

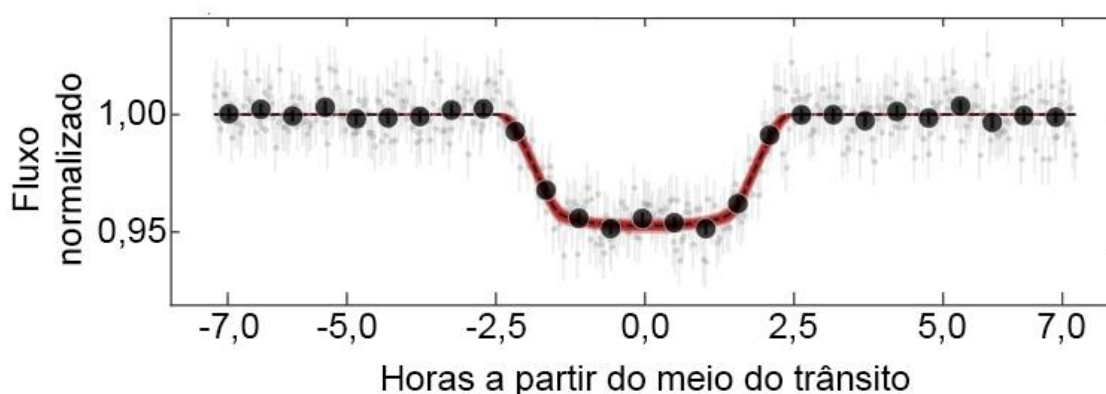
2ª PROVA ONLINE DE 17 DE NOVEMBRO DE 2023

- PROCESSO DE SELEÇÃO DAS EQUIPES INTERNACIONAIS DE 2024 -

1) Quando um planeta passa na frente de sua estrela hospedeira (transita pelo disco estelar), ele bloqueia uma pequena parte da luz da estrela. Isso faz com que o brilho da estrela diminua por um curto período de tempo.

Para detectar um planeta por trânsito, os astrônomos monitoram o brilho de uma estrela por um longo período de tempo. Se eles observarem uma diminuição periódica no brilho da estrela, isso pode ser um sinal de que um planeta está passando na frente dela.

O gráfico a seguir traz a medida do fluxo de uma estrela, que possui em sua órbita um exoplaneta, ou planeta extrassolar, do tamanho comparável ao nosso Júpiter. Os pontos pretos correspondem à média dos fluxos medidos e a linha cheia, à curva de luz (melhor ajuste às médias).

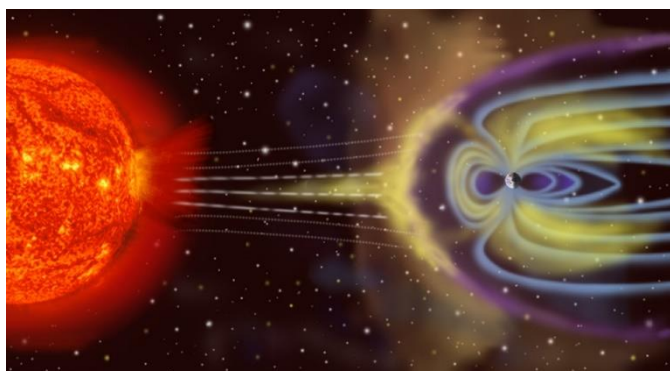


Com as informações contidas no gráfico, assinale a opção que traz a porcentagem do decaimento do fluxo da estrela com o trânsito do planeta e a duração desse trânsito, respectivamente.

- a) 0,95% e 5 horas
- b) 5% e 5 horas
- c) 5% e 14 horas
- d) 9,5% e 2,5 horas
- e) 95% e 14 horas

OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE
ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA

2) A magnetosfera é a região acima da ionosfera que é definida pela extensão do campo magnético da Terra no espaço. Ela se estende por várias dezenas de milhares de quilômetros no espaço, protegendo a Terra das partículas carregadas do vento solar, como podemos ver na ilustração, a seguir, fora de escala.



Lançado em 2000, o **IMAGE** (*Imager for Magnetopause-to-Aurora Global Exploration*) foi um satélite da NASA destinado a fazer medições de partículas na magnetosfera terrestre e estudar a interação dos ventos solares com a magnetosfera. Um dos instrumentos a bordo era o **RPI** (*Radio Plasma Imager*), um radar de baixa potência que operava nas bandas de radiofrequência que contêm as frequências de ressonância das nuvens de plasma características da magnetosfera terrestre (de 3 kHz a 3 MHz, onde Hz \equiv ciclos por segundo).

As nuvens de plasma no espaço têm uma propriedade interessante: quando as ondas de rádio são refletidas nelas, a frequência de rádio do sinal refletido depende da densidade da nuvem.

A fórmula que relaciona a frequência de reflexão **F** com a densidade do plasma **n** é dada por:

$$F = 9.000 \times \sqrt{n}$$

Onde **F** é medida em Hertz e **n**, em elétron por centímetro cúbico.

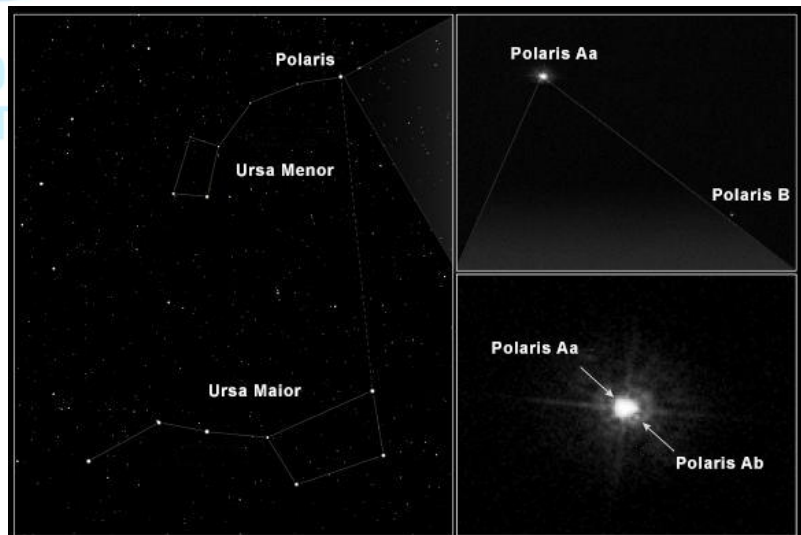
Assinale a opção que traz os valores corretos que completam a tabela a seguir, com dados retirados das medidas do RPI:

Localização da nuvem de plasma	Distância em raios da Terra (R_T)	Frequência de reflexão (Hz)	Densidade (elétron/cm ³)
1	1,0	288.000	X
2	4,0	Y	9

- a) X = 1.024 e Y = 27.000
- b) X = 1.024 e Y = 32.000
- c) X = 2.048 e Y = 28.800
- d) X = 3.200 e Y = 27.000
- e) X = 3.200 e Y = 28.800

3) Polaris é uma estrela da constelação circumpolar norte da Ursa Menor e é comumente chamada de Estrela do Norte ou Estrela Polar, pois fica a menos de 1° de distância do Polo Celeste Norte. Sua posição estável no céu do Hemisfério Norte a tornou útil para a navegação há séculos!

Embora pareça a olho nu como um único ponto de luz, Polaris é um sistema estelar triplo, composto pela estrela principal, uma supergigante amarela designada **Polaris Aa**, que possui uma companheira menor e muito próxima conhecida por **Polaris Ab**, a 18,5 UA.



O par, por sua vez, está em uma órbita mais ampla com **Polaris B**, uma estrela da sequência principal a 2.400 UA de **Polaris Aa**.

Considerando que 1 UA = 150 milhões de km e que a velocidade da luz é de 300 mil km/s, assinale a opção que traz o tempo aproximado que a luz demora para percorrer, respectivamente, as distâncias entre **Polaris Aa** e **Polaris Ab** e entre **Polaris Aa** e **Polaris B**.

- a) 1 h 48 s; 1.200.000 s
- b) 2h 34min 10s; 13 dias 21h 20min
- c) 18,5 h; 2.400 h
- d) 9.250 s; 333 h
- e) 148 min; 13 dias 21h 20min

4) A Magnitude Absoluta **H** de um asteroide é definida, diferentemente da definição para as estrelas, como sua magnitude visual a uma distância de 1 unidade astronômica tanto do Sol como do observador, com um ângulo de fase igual a zero. Em outras palavras, é a magnitude visual do asteroide, situado a 1 unidade astronômica do Sol, sendo observado do próprio Sol. Apesar de ser um cenário impossível, é a maneira ideal para se ter uma medida de brilho que permita uma estimativa de seu tamanho.

O diâmetro **D** de um asteroide, supostamente esférico, pode ser estimado usando a seguinte equação:

$$D[km] = \frac{1329}{\sqrt{p}} 10^{-0,2H}$$

Onde **p** é o albedo geométrico do asteroide, cujo valor pode variar entre:

(absorvedor perfeito de luz) $0 < p < 1$ (refletor perfeito de luz)

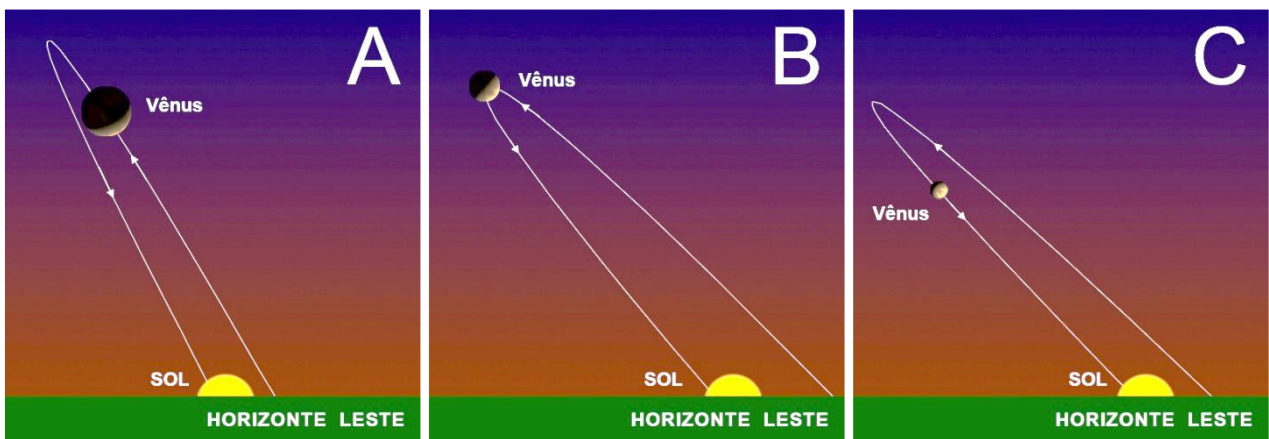
Normalmente o albedo geométrico de um asteroide não é conhecido e as estimativas são feitas assumindo-se albedos entre $0,09 \leq p \leq 0,25$.

Considere um asteroide com magnitude absoluta **H = 5,0** e assinale a opção que traz a estimativa mais provável do diâmetro desse asteroide.

- a) 221,5 km
- b) 265,8 km
- c) 354,4 km
- d) 443,0 km
- e) 531,6 km

OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE
ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA

5) As imagens a seguir mostram um esquema, fora de escala, do Planeta Vênus em três datas distintas, em ordem cronológica (A, B e C), ao longo de sua órbita.



Baseado nas informações fornecidas e em seus conhecimentos, avalie as afirmações a seguir e assinale a opção correta.

I – Em **B** o planeta Vênus está em Conjunção Superior.

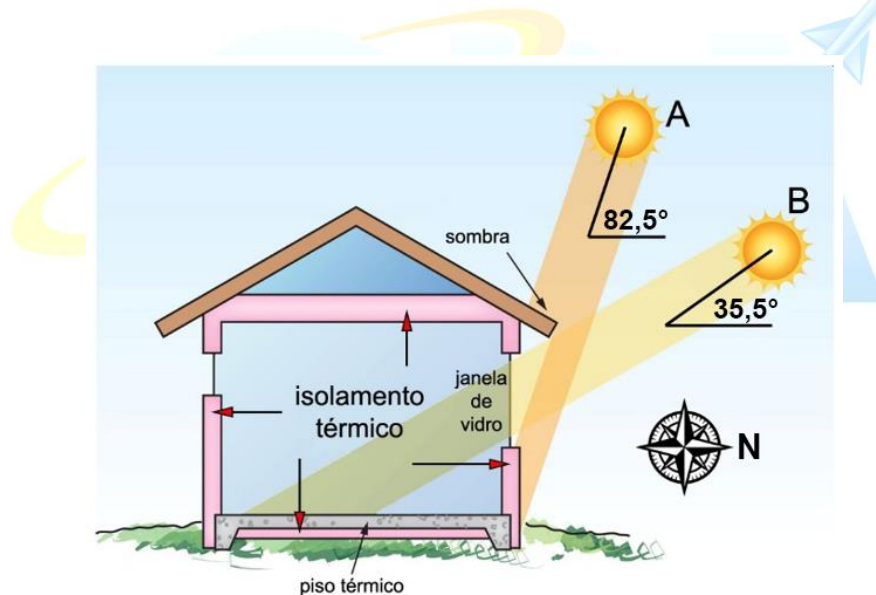
II – Em **B** o planeta Vênus está em Máxima Elongação Leste.

III – Em **A**, **B** ou **C** o planeta Vênus também é conhecido por ‘Estrela Vespertina’.

IV – De **A** para **C** o planeta Vênus está em sua fase crescente.

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

6) 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 solar verdadeiro.



Baseado nas informações contidas no desenho e em seus conhecimentos, assinale a alternativa que traz a latitude geográfica ϕ desta casa.

- a) $\phi = 82,5^\circ$ S
- b) $\phi = 54,1^\circ$ S
- c) $\phi = 35,5^\circ$ N
- d) $\phi = 31,0^\circ$ N
- e) $\phi = 31,0^\circ$ S

7) Considere que a massa total do material nos anéis de Saturno é de cerca de $1,5 \times 10^{19}$ kg. Vamos supor, em primeira aproximação, que uma partícula média do anel tenha raio $r = 6$ cm (o tamanho de uma grande bola de neve) e tenha uma densidade $\rho = 1.000$ kg/m³.



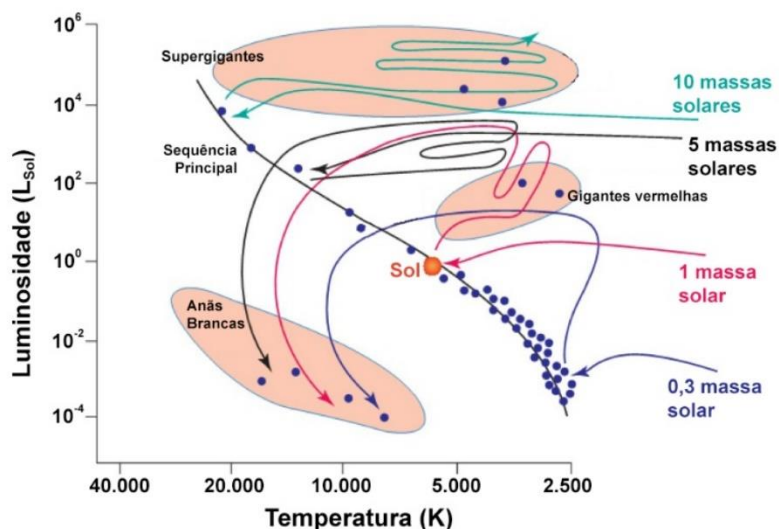
Sendo assim, assinale a opção que traz a ordem de grandeza do número aproximado de partículas que existem nos anéis.

- a) 10^{16}
- b) 10^{17}
- c) 10^{18}
- d) 10^{19}
- e) 10^{20}

8) O Diagrama HR, ou Diagrama de Hertzsprung-Russell, é um gráfico que mostra a relação entre a luminosidade e a temperatura das estrelas. Ele é uma ferramenta essencial para entender a evolução das estrelas.

A maioria das estrelas está localizada em uma faixa diagonal no Diagrama HR, chamada de Sequência Principal (SP). Estrelas na SP estão “queimando” hidrogênio em seu núcleo, e sua luminosidade e temperatura estão relacionadas à sua massa. Estrelas que estão fora da SP estão em diferentes estágios de sua evolução.

O gráfico a seguir traz a evolução teórica, dentro do Diagrama HR, de 4 estrelas com massas diferentes.



Baseado nas informações fornecidas e em seus conhecimentos, avalie as afirmações a seguir e assinale a opção correta.

I – Estrelas com 10 massas solares nem passam pela Sequência Principal. Elas já evoluem para o ramo das Gigantes e Supergigantes.

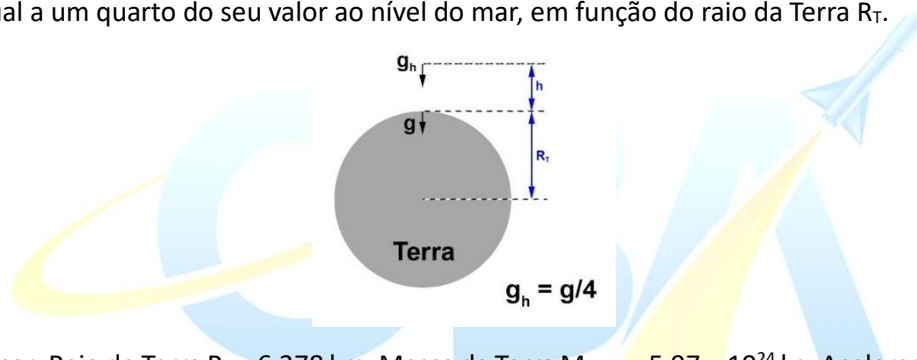
II – Após sair da Sequência Principal, a luminosidade do Sol poderá chegar acima de 1000 vezes o seu valor atual.

III – Após deixar o ramo das Gigantes Vermelhas, rumo ao ramo das Anãs Brancas, o Sol voltará novamente à Sequência Principal.

IV – Uma estrela com apenas $0,3 M_{\text{Sol}}$ nunca chegará a ser uma Gigante Vermelha, evoluindo direto para uma Anã Branca após deixar a SP.

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

9) Assinale a opção que traz o valor da altura h , acima da superfície da Terra, onde o valor da aceleração da gravidade é igual a um quarto do seu valor ao nível do mar, em função do raio da Terra R_T .



Dados, se precisar: Raio do Terra $R_T = 6.378 \text{ km}$; Massa da Terra $M_{\text{Terra}} = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$; Aceleração da gravidade ao nível do mar $g = 9,807 \text{ m/s}^2$; Constante da Gravitação $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$.

- a) $h = R_T/4$
- b) $h = R_T/2$
- c) $h = R_T$
- d) $h = 2R_T$
- e) $h = 4R_T$

10) Uma estrela de magnitude aparente $m = 0$ tem um fluxo observado igual a F_0 .

Assinale a opção que traz qual seria o fluxo observado desta estrela se ela fosse 4 vezes mais luminosa, porém estivesse 4 vezes mais distante.

Desconsidere qualquer tipo de absorção ou espalhamento da luz no meio interestelar.

- a) $0,25 F_0$
- b) $1,00 F_0$
- c) $2,00 F_0$
- d) $4,00 F_0$
- e) $0,50 F_0$

11) Uma certa ocular proporciona uma magnificação, ou ampliação A , de 60 vezes quando usada em um telescópio de razão focal $F/10$ e objetiva de 150 mm de diâmetro.

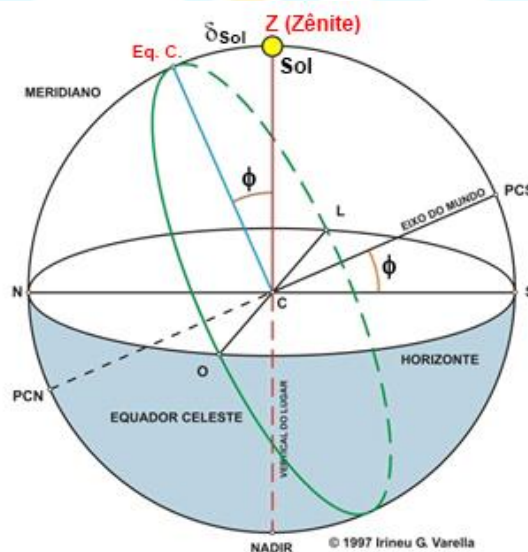
Assinale a opção que traz qual será a magnificação proporcionada pela mesma ocular se usada com um telescópio de razão focal $F/15$ e objetiva de 100 mm de diâmetro.

- a) 10 X
- b) 15 X
- c) 60 X
- d) 75 X
- e) 150 X

12) O esquema a seguir traz a Esfera Celeste e a geometria da passagem zenital do Sol, ou seja, ele está passando a pino ao meio-dia solar verdadeiro. No desenho, PCN e PCS são respectivamente o Polo Celeste Norte e o Polo Celeste Sul.

As estrelas que vemos à noite têm posições praticamente fixas no céu umas com relação às outras (exceto pelos efeitos secundários de aberração, paralaxe e movimento próprio). O Sol, contudo, tem um movimento aparente por entre as estrelas de cerca de 1° por dia. Portanto, suas coordenadas, Ascensão Reta (AR_{Sol}) e Declinação (δ_{Sol}) variam continuamente. Neste problema, porém, vamos considerá-las constantes ao longo de um dia.

Sendo assim, podemos dizer que no dia **1º de dezembro de 2023** as coordenadas do Sol são: **Ascensão Reta (AR_{Sol}) = 16h 30min** e **Declinação (δ_{Sol}) = $-22^\circ 00'$** .



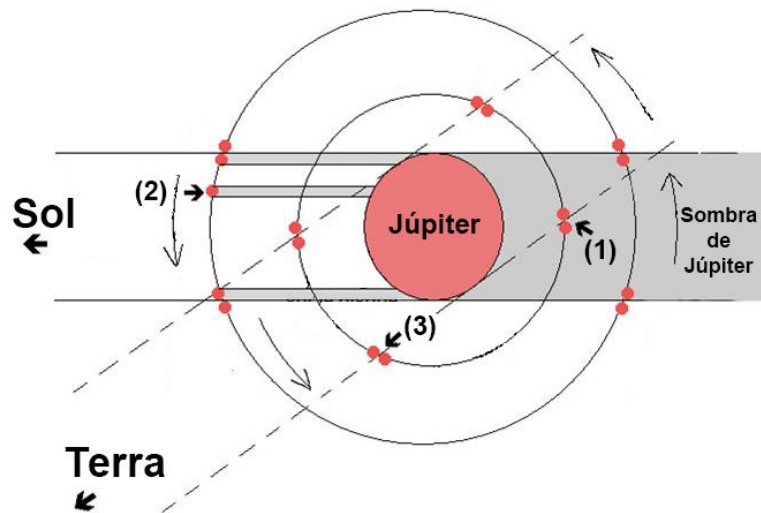
Assinale a opção que traz a cidade em que se observará o Sol no Zênite neste dia.

- a) Cidade de Boa Sorte/MG (Latitude $16^\circ 30' S$, Longitude $40^\circ 14' O$)
- b) Cidade de Piedra de Letra, no México (Latitude $16^\circ 30' N$, Longitude $97^\circ 25' O$)
- c) Cidade de Madama, no Níger (Latitude $22^\circ 00' N$, Longitude $13^\circ 36' L$)
- d) Cidade de Itaporanga/RJ (Latitude $22^\circ 00' S$, Longitude $41^\circ 29' O$)
- e) Cidade de Keyjavik, na Islândia (Latitude $64^\circ 08' N$, Longitude $22^\circ 00' O$)

13) Quando o Sol está no plano orbital de um satélite de Júpiter, a sombra do planeta pode eclipsar o satélite ou a sombra do satélite pode cruzar o disco do planeta. Esses eventos são chamados de **eclipse do satélite** e **trânsito da sombra**, respectivamente.

Quando a Terra está no plano orbital de um satélite de Júpiter, um observador terrestre pode ver o satélite sendo ocultado pelo disco do planeta ou o satélite transitando pelo disco do planeta. Esses eventos são chamados de **ocultação do satélite** e **trânsito do satélite**, respectivamente.

A figura a seguir traz um esquema, fora de escala, destes fenômenos para dois satélites galileanos.



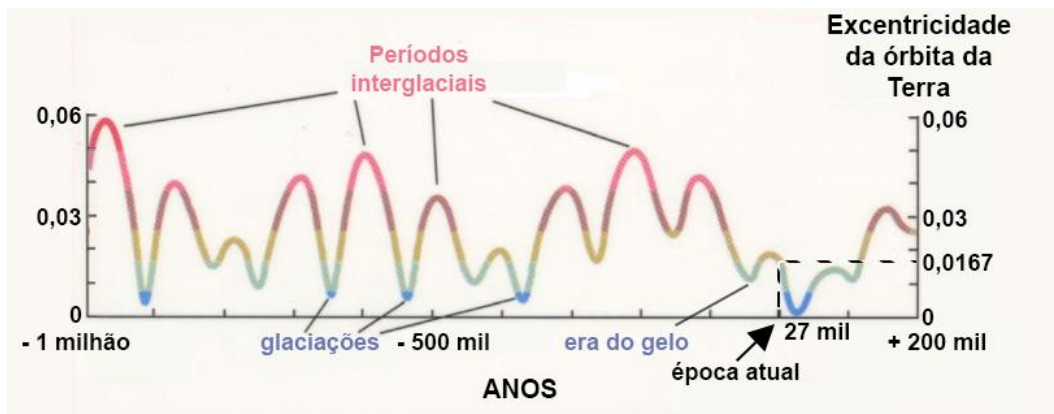
Assinale a opção que traz os nomes corretos dos respectivos fenômenos marcados com os números de 1 a 3.

- a) (1) Começo da ocultação do satélite; (2) Começo do Trânsito da sombra; (3) Fim do trânsito da sombra.
- b) (1) Começo do eclipse do satélite; (2) Eclipse do satélite; (3) Começo do trânsito do satélite.
- c) (1) Começo do eclipse do satélite; (2) Trânsito da sombra; (3) Começo da ocultação do satélite.
- d) (1) Fim do trânsito do satélite; (2) começo do trânsito do satélite; (3) Fim do trânsito da sombra.
- e) (1) Começo da ocultação do satélite; (2) Trânsito da sombra; (3) Fim do trânsito do satélite.

14) A Mecânica Celeste fornece, com certa precisão, a evolução das órbitas planetárias durante períodos muito longos, da ordem de vários milhões de anos. Verifica-se assim que a excentricidade da órbita da Terra sofre grandes variações formadas por muitos termos periódicos, os mais importantes dos quais tendo períodos de cerca de 100.000 anos e de 400.000 anos.

Os trabalhos do Instituto de Mecânica Celeste e Computação de Efemérides (IMCCE), de Paris, desde a década de 1970, confirmaram definitivamente a hipótese astronômica das variações climáticas na Terra durante a Era Quaternária. Os paleoclimatologistas mostram, de fato, a correlação entre as mudanças nos elementos da órbita da Terra e as principais glaciações do Quaternário. Uma órbita quase circular da Terra corresponde a uma glaciação, ou uma era do gelo, e uma órbita mais elíptica a um período mais quente. A precisão do “relógio” da Mecânica Celeste fornece à paleoclimatologia as datas das glaciações e dos períodos interglaciais.

O gráfico a seguir traz o resultado dos estudos do IMCCE sobre a variação da excentricidade da órbita da Terra, de 1 milhão de anos atrás até aqui a 200 mil anos.



Baseado nas informações fornecidas no gráfico, avalie as afirmações a seguir e assinale a opção correta.

I – Se as condições atmosféricas da Terra não mudarem, espera-se uma próxima glaciação daqui a 27 mil anos.

II – Considerando que o semi-eixo maior da órbita da Terra não mudou, a diferença entre o afélio e o periélio já chegou a ser cerca de 18 milhões de km, nos últimos 1 milhão de anos.

III – Daqui a 27 mil anos, quase não teremos mais diferença entre afélio nem periélio.

IV – O gráfico mostra que o aquecimento global atual, identificado pelos cientistas, é um fenômeno natural.

Dado: semi-eixo maior da órbita da Terra $a = 1,5 \times 10^8$ km

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

15) O gráfico a seguir apresenta a visibilidade diária (eixo das abscissas) do planeta Júpiter ao longo do ano de 2024 (eixo das ordenadas), para o Rio de Janeiro/RJ.

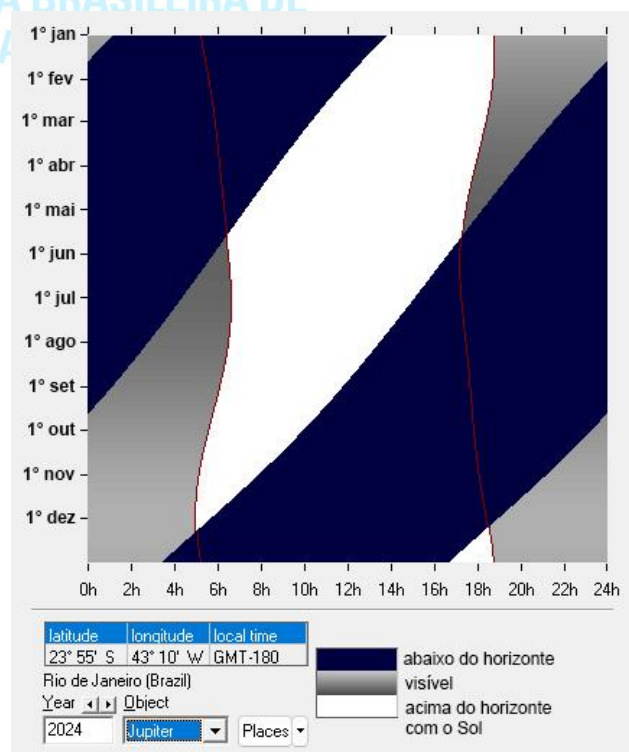
No gráfico, o tom azul escuro significa que o planeta está abaixo do horizonte, o tom cinza significa que o planeta está visível no céu noturno e o branco significa que o planeta está acima do horizonte juntamente com o Sol.

Agora que você já sabe como ler as informações no gráfico, avalie as afirmações a seguir e assinale a opção correta.

I – Na primeira semana de janeiro, Júpiter estará se pondo antes das 2h da manhã e estará visível no céu noturno, novamente, quando o Sol se pôr.

II – A partir de 1° de agosto, Júpiter já estará abaixo do horizonte quando for meio-dia.

III – Em meados de maio, Júpiter estará em conjunção com o Sol.



IV – Em 1° de abril, Júpiter estará visível no céu noturno próximo ao horizonte Leste.

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

16) Quando olhamos para um céu bem límpido, afastado dos grandes centros urbanos, percebemos que as estrelas têm cores diferentes. Na imagem a seguir temos um exemplo de algumas estrelas bem conhecidas e suas cores.



Assinale a opção que traz o que as cores das estrelas revelam para nós.

- a) Sua composição química.
- b) Apenas sua magnitude absoluta.
- c) Apenas sua temperatura superficial.
- d) Sua massa e temperatura superficial.
- e) Sua luminosidade e magnitude aparente.

17) A paralaxe heliocêntrica é usada para medir a distância das estrelas mais próximas. À medida que a Terra gira em torno do Sol, podemos medir a direção de uma estrela em relação às estrelas de fundo quando a Terra está de um lado do Sol, e tornamos a fazer a medida seis meses mais tarde, quando a Terra está do outro lado do Sol. A metade do desvio total na posição da estrela corresponde à paralaxe heliocêntrica.

Considere que uma estrela **A** tem uma paralaxe $p_A = 0,01''$ e uma estrela **B** tem uma paralaxe $p_B = 0,04''$ e que a estrela **B** nos parece **16 vezes** mais brilhante que a estrela **A**.

Assinale a opção que traz a razão entre suas luminosidades.

- a) $L_A/L_B = 0,25$
- b) $L_A/L_B = 0,50$
- c) $L_A/L_B = 1,00$
- d) $L_A/L_B = 4,00$
- e) $L_A/L_B = 16,00$

18) As raias visíveis no espectro de uma estrela permitem ordenar esses astros em classes de objetos similares. A classificação espectral atualmente em uso é baseada num esquema estabelecido em 1890 (*Harvard Spectral Sequence*). Das mais quentes às mais frias, as estrelas são agrupadas em classes identificadas pelas letras do alfabeto O, B, A, F, G, K e M.

Todas as estrelas do mesmo tipo espectral têm a mesma temperatura superficial. No entanto, existem estrelas de um mesmo tipo espectral que possuem diferentes luminosidades.

Assinale a opção que explica esse fenômeno.

- a) Aquelas com maior luminosidade têm maior raio.
- b) Aquelas com menor luminosidade estão a uma distância maior.
- c) A Lei de Wien não se aplica às estrelas do mesmo tipo espectral.
- d) Aquelas com maior luminosidade têm sua luz mais deslocada para o azul.
- e) Aquelas com maior luminosidade têm sua luz mais deslocada para o vermelho.

19) Segundo Isaac Newton (1643-1727), a luz era composta por partículas corpusculares, pequenas esferas que colidiam com as superfícies e sofriam reflexão e refração. Anos mais tarde com os estudos do eletromagnetismo e as contribuições de James Clerk Maxwell (1831-1879), a luz foi definida como uma **onda eletromagnética**, isto é, uma combinação de campos elétricos e magnéticos variáveis que se propagam no espaço.

Quando uma grandeza é encontrada apenas em múltiplos inteiros de uma quantidade elementar (denominada de quantum), diz-se que ela é quantizada. No século XX, Albert Einstein (1879-1955) propôs que a **energia da radiação eletromagnética** deveria ser quantizada e a quantidade elementar que definia a luz era o fóton, isto é, $E = hf$, onde **E** é a energia do fóton, **h** é a constante de Planck e **f** a frequência da radiação.

Se um fóton **A** tem energia mais baixa que um fóton **B**, como seus comprimentos de onda **λ** estão relacionados?

- a) $\lambda_A < \lambda_B$
- b) $\lambda_A \leq \lambda_B$
- c) $\lambda_A = \lambda_B$
- d) $\lambda_A > \lambda_B$
- e) $\lambda_A \geq \lambda_B$

OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE
ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA

20) Johannes Kepler (1571 — 1630) foi um astrônomo, astrólogo e matemático alemão. Considerado figura chave da revolução científica do século XVII, é, todavia, célebre por ter formulado as três leis fundamentais da Mecânica Celeste, denominadas Leis de Kepler. Essas obras também forneceram uma das bases para a teoria da Gravitação Universal de Isaac Newton (1643-1727).

As Leis de Kepler relacionam:

I – Força com massa e aceleração

II – Áreas orbitais com períodos orbitais

III – Períodos orbitais com raios orbitais

IV – Trabalho com força e deslocamento

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

