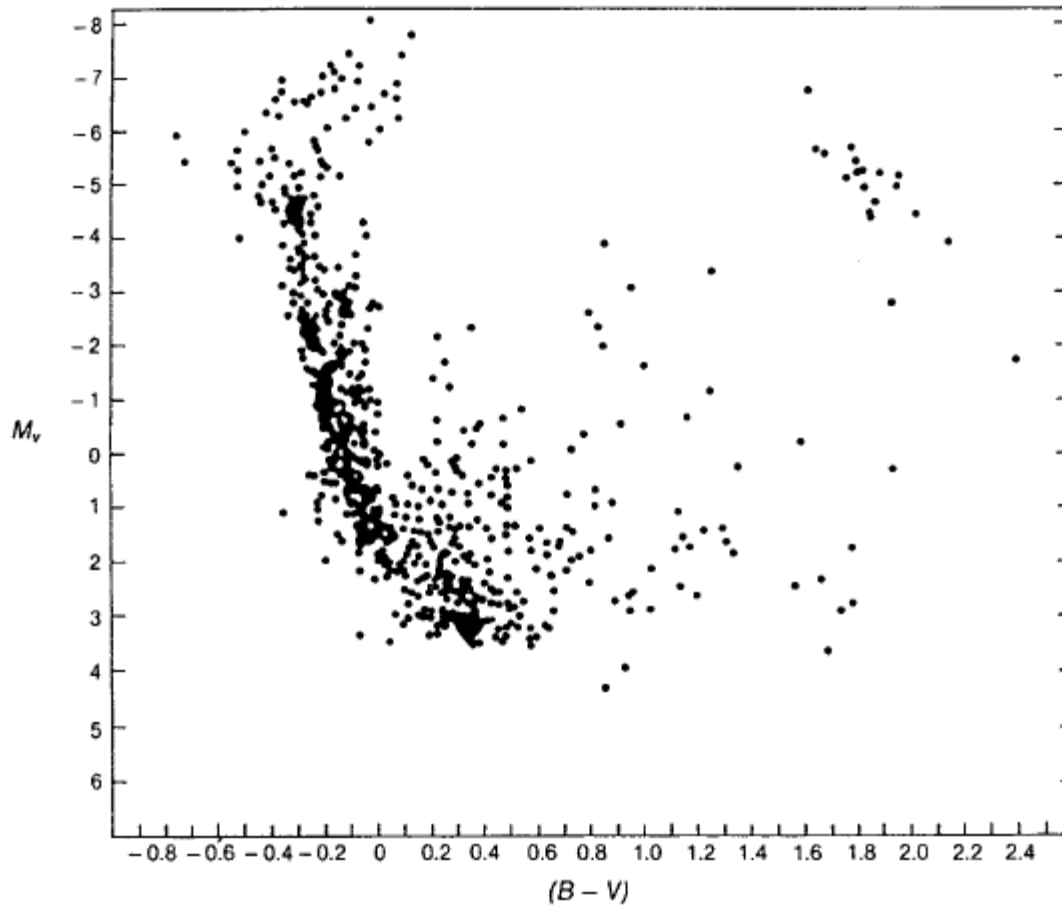




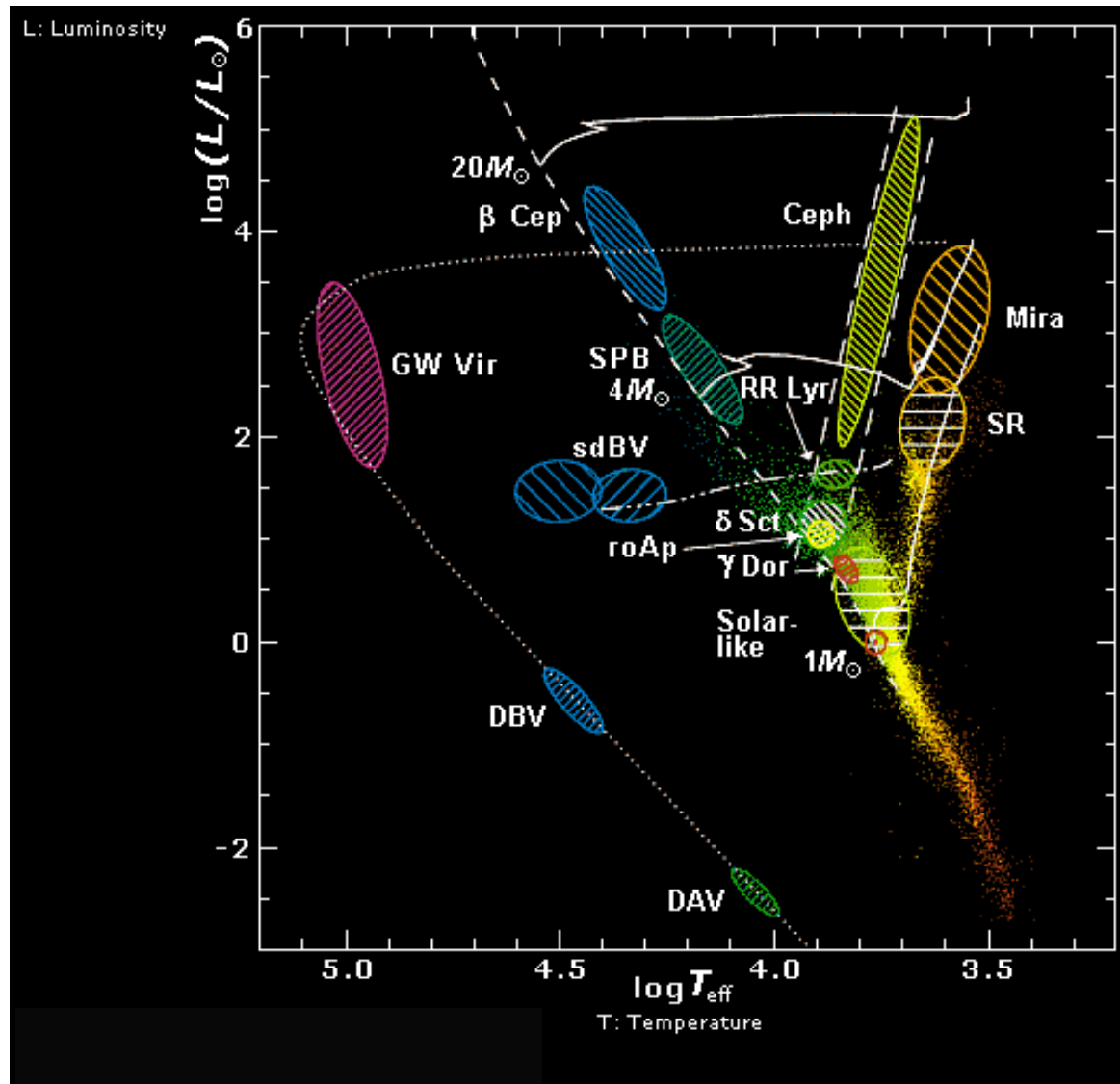




# h+ $\chi$ Persei



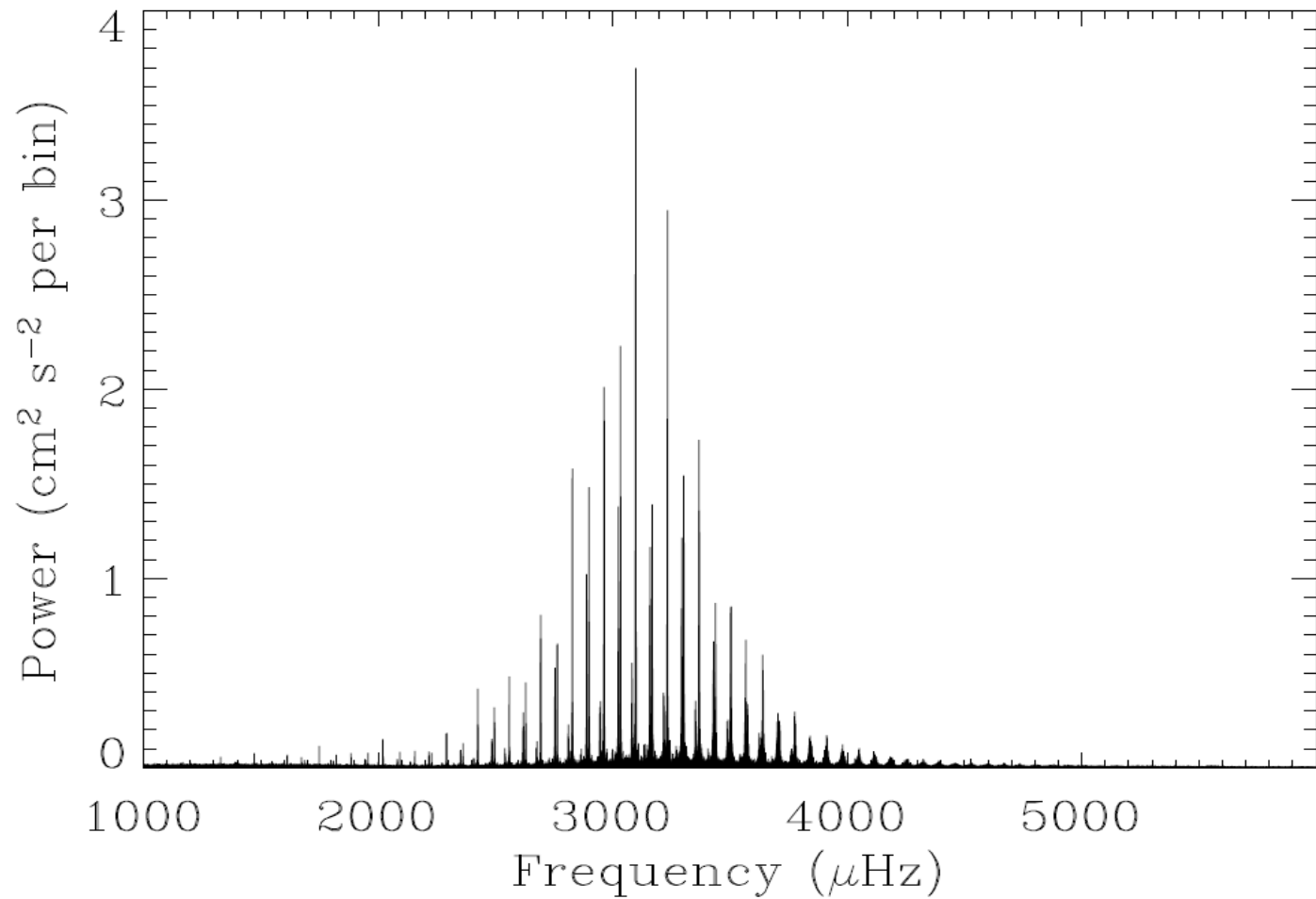
# Obszary niestabilności pulsacyjnej na diagramie Hertzsprunga-Russella



## TYPY GWIAZD PULSUJĄCYCH

| TYP                                 | M/M <sub>☉</sub> | logT <sub>eff</sub> | P          | mody pulsacji  |
|-------------------------------------|------------------|---------------------|------------|----------------|
| Cepheids                            | 4-14             | 3.7-3.9             | 1-80 d     | rad, nierad?   |
| RR Lyr                              | 0.5-0.7          | 3.8-3.9             | 0.1-1.2 d  | rad, nierad?   |
| Miry                                | 2-3?             | 3.3-3.5             | 80-1500 d  | radialne       |
| δ Sct, SX Phe                       | 1.5-2.8          | 3.8-3.9             | 0.01-0.3 d | p, g, niskie n |
| γ Dor                               | ~1.5             | 3.8-3.85            | 0.3-1.5 d  | g, n>>1        |
| roAp                                | 1.8-2            | ~3.9                | 6-15 min   | p, n>>1        |
| SPB                                 | 3-7              | 4.1-4.3             | 0.5-4 d    | g, n>>1        |
| β Cep                               | 8-16             | 4.35-4.5            | 0.07-0.3 d | p, g           |
| solar type                          | ~1               | 3.7-3.8             | 5-16 min   | p, n>>1        |
| ZZ Cet (DAV)                        | 0.4-0.8          | 4.05-4.1            | 1-15 min   | g              |
| V777 Her (DBV)                      | ~0.6             | 4.33-4.4            | 1-15 min   | g, n>>1        |
| GW Vir(DOV+PNNV)                    | 0.6              | 4.8-5.2             | 5-33 min   | g, n>>1        |
| V361 Hya (sdB)                      | <0.5             | 4.45-4.6            | 80-600 s   | p, low n       |
| V1093 Her (sdB)                     | <0.5             | 4.4-4.48            | 45min- 2h  | g, n>>1        |
| sdOv                                | 0.5              | 4.6 – 5.0           | 60-160 s   | g, n>>1        |
| Hybrid pulsators, np. typ β Cep/SPB |                  |                     |            |                |

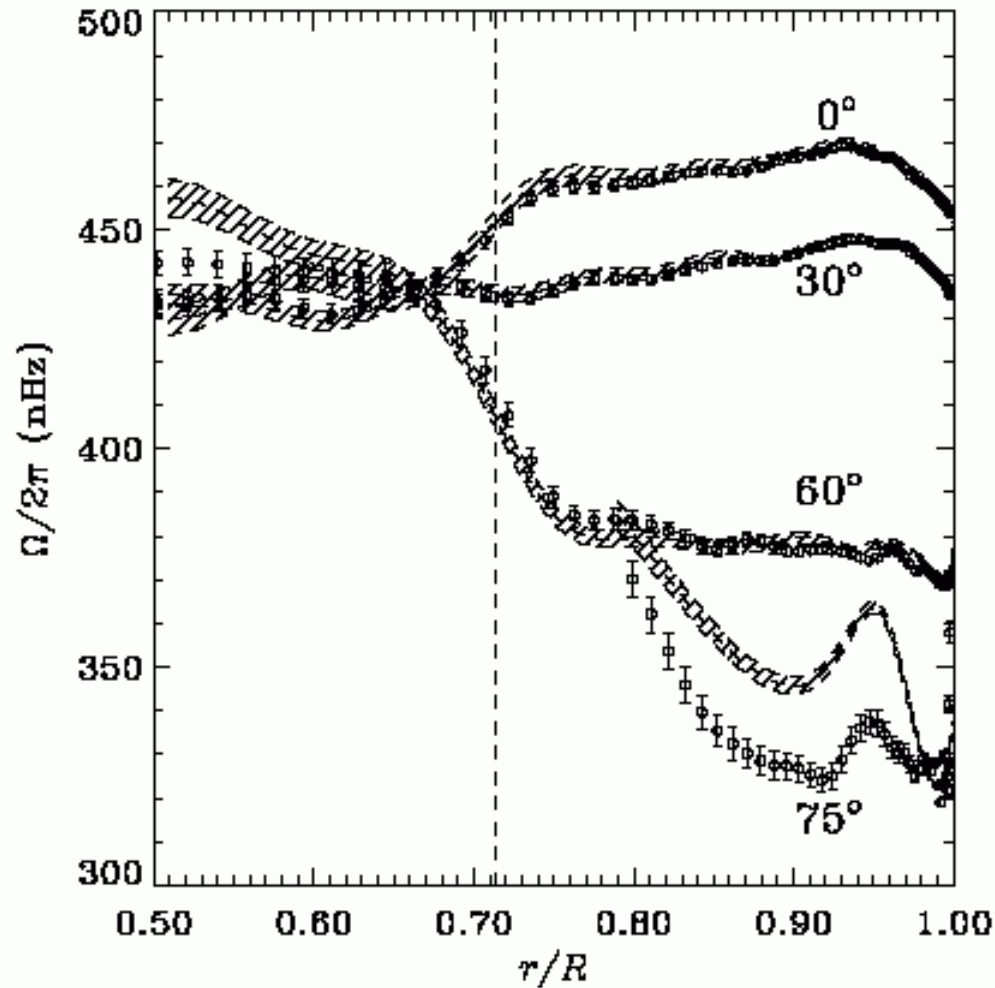
## Periodogram dla Słońca z pomiarów prędkości radialnych (eksperyment BiSON)



# Czego dowiedzieliśmy z heliosejsmologii ?

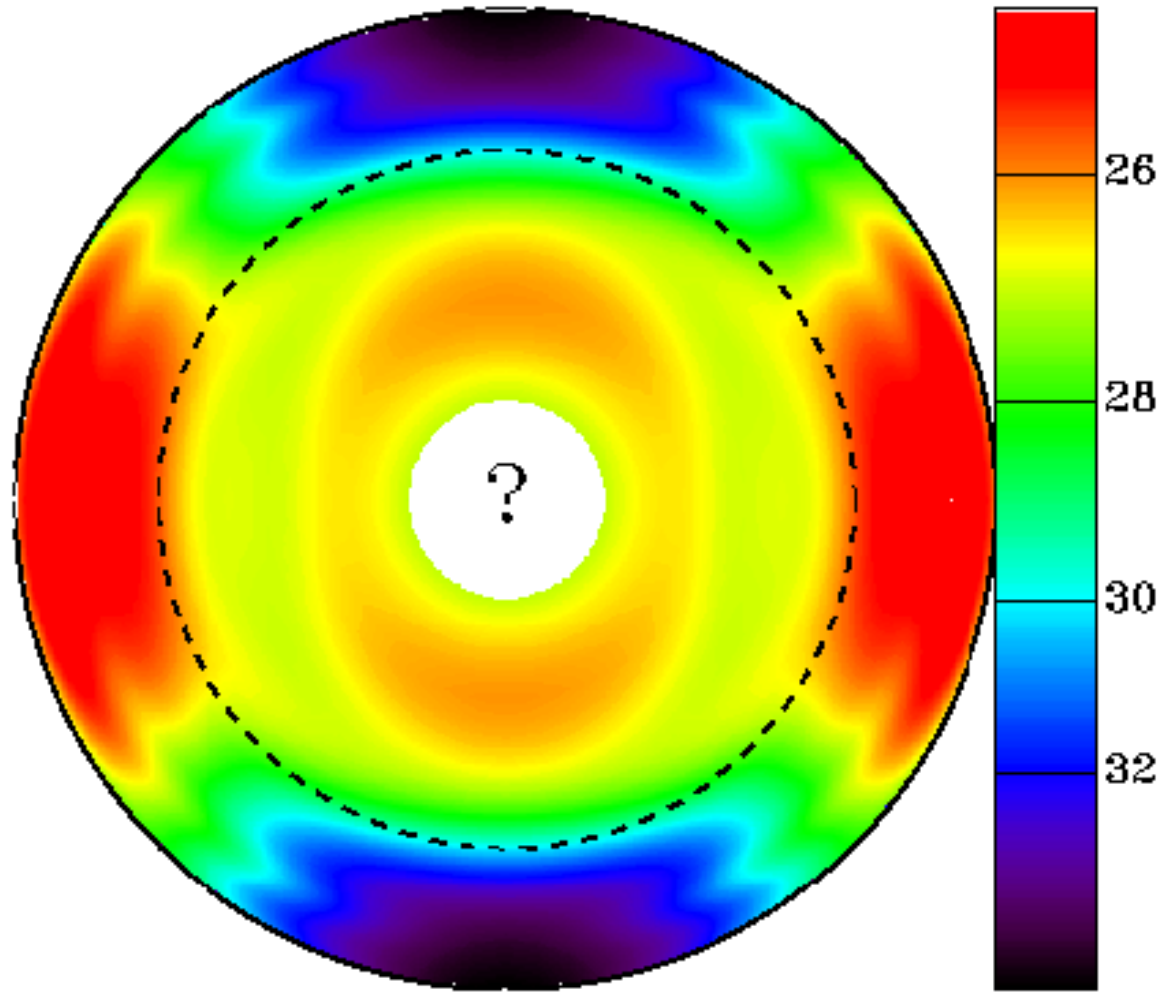
- **Wiek**
- **Głębokość warstwy konwektywnej**
- **Test tablic nieprzezroczystości, równania stanu**
  - **Obfitość helu**
  - **Profil rotacyjny,  $\Omega(r,\theta)$**

## Rotacja Słońca w funkcji $r$ , i zaznaczonymi szerokościami heliograficznymi, z danych MDI





# Rotacja Słońca



Z równości:

$$P\sqrt{\rho/\rho_{\odot}} = Q$$

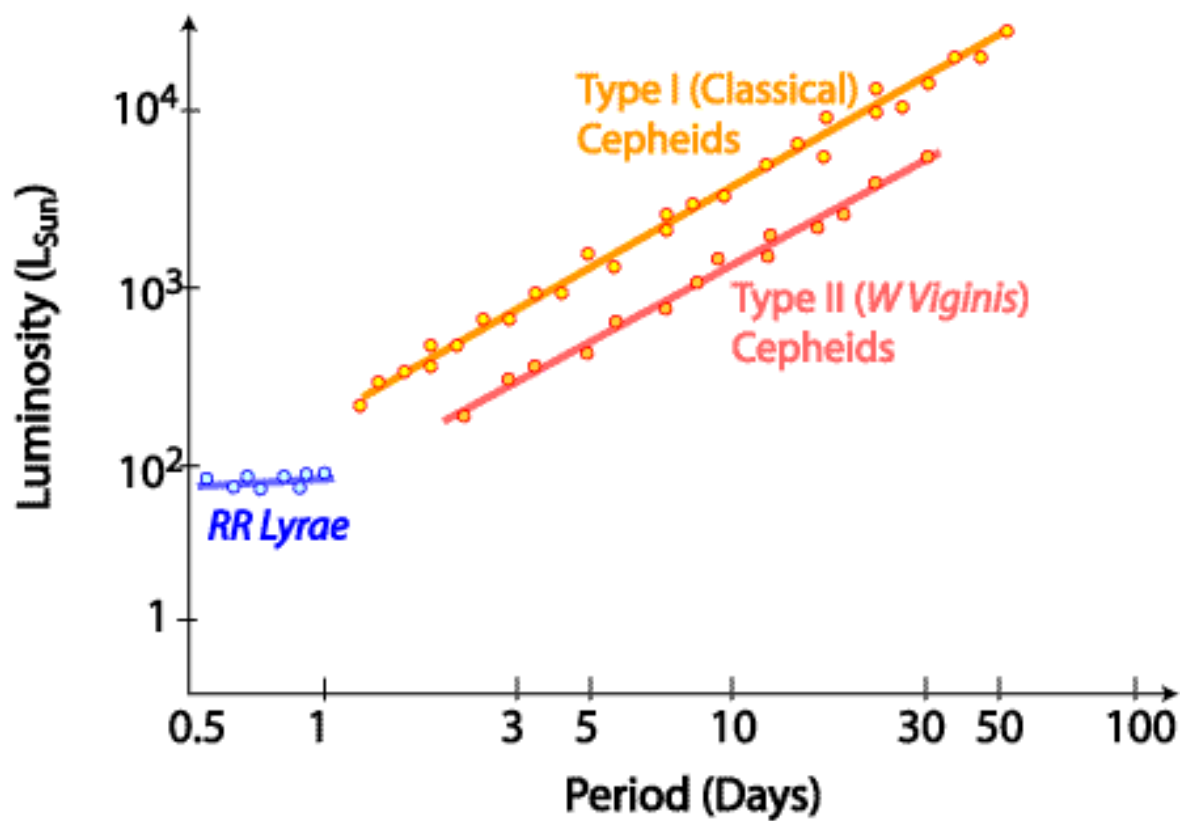
wynika zależność **okres - jasność - barwa**:

$$M_{\text{bol}} - M_{\text{bol}\odot} = -3.33 \log P + 3.33 \log Q - 10 \log T_{\text{eff}}/T_{\text{eff}\odot} + 5 \log g/g_{\odot}$$

lub

$$M_{\text{bol}} - M_{\text{bol}\odot} = -3.33 \log P + 3.33 \log Q - 10 \log T_{\text{eff}}/T_{\text{eff}\odot} - 1.67 \log M/M_{\odot}$$

## PERIOD - LUMINOSITY RELATIONSHIP



## Period - Luminosity Relationship

