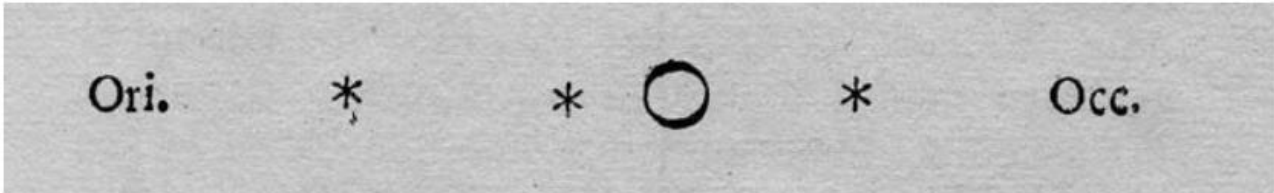


1) Em 7 de janeiro de 1610, Galileu Galilei, utilizando uma luneta que ele mesmo construiu, apontou para o planeta Júpiter e escreveu em suas anotações que viu o planeta acompanhado de três estrelas fixas, totalmente invisíveis à vista desarmada devido à sua pequenez. A configuração que Galileu desenhou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

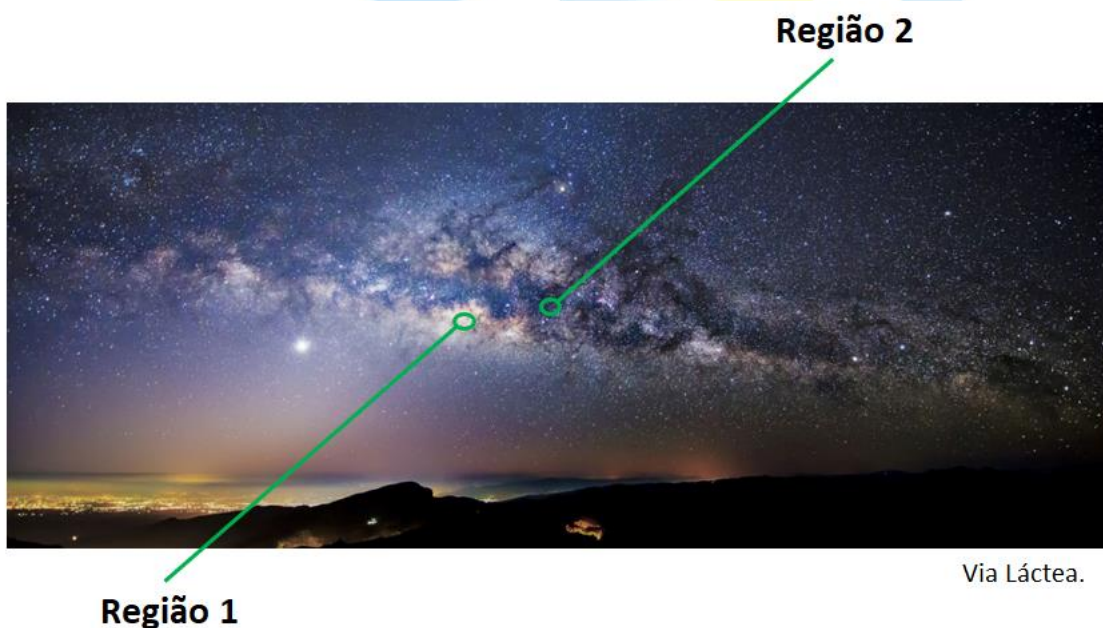


Na noite seguinte, ao refazer esta observação, Galileu descobriu que Júpiter tinha se movido em relação a estas estrelas e, durante as noites seguintes observou que elas mudaram as suas posições em relação a Júpiter e entre si, enquanto acompanhavam Júpiter em seu movimento em relação às estrelas ao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

Assinale a opção de 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.

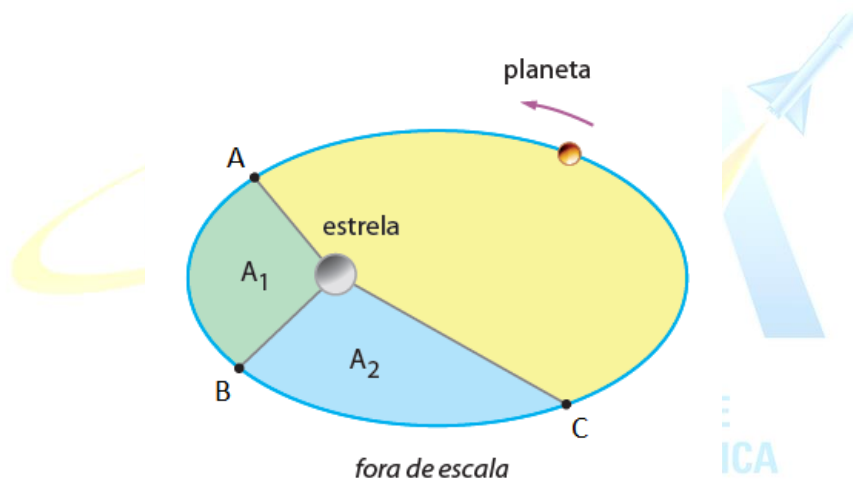
2) A imagem abaixo compara duas regiões do núcleo da Galáxia (Via Láctea) quando observadas na região visível do espectro eletromagnético em uma noite de céu limpo.



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 1 estar mais perto de nós e, portanto, parecer mais brilhante para nós.
- 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 2 ser mais rica em matéria do meio interestelar, como gás e poeira, que bloqueiam a luz das estrelas vinda do núcleo galáctico.

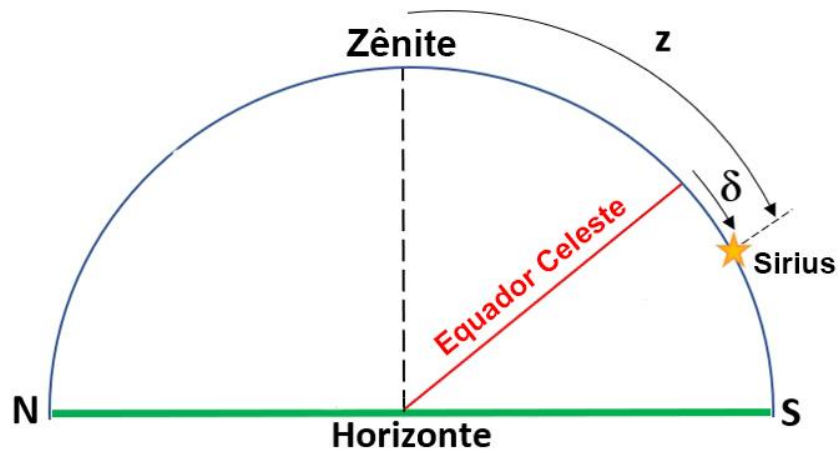
3) A figura abaixo mostra a órbita elíptica, fora de escala, de um planeta hipotético em torno de sua estrela. Considere que o período de translação desse planeta é P e o intervalo de tempo necessário para que percorra o arco AB é $P/6$.



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:

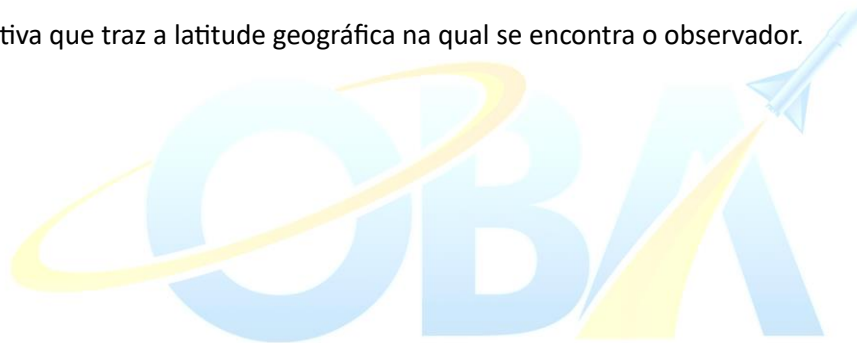
- a) $P/6$
- b) $P/3$
- c) $3P/5$
- d) $2P/3$
- e) $3P/4$

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



OLIMPIADA 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.

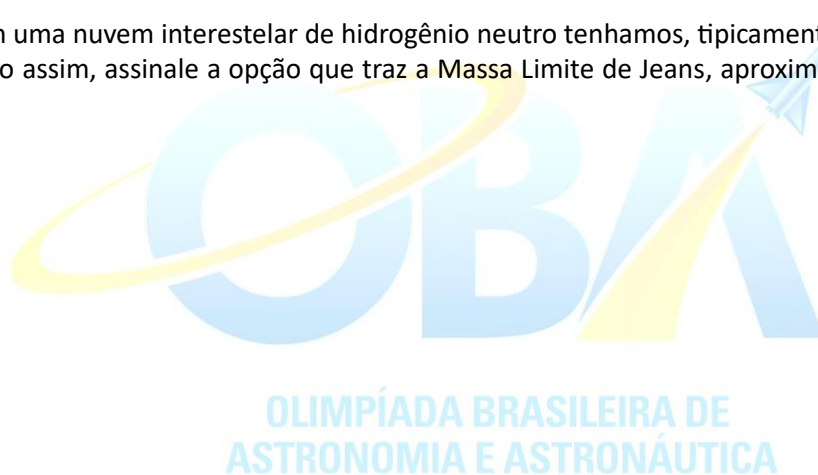
Cálculos teóricos confirmam que a formação de estrelas únicas é quase impossível. Uma nuvem interestelar só pode contrair-se se a sua massa for suficientemente grande para que a gravidade supere a pressão. Já na década de 1920, James Hopwood Jeans (1877 — 1946), físico, astrônomo e matemático britânico, 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.

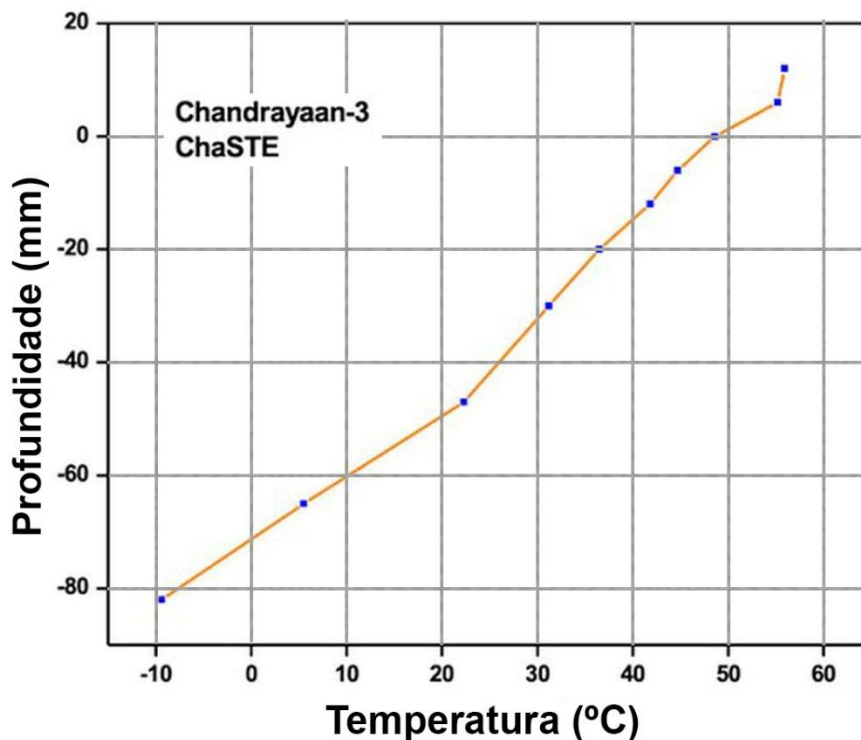
Considere que em uma nuvem interestelar de hidrogênio neutro tenhamos, tipicamente, $n = 10^6$ átomos/ m^3 e $T = 100$ K. Sendo assim, assinale a opção que traz a Massa Limite de Jeans, aproximada, para esta nuvem interestelar.

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



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.

Variação da temperatura da superfície lunar com a profundidade



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.

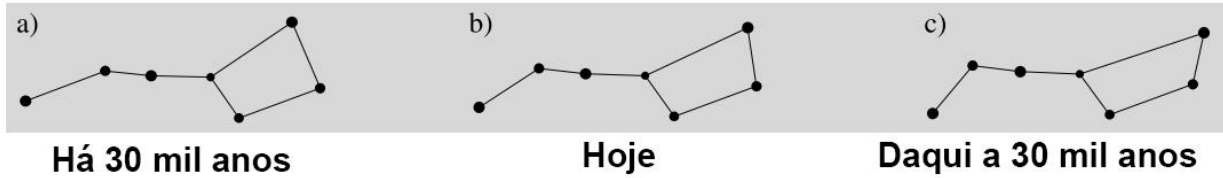
II – Na superfície da Lua (onde o módulo de pouso está localizado), a temperatura é de, aproximadamente, 50 °C.

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

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

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) ocaso da Lua; (ii) verá a Lua; (iii) no horizonte.
- b) (i) ocaso da Lua; (ii) verá a Lua; (iii) numa posição acima do horizonte.
- c) (i) nascer da Lua; (ii) verá a Lua; (iii) numa posição acima do horizonte.
- d) (i) nascer da Lua; (ii) não verá a Lua; (iii) a Lua estará abaixo do horizonte.
- e) (i) nenhum dos dois; (ii) verá a Lua; (iii) a Lua estará no zênite do observador.

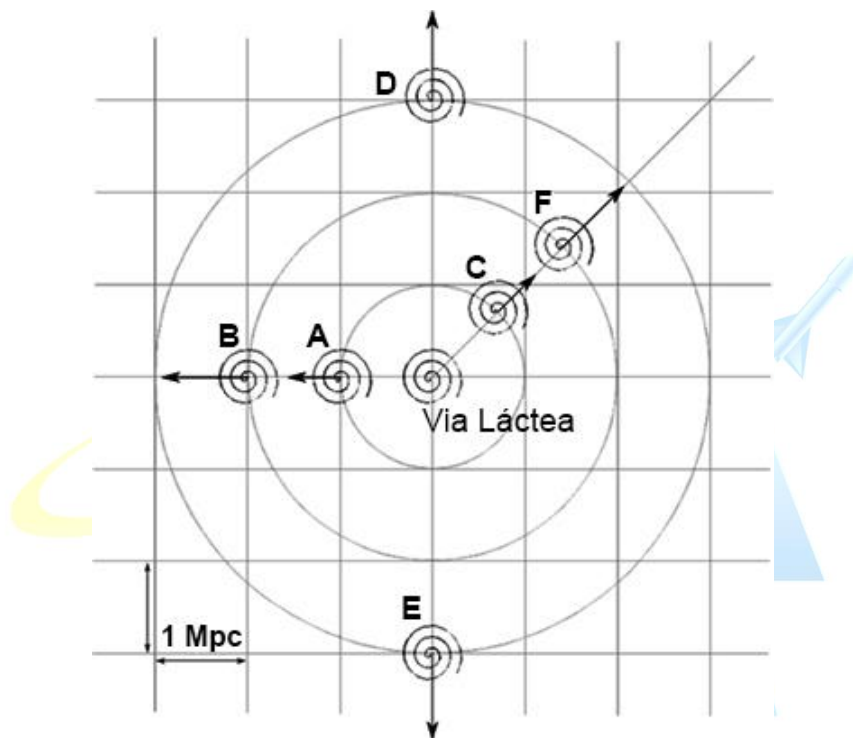
10) A velocidade de recessão das galáxias é a velocidade com que as galáxias estão se afastando umas das outras. Essa velocidade é proporcional à distância entre as galáxias. A Constante de Hubble, H_0 , é uma constante de proporcionalidade que representa a taxa de expansão do Universo.

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.

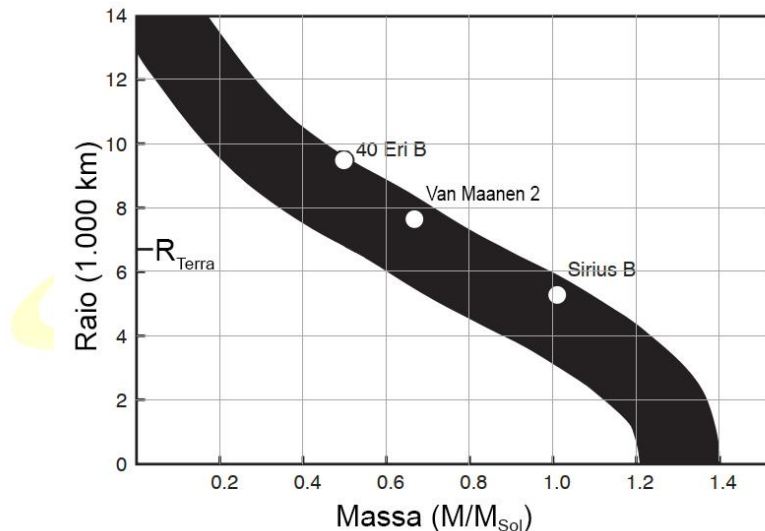
- a) -144 km/s e 72 km/s
- b) 72 km/s e 144 km/s
- c) 144 km/s e -72 km/s
- d) 144 km/s e 72 km/s
- e) 216 km/s e 288 km/s

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.

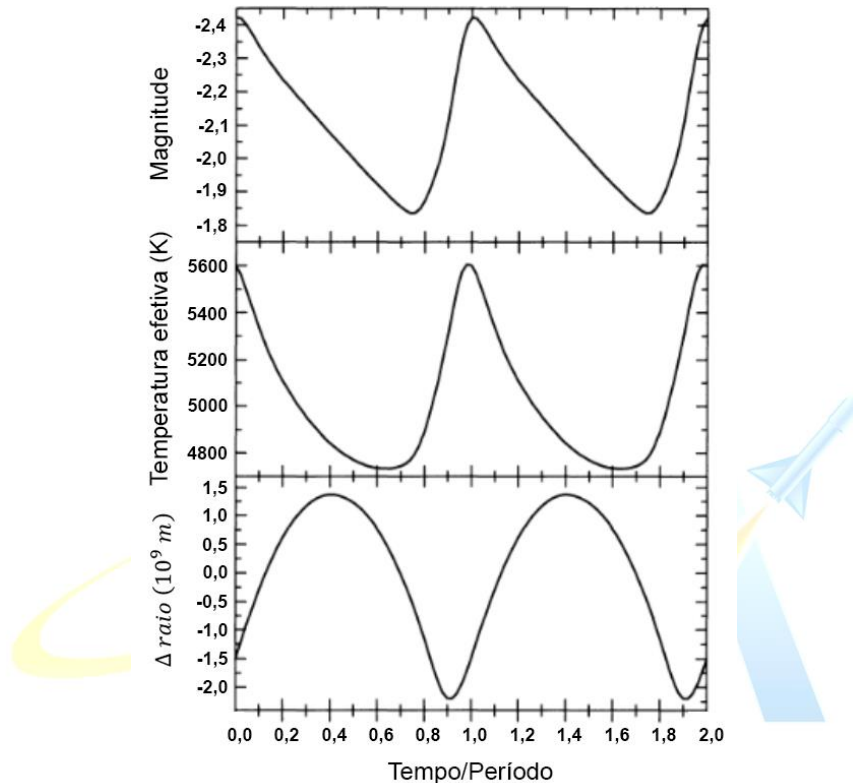
III – Uma Anã Branca com metade da massa do Sol pode ter 10 vezes o tamanho da Terra.

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

- Somente a afirmação I está correta.
- Somente a afirmação II está correta.
- As afirmações I e II estão corretas.
- As afirmações II e IV estão corretas.
- As afirmações III e IV estão corretas.

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

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

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

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.

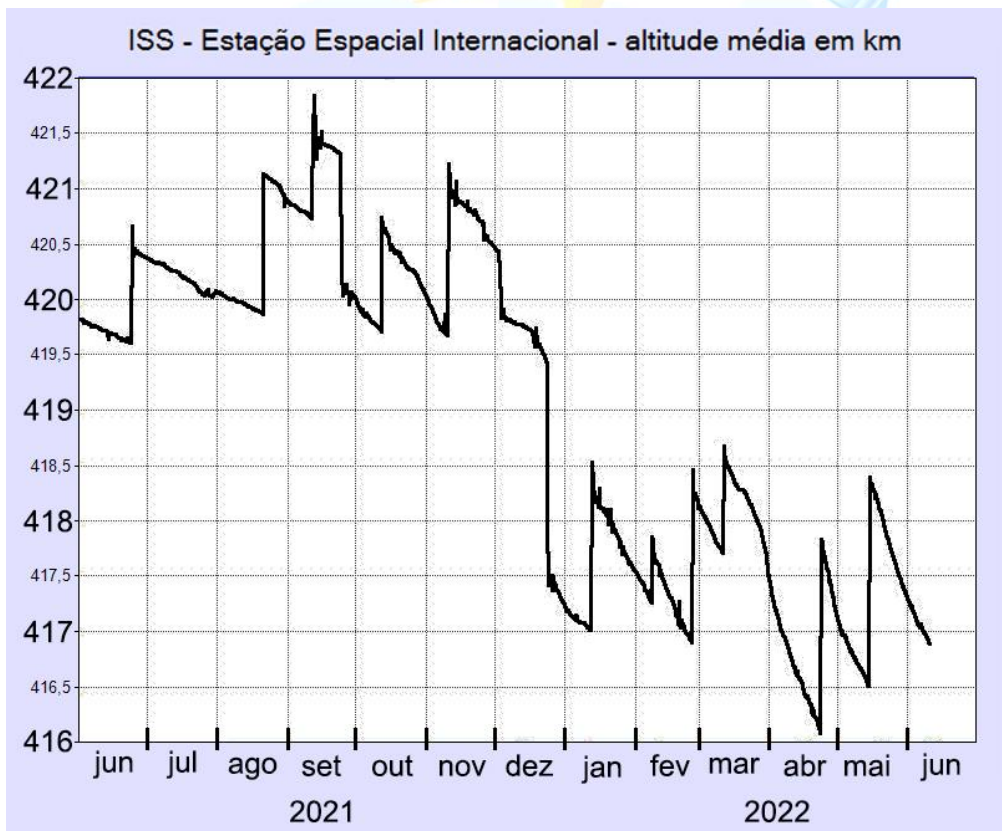


Imagem: heavens-above.com (adaptada).

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

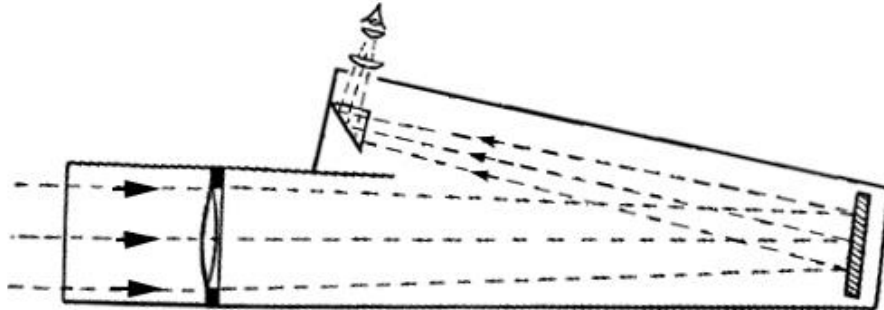
16) Na fotomontagem, à esquerda, temos uma sequência de fotos da Lua nascente. Sua trajetória aparente no céu faz um ângulo bem agudo ($< 20^\circ$) em relação ao horizonte. À direita temos as latitudes dos grandes círculos da Terra.



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

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

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

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.

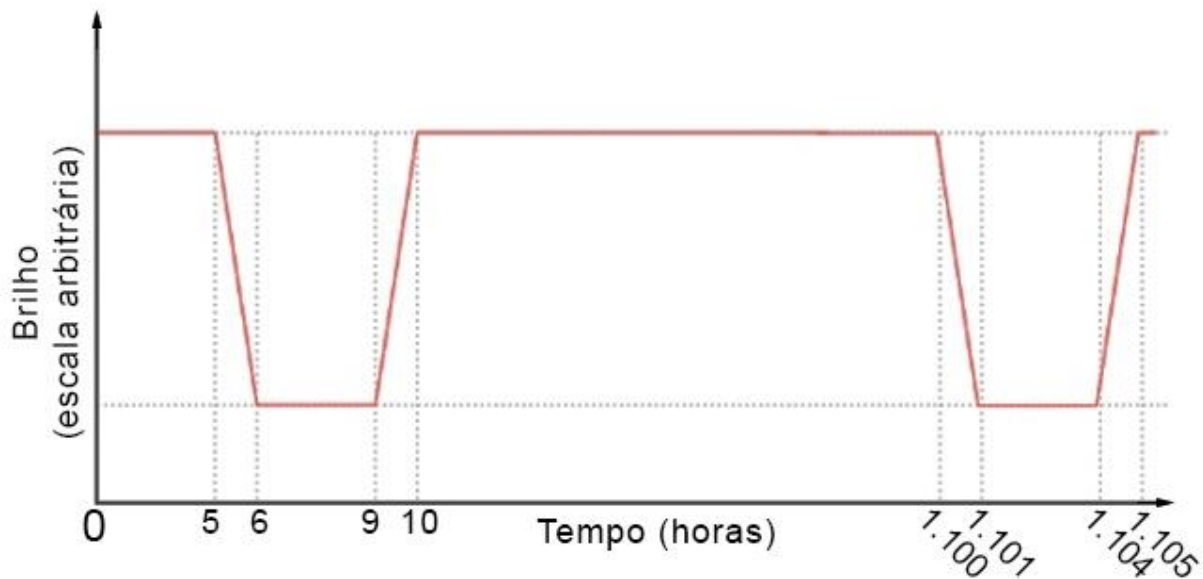
Assinale a opção que traz, respectivamente, o número de contagens por segundo para os telescópios **B** e **C**.

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

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.



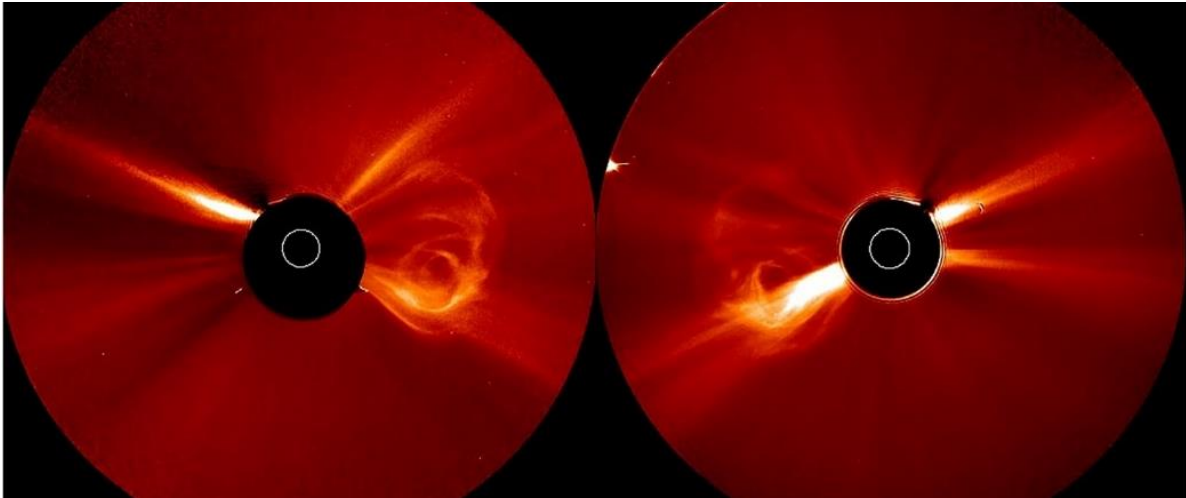
Com as informações contidas no gráfico, assinale a opção que traz o período orbital P_{orb} do planeta.

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

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