

## GABARITO COMENTADO

### Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

#### 2ª PROVA ONLINE DE 5 DE FEVEREIRO DE 2021

- PROCESSO DE SELEÇÃO DAS EQUIPES INTERNACIONAIS DE 2021 -

1) Um observador observa as culminações inferior e superior de uma estrela circumpolar. São obtidas as alturas  $25^{\circ}40'$  para a culminação inferior e  $73^{\circ}15'$  para a culminação superior, ambas com azimute  $A = 180^{\circ}$  (considere o azimute medido a partir do Norte). Qual a latitude do lugar?

a)  $-49^{\circ}27'30''$

b)  $+49^{\circ}27'30''$

c)  $+40^{\circ}32'30''$

d)  $-40^{\circ}32'30''$

Resposta: a)  $-49^{\circ}27'30''$

**Solution:** Esquematizando a situação:

Como o azimute de ambas as culminações é  $180^{\circ}$ , com a ajuda da imagem, nota-se que o lugar está no Hemisfério Sul.

Obtemos 2 equações:

$$\begin{cases} h_1 = \phi - \theta \\ h_2 = \phi + \theta \end{cases}$$

onde  $\theta$  é a distância polar da estrela em questão,  $h_1$  é a altura da estrela na culminação inferior e  $h_2$  é a altura da estrela na culminação superior.

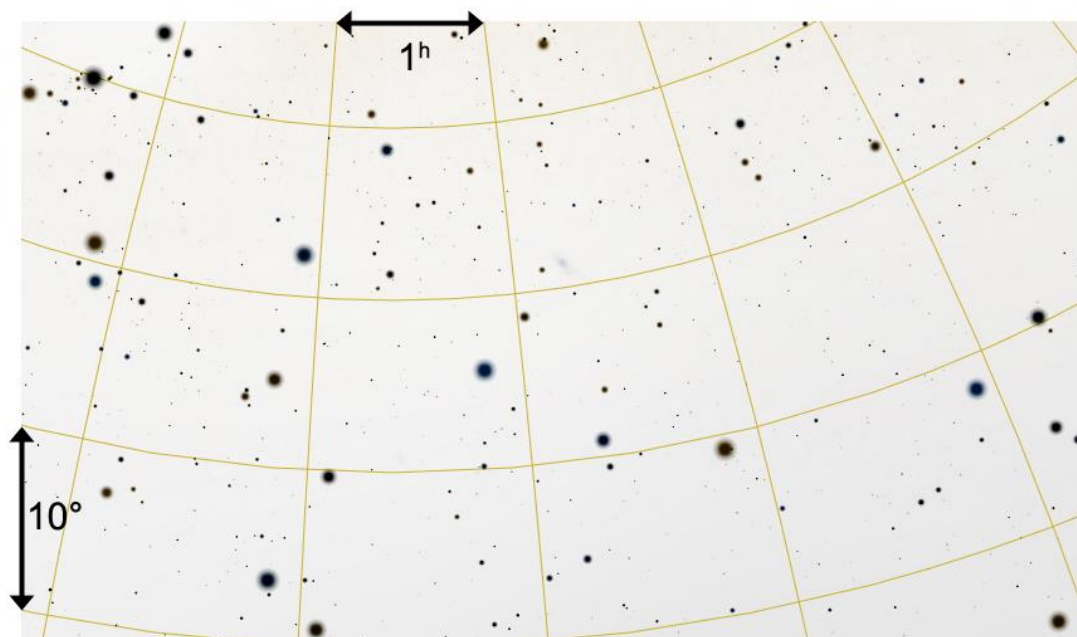
Somando essas equações:

$$h_1 + h_2 = 2\phi \Rightarrow \phi = \frac{h_1 + h_2}{2}$$

Sabendo que trata-se de um lugar no Hemisfério Sul, a latitude vale:

$\phi = -49^{\circ}27'30''$

2) Observe a região do céu mostrada na figura abaixo. Em seguida, analise as afirmações:

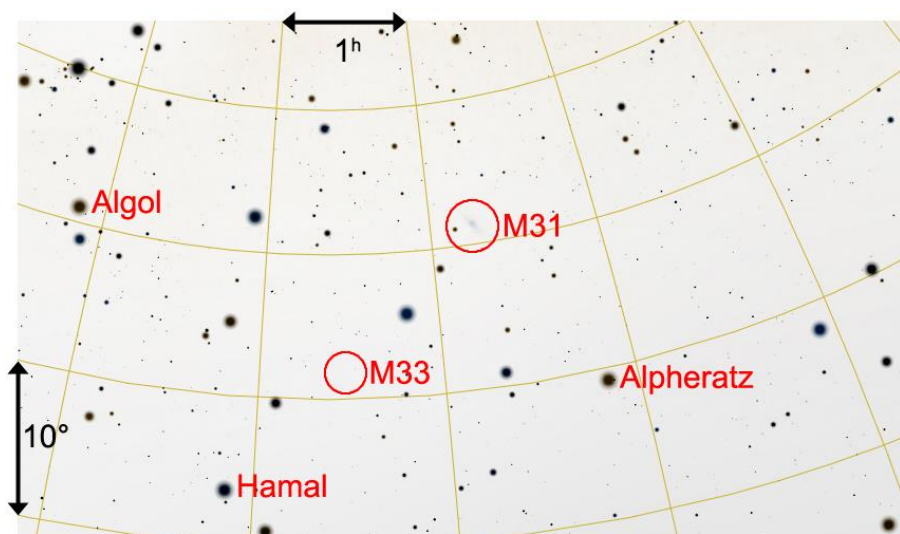


- I. Essa região contém estrelas do Hemisfério Norte.
- II. A Eclíptica e o Equador Celeste podem ser traçados nessa região.
- III. Encontram-se as estrelas: Alpheratz, Hamal e Algol.
- IV. Dentre as constelações visíveis, encontram-se: Andrômeda, Triângulo, Aries e Touro.
- V. Encontram-se os objetos: M31, M33.

Estão corretas as afirmações:

- a) I, III, V
- b) I, II, V
- c) I, III, IV, V
- d) II e IV

Resposta: a) I, III, V



3) Uma determinada estrela possui um planeta orbitando ao seu redor. Este sistema estelar tem as seguintes características, do ponto de vista de um observador na Terra:

- Período orbital do exoplaneta  $P = 10$  anos;
- Separação angular máxima entre o exoplaneta e a estrela  $\theta_{\max} = 5 \text{ mas}$  e mínima de  $\theta_{\min} = 3 \text{ mas}$  (milissegundos de arco);  $\theta$
- Magnitude aparente  $m = 13,1$  e magnitude absoluta  $M = 1,5$ .

Calcule a massa  $M_*$  desta estrela, em massas solares.

Considere a massa do exoplaneta desprezível e que sua órbita é “edge-on”, ou seja, é vista de perfil ( $i = 90^\circ$ ).

- a)  $5,9 M_{Sol}$
- b)  $14,17 M_{Sol}$
- c)  $0,17 M_{Sol}$
- d)  $11,6 M_{Sol}$

Resposta: a)  $5,9 M_{Sol}$

**Solution:** Para conseguirmos mais informações sobre a estrela, devemos primeiro usar a fórmula do módulo da distância para calcular sua distância até nós.

$$m - M = 5 \log D - 5$$

Sendo  $d$  medido em parsecs.

substituindo as magnitudes e isolando a distância temos que:

$$D = 2,1 \text{ kpc}$$

Agora com a distância em mãos, podemos calcular a distância entre o exoplaneta e a estrela no periastro e no apoastro utilizando a seguinte equação:

$$r = D(\text{pc}) \cdot \theta(^{\circ})$$

Substituindo a distância, a distância angular mínima para o caso do periastro e a distância angular máxima para o caso do apoastro:

$$r_p = 6.3 \text{ U.A.} \quad r_a = 10.5 \text{ U.A.}$$

Tirando a média das duas distâncias:

$$a = \frac{r_p + r_a}{2}$$

$$a = 8.4 \text{ U.A.}$$

Por fim, aplicando a terceira lei de Kepler

$$\frac{a(\text{U.A.})^3}{T(\text{anos})^2} = M_*(M_{Sol})$$

Substituindo o semi-eixo maior e o período temos que:

$$M_* = 5,9 M_{Sol}$$

#### 4) ESTA QUESTÃO FOI ANULADA POR NÃO TER UMA OPÇÃO CORRETA

Sobre telescópios e instrumentação astronômica, analise as afirmações a seguir:

I) No início do século XVI, Galileu começou suas observações astronômicas usando um telescópio do tipo refrator. Anos mais tarde, Newton construiu um telescópio do tipo refletor.

II) A atmosfera terrestre é opaca à radiação ultravioleta (exceto à banda do ultravioleta próximo). Por essa razão, os telescópios que observam na banda UV, em comprimentos de onda menores que o do ultravioleta próximo, são do tipo espaciais.

III) A resolução angular de um telescópio melhora com a turbulência atmosférica, pois a luz sofre refração na atmosfera e a direção dos feixes de luz é alterada, favorecendo a formação da imagem. É por essa razão que um *seeing* (termo usado para expressar o efeito da atmosfera na desfocalização de imagens) com valor alto é almejado durante as observações.

IV) A técnica da interferometria combina a radiação recebida por dois ou mais telescópios, permitindo que atuem como um único telescópio com um espelho de diâmetro equivalente maior que os diâmetros individuais. No entanto, os observatórios atuais usam a interferometria apenas com radiação na banda rádio.

V) Razões focais “pequenas” (menores ou iguais a  $f/6$ ) são indicadas para a observação de objetos menos brilhantes, como nebulosas e galáxias. Já as razões focais “grandes” (maiores ou iguais a  $f/10$ ) são indicadas para a observação de objetos de menor magnitude, a exemplo da Lua e de alguns planetas.

As afirmações corretas são:

- a) I, II e V
- b) I, III e V
- c) I, II e I
- d) II, IV e V

A Resposta correta seria: II e V

I) Verdadeiro. Falso, pois Galileu começou a observar com telescópio por volta de 1608... Isto é **século XVII** e não século XVI

II) Verdadeiro.

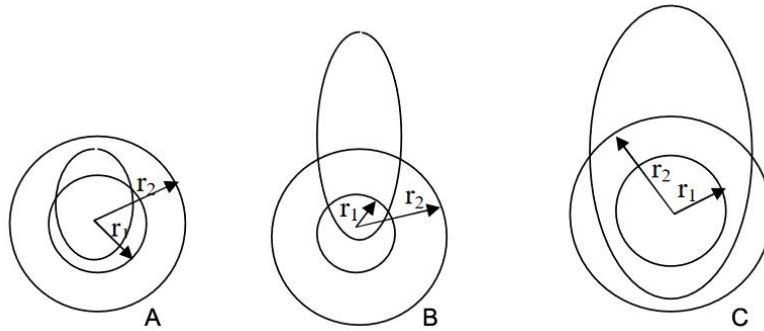
III) Falso. Frase correta: a resolução angular de um telescópio piora com a turbulência atmosférica, pois a luz sofre refração na atmosfera e a direção dos feixes de luz é alterada, desfavorecendo a formação da imagem. E por essa razão que um *seeing* (termo usado para expressar o efeito da atmosfera na desfocalização de imagens) com valor baixo é almejado durante as observações. Um *seeing* elevado “borra” as imagens, o que prejudica as observações.

IV) Falso. Frase correta: a técnica da interferometria combina a radiação recebida por dois ou mais telescópios, permitindo que atuem como um único telescópio com um espelho de diâmetro equivalente maior que os diâmetros individuais. Atualmente, há observatórios que usam a interferometria com radiação nas bandas rádio (ALMA, VLA), infravermelho (VLTI) e visível (CHARA, Keck).

V) Verdadeiro.

5) A transferência entre duas órbitas circulares coplanares é uma das mais úteis manobras que conhecemos. Através dela podemos colocar um satélite artificial em uma órbita de grande altitude. Primeiramente, nós podemos colocar o satélite em uma órbita de baixa altitude denominada *órbita de estacionamento*. Em seguida transferimos o satélite para uma órbita circular de grande altitude, utilizando uma órbita elíptica de transferência tangente às órbitas circulares. Quem primeiro concebeu este tipo de manobra foi o engenheiro alemão Walter Hohmann, em 1925. Por isso a transferência envolvida, foi denominada Transferência de Hohmann.

O caso mais geral de transferências entre duas órbitas circulares planares requer que a órbita de transferência intercepte ou pelo menos tangencie as órbitas circulares. A figura a seguir mostra três órbitas de transferências (A, B e C). Na figura,  $r_1$  é o raio de órbita da menor altitude e  $r_2$ , de maior altitude.



Segundo o que foi dito,

- a) apenas a órbita de transferência B é possível
- b) apenas a órbita de transferência A é possível
- c) apenas a órbita de transferência C é possível
- d) todas as órbitas de transferência são impossíveis.

**Resposta: a) apenas a órbita de transferência B é possível**

Pelo que foi dito, a distância do pericentro ( $r_p$ ) tem que ser menor ou igual ao raio de órbita da menor altitude ( $r_1$ ) e que a distância do apocentro ( $r_a$ ) tem que ser maior ou igual ao raio da órbita maior ( $r_2$ ). Na órbita de transferência A, temos  $r_a < r_2$  e na órbita de transferência C, temos  $r_p > r_1$ . Portanto a única órbita de transferência possível é a B.

## 6) QUESTÃO PARAMETRIZADA

Além da paralaxe, é possível estimar a distância que uma estrela se encontra em relação à Terra utilizando a fotometria, fazendo a suposição de que se conhece a magnitude absoluta da estrela.

Considere que dois astrônomos observaram uma mesma estrela de magnitude absoluta  $M$ . Entretanto, cada um mede a magnitude aparente desta estrela com uma diferença de 0,40 magnitudes. Isto significa que:

- a) As distâncias estimadas pelos observadores variam cerca de 20%
- b) As distâncias estimadas pelos observadores variam cerca de 40%
- c) As distâncias estimadas pelos observadores variam cerca de 151%
- d) Não há diferença entre as distâncias estimadas

Resposta: a) As distâncias estimadas pelos observadores variam em 20%

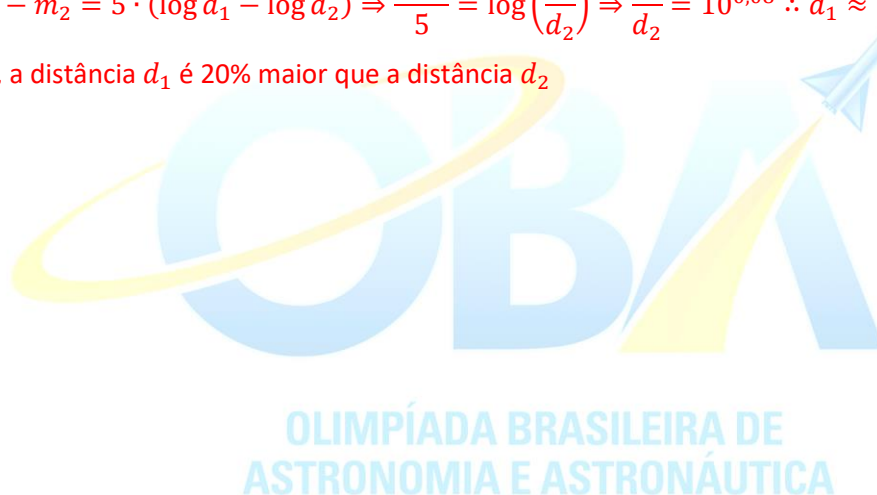
Da equação de Pogson, com a Magnitude absoluta  $M$  temos a distância da estrela

$$m - M = 5 \log d - 5$$

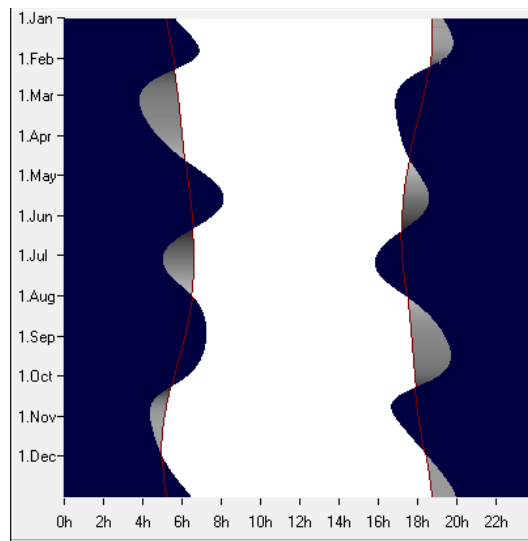
Desta forma, considerando que a diferença entre as magnitudes aparentes é  $m_1 - m_2 = 0,40$ , temos que:

$$m_1 - m_2 = 5 \cdot (\log d_1 - \log d_2) \Rightarrow \frac{0,40}{5} = \log \left( \frac{d_1}{d_2} \right) \Rightarrow \frac{d_1}{d_2} = 10^{0,08} \therefore d_1 \approx 1,20 d_2$$

Desta maneira, a distância  $d_1$  é 20% maior que a distância  $d_2$



7) O gráfico a seguir apresenta a visibilidade diária (eixo horizontal) do planeta Mercúrio ao longo do ano de 2021 (eixo vertical), para o Rio de Janeiro/RJ.

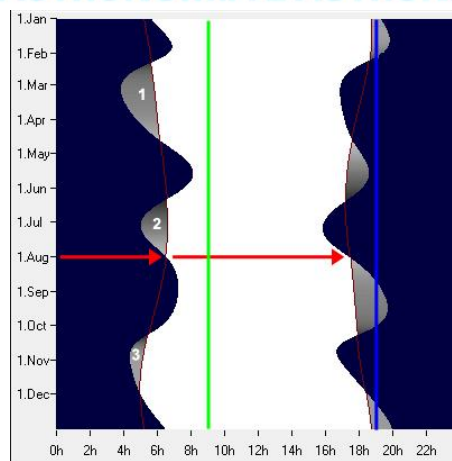


No gráfico, o tom azul escuro significa que o planeta está abaixo do horizonte, o tom cinza significa que o planeta está visível e o branco significa que o planeta está acima do horizonte juntamente com o Sol. Agora que você já sabe como ler as informações no gráfico, considere as afirmações a seguir e responda:

- I – Em 2021 teremos três períodos em que Mercúrio só poderá ser observado de madrugada;
- II – Em 1º de agosto, Mercúrio irá nascer e se pôr juntamente com o Sol;
- III – Nunca poderemos observar Mercúrio depois das 19h;
- IV – Às 9h, Mercúrio sempre estará acima do horizonte;

- a) As afirmações I, II e IV estão corretas
- b) As afirmações I, II e III estão corretas
- c) Todas as afirmações estão corretas
- d) As afirmações I, III e IV estão corretas

**Resposta: a) As afirmações I, II e IV estão corretas**



**Afirmção I está correta: os três períodos de visibilidade matutina estão marcados de 1 a 3**

**Afirmção II está correta: as setas vermelhas indicam quando Mercúrio nasce e se põe com o Sol**

**Afirmção III está incorreta: vemos que existem 3 períodos em que Mercúrio poderá ser observado às 19h**

**Afirmção IV está correta: a linha verde indica que durante todo o ano, Mercúrio estará acima do horizonte, juntamente com o Sol, às 9h.**

8) A densidade de crateras (ou seja, o número de crateras por unidade de área) em uma superfície planetária, ou em um satélite natural, pode nos fornecer indícios sobre a idade comparativa de formação das superfícies, especialmente se não há mais processos de erosão que apaguem os registros de impactos, pois as superfícies mais craterizadas serão mais antigas que as menos craterizadas.

Analisando a superfície de um satélite natural de um planeta no Sistema Solar, encontra-se que existe uma região **A** de 500.000 km<sup>2</sup> de área com 1500 crateras de raio maior ou igual a 100 metros. Também encontra-se que existe outra região **B** com uma área de 800.000 km<sup>2</sup> contendo 2000 crateras de raio maior ou igual a 100 metros.

Assumindo que o fluxo de projéteis foi o mesmo nas superfícies de **A** e de **B** e que foi constante durante todo o tempo de formação das superfícies, calcule a idade aproximada da região **A** em relação com a de **B**.

- a) 1,20
- b) 2,13
- c) 0,75
- d) 0,63

Resposta: a) 1,20

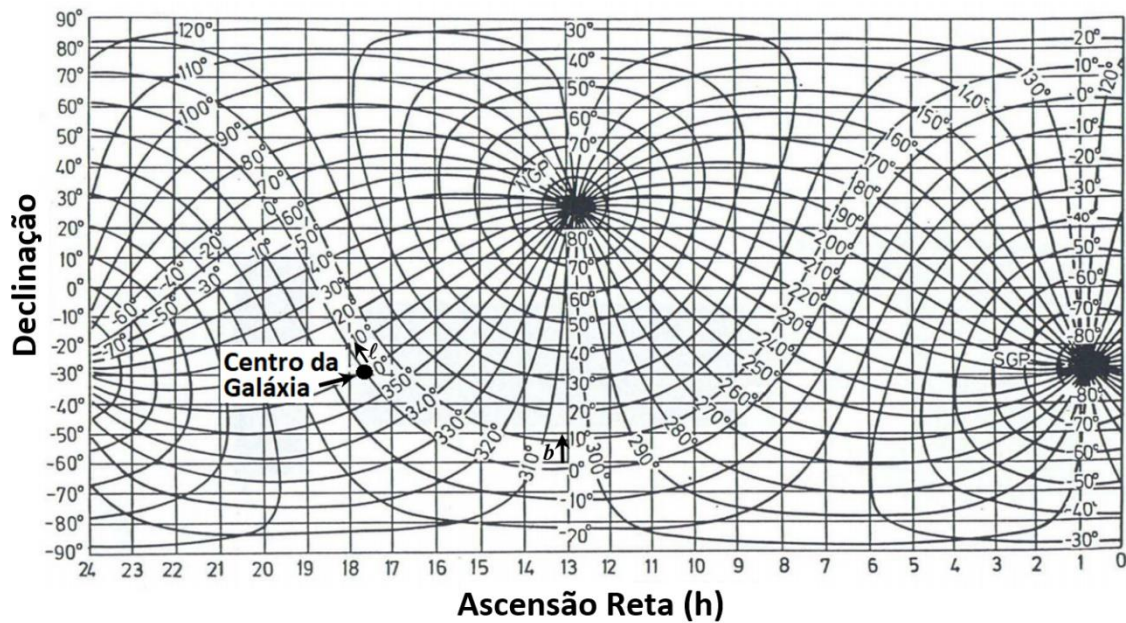
O fluxo de projéteis é igual a:  $\frac{n^{\circ} \text{ de crateras}}{\text{área} \times \text{tempo}}$

$$F_A = \frac{1000}{5,0 \times 10^5 \times t_A} = F_B = \frac{2000}{8,0 \times 10^5 \times t_B}$$

Então,  $\frac{t_A}{t_B} = \frac{1000 \times 8,0 \times 10^5}{2000 \times 5,0 \times 10^5} \approx 1,2$

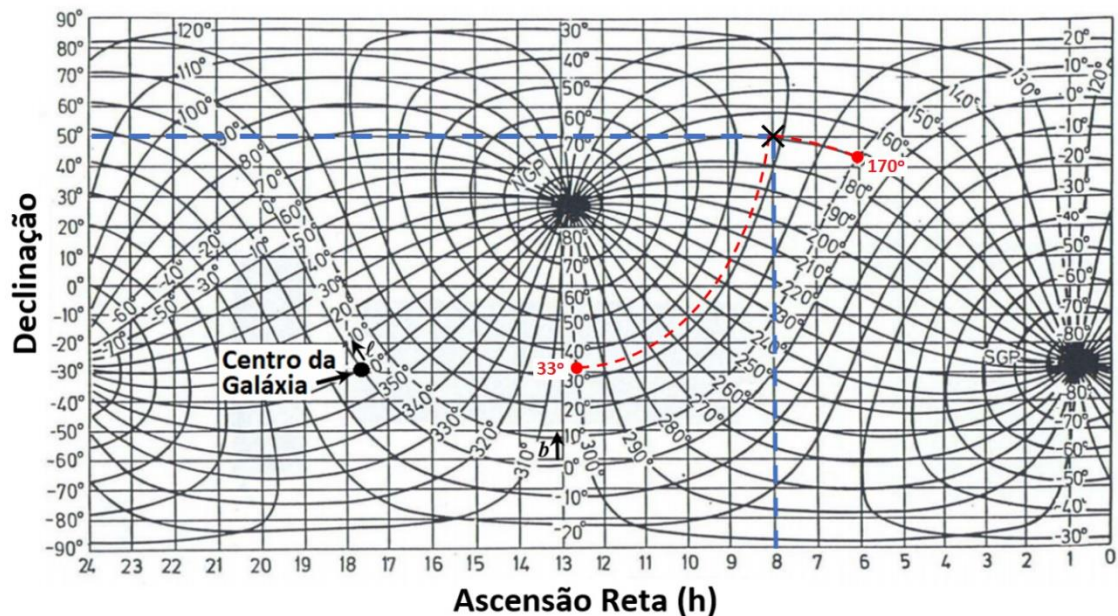
OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE  
ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA

9) Considere um objeto astronômico hipotético qualquer cuja declinação ( $\delta$ ) é de  $50^\circ$  e ascensão reta (AR) de  $8^h$ . Analisando o diagrama abaixo, que relaciona coordenadas equatoriais e galácticas, pode-se afirmar que a longitude galáctica ( $\ell$ ) e a latitude galáctica ( $b$ ) deste mesmo objeto, em relação ao centro da galáxia, valem aproximadamente:



- a)  $\ell = 170^\circ$  e  $b = 33^\circ$
- b)  $\ell = 100^\circ$  e  $b = 80^\circ$
- c)  $\ell = 230^\circ$  e  $b = 70^\circ$
- d)  $\ell = 50^\circ$  e  $b = 8^\circ$

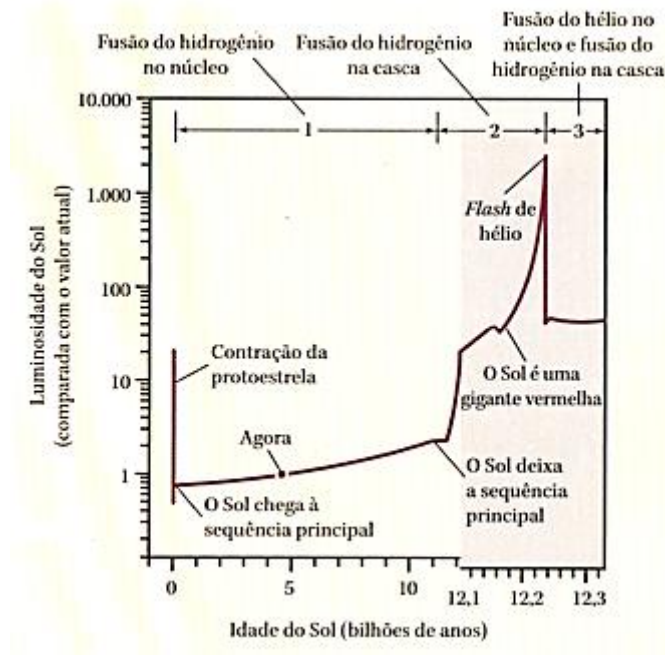
Resposta: a)  $\ell = 170^\circ$  e  $b = 33^\circ$



Representando em azul a leitura das coordenadas equatoriais, declinação de  $50^\circ$  e ascensão reta  $8^h$ , e em vermelho as correspondentes coordenadas galácticas, da leitura do diagrama, temos:

Logo, a longitude galáctica é  $\ell = 170^\circ$  e a latitude galáctica é de aproximadamente  $b = 33^\circ$  como indicado na alternativa a.

10) O gráfico a seguir mostra o comportamento da luminosidade do Sol à medida que a nossa estrela evolui. Note a mudança na escala do eixo horizontal em 12 bilhões de anos.



Analisando o gráfico, um estudante faz três afirmações:

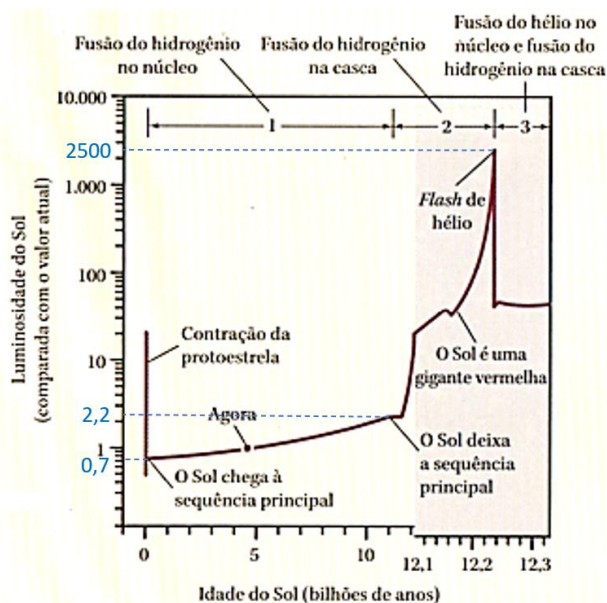
- I – Na fase da Sequência Principal, a luminosidade do Sol aumentou cerca de 1,5 vez.
- II – A luminosidade solar máxima (*Flash de hélio*) será cerca de 2500 vezes maior que a atual.
- III – Ao deixar a Sequência Principal, a fusão do hidrogênio na casca supera a fusão do hidrogênio no núcleo e a luminosidade solar diminui.

Está correto o que se afirma em:

- a) I e II
- b) I
- c) I, II e III
- d) II e III

Resposta: a) I e II

## OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA



I – Correta. Temos que a luminosidade do Sol passará de cerca de  $0,7 L_{\odot}$  para  $2,2 L_{\odot}$ , quando deixará a Sequência Principal. Logo, a luminosidade do Sol aumentou aproximadamente  $1,5 L_{\odot}$  na fase da Sequência Principal.

II – Correta. Analisando o gráfico, temos que na situação de luminosidade máxima (*Flash* de hélio) o Sol terá luminosidade cerca de  $2500 L_{\odot}$ .

III – Incorreta. De acordo com o gráfico, ao deixar a Sequência Principal, a fusão do hidrogênio na casca supera a fusão do hidrogênio no núcleo e a luminosidade solar **aumenta**.

### 11) QUESTÃO PARAMETRIZADA

João, acoplando um fotômetro (equipamento que mede o fluxo das estrelas) ao seu telescópio, consegue medir separadamente as magnitudes das componentes de um sistema binário:  $m_A = 2,30$  e  $m_B = 1,20$ .

Qual é a magnitude aparente do sistema quando observado a olho nu (sem o telescópio)?

- a) 0,86
- b) 1,75
- c) 3,50
- d) 1,10

Resposta: a) 0,86

Ao observar a olho nu, João perceberá o sistema binário como uma estrela só, com fluxo luminoso  $F = F_A + F_B$ , onde  $F_A$  e  $F_B$  são os fluxos das estrelas A e B respectivamente. Sendo assim, comparando  $m_A$  e  $m_B$ :

$$m_A - m_B = -2,5 \log \frac{F_A}{F_B} \Rightarrow \frac{F_A}{F_B} = 10^{-0,4(m_A - m_B)} = 0,363$$

Note que:

$$\frac{F}{F_B} = \frac{F_A + F_B}{F_B} = 1 + \frac{F_A}{F_B}$$

Logo, comparando a magnitude total com a magnitude de B:

$$m - m_B = -2,5 \log \frac{F}{F_B} \Rightarrow m = m_B - 2,5 \log \left( 1 + \frac{F_A}{F_B} \right)$$

Substituindo  $F_A/F_B$  na última equação, conseguimos:

$$\boxed{m = 0,86}$$

12) Uma base de monitoramento localizada no Equador terrestre ( $\varphi = 0^\circ$ ) acompanha um satélite que está sobre a órbita de Júpiter. Na configuração orbital de oposição, qual o desvio de comprimento de onda  $\Delta\lambda$  da luz emitida pelo satélite, quando medido pela base na Terra?

Dados: o satélite emite sinais no comprimento de onda  $\lambda = 550 \text{ nm}$  e sua órbita é aproximadamente circular de raio  $r = 5,2 \text{ UA}$  ao redor do Sol, no mesmo plano da órbita terrestre e translação no mesmo sentido que o de nosso planeta. Despreze os efeitos de rotação da Terra e use, se necessário, que  $1 \text{ UA} = 1,5 \times 10^{11} \text{ m}$ , a massa do Sol é  $M = 2,0 \times 10^{30} \text{ kg}$  e a constante de gravitação universal  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$

- a) 0 nm
- b) 0,031 nm
- c) 0,024 nm
- d) 0,079 nm

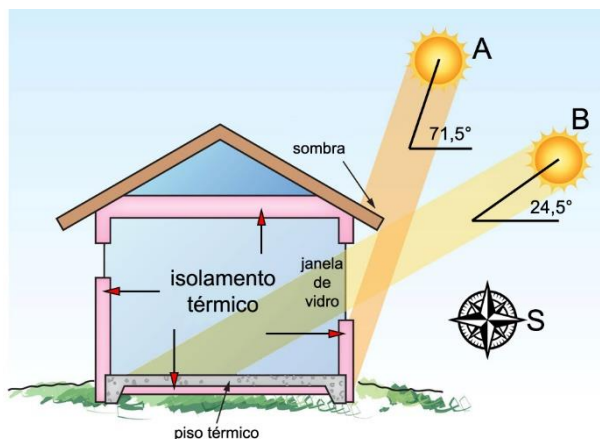
Resposta: a) 0 nm

**Solution:** Na configuração de oposição, a velocidade **radial** relativa ( $v_r$ ) entre a base na Terra e o satélite é nula, como evidencia a figura ( $\vec{v}_T \parallel \vec{v}_S$ ):

Sendo assim, da equação de desvio Doppler:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v_r}{c} \iff \boxed{\Delta\lambda = 0}$$

13) Um arquiteto quer projetar sua casa com boa eficiência energética, ou seja, ele quer economizar com a refrigeração no verão e com o aquecimento no inverno. Ele sabe que uma casa bem orientada em relação ao Sol pode lhe render uma boa economia na sua conta de luz. Seu projeto inicial pode ser visto no desenho a seguir, com a indicação da altura do Sol em duas posições, **A** e **B**, nos dias dos Solstícios, ao meio-dia.



Crédito da imagem: <https://www.ecodesignadvisor.org.nz/passive-solar-design/> (adaptado)

Considere as afirmações a seguir sobre o projeto e assinale a resposta correta.

- a) A casa do arquiteto está localizada na latitude geográfica  $\phi = 42^\circ \text{ N}$ .
- b) A casa do arquiteto está localizada na latitude geográfica  $\phi = 42^\circ \text{ S}$ .
- c) A casa do arquiteto está localizada na latitude geográfica  $\phi = 48^\circ \text{ N}$ .
- d) A casa do arquiteto está localizada na latitude geográfica  $\phi = 48^\circ \text{ S}$ .

Resposta: a) A casa do arquiteto está localizada na latitude geográfica  $\phi = 42^\circ \text{ N}$ .

A distância zenital do Equador Celeste corresponde à latitude geográfica do lugar e é igual ao complemento da média aritmética das alturas máxima e mínima do Sol (Solstício de Verão e Solstício de Inverno). Como o Sol está cruzando o meridiano ao Sul do zênite (indicado pela Rosa dos Ventos), o lugar se localiza no Hemisfério Norte.

$$\text{lat. geográfica} = 90^\circ - \left( \frac{71,5^\circ + 24,5^\circ}{2} \right) = 42^\circ \text{ N}$$

#### 14) QUESTÃO PARAMETRIZADA

Em 1879, o físico esloveno Jožef Stefan (1835-1893) deduziu, a partir de resultados experimentais, que a potência **P** (energia irradiada por segundo) de um corpo é diretamente proporcional à área **A** da superfície emissora e também diretamente proporcional à sua temperatura **T** elevada à quarta potência. Essa relação foi chamada de Lei de Stefan:

$$P = A\sigma T^4$$

Onde  $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$  é a constante de Stefan.

Para uma estrela de raio **R** e temperatura superficial **T**, a potência **P**, irradiada por segundo, é a sua luminosidade **L** e esta equação pode ser escrita como:

$$L = (4\pi R^2)\sigma T^4$$

A Lei de Stefan afirma que, se a temperatura do Sol fosse 20% maior do que a atual, a sua emissão de energia seria:

- a) Cerca de duas vezes maior
- b) Cerca de três vezes maior
- c) 20% maior
- d) 40% maior

**Resposta: a) Cerca de duas vezes maior**

**A luminosidade é proporcional à temperatura elevada à quarta potência. Portanto:**

$$L \sim (1,2)^4 = 2,0736 \approx 2$$

15) Na imagem a seguir temos a montagem de uma sequência de 12 fotos que mostra os trajetos da Lua e do planeta Vênus, feita na cidade de São Paulo. Estamos vendo o nascer ou o ocaso da Lua?

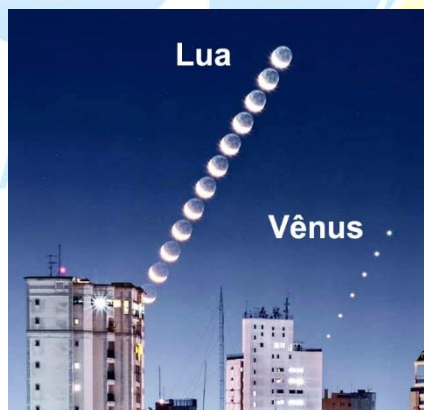


Foto de Agnaldo Oliveira

Considere que o diâmetro aparente médio da Lua é de  $0,5^\circ$  e que não há espaço entre as imagens da Lua. Com esta informação, quanto tempo, aproximadamente, o astrofotógrafo demorou para fazer toda esta sequência?

Assinale a alternativa que contém as respostas corretas para as duas perguntas.

- a) ocaso; 24 min
- b) nascer; 24 min
- c) ocaso; 48 min
- d) nascer; 48 min

**Resposta: a) ocaso; 24 min**

Pela inclinação da trajetória, percebemos que o polo elevado está à esquerda da imagem e como a sequência foi feita em São Paulo, trata-se do Polo Celeste Sul, portanto, estamos vendo o ocaso dos astros.

Como o intervalo de tempo não é longo, podemos desprezar o movimento próprio da Lua e considerar apenas a rotação da Terra.

Da primeira imagem até a última, temos  $12 \times 0,5^\circ = 6^\circ$

A Terra demora 24 h para completar  $360^\circ$ . Portanto, para  $6^\circ$ :

$$t = \frac{6^\circ \times 24h \times 60 \text{ min}/h}{360^\circ} = 24 \text{ min}$$

## 16) QUESTÃO PARAMETRIZADA

Do mesmo jeito que a Terra possui um satélite natural (a Lua) e Júpiter possui mais de 60, os asteroides também podem ter satélites naturais. Em 1993 foi descoberto o primeiro asteroide que possui sua própria lua. Esta lua, de pouco mais de 1 quilômetro de diâmetro, ganhou o nome de Dactyl, e ela é o satélite natural do asteroide 243 Ida, que habita o Cinturão de Asteroides, entre as órbitas de Marte e Júpiter. A imagem a seguir, obtida pela sonda Galileo, da NASA, mostra o asteroide 243 Ida com sua pequena lua Dactyl, à direita dele.



Créditos da imagem: NASA

Considere um asteroide, de massa  $M = 8,40 \times 10^{16}$  kg que possui um satélite natural, de massa  $m = 3,90 \times 10^{12}$  kg, que orbita este asteroide a uma distância média de 200 km. Qual será, aproximadamente, o período orbital  $P$  de rotação do satélite em torno do asteroide?

Considere, também, a Constante de Gravitação Universal  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ .

- a) 2,75 dias
- b) 1,55 dias
- c) 5,50 dias
- d) 3,10 dias

Resposta: a) 2,75 dias

$$P^2 = \frac{4\pi^2}{G(m + M)} a^3$$

Desprezando a massa do satélite e substituindo-se os valores, temos:

$$P^2 = \frac{4\pi^2}{6,67 \times 10^{-11} (8,40 \times 10^{16})} (200 \times 10^3)^3$$
$$P^2 \cong 5,64 \times 10^{10} \text{ s}^2 \rightarrow P \cong 2,37 \times 10^5 \text{ s} \approx 2,75 \text{ dias}$$

17) Considere as seguintes afirmações sobre as estrelas e marque a opção correta

- a) Uma estrela em uma determinada temperatura emite radiação com intensidade diferente em todas as frequências do espectro eletromagnético e o pico de emissão está relacionado à sua temperatura.
- b) Uma estrela em determinada temperatura emite radiação com a mesma intensidade em todas as regiões do espectro eletromagnético e o pico de emissão está relacionado à sua temperatura.
- c) O fluxo de energia emitido por uma estrela é diretamente proporcional à temperatura de sua superfície.
- d) A radiação eletromagnética emitida por uma estrela em uma determinada temperatura corresponde a uma única frequência do espectro eletromagnético.

**Resposta: a) Uma estrela em uma determinada temperatura emite radiação com intensidade diferente em todas as frequências do espectro eletromagnético e o pico de emissão está relacionado à sua temperatura.**

18) Determine se um astrônomo no Equador da Terra, utilizando um telescópio refrator ( $\lambda = 550 \text{ nm}$ ) de 0,65 m de abertura, conseguiria resolver o satélite IX-92 durante a sua passagem zenital. Além disso, calcule a cada quanto tempo essa passagem ocorre. O satélite tem um formato esférico de 2,50 m de raio, possui uma órbita no plano equatorial terrestre com um período orbital de 3,00 h e orbita no mesmo sentido que a rotação da Terra.

Dados: Período de rotação da Terra:  $P = 23\text{h}56\text{min}$ ; Massa da Terra:  $M = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$ ; Raio da Terra:  $R = 6370 \text{ km}$ ; Constante de Gravitação Universal  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ .

- a). Ele conseguiria resolver o satélite e o tempo entre duas passagens consecutivas é de 3h26min.
- b) Ele conseguiria resolver o satélite e o tempo entre duas passagens consecutivas é de 2h41min
- c) Ele não conseguiria resolver o satélite e o tempo entre duas passagens consecutivas é de 2h41min.
- d) Ele não conseguiria resolver o satélite e o tempo entre duas passagens consecutivas é de 3h26min.

**Resposta: a). Ele conseguiria resolver o satélite e o tempo entre duas passagens consecutivas é de 3h26min.**

**Solution:** Inicialmente, podemos utilizar a Terceira Lei de Kepler para encontrar o raio orbital do satélite ( $T = 3,00 \text{ h} = 10800 \text{ s}$ ):

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4 \cdot \pi^2}{G \cdot M_{\oplus}} \implies r = \left( \frac{G \cdot M_{\oplus} \cdot T^2}{4 \cdot \pi^2} \right)^{\frac{1}{3}} \implies r \approx 1,06 \cdot 10^7 \text{ m}$$

O poder de resolução do telescópio é dado por:

$$\theta = \frac{1,22 \cdot \lambda}{D}$$

Então, para que o telescópio consiga resolver o satélite:

$$\theta = \frac{1,22 \cdot \lambda}{D} = \frac{L}{d} \implies D = \frac{1,22 \cdot \lambda \cdot d}{L}$$

Onde  $L$  é o diâmetro do satélite e  $d$  é a distância do observador ao objeto:

$$d = r - R_{\oplus} \implies d \approx 4,19 \cdot 10^6 \text{ m}$$

Portanto, substituindo esses valores na fórmula, obtemos o diâmetro mínimo,  $D_{\min}$ , para resolver o satélite:

$$D_{\min} \approx 0,56 \text{ m}$$

Como o diâmetro do telescópio é maior que o  $D_{\min}$ , o astrônomo vai conseguir resolver o satélite.

Para descobrir a cada quanto tempo o satélite passa pelo zênite do observador, temos que calcular o período sinódico do satélite em relação a superfície da Terra:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{P_r} \implies S \approx 3,43 \text{ h}$$

$$S \approx 3^{\text{h}}26^{\text{m}}$$

19) Se uma estrela estiver localizada a 2,00 parsecs de distância, isso significa que dentro de 6 meses ela terá se deslocado de um ângulo de

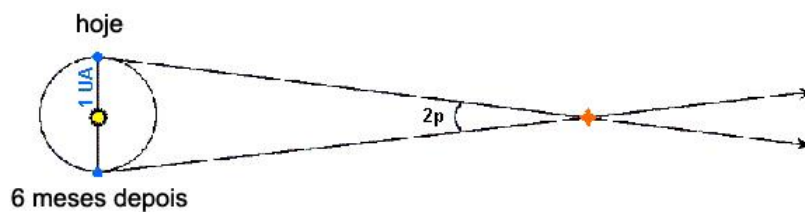
- a) 1,00"
- b) 2,00"
- c) 0,50"
- d) 0,25"

Resposta: a) 1,00"

$$p(") = \frac{1}{d(pc)}$$

Substituindo-se o valor de d:

$$p = \frac{1}{2,00 pc} = 0,50" \leftrightarrow 2p = 1,00"$$

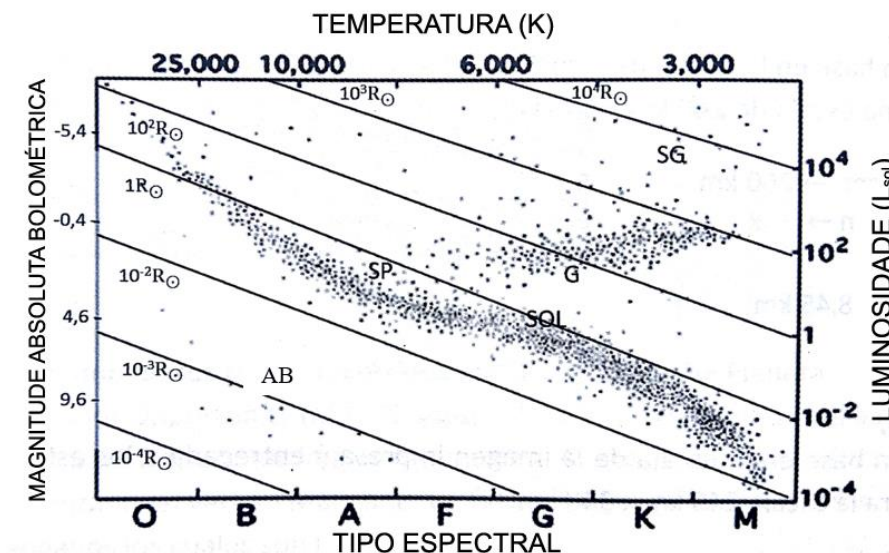


20) **ESTA QUESTÃO FOI ANULADA POR NÃO TER UMA OPÇÃO CORRETA**

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.



Estrela 1: tipo espectral G e  $10^2 R_{Sol}$ ;

Estrela 2: tipo espectral B e  $1 R_{Sol}$ ;

Estrela 3: temperatura superficial de 10.000 K e  $10^{-2} L_{Sol}$ ;

Estrela 4: temperatura superficial de 10.000 K e magnitude absoluta  $M = 0$ .

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

- a) G, SP, AB, G
- b) G, SP, AB, SG
- c) SP, SP, AB, G
- d) G, SP, SP, G

**ANULADA**

**A Resposta correta seria: G, SP, AB, SP**

