



SELETIVA ONLINE SIMULADO P1

Instruções Gerais

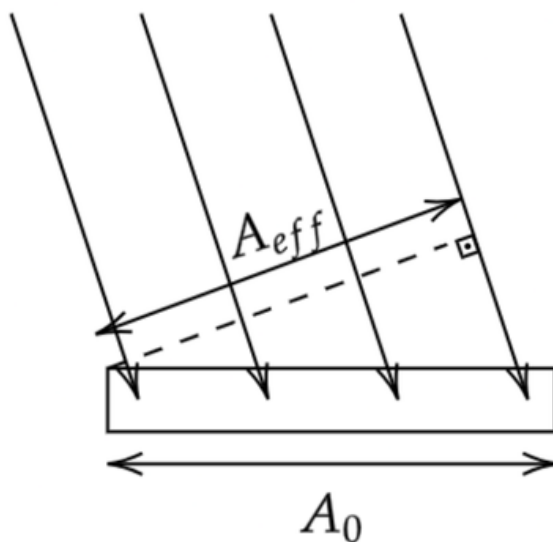
1. A duração da prova é de **duas** (2 horas).
2. A prova é composta por 20 questões (totalizando 20 pontos).
3. A prova é individual e sem consultas.
4. O uso de calculadoras é permitido desde que não sejam programáveis.

1. **(1 ponto)** Em um determinado instante de sua gélida jornada pelo Polo Norte ($\phi = 90^\circ$), o sábio astrônomo Big Glob, apaixonado por fotometria, decide instalar um coletor de luz apontado para o Zênite.

Ao observar uma misteriosa fonte luminosa de declinação δ , Big Glob registra uma potência de $P = 3,6 \cdot 10^{-10} \text{ W}$. Por conta da luz dessa fonte chegar de maneira não perpendicular ao coletor, Big Glob sabia que a potência luminosa recebida não era a máxima possível, dado que a área efetiva de coleta é diferente.

A relação matemática entre a área efetiva de um coletor (A_{eff}) e sua área original (A_0), considerando um ângulo θ entre a direção da luz e a da direção normal do coletor, é dada pela seguinte expressão:

$$A_{\text{eff}} = A_0 \cos(\theta)$$



Considerando que a potência luminosa é diretamente proporcional à área coletora e que a máxima potência possível que o coletor de Big Glob poderia registrar da fonte misteriosa seria $P_{\text{max}} = 4,7 \cdot 10^{-10} \text{ W}$, determine a declinação δ da fonte de luz encontrada por ele.

- a) $50,0^\circ$
- b) $35,0^\circ$
- c) $40,0^\circ$
- d) $15,0^\circ$
- e) $75,0^\circ$

Solução:

Como Big Glob se encontra no Polo Norte, a declinação de uma astro será igual a sua altura em relação ao horizonte astronômico.

Ademais, como o coletor está apontado para o Zênite (no caso, o Polo Norte Celeste), o ângulo θ será então a distância zenital da fonte (ângulo entre a direção do coletor de luz e a

da propagação da luz da fonte, que nesse caso se trata do complementar da declinação).

Com base nisso tudo, e seguindo o enunciado, podemos escrever que:

$$P \propto A \implies \frac{P}{P_{\max}} = \frac{A_{\text{eff}}}{A_0} = \cos(90^\circ - \delta) = \sin(\delta)$$

$$\delta = \arcsin\left(\frac{3,6}{4,7}\right)$$

$$\delta \approx 50,0^\circ$$

Resposta correta: letra a) 50,0°.

2. (1 ponto) Em um verdadeiro clima de dança orbital, oito sagazes satélites foram vistos em um perfeito estado de sincronia: os objetos formavam um cubo centrado na Terra!

Considerando que todos esses objetos orbitam a Terra em uma trajetória circular e que o cubo formado possui lado $L = 2,0 \cdot 10^7$ m, calcule o período P desses satélites.

- a) 9,7 h
- b) 6,3 h
- c) 7,8 h
- d) 5,0 h
- e) 2,8 h

Solução:

Considerando que os satélites formam um cubo, podemos obter o raio orbital dos objetos (R) através da diagonal do cubo formado:

$$2R = L\sqrt{3} \implies R = \frac{\sqrt{3}}{2}L$$

Pela terceira lei de Kepler:

$$\frac{P^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{GM_\oplus} \implies P = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^3 \frac{4\pi^2 L^3}{GM_\oplus}}$$

Com isso:

$$P \approx 6,3 \text{ h}$$

Resposta correta: letra b) 6,3 h.

3. (1 ponto) Durante a 17ª Olimpíada Latino-Americana de Astronomia e Astronáutica (OLAA), em uma visita educacional ao Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA), o jovem astrônomo

Ernestito, membro da seleção brasileira de astronomia, ficou fascinado com um lindo telescópio pertencente aos seus camaradas russos, e decidiu então registrar uma foto do instrumento:



O astro celeste em destaque na foto é a Lua, a qual, no instante da foto, nasceu há pouco tempo. Com base nisso, responda: qual a direção aproximada que o telescópio está apontando?

- a) Leste.
- b) Sul.
- c) Norte.
- d) Oeste.
- e) Zênite.

Solução:

Como a Lua nasceu há pouco tempo, ela está aproximadamente na direção do ponto cardinal Leste. Dessa forma, a direção aproximada que o telescópio está apontando é letra c) Norte.

4. (1 ponto) Clara e Rafael estão testando dois telescópios em seu observatório:

- Telescópio X: abertura de 100 mm, foco 1000 mm
- Telescópio Y: abertura de 250 mm, foco 500 mm

Clara quer observar uma estrela muito fraca. Sabendo que a capacidade de coleta de luz é proporcional à área da objetiva, qual telescópio é mais eficiente e quantas vezes coleta mais luz que o outro?

- a) X; 2,5 vezes
- b) Y; 6,25 vezes
- c) Y; 5,5 vezes
- d) X; 4 vezes
- e) Y; 10 vezes

Solução:

A capacidade de coleta de luz C de um telescópio é proporcional ao quadrado do diâmetro da objetiva (D):

$$C \propto D^2$$

Calculando para cada telescópio:

$$C_X \propto 100^2 = 10,000$$

$$C_Y \propto 250^2 = 62,500$$

A razão de coleta de luz é:

$$\frac{C_Y}{C_X} = \frac{62,500}{10,000} = 6,25$$

Resposta correta: b) Y; 6,25 vezes

5. (1 ponto) Um observador, ao olhar para o horizonte leste no final da tarde, percebe que a Lua está nascendo aproximadamente no mesmo instante em que o Sol se põe no horizonte oeste.

Com base nesta observação, assinale a alternativa que indica corretamente a fase em que a Lua se encontra.

- a) Cheia
- b) Quarto Crescente
- c) Quarto Minguante
- d) Nova
- e) Minguante Gibosa

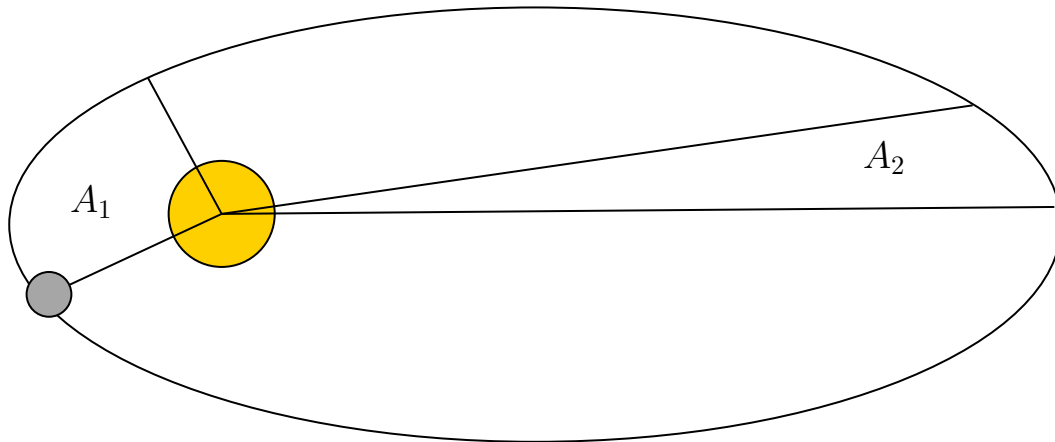
Solução:

A fase da Lua Cheia ocorre quando a Terra se posiciona aproximadamente entre o Sol e a Lua. Nessa configuração, o disco lunar visível da Terra está totalmente iluminado pelo Sol. Por essa razão, a Lua Cheia nasce no leste (*orto*) por volta das 18h, coincidindo com o pôr do sol (*ocaso*) no oeste.

A resposta correta é **A) Cheia**.

Fase da Lua	Nasce (aprox.)	Põe-se (aprox.)
Nova	06:00	18:00
Quarto Crescente	12:00	00:00
Cheia	18:00	06:00
Quarto Minguante	00:00	12:00

6. (1 ponto) A Segunda Lei de Kepler, conhecida como Lei das Áreas, descreve a velocidade com que um planeta orbita sua estrela. A lei afirma que a linha imaginária que une o planeta à estrela (raio vetor) varre áreas iguais em intervalos de tempo iguais. A figura abaixo, fora de escala, mostra a órbita elíptica de um cometa. As áreas A_1 (próxima ao periélio) e A_2 (próxima ao afélio) são iguais.



Se o cometa leva um tempo t_1 para percorrer o arco correspondente a A_1 e um tempo t_2 para o arco de A_2 , assinale a alternativa correta.

- a) $t_1 > t_2$ e a velocidade em A_1 é menor que em A_2 .
- b) $t_1 = t_2$ e a velocidade em A_1 é igual à velocidade em A_2 .
- c) $t_1 < t_2$ e a velocidade em A_1 é maior que em A_2 .
- d) $t_1 = t_2$ e a velocidade em A_1 é maior que em A_2 .
- e) $t_1 > t_2$ e a velocidade em A_1 é maior que em A_2 .

Solução:

De acordo com a Segunda Lei de Kepler, como as áreas A_1 e A_2 são iguais, o tempo para percorrê-las deve ser o mesmo, ou seja, $t_1 = t_2$.

No entanto, para que uma área igual seja varrida tanto perto quanto longe da estrela, o corpo orbital deve se mover mais rapidamente quando está mais próximo dela (periélio) e mais lentamente quando está mais afastado (afélio). Portanto, a velocidade no trecho correspondente a A_1 é maior do que no trecho de A_2 .

A resposta correta é: **d)** $t_1 = t_2$ e a velocidade em A_1 é maior que em A_2 .

7. (1 ponto) A estrela Rigel tem magnitude aparente $m = +0.12$ e magnitude absoluta $M = -7.84$. A estrela Alpha Centauri A tem magnitude aparente $m = -0.01$ e magnitude absoluta $M = +4.36$. Com base nesses dados, qual das seguintes afirmações está correta?

- a) Rigel parece mais brilhante que Alpha Centauri A no nosso céu.
- b) Rigel é intrinsecamente muito mais brilhante que Alpha Centauri A, mas está muito mais distante.
- c) Alpha Centauri A é intrinsecamente mais brilhante que Rigel.
- d) Ambas as estrelas estão à mesma distância da Terra.
- e) Rigel está mais próxima da Terra do que Alpha Centauri A.

Solução:

A **magnitude absoluta (M)** mede o brilho intrínseco (real) de uma estrela. A escala é invertida: quanto menor o número, mais brilhante a estrela. Rigel ($M = -7.84$) é extraordinariamente mais luminosa que Alpha Centauri A ($M = +4.36$).

A **magnitude aparente (m)** é o brilho que observamos da Terra. Apesar de Rigel ser muito mais luminosa, sua magnitude aparente ($+0.12$) é similar à de Alpha Centauri A (-0.01). Para que uma estrela tão intrinsecamente brilhante pareça ter um brilho similar a uma estrela muito menos luminosa, ela deve estar a uma distância muito maior.

A resposta correta é: **B)** Rigel é intrinsecamente muito mais brilhante que Alpha Centauri A, mas está muito mais distante.

8. **(1 ponto)** Aldebaran (ou α Tauri) é a estrela mais brilhante da constelação de Touro. Seu nome tem origem no Árabe “ad-dabarān”, que significa “O Seguidor”, uma referência à forma como a estrela parece perseguir o aglomerado das Plêiades no céu noturno. Na mitologia grega, Aldebaran é associada aos olhos ferozes do touro enviado por Poseidon.

Esta é uma das estrelas mais brilhantes do céu, ocupando a 14ª posição no ranking de magnitude aparente. Ela possui classificação espectral K5 III, é visível a olho nu e está localizada a aproximadamente 65 anos-luz de distância da Terra.

Com base apenas na classificação espectral, qual é a única informação que não podemos extrair de Aldebaran?

- a) Distância em relação ao Sol
- b) Massa
- c) Raio
- d) Temperatura

Solução:

A classificação espectral está relacionada às propriedades intrínsecas da estrela, como temperatura superficial, tipo espectral, e, em conjunto com a classe de luminosidade, permite estimar massa e raio. No entanto, a distância em relação ao Sol não é uma propriedade intrínseca, sendo obtida por outros métodos, como, por exemplo, paralaxe, o que fornece diretamente a distância ao Sol. **Letra a)**

9. **(1 ponto)** Maria está estudando um planeta recém-descoberto que orbita uma estrela semelhante ao Sol. A órbita é aproximadamente circular, com raio $r = 1,5 \times 10^{11}$ m, e a estrela tem massa $M = 2 \times 10^{30}$ kg. Maria quer calcular a velocidade necessária para que o planeta permaneça estável em sua órbita. Qual é a velocidade orbital do planeta, em km/s?

- a) 29,8 km/s

- b) 41,9 km/s
- c) 28,7 km/s
- d) 29,5 km/s
- e) 42,1 km/s

Solução:

A velocidade orbital v em órbita circular é dada por:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

com

$$G = 6,674 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg}\cdot\text{s}^2$$

$$M = 2 \times 10^{30} \text{ kg}, \quad r = 1,5 \times 10^{11} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} v &= \sqrt{\frac{6,674 \times 10^{-11} \cdot 2 \times 10^{30}}{1,5 \times 10^{11}}} = \sqrt{\frac{1,3348 \times 10^{20}}{1,5 \times 10^{11}}} \\ &= \sqrt{8,898 \times 10^8} \approx 29,8 \times 10^3 \text{ m/s} = 29,8 \text{ km/s} \end{aligned}$$

Resposta correta: a) 29,8 km/s

10. **(1 ponto)** Analema é a curva característica em forma de "8" que resulta de marcar a posição do Sol no céu no mesmo horário ao longo de um ano. O analema é exclusivo para cada planeta, dependendo de suas características orbitais e rotacionais.

Com base apenas na definição do analema solar, e nos seus conhecimentos prévios, quais dos seguintes elementos não altera o formato do analema?

- a) A inclinação axial da Terra
- b) A excentricidade da órbita terrestre
- c) A longitude eclíptica do periélio da órbita terrestre
- d) A nutação da Terra

Solução:

O formato do analema é determinado por dois principais fatores: a inclinação axial da Terra e a excentricidade da órbita terrestre. Além disso, a posição do periélio (longitude eclíptica) também influencia a forma e a orientação do analema. Já a nutação da Terra não altera o formato do analema, pois ocorre em escalas de milhares de anos, muito maiores que o período de um ano considerado na construção do analema. **Letra d)**

11. **(1 ponto)** Em um dia de muita fome, Praça Lucas decide comer metade do Sol. Ele fez isso de uma maneira lenta e por isso o semi eixo da Terra se manteve o mesmo, mas o seu período não. Qual foi a variação do período da Terra após Praça Lucas comer metade do Sol?

- a) $\Delta T = \sqrt{2}$ anos
- b) $\Delta T = \sqrt{2} - 1$ anos
- c) $\Delta T = 2 - \sqrt{2}$ anos
- d) $\Delta T = \sqrt{2} + 1$ anos
- e) $\Delta T = 1/2$ anos

Solução:

Usando a Terceira Lei de Kepler,

$$\frac{a^3 [\text{UAs}]}{T^2 [\text{anos}]} = M [M_{\odot}]$$

Substituindo o caso em que $M = 0.5M_{\odot}$

$$\frac{(1\text{UA})^3}{T^2} = 0.5 \rightarrow T = \sqrt{\frac{(1 \text{ UA}^3)}{0.5}} = \sqrt{2} \text{ anos}$$

Assim, a diferença entre os períodos é,

$$\Delta T = T - T_0 = (\sqrt{2} - 1) \text{ anos}$$

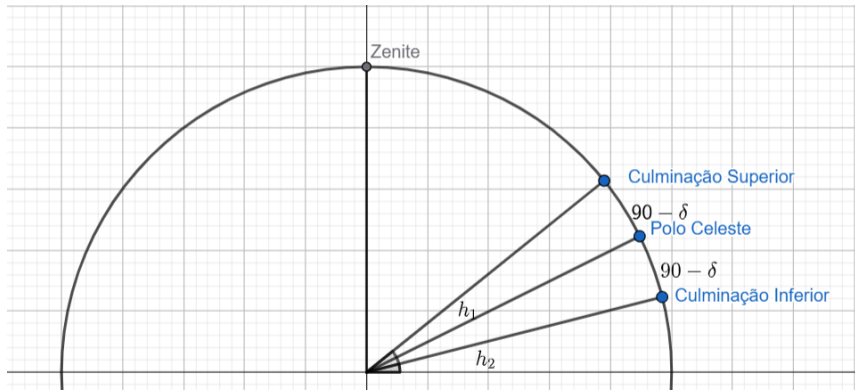
Portanto, a resposta correta é **Letra b)**.

12. **(1 ponto)** Uma mesma estrela sempre passa pelo meridiano local 2 vezes ao dia. Quando a estrela é circumpolar (i.e.: fica acima do horizonte 24h) dizemos que esses momentos são chamados de culminação superior (maior altura) e inferior (menor altura). Se um lugar apresenta latitude ϕ e determinada estrela de declinação δ , qual a diferença entre as alturas da culminação superior e inferior?

- a) $90^\circ - 2\delta + \phi$
- b) $180^\circ - 2\delta$
- c) $180^\circ - 2\delta - 2\phi$
- d) $180^\circ - 2\delta$
- e) $2\phi - 2\delta$

Solução:

Observe o seguinte esquema



A distância entre a estrela e o polo, enquanto ela está no meridiano local, é $90^\circ - \delta$. Assim, fica claro perceber que a diferença entre as alturas é,

$$h_1 - h_2 = 2(90^\circ - \delta) = 180^\circ - 2\delta$$

Portanto, a resposta correta é **Letra d)**

13. (1 ponto) O poder de resolução dos telescópios, definido como a menor distância angular que um telescópio consegue distinguir é dada pela fórmula:

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

Onde λ é o comprimento de onda observado e D é o diâmetro do telescópio. Sabendo disso, estime a maior distância que um ser humano consegue enxergar uma moeda de 17 mm de diâmetro.

Dados: O centro do comprimento de onda visível é $\lambda \approx 550 \text{ nm}$ e o diâmetro da pupila é $D \approx 6 \text{ mm}$.

- a $d = 103 \text{ m}$
- b $d = 126 \text{ m}$
- c $d = 134 \text{ m}$
- d $d = 141 \text{ m}$
- e $d = 152 \text{ m}$

Solução:

Utilizando a fórmula de Raylight para o olho humano, obtemos

$$\theta = \frac{1,22 \cdot 550 \text{ nm}}{6 \text{ mm}} \approx 1,12 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$$

Isso deve ser o mesmo que o tamanho angular da moeda

$$\theta = \frac{17 \text{ mm}}{d} \approx 1,12 \cdot 10^{-4} \rightarrow d = 152 \text{ m}$$

Logo, a respostas é **Letra e)**.

14. (1 ponto) Em um sistema binário de raios-X, a estrela companheira transfere matéria para uma estrela compacta (neutrônica ou buraco negro), formando um disco de acreção. Considere agora, uma pequena porção da massa transferida pela estrela companheira ΔM , está inicialmente em repouso em relação a estrela compacta à uma distância r . Após passar a formar o disco de acreção a matéria acelera até uma velocidade v antes de ser absorvida à uma distância R . Calcule a luminosidade do disco de acreção, sabendo que a taxa de acreção η pode ser aproximada como constante.

- (a) $L = \frac{GM}{R}\eta$
 (b) $L = \frac{4}{3}GM\eta\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r}\right) - \eta\frac{v^2}{2}$
 (c) $L = \frac{1}{2}GM\eta\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r}\right) - \frac{4}{3}\eta\frac{v^2}{2}$
 (d) $L = GM\eta\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r}\right) - \eta\frac{v^2}{2}$
 (e) $L = GM\eta\left(\frac{2}{R} - \frac{1}{r}\right)$

Solução:

Para iniciar a questão, podemos utilizar uma abordagem energética. A diferença de energia da partícula entre os instantes de repouso e quando passa a compor o disco de acreção é convertida em luminosidade. Isso acontece justamente pela partícula emitir uma parte da sua energia como luz, parte da sua energia inicial é convertida em radiação.

$$\Delta E = E_i - E_f = \frac{mv_i^2}{2} - \frac{GMm}{r_i} - \left(\frac{mv_f^2}{2} - \frac{GMm}{r_f} \right) = L\Delta t$$

$$L\Delta t = GM\Delta m \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right) - \frac{\Delta mv^2}{2}$$

$$L = GM \frac{\Delta m}{\Delta t} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right) - \frac{\Delta m}{\Delta t} \frac{v^2}{2} = GM\eta \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right) - \eta \frac{v^2}{2}$$

$$L = GM\eta \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right) - \eta \frac{v^2}{2}$$

Logo, a resposta correta é o **item d**).

15. (1 ponto) Abelinha vem observando um satélite do seu iglu no polo norte, quando observa um satélite polar! Abelinha marca avidamente todos os dias, ao mesmo horário, a posição do satélite no céu, até ter seu círculo de precessão. Com algumas estimativas matemáticas, Abelinha percebeu que os satélite pressionava $\approx 1^\circ$ a cada órbita completa. Sabendo que a altura do satélite é de aproximadamente $500m$ e que sua órbita pode ser aproximada como circular, calcule quanto tempo Abelinha demorou até dermacar o círculo de precessão.

- (a) Aproximadamente 23,6 dias.
 (b) Aproximadamente 18,3 dias.
 (c) Aproximadamente 32,2 dias.
 (d) Aproximadamente 48,0 dias.
 (e) Aproximadamente 72,3 dias.

Solução:

Precisamos encontrar o período orbital do satélite.

$$F_g = F_{cp} = \frac{GM_{\oplus}m}{(R_{\oplus} + h)^2} = \frac{m}{R_{\oplus} + h} \left(\frac{2\pi(R_{\oplus} + h)}{T} \right)^2$$

$$T^2 = \frac{4\pi^2(R_{\oplus} + h)^3}{GM_{\oplus}}$$

$$T \approx 5670s$$

Abelinha estipula que a cada órbita, o satélite pressionava $\approx 1^\circ$:

$$\Omega \approx \frac{1^\circ}{T} = \frac{360^\circ}{\Delta t}$$

$$\Delta t = 360 \times T$$

$$\Delta t \approx 2,04 \times 10^6 s \approx 23,6 \text{ dias}$$

Assim, a resposta é o **item a)**

16. **(1 ponto)** Em média, a luz solar leva 8,33 minutos para chegar à Terra e 43,3 minutos para chegar a Júpiter. Usando os dados acima, estime o período orbital de Júpiter

- a) 11,8 anos
- b) 15,3 anos
- c) 21,6 anos
- d) 23,9 anos
- e) 27,5 anos

Solução:

Sabendo que a distância do Sol para Terra é de 1UA, com um regra de 3 sabemos que a distância Sol-Júpiter é $d = \frac{43,3}{8,33} = 5,2UA$ e utilizando a terceira lei de Kepler, com as unidades em anos e UA, no sistema solar temos que $d^3 = T^2$, portanto $T = 11,8$ anos. **Letra a)**

17. **(1 ponto)** Sofia e Bruno são estudantes apaixonados por astronomia. Em uma tarde de observação na sala de ciências, eles descobriram que um novo cometa estava passando próximo à Terra e decidiram observá-lo. Para isso, a escola disponibilizou três telescópios diferentes:

Telescópio	Tipo	Abertura (mm)	Distância focal (mm)
A	Newtoniano	150	1200
B	Refrator	200	1800
C	Schmidt-Cassegrain	250	2400

Sofia queria aproveitar a oportunidade para **analisar todos os detalhes do cometa**, observando sua cauda e núcleo com a maior nitidez possível. Já Bruno, curioso e ansioso, queria **localizar o cometa rapidamente no céu**, sem perder tempo tentando encontrá-lo.

Considerando as características de cada telescópio, qual seria a melhor escolha de Sofia e Bruno?

- a) Sofia $\rightarrow$ C; Bruno $\rightarrow$ B

- b) Sofia $\rightarrow$ C; Bruno $\rightarrow$ A
- c) Sofia $\rightarrow$ B; Bruno $\rightarrow$ A
- d) Sofia $\rightarrow$ A; Bruno $\rightarrow$ C
- e) Sofia $\rightarrow$ B; Bruno $\rightarrow$ C

Solução:

Telescópios com maior distância focal proporcionam maior ampliação e detalhamento, porém menor campo de visão. Telescópios com menor distância focal têm maior campo de visão, facilitando a localização rápida de objetos.

- Sofia quer detalhes $\rightarrow$ escolhe C (2400 mm)
- Bruno quer encontrar rapidamente $\rightarrow$ escolhe A (1200 mm)

Resposta correta: b) Sofia $\rightarrow$ C; Bruno $\rightarrow$ A

18. (1 ponto) No dia do equinócio, uma pessoa que mora na cidade de Mendoza ($\phi, \lambda = (30^\circ 0' 0'' S, 68^\circ 50' 4'' O)$) coloca uma haste vertical no chão. No momento em que o Sol atinge sua cuminação superior, a sombra projetada pela haste tem um comprimento de 10 cm. Qual é a altura da haste?
- a) 10 cm
 - b) 17,3 cm
 - c) 5,8 cm
 - d) 8,6 cm
 - e) 11,6 cm

Solução:

O angulo entre a haste e os raios de luz é igual a 30° , então a altura da haste é $h = 10/\tan(30^\circ) = 17,3\text{cm}$. **Letra b).**

19. (1 ponto) Um corpo negro emite uma potência por unidade de área de $1,264 \times 10^7 \text{W/m}^2$. O comprimento de onda da radiação correspondente ao máximo de emissão é:
- a) 365 nm
 - b) 518 nm
 - c) 632 nm
 - d) 750 nm
 - e) 982 nm

Solução:

Temos que a potencia por unidade de área (P) pode ser relacionada com a temperatura utilizando a relação de Stefan-Boltzman $P = \sigma T^4$, portanto $T = 3864\text{K}$. Após isso, podemos utilizar a lei de Wein, $\lambda T = b$ portanto $\lambda = 750\text{nm}$. **Letra d).**

20. (1 ponto) Em 6 de fevereiro de 2018, a SpaceX lançou um carro esportivo ao espaço. Esta missão colocou o objeto em uma órbita elíptica heliocêntrica com excentricidade $e = 0,256$ e semieixo maior $a = 1,32$ UA. Com base nesses dados, determine qual é a sua velocidade no afélio?

Dados: $M_{\odot} = 1.99 \times 10^{30} kg$; $1UA = 1,496 \times 10^{11} m$; $G = 6,67 \times 10^{-11} Nm^2/kg^2$

- a) 10 km/s
- b) 20 km/s
- c) 30 km/s
- d) 40 km/s
- e) 50 km/s

Solução:

Utilizando a equação vis-viva:

$$V = \sqrt{\frac{GM}{a} \frac{1-e}{1+e}} = 20 km/s$$

Letra b).