

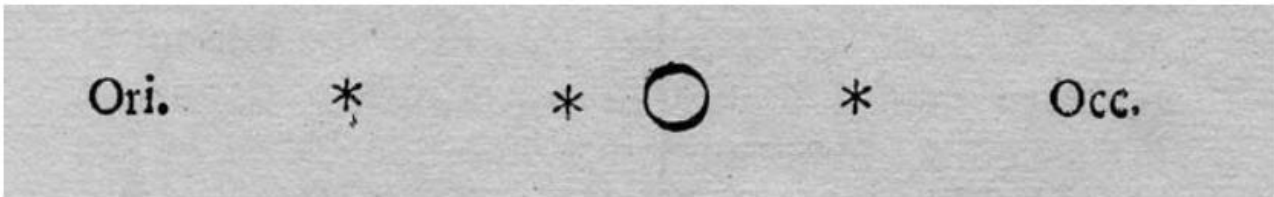
GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

1ª PROVA ONLINE DE 20 DE OUTUBRO DE 2023

- PROCESSO DE SELEÇÃO DAS EQUIPES INTERNACIONAIS DE 2024 -

1) Em 7 de janeiro de 1610, Galileu Galilei, utilizando uma luneta que ele mesmo construiu, apontou para o planeta Júpiter e escreveu em suas anotações que viu o planeta acompanhado de três estrelas fixas, totalmente invisíveis à vista desarmada devido à sua pequenez. A configuração que Galileu desenhou pode ser vista na reprodução a seguir:



Na noite seguinte, ao refazer esta observação, Galileu descobriu que Júpiter tinha se movido em relação a estas estrelas e, durante as noites seguintes observou que elas mudaram as suas posições em relação a Júpiter e entre si, enquanto acompanhavam Júpiter em seu movimento em relação às estrelas ao fundo.

Assinale a opção que descreve que objetos eram estes que Galileu descobriu próximos à Júpiter.

- a) As luas de Júpiter.
- b) Estrelas próximas à Júpiter.
- c) Objetos do Cinturão de Asteroides.
- d) Cometas que acompanham Júpiter.
- e) Outros planetas até então desconhecidos.

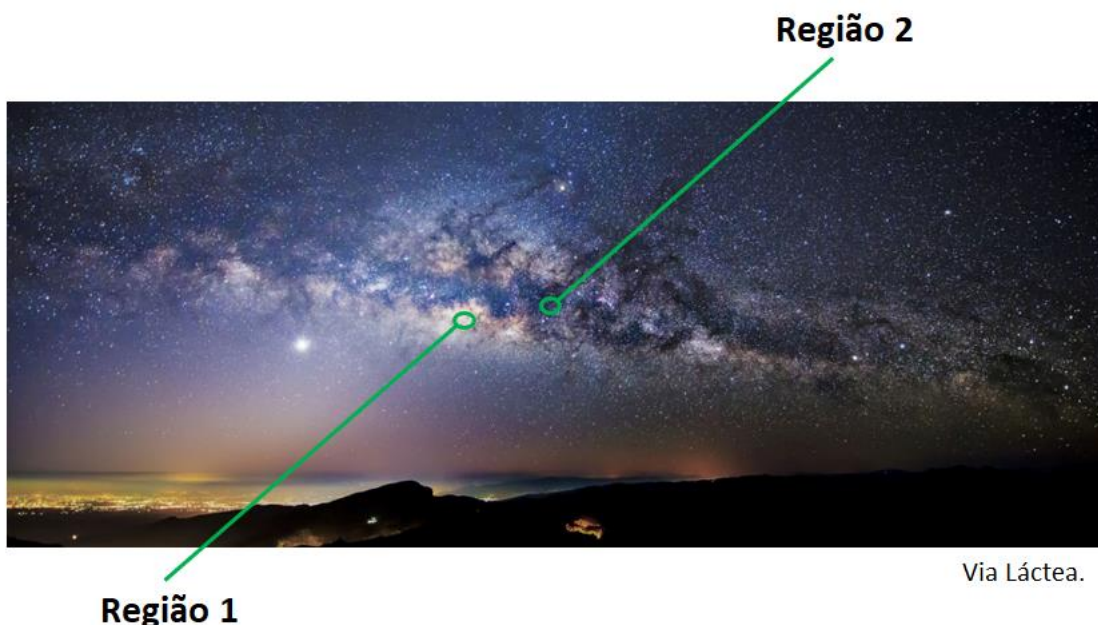
Resposta: a) As luas de Júpiter.

Comentário: Esta passagem traz a descoberta dos satélites naturais de Júpiter, que eram desconhecidos até então.

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

2) A imagem abaixo compara duas regiões do núcleo da Galáxia (Via Láctea) quando observadas na região visível do espectro eletromagnético em uma noite de céu limpo.



Assinale a alternativa que contém a informação correta.

- a) A diferença de brilho entre as regiões 1 e 2 se explica pelo fato da região 2 ser mais rica em matéria do meio interestelar, como gás e poeira, que bloqueiam a luz das estrelas vinda do núcleo galáctico.
- b) A diferença de brilho entre as regiões 1 e 2 se explica pelo fato da região 1 ser mais populosa em estrelas do que a região 2.
- c) A diferença de brilho entre as regiões 1 e 2 se explica pelo fato da região 2 possuir estrelas mais antigas, portanto menos luminosas.
- d) A diferença de brilho entre as regiões 1 e 2 se explica pelo fato da região 1 possuir estrelas mais quentes, portanto mais luminosas.
- e) A diferença de brilho entre as regiões 1 e 2 se explica pelo fato da região 1 estar mais perto de nós e, portanto, parecer mais brilhante para nós.

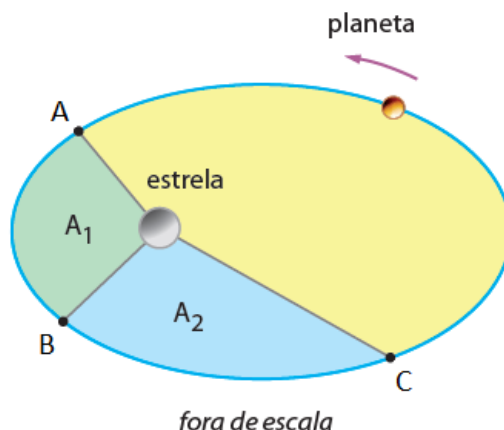
Resposta: a) A diferença de brilho entre as regiões 1 e 2 se explica pelo fato da região 2 ser mais rica em matéria do meio interestelar, como gás e poeira, que bloqueiam a luz das estrelas vinda do núcleo galáctico.

Comentário: Até 1930, acreditava-se que a diferença de brilho (na região visível) encontrado ao longo da Via Láctea era resultado da diferença de densidade de estrelas por região. As regiões escuras, como a região 2 por exemplo, eram vazios de estrelas. Hoje já se sabe que as manchas escuras são provas de que o meio interestelar é mais rico e complexo do que se imaginava. As regiões escuras (região 2) são regiões ricas em matéria, como gás e poeira, que bloqueiam a luz vinda de estrelas mais distantes.

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

3) A figura abaixo mostra a órbita elíptica, fora de escala, de um planeta hipotético em torno de sua estrela. Considere que o período de translação desse planeta é P e o intervalo de tempo necessário para que percorra o arco AB é $P/6$.



Sabendo que as áreas A_1 e A_2 são iguais, pode-se afirmar que o intervalo de tempo necessário para que o planeta percorra o arco CA é:

- a) $2P/3$
- b) $P/3$
- c) $3P/5$
- d) $3P/4$
- e) $P/6$

Resposta: a) $2P/3$

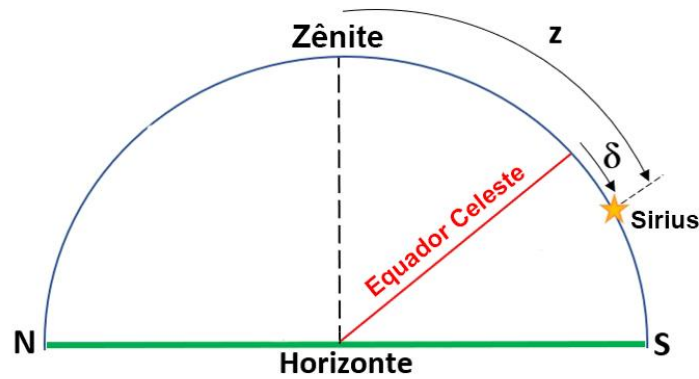
Da 2ª Lei de Kepler temos que as áreas A_1 e A_2 serão percorridas pelo mesmo intervalo de tempo, ou seja, $P_{AB} = P_{BC} = \frac{P}{6}$. Portanto:

$$P_{AB} + P_{BC} + P_{CA} = P \Rightarrow \frac{P}{6} + \frac{P}{6} + P_{CA} = P \Rightarrow P_{CA} = \frac{2P}{3}$$

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

4) Um observador no Hemisfério Norte vê a estrela Sirius ($\delta_{\text{Sirius}} = -16^{\circ} 43' 24,6''$) passar pelo seu meridiano astronômico a uma distância zenital $z = 39^{\circ} 05' 34,4''$ e azimute $A = 180^{\circ}$, contado a partir do Norte para Leste, conforme o esquema abaixo.



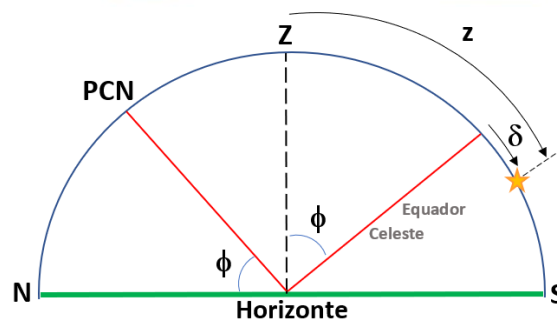
Assinale a alternativa que traz a latitude geográfica na qual se encontra o observador.

- a) $22^{\circ} 22' 9,8''$
- b) $27^{\circ} 54' 29,5''$
- c) $32^{\circ} 25' 14,2''$
- d) $55^{\circ} 48' 59''$
- e) $16^{\circ} 43' 24,6''$

Resposta: a) $22^{\circ} 22' 9,8''$

A altura do Polo Celeste é numericamente igual à latitude geográfica do lugar onde se encontra o observador.

Esquematicamente, temos:



$$\phi = z - |\delta| \Rightarrow \phi = 39^{\circ} 05' 34,4'' - 16^{\circ} 43' 24,6''$$

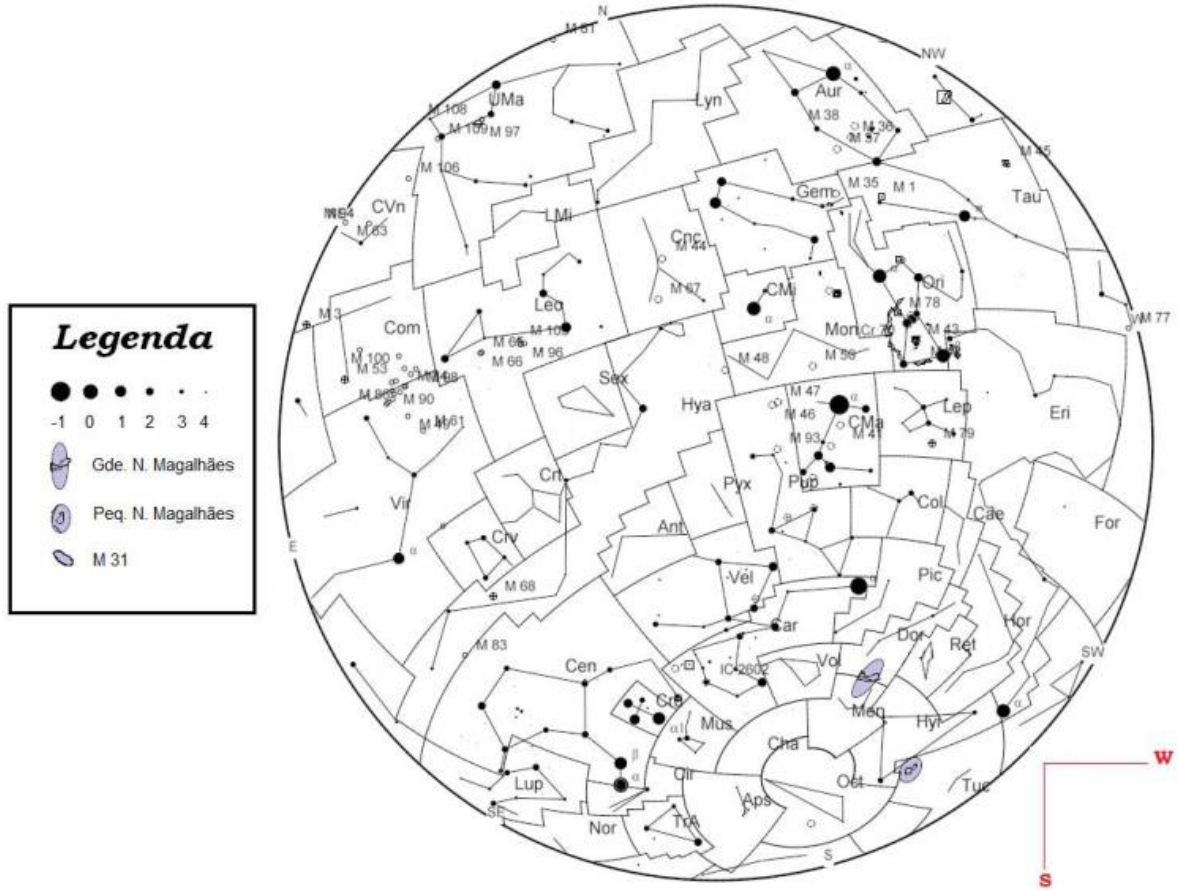
$39^{\circ} 05' 34,4''$		$38^{\circ} 65' 34,4''$
$16^{\circ} 43' 24,6''$	→	$16^{\circ} 43' 24,6''$
-----		-----
		$22^{\circ} 22' 9,8''$

$$\phi = 22^{\circ} 22' 9,8'' N$$

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

5) A carta Celeste a seguir traz o céu de Belo Horizonte/MG, do dia 15 de março de 2020, às 0h (TU). Na carta podemos ver algumas das estrelas mais brilhantes e o contorno de diversas constelações.

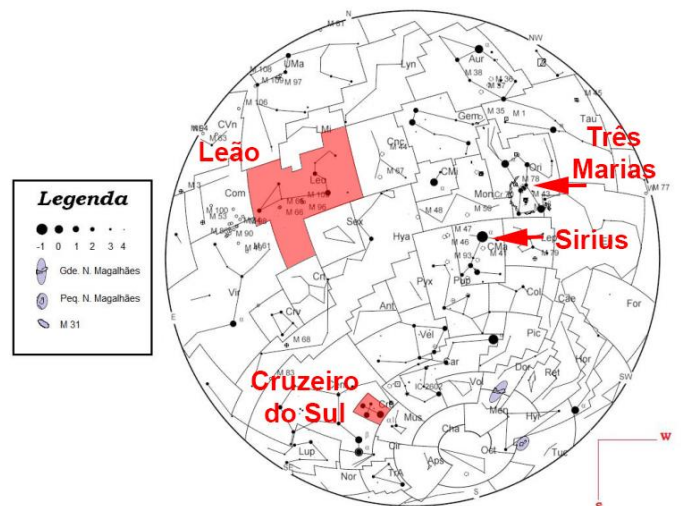


Baseado nesta Carta Celeste e em seus conhecimentos, avalie as seguintes afirmações e assinale a opção correta.

- I – As Três Marias estão visíveis.
- II – Sirius, a estrela mais brilhante do céu noturno, está visível.
- III – A Constelação do Leão pode ser vista por inteira.
- IV – A Constelação do Cruzeiro do Sul pode ser vista por inteira.

- a) Todas as afirmações estão corretas.
- b) Apenas as afirmações I e IV estão corretas.
- c) Apenas as afirmações I, II e IV estão corretas.
- d) Apenas as afirmações III e IV estão corretas.
- e) Nenhuma afirmação está correta.

Resposta: a) Todas as afirmações estão corretas.



GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

6) Acredita-se que as estrelas se formam dentro de grandes nuvens interestelares densas, localizadas principalmente nos braços espirais da Galáxia. Sob a sua própria gravidade, uma nuvem começa a contrair-se e a fragmentar-se em partes que se tornarão protoestrelas. As observações parecem indicar que as estrelas não se formam individualmente, mas em grupos maiores.

Estrelas jovens são encontradas em aglomerados abertos, normalmente contendo algumas centenas de estrelas que devem ter se formado quase que ao mesmo tempo.

Cálculos teóricos confirmam que a formação de estrelas únicas é quase impossível. Uma nuvem interestelar só pode contrair-se se a sua massa for suficientemente grande para que a gravidade supere a pressão. Já na década de 1920, James Hopwood Jeans (1877 — 1946), físico, astrônomo e matemático britânico, calculou que uma nuvem interestelar com uma certa temperatura e densidade só poderia condensar se a sua massa fosse suficientemente elevada. Se a massa for muito pequena, a pressão do gás é suficiente para evitar a contração gravitacional. Esta massa, conhecida como Massa Limite de Jeans (M_J), pode ser calculada, aproximadamente, pela seguinte fórmula, em termos de massas solares (M_{Sol}):

$$M_J \approx 3 \times 10^4 \sqrt{\frac{T^3}{n}} M_{Sol}$$

onde n é a densidade da nuvem, em átomos/ m^3 , e T a temperatura, em K.

Considere que em uma nuvem interestelar de hidrogênio neutro tenhamos, tipicamente, $n = 10^6$ átomos/ m^3 e $T = 100$ K. Sendo assim, assinale a opção que traz a Massa Limite de Jeans, aproximada, para esta nuvem interestelar.

- a) 30.000 M_{Sol}
- b) 3.000 M_{Sol}
- c) 300 M_{Sol}
- d) 300.000 M_{Sol}
- e) 30 M_{Sol}

Resposta: a) 30.000 M_{Sol}

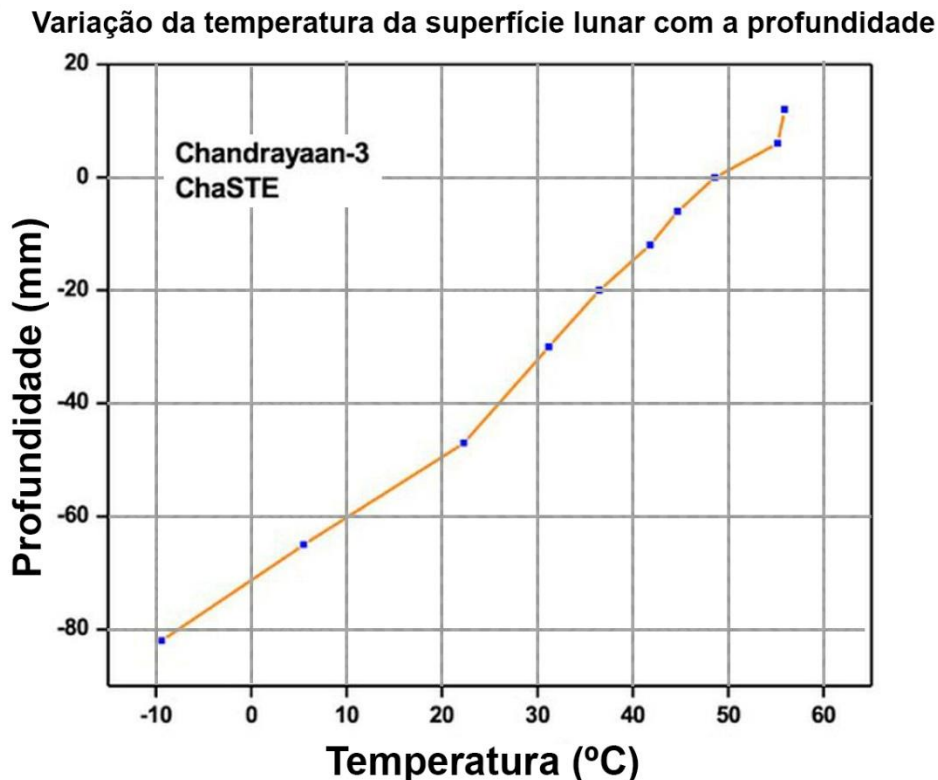
Substituindo-se os valores na fórmula dada, temos:

$$M_J \approx 3 \times 10^4 \sqrt{\frac{100^3}{10^6}} = 3 \times 10^4 \sqrt{\frac{1.000.000}{1.000.000}} = 3 \times 10^4 M_{Sol} = 30.000 M_{Sol}$$

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

7) A Chandrayaan-3 é a terceira missão de exploração lunar da Organização Indiana de Pesquisa Espacial (ISRO) e consiste em um módulo de pouso chamado **Vikram** e o rover chamado de **Pragyan**. A bordo do Vikram se encontra o instrumento **ChaSTE** (*Chandra's Surface Thermophysical Experiment* ou Experimento Termofísico de Superfície), equipado com uma sonda sensora de temperatura armada com um mecanismo de penetração controlada que é capaz de atingir uma profundidade de 10 centímetros abaixo da superfície da Lua. O gráfico a seguir ilustra as variações de temperatura da superfície lunar e próxima à superfície em várias profundidades, conforme registradas durante a penetração da sonda, em 27 de agosto de 2023. Este é o primeiro perfil desse tipo para o Polo Sul Lunar.



Baseado neste gráfico, avalie as seguintes afirmações e assinale a opção correta.

I – A 30 mm de profundidade a temperatura do solo lunar é de, aproximadamente, 30 °C, então podemos afirmar que, no local de pouso do módulo, a taxa média de resfriamento do solo lunar é de 1 °C/mm.

II – Na superfície da Lua (onde o módulo de pouso está localizado), a temperatura é de, aproximadamente, 50 °C.

III – Podemos afirmar que, no local de pouso do módulo, a taxa média de resfriamento do solo lunar é de cerca de 7,5 °C/cm.

IV – Somente a 60 mm de profundidade a temperatura do solo ficou abaixo de 0 °C.

- a) As afirmações II e III estão corretas.
- b) As afirmações II, III e IV estão corretas.
- c) Apenas a afirmação I está correta.
- d) As afirmações I, II e IV estão corretas.
- e) Apenas a afirmação II está correta.

Resposta: a) As afirmações II e III estão corretas.

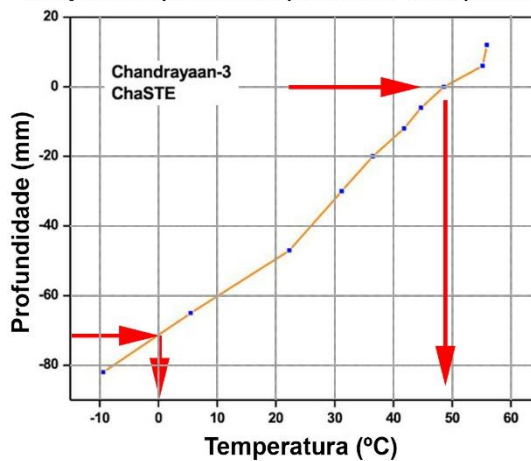
GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

Comentários:

- A afirmação I está errada, pois entre 0 mm e 30 mm a temperatura variou de, aproximadamente, 50 °C para 30 °C, portanto a taxa média de resfriamento foi de $(30\text{ °C} - 50\text{ °C})/(-30\text{ mm} - 0\text{ mm}) = 2/3\text{ °C/mm}$ ($\sim 0,67\text{ °C/mm}$).
- A afirmação II está correta, pois podemos ver no gráfico que na superfície (0 mm) a temperatura é de quase 50 °C.
- A afirmação III está correta, pois entre 0 mm e ~ 80 mm a temperatura variou de, aproximadamente, 50 °C para -10 °C, portanto a taxa média de resfriamento foi de $(-10\text{ °C} - 50\text{ °C})/(-80\text{ mm} - 0\text{ mm}) = 60/80\text{ °C/mm} = 0,75\text{ °C/mm}$.
- A afirmação IV está errada, pois vemos no gráfico que a temperatura caiu abaixo de 0 °C depois dos 70 mm de profundidade.

Varição da temperatura da superfície lunar com a profundidade

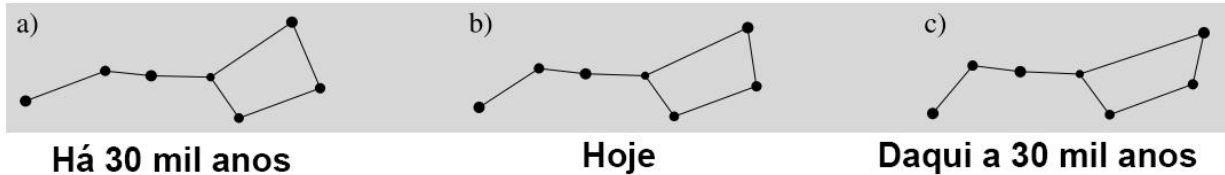


OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE
ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

8) As imagens mostram as sete estrelas mais brilhantes do asterismo conhecido como "Big Dipper" (da Constelação da Ursa Maior), como vistas há 30 mil anos, como as vemos hoje e como elas serão vistas daqui a 30 mil anos.



Assinale a alternativa que traz a explicação para esta "mudança de forma" deste asterismo.

- a) Ao movimento próprio das estrelas.
- b) À paralaxe estelar.
- c) À precessão dos Equinócios.
- d) À evolução estelar.
- e) À expansão acelerada do Universo.

Resposta: a) Ao movimento próprio das estrelas.

Comentário: o movimento próprio de uma estrela refere-se ao movimento da estrela perpendicularmente à linha de visada de um observador na Terra. O movimento é dito "próprio" por pertencer a estrela e não ao céu, que parece girar e carregar todas as estrelas com ele.

O movimento próprio das estrelas é um movimento pequeno, da ordem de alguns segundos de arco por ano. As estrelas mais próximas apresentam em geral movimentos próprios maiores. A estrela com maior movimento próprio é a estrela de Barnard. Ela se desloca no céu por um ângulo de $10''$ (segundos de arco) a cada ano.

OLIMPÍADA BRASILEIRA DE
ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

9) Um jovem e interessado estudante de Astronomia foi para o campo observar o firmamento e aprofundar seus conhecimentos. Na primeira noite, às 22 horas, estando de frente para o norte ele verifica que a Lua se encontra à sua direita bem próxima ao horizonte.

i) Ele está observando o nascer ou ocaso da Lua?

No dia seguinte, nosso astrônomo mirim sai novamente para mais uma noite de observação.

ii) No mesmo horário, posicionando-se novamente no mesmo ponto, de frente para o norte, este atento observador verá a Lua?

iii) Onde estará a Lua?

Marque a única alternativa que contém as respostas corretas, respectivamente, às perguntas.

a) (i) nascer da Lua; (ii) não verá a Lua; (iii) a Lua estará abaixo do horizonte.

b) (i) nascer da Lua; (ii) verá a Lua; (iii) numa posição acima do horizonte.

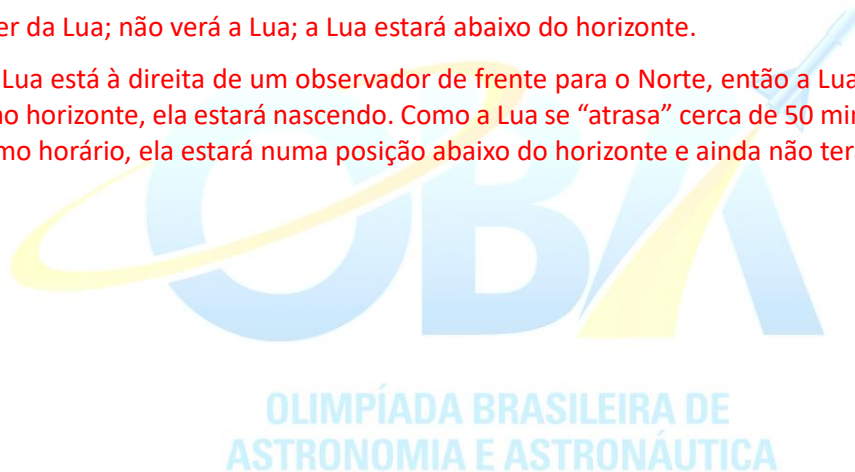
c) (i) ocaso da Lua; (ii) verá a Lua; (iii) no horizonte.

d) (i) ocaso da Lua; (ii) verá a Lua; (iii) numa posição acima do horizonte.

e) (i) nenhum dos dois; (ii) verá a Lua; (iii) a Lua estará no zênite do observador.

Resposta: a) nascer da Lua; não verá a Lua; a Lua estará abaixo do horizonte.

Comentário: Se a Lua está à direita de um observador de frente para o Norte, então a Lua está a Leste, e, se ela está próxima ao horizonte, ela estará nascendo. Como a Lua se “atrasa” cerca de 50 min a cada dia, no dia seguinte, no mesmo horário, ela estará numa posição abaixo do horizonte e ainda não terá nascido.



GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

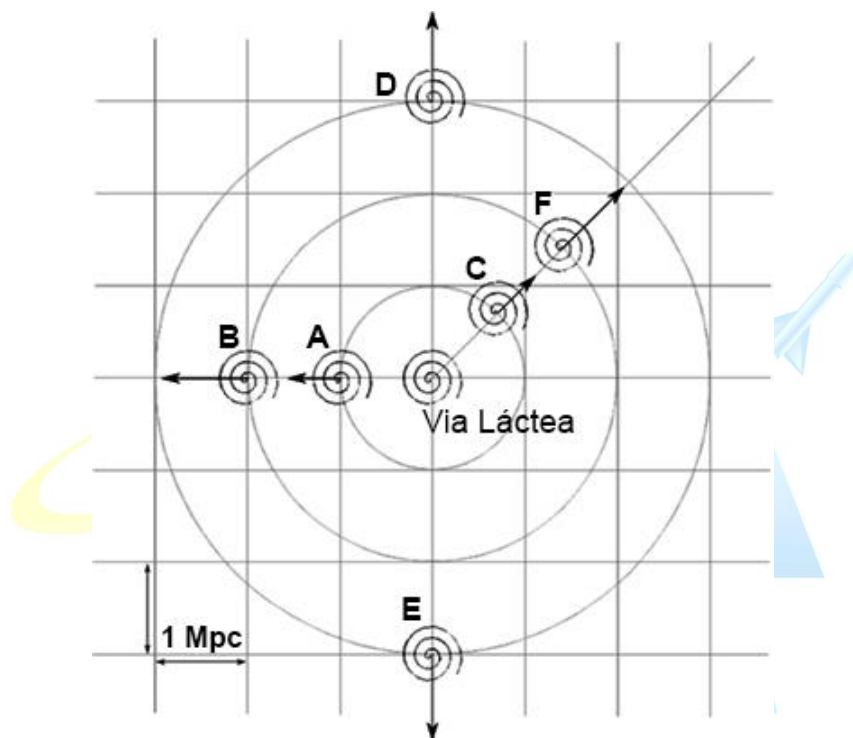
10) A velocidade de recessão das galáxias é a velocidade com que as galáxias estão se afastando umas das outras. Essa velocidade é proporcional à distância entre as galáxias. A Constante de Hubble, H_0 , é uma constante de proporcionalidade que representa a taxa de expansão do Universo.

A Lei de Hubble afirma que a velocidade v de recessão de uma galáxia é proporcional à sua distância d até a Terra, medida em megaparsecs (Mpc). Essa relação é expressa pela equação:

$$v = H_0 \times d$$

O valor mais aceito atualmente da Constante de Hubble é $H_0 = 72 \text{ km/s/Mpc}$.

Suponha que 6 galáxias (A, B, C, D, E e F) se encontrem distribuídas em torno da Via Láctea segundo a figura seguinte. Por simplicidade, considere todas no mesmo plano da Via Láctea e despreze o movimento próprio das galáxias.



Assinale a opção que traz as velocidades, respectivamente, do centro da **Via Láctea** e do centro da **galáxia C**, medidas por um hipotético observatório astronômico localizado no centro da **galáxia F**.

Nota: velocidade positiva significa afastamento e velocidade negativa significa aproximação.

- a) 144 km/s e 72 km/s
- b) 144 km/s e -72 km/s
- c) -144 km/s e 72 km/s
- d) 72 km/s e 144 km/s
- e) 216 km/s e 288 km/s

Resposta: a) 144 km/s e 72 km/s

Comentário: Vemos na figura que a Via Láctea se encontra a 2 Mpc da galáxia F, portanto sua velocidade de recessão vale $v = 72 \text{ km/s/Mpc} \times 2 \text{ Mpc} = 144 \text{ km/s}$. A galáxia C, por sua vez se encontra a 1 Mpc da galáxia F, portanto sua velocidade de recessão vale $v = 72 \text{ km/s/Mpc} \times 1 \text{ Mpc} = 72 \text{ km/s}$.

GABARITO COMENTADO

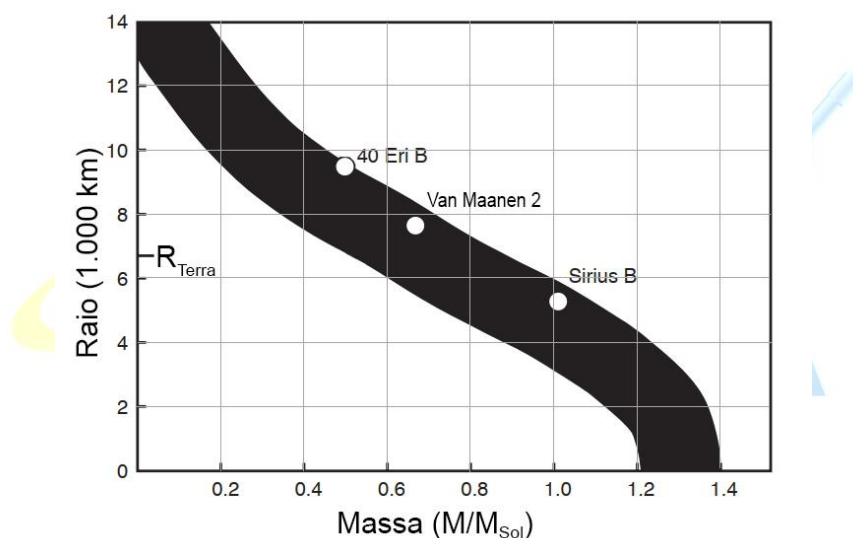
Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

11) O estudo sobre as Anãs Brancas iniciou-se em 1850 com a descoberta da estrela secundária de Sirius, chamada Sirius B. Observou-se ser uma estrela 10.000 vezes menos luminosa do que Sirius A, mas com uma massa de 0,98 massa solar. Sua temperatura, sendo da ordem de 10.000 K, seu raio deveria ser extremamente pequeno. Como estrelas com essa temperatura externa são brancas, esse tipo de estrela passou a ser chamado de Anã Branca.

Até 1917 três estrelas com características de Anãs Brancas eram conhecidas: Sírius B, 40 Eridani B, e Van Maanen 2.

Sírius B foi visualizada pela primeira vez em 1862, pelo norte-americano Alvan Graham Clark Jr. (1832-1897), fabricante de telescópios, 40 Eridani B (40 Eri B) foi descoberta em 1914 pelo também norte-americano Henry Norris Russell (1877-1957) e Van Maanen 2 foi descoberta em 1917 pelo astrônomo holandês-americano Adriaan van Maanen.

Entre 1931 e 1939, Subrahmanyan Chandrasekhar (1910-1995) construiu modelos rigorosos descrevendo a estrutura destas estrelas. O gráfico a seguir traz a relação massa-raio, segundo estes modelos. A espessura da linha traduz as incertezas dos modelos e na composição exata das anãs brancas. As três primeiras anãs brancas descobertas são mostradas no diagrama, assim como o raio da Terra.



Baseado neste gráfico e em seus conhecimentos, avalie as seguintes afirmações e assinale a opção correta.

I – Agora, com o poderoso telescópio James Webb seremos capazes de descobrir Anãs Brancas com 1,5 vezes a massa do Sol ou até mais massivas.

II – Uma Anã Branca com a mesma massa do Sol é menor do que a Terra.

III – Uma Anã Branca com metade da massa do Sol pode ter 10 vezes o tamanho da Terra.

IV – A Anã Branca Van Maanen 2 tem mais massa e é maior do que 40 Eri B.

a) Somente a afirmação II está correta.

b) As afirmações I e II estão corretas.

c) As afirmações III e IV estão corretas.

d) As afirmações II e IV estão corretas.

e) Somente a afirmação I está correta.

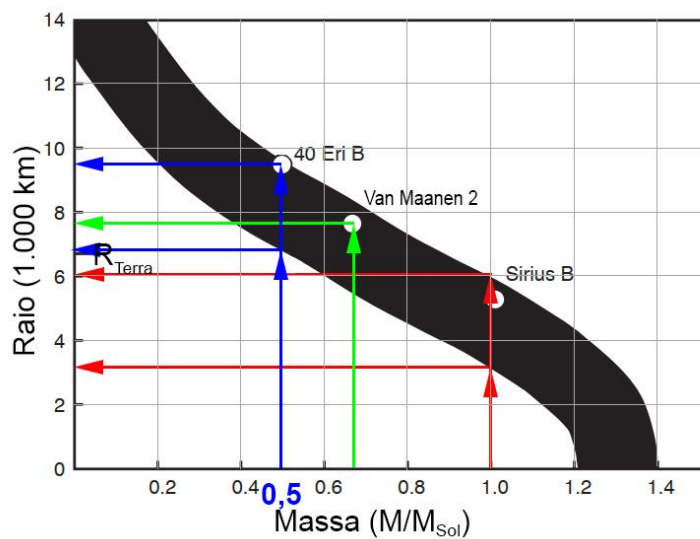
Resposta: a) Somente a afirmação II está correta.

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

Comentários:

- A afirmação I está errada pois vemos no gráfico que pelo modelo o limite máximo de massa que uma Anã Branca pode ter é 1,4 massa solar, limite no qual seu raio tenderia a zero.
- A afirmação II está correta, pois mesmo com as incertezas do modelo, vemos no gráfico que os raios mínimo e máximo para uma Anã Branca de mesma massa do Sol são inferiores ao raio da Terra.
- A afirmação III está errada, pois mesmo com as incertezas do modelo, vemos no gráfico que os raios mínimo e máximo para uma Anã Branca metade da massa do Sol vão de 7 mil à aproximadamente 10 mil km.
- A afirmação IV está errada, pois a Anã Branca Van Maanen 2 tem mais massa do que 40 Eri B, porém é menor do que esta.



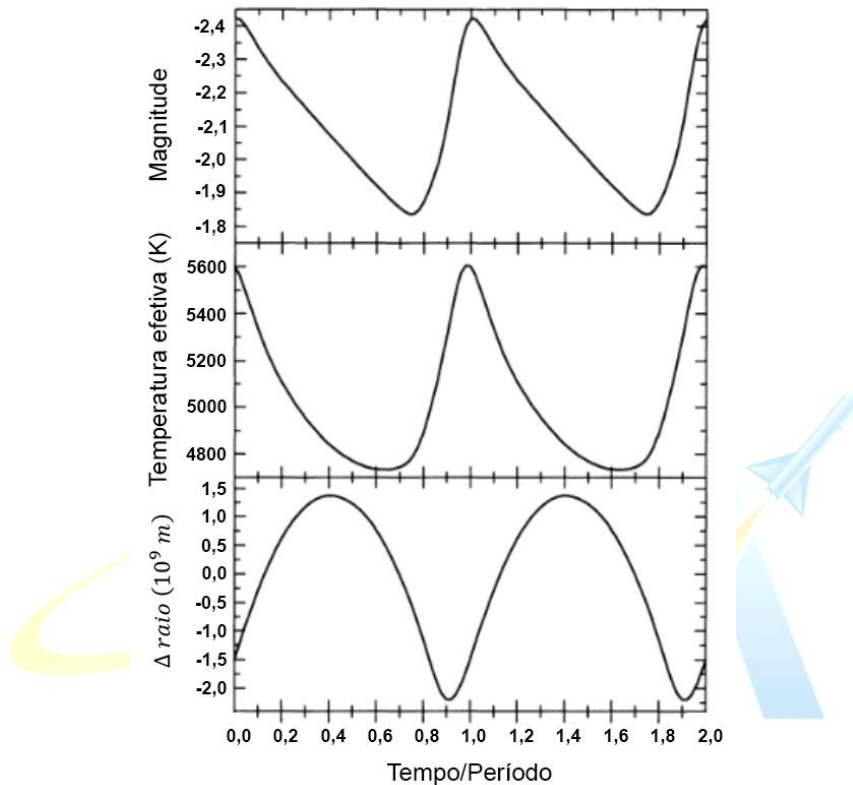
OLIMPIADA BRASILEIRA DE
ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

12) Uma estrela variável é uma estrela cuja magnitude aparente (o brilho observado aqui da Terra) varia com o tempo. Essa variação pode ser uma propriedade intrínseca da estrela, quando sua luminosidade realmente varia. Um exemplo dessa variação são as estrelas pulsantes: estrelas cujo tamanho varia, radialmente ou não radialmente.

A figura a seguir exemplifica um modelo teórico de pulsação, em que podemos ver a correspondência entre as variações de magnitude e as variações da temperatura efetiva (em K), de seu raio (Δr) em função do período de pulsação da estrela.



Baseado neste gráfico e em seus conhecimentos, avalie as seguintes afirmações e assinale a opção correta.

I – Quando a estrela atinge seu raio máximo, seu brilho também é máximo.

II – Quando a estrela atinge sua temperatura efetiva mínima, seu brilho também é mínimo.

III – Quando a estrela atinge seu raio mínimo, a temperatura efetiva é máxima.

IV – A estrela atinge seu brilho máximo quase ao mesmo tempo em que sua temperatura efetiva também é máxima.

a) Somente a afirmação IV está correta.

b) As afirmações II e III estão corretas.

c) As afirmações I e IV estão corretas.

d) Somente a afirmação III está correta

e) As afirmações II, III e IV estão corretas.

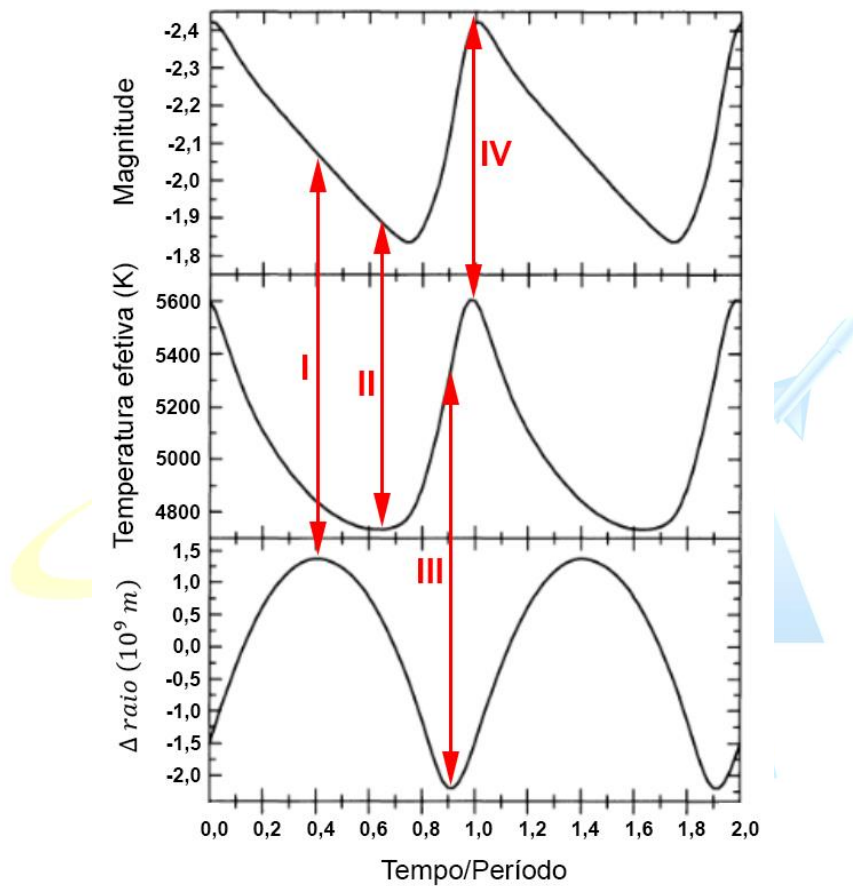
Reposta: a) Somente a afirmação IV está correta.

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

Comentários:

- A afirmação I está errada, pois vemos no gráfico que quando a estrela atinge seu raio máximo, seu brilho ainda está decaindo.
- A afirmação II está errada, pois vemos no gráfico que quando a estrela atinge sua temperatura efetiva mínima, seu brilho ainda está decaindo.
- A afirmação III está errada, pois vemos no gráfico que quando a estrela atinge seu raio mínimo, sua temperatura efetiva ainda está crescendo.
- A afirmação IV está correta, pois vemos no gráfico que o brilho e a temperatura efetiva têm máximos quase coincidentes.



GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

13) Meoto Iwa são duas rochas no mar de Futami, em Mie-ken na cidade de Ise, no Japão. As duas rochas são consideradas divinas e símbolo do casamento para a religião xintoísta. Por isso são apelidadas de “Rochas Casadas”. Elas são extremamente populares, pois casais vêm de toda parte do Japão para rezar diante das duas divindades na esperança de que seu casamento seja tão forte e duradouro.

No dia do Solstício de Verão do Hemisfério Norte, é possível ver através das Rochas Casadas o Sol nascendo perfeitamente alinhado com o cume do famoso Monte Fuji, um vulcão que ainda está ativo.



Fonte: Tawashi 2006.

Baseado nas informações fornecidas e em seus conhecimentos, avalie as afirmações a seguir e assinale a opção correta. Considere, em cada afirmação, que o observador estará sempre mantendo este mesmo ponto de vista.

- I – Uma semana antes do Solstício de Verão o Sol, nasce à esquerda do cume do Monte Fuji.
- II – Quando ocorrer o Solstício de Inverno este alinhamento se repetirá.
- III – Este alinhamento acontece duas vezes por ano.
- IV – O cume do Monte Fuji e as Rochas Casadas estão alinhados com a direção Leste-Oeste.

- a) Nenhuma afirmativa está correta.
- b) As afirmativas I e IV estão corretas.
- c) As afirmativas II e III estão corretas.
- d) Apenas a afirmativa I está correta.
- e) Apenas a afirmativa IV está correta.

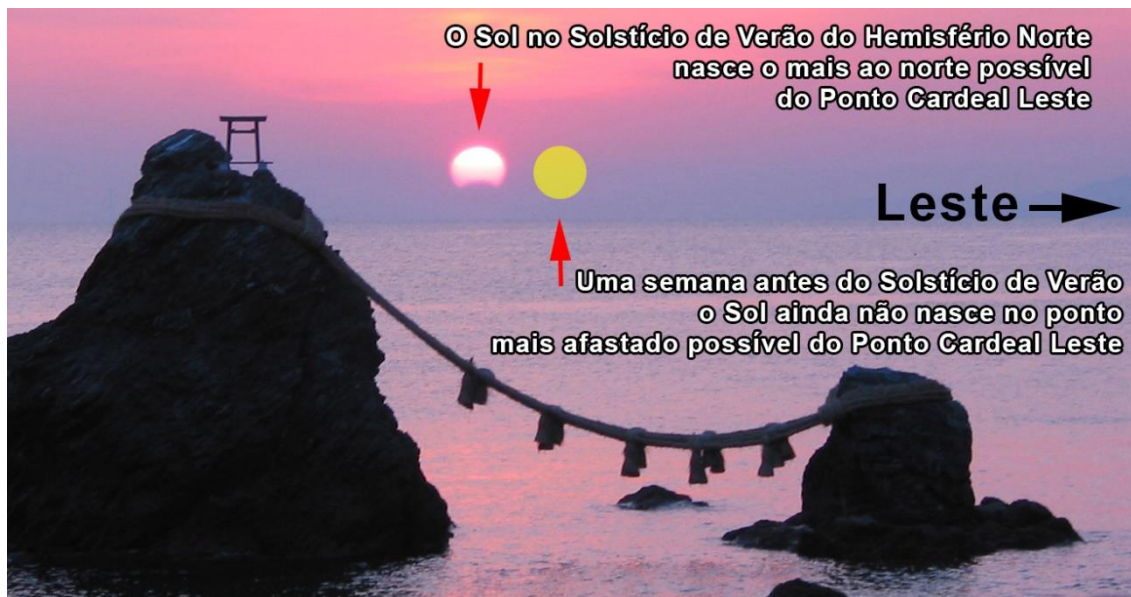
Resposta: a) Nenhuma afirmativa está correta.

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

Comentários:

- A afirmação I está errada, pois antes do Solstício de Verão o Sol está nascendo cada vez mais afastado do Ponto Cardeal Leste (que na imagem está à direita), mas ainda não chegou neste ponto. Portanto ele estará à direita do cume do Monte Fuji.



- A afirmação II está errada, pois quando o Solstício de Inverno ocorrer, o Sol estará mais ao sul possível do Ponto Cardeal Leste, portanto, bem afastado do cume do Monte Fuji.
- A afirmação III está errada, pois o alinhamento acontece quando o Sol está mais ao norte possível do Ponto Cardeal Leste, portanto a ocorrência é única no ano.
- A afirmação IV está errada, pois no Solstício de Verão do Hemisfério Norte o Sol nasce o mais ao norte possível do Ponto Cardeal Leste, portanto, o Cume do Monte Fuji e as Rochas Casadas estão alinhados, mas não com a direção Leste-Oeste.

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

14) A lua 2 de um exoplaneta gigante tem um período orbital $P_2 = 6$ dias e 6 horas, mantendo uma distância planetocêntrica de 15,0 vezes o raio do exoplaneta.

Assinale a alternativa que traz o período orbital da lua 1 (P_1), que orbita este exoplaneta a uma distância de 2,4 raios planetários. Considere as órbitas circulares.

- a) 9,6 horas
- b) 19,2 horas
- c) 24,0 horas
- d) 44,2 horas
- e) 48,0 horas

Resposta: a) 9,6 horas

Como estamos falando de duas luas que orbitam o mesmo planeta, podemos empregar a Terceira Lei de Kepler:

$$\frac{P^2}{r^3} = \text{constante}$$

Então:

$$\frac{P_1^2}{r_1^3} = \frac{P_2^2}{r_2^3} \leftrightarrow P_1^2 = P_2^2 \frac{r_1^3}{r_2^3} \rightarrow P_1 = \sqrt{P_2^2 \frac{r_1^3}{r_2^3}} = P_2 \sqrt{\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^3}$$

Escrevendo P_2 em horas e substituindo-se os valores, temos:

$$P_2 = 6 \text{ dias} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{dia}} + 6 \text{ h} \rightarrow P_2 = 150 \text{ horas}$$

$$P_1 = (150 \text{ horas}) \sqrt{\left(\frac{2,4}{15}\right)^3} = (150 \text{ horas}) \left(\sqrt{\frac{2,4}{15}}\right)^3 = (150 \text{ horas})(\sqrt{0,16})^3$$

$$P_1 = (150 \text{ horas})(0,4)^3 = 150 \text{ horas} \times 0,064 \rightarrow P_1 = 9,6 \text{ horas}$$

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

15) Este gráfico mostra a altitude orbital da Estação Espacial Internacional (ISS) durante um ano, de junho de 2021 a junho de 2022. Estão claramente visíveis as impulsões que rapidamente aumentam a altitude e o gradual decaimento entre elas. A altitude é a de uma órbita média e o gradual decaimento é causado pela resistência imposta pela atmosfera. Como pode ser visto no gráfico, a taxa de decaimento não é constante e essa variação é causada pelas mudanças na densidade da tênue camada da atmosfera exterior devido principalmente à atividade solar.

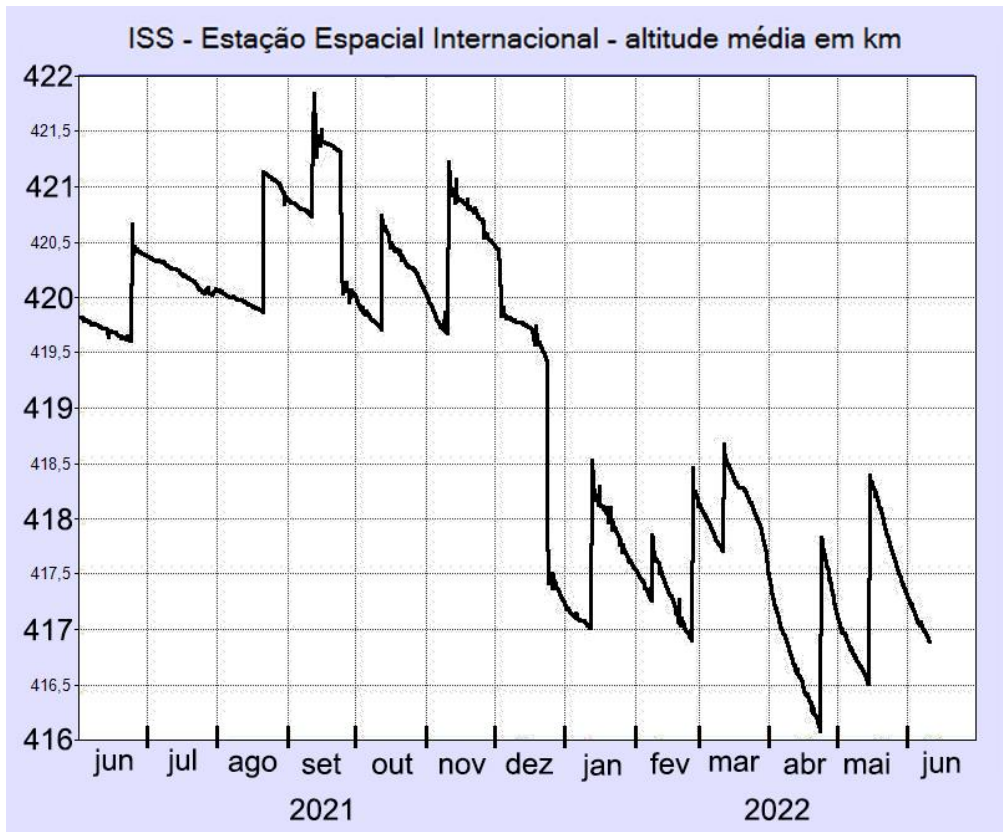


Imagem: heavens-above.com (adaptada).

Baseado no texto e no gráfico, analise as afirmações a seguir e depois assinale a opção correta.

- I - No período, a altitude da ISS ficou entre 416,5 km e 422 km.
- II - A partir de novembro de 2021, a altitude da ISS só decresceu.
- III - O atrito entre a ISS e a atmosfera exterior é a causa do decaimento gradual de sua altitude.
- IV - A atividade solar tem influência na intensidade do decaimento de altitude da ISS.

- a) Somente as afirmações III e IV estão corretas.
- b) Todas as afirmações estão corretas.
- c) Somente as afirmações I e IV estão corretas.
- d) Somente as afirmações I e II estão corretas.
- e) Nenhuma afirmação está correta.

Resposta: a) Somente as afirmações III e IV estão corretas.

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

Comentários:

- A afirmação I está incorreta, pois o gráfico nos mostra que a altitude mínima da ISS no período chegou quase a 416 km, portanto, menor do que 416,5 km;
- A afirmação II está incorreta, pois o gráfico nos mostra vários momentos de impulsões, quando a altitude da ISS aumentou;
- A afirmação III está correta, pois o texto nos informa que “o gradual decaimento é causado pela resistência imposta pela atmosfera”;
- A afirmação IV está correta, pois o texto nos informa que mudanças na densidade da tênue camada da atmosfera exterior se devem, principalmente, à atividade solar.



GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

16) Na fotomontagem, à esquerda, temos uma sequência de fotos da Lua nascente. Sua trajetória aparente no céu faz um ângulo bem agudo ($< 20^\circ$) em relação ao horizonte. À direita temos as latitudes dos grandes círculos da Terra.



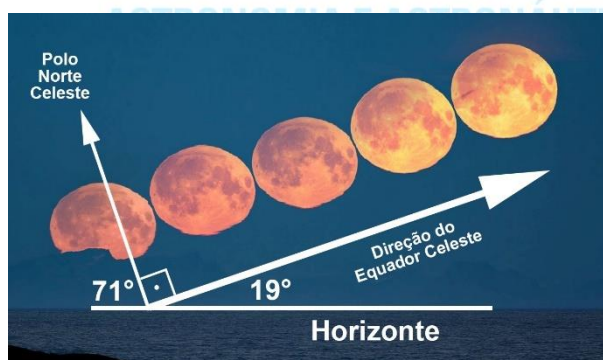
Através das informações dadas e de seus conhecimentos, assinale a opção que traz a localização geográfica do astrofotógrafo quando fez esta sequência.

- a) Entre o Polo Norte e Círculo Polar Ártico.
- b) Entre o Círculo Polar Ártico e o Trópico de Câncer.
- c) Na Linha do Equador.
- d) Entre o Trópico de Capricórnio e o Círculo Polar Antártico
- e) Entre o polo Sul e o Círculo Polar Antártico

Resposta: a) Entre o Polo Norte e Círculo Polar Ártico.

Apesar da Lua possuir um movimento próprio, por conta da rotação da Terra, sua trajetória no céu segue, muito aproximadamente, em paralelo ao Equador Celeste.

Se a sequência fotográfica é do nascimento da Lua, estamos olhando para o horizonte leste, de modo que o polo elevado, a 90° do Equador Celeste, está à esquerda na imagem e é o Polo Norte Celeste.

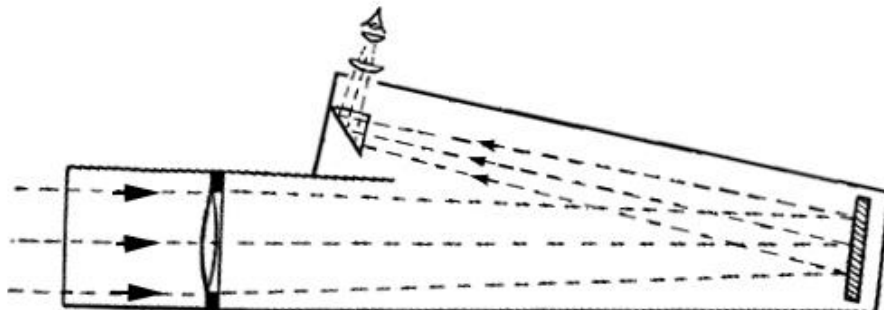


Se o ângulo entre a trajetória da Lua e o horizonte é menor do que 20° , então a altura do Polo, que é numericamente igual à latitude geográfica do lugar, será maior do que 70° , o que coloca nosso astrofotógrafo ao norte do Círculo Polar Ártico.

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

17) O desenho a seguir traz o esquema de um telescópio refrator, com lente objetiva de 8 polegadas de diâmetro e razão focal $f/14$.



Assinale a opção que traz a distância focal deste instrumento.

- a) 284,5 cm
- b) 112,0 cm
- c) 203,2 cm
- d) 88,8 cm
- e) 140,0 cm

Resposta: a) 284,5 cm

Comentário: A razão focal de um telescópio é a relação entre a distância focal e o diâmetro da objetiva. Ela é uma medida da eficiência do telescópio em coletar luz. Se o telescópio tem razão focal $f/14$, então podemos escrever:

$$\frac{f}{D} = 14 \rightarrow f = D \times 14$$

Como cada polegada equivale a 2,54 cm, então:

$$f = 8'' \times 2,54 \frac{\text{cm}}{''} \times 14 = 284,48 \text{ cm} \cong 284,5 \text{ cm}$$

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

18) Um fotômetro fotoelétrico é um dispositivo utilizado para medir a intensidade de luz ou radiação eletromagnética em diferentes comprimentos de onda. Ele funciona convertendo a luz incidente em corrente elétrica por meio do efeito fotoelétrico, permitindo a quantificação da energia luminosa recebida. É comumente utilizado em pesquisas científicas, astronomia, fotografia e em aplicações industriais, como controle de qualidade e espectroscopia.

Suponha que um fotômetro fotoelétrico acoplado a um telescópio **A** registra 100.000 contagens de fótons vindos de uma estrela em 1 segundo, já descontadas as contagens do ruído do detector e do céu.

Em condições idênticas de observação, detecção e registro, e admitindo não haver perdas significativas entre os telescópios, este mesmo fotômetro é acoplado a:

i) um telescópio **B** com a mesma distância focal do telescópio **A**, porém com o triplo da sua abertura.

ii) um telescópio **C** com a mesma abertura do telescópio **A**, porém com o dobro da sua distância focal.

Assinale a opção que traz, respectivamente, o número de contagens por segundo para os telescópios **B** e **C**.

- a) 900.000 contagens/s e 100.000 contagens/s
- b) 300.000 contagens/s e 100.000 contagens/s
- c) 900.000 contagens/s e 200.000 contagens/s
- d) 100.000 contagens/s e 200.000 contagens/s
- e) 300.000 contagens/s e 50.000 contagens/s

Resposta: a) 900.000 contagens/s e 100.000 contagens/s

A abertura é que é o fator determinante para as contagens, pois determina o número de fótons que chega ao detector. Quanto maior a área coletora, maior será a contagem.

Se o telescópio **B** tem o triplo de abertura do telescópio **A**, então sua área coletora será 3^2 maior, ou seja:

$$\text{contagens (B)} = \text{contagens (A)} \times 3^2 = 100.000/\text{s} \times 9 = 900.000 \text{ contagens/s.}$$

A distância focal é irrelevante para a contagem, pois foi dito que não há perdas significativas entre os telescópios. Apenas o caminho óptico percorrido pelos fótons até o detector será maior no Telescópio **C**.

Como a abertura do Telescópio **C** é a mesma do Telescópio **A**, então:

$$\text{contagens (C)} = \text{contagens (A)} = 100.000 \text{ contagens/s}$$

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

19) Um exoplaneta, ou planeta extrassolar, é um planeta que orbita uma estrela além do nosso sistema solar. A existência de exoplanetas foi confirmada pela primeira vez na década de 1990 e, desde então, milhares deles foram descobertos. A detecção de exoplanetas é realizada por meio de diversos métodos, incluindo o método de trânsito, onde se observa a diminuição periódica do brilho da estrela quando o planeta passa entre a estrela e o observador.

Uma astrônoma, especializada em estrelas do tipo solar, descobriu uma estrela idêntica ao nosso Sol, com o mesmo brilho e a mesma massa. Através do monitoramento do brilho desta estrela, esta cientista descobriu que esta estrela possuía um planeta.

A curva teórica que melhor se ajustou aos valores observacionais é mostrada no gráfico abaixo. A queda no brilho da estrela deve-se ao trânsito de um planeta que a orbita.



Com as informações contidas no gráfico, assinale a opção que traz o período orbital P_{orb} do planeta.

- a) 1.095 horas
- b) 555 horas
- c) 1.102 horas
- d) 1.100 horas
- e) 1.105 horas

Resposta: a) 1.095 horas

O período orbital do planeta pode ser inferido pelo gráfico da curva de luz, como sendo o intervalo entre o mesmo evento. Neste caso, podemos pegar, por exemplo os inícios dos dois transítos.

$$P_{orb} = 1.100 \text{ h} - 5 \text{ h} \rightarrow P_{orb} = 1.095 \text{ horas}$$

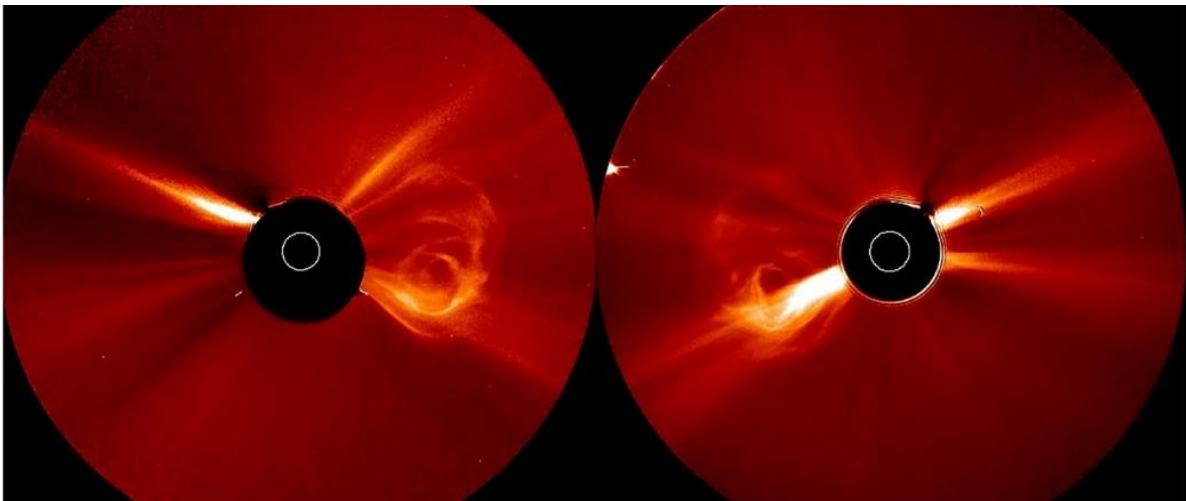
GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

20) Uma ejeção de massa coronal (EMC) é uma grande ejeção de plasma e campo magnético da coroa solar. A coroa solar é a camada mais externa da atmosfera solar, que se estende por milhões de quilômetros do Sol.

As EMCs podem causar perturbações na magnetosfera da Terra (tempestades geomagnéticas), que pode levar a danos em satélites e sistemas de comunicação. As EMCs também podem causar auroras, que são luzes coloridas que tendem a ocorrer entre o polo geográfico local e o seu correspondente círculo polar.

A imagem a seguir traz uma ejeção de massa coronal, que ocorreu em 24 de maio de 2010, às 16h00, registrada pelas duas espaçonaves STEREO, separadas por cerca de 120° de longitude; (esquerda) STEREO-A/COR2 e (direita) STEREO-B/COR2. Nestas imagens o Sol, que está por trás de um anteparo, está representado pela circunferência branca no centro do anteparo.



Considere que esta EMC deu início a uma grande tempestade geomagnética no dia 26 de maio, às 14h12.

Assinale a opção que traz a velocidade média do plasma solar na sua viagem do Sol até a Terra, em termos de porcentagem da velocidade da luz.

Para facilitar a conta, considere que as partículas do plasma viajaram em linha reta, a distância Sol-Terra de $D_{ST} = 149.688.000$ km e que a velocidade da luz vale $c = 300.000$ km/s

- a) 0,3%
- b) 0,1%
- c) 0,5%
- d) 0,7%
- e) 0,9%

Resposta:

Primeiro temos que calcular o tempo de viagem:

- de 24 de maio 16h até 25 de maio 16h temos 24 horas
- de 25 de maio 16h até 26 de maio 00h temos 8 horas
- de 26 de maio 00h até 26 de maio 14h12 temos 14 horas e 12 min ou 14,2 horas

$$24 \text{ horas} + 8 \text{ horas} + 14,2 \text{ horas} \rightarrow \Delta t = 46,2 \text{ horas}$$

A velocidade média será a distância percorrida dividida pelo tempo;

$$v = \frac{D_{ST}}{\Delta t} = \frac{149.688.000 \text{ km}}{46,2 \text{ horas}} \rightarrow v = 3.240.000 \text{ km/h}$$

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

Em km/s, temos:

$$v = \frac{3.240.000 \text{ km}}{3.600 \text{ s}} = 900 \text{ km/s}$$

Em termos de porcentagem da velocidade da luz:

$$\frac{v}{c} \times 100\% \rightarrow \frac{900 \text{ km/s}}{300.000 \text{ km/s}} \times 100\% \rightarrow 0,003 \times 100\% = 0,3\%$$

