

**Ponašanje spektralnih linija (zavisnost od pritiska)**

**Indikatori pritiska u spektru → odredjivanje pritiska**

## **Efekti pritiska se u spektru uočavaju na tri načina:**

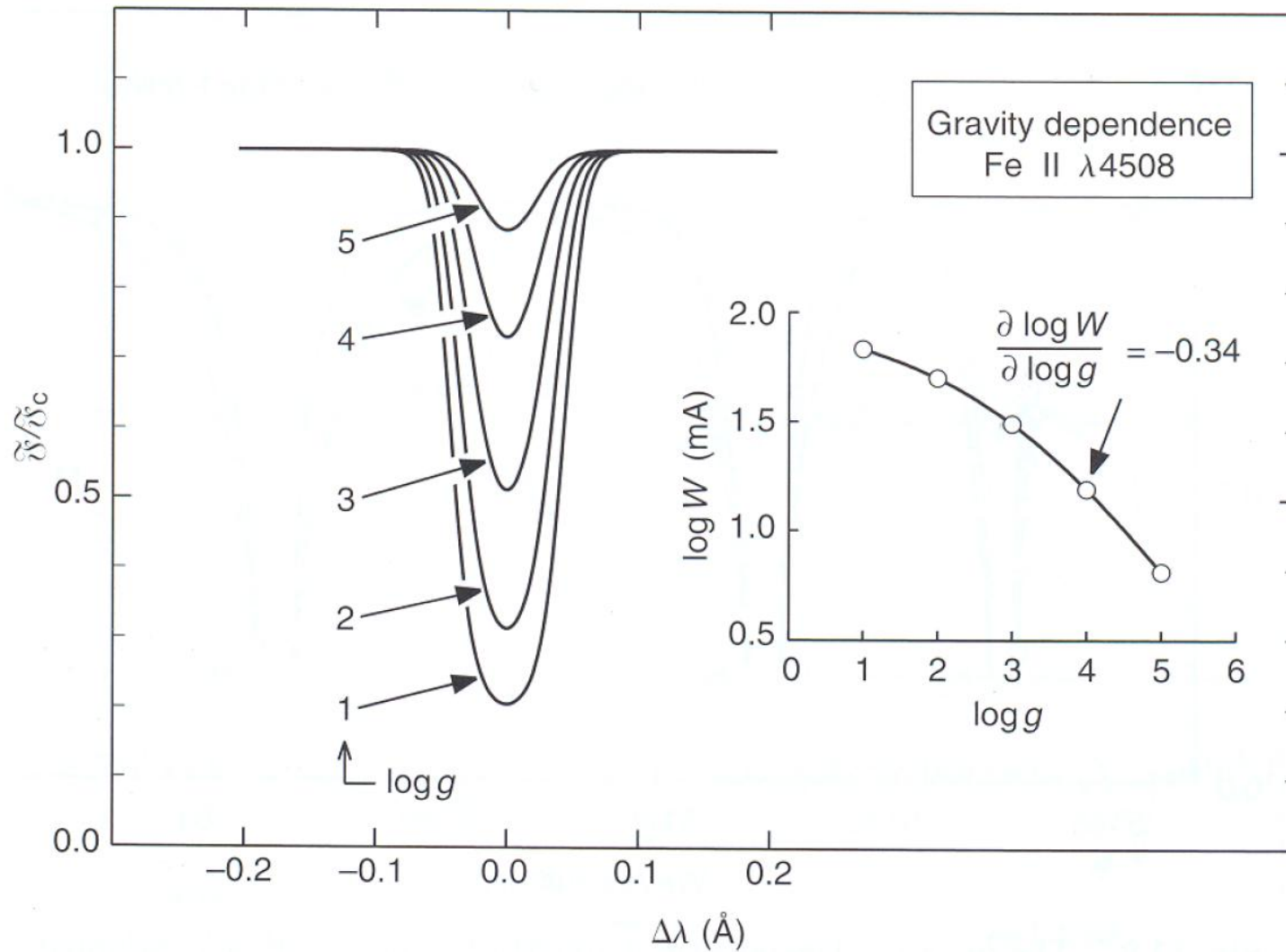
- kod slabih linija - iz odnosa koeficijenta apsorpcije u liniji i kontinuumu
- kod jakih linija - iz osetljivosti na pritisak konstante prigušenja
- kod linija vodonika – iz zavisnosti Štarkovog širenja od pritiska

# I. Slabe linije u spektrima hladnijih zvezda (F,G,K)

Ako se promenom pritiska ne menja stanje jonizacije:

- (1) Slabe linije atoma/jona elementa koji je uglavnom u višem stanju jonizacije neosetljive su na pritisak (primer: linije Fe I na Suncu,  $I=7,902$  eV)
- (2) Slabe linije atoma/jona elementa koji je uglavnom u istom stanju jonizacije osetljive su na pritisak. Sa smanjenjem pritiska pojačava se linija. Linije Fe II su dobri indikatori pritiska, kao i linije O I, koji je uglavnom neutralan ( $I = 13,618$  eV).
- (3) Slabe linije atoma/jona elementa koji je uglavnom u sledećem nižem stanju jonizacije vrlo su osetljive na pritisak. Sa smanjenjem pritiska linija je jača.

# Promena profila i ekvivalentne širine linije Fe II 450,8 nm sa log g



## II. Jake linije

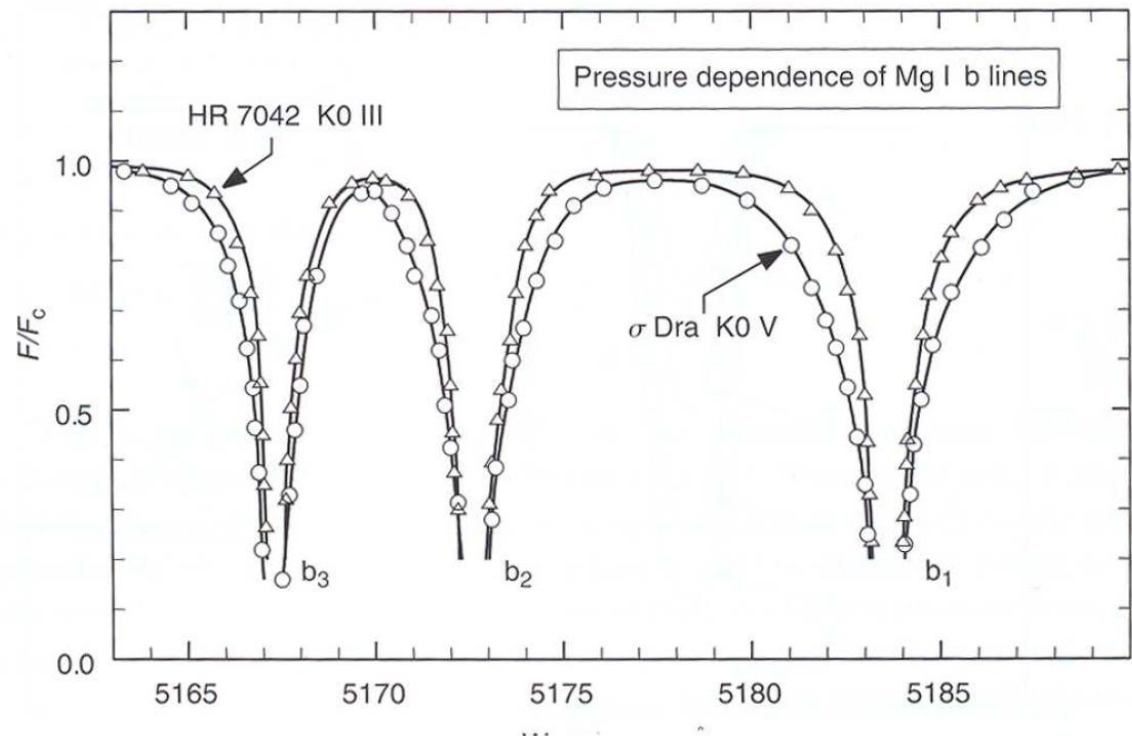
### Širenje pritiskom u krilima jakih linija Mg I b

Van der Valsovo  
širenje

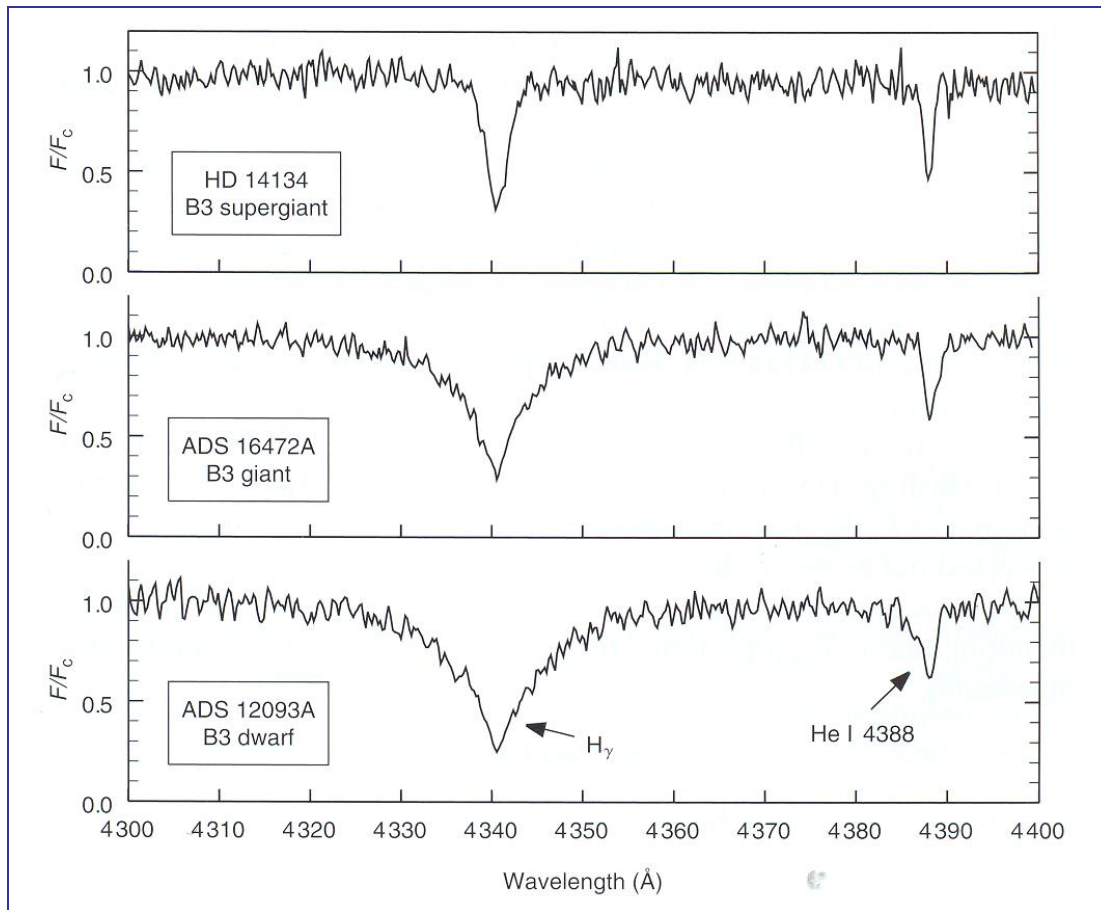
$$\gamma_6 = \Phi_6(T) p_g$$

Kvadratični  
Štarkov efekat

$$\gamma_4 = \Phi_4(T) p_e$$

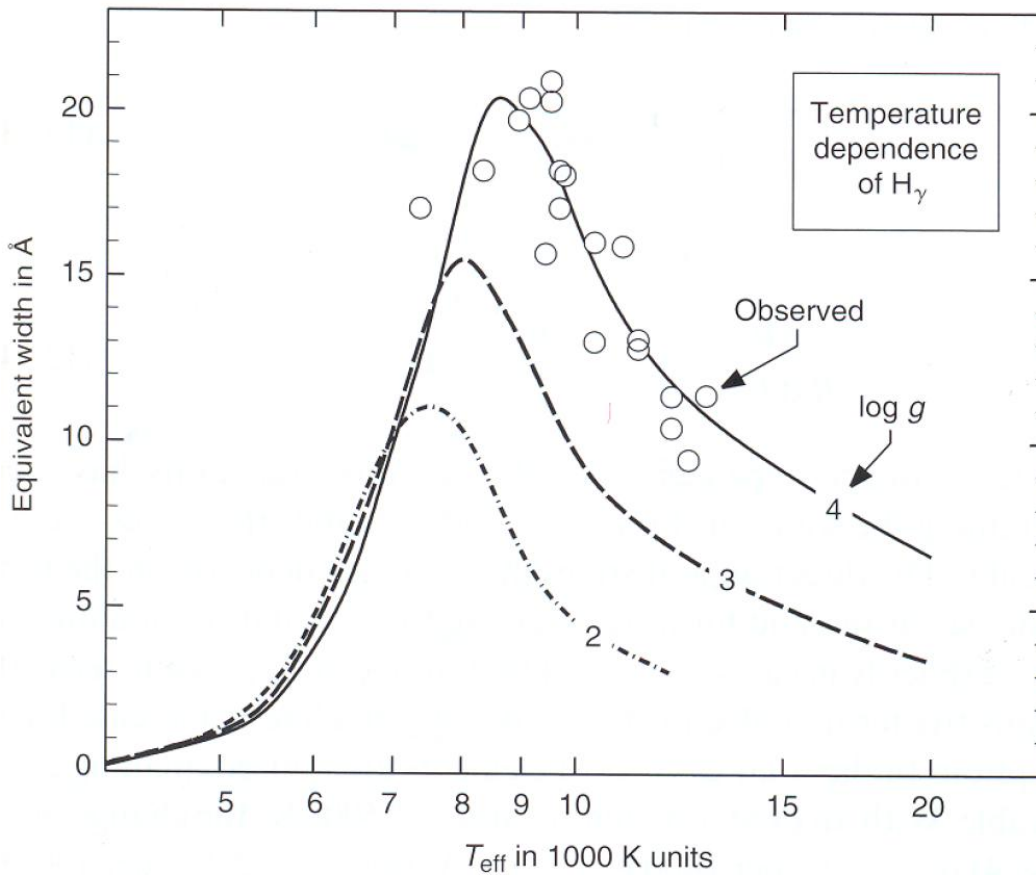


### III. Linije vodonika



Linija  $H_\gamma$  u spektrima tri B3 zvezde različitih klasa luminoznosti

Zavisnost linearnog Štarkovog efekta od pritiska

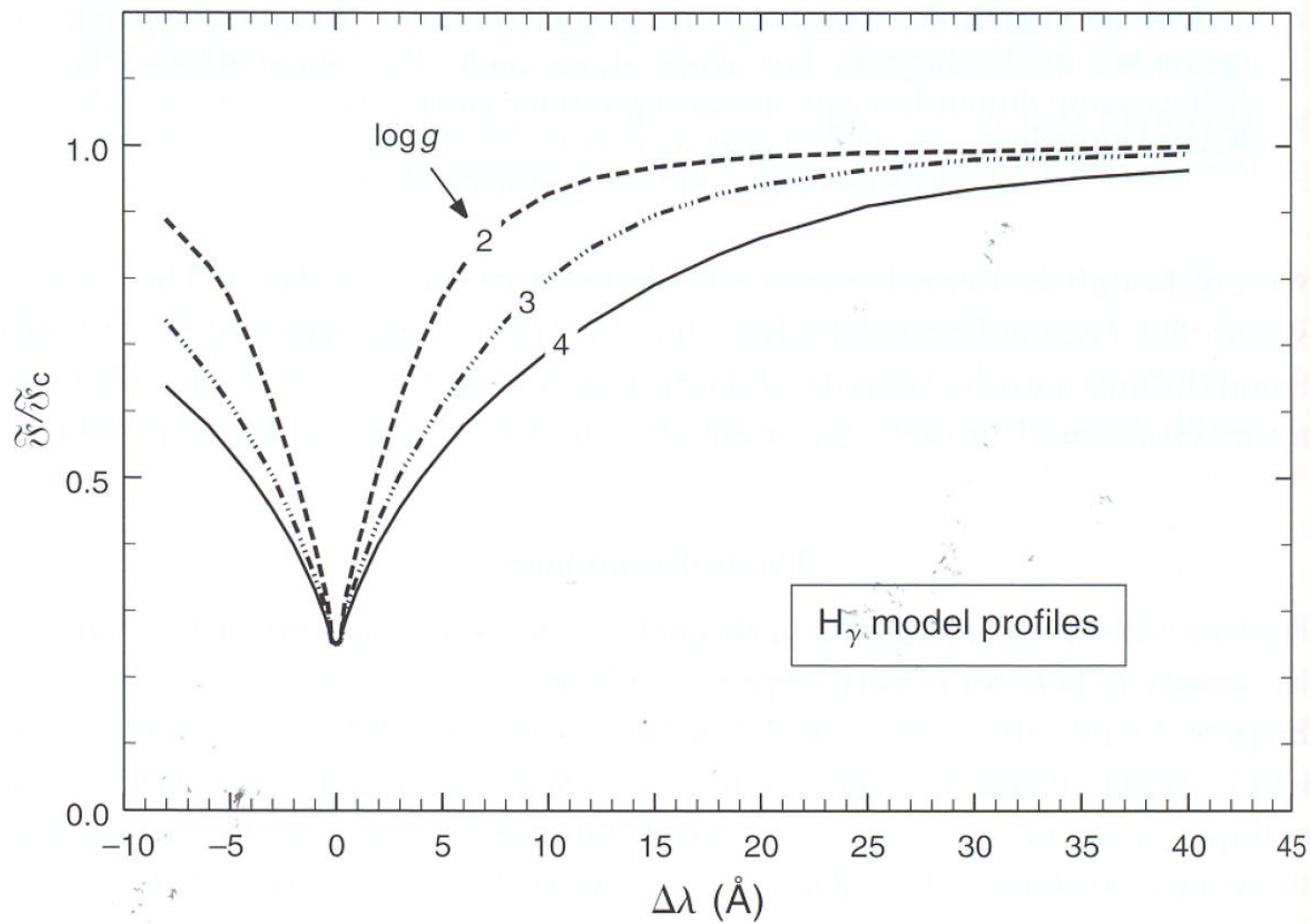


Balmerove linije vodonika su veoma osetljive na pritisak kod zvezda  $T > 7500$  K.

Jačina linije se povećava sa povećanjem pritiska.

Na nižim temperaturama linije vodonika nisu osetljive na pritisak.

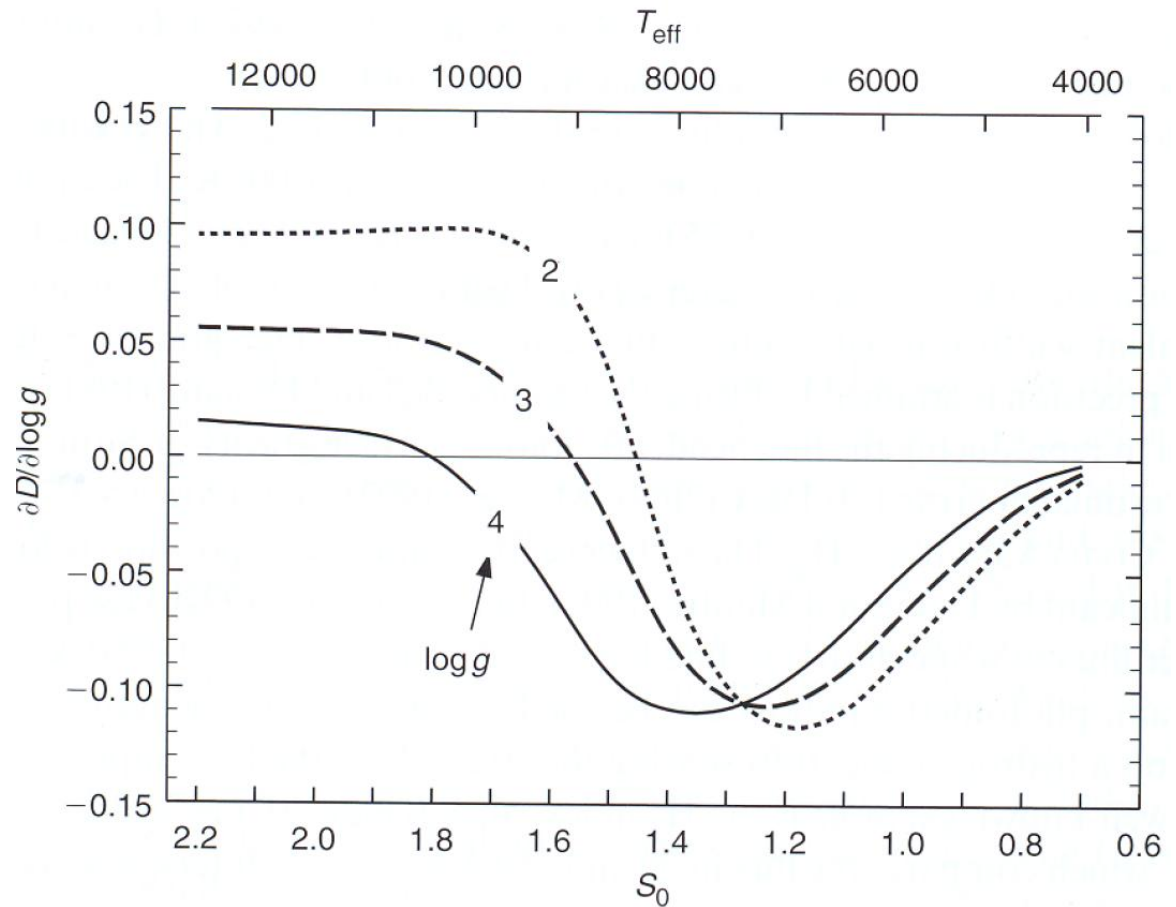
# Linije vodonika



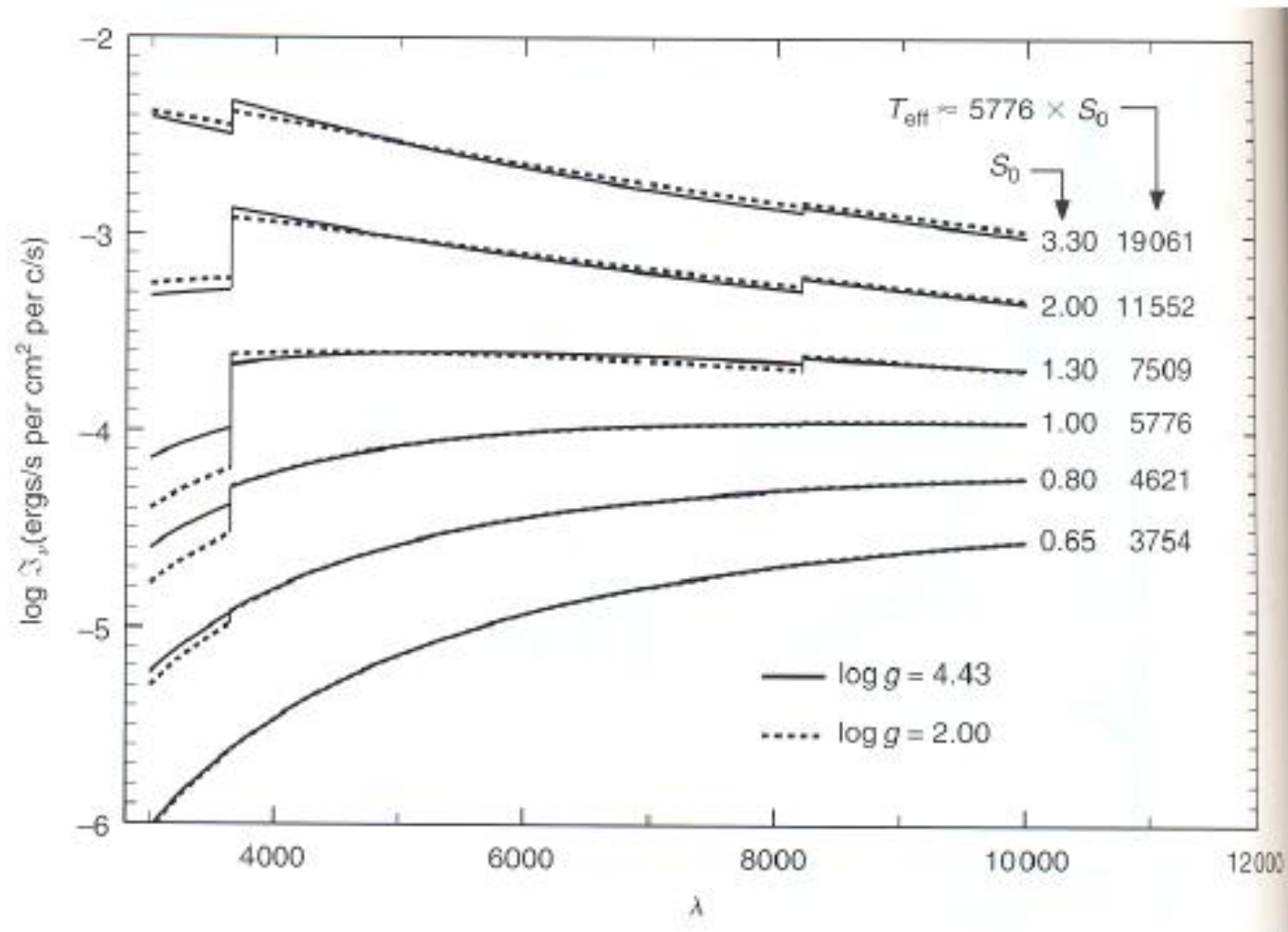


# Najbolji indikatori pritiska

**Balmerov skok** –  
jedina karakteristika u  
kontinuumu osetljiva  
na  $g$  (kod A i F  
zvezda kao mera  
elektronskog pritiska)



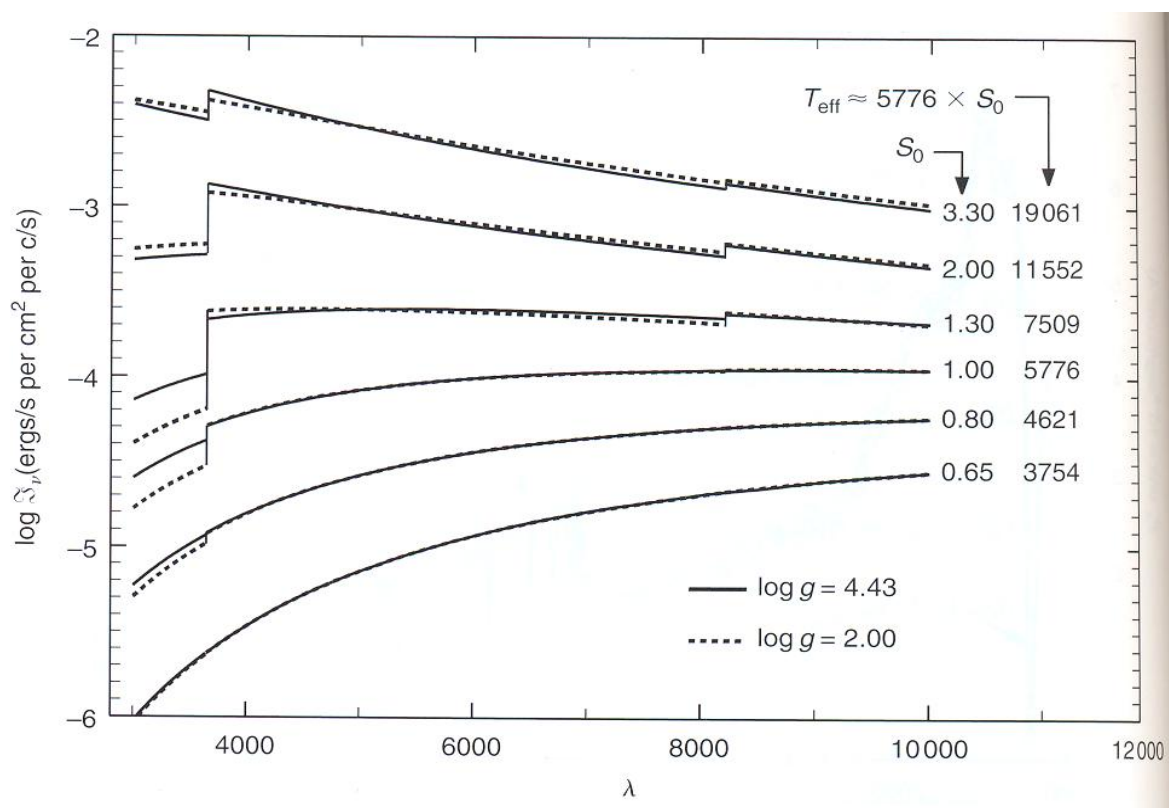
# Efekti log g na raspodelu neprekidnog spektra



Nagib Pašenovog kontinuumu malo zavisi od površinske gravitacije  $g$ , tj. pritiska.

$$S_0 = T_{\text{ef}}/T_{\text{ef}\odot}$$

# Fluks zračenja zvezda različite $T_{\text{ef}}$ i površinske gravitacije (Balmerov skok kao indikator temperature i pritiska)



**Kod zvezda čija je efektivna temperatura manja od 7500K, fluks u neprekidnom spektru raste sa porastom površinske gravitacije  $g$ . Balmerov skok je manji kod zvezda veće  $g$ . Sa povećanjem  $g$ , povećava se koncentracija elektrona i negativnog jona vodonika  $\text{H}^-$  što smanjuje Balmerov skok.**

# Balmerov skok $D = \log F_+ / F_-$

$$\frac{\chi_\nu^+}{\chi_\nu^-} = \frac{k_\nu(H^-)n(H^-)}{k_\nu(H^-)n(H^-) + k_\nu^-(H)n_H(n=2)}$$

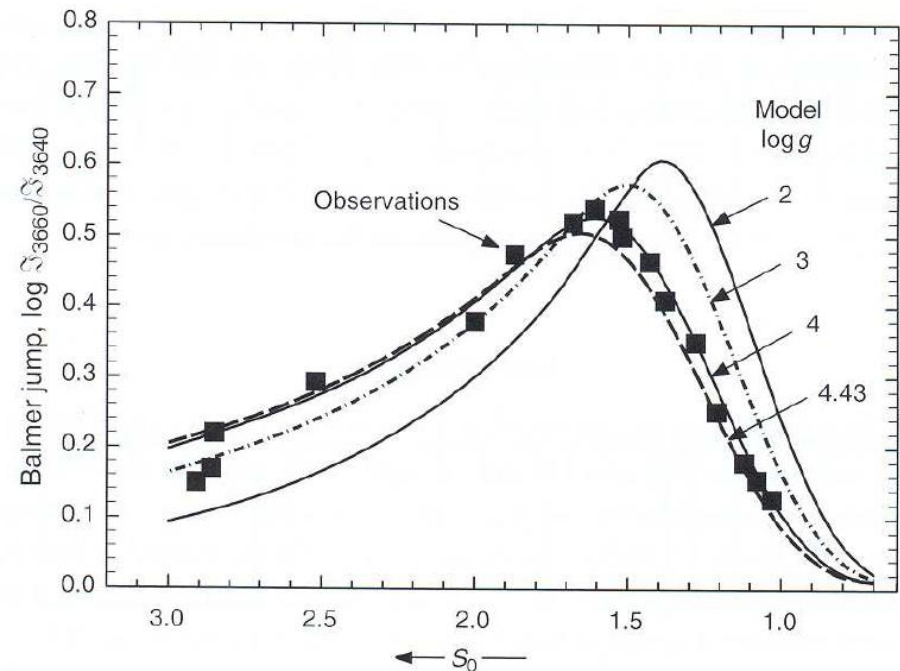
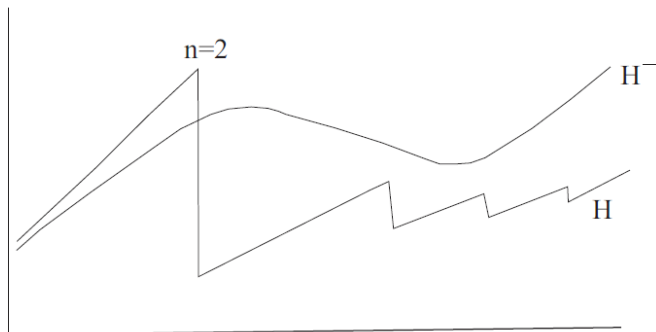
$$= \frac{k_\nu(H^-)n_H(n=1)n_e\Phi(T)}{k_\nu(H^-)n_H(n=1)n_e\Phi(T) + k_\nu^-(H)n_H(n=2)}$$

Kod toplijih F zvezda:

$$\frac{\chi_\nu^+}{\chi_\nu^-} = \frac{k_\nu(H^-)n_H(n=1)n_e\Phi(T)}{k_\nu^-(H)n_H(n=2)} \propto \frac{n_H(n=1)}{n_H(n=2)}n_e = \underline{f(T, n_e)}$$

Za zvezde  $T_{\text{ef}} = 9000\text{K}$ :

$$\frac{\chi_\nu^+}{\chi_\nu^-} \approx \frac{k_\nu^+(H)n_H(n=3)}{k_\nu^-(H)n_H(n=2)} = \underline{f(T)}$$

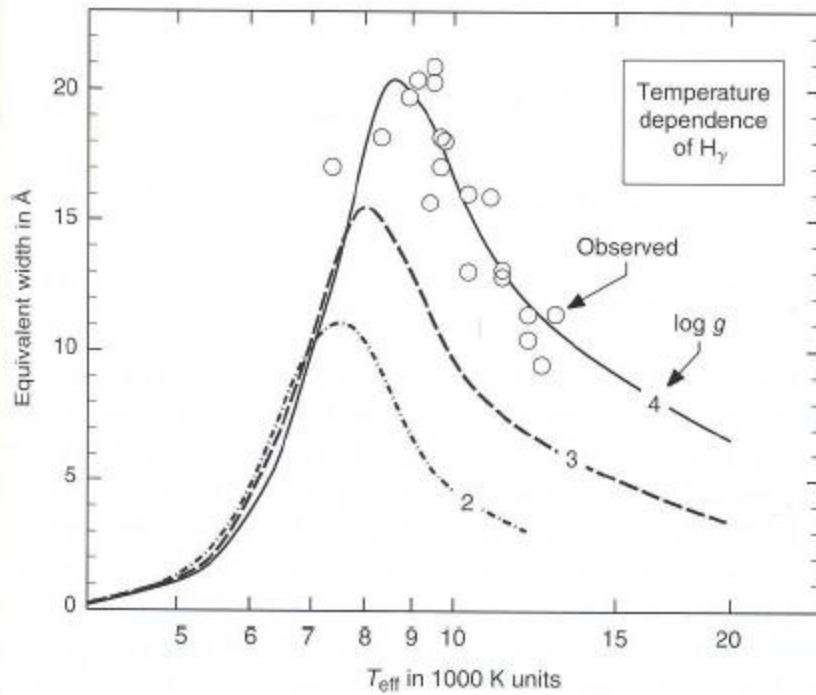


Zavisnost Balmerovog skoka od  $T_{\text{ef}}$

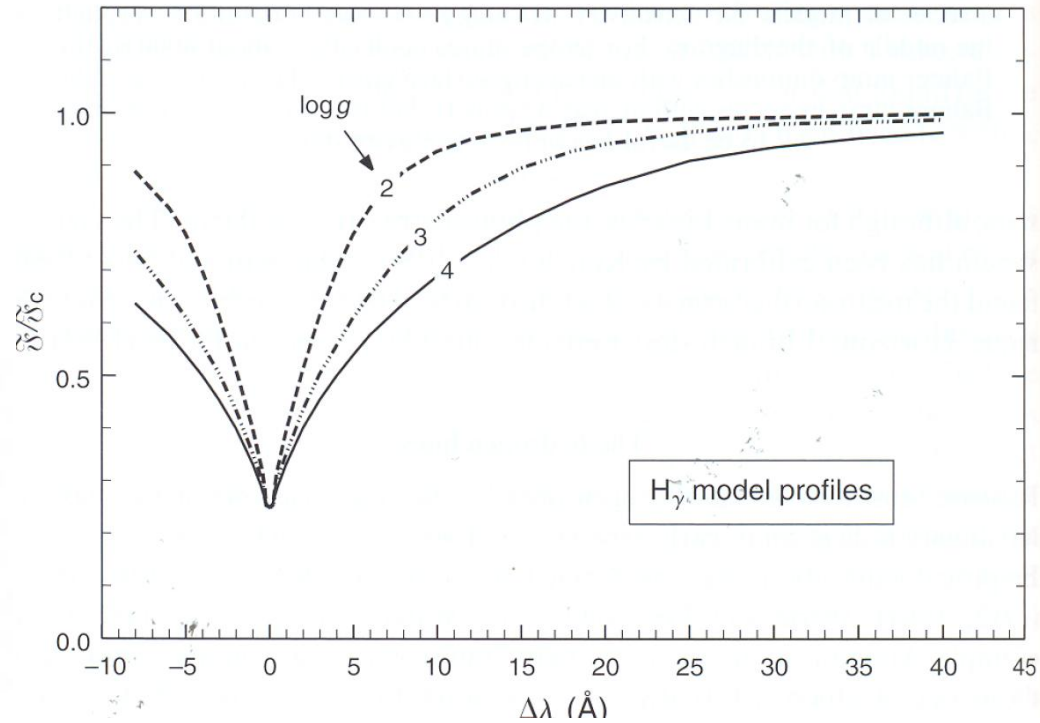
$$S_0 = T_{\text{ef}} / T_{\text{ef}\odot}$$

Koeficijent apsorpcije u kontinuumu kod zvezda poznih klasa ( $T < 8000\text{K}$ )

# Linije vodonika



Promena ekvivalentne širine linije H $\gamma$  od  $T_{\text{ef}}$

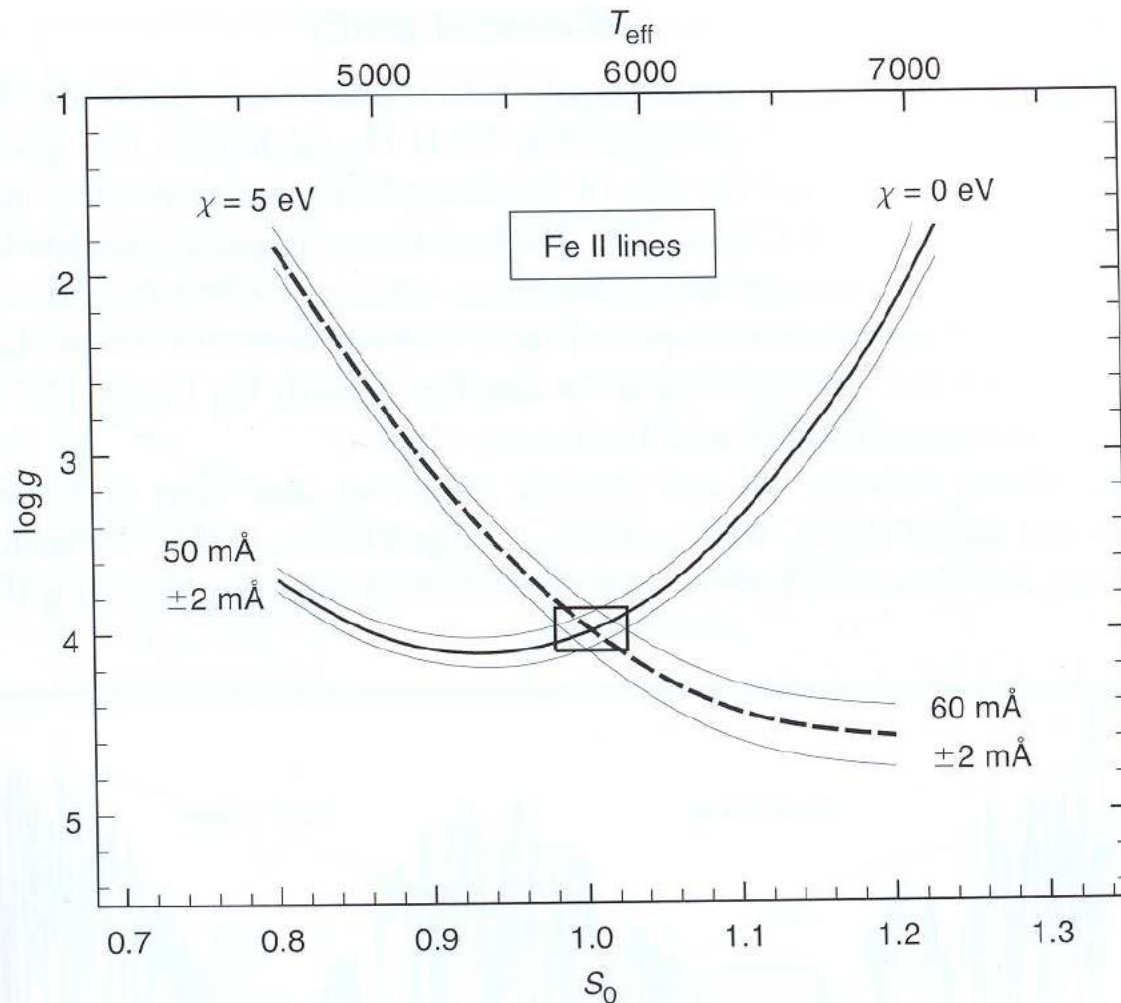


Profil linije H $\gamma$  za  $T=9820\text{ K}$  i razne  $\log g$

# Linije vodonika

- Za  $T_{\text{ef}}$  manje od 7500K jačina vodonikovih linija se znatno menja sa temperaturom dok je neosetljiva na promene pritiska (površinske gravitacije)
- Za  $T_{\text{ef}}$  veće od 7500K linije vodonika su osetljive i na pritisak, pa je potrebno na nezavisan način izmeriti pritisak da bi se jednoznačno odredila temperatura iz vodonikovih linija

# Grafik log g - T



Dve linije Fe II različitog potencijala ekscitacije ponašaju se različito sa promenom T i p.

Variraju se vrednosti T i p dok se ne dobije posmatrana vrednost ekvivalentne širine za svaku od linija. Presečna tačka je traženo rešenje.

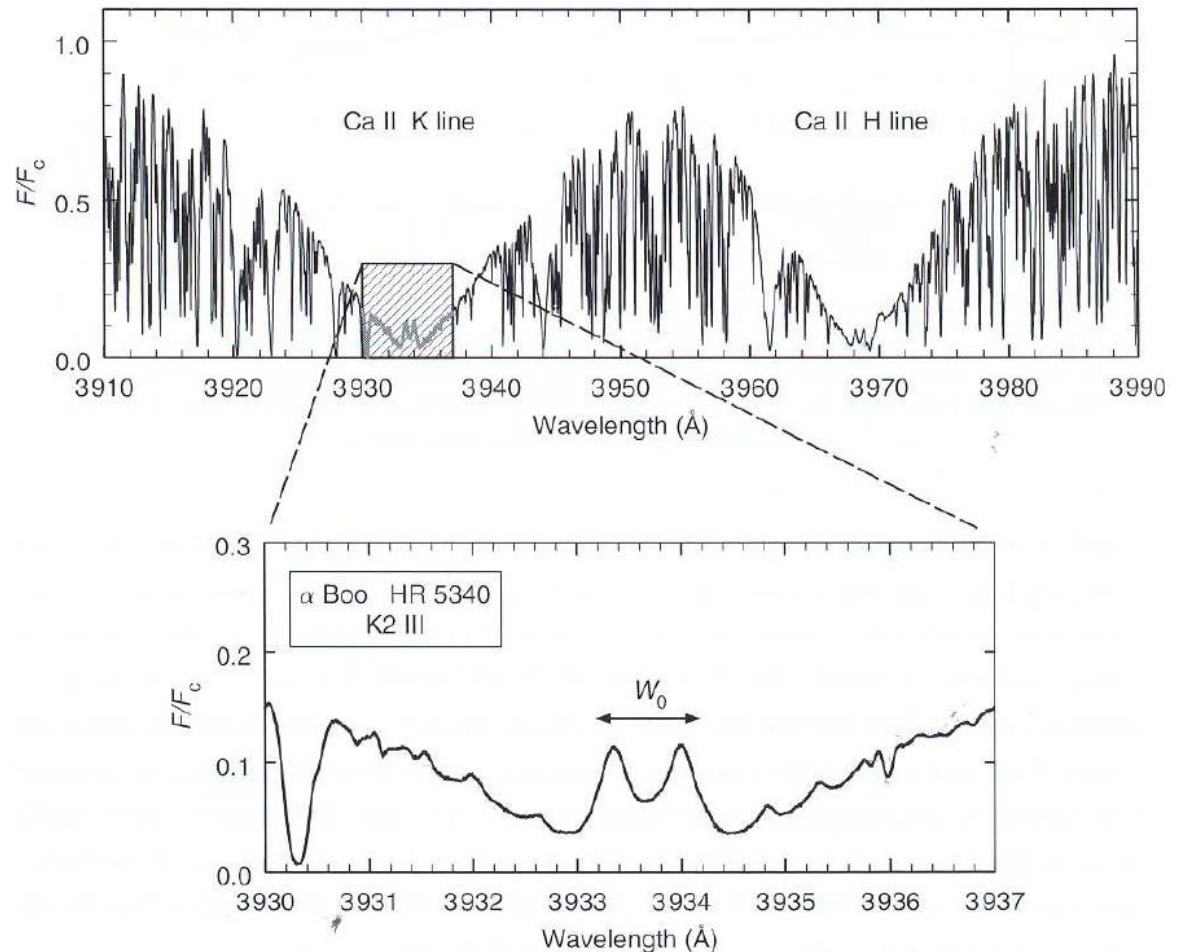


# Empirijski indikatori g

## 1. Wilson – Bappu efekat

Širina hromosferske emisije u linijama H i K Ca II raste sa smanjenjem površinske gravitacije, tj. povećanjem luminoznosti zvezde

$$M_V = a \log W_o + b$$



## 2. Makroturbulencija

Makroturbulencija je funkcija luminoznosti, tj. g – raste sa smanjenjem površinske gravitacije g.