



TORNEIO NACIONAL DE ASTRONOMIA · 2026

Gabarito

Respostas e resoluções comentadas

Nível 5 (Ensino Médio)

Cada questão é acompanhada de sua resolução passo a passo nas páginas seguintes.

Respostas

Q	RESPOSTA	Q	RESPOSTA	Q	RESPOSTA	Q	RESPOSTA
Q1	B	Q2	D	Q3	A	Q4	E
Q5	C	Q6	A	Q7	E	Q8	C
Q9	B	Q10	D	Q11	C	Q12	A
Q13	D	Q14	B	Q15	E	Q16	C
Q17	D	Q18	E	Q19	A	Q20	B
Q21	687	Q22	0,71	Q23	5,0	Q24	63

Nas questões de múltipla escolha, a resposta correta está destacada em verde. Nas questões numéricas, o valor segue a forma decimal pedida no enunciado.

Questão 1

GABARITO • Alternativa B — Registro B; depois estará a oeste do meridiano.

ENUNCIADO

Durante uma sessão, uma estrela tem ascensão reta (AR) 8 h 45 min. Use $H = TSL - AR$.

Registro	TSL
A	8 h 30 min
B	8 h 45 min
C	9 h 00 min

Qual registro coincide com a passagem da estrela pelo meridiano? E onde ela estará 15 minutos siderais depois?

ALTERNATIVAS

- A. Registro A; depois estará a leste do meridiano.
- B. Registro B; depois estará a oeste do meridiano.**
- C. Registro B; depois continuará sobre o meridiano.
- D. Registro C; depois estará a oeste do meridiano.
- E. Registro C; depois estará a leste do meridiano.



Figura da questão

RESOLUÇÃO PASSO A PASSO

Passo 1. A passagem pelo meridiano ocorre quando o ângulo horário H é zero; pela relação dada, isso exige $TSL = AR$.

Passo 2. O registro B mostra 8 h 45 min nos dois valores, portanto coincide com a passagem.

Passo 3. Quinze minutos siderais depois, a estrela já cruzou o meridiano e aparece no lado oeste. Resposta B.

Questão 2

GABARITO • Alternativa D — Z, pois $R_Z = 2$.

ENUNCIADO

Para um mesmo gás, a retenção atmosférica depende de a velocidade de escape do planeta ser grande em comparação com a velocidade térmica das moléculas. Considere três planetas de mesmo raio e composição; M_0 é uma massa de referência e T_0 , uma temperatura absoluta de referência em kelvin. Para comparar, use o índice adimensional $R = \sqrt{(M/M_0)/(T/T_0)}$; valores maiores indicam maior capacidade de retenção.

Planeta	Massa	Temperatura do gás
X	$4 M_0$	$8 T_0$
Y	$2 M_0$	$2 T_0$
Z	$1 M_0$	$0,25 T_0$

Qual planeta tem a maior razão entre velocidade de escape e velocidade térmica e, portanto, tende a reter melhor o gás?

ALTERNATIVAS

- A. X, pois $R_X \approx 0,71$.
- B. Y, pois $R_Y = 1$.
- C. X e Y empatam, pois a massa se cancela na razão.
- D. Z, pois $R_Z = 2$.**
- E. Os três empatam, pois têm o mesmo raio e o mesmo gás.

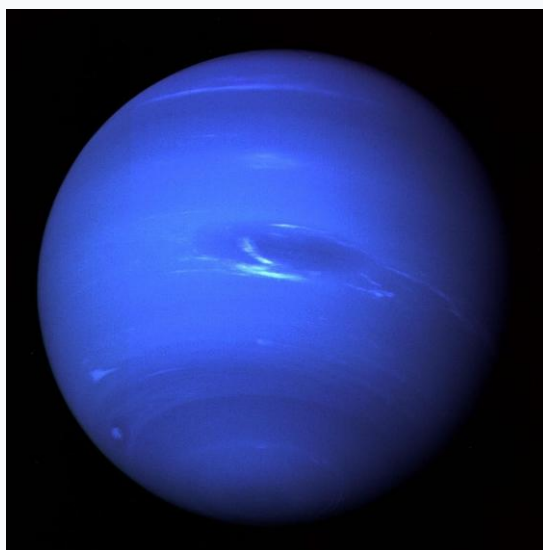


Figura da questão

RESOLUÇÃO PASSO A PASSO

Passo 1. Use o índice $R = \sqrt{(M/M_0)/(T/T_0)}$ para comparar massa e temperatura, sem precisar das unidades de referência.

Passo 2. X: $\sqrt{(4/8)} \approx 0,71$. Y: $\sqrt{(2/2)} = 1$. Z: $\sqrt{(1/0,25)} = \sqrt{4} = 2$.

Passo 3. Z tem o maior índice; sua maior velocidade de escape relativa à agitação térmica favorece a retenção do gás. Resposta D.

Questão 3

GABARITO · Alternativa A — A massa de B é três vezes a massa de A.

ENUNCIADO

Em um sistema binário isolado, as duas estrelas orbitam um centro de massa comum. No esquema, A está a 3 unidades desse centro e B, a 1 unidade. Qual relação entre as massas é compatível com essa configuração?

ALTERNATIVAS

- A. A massa de B é três vezes a massa de A.
- B. A massa de A é três vezes a massa de B.
- C. As duas estrelas têm massas iguais.
- D. A massa de B é nove vezes a massa de A.
- E. As distâncias não permitem comparar as massas.

Distâncias ao centro de massa

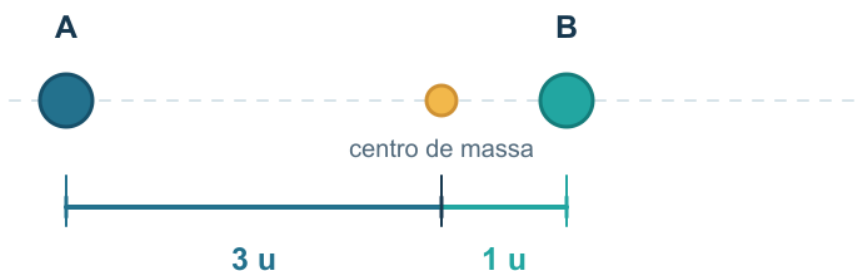


Figura da questão

RESOLUÇÃO PASSO A PASSO

Passo 1. No centro de massa, as posições das duas estrelas se equilibram: $m_A \cdot r_A = m_B \cdot r_B$.

Passo 2. Substitua as distâncias do esquema: $m_A \cdot 3 = m_B \cdot 1$.

Passo 3. Logo, $m_B = 3m_A$. A estrela B, que fica mais perto do centro de massa, tem três vezes a massa de A.
Alternativa A.

Questão 4

GABARITO • Alternativa E — Usar óptica adaptativa; θ_{ef} fica em cerca de 0,42", abaixo de 0,90".

ENUNCIADO

Uma dupla separada por 0,90" só é resolvida quando essa separação supera $\theta_{ef} = \sqrt{(\theta_{dif})^2 + (\theta_{seeing})^2}$.

Configuração	Limite de difração	Seeing
T1	0,30"	1,20"
T2	0,60"	0,50"

Para T1, a equipe pode dobrar o diâmetro do espelho ou usar óptica adaptativa, que corrige parte dos efeitos atmosféricos e reduz o seeing para 0,30". Qual intervenção permite resolver a dupla?

ALTERNATIVAS

- A. Dobrar o espelho; θ_{ef} fica em cerca de 1,21", ainda acima de 0,90".
- B. Dobrar o espelho; θ_{ef} cai para cerca de 0,30", pois ambos os efeitos diminuem.
- C. Usar óptica adaptativa; θ_{ef} fica em 0,90", igual à separação da dupla.
- D. Qualquer opção resolve; basta reduzir um dos dois valores da tabela.
- E. Usar óptica adaptativa; θ_{ef} fica em cerca de 0,42", abaixo de 0,90".**



Figura da questão

RESOLUÇÃO PASSO A PASSO

Passo 1. A separação precisa ser maior que $\theta_{ef} = \sqrt{(\theta_{dif})^2 + (\theta_{seeing})^2}$. Dobrar o espelho reduz θ_{dif} pela metade, mas não muda o seeing.

Passo 2. Com o espelho maior: $\sqrt{(0,15^2 + 1,20^2)} \approx 1,21"$, ainda acima da separação de 0,90"; essa opção não resolve a dupla.

Passo 3. Com óptica adaptativa: $\sqrt{(0,30^2 + 0,30^2)} \approx 0,42"$, abaixo de 0,90". Portanto, só a óptica adaptativa permite separar as estrelas. Alternativa E.

Questão 5

GABARITO • Alternativa C — Trajetórias quase paralelas da corrente parecem convergir por perspectiva.

ENUNCIADO

Em uma sequência de fotografias de uma chuva anual, os rastros dos meteoros apontam para direções diferentes. Quando prolongados para trás, parecem convergir para uma região do céu. Qual explicação é mais adequada?

ALTERNATIVAS

- A. O radiante marca a posição do cometa progenitor durante a chuva.
- B. A gravidade da Terra curva os rastros e os concentra na mesma direção.
- C. Trajetórias quase paralelas da corrente parecem convergir por perspectiva.**
- D. O ponto aparente de convergência coincide com o local atmosférico de entrada.
- E. O radiante indica onde a Terra cruza a corrente no espaço.



Figura da questão

RESOLUÇÃO PASSO A PASSO

Passo 1. Os meteoroides de uma mesma corrente chegam à vizinhança da Terra em trajetórias aproximadamente paralelas.

Passo 2. Vistos da superfície, rastros paralelos parecem convergir ao longe, como trilhos retos observados em perspectiva.

Passo 3. A região aparente recebe o nome de radiante; ela não é o ponto físico onde os meteoros se encontram. Alternativa C.

Questão 6

GABARITO • Alternativa A — No trecho próximo, percorre um arco maior e se move mais depressa.

ENUNCIADO

Um satélite percorre uma órbita elíptica em torno da Terra. As áreas destacadas na imagem são varridas em intervalos iguais. Compare o trecho próximo da Terra com o trecho distante: qual descrição do movimento está de acordo com a lei das áreas?

ALTERNATIVAS

- A. No trecho próximo, percorre um arco maior e se move mais depressa.**
- B. No trecho distante, o satélite percorre um arco maior e se move mais depressa.
- C. Nos dois trechos, percorre arcos iguais e mantém a mesma velocidade.
- D. No trecho próximo, move-se mais depressa, mas percorre um arco menor.
- E. Nos dois trechos, a velocidade é igual, embora as áreas sejam diferentes.

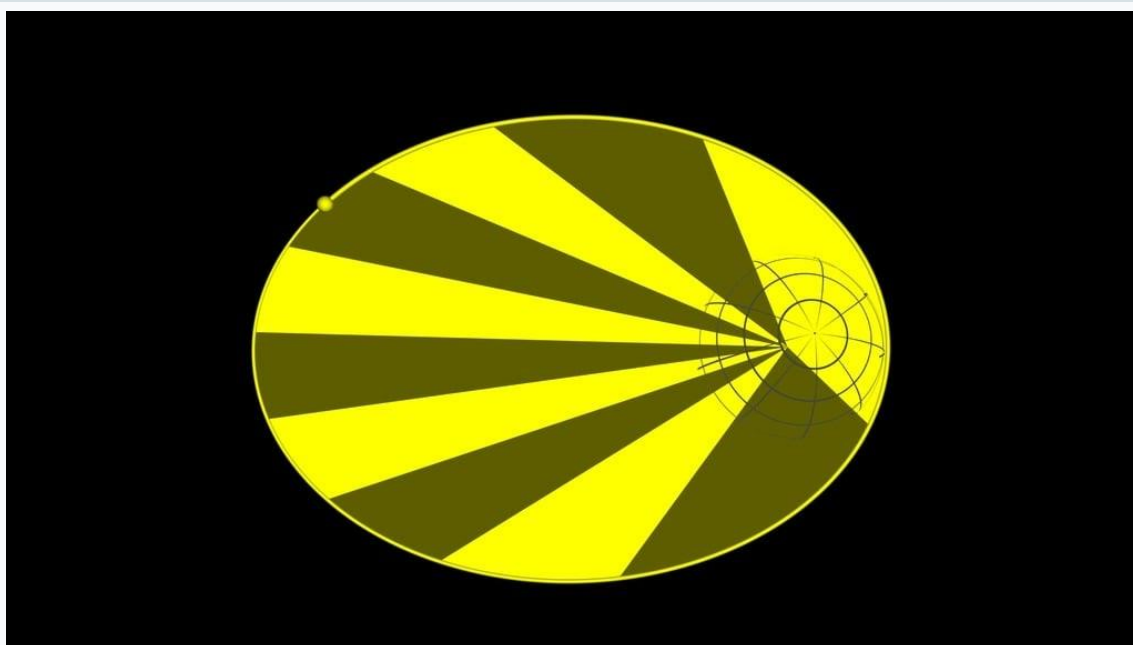


Figura da questão

RESOLUÇÃO PASSO A PASSO

Passo 1. A lei das áreas diz que o segmento que liga o satélite à Terra varre áreas iguais em intervalos iguais.

Passo 2. Perto da Terra, a distância ao foco é menor; para varrer a mesma área no mesmo tempo, o satélite precisa percorrer um arco maior.

Passo 3. Por isso, sua rapidez é maior no trecho próximo e menor no trecho distante. Alternativa A.

Questão 7

GABARITO • Alternativa E — Só Q; sua separação é cerca de 2,88".

ENUNCIADO

Uma câmera registra duas estrelas de referência cuja separação angular conhecida é 6,0"; na imagem, elas ficam a 25 pixels uma da outra. Na mesma câmera, o par P ocupa 8 pixels e o par Q, 12. O telescópio distingue as estrelas quando a separação supera 2,5". Qual par aparece separado?

ALTERNATIVAS

- A. Só P; sua separação é cerca de 1,92".
- B. P e Q; ambas superam 2,5".
- C. Nenhuma; Q mede 2,88", abaixo do limite.
- D. Só P; ela mede 2,88" e Q mede 1,92".
- E. **Só Q; sua separação é cerca de 2,88".**

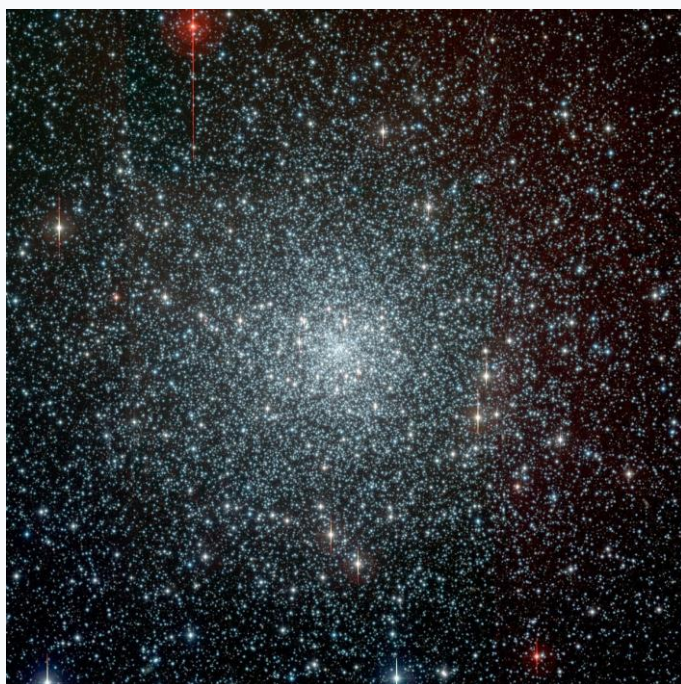


Figura da questão

RESOLUÇÃO PASSO A PASSO

Passo 1. Use as estrelas de referência para calibrar a imagem: 6,0" correspondem a 25 pixels, então cada pixel representa $6,0/25 = 0,24$ ".

Passo 2. O par P mede $8 \times 0,24 = 1,92$ "; o par Q mede $12 \times 0,24 = 2,88$ ".

Passo 3. O limite é 2,5". P fica abaixo e Q acima dele; só Q aparece separado. Alternativa E.

Questão 8

GABARITO • Alternativa C — Uma faixa circular de direções; outras linhas de base podem reduzi-la a uma região menor.

ENUNCIADO

Dois detectores separados registram a mesma onda gravitacional com um pequeno atraso entre as chegadas. Considerando apenas esse atraso e a geometria das estações, qual conclusão sobre a posição da fonte é correta?

ALTERNATIVAS

- A. Duas direções espelhadas no céu; uma terceira estação escolhe entre as duas soluções.
- B. Uma direção única no céu; o primeiro detector indica de que lado da linha de base está a fonte.
- C. Uma faixa circular de direções; outras linhas de base podem reduzi-la a uma região menor.**
- D. Uma distância única até a fonte; o atraso corresponde ao caminho percorrido pelo sinal.
- E. A inclinação orbital da fonte; o atraso separa sistemas vistos de frente e de perfil.



Figura da questão

RESOLUÇÃO PASSO A PASSO

Passo 1. A diferença de chegada mede a diferença de caminho que a onda percorreu até os dois detectores.

Passo 2. Para dois detectores, várias direções no céu podem ter a mesma projeção sobre a linha que os une; em conjunto, elas formam uma faixa circular possível.

Passo 3. Uma terceira estação acrescenta outra comparação de tempos e reduz as direções permitidas.
Alternativa C.

Questão 9

GABARITO • Alternativa B — 1/4

ENUNCIADO

Uma estrela de massa M atrai duas sondas. A sonda A tem massa m e está à distância r do centro da estrela; a sonda B tem massa $2m$ e está à distância $2r$. Considere apenas a atração da estrela. Qual é a razão entre as acelerações de B e A, a_B/a_A ?

ALTERNATIVAS

- A. $1/8$
- B. $1/4$
- C. $1/2$
- D. 1
- E. 2

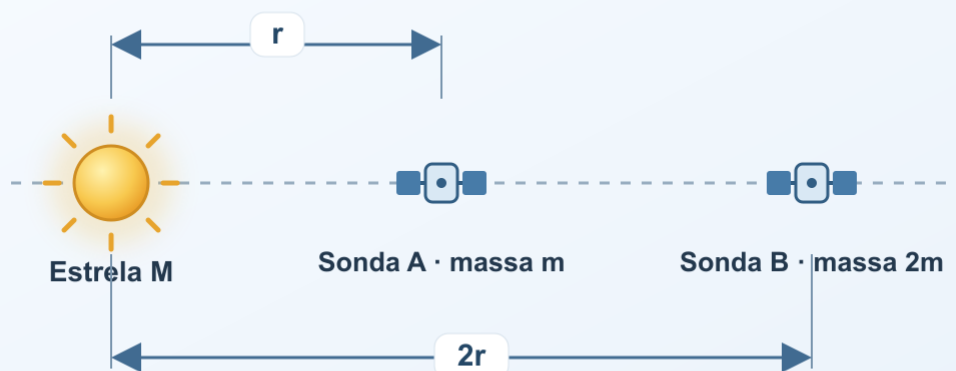


Figura da questão

RESOLUÇÃO PASSO A PASSO

Passo 1. A aceleração causada pela estrela é $a = GM/r^2$. A massa da sonda não aparece porque a força gravitacional e a inércia crescem juntas na mesma proporção.

Passo 2. Para B, a distância é $2r$: $a_B = GM/(2r)^2 = GM/(4r^2) = a_A/4$.

Passo 3. Assim, $a_B/a_A = 1/4$, mesmo B tendo massa $2m$. Alternativa B.

Questão 10

GABARITO • Alternativa D — ALMA banda 6: 1,3 mm corresponde a cerca de 230 GHz.

ENUNCIADO

Nuvens frias do espaço emitem linhas moleculares que ajudam a revelar sua composição. A atmosfera pode absorver ondas milimétricas, sobretudo quando há vapor d'água. Paranal é uma montanha do deserto do Atacama, no Chile; Chajnantor é um planalto ainda mais alto e seco, no mesmo deserto. O Hubble orbita a Terra, acima da maior parte da atmosfera. Use λ (mm) $\approx$ 300 / f (GHz).

Instrumento	Faixa	Local
X-shooter (VLT)	300–2 500 nm	Paranal
ALMA, banda 6	211–275 GHz	Chajnantor
WFC3 (Hubble)	UV ao infravermelho próximo	Órbita terrestre

Uma linha observada tem comprimento de onda de 1,3 mm. Qual opção combina instrumento e faixa adequados?

ALTERNATIVAS

- A. X-shooter: 1,3 mm equivale a 1 300 nm, dentro da faixa.
- B. WFC3: por estar no espaço, registra também comprimentos milimétricos.
- C. ALMA banda 6: 1,3 mm corresponde a cerca de 23 GHz.
- D. ALMA banda 6: 1,3 mm corresponde a cerca de 230 GHz.**
- E. ALMA banda 6: 230 GHz está na faixa, mesmo sob ar muito úmido.



Figura da questão

RESOLUÇÃO PASSO A PASSO

Passo 1. Converta comprimento de onda em frequência pela relação λ (mm) $\approx$ 300 / f (GHz): $f \approx 300/1,3 \approx 231$ GHz.

Passo 2. A banda 6 do ALMA cobre 211–275 GHz, intervalo que contém aproximadamente 231 GHz.

Passo 3. Portanto, o ALMA banda 6 é adequado. X-shooter e WFC3 observam faixas ópticas ou próximas do infravermelho, não esse sinal milimétrico. Alternativa D.

Questão 11

GABARITO • Alternativa C — Fase 0: 65%; fase 0,5: 35%.

ENUNCIADO

Uma binária eclipsante aparece como um único ponto de luz. Quando uma estrela passa à frente da outra, o fluxo cai; depois, retorna ao nível máximo. A curva idealizada mostra o fluxo total dividido pelo máximo. Suponha eclipses totais, brilho constante de cada estrela e nenhuma outra fonte de luz. Que frações do fluxo fora do eclipse vêm dos componentes ocultados nas fases 0 e 0,5?

ALTERNATIVAS

- A. Fase 0,5: 65%; fase 0: 35%.
- B. Cada componente: 50%, pois o fluxo máximo foi normalizado.
- C. Fase 0: 65%; fase 0,5: 35%.**
- D. Fase 0: 35%; fase 0,5: 65%, iguais aos fluxos mínimos.
- E. As quedas mostram os raios das estrelas, não suas contribuições ao fluxo.



Figura da questão

RESOLUÇÃO PASSO A PASSO

Passo 1. Fora dos eclipses, o fluxo total normalizado vale 1. Em um eclipse total, o fluxo mínimo é apenas o da estrela que não foi ocultada.

Passo 2. Na fase 0, restam 0,35; a estrela ocultada fornecia $1 - 0,35 = 0,65$, ou 65% do fluxo. Na fase 0,5, restam 0,65; a contribuição ocultada é $1 - 0,65 = 0,35$, ou 35%.

Passo 3. Logo, fase 0: 65%; fase 0,5: 35%. Alternativa C.

Questão 12

GABARITO • Alternativa A — 35° ao sul do zênite; permanece visível, com mínimo a 5° de altitude.

ENUNCIADO

Um observatório está na latitude $\varphi = 30^\circ$ sul. Uma estrela tem declinação $\delta = 65^\circ$ sul. Considerando o movimento diário aparente, qual alternativa descreve a passagem superior pelo meridiano e a menor altitude da estrela?

ALTERNATIVAS

- A. 35° ao sul do zênite; permanece visível, com mínimo a 5° de altitude.
- B. 35° ao norte do zênite; permanece visível, com mínimo a 5° de altitude.
- C. 35° ao sul do zênite; cruza 5° abaixo do horizonte.
- D. 25° ao sul do zênite; permanece visível, com mínimo a 5° de altitude.
- E. 65° ao sul do zênite; cruza 5° abaixo do horizonte.



Figura da questão

RESOLUÇÃO PASSO A PASSO

Passo 1. Adote sul como latitude negativa: $\varphi = -30^\circ$ e $\delta = -65^\circ$. Na passagem superior, a distância ao zênite é $|\varphi - \delta| = |-30 - (-65)| = 35^\circ$.

Passo 2. A altitude superior é $90^\circ - 35^\circ = 55^\circ$, e a estrela culmina ao sul do zênite.

Passo 3. Como $|\varphi| + |\delta| = 95^\circ > 90^\circ$, ela é circumpolar. A passagem inferior fica $95^\circ - 90^\circ = 5^\circ$ acima do horizonte, como diz a alternativa A.

Questão 13

GABARITO • Alternativa D — 24

ENUNCIADO

Em uma exposição longa, o telescópio acumula fótons da fonte, mas as variações aleatórias na chegada desses fótons também produzem ruído. Quando esse ruído domina, a relação sinal-ruído cresce com a raiz quadrada do tempo total de exposição. Uma estrela fraca foi registrada com sinal-ruído 12 após 4 minutos. Mantidas as mesmas condições, qual valor aproximado se espera após 16 minutos?

ALTERNATIVAS

- A. 12
- B. 18
- C. 36
- D. 24
- E. 48



Figura da questão

RESOLUÇÃO PASSO A PASSO

Passo 1. Mantidas as condições, a relação sinal-ruído cresce com $\sqrt{t}$, não diretamente com t .

Passo 2. O tempo aumenta de 4 para 16 minutos, uma razão de $16/4 = 4$. A raiz dessa razão é $\sqrt{4} = 2$.

Passo 3. Logo, o sinal-ruído também dobra: $12 \times 2 = 24$. Alternativa D.

Questão 14

GABARITO · Alternativa B — O apoastro fica além de r , e o impulso ocorre no periastro.

ENUNCIADO

Uma sonda percorre uma órbita circular de raio r e recebe um impulso tangencial no sentido de seu movimento. Após o impulso, passa a percorrer uma órbita elíptica ligada ao planeta. Qual descrição da nova órbita está correta?

ALTERNATIVAS

- A. O ponto mais distante fica aquém de r ; o impulso ocorre no apoastro.
- B. O apoastro fica além de r , e o impulso ocorre no periastro.**
- C. A órbita continua circular, pois o impulso acompanha o movimento.
- D. O ponto mais distante fica além de r ; o impulso ocorre no apoastro.
- E. O sentido do impulso não altera o ponto mais distante da órbita.

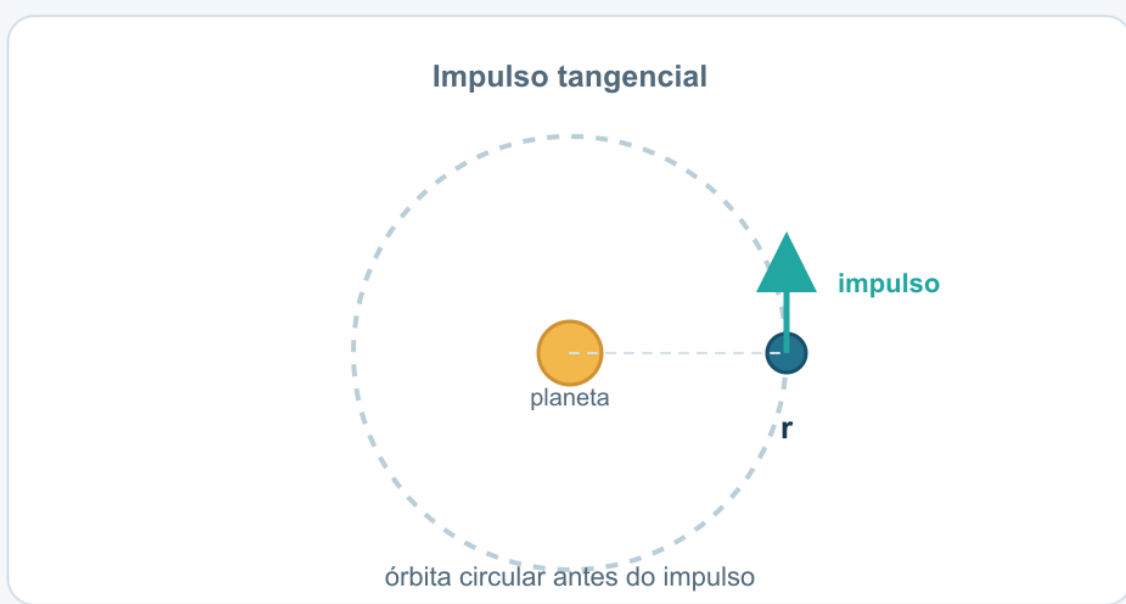


Figura da questão

RESOLUÇÃO PASSO A PASSO

Passo 1. O impulso é tangencial e no mesmo sentido do movimento, então aumenta a velocidade da sonda no ponto em que ela está.

Passo 2. Na órbita circular, essa velocidade passa a ser maior que a velocidade circular local; o ponto do impulso torna-se o ponto mais próximo da nova elipse, o periastro.

Passo 3. A órbita se alonga e o ponto oposto fica além de r : é o apoastro. Alternativa B.

Questão 15

GABARITO · Alternativa E — Roque de los Muchachos, por cerca de 3 h 30 min.

ENUNCIADO

Duas equipes observam no mesmo instante: uma no Observatório Paranal, no Chile ($24^{\circ}40' \text{ S}$, $70^{\circ}25' \text{ O}$), e outra no Observatório Roque de los Muchachos, em La Palma, Espanha ($28^{\circ}45'24'' \text{ N}$, $17^{\circ}53'31'' \text{ O}$). A cada grau para leste, o horário solar local fica 4 minutos mais adiantado. Qual equipe tem o horário solar local mais adiantado e qual é a diferença aproximada?

ALTERNATIVAS

- A. Paranal, por cerca de 3 h 30 min.
- B. Roque de los Muchachos, por cerca de 52 min.
- C. Paranal, por cerca de 3 h 30 min de atraso.
- D. Os dois observatórios têm o mesmo horário solar local.
- E. Roque de los Muchachos, por cerca de 3 h 30 min.**

Paranal · Chile



Crédito: ESO/M. Claro

Roque de los Muchachos · La Palma



Crédito: Instituto de Astrofísica de Canarias/ESA

Figura da questão

RESOLUÇÃO PASSO A PASSO

Passo 1. Converta as longitudes para graus decimais: Paranal está a $70^{\circ}25' \text{ O} \approx 70,42^{\circ} \text{ O}$; Roque está a $17^{\circ}53'31'' \text{ O} \approx 17,89^{\circ} \text{ O}$.

Passo 2. A diferença é cerca de $70,42 - 17,89 = 52,53^{\circ}$. Roque está mais a leste, portanto seu horário solar local está adiantado.

Passo 3. A 4 minutos por grau: $52,53 \times 4 \approx 210 \text{ minutos} = 3 \text{ h } 30 \text{ min}$. Resposta E.

Questão 16

GABARITO • Alternativa C — Alguns corpos orbitavam Júpiter; isso não provava que a Terra se movia.

ENUNCIADO

Em 1610, Galileu observou pontos de luz próximos a Júpiter em noites diferentes. Eles mudavam de posição, mas continuavam junto ao planeta. Qual conclusão essa observação favoreceu?

ALTERNATIVAS

- A. As luas provavam que Júpiter orbitava a Terra, pois o acompanhavam no céu.
- B. As posições repetidas eram de estrelas de fundo, sem vínculo com o planeta.
- C. Alguns corpos orbitavam Júpiter; isso não provava que a Terra se movia.**
- D. As luas excluía qualquer modelo que mantivesse a Terra imóvel.
- E. O acompanhamento demonstrava, sozinho, que a Terra orbitava o Sol.



Figura da questão

RESOLUÇÃO PASSO A PASSO

Passo 1. Os pontos próximos a Júpiter mudavam de posição de noite para noite, mas continuavam associados ao planeta.

Passo 2. Esse padrão é explicado por corpos que orbitam Júpiter, mostrando que nem todo movimento celeste precisa ocorrer ao redor da Terra.

Passo 3. A observação apoiou a existência de luas de Júpiter, mas sozinha não provou que a Terra orbita o Sol. Alternativa C.

Questão 17

GABARITO • Alternativa D — 400 contagens; 500 sugere variação ou condição diferente do modelo.

ENUNCIADO

Em uma imagem de CCD, as contagens brutas incluem a luz da estrela, o brilho do céu e sinais do detector. Após corrigir o detector e subtrair o céu ao redor da estrela, obtêm-se as contagens líquidas, proporcionais ao fluxo recebido. A massa de ar X indica quanta atmosfera a luz atravessa: $X \approx 1$ no zênite e aumenta perto do horizonte. Para uma estrela estável, no mesmo filtro e tempo de exposição, use $F(X) = F_0 e^{-kX}$, com k constante.

Foram medidas 800 contagens líquidas em $X=1$ e 200 em $X=2$. Outra observação, em $X=1,5$, registrou 500 contagens. Qual previsão do modelo e interpretação são coerentes?

ALTERNATIVAS

- A. 500 contagens; no meio do intervalo de X , o fluxo também fica no meio dos valores.
- B. 400 contagens; o resultado de 500 prova que o detector saturou nessa observação.
- C. 200 contagens; em $X=1,5$ a absorção já deve igualar a de $X=2$.
- D. 400 contagens; 500 sugere variação ou condição diferente do modelo.**
- E. 600 contagens; a perda de 600 por unidade de X se repete de modo linear.



Figura da questão

RESOLUÇÃO PASSO A PASSO

Passo 1. A fórmula é exponencial: $F(X) = F_0 e^{-kX}$. Ao aumentar X em 1, o fluxo passa de 800 para 200, isto é, fica multiplicado por $1/4$.

Passo 2. $X=1,5$ está no meio entre 1 e 2; em meio passo, o fator é a raiz de $1/4$, ou $1/2$. A previsão é $800 \times 1/2 = 400$ contagens líquidas.

Passo 3. O registro de 500 difere da previsão e sugere variação da fonte ou alguma condição diferente do modelo. Alternativa D.

Questão 18

GABARITO • Alternativa E — A queda se repete com período, profundidade e duração semelhantes.

ENUNCIADO

Uma estrela apresenta uma pequena queda de brilho e, depois, retorna ao nível anterior. A equipe considera que um planeta pode ter passado diante do disco estelar. Qual observação futura daria o apoio mais forte a essa hipótese?

ALTERNATIVAS

- A. A queda é periódica, mas a posição aparente da fonte também muda no detector.
- B. Uma estrela vizinha não resolvida apresenta eclipses com o mesmo período.
- C. A variação acompanha a rotação da estrela e muda entre diferentes bandas.
- D. O mesmo declínio aparece também nas estrelas de comparação do campo.
- E. **A queda se repete com período, profundidade e duração semelhantes.**

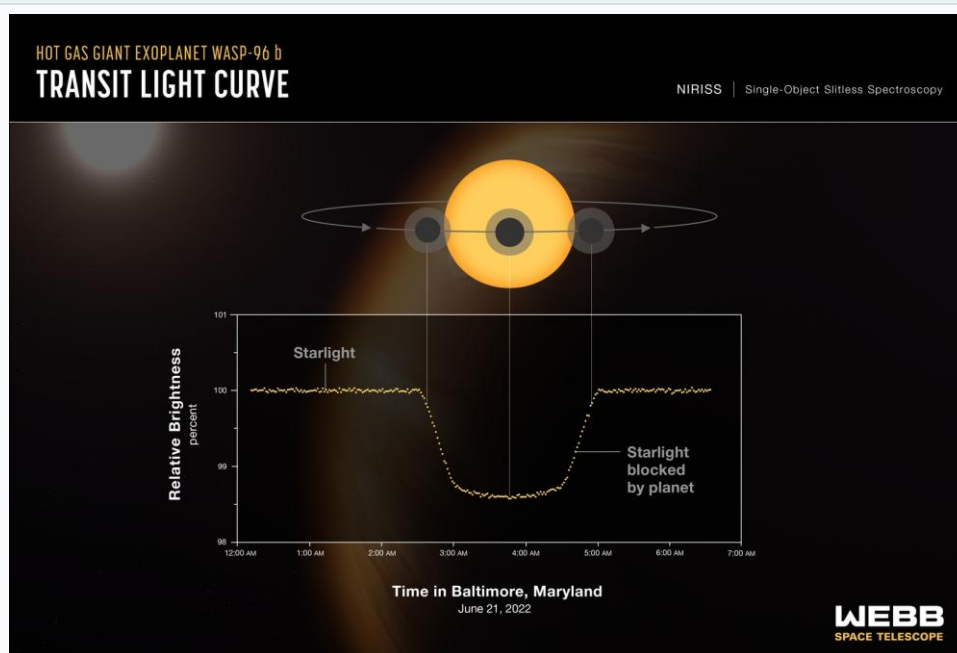


Figura da questão

RESOLUÇÃO PASSO A PASSO

Passo 1. Um planeta em trânsito retorna à frente da estrela a cada órbita, produzindo quedas que tendem a se repetir com período regular.

Passo 2. Se período, profundidade e duração se mantêm semelhantes em vários ciclos, o padrão é coerente com o mesmo objeto cruzando o disco estelar.

Passo 3. Essa repetição consistente oferece apoio mais forte à hipótese de trânsito do que uma queda isolada. Alternativa E.

Questão 19

GABARITO • Alternativa A — O relógio fica 190 μ s adiantado; a pseudodistância é subestimada em 57 km.

ENUNCIADO

Relógios de satélites GPS sofrem dois efeitos relativísticos. Em um modelo didático, a diferença de gravidade faz o relógio do satélite adiantar 45 μ s por dia em relação ao solo; sua velocidade orbital o faz atrasar 7 μ s por dia. Considere taxas constantes durante cinco dias, sem aplicar correções. O receptor calcula a pseudodistância por $\rho = c \cdot (t_{\text{recebimento}} - t_{\text{emissão}})$, usando o horário de emissão marcado pelo satélite; adote $c \approx 300 \text{ m}/\mu\text{s}$. Qual alternativa combina corretamente a diferença acumulada do relógio com o efeito sobre a pseudodistância?

ALTERNATIVAS

- A. O relógio fica 190 μ s adiantado; a pseudodistância é subestimada em 57 km.
- B. O relógio fica 190 μ s atrasado; a pseudodistância é superestimada em 57 km.
- C. O relógio fica 190 μ s adiantado; a pseudodistância é superestimada em 57 km.
- D. O relógio fica 38 μ s adiantado; a pseudodistância é subestimada em 11,4 km.
- E. O relógio fica 260 μ s adiantado; a pseudodistância é subestimada em 78 km.



Figura da questão

RESOLUÇÃO PASSO A PASSO

Passo 1. Por dia, os dois efeitos se combinam: +45 μ s pelo efeito gravitacional e -7 μ s pela velocidade, resultando em +38 μ s de adiantamento.

Passo 2. Em cinco dias, o avanço acumulado é $5 \times 38 = 190 \mu\text{s}$. Como o horário de emissão registrado fica adiantado, o intervalo calculado até a recepção fica menor.

Passo 3. A pseudodistância é subestimada em $190 \times 300 = 57.000 \text{ m} = 57 \text{ km}$. Relógio adiantado e erro negativo levam à alternativa A.

Questão 20

GABARITO • Alternativa B — Diferenças iniciais de densidade, ampliadas depois pela gravidade.

ENUNCIADO

A missão Planck mapeou micro-ondas de todo o céu. No mapa, o brilho médio e as emissões da Via Láctea foram removidos, restando pequenas variações de temperatura. No modelo cosmológico atual, o que essas variações representam principalmente?

ALTERNATIVAS

- A. A distribuição atual das galáxias próximas, projetada em um mapa celeste.
- B. Diferenças iniciais de densidade, ampliadas depois pela gravidade.**
- C. Diferenças atuais na taxa de expansão do Universo conforme a direção observada.
- D. A luz somada de estrelas antigas que pertencem à própria Via Láctea.
- E. A emissão térmica de nuvens galácticas de poeira aquecidas por estrelas.

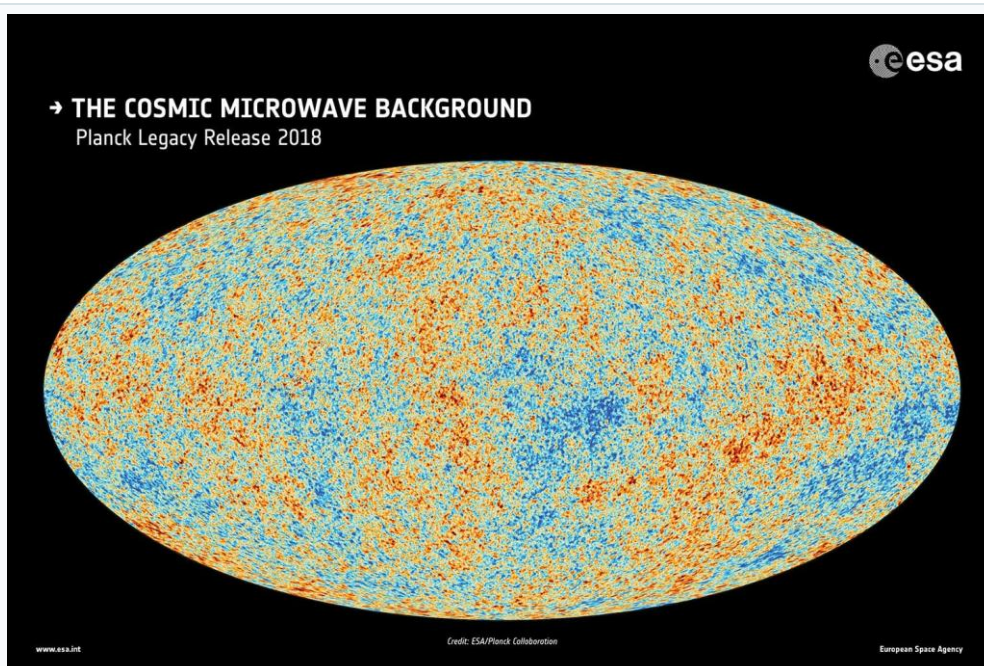


Figura da questão

RESOLUÇÃO PASSO A PASSO

Passo 1. Depois de remover o brilho médio e as fontes da Via Láctea, o mapa ainda mostra pequenas diferenças na temperatura do fundo cósmico de micro-ondas.

Passo 2. Essas anisotropias correspondem principalmente a pequenas diferenças de densidade no Universo jovem, registradas quando a radiação se desacoplou da matéria.

Passo 3. A gravidade ampliou essas diferenças ao longo do tempo, ajudando a formar galáxias e aglomerados. Alternativa B.

Questão 21

GABARITO • Resposta numérica: 687

ENUNCIADO

A oposição de Marte ocorre quando, vistos da Terra, o Sol, a Terra e Marte ficam aproximadamente alinhados, com a Terra entre o Sol e Marte. Duas oposições consecutivas são separadas por 780 dias. A Terra leva 365,25 dias para completar uma volta ao redor do Sol. Como Marte é um planeta externo, compare os movimentos angulares relativos para determinar seu período orbital. Informe o resultado em dias, arredondado para o inteiro mais próximo.

RESPOSTA ESPERADA 687

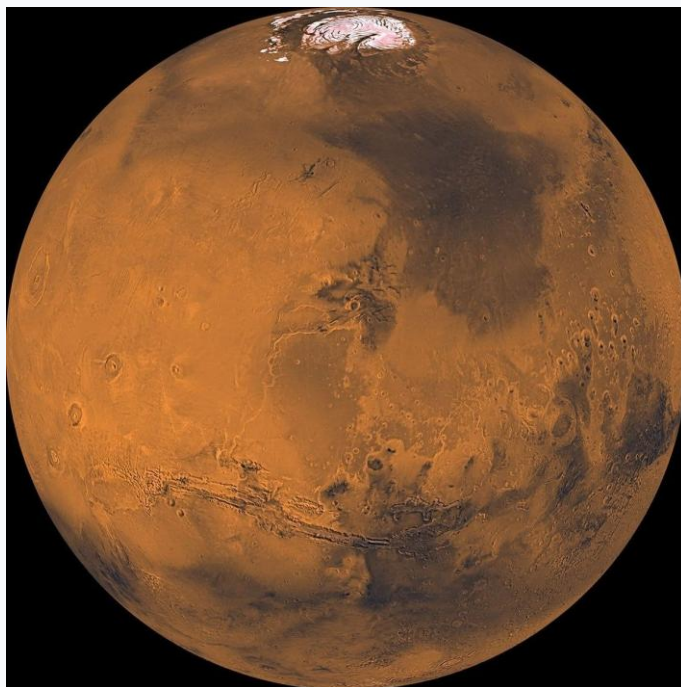


Figura da questão

RESOLUÇÃO PASSO A PASSO

Passo 1. O intervalo entre oposições é o período sinódico $S = 780$ dias. Nesse intervalo, a Terra completa mais de uma volta que Marte, pois é o planeta interno.

Passo 2. As velocidades angulares satisfazem $1/S = 1/E - 1/M$; portanto, $1/M = 1/365,25 - 1/780$.

Passo 3. Calculando, $M = (365,25 \times 780)/(780 - 365,25) \approx 687$ dias. O período orbital de Marte é aproximadamente 687 dias.

Questão 22

GABARITO • Resposta numérica: 0,71

ENUNCIADO

Em um sistema binário eclipsante, duas estrelas orbitam um centro comum e, vistas da Terra, podem passar uma diante da outra. O mínimo primário é o mínimo mais profundo do brilho; E indica o número de ciclos completos contados desde E=0. Os horários da tabela são didáticos e estão no mesmo fuso.

Ciclo E	Data e horário do mínimo
0	4 set., 18h20
3	13 set., 8h44
7	24 set., 19h56

Uma nova observação ocorreu em 2 out., 14h20. Considere fase 0 no mínimo primário e fase 1 no mínimo primário seguinte; a fase cresce uniformemente entre eles e se repete a cada ciclo. Qual era a fase orbital aproximada? Digite um número entre 0 e 1, com duas casas decimais.

RESPOSTA ESPERADA 0,71

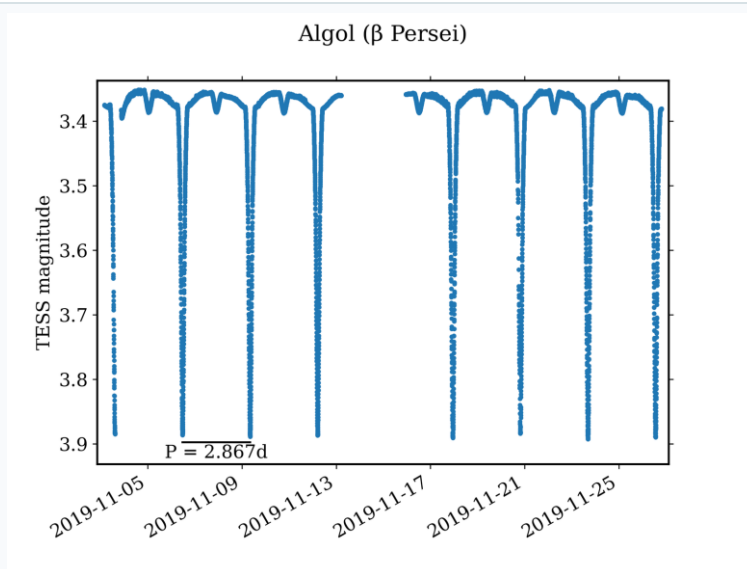


Figura da questão

RESOLUÇÃO PASSO A PASSO

Passo 1. Entre E=0 e E=3 passam 8 dias, 14 h e 24 min = 8,6 dias. Dividindo por três, o período é $8,6/3 \approx 2,8667$ dias por ciclo.

Passo 2. De E=7 até a nova observação passam 7 dias, 18 h e 24 min $\approx 7,7667$ dias. Isso corresponde a $7,7667/2,8667 \approx 2,709$ ciclos.

Passo 3. A fase é a parte fracionária após os dois ciclos completos: 0,709, que arredondada a duas casas é 0,71.

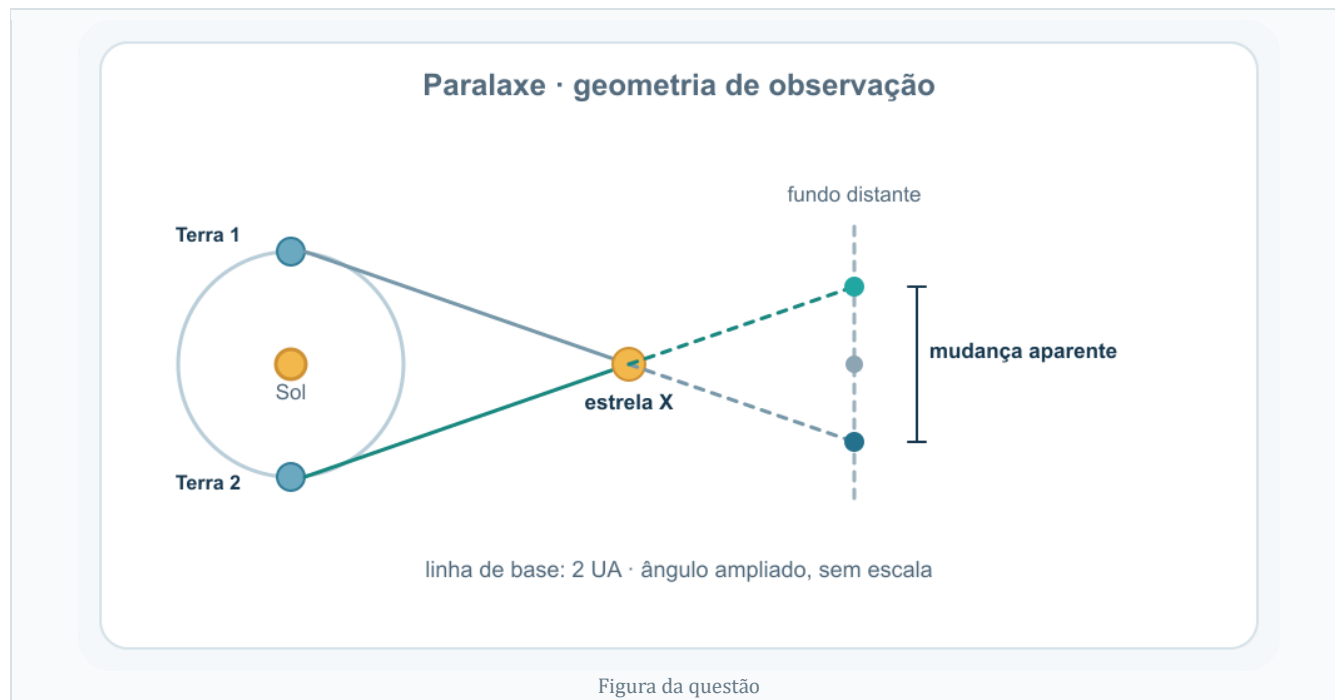
Questão 23

GABARITO · Resposta numérica: 5,0

ENUNCIADO

Uma estrela apresenta deslocamento aparente em relação a estrelas muito distantes quando é observada de pontos opostos da órbita terrestre. Após considerar essa geometria, sua paralaxe anual é $p = 0,20''$. Use $d(\text{pc}) = 1/p('')$ para determinar a distância. Digite o resultado em parsecs, com uma casa decimal.

RESPOSTA ESPERADA 5,0



RESOLUÇÃO PASSO A PASSO

Passo 1. A paralaxe anual p mede o deslocamento aparente causado pela mudança da posição da Terra em sua órbita.

Passo 2. A relação fornecida é $d(\text{pc}) = 1/p('')$. Substituindo $p = 0,20''$: $d = 1/0,20 = 5,0 \text{ pc}$.

Passo 3. Com uma casa decimal, a distância é 5,0 parsecs. Resposta: 5,0.

Questão 24

GABARITO • Resposta numérica: 63

ENUNCIADO

O eixo do gnômon de um relógio de sol equatorial é paralelo ao eixo de rotação da Terra. Em Jaipur, na Índia, a latitude é aproximadamente 27° norte. Qual é o menor ângulo, em graus, entre o eixo do gnômon e a vertical local? Digite apenas o valor numérico.

RESPOSTA ESPERADA 63



Figura da questão

RESOLUÇÃO PASSO A PASSO

Passo 1. O eixo do gnômon equatorial é paralelo ao eixo de rotação da Terra. O ângulo entre esse eixo e a vertical local depende da latitude.

Passo 2. A vertical faz 27° com o plano do equador; como o eixo terrestre é perpendicular a esse plano, o ângulo entre o eixo e a vertical é complementar: $90^\circ - 27^\circ$.

Passo 3. O menor ângulo é 63° . Resposta numérica: 63.