TRANSPORTE DE ENERGIA EM ASTROFISICA
AGA 0506 – PROVA 1 – 2019

1.0

1. Assinale a alternativa correta: (?)

   ~~(a)~~ Em um sistema em equilíbrio termodinâmico a intensidade específica da radiação é nula.

   C (b) Em um sistema isotrópico a intensidade média é igual à intensidade específica.

   ~~(c)~~ As fotosferas estelares estão em equilíbrio termodinâmico.

   ~~(d)~~ Em uma atmosfera estelar o fluxo é sempre nulo.

   ~~(e)~~ A densidade de energia de um campo de radiação é essencialmente a quantidade de energia por unidade de área e por intervalo de frequência.

1.0

essa é incorreta

2. Assinale a alternativa incorreta:

   (a) A emissão contínua da fotosfera solar é semelhante à emissão de um corpo negro com temperatura da ordem de 5800 K.

   C (b) A cromosfera solar é a região da atmosfera solar com temperaturas mais altas.

   (c) As manchas solares estão geralmente associadas com o campo magnético solar.

   (d) A análise das oscilações solares pode dar informações sobre as condições físicas das camadas sub-fotosféricas do Sol.

   (e) A coroa solar pode ser estudada durante os eclipses totais do Sol.

3. A estrela supergigante α Ori (M2Iab) tem uma temperatura efetiva $T_{ef} = 3900\,\mathrm{K}$ e seu raio é $R \simeq 860\,R_\odot$. Qual é sua luminosidade em erg/s e em W?

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

4. O fluxo observado da fonte de raios γ GRB990123 é de aproximadamente $2 \times 10^{-10}\,\mathrm{W/m^2}$. A fonte está provavelmente associada a uma supernova, cuja distância é de cerca de 2000 Mpc. Qual seria a luminosidade da fonte (em W e erg/s)?

5. Mostre que a pressão magnética na coroa solar é muito superior à pressão do gás. Considere a intensidade do campo magnético $B \simeq 10\,\mathrm{Gauss}$, a densidade média do gás $n \simeq 10^9\,\mathrm{cm^{-3}}$, e a temperatura da coroa $T \simeq 2 \times 10^6\,\mathrm{K}$.

   $\downarrow P_B \simeq 100$

6. Uma estrela tem massa, raio e temperatura efetiva dados por $M = 5\,M_\odot$, $R = 10\,R_\odot$ e $T_{eff} = 12000\,\mathrm{K}$. Sua luminosidade está acima ou abaixo do limite de Eddington?

$P \times V =$ energia

$P = nRT$

$P = \frac{10^9 . 8{,}3 . 10^7 . 2 . 10^6}{6 . 10^{23}}$

$P = \frac{10^9}{cm^3} . \frac{8{,}314 . 10^7\,erg}{mol} . 10^6$

$PV = nRT$

$\frac{n}{V} =$

$\nu = \frac{\lambda}{c}$

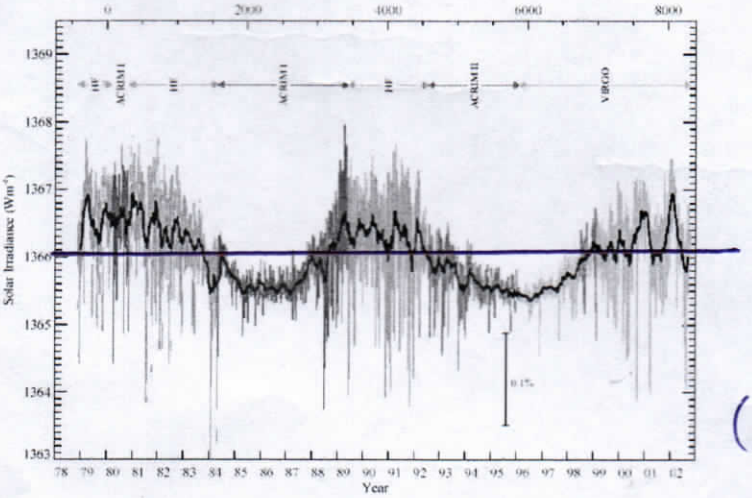
$\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$

$\frac{\Delta\nu}{\nu} = \frac{\Delta\lambda / c}{\lambda / c}$

R

$1mol = \frac{6 . 10^{23}}{mol}$ (cte avogadro)

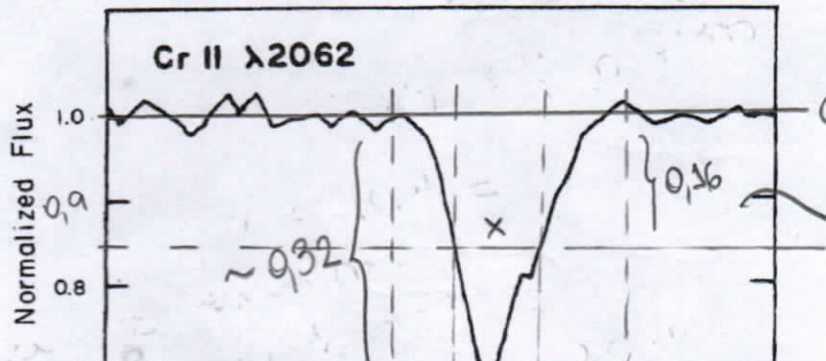
7. A figura a seguir mostra a variação da "constante solar", ou irradiância, com o tempo, desde 1978 até 2002. A irradiância é uma medida do fluxo de radiação solar que chega no alto da atmosfera terrestre, sendo medida em W/m^2.
   (a) Estime o valor médio da irradiância no intervalo de tempo considerado em W/m^2 e em erg cm^{-2} s^{-1}.
   (b) Considerando que a distância média da Terra ao Sol é de 149.6 milhões de km, estime a luminosidade solar em erg/s e em W.



$\sim 1366 \frac{W}{m^2}$ (estimativa)

$\sim 1366 \cdot 10^3 \frac{erg}{s.cm^2}$

8. A figura abaixo mostra a linha do Cr II λ2062 Å em absorção de origem interestelar na direção da estrela ξ Persei (Cardelli et al., ApJ 377, L57, 1991). A ordenada mostra o fluxo normalizado, e a abscissa é a velocidade heliocêntrica. Estime a largura equivalente da linha, expressando seu resultado em km/s e em mÅ.



contínuo

meia altura

~0,68

(Questões 1, 2, 3, 4, 5, 6: 1 ponto, Questões 7, 8: 2 pontos).

~ 10 km/s $= x$

largura à meia altura

Universidade de São Paulo
Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas

NOME [redacted] N.º USP

CURSO

DISCIPLINA

DATA 2

NOTA	EXAMINADORES
~~8,0~~ 8.5	oito

(1.0) 3) $T_{ef} = 3900K$; $R \cong 860 R_\odot$

$R_\odot = 6{,}95 \cdot 10^{10} cm$; $\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-5} \frac{erg}{cm^2 s K^4}$

daí: $L = 4\pi R^2 \sigma T^4 = 4\pi (860 R_\odot)^2 \sigma T_{ef}^4$

$$L = 4\pi\, 860^2 (6{,}95 \cdot 10^{10})^2 \cdot 5{,}67 \cdot 10^{-5} \cdot 3900^4$$

então: $L \cong 5{,}89 \cdot 10^{38} \frac{erg}{s}$ ou $L = 5{,}89 \cdot 10^{31} W$

(1.0) 4) $F_\gamma = 2 \cdot 10^{-10} W/m^2$; $r = 2000 Mpc$

conhecemos: $F_\gamma = \frac{L}{4\pi r^2}$ → área de uma esfera com raio da dist. até o objeto

logo: $2 \cdot 10^{-10} \frac{W}{\cancel{m^2}} \cdot 4\pi \cdot (2000 \cdot 10^6 \cdot 3{,}1 \cdot 10^{16} \cancel{m})^2 = L$

portanto: $L \cong 9{,}66 \cdot 10^{42} W$ ou $L = 9{,}66 \cdot 10^{49} \frac{erg}{s}$

$\sim 10^{43} W$ $\sim 10^{50} erg/s$

1.0

5) $B \cong 10\,Gauss$; $n \cong 10^9 cm^{-3}$; $T \cong 2.10^6 K$

pressão magnética: $P_B = \frac{B^2}{8\pi}$ (cgs)

logo: $P_B = \frac{100}{8\pi} \rightarrow \boxed{P_B \cong 4\, dyn/cm^2}$

pressão do gás: $P = n.R.T$

tal que $R = N_A . k_B \cong 8{,}3.10^7\, erg\, K^{-1} mol^{-1}$

$\downarrow$ cte Avogadro $\searrow$ cte Boltzmann

daí: $P = \frac{10^9}{cm^3} . 8{,}3.10^7 \frac{erg}{\cancel{K}.mol} . 2.10^6 \cancel{K}$

$1\, mol \cong 6.10^{23}$

logo: $P_{gás} \cong 928 \frac{erg}{cm^3} = \boxed{928\, dyn/cm^2}$

Portanto, conclue-se que $P_B > P_{gás}$

pressão magnética | pressão gás

1.0

6) $M = 5M_\odot$; $R = 10R_\odot$; $T_{ef} = 12000K$

Limite de Eddington:

$$\underbrace{\frac{L}{L_\odot} \cong 3{,}4 \cdot 10^4 \frac{M}{M_\odot}}$$

portanto, precisamos da luminosidade dessa estrela:

$$L = 4\pi R^2 \sigma T_{ef}^4 = 4\pi \cdot \underbrace{(10 \cdot 6{,}95 \cdot 10^8)^2 \cdot 5{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot 12000^4}_{SI}$$

$$\boxed{L \cong 7{,}14 \cdot 10^{29} W}$$ $7 \cdot 10^{36}$ erg/s

Como $L_\odot \cong 3{,}85 \cdot 10^{26} W$, ficamos com:

$$\frac{L}{L_\odot} \cong \frac{7{,}14 \cdot 10^{29}}{3{,}85 \cdot 10^{26}} \cong 1850$$

Agora, o outro lado do limite de Eddington:

$$3{,}4 \cdot 10^4 \cdot \frac{M}{M_\odot} = 3{,}4 \cdot 10^4 \cdot \frac{5\cancel{M_\odot}}{\cancel{M_\odot}} = 17 \cdot 10^4$$

Portanto, com $\frac{L}{L_\odot} \ll 3{,}4 \cdot 10^4 \frac{M}{M_\odot}$, sua luminosidade está ABAIXO do limite de Eddington.

1.0

1,5

7a) Do gráfico, com a linha traçada na figura, o valor médio da irradiância pode ser estimado em:

$$R \cong 1366 \frac{W}{m^2} \text{ ou } R \cong 1366 \cdot 10^3 \frac{erg}{s \cdot cm^2}$$ C

b) Podemos usar: $F_\odot = \dfrac{L_\odot}{4\pi r^2}$

tal que $r = 1UA \cong 1{,}5 \cdot 10^{11} m = 1{,}5 \cdot 10^{13} cm$

C

no SI: $L_\odot = 1366 \cdot 4\pi \cdot (1{,}5 \cdot 10^{11})^2 \Rightarrow L_\odot \cong 3{,}86 \cdot 10^{26} W$

em cgs: $L_\odot = 1366 \cdot 10^3 \cdot 4\pi (1{,}5 \cdot 10^{13})^2 \Rightarrow L_\odot \cong 3{,}86 \cdot 10^{33} \dfrac{erg}{s \cdot \cancel{cm^2}}$

?

1.0

8) linha do Cr II em 2062 Å $= 2{,}062 \cdot 10^6$ mÅ

Da figura, estimou-se uma largura de $\Delta v \cong 10$ km/s

Muito grosseiro!

~ 3 km/s

Daí, podemos estimar a largura em unidades de comprimento de onda:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\Delta v}{c} \Rightarrow \Delta\lambda = \lambda \cdot \frac{\Delta v}{c}$$

$$\Delta\lambda = 2{,}062 \cdot 10^6 \text{mÅ} \cdot \underbrace{\frac{10}{3 \cdot 10^5}}_{(km/s)} \Rightarrow \Delta\lambda \cong 68{,}73 \text{mÅ}$$

~ 20 mÅ