

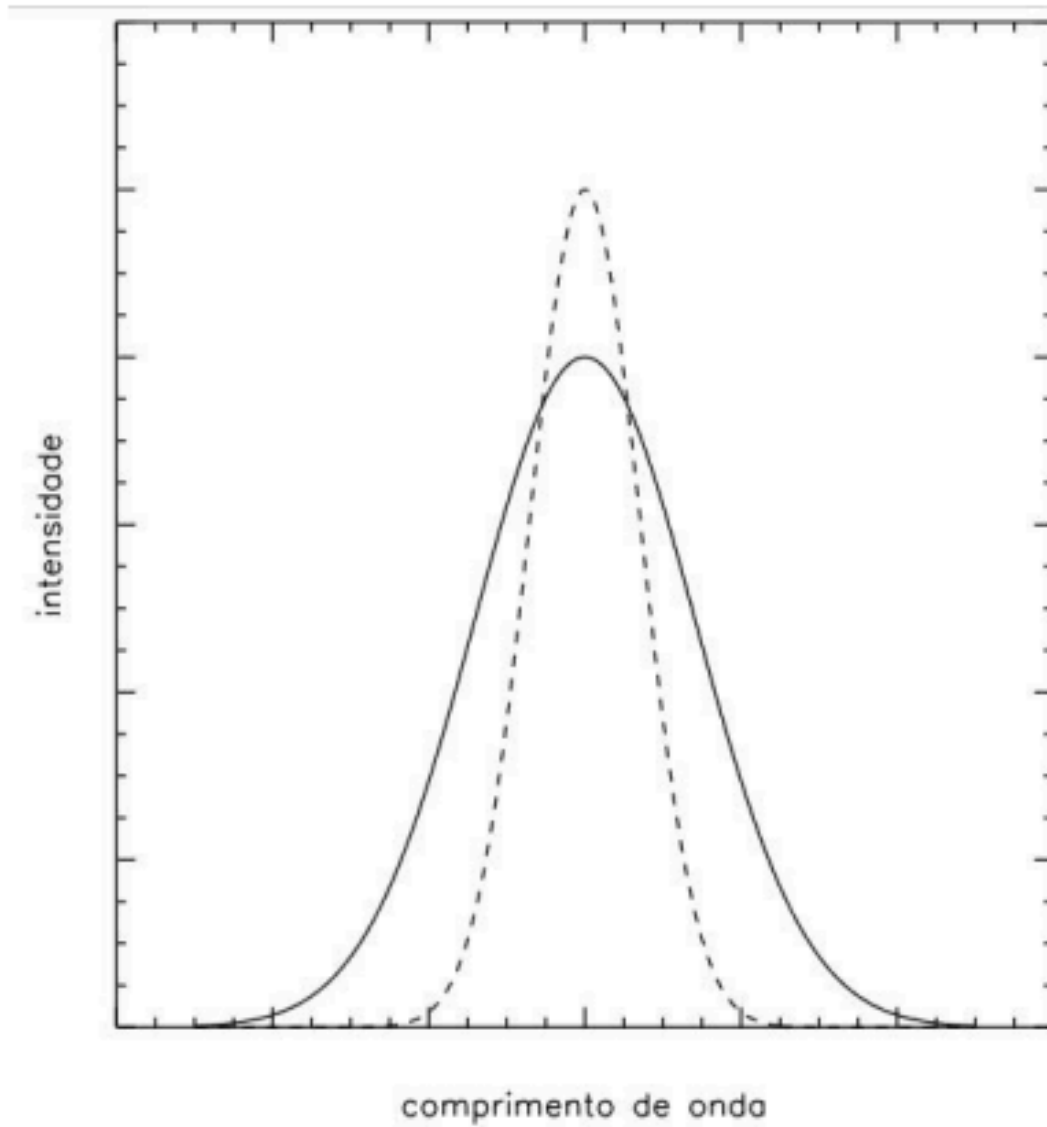
MARIA CLARA

REVISÃO

P3



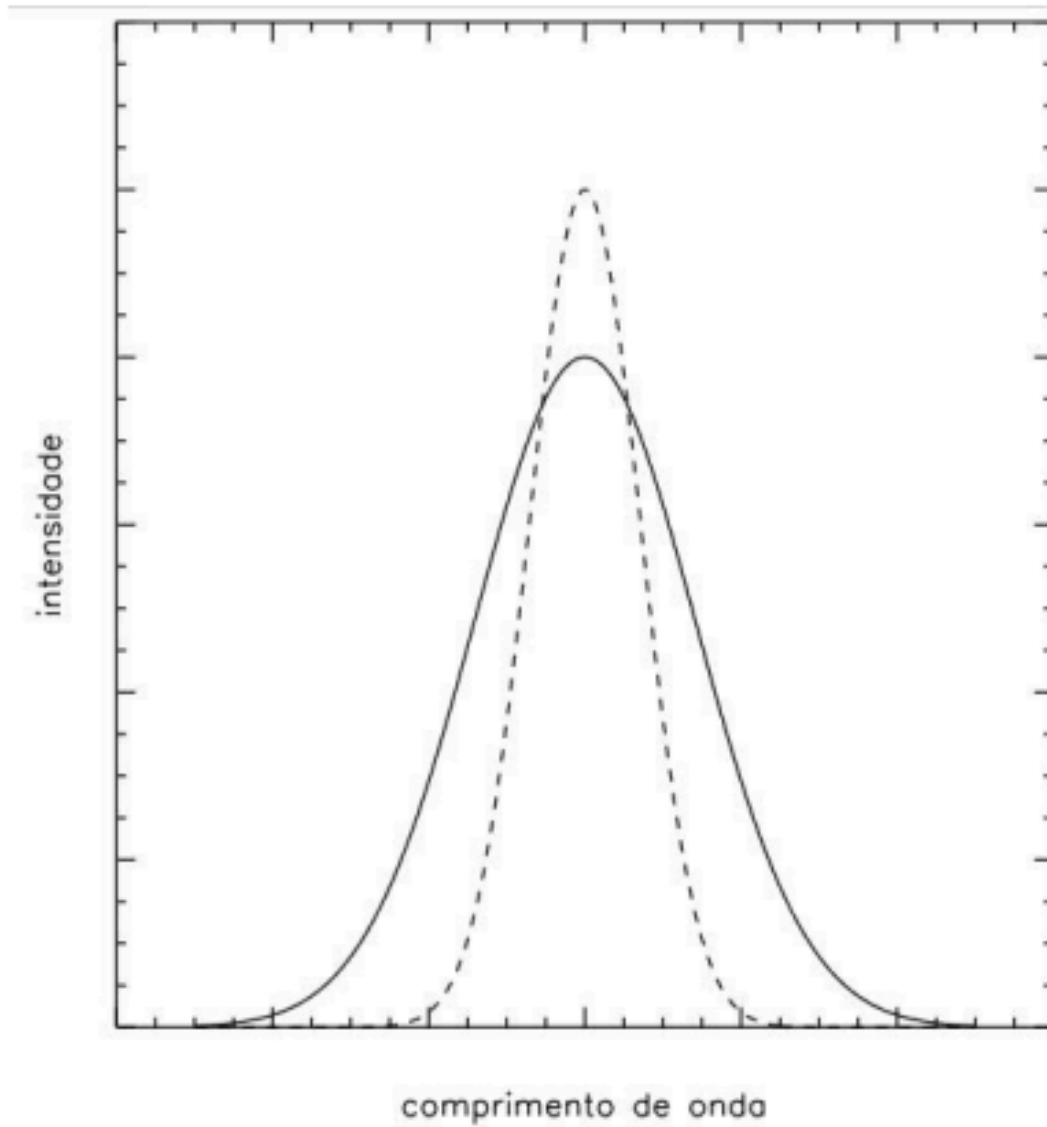
11) O radiotelescópio James Clerk Maxwell, no Havaí, foi utilizado para observar duas nuvens moleculares **A** e **B**, com o objetivo de detectar a emissão de uma linha espectral associada com a molécula de monóxido de carbono (CO). As linhas observadas estão representadas na figura. A linha tracejada corresponde à emissão de CO da nuvem molecular **A** e a linha contínua corresponde à emissão de CO da nuvem molecular **B**.



Considere que as nuvens moleculares não têm rotação própria e ignore os efeitos de turbulência.

- () A largura das linhas está relacionada com a dispersão de velocidades das moléculas de CO
- () Uma maior dispersão de velocidades está associada a uma maior temperatura da nuvem molecular
- () O efeito responsável pela alteração do comprimento de onda da linha devido à velocidade das moléculas é o efeito de Doppler
- () A nuvem molecular com uma temperatura média mais elevada é a nuvem A

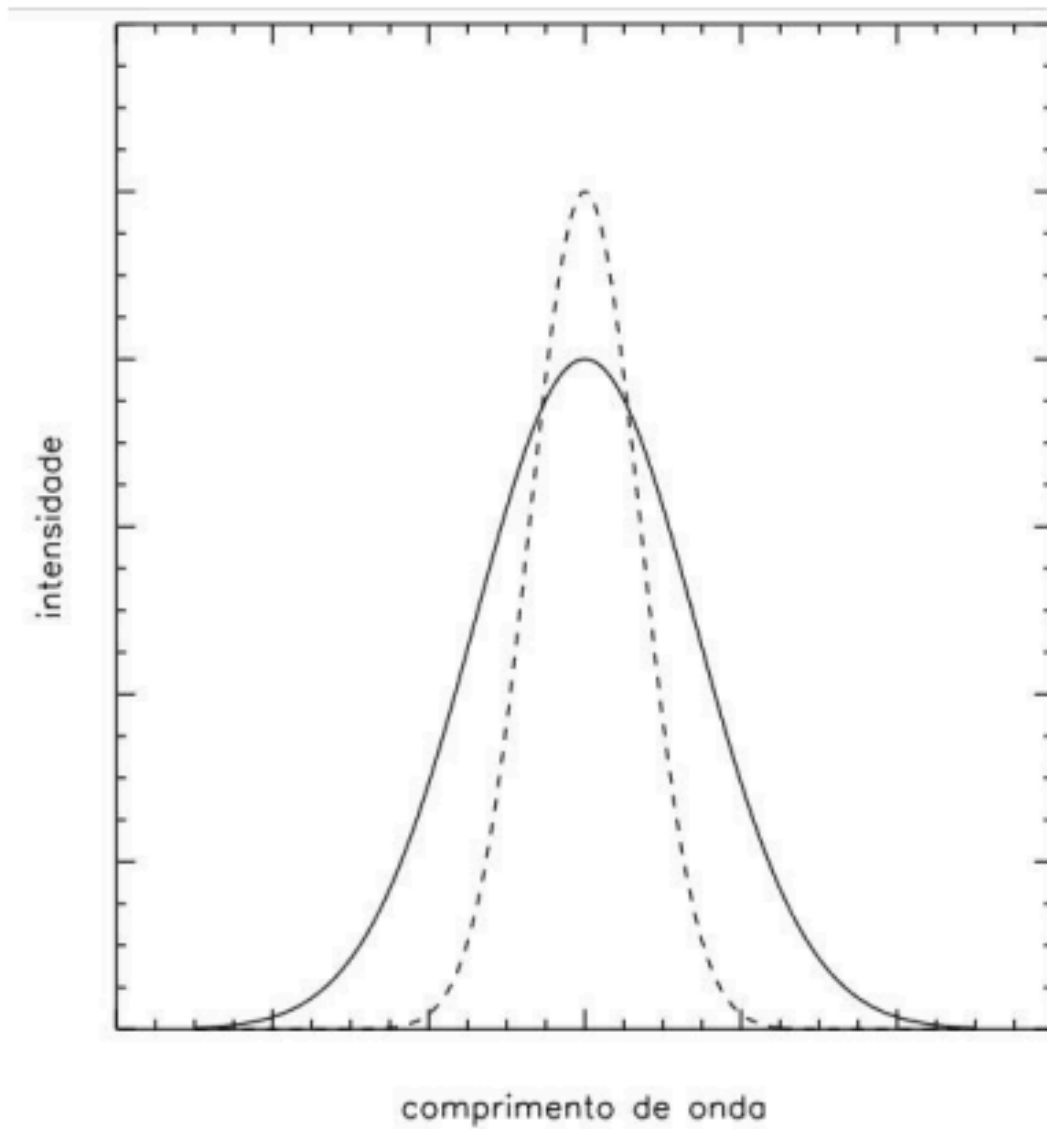
11) O radiotelescópio James Clerk Maxwell, no Havaí, foi utilizado para observar duas nuvens moleculares **A** e **B**, com o objetivo de detectar a emissão de uma linha espectral associada com a molécula de monóxido de carbono (CO). As linhas observadas estão representadas na figura. A linha tracejada corresponde à emissão de CO da nuvem molecular **A** e a linha contínua corresponde à emissão de CO da nuvem molecular **B**.



Considere que as nuvens moleculares não têm rotação própria e ignore os efeitos de turbulência.

- (V) A largura das linhas está relacionada com a dispersão de velocidades das moléculas de CO
- () Uma maior dispersão de velocidades está associada a uma maior temperatura da nuvem molecular
- () O efeito responsável pela alteração do comprimento de onda da linha devido à velocidade das moléculas é o efeito de Doppler
- () A nuvem molecular com uma temperatura média mais elevada é a nuvem A

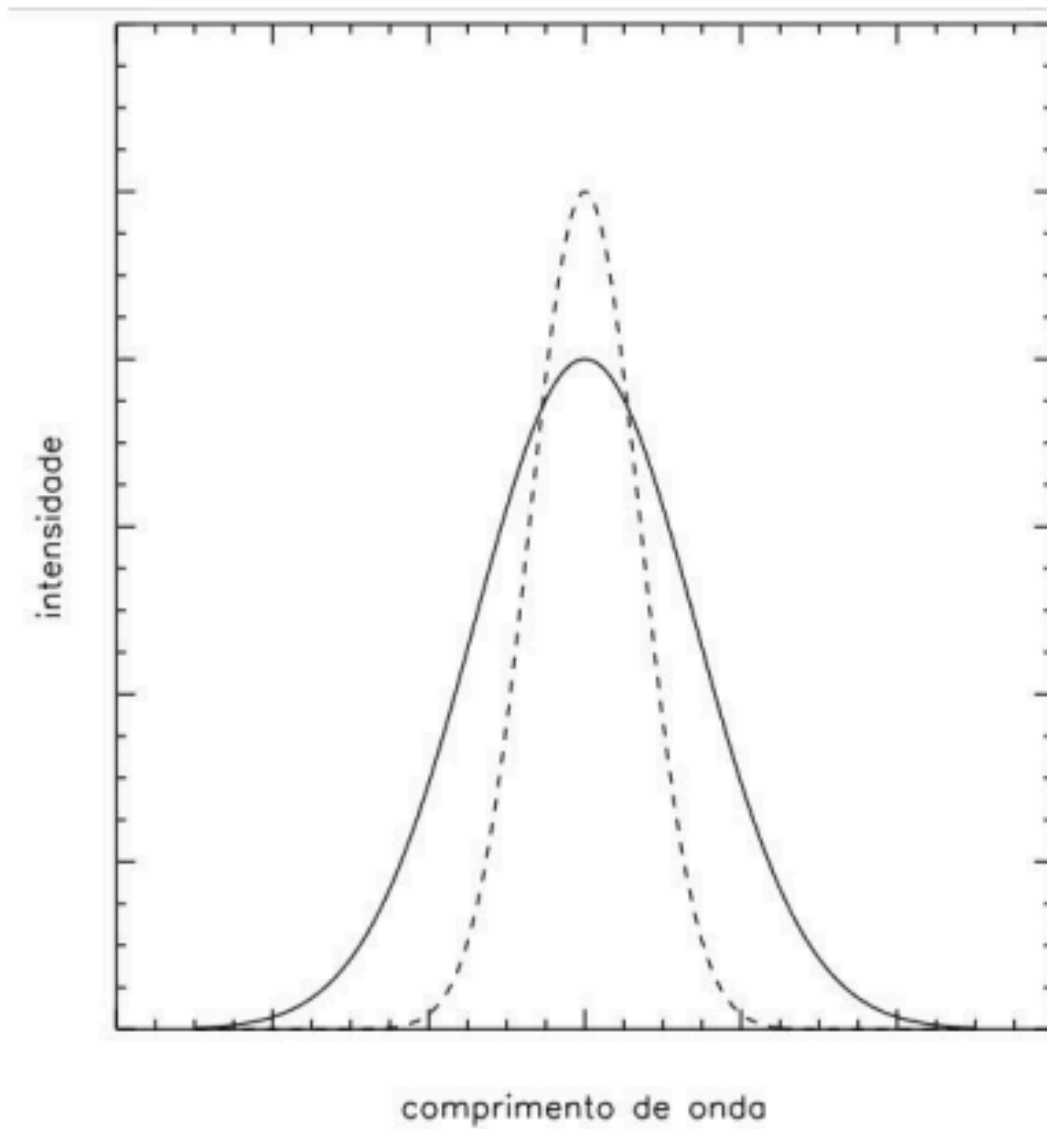
11) O radiotelescópio James Clerk Maxwell, no Havaí, foi utilizado para observar duas nuvens moleculares **A** e **B**, com o objetivo de detectar a emissão de uma linha espectral associada com a molécula de monóxido de carbono (CO). As linhas observadas estão representadas na figura. A linha tracejada corresponde à emissão de CO da nuvem molecular **A** e a linha contínua corresponde à emissão de CO da nuvem molecular **B**.



Considere que as nuvens moleculares não têm rotação própria e ignore os efeitos de turbulência.

- (V) A largura das linhas está relacionada com a dispersão de velocidades das moléculas de CO
- (V) Uma maior dispersão de velocidades está associada a uma maior temperatura da nuvem molecular
- () O efeito responsável pela alteração do comprimento de onda da linha devido à velocidade das moléculas é o efeito de Doppler
- () A nuvem molecular com uma temperatura média mais elevada é a nuvem A

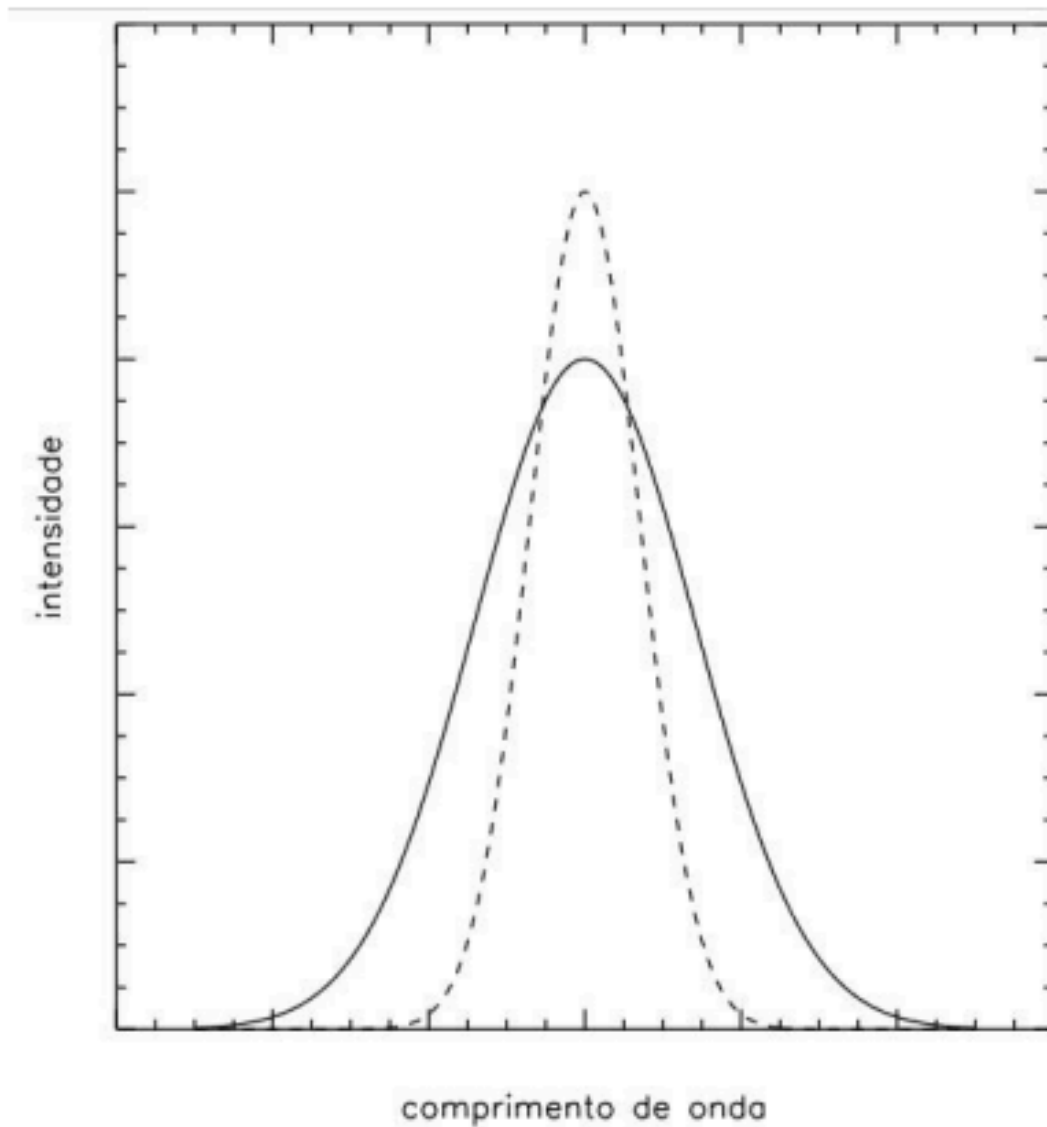
11) O radiotelescópio James Clerk Maxwell, no Havaí, foi utilizado para observar duas nuvens moleculares **A** e **B**, com o objetivo de detectar a emissão de uma linha espectral associada com a molécula de monóxido de carbono (CO). As linhas observadas estão representadas na figura. A linha tracejada corresponde à emissão de CO da nuvem molecular **A** e a linha contínua corresponde à emissão de CO da nuvem molecular **B**.



Considere que as nuvens moleculares não têm rotação própria e ignore os efeitos de turbulência.

- (V) A largura das linhas está relacionada com a dispersão de velocidades das moléculas de CO
- (V) Uma maior dispersão de velocidades está associada a uma maior temperatura da nuvem molecular
- (V) O efeito responsável pela alteração do comprimento de onda da linha devido à velocidade das moléculas é o efeito de Doppler
- () A nuvem molecular com uma temperatura média mais elevada é a nuvem A

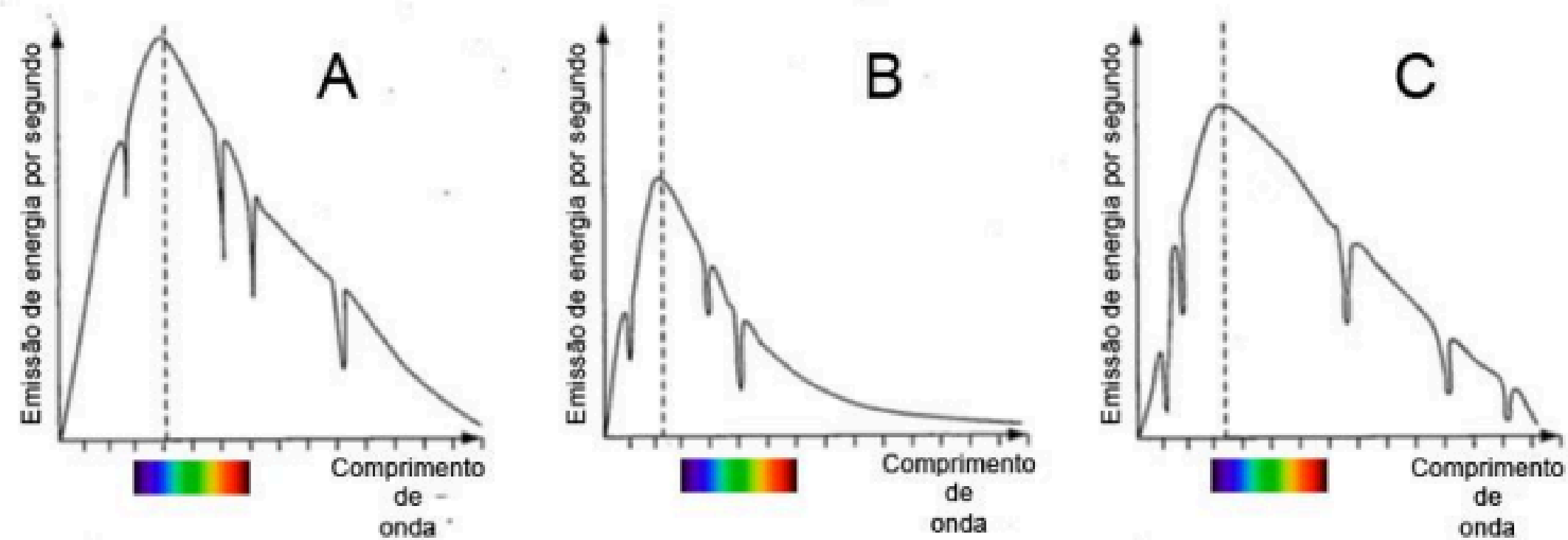
11) O radiotelescópio James Clerk Maxwell, no Havaí, foi utilizado para observar duas nuvens moleculares **A** e **B**, com o objetivo de detectar a emissão de uma linha espectral associada com a molécula de monóxido de carbono (CO). As linhas observadas estão representadas na figura. A linha tracejada corresponde à emissão de CO da nuvem molecular **A** e a linha contínua corresponde à emissão de CO da nuvem molecular **B**.



Considere que as nuvens moleculares não têm rotação própria e ignore os efeitos de turbulência.

- (V) A largura das linhas está relacionada com a dispersão de velocidades das moléculas de CO
- (V) Uma maior dispersão de velocidades está associada a uma maior temperatura da nuvem molecular
- (V) O efeito responsável pela alteração do comprimento de onda da linha devido à velocidade das moléculas é o efeito de Doppler
- (F) A nuvem molecular com uma temperatura média mais elevada é a nuvem A

6) Os gráficos a seguir ilustram a emissão de energia *versus* o comprimento de onda de três objetos desconhecidos A, B e C.

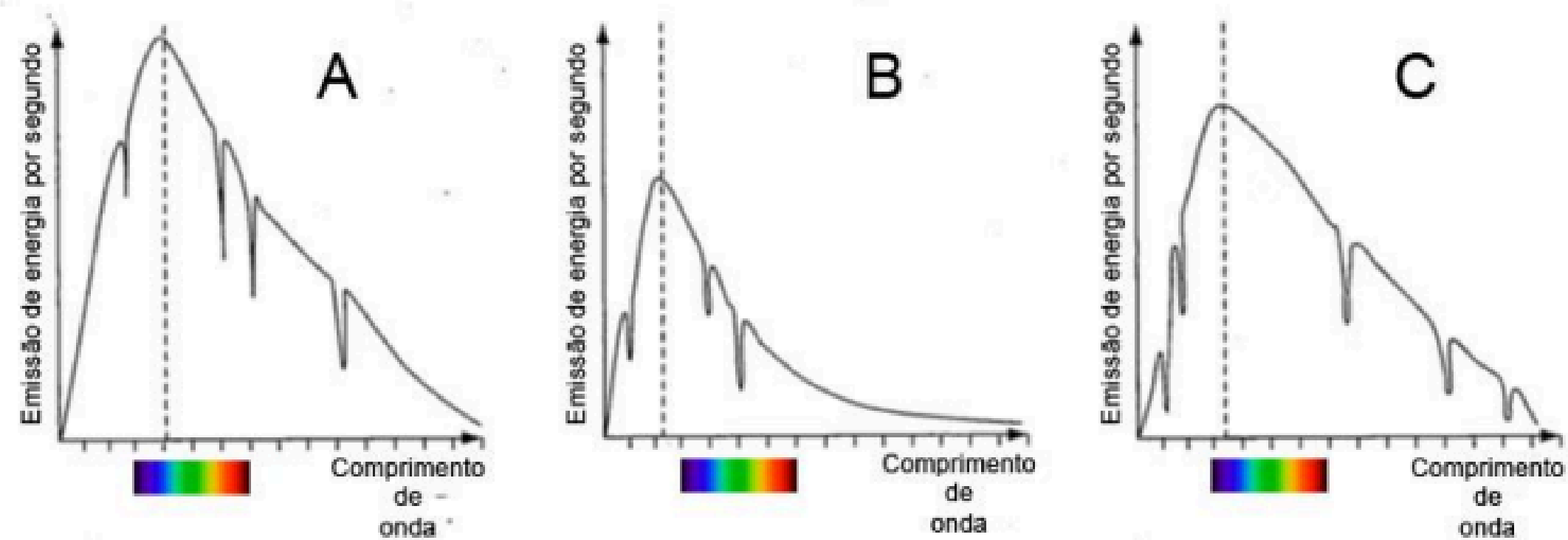


Qual deles possui a temperatura mais alta?

Escolha uma:

- ☐ a. Em branco
- ☐ b. A
- ☐ c. Impossível de responder, pois faltam informações
- ☐ d. C
- ☐ e. B

6) Os gráficos a seguir ilustram a emissão de energia *versus* o comprimento de onda de três objetos desconhecidos A, B e C.



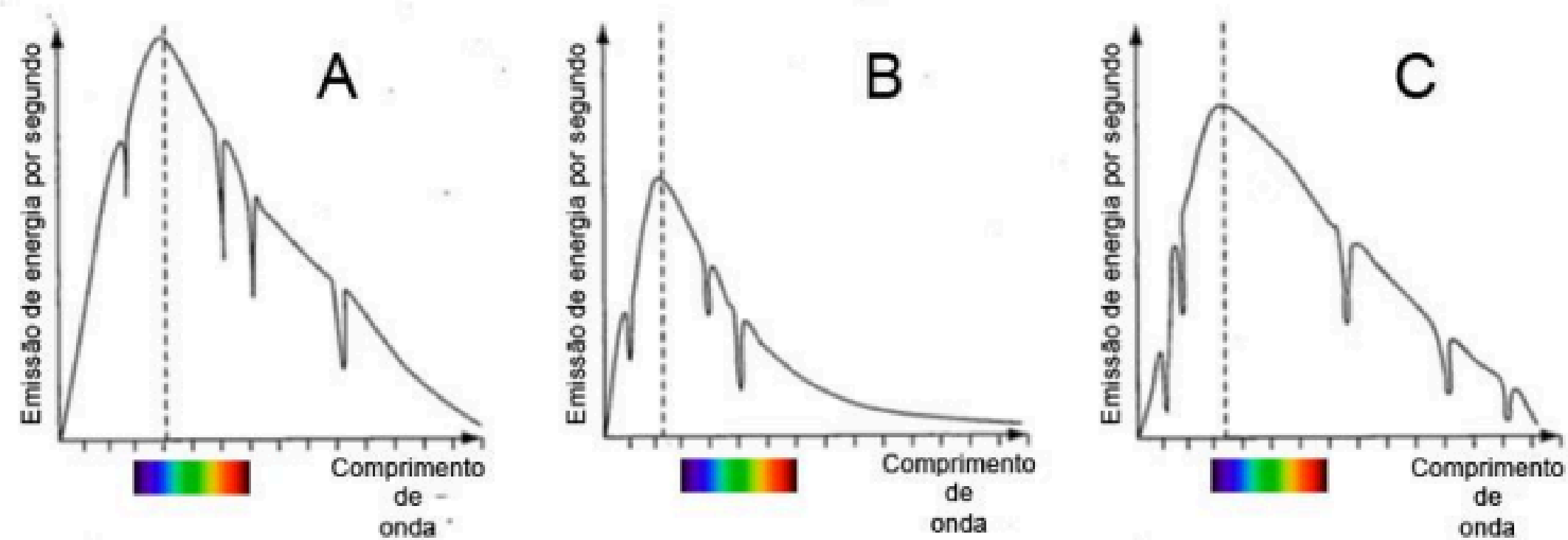
Qual deles possui a temperatura mais alta?

Escolha uma:

- ☐ a. Em branco
- ☐ b. A
- ☐ c. Impossível de responder, pois faltam informações
- ☐ d. C
- ☐ e. B

$$\lambda = \frac{b}{T}$$

6) Os gráficos a seguir ilustram a emissão de energia *versus* o comprimento de onda de três objetos desconhecidos A, B e C.



Qual deles possui a temperatura mais alta?

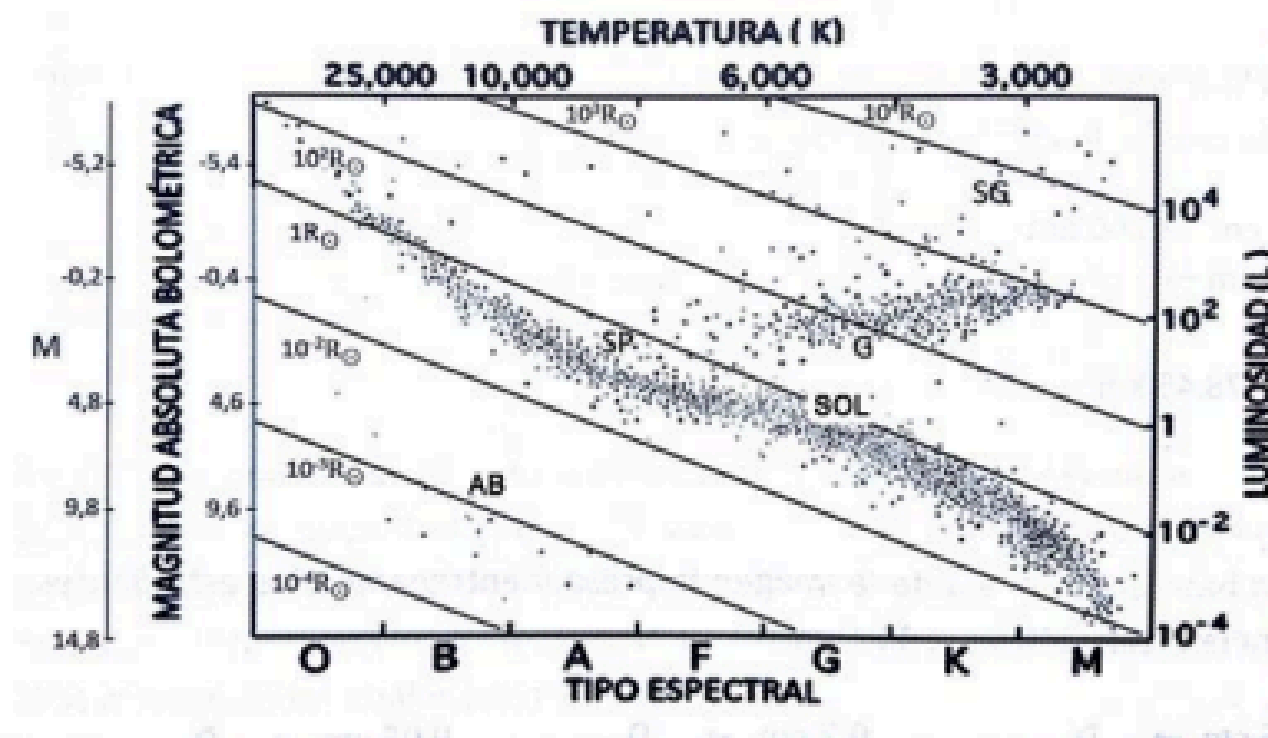
Escolha uma:

- ☐ a. Em branco
- ☐ b. A
- ☐ c. Impossível de responder, pois faltam informações
- ☐ d. C
- ☒ e. B

$$\lambda = \frac{b}{T}$$

11) Utilize o Diagrama HR abaixo para classificar as estrelas segundo suas características: Anãs Brancas (AB), Sequência Principal (SP), Gigantes (G) e Supergigantes (SG).

Atenção: A luminosidade no diagrama é dada em função da Luminosidade do Sol (L_{Sol})



- Estrela 1: temperatura 20.000 K e magnitude absoluta $M = 0$
- Estrela 2: temperatura 20.000 K e luminosidade $0,01 L_{\text{Sol}}$
- Estrela 3: tipo espectral K e luminosidade $200 L_{\text{Sol}}$
- Estrela 4: tipo espectral K e magnitude absoluta $M = -6$

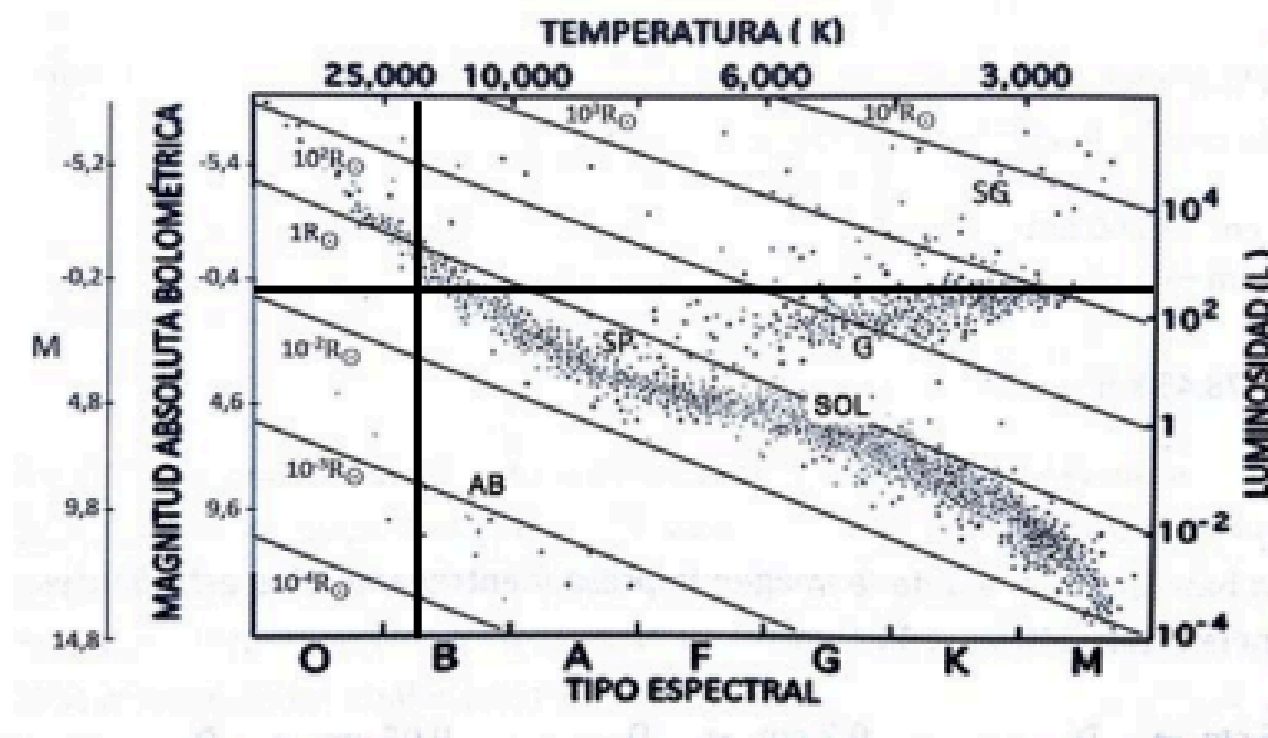
Assinale a opção que traz a ordem correta de classificação das estrelas acima (na ordem em que as estrelas foram apresentadas).

Escolha uma:

- ☐ a. AB, SP, G, SG
- ☐ b. SP, AB, SG, G
- ☐ c. Em branco
- ☐ d. SP, AB, G, SG
- ☐ e. AB, SP, SG, G

11) Utilize o Diagrama HR abaixo para classificar as estrelas segundo suas características: Anãs Brancas (AB), Sequência Principal (SP), Gigantes (G) e Supergigantes (SG).

Atenção: A luminosidade no diagrama é dada em função da Luminosidade do Sol (L_{Sol})



- Estrela 1: temperatura 20.000 K e magnitude absoluta $M = 0$
- Estrela 2: temperatura 20.000 K e luminosidade $0,01 L_{\text{Sol}}$
- Estrela 3: tipo espectral K e luminosidade $200 L_{\text{Sol}}$
- Estrela 4: tipo espectral K e magnitude absoluta $M = -6$

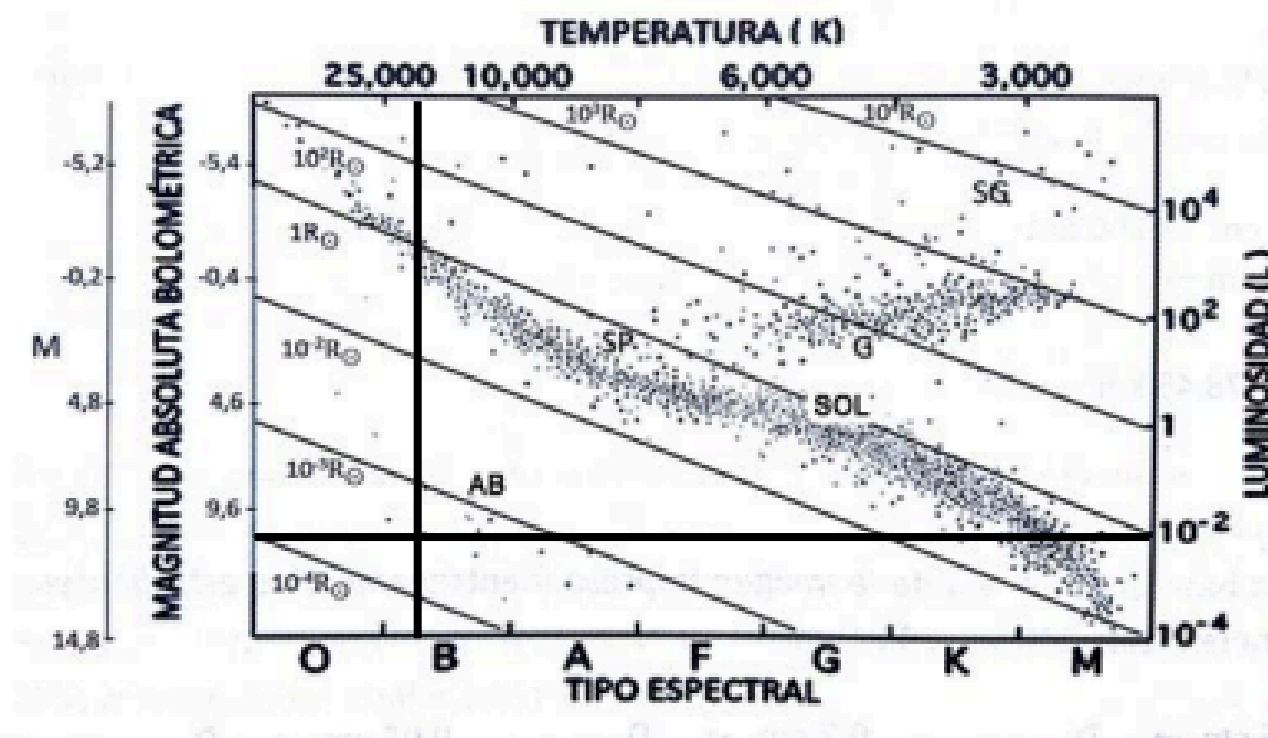
Assinale a opção que traz a ordem correta de classificação das estrelas acima (na ordem em que as estrelas foram apresentadas).

Escolha uma:

- ☐ a. AB, SP, G, SG
- ☐ b. SP, AB, SG, G
- ☐ c. Em branco
- ☐ d. SP, AB, G, SG
- ☐ e. AB, SP, SG, G

11) Utilize o Diagrama HR abaixo para classificar as estrelas segundo suas características: Anãs Brancas (AB), Sequência Principal (SP), Gigantes (G) e Supergigantes (SG).

Atenção: A luminosidade no diagrama é dada em função da Luminosidade do Sol (L_{Sol})



- Estrela 1: temperatura 20.000 K e magnitude absoluta $M = 0$
- Estrela 2: temperatura 20.000 K e luminosidade $0,01 L_{\text{Sol}}$
- Estrela 3: tipo espectral K e luminosidade $200 L_{\text{Sol}}$
- Estrela 4: tipo espectral K e magnitude absoluta $M = -6$

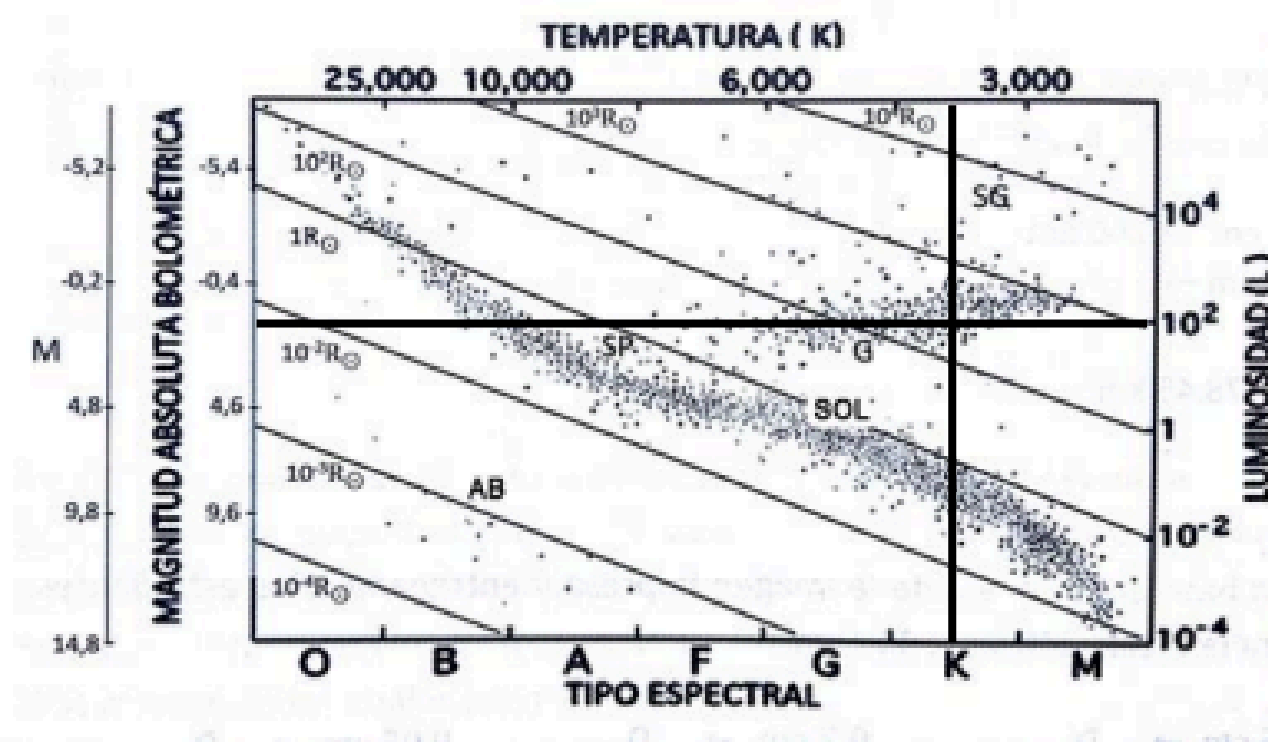
Assinale a opção que traz a ordem correta de classificação das estrelas acima (na ordem em que as estrelas foram apresentadas).

Escolha uma:

- ☐ a. AB, SP, G, SG
- ☐ b. SP, AB, SG, G
- ☐ c. Em branco
- ☐ d. SP, AB, G, SG
- ☐ e. AB, SP, SG, G

11) Utilize o Diagrama HR abaixo para classificar as estrelas segundo suas características: Anãs Brancas (AB), Sequência Principal (SP), Gigantes (G) e Supergigantes (SG).

Atenção: A luminosidade no diagrama é dada em função da Luminosidade do Sol (L_{Sol})



- Estrela 1: temperatura 20.000 K e magnitude absoluta $M = 0$
- Estrela 2: temperatura 20.000 K e luminosidade $0,01 L_{\text{Sol}}$
- Estrela 3: tipo espectral K e luminosidade $200 L_{\text{Sol}}$
- Estrela 4: tipo espectral K e magnitude absoluta $M = -6$

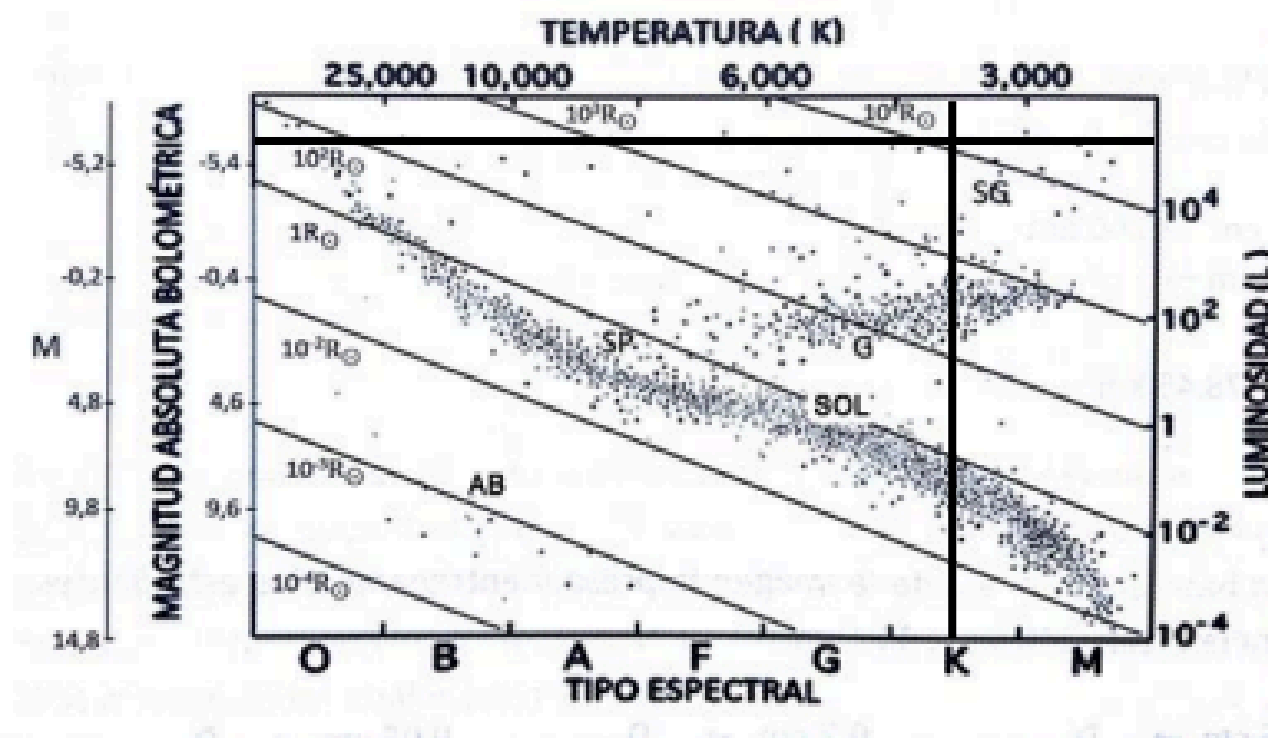
Assinale a opção que traz a ordem correta de classificação das estrelas acima (na ordem em que as estrelas foram apresentadas).

Escolha uma:

- ☐ a. AB, SP, G, SG
- ☐ b. SP, AB, SG, G
- ☐ c. Em branco
- ☐ d. SP, AB, G, SG
- ☐ e. AB, SP, SG, G

11) Utilize o Diagrama HR abaixo para classificar as estrelas segundo suas características: Anãs Brancas (AB), Sequência Principal (SP), Gigantes (G) e Supergigantes (SG).

Atenção: A luminosidade no diagrama é dada em função da Luminosidade do Sol (L_{Sol})



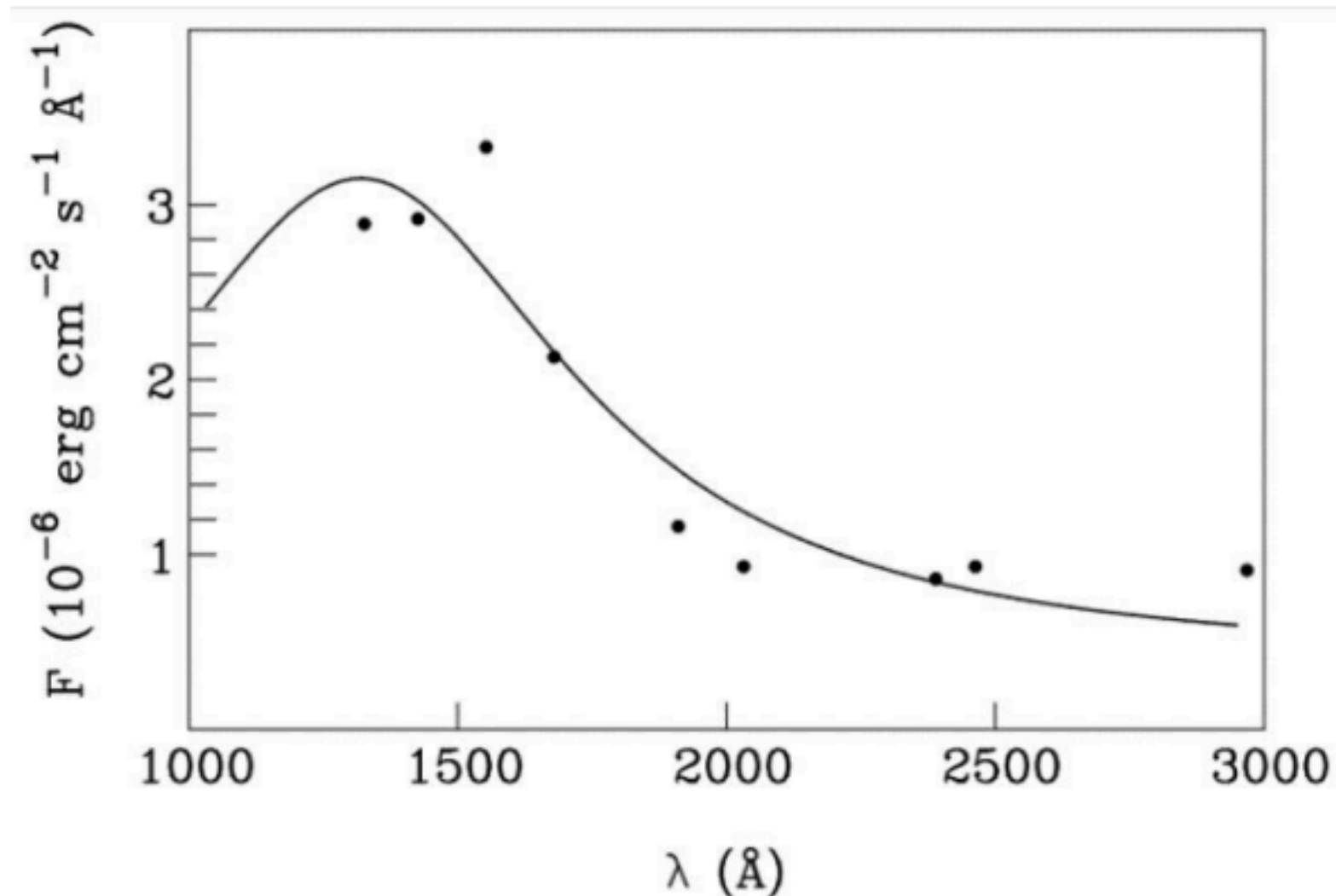
- Estrela 1: temperatura 20.000 K e magnitude absoluta $M = 0$
- Estrela 2: temperatura 20.000 K e luminosidade $0,01 L_{\text{Sol}}$
- Estrela 3: tipo espectral K e luminosidade $200 L_{\text{Sol}}$
- Estrela 4: tipo espectral K e magnitude absoluta $M = -6$

Assinale a opção que traz a ordem correta de classificação das estrelas acima (na ordem em que as estrelas foram apresentadas).

Escolha uma:

- ☐ a. AB, SP, G, SG
- ☐ b. SP, AB, SG, G
- ☐ c. Em branco
- ☒ d. SP, AB, G, SG
- ☐ e. AB, SP, SG, G

10) Na determinação do campo de radiação ultravioleta interestelar, medidas da Apollo 17, indicam um fluxo $n = 1,2 \times 10^5$ fótons. $\text{cm}^{-2}.\text{s}^{-1}.\text{\AA}^{-1}$ para $\lambda = 1.500 \text{ \AA}$.



$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

$$F_t = nE = n \frac{hc}{\lambda}$$

$$F_t = 1,6 \cdot 10^{-6}$$

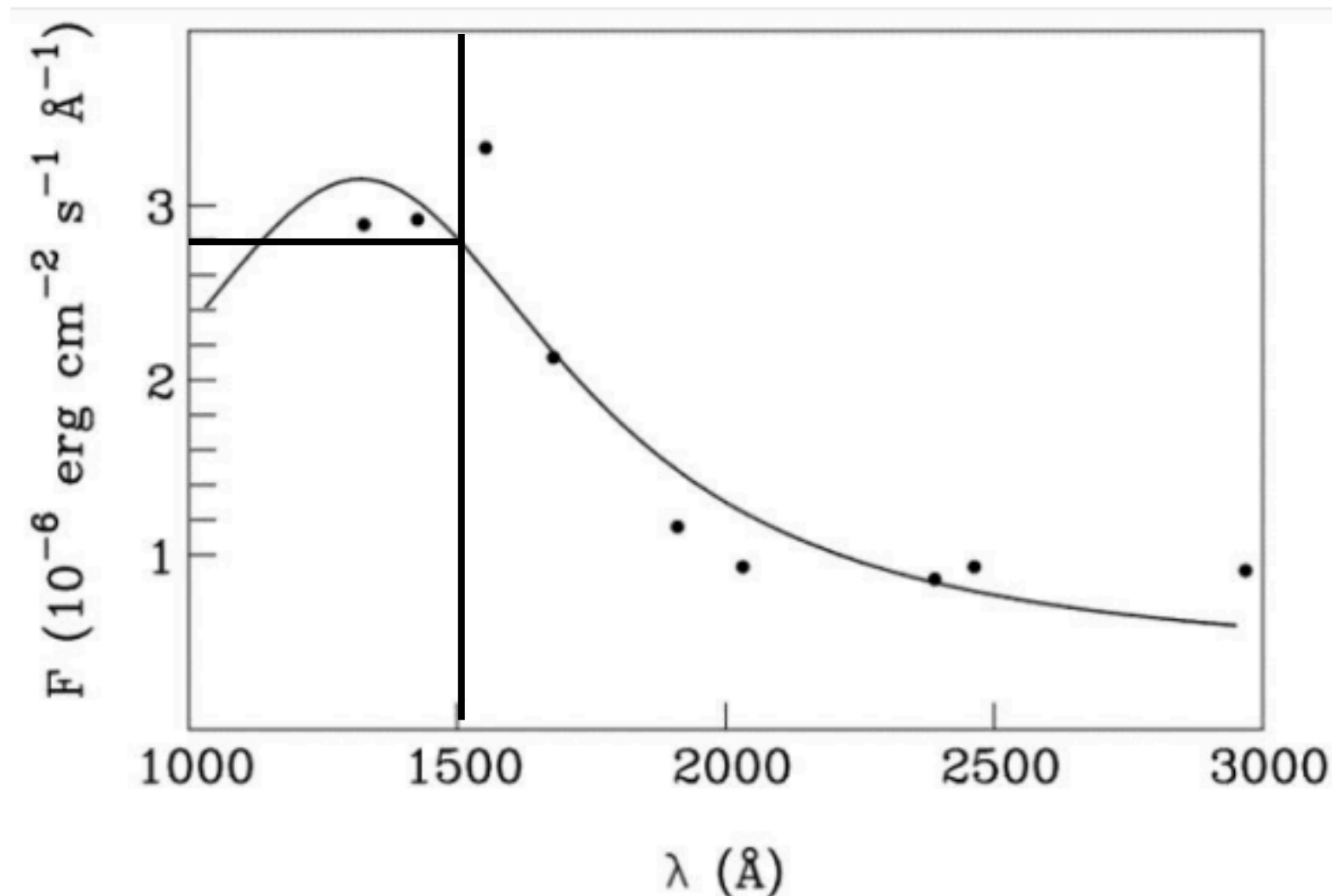
$$F_t = 1,6 \cdot 10^{-6}$$

Pode-se afirmar que a razão entre o fluxo de radiação interestelar teórico, neste comprimento de onda, e o valor estimado pelo ajuste dado na figura ($F_{\text{teórico}}/F_{\text{ajuste}}$) é igual a:

Se necessário, adote: Constante de Planck: $h = 6,63 \cdot 10^{-27} \text{ erg.s}$; $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$; velocidade da luz no vácuo: $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$

- a) 0,57
- b) 0,20
- c) 1,50
- d) 2,80

10) Na determinação do campo de radiação ultravioleta interestelar, medidas da Apollo 17, indicam um fluxo $n = 1,2 \times 10^5$ fótons. $\text{cm}^{-2}.\text{s}^{-1}.\text{\AA}^{-1}$ para $\lambda = 1.500 \text{ \AA}$.



$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

$$F_t = nE = n \frac{hc}{\lambda}$$

$$F_t = 1,6 \cdot 10^{-6}$$

$$F_t = 1,6 \cdot 10^{-6}$$

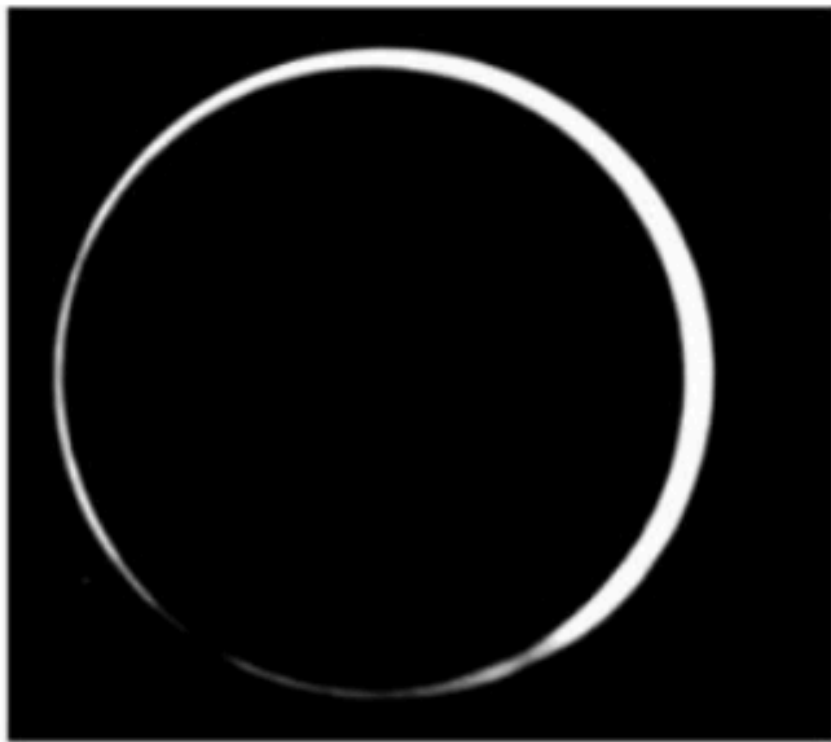
Pode-se afirmar que a razão entre o fluxo de radiação interestelar teórico, neste comprimento de onda, e o valor estimado pelo ajuste dado na figura ($F_{\text{teórico}}/F_{\text{ajuste}}$) é igual a:

Se necessário, adote: Constante de Planck: $h = 6,63 \cdot 10^{-27} \text{ erg.s}$; $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$; velocidade da luz no vácuo: $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$

- a) 0,57
- b) 0,20
- c) 1,50
- d) 2,80

$$\frac{F_t}{F_e} \approx 0,57$$

11) A imagem mostrada abaixo corresponde ao eclipse solar anular de 22 de agosto de 1998 registrado por um antigo filme fotográfico de 35 mm.



O diâmetro do disco solar na imagem do filme original é de 13,817 mm e o diâmetro do disco da Lua é de 13,235 mm.

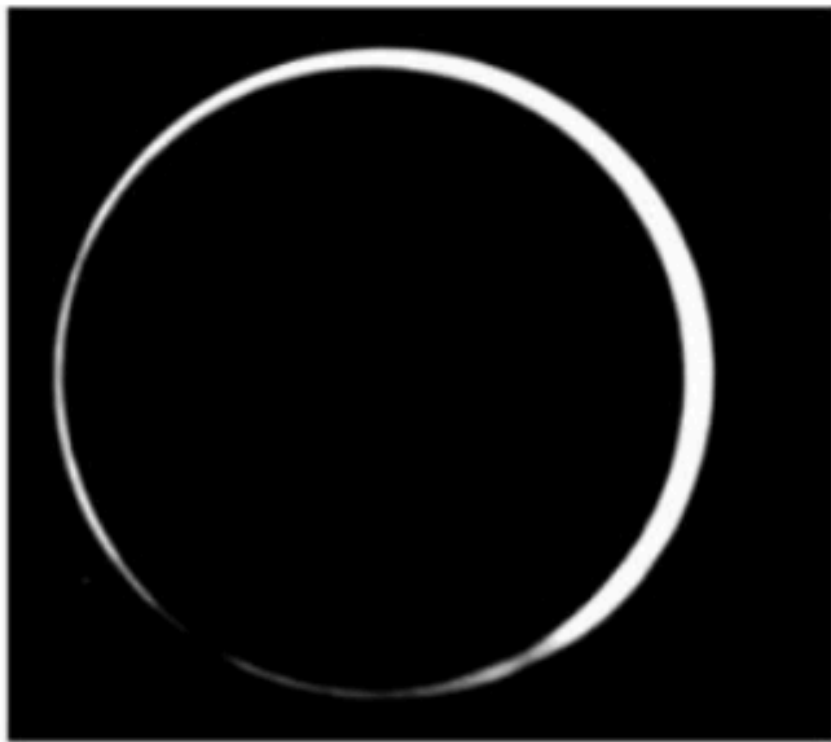
Assinale a alternativa que traz o valor aproximado do módulo da variação Δm da magnitude aparente do Sol no momento do máximo do eclipse. Considere o disco solar uniformemente brilhante.

- a) 2,71
- b) 2,91
- c) 3,82
- d) 5,82
- e) 7,10

$$m - m_e = -2,5 \log \left(\frac{F}{F_e} \right) = -2,5 \log \left(\frac{A}{A_e} \right) \approx 2,71$$

$$F \propto A \rightarrow \frac{F}{A} = \frac{F_e}{A_e} \qquad \begin{aligned} A &= \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 \\ A_e &= \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 - \pi \left(\frac{D_L}{2} \right)^2 \end{aligned}$$

11) A imagem mostrada abaixo corresponde ao eclipse solar anular de 22 de agosto de 1998 registrado por um antigo filme fotográfico de 35 mm.



O diâmetro do disco solar na imagem do filme original é de 13,817 mm e o diâmetro do disco da Lua é de 13,235 mm.

Assinale a alternativa que traz o valor aproximado do módulo da variação Δm da magnitude aparente do Sol no momento do máximo do eclipse. Considere o disco solar uniformemente brilhante.

- ~~a) 2,71~~
- b) 2,91
- c) 3,82
- d) 5,82
- e) 7,10

$$m - m_e = -2,5 \log \left(\frac{F}{F_e} \right) = -2,5 \log \left(\frac{A}{A_e} \right) \approx 2,71$$

$$F \propto A \rightarrow \frac{F}{A} = \frac{F_e}{A_e} \qquad A = \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2$$
$$A_e = \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 - \pi \left(\frac{D_L}{2} \right)^2$$

6) Galáxias anãs elípticas são classificadas em termos de massa (entre 10^7 e $10^9 M_{\text{Sol}}$) e luminosidade (entre 10^5 e $10^7 L_{\text{Sol}}$). Considere uma galáxia anã elíptica que contenha cerca de 100 milhões de estrelas, cuja magnitude aparente da galáxia como um todo seja $m = +10,0$.

Em primeira aproximação, suponha que todas as estrelas dessa galáxia tenham a mesma luminosidade.

Assinale a opção que traz a magnitude aparente aproximada de uma das estrelas dessa galáxia. Desconsidere a extinção interestelar.

a) +10,0

$$F = nF' = 10^8 F'$$

b) +20,0

$$m - m' = -2,5 \log \left(\frac{F}{F'} \right) = -2,5 \log \left(\frac{10^8 F'}{F'} \right) = -2,5 \log 10^8 = -20$$

c) +25,0

d) +30,0

e) +35,0

$$m' = 20 + m$$

$$m' = 30$$

6) Galáxias anãs elípticas são classificadas em termos de massa (entre 10^7 e $10^9 M_{\text{Sol}}$) e luminosidade (entre 10^5 e $10^7 L_{\text{Sol}}$). Considere uma galáxia anã elíptica que contenha cerca de 100 milhões de estrelas, cuja magnitude aparente da galáxia como um todo seja $m = +10,0$.

Em primeira aproximação, suponha que todas as estrelas dessa galáxia tenham a mesma luminosidade.

Assinale a opção que traz a magnitude aparente aproximada de uma das estrelas dessa galáxia. Desconsidere a extinção interestelar.

a) +10,0

$$F = nF' = 10^8 F'$$

b) +20,0

$$m - m' = -2,5 \log \left(\frac{F}{F'} \right) = -2,5 \log \left(\frac{10^8 F'}{F'} \right) = -2,5 \log 10^8 = -20$$

c) +25,0

~~d) +30,0~~

e) +35,0

$$m' = 20 + m$$

$$m' = 30$$

Como observado pelo astrônomo Edwin Hubble, as linhas presentes nos espectros de galáxias distantes são deslocadas para o lado vermelho do espectro devido ao movimento de afastamento destas galáxias em relação a nós, de forma que a velocidade de recessão de uma galáxia é diretamente proporcional à sua distância, tendo o Parâmetro de Hubble H_0 como constante de proporcionalidade.

Suponha que, ao se observar uma galáxia, uma das linhas de hidrogênio esteja deslocada de $\Delta\lambda = 48,61 \text{ nm}$ para o vermelho, quando comparado com o seu comprimento de onda de repouso de $486,10 \text{ nm}$.

Considere que para *redshifts* pequenos ($z < 1$) o Efeito Doppler clássico ($z \sim v/c$) seja uma boa aproximação, que $H_0 = 67,15 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ e $c = 2,99 \times 10^5 \text{ km s}^{-1}$.

Quanto tempo, em bilhões de anos, aproximadamente, demorou a luz desta galáxia para chegar até nós?

- a) 0,44
- b) 1,45
- c) 2,99
- d) 6,71
- e) Em branco

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 0,1$$

$$v = dH_o \rightarrow d = \frac{v}{H_o} \approx 4,45 \cdot 10^5 \text{ Mpc} = 4,5 \cdot 10^5 \cdot 10^3 \cdot 3,26 \text{ al}$$

$$z = \frac{v}{c} \rightarrow v = zc = 3 \cdot 10^7$$

$$d = 1,45 \cdot 10^9 \text{ al} \rightarrow t = 1,45$$

Como observado pelo astrônomo Edwin Hubble, as linhas presentes nos espectros de galáxias distantes são deslocadas para o lado vermelho do espectro devido ao movimento de afastamento destas galáxias em relação a nós, de forma que a velocidade de recessão de uma galáxia é diretamente proporcional à sua distância, tendo o Parâmetro de Hubble H_0 como constante de proporcionalidade.

Suponha que, ao se observar uma galáxia, uma das linhas de hidrogênio esteja deslocada de $\Delta\lambda = 48,61 \text{ nm}$ para o vermelho, quando comparado com o seu comprimento de onda de repouso de $486,10 \text{ nm}$.

Considere que para *redshifts* pequenos ($z < 1$) o Efeito Doppler clássico ($z \sim v/c$) seja uma boa aproximação, que $H_0 = 67,15 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ e $c = 2,99 \times 10^5 \text{ km s}^{-1}$.

Quanto tempo, em bilhões de anos, aproximadamente, demorou a luz desta galáxia para chegar até nós?

a) 0,44

☒ b) 1,45

c) 2,99

d) 6,71

e) Em branco

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 0,1$$

$$z = \frac{v}{c} \rightarrow v = zc = 3 \cdot 10^7$$

$$v = dH_0 \rightarrow d = \frac{v}{H_0} \approx 4,45 \cdot 10^5 \text{ Mpc} = 4,5 \cdot 10^5 \cdot 10^3 \cdot 3,26 \text{ al}$$

$$d = 1,45 \cdot 10^9 \text{ al} \rightarrow t = 1,45$$

1) Uma câmera CCD com sensor de 2048×3072 pixels está instalada no foco Cassegrain de um telescópio de razão focal $f/10$ e espelho primário de 200 mm de diâmetro.

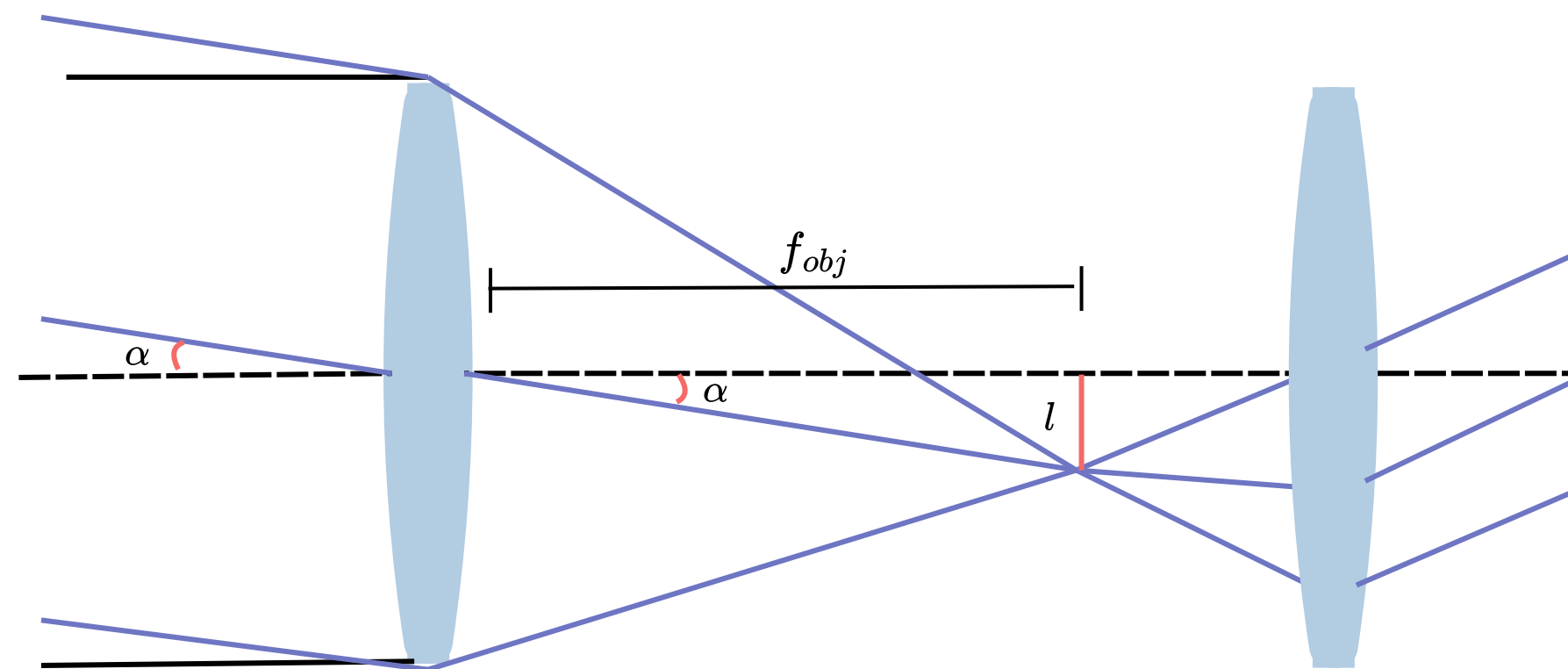
letra e

Qual a resolução angular aproximada no CCD, sabendo que cada pixel possui $7,20 \mu\text{m}$ de lado?

A resposta está em "/pixel (segundo de arco/pixel).

- ☐ a. Em branco
- ☐ b. 0,37
- ☐ c. 1,48
- ☐ d. 2,22
- ☐ e. 0,74

$$\alpha = \frac{l}{f_{obj}}$$



$$R = \frac{f_{obj}}{D} \rightarrow f_{obj} = RD \rightarrow f_{obj} = 2000\text{mm}$$

$$\alpha = \frac{7,20 \cdot 10^{-3}}{2000} = 3,60 \cdot 10^{-6} \left[\frac{\text{rad}}{\text{pixel}} \right]$$

$$\alpha = 3,6 \cdot 10^{-6} \cdot 206265 = 0,74 \left[\frac{''}{\text{pixel}} \right]$$

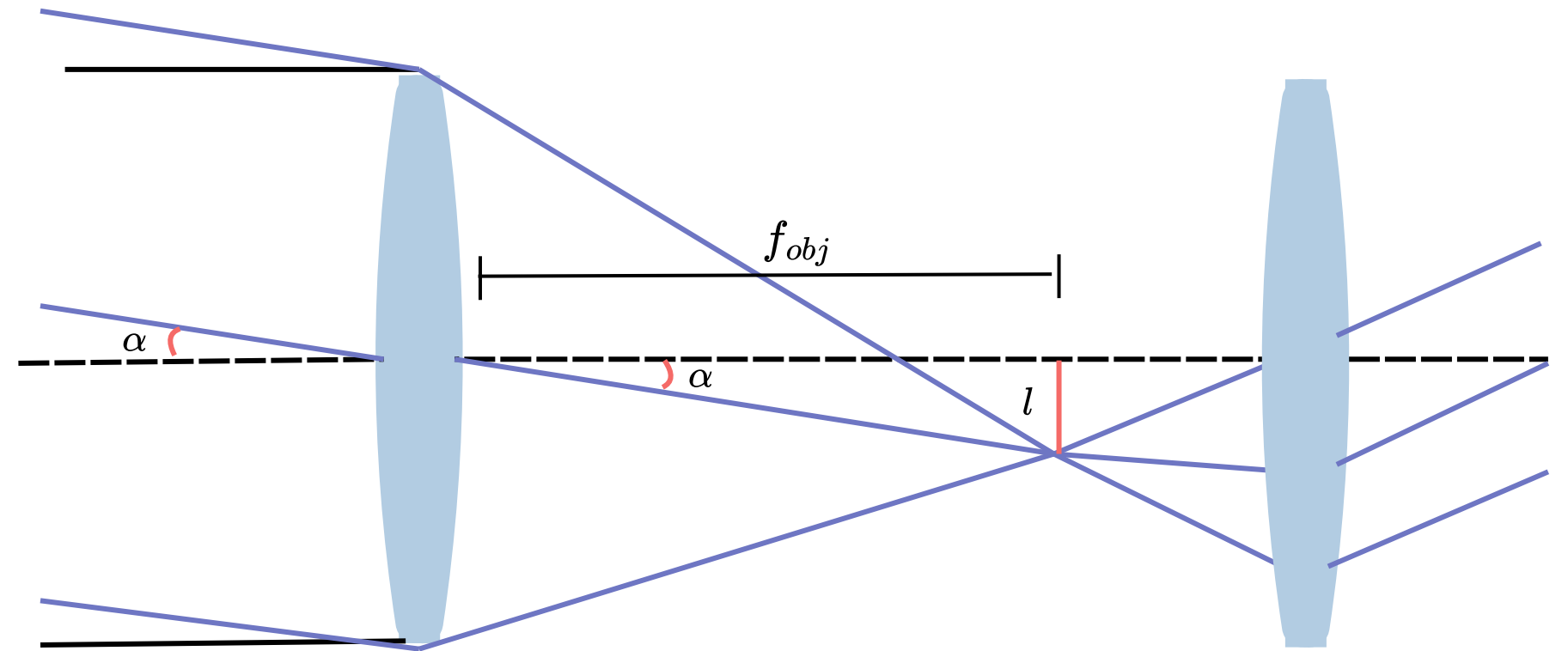
1) Uma câmera CCD com sensor de 2048×3072 pixels está instalada no foco Cassegrain de um telescópio de razão focal $f/10$ e espelho primário de 200 mm de diâmetro.

Qual a resolução angular aproximada no CCD, sabendo que cada pixel possui $7,20 \mu\text{m}$ de lado?

A resposta está em "/pixel (segundo de arco/pixel).

- ☐ a. Em branco
- ☐ b. 0,37
- ☐ c. 1,48
- ☐ d. 2,22
- ☒ e. 0,74

$$\alpha = \frac{l}{f_{obj}}$$



$$R = \frac{f_{obj}}{D} \rightarrow f_{obj} = RD \rightarrow f_{obj} = 2000mm$$

$$\alpha = \frac{7,20 \cdot 10^{-3}}{2000} = 3,60 \cdot 10^{-6} \left[\frac{rad}{pixel} \right]$$

$$\alpha = 3,6 \cdot 10^{-6} \cdot 206265 = 0,74 \left[\frac{''}{pixel} \right]$$

2) Estrelas quentes, como as supergigantes de tipo espectral B, apresentam ventos estelares rápidos, com velocidades tipicamente da ordem de 2.000 km/s. Essas estrelas têm luminosidades da ordem de $3,8 \times 10^{31}$ W e temperaturas efetivas típicas de $T \simeq 20.000$ K. Admita que os ventos se originam nas vizinhanças da superfície da estrela, onde $r = 2 R$ e a densidade média do vento estelar é de $\rho \simeq 10^{-11}$ kg/m³. O raio da estrela é R e r é a distância entre o centro da estrela e o local de origem do vento estelar. Pode-se afirmar que a taxa de perda de massa dessas estrelas causado pelos ventos é de:

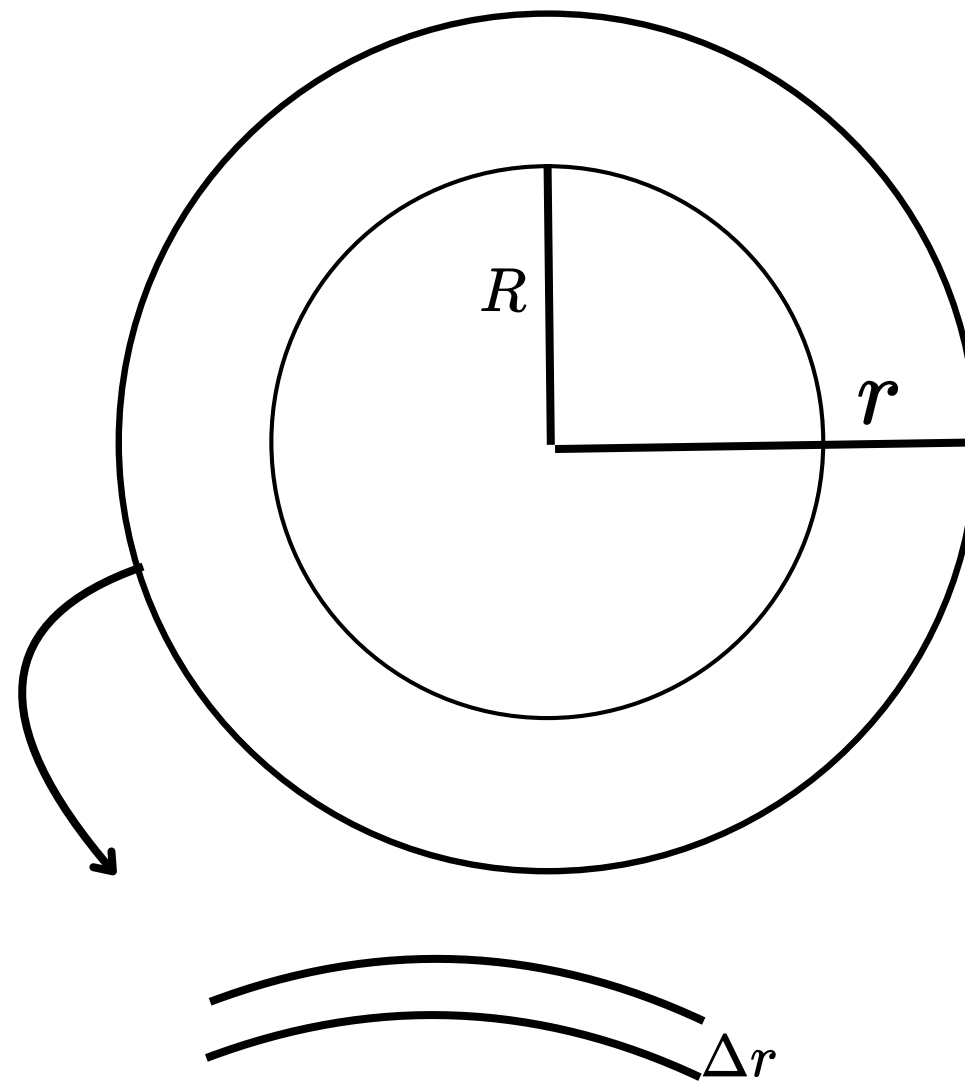
Adote: Constante de Stefan-Boltzmann $\sigma = 5,67 \times 10^{-8}$ W.m⁻².K⁻⁴.

a) $3,3 \times 10^{17}$ kg/s

b) $3,3 \times 10^{10}$ kg/s

c) $3,3 \times 10^6$ kg/s

d) $3,3 \times 10^{23}$ kg/s



$$\phi = \frac{\Delta m}{\Delta t}$$

$$\rho = \frac{\Delta m}{V} \rightarrow \Delta m = V \rho$$

$$V = 4\pi r^2 \cdot \Delta r$$

$$\phi = V \rho 4\pi r^2 \frac{\Delta r}{\Delta t} = V \rho 4\pi r^2 v = V \rho 4\pi (2R)^2 v$$

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4 \rightarrow R^2 = \frac{L}{4\pi \sigma T^4}$$

$$\phi = 3,3 \cdot 10^{17} \frac{kg}{s}$$

2) Estrelas quentes, como as supergigantes de tipo espectral B, apresentam ventos estelares rápidos, com velocidades tipicamente da ordem de 2.000 km/s. Essas estrelas têm luminosidades da ordem de $3,8 \times 10^{31}$ W e temperaturas efetivas típicas de $T \simeq 20.000$ K. Admita que os ventos se originam nas vizinhanças da superfície da estrela, onde $r = 2 R$ e a densidade média do vento estelar é de $\rho \simeq 10^{-11}$ kg/m³. O raio da estrela é R e r é a distância entre o centro da estrela e o local de origem do vento estelar. Pode-se afirmar que a taxa de perda de massa dessas estrelas causado pelos ventos é de:

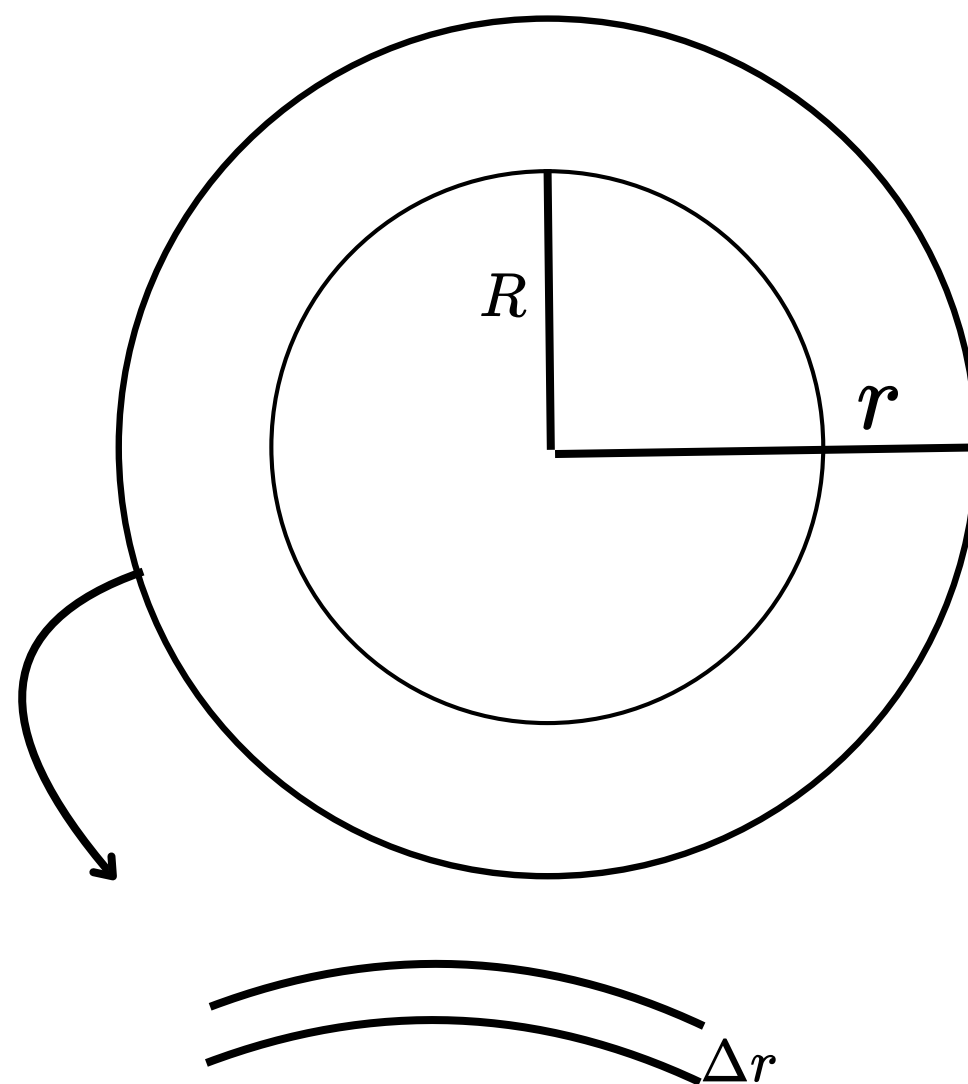
Adote: Constante de Stefan-Boltzmann $\sigma = 5,67 \times 10^{-8}$ W.m⁻².K⁻⁴.

~~a) $3,3 \times 10^{17}$ kg/s~~

b) $3,3 \times 10^{10}$ kg/s

c) $3,3 \times 10^6$ kg/s

d) $3,3 \times 10^{23}$ kg/s



$$\phi = \frac{\Delta m}{\Delta t}$$

$$\rho = \frac{\Delta m}{V} \rightarrow \Delta m = V \rho$$

$$V = 4\pi r^2 \cdot \Delta r$$

$$\phi = V \rho 4\pi r^2 \frac{\Delta r}{\Delta t} = V \rho 4\pi r^2 v = V \rho 4\pi (2R)^2 v$$

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4 \rightarrow R^2 = \frac{L}{4\pi \sigma T^4}$$

$$\phi = 3,3 \cdot 10^{17} \frac{kg}{s}$$