



Simulado Noic P2

Nome: _____

Série: _____

Instruções de Prova

- I. Esta prova contém **20** questões. Cada questão vale 1 ponto, totalizando 20 pontos.
- II. A prova é individual e sem consultas. Uma tabela de constantes com informações relevantes para a Prova está disponibilizada na próxima página.
- III. O uso de calculadoras é permitido, desde que não sejam programáveis/gráficas/com acesso à internet.

Tabela de Constantes

Massa ($M_{\oplus}$)	$5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$	Terra
Raio ($R_{\oplus}$)	$6,38 \cdot 10^6 \text{ m}$	
Aceleração da gravidade superficial ($g_{\oplus}$)	$9,8 \text{ m/s}^2$	
Obliquidade da Eclíptica	$23^{\circ}27'$	
Ano Tropical	365,2422 dias solares médios	
Ano Sideral	365,2564 dias solares médios	
Albedo	0,39	
Dia sideral	$23\text{h } 56\text{min } 04\text{s}$	
Massa	$7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$	Lua
Raio	$1,74 \cdot 10^6 \text{ m}$	
Distância média à Terra	$3,84 \cdot 10^8 \text{ m}$	
Inclinação Orbital com relação à Eclíptica	$5,14^{\circ}$	
Albedo	0,14	
Magnitude aparente (lua cheia média)	$-12,74 \text{ mag}$	
Massa ($M_{\odot}$)	$1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$	Sol
Raio ($R_{\odot}$)	$6,96 \cdot 10^8 \text{ m}$	
Luminosidade ($L_{\odot}$)	$3,83 \cdot 10^{26} \text{ W}$	
Magnitude Absoluta ($\mathcal{M}_{\odot}$)	$4,80 \text{ mag}$	
Magnitude Aparente ($m_{\odot}$)	$-26,7 \text{ mag}$	
Velocidade de Rotação na Galáxia	220 km s^{-1}	
Distância ao Centro Galáctico	$8,5 \text{ kpc}$	
Diâmetro da pupila humana	6 mm	Distâncias e tamanhos
Magnitude limite do olho humano nu	$+6 \text{ mag}$	
1 UA	$1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}$	
1 pc	206.265 UA	
Constante Gravitacional (G)	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$	Constantes Físicas
Constante de Planck (h)	$6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$	
Constante de Boltzmann (k_B)	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$	
Constante de Stefan-Boltzmann (σ)	$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$	
Constante de Wien (b)	$2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$	
Constante de Hubble (H_0)	$67,8 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$	
Velocidade da luz no vácuo (c)	$3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	

Questão 1. A duração dos dias e das noites varia por diversos fatores pequenos, como a altitude do observador, a refração atmosférica, a excentricidade da órbita e as forças de maré. No entanto, a variação mais marcante ocorre devido à translação da Terra combinada com a inclinação do seu eixo, que altera a declinação do Sol ao longo do ano.

Para um observador ao nível do mar, qual a latitude mínima (em módulo) para que ele possa observar um dia com metade da duração do dia de equinócio? Despreze a refração atmosférica e o tamanho do disco solar.

- a) $31,5^\circ$
- b) $38,8^\circ$
- c) $51,2^\circ$
- d) $58,5^\circ$
- e) $64,3^\circ$

Solução: Quanto maior o módulo da latitude, em mais datas do ano se observam dias com menos de 6 horas, o caso limite ocorre quando essa ocorrência é única anualmente. Isso é o mesmo que dizer que, no inverno (duração mínima do dia), o dia tem 6 horas, ou o ângulo horário do sol é de 3 horas ao nascer.

Na fórmula para duração na qual é possível observar o astro acima do horizonte:

$$\cos(H) = -\operatorname{tg}(\phi)\operatorname{tg}(\delta)$$

No hemisfério norte, no inverno (o caso do hemisfério sul é análogo):

$$\delta = -\epsilon$$

Logo:

$$\phi = \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{\cos(45^\circ)}{\operatorname{tg}(23^\circ 27')}\right) \approx 58,5^\circ$$

Resposta: D)

Questão 2. O analema é aquela figura em forma de 8 que o Sol desenha no céu quando o fotografamos todos os dias no mesmo horário do relógio. Um fotógrafo na latitude de 35° S registrou um analema sempre por volta do meio-dia solar médio.

Qual a altura aproximada do ponto mais alto do analema e em qual direção ele aparece?

- a) $78,5^\circ$, ao norte
- b) $78,5^\circ$, ao sul
- c) $66,5^\circ$, ao norte
- d) $55,0^\circ$, ao norte
- e) $31,5^\circ$, ao norte

Solução:

No analema, o deslocamento vertical do Sol ao longo do ano vem da variação da sua declinação, que oscila entre $-23^\circ 27'$ e $+23^\circ 27'$. O deslocamento horizontal vem da equação do tempo e não altera de forma relevante a altura do ponto mais alto.

Para um observador no hemisfério sul, o Sol fica mais próximo do zênite no solstício de dezembro, quando $\delta \approx -23,45^\circ$. Nesse instante, a distância zenital na passagem meridiana é

$$z = |\varphi - \delta| = |-35^\circ - (-23,45^\circ)| = 11,55^\circ$$

e a altura do Sol é

$$h = 90^\circ - z = 90^\circ - 11,55^\circ \approx 78,45^\circ$$

Para saber o lado em que o Sol aparece, basta comparar δ com φ . Como $\delta = -23,45^\circ$ é maior que $\varphi = -35^\circ$, o Sol está mais ao norte do que o zênite do observador. Portanto, apesar de estar no hemisfério sul, o fotógrafo vê o ponto mais alto do analema voltado para o norte.

Resposta: A)

Questão 3. Para a astronomia, quando estamos em velocidades muito elevadas, o redshift, agora relativístico, assume a seguinte forma:

$$z = \sqrt{\frac{1 + v/c}{1 - v/c}} - 1$$

Onde v é a velocidade de afastamento do corpo. Imagine que uma nave chamada Bartolomeu esteja se afastando radialmente de uma estrela chamada E1-K3. Ao analisar o espectro contínuo da estrela, os sensores da nave medem uma temperatura efetiva aparente de aproximadamente 3000 K. Um astrofísico, Jaipuri, a bordo, decide cruzar esse dado com a linha de emissão do H-alfa (comprimento de onda de repouso de 656,5 nm), notando que o pico do espectro recebido coincide exatamente com essa linha deslocada. Usando a lei de Hubble, qual seria a distância radial, em Mpc, entre Bartolomeu e E1-K3 naquele momento?

- a) 1104 Mpc
- b) 1385 Mpc
- c) 1629 Mpc
- d) 2140 Mpc
- e) 3258 Mpc

Solução:

Para determinar a distância radial entre a nave Bartolomeu e a estrela E1-K3, primeiramente calcula-se o comprimento de onda observado (λ_{obs}) por meio da Lei de Deslocamento de Wien. Utilizando a temperatura efetiva medida pelos instrumentos da nave ($T_{\text{obs}} = 3000 \text{ K}$) e a constante de Wien fornecida ($b = 2,898 \times 10^6 \text{ nm} \cdot \text{K}$), obtém-se:

$$\lambda_{\text{obs}} = \frac{b}{T_{\text{obs}}} = \frac{2,898 \times 10^6 \text{ nm} \cdot \text{K}}{3000 \text{ K}} = 966 \text{ nm}$$

Sabendo que o pico do espectro contínuo recebido coincide exatamente com a linha do H-alfa deslocada, o parâmetro de redshift (z) é encontrado ao comparar esse valor com o comprimento de onda em repouso ($\lambda_0 = 656,5 \text{ nm}$), o que estabelece a relação:

$$1 + z = \frac{\lambda_{\text{obs}}}{\lambda_0} = \frac{966}{656,5} \approx 1,4714$$

Substituindo essa relação diretamente na fórmula do efeito Doppler relativístico fornecida no enunciado e elevando ambos os lados ao quadrado para eliminar a raiz, determina-se a velocidade de recessão relativística (v):

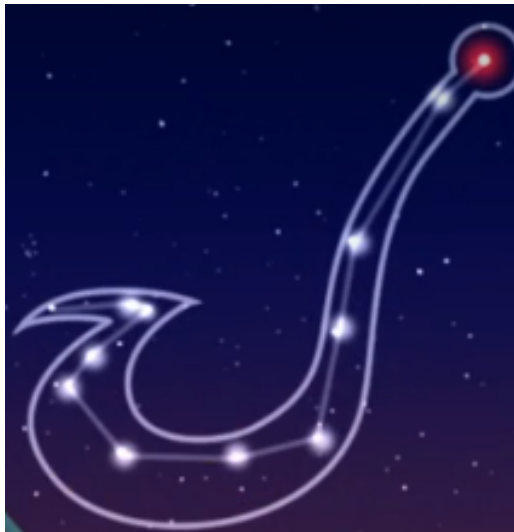
$$\begin{aligned}(1+z)^2 &= \frac{1+v/c}{1-v/c} \Rightarrow (1,4714)^2 \approx 2,165 \\ 2,165 \cdot \left(1 - \frac{v}{c}\right) &= 1 + \frac{v}{c} \Rightarrow 2,165 - 2,165 \frac{v}{c} = 1 + \frac{v}{c} \\ 1,165 &= 3,165 \frac{v}{c} \Rightarrow \frac{v}{c} \approx 0,3681 \\ v &\approx 0,3681 \cdot (300.000 \text{ km/s}) \approx 110.430 \text{ km/s}\end{aligned}$$

Por fim, aplicando a Lei de Hubble ($v = H_0 \cdot d$) com a constante de expansão estipulada ($H_0 = 67,8 \text{ km/s} \cdot \text{Mpc}^{-1}$), calcula-se a distância radial isolando a variável d :

$$110.430 = 67,8 \cdot d \Rightarrow d = \frac{110.430}{67,8} \approx 1628,8 \text{ Mpc}$$

Resposta: C)

Questão 4. Moadriano, um explorador polinésio, encontrou o semideus Maui puxando ilhas para a superfície na latitude 10° . Querendo persegui-los, ele seguiu a constelação do Manaiakalani (anzol de Maui), mostrada a seguir:



Para guiar seu catamarã, Moadriano foca os olhos na estrela mais brilhante da base do anzol, conhecida pelos polinésios como Lehuakona (declinação $\delta = -26^\circ$). No topo da linha que sustenta o anzol, ele também observa a estrela Ho'ohumu (declinação $\delta = +9^\circ$).

Considerando que Moadriano mantém o seu barco firme na latitude de 10° N sob um céu ideal, limpo e livre de refração atmosférica, analise as seguintes afirmações sobre a dinâmica dessas estrelas:

- I. Ambas as estrelas permanecem tempos diferentes acima do horizonte, pois, devido à inclinação da esfera celeste para essa latitude, a estrela com declinação positiva (Ho'ohumu) descreve um arco diurno mais longo no céu do que a estrela com declinação negativa (Lehuakona).
- II. Quando Lehuakona cruza o meridiano local do explorador (culminação superior), ela atinge uma altura máxima de 54° em relação ao horizonte, apontando exatamente na direção do ponto cardeal Sul.

III. No instante exato em que a estrela Ho'ohumu realiza a sua passagem meridiana, a sua distância zenital geométrica medida por Moadriano é de apenas 1° em relação ao zênite local.

IV. Lehuakona corresponde a Antares e o anzol é a cauda do asterismo do Escorpião.

Está(ão) correta(s) apenas a(s) afirmação(ões):

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

Solução:

Para determinar a validade da afirmação I, analisa-se o tempo de permanência de um astro acima do horizonte. Em latitudes fora da linha do Equador ($\phi \neq 0^\circ$), os círculos de declinação celeste são cortados de forma assimétrica pelo horizonte local. Para um observador posicionado no Hemisfério Norte ($\phi = +10^\circ$), objetos com declinação positiva ($\delta > 0^\circ$) realizam um arco diurno maior e permanecem mais de 12 horas siderais acima do horizonte. Inversamente, objetos com declinação negativa ($\delta < 0^\circ$) ficam visíveis por menos de 12 horas. Como a estrela Ho'ohumu possui $\delta = +9^\circ$ e Lehuakona possui $\delta = -26^\circ$, Ho'ohumu permanece mais tempo no céu, tornando a afirmação I verdadeira.

Para avaliar a afirmação II, calcula-se a altura máxima ($h_{\text{máx}}$) de Lehuakona em sua passagem pelo meridiano local. Dado que a declinação da estrela está ao sul do Equador Celeste ($\delta = -26^\circ$) e o observador está ao norte ($\phi = +10^\circ$), a estrela cruza o meridiano ao Sul do zênite. A distância zenital (z) é calculada diretamente pela diferença angular:

$$z = \phi - \delta = 10^\circ - (-26^\circ) = 36^\circ$$

A altura máxima correspondente é determinada pelo complemento da distância zenital em relação ao horizonte:

$$h_{\text{máx}} = 90^\circ - z = 90^\circ - 36^\circ = 54^\circ$$

Como o astro cruza o meridiano apontando para a direção Sul, a afirmação II é verdadeira.

Para avaliar a afirmação III, calcula-se a distância zenital (z) de Ho'ohumu na sua culminação superior. O observador está na latitude $\phi = +10^\circ$ e a estrela possui declinação $\delta = +9^\circ$. Como ambas as coordenadas estão localizadas no hemisfério celeste norte, a distância angular mínima até o topo do céu (zênite) é dada pelo módulo da diferença entre a latitude local e a declinação do astro:

$$z = |\phi - \delta| = |10^\circ - 9^\circ| = 1^\circ$$

Dessa forma, a menor distância angular medida entre a estrela Ho'ohumu e o zênite é de fato 1° , tornando a afirmação III verdadeira.

Ademais, a estrela vermelha é sim Antares e o anzol é a cauda do Escorpião, validando a alternativa IV.

Resposta: E)

Questão 5. Antes dos relógios mecânicos, o tempo era medido pela sombra de uma haste. Estudantes constroem um relógio de sol horizontal em uma praça na latitude de 40° N, com a haste (gnômon) apontando para

o polo celeste norte. Eles precisam marcar na placa a linha das 15h solares.

Qual o ângulo, medido sobre a placa horizontal, entre a linha do meio-dia e a linha das 15h?

- a) $45,0^\circ$
- b) $40,0^\circ$
- c) $37,5^\circ$
- d) $32,7^\circ$
- e) $28,0^\circ$

Solução:

Como o gnômon aponta para o polo celeste, a sombra dele gira 15° por hora, que é o ritmo do ângulo horário H do Sol. Às 15h solares, o Sol está 3 horas depois da passagem meridiana, logo $H = 3 \cdot 15^\circ = 45^\circ$.

Esse ângulo, porém, é medido no plano perpendicular ao gnômon, e a placa é horizontal. Para encontrar a linha da sombra na placa, basta tomar o plano que contém o gnômon e o Sol e ver onde ele corta o chão. Num sistema com eixos leste, norte e zênite, o gnômon tem direção $(0, \cos \varphi, \sin \varphi)$. Calculando a interseção desse plano com o chão, a sombra tem componente leste-oeste proporcional a $\sin H$ e componente norte-sul proporcional a $\cos H / \sin \varphi$. O ângulo α entre a linha do meio-dia e a linha da hora fica então

$$\tan \alpha = \sin \varphi \cdot \tan H$$

Substituindo $\varphi = 40^\circ$ e $H = 45^\circ$:

$$\tan \alpha = \sin 40^\circ \cdot \tan 45^\circ = 0,643 \cdot 1 = 0,643$$

$$\alpha = \arctan(0,643) \approx 32,7^\circ$$

Note que o resultado é menor que 45° : a placa horizontal comprime os ângulos das linhas horárias, e só às 6h e às 18h as linhas ficam a 90° da linha do meio-dia.

Resposta: D)

Questão 6. Um objeto interestelar vindo do espaço profundo adentra o Sistema Solar descrevendo uma trajetória puramente hiperbólica ao redor do Sol. Quando o objeto está fora da esfera de influência gravitacional solar (a uma distância tendendo ao infinito), os instrumentos de monitoramento medem uma velocidade hiperbólica assintótica constante de $v_\infty = 30$ km/s. À medida que o astro mergulha no campo gravitacional, sua rota é defletida até atingir o ponto de máxima aproximação do Sol (o periélio). Sabendo que a velocidade de escape em relação à massa solar exatamente na distância desse periélio é de $v_e = 40$ km/s, determine, respectivamente, a velocidade do objeto interestelar ao cruzar o periélio (v_p) e a excentricidade (e) de sua órbita hiperbólica.

- a) 50 km/s e 1,500
- b) 50 km/s e 2,125
- c) 70 km/s e 2,125
- d) 70 km/s e 2,500
- e) 60 km/s e 1,875

Solução:

Para determinar a velocidade do objeto ao passar pelo periélio (v_p), aplica-se o princípio da conservação da energia orbital por meio da equação da vis-viva para trajetórias abertas. A energia orbital específica (ϵ) de uma hipérbole é positiva e constante em qualquer ponto da órbita, sendo numericamente igual à metade do quadrado da velocidade residual no infinito:

$$\epsilon = \frac{v^2}{2} - \frac{GM}{r} = \frac{v_\infty^2}{2}$$

No ponto de máxima aproximação ($r = r_p$), a velocidade assume o seu valor máximo ($v = v_p$). Sabendo que a velocidade de escape local nesse mesmo ponto é definida por $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{r_p}}$, podemos isolar o termo de potencial gravitacional e reescrevê-lo como $\frac{GM}{r_p} = \frac{v_e^2}{2}$. Substituindo essa igualdade na relação de conservação de energia, obtemos a equação simplificada:

$$\frac{v_p^2}{2} - \frac{v_e^2}{2} = \frac{v_\infty^2}{2} \implies v_p = \sqrt{v_e^2 + v_\infty^2}$$

Inserindo os valores fornecidos no enunciado ($v_e = 40$ km/s e $v_\infty = 30$ km/s), encontramos a velocidade escalar no periélio:

$$v_p = \sqrt{40^2 + 30^2} = \sqrt{1600 + 900} = \sqrt{2500} = 50 \text{ km/s}$$

Para calcular a excentricidade (e) da trajetória hiperbólica, utiliza-se a equação orbital da conservação do momento angular e da energia mecânica, que estabelece uma relação direta entre as velocidades características e a geometria da cônica na forma:

$$e = 1 + \frac{r_p v_\infty^2}{GM}$$

Como estabelecido anteriormente que $\frac{GM}{r_p} = \frac{v_e^2}{2}$, a expressão da excentricidade pode ser reduzida de maneira elegante para depender exclusivamente da razão entre a velocidade assintótica e a velocidade de escape local:

$$e = 1 + 2 \left(\frac{v_\infty}{v_e} \right)^2$$

Substituindo os dados numéricos do problema nesta relação modificada, conclui-se o cálculo da excentricidade:

$$e = 1 + 2 \left(\frac{30}{40} \right)^2 = 1 + 2 \left(\frac{3}{4} \right)^2 = 1 + 2 \left(\frac{9}{16} \right) = 1 + \frac{9}{8} = 2,125$$

Resposta: B)

Questão 7. Brília Júgido, uma jovem apaixonada pelas estrelas e pela astrofísica, descobriu em seus estudos que os fótons, embora não possuam massa de repouso, transportam quantidade de movimento (momento linear). Ao colidirem com um corpo celeste, esses fótons transferem momento e exercem um empurrão contínuo denominado força de pressão de radiação (F_{rad}). Para um planeta esférico de raio R_T que intercepta a luz de uma estrela de luminosidade total $L_\odot$ situada a uma distância d , a força de radiação exercida pela absorção dos fótons é dada por:

$$F_{\text{rad}} = \frac{L_\odot R_T^2}{4cd^2}$$

onde c é a velocidade da luz no vácuo. Curiosa para saber se a luz do Sol seria capaz de empurrar o nosso

planeta para fora de sua órbita, Brília decidiu comparar essa força luminosa com a força de atração gravitacional (F_{grav}) que o Sol exerce sobre a Terra.

Considere os seguintes parâmetros aproximados:

- Luminosidade solar: $L_{\odot} = 3,6 \times 10^{26} \text{ W}$
- Velocidade da luz no vácuo: $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$
- Constante da gravitação universal: $G = 6,0 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$
- Massa do Sol: $M_{\odot} = 2,0 \times 10^{30} \text{ kg}$
- Massa da Terra: $M_T = 6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$
- Raio da Terra: $R_T = 6,0 \times 10^6 \text{ m}$

Com base nesses dados, determine o valor da razão adimensional $\frac{F_{\text{rad}}}{F_{\text{grav}}}$.

- a) $1,5 \times 10^{-14}$
- b) $3,0 \times 10^{-14}$
- c) $6,0 \times 10^{-14}$
- d) $1,5 \times 10^{-12}$
- e) $4,5 \times 10^{-12}$

Solução:

Para determinar a razão entre a força de pressão de radiação (F_{rad}) e a força de atração gravitacional (F_{grav}) exercidas pelo Sol sobre a Terra, primeiramente escrevemos a expressão da Lei da Gravitação Universal de Newton para o sistema Sol-Terra a uma distância orbital d :

$$F_{\text{grav}} = \frac{GM_{\odot}M_T}{d^2}$$

O enunciado fornece a expressão para a força de radiação resultante do fluxo de fótons solares que atinge a seção transversal da Terra (πR_T^2) diluído pela área da esfera de emissão ($4\pi d^2$):

$$F_{\text{rad}} = \frac{L_{\odot}R_T^2}{4cd^2}$$

Dividindo a equação da força de radiação pela equação da força gravitacional, notamos que a distância Terra-Sol (d) se cancela algebricamente, pois ambas as forças decaem com o inverso do quadrado da distância ($1/d^2$):

$$\frac{F_{\text{rad}}}{F_{\text{grav}}} = \frac{\frac{L_{\odot}R_T^2}{4cd^2}}{\frac{GM_{\odot}M_T}{d^2}} \Rightarrow \frac{F_{\text{rad}}}{F_{\text{grav}}} = \frac{L_{\odot}R_T^2}{4cGM_{\odot}M_T}$$

Substituindo os valores numéricos fornecidos no enunciado, calculamos separadamente o numerador e o denominador no Sistema Internacional de Unidades (SI). Para o numerador:

$$\text{Numerador} = L_{\odot}R_T^2 = (3,6 \times 10^{26}) \times (6,0 \times 10^6)^2$$

$$\text{Numerador} = 3,6 \times 10^{26} \times 36 \times 10^{12} = 129,6 \times 10^{38}$$

Para o denominador:

$$\text{Denominador} = 4cGM_{\odot}M_T = 4 \times (3,0 \times 10^8) \times (6,0 \times 10^{-11}) \times (2,0 \times 10^{30}) \times (6,0 \times 10^{24})$$

$$\text{Denominador} = (4 \times 3,0 \times 6,0 \times 2,0 \times 6,0) \times 10^{8-11+30+24} = 864 \times 10^{51}$$

Por fim, efetuamos a divisão entre o numerador e o denominador obtidos:

$$\frac{F_{\text{rad}}}{F_{\text{grav}}} = \frac{129,6 \times 10^{38}}{864 \times 10^{51}} = 0,15 \times 10^{-13} = 1,5 \times 10^{-14}$$

Resposta: A)

Questão 8. No Brasil, o horário oficial de Brasília (UTC−3) corresponde ao tempo solar médio do meridiano de 45° W. Em certa época do ano, a equação do tempo vale +16 minutos, isto é, o Sol verdadeiro está adiantado 16 minutos em relação ao Sol médio.

Em uma cidade do litoral nordestino, na longitude de 36° W, a que horas do relógio oficial o Sol passa pelo meridiano local nessa data?

- a) 11h08min
- b) 11h44min
- c) 12h20min
- d) 12h36min
- e) 12h52min

Solução:

O Sol passa pelo meridiano quando o tempo solar verdadeiro local é 12h. Como o Sol verdadeiro está adiantado em 16 minutos em relação ao Sol médio, nesse instante o tempo solar médio local é

$$12\text{h} - 16\text{ min} = 11\text{h}44\text{min}$$

Agora é preciso passar do tempo médio local para o horário oficial, que segue o meridiano de 45° W. A cidade está em 36° W, ou seja, 9° a leste desse meridiano. A Terra gira 15° por hora, o que dá 4 minutos de tempo para cada grau de longitude, então

$$\Delta t = 9 \cdot 4\text{ min} = 36\text{ min}$$

Quem está mais a leste vê o Sol cruzar o meridiano antes, e o relógio da cidade local fica adiantado em relação ao horário oficial. Assim, o horário oficial é 36 minutos menor que o tempo médio local:

$$11\text{h}44\text{min} - 36\text{ min} = 11\text{h}08\text{min}$$

Resposta: A)

Questão 9. Vadin, um astrônomo ucraniano bem canadense (e moralmente brasileiro), resolve apontar seu telescópio para um sistema estelar binário eclipsante, composto por duas estrelas idênticas que descrevem

órbitas circulares em torno do centro de massa comum, vistas exatamente de perfil (borda) a partir da Terra. Ao analisar a curva de luz do sistema e combiná-la com imagens de alta resolução, Vadin descobre que a separação angular máxima aparente entre as duas estrelas no céu é de $\theta = 0,04''$. Sabendo que o sistema binário está localizado a uma distância $d = 100$ pc da Terra e que a massa de cada uma das estrelas é igual a $M = 2,0 M_{\odot}$, determine o intervalo de tempo (Δt) entre dois mínimos consecutivos de luminosidade observados na curva de luz.

- a) 1,0 ano
- b) 2,0 anos
- c) 4,0 anos
- d) 8,0 anos
- e) 16,0 anos

Solução:

Para determinar o intervalo de tempo entre dois mínimos consecutivos de luminosidade (Δt), precisamos primeiro encontrar o semieixo maior da órbita relativa do sistema binário (a) e, em seguida, calcular o seu período orbital (P) utilizando a Terceira Lei de Kepler.

Pela definição astronômica de parsec (pc) e da aproximação para pequenos ângulos, a separação física real (a , expressa em Unidades Astronômicas, UA) entre dois astros que apresentam uma separação angular máxima θ (em segundos de arco) quando observados a uma distância d (em parsecs) é dada diretamente pela relação:

$$a \text{ [UA]} = \theta \text{ ["}] \times d \text{ [pc]}$$

Substituindo os valores medidos por Vadin ($\theta = 0,04''$ e $d = 100$ pc), obtemos a distância física entre as duas estrelas:

$$a = 0,04 \times 100 = 4,0 \text{ UA}$$

Com o semieixo maior em Unidades Astronômicas (UA), podemos aplicar a forma astronômica da Terceira Lei de Kepler generalizada para um sistema binário, onde a massa total ($M_{\text{total}} = M_1 + M_2$) é medida em massas solares ($M_{\odot}$) e o período orbital (P) é obtido diretamente em anos terrestres:

$$\frac{P^2}{a^3} = \frac{1}{M_1 + M_2} \Rightarrow P = \sqrt{\frac{a^3}{M_1 + M_2}}$$

Sabendo que o sistema é composto por duas estrelas de massas iguais a $2,0 M_{\odot}$, a massa total do sistema é $M_{\text{total}} = 2,0 + 2,0 = 4,0 M_{\odot}$. Inserindo $a = 4,0$ UA e $M_{\text{total}} = 4,0 M_{\odot}$ na equação:

$$P = \sqrt{\frac{4,0^3}{4,0}} = \sqrt{\frac{64}{4}} = \sqrt{16} = 4,0 \text{ anos}$$

Na fotometria de uma binária eclipsante, os mínimos de luminosidade (eclipses) ocorrem sempre que uma estrela passa exatamente na frente da outra em relação à linha de visada do observador na Terra. Como existem duas estrelas orbitando o centro de massa, ocorrem dois eclipses a cada período orbital completo (P): o eclipse primário (quando a estrela 1 oculta a estrela 2) e, metade de uma órbita depois, o eclipse secundário (quando a estrela 2 oculta a estrela 1).

Portanto, o intervalo de tempo (Δt) entre dois mínimos consecutivos de luminosidade equivale exatamente

à metade do período orbital do sistema:

$$\Delta t = \frac{P}{2} = \frac{4,0 \text{ anos}}{2} = 2,0 \text{ anos}$$

Resposta: B)

Questão 10. As supernovas do tipo Ia são tão regulares em brilho que os astrônomos as usam como velas padrão para medir distâncias no Universo. Cada uma atinge magnitude absoluta de aproximadamente $-19,3$ no máximo de brilho.

Qual a distância máxima, em Mpc, em que uma dessas supernovas ainda poderia ser vista a olho nu, sem instrumentos? Despreze a extinção interestelar.

- a) 0,11 Mpc
- b) 0,57 Mpc
- c) 1,15 Mpc
- d) 5,7 Mpc
- e) 11,5 Mpc

Solução:

A magnitude aparente m e a magnitude absoluta M de um astro a uma distância d (em parsecs) se relacionam pelo módulo de distância:

$$m - M = 5 \log_{10} \left(\frac{d}{10 \text{ pc}} \right)$$

A supernova será visível a olho nu enquanto $m \leq 6$, que é a magnitude limite da tabela. Logo, a distância máxima corresponde a $m = 6$:

$$6 - (-19,3) = 25,3 = 5 \log_{10} \left(\frac{d}{10} \right)$$

$$\log_{10} \left(\frac{d}{10} \right) = 5,06 \implies d = 10 \cdot 10^{5,06} \approx 1,15 \cdot 10^6 \text{ pc}$$

Convertendo para megaparsecs:

$$d \approx 1,15 \text{ Mpc}$$

Essa distância é um pouco menor que a da galáxia de Andrômeda, o que mostra como é raro ver uma supernova assim sem instrumentos.

Resposta: C)

Questão 11. Fatima, uma jovem que ama observar o firmamento, estava contemplando o céu noturno na pacata região de Xique-Xique, na Arábia Saudita. Com o auxílio de um software de simulação astronômica apontado para a direção sul-sudoeste, ela registrou a imagem abaixo, na qual aparecem constelações proeminentes e a faixa luminosa da Via Láctea. Por algum motivo, o aplicativo deixou ativados dois rastros luminosos no céu indicando duas linhas fundamentais da esfera celeste: uma em vermelho e outra em azul.



Analisando a configuração das estrelas e das constelações visíveis na imagem, assinale a alternativa que identifica corretamente o que representam a linha vermelha e a linha azul, respectivamente.

- a) Eclíptica e Equador Celeste
- b) Equador Celeste e Eclíptica
- c) Eclíptica e Plano Galáctico
- d) Equador Celeste e Meridiano Local
- e) Plano Galáctico e Eclíptica

Solução:

Para identificar corretamente os dois grandes círculos da esfera celeste destacados na imagem, devemos reconhecer os asterismos e as estrelas brilhantes que servem como pontos de referência no céu:

1. Análise da Linha Vermelha (Eclíptica): Na parte inferior e central da imagem, atravessando a região densa da Via Láctea, observamos claramente o formato característico em “J” (ou anzol) da constelação zodiacal de Escorpião (*Scorpius*), acompanhada ao lado pelo asterismo do “Bule de Chá” da constelação de Sagitário (*Sagittarius*). Na região superior central de Escorpião, destaca-se a supergigante vermelha Antares (α Scorpii), de coloração nitidamente alaranjada/amarelada, flanqueada pelas

estrelas da “cabeça” do escorpião (*Dschubba*, *Acrab* e *Fang*). A linha vermelha passa exatamente pelas garras/cabeça de Escorpião (cerca de $4,5^\circ$ ao norte de Antares) e segue cruzando a região ao norte de Sagitário e Ofiúco. Como Escorpião e Sagitário são constelações do Zodíaco situadas ao sul do Equador Celeste (declinações entre -20° e -45°), a linha que as atravessa representa a trajetória anual aparente do Sol: a Eclíptica.

2. Análise da Linha Azul (Equador Celeste): Mais acima e à direita da faixa principal da Via Láctea, vemos uma estrela azul-esbranquiçada muito brilhante flanqueada por duas estrelas menores formando uma linha quase reta: trata-se de Altair (α Aquilae), na constelação da Águia (*Aquila*), cuja declinação é de aproximadamente $\delta \approx +8,8^\circ$. A linha azul passa um pouco ao sul de Altair (na região onde a declinação é $\delta = 0^\circ$) e mantém a inclinação característica de cerca de $\varepsilon \approx 23,5^\circ$ em relação à Eclíptica (linha vermelha). Portanto, a linha azul corresponde ao Equador Celeste.

Conclui-se, assim, que os rastros vermelho e azul representam, respectivamente, a Eclíptica e o Equador Celeste.

Resposta: A)

Questão 12. Em 2 de agosto de 2027 está previsto um eclipse solar total, com mais de seis minutos de totalidade, o mais longo do século. Para que um eclipse seja total, a Lua precisa parecer, no céu, ao menos tão grande quanto o Sol.

Considerando o Sol a 1 UA e desprezando o tamanho da Terra, qual a distância máxima entre a Terra e a Lua para que um eclipse solar seja total?

- a) $3,57 \cdot 10^8$ m
- b) $3,74 \cdot 10^8$ m
- c) $3,84 \cdot 10^8$ m
- d) $4,06 \cdot 10^8$ m
- e) $4,52 \cdot 10^8$ m

Solução:

O eclipse é total quando o diâmetro angular da Lua é maior ou igual ao do Sol. Pela aproximação de ângulos pequenos, o diâmetro angular do Sol, visto a 1 UA, é

$$\theta_{\odot} = \frac{2R_{\odot}}{d_{\odot}} = \frac{2 \cdot 6,96 \cdot 10^8}{1,496 \cdot 10^{11}} \approx 9,30 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$$

o que equivale a cerca de $32'$.

Para a Lua, a uma distância D da Terra, o diâmetro angular é $\theta_L = 2R_L/D$. A condição limite de eclipse total é $\theta_L = \theta_{\odot}$:

$$D_{\text{máx}} = \frac{2R_L}{\theta_{\odot}} = \frac{2 \cdot 1,74 \cdot 10^6}{9,30 \cdot 10^{-3}} \approx 3,74 \cdot 10^8 \text{ m}$$

Repare que essa distância é menor que a distância média da Lua, $3,84 \cdot 10^8$ m. Isso quer dizer que, na distância média, a Lua parece um pouco menor que o Sol, e o eclipse seria anular. Só há eclipses totais quando a Lua está mais próxima da Terra, perto do perigeu.

Resposta: B)

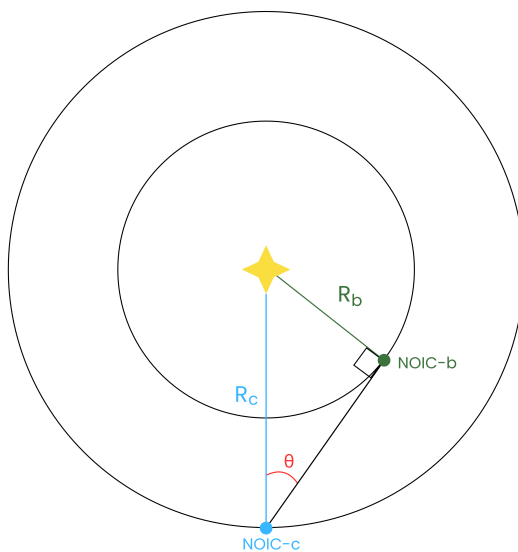
Questão 13. Um grupo de astronautas explora um sistema planetário peculiar, composto por apenas dois planetas: NOIC-b e NOIC-c. Como suas órbitas são muito próximas, os planetas podem ser vistos um do outro até mesmo durante o dia. As duas equipes de astronautas mediram a elongação dos planetas e constataram que ambos estavam em elongação máxima. Curiosamente, essa mesma configuração voltou a se repetir exatamente após NOIC-c completar uma translação ao redor de sua estrela, ou seja, após um ano local.

Determine a elongação de NOIC-b medida pelos astronautas em NOIC-c.

- a) 90°
- b) 39°
- c) 30°
- d) 51°
- e) 24°

Solução:

Na elongação máxima, os exoplanetas se encontram na seguinte configuração:



Podemos utilizar a expressão do período sinódico para determinar o período de NOIC-b em função do período de NOIC-c:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_b} - \frac{1}{T_c}$$

Como o período de translação de NOIC-c coincide com o período de translação do sistema, temos que:

$$T_c = S \implies T_b = \frac{T_c}{2}$$

Podemos utilizar a Terceira Lei de Kepler para encontrar a relação entre os raios das órbitas planetárias:

$$\frac{T_b^2}{R_b^3} = \frac{T_c^2}{R_c^3} \Rightarrow R_c = R_b \cdot 4^{1/3}$$

Pela geometria da configuração, temos que o ângulo de elongação máxima será:

$$\sin(\theta) = \frac{R_b}{R_c} \Rightarrow \theta = \arcsin(4^{-1/3})$$

$$\theta \approx 39^\circ$$

Resposta: B)

Questão 14. Em um futuro distante, um cometa se aproxima da Terra. Um grupo de astrônomos passa a estudá-lo.

Em um momento de grande aproximação, os astrônomos conseguiram colher várias informações a seu respeito. No instante da observação, o cometa estava a 90° do Sol no céu, seu movimento aparente era $\mu = 4,00 \times 10^{-6}$ rad/s e ele estava a uma distância $r = 1,50 \times 10^{11}$ m do Sol. Por meio de seu redshift, os astrônomos também determinaram que a velocidade radial do cometa era de $v_{\text{rad}} = 1,20 \times 10^3$ m/s em relação à Terra. Considere a órbita da Terra circular, com raio de 1 UA.

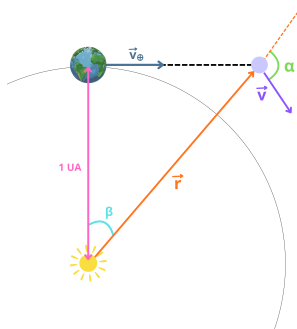


Figura 1: Figura fora de escala

Após centenas de outras observações, também foi possível determinar que o cometa possuía uma massa $m = 1,00 \times 10^{10}$ kg.

Agora, eles desejam determinar a excentricidade da órbita do cometa. Ajude-os nessa tarefa e assinale a alternativa que apresenta o valor de e .

Dicas:

- A excentricidade de uma órbita é dada por:

$$e = \sqrt{1 + \frac{2EL^2}{G^2M^2m^3}},$$

onde E é a energia mecânica.

- O momento angular é dado por:

$$L = mvr \sin(\alpha).$$

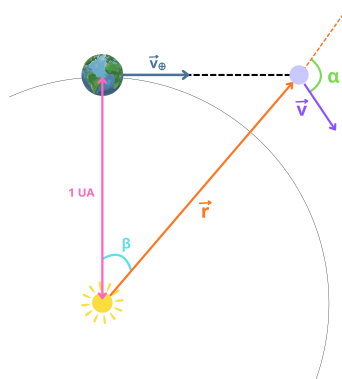
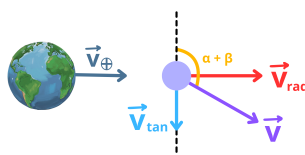
a) 0,98

- b) 4,3
- c) 0,05
- d) 1,45
- e) 1,63

Solução:

Primeiramente, precisamos determinar a velocidade v do cometa:

$$v = \sqrt{v_{\text{tan}}^2 + v_{\text{rad}}^2}$$



Como o cometa se desloca radialmente à Terra a $1,20 \times 10^3$ m/s, a componente da velocidade em relação ao Sol será:

$$v_{\text{rad}} = v_{\text{Terra}} + 1,20 \times 10^3$$

onde

$$v_{\text{Terra}} = \frac{2\pi \cdot 1,496 \times 10^{11}}{365,25 \cdot 24 \cdot 3600}$$

Para determinar a velocidade tangencial do cometa, podemos utilizar seu movimento aparente:

$$\frac{v_{\text{tan}}}{d} = \mu \implies v_{\text{tan}} = 4,38 \times 10^4 \text{ m/s}$$

Sabendo os componentes da velocidade, obtemos:

$$v = 5,37 \times 10^4 \text{ m/s}$$

Agora, pela figura da decomposição das velocidades, podemos determinar o ângulo α :

$$\frac{v_{\tan}}{v_{\text{rad}}} = \tan(\alpha + \beta - 90^\circ)$$

$$\alpha = 90^\circ - \beta + \arctan\left(\frac{v_{\tan}}{v_{\text{rad}}}\right)$$

onde

$$\beta = \arccos\left(\frac{1,496 \times 10^{11}}{1,50 \times 10^{11}}\right)$$

Assim,

$$\alpha \approx 140,5^\circ$$

Agora que determinamos v e α , podemos calcular o momento angular:

$$L = mvr \sin(\alpha) = 5,12 \times 10^{25} \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$$

Já a energia mecânica é dada por:

$$E = \frac{mv^2}{2} - \frac{GMm}{r}$$

$$E = 5,57 \times 10^{18} \text{ J}$$

Substituindo na expressão da excentricidade, obtemos:

$$e \approx 1,63$$

Resposta: E)

Questão 15. A estrela de Barnard é a estrela com o maior movimento próprio do céu, deslocando-se cerca de $10,3''$ por ano. Ela está a uma distância correspondente a um paralaxe de $0,547''$ e se aproxima do Sistema Solar com velocidade radial de 110 km/s .

Considerando que o movimento próprio e a velocidade radial são componentes perpendiculares da velocidade da estrela, qual a sua velocidade total em relação ao Sol?

- a) 89 km/s
- b) 110 km/s
- c) 142 km/s
- d) 199 km/s
- e) 235 km/s

Solução:

Primeiro, a distância da estrela vem do paralaxe:

$$d = \frac{1}{p} = \frac{1}{0,547} \approx 1,83 \text{ pc}$$

Em seguida, convertamos o movimento próprio em velocidade tangencial. Por definição de parsec, a uma distância de d parsecs, um deslocamento de μ segundos de arco por ano corresponde a $\mu \cdot d$ UA por ano.

Como $1 \text{ UA/ano} = \frac{1,496 \cdot 10^8 \text{ km}}{3,156 \cdot 10^7 \text{ s}} \approx 4,74 \text{ km/s}$, temos

$$v_t = 4,74 \cdot \mu \cdot d = 4,74 \cdot 10,3 \cdot 1,83 \approx 89 \text{ km/s}$$

As componentes tangencial e radial são perpendiculares, então a velocidade total é

$$v = \sqrt{v_t^2 + v_r^2} = \sqrt{89^2 + 110^2} = \sqrt{20021} \approx 142 \text{ km/s}$$

Somar as duas componentes diretamente (199 km/s) seria um erro, pois elas são perpendiculares.

Resposta: C)

Questão 16. Recentemente, o Telescópio Espacial James Webb capturou algo muito interessante. Um ponto vermelho, muito brilhante e inesperado, apareceu em suas observações. As melhores hipóteses apontam que esse objeto pode ser uma mistura de estrela com buraco negro: um buraco negro extremamente massivo no centro, rodeado por uma casca de gás parcialmente ionizado, se comportando de forma bem parecida com uma estrela.



Figura 2: Imagem do Telescópio Espacial James Webb, onde é possível notar o objeto vermelho

Considere que essa estrela possui um raio estimado em 1000 UA (215000 vezes maior que o do Sol) e que tem temperatura de 4000 K, além de emitir radiação como uma estrela comum. Estime quantas vezes mais luminosa

ela é em relação ao nosso Sol.

Dados: temperatura efetiva do Sol $T_{eff} = 5800$ K e a relação da luminosidade $L = 4\pi R^2 \sigma T_{eff}^4$.

- a) $1,40 \cdot 10^{10}$
- b) $1,15 \cdot 10^{11}$
- c) $1,04 \cdot 10^{10}$
- d) $2,04 \cdot 10^{10}$
- e) $2,04 \cdot 10^{11}$

Solução:

Para resolver, basta comparar as luminosidades:

$$L_{sol} = 4\pi\sigma R_{sol}^2 T_{sol}^4, \quad L_* = 4\pi\sigma R_*^2 T_*^4$$

Dividindo uma pela outra, as constantes se cancelam e sobra:

$$\frac{L_*}{L_{sol}} = \left(\frac{R_*}{R_{sol}}\right)^2 \left(\frac{T_*}{T_{sol}}\right)^4$$

Como $R_* = 215000R_{sol}$ e $T_* = 4000$ K:

$$\frac{L_*}{L_{sol}} = \left(\frac{215000R_{sol}}{R_{sol}}\right)^2 \left(\frac{4000}{5800}\right)^4$$

Realizando a conta, encontramos:

$$\frac{L_*}{L_{sol}} \approx 1,04 \cdot 10^{10}$$

Resposta: C)

Questão 17. Aurexandre, um ser extraterrestre de um planeta muito distante, está buscando um novo mundo para tirar umas férias fora de seu sistema estelar. Ele gostaria de um planeta onde possa existir água líquida na superfície para aproveitar uma praia. Na sua jornada, encontrou um sistema estelar promissor, com uma estrela de raio igual à metade do raio do Sol e temperatura aproximada de 3000 K. Nesse sistema existe um planeta, mas ele não conseguiu medir sua temperatura. Sabendo que o planeta orbita em uma órbita circular de raio 0,116 UA e tem raio de 2 raios da Terra, ajude Aurexandre encontrando a temperatura do planeta e dizendo se ele pode se hospedar lá. Considere que existe água líquida se a temperatura média do planeta permitir, que o planeta gira rapidamente e que absorve toda a radiação incidente, com emissividade igual a 1.

Dados: $1 \text{ UA} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$, $R_{Terra} = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$, $R_{Sol} = 6,96 \cdot 10^8 \text{ m}$.

- a) 300 K, é possível se hospedar no planeta
- b) 320 K, é possível se hospedar no planeta
- c) 290 K, é possível se hospedar no planeta
- d) 300 K, não é possível se hospedar no planeta
- e) 290 K, não é possível se hospedar no planeta

Solução:

Precisamos igualar a potência irradiada pelo planeta com a recebida vinda da estrela:

$$P_{irr} = P_{rec}$$

$$P_{irr} = 4\epsilon\pi\sigma R_p^2 T_p^4, \quad P_{rec} = \frac{L_*}{4\pi d^2} \pi R_p^2 (1 - \alpha)$$

Nesse caso $\epsilon = 1$ e $\alpha = 0$, pois o planeta absorve toda a radiação. Igualando as expressões:

$$4\pi\sigma R_p^2 T_p^4 = \frac{L_*}{4\pi d^2} \pi R_p^2$$

Lembrando que $L_* = 4\pi\sigma R_*^2 T_*^4$:

$$4\pi\sigma R_p^2 T_p^4 = \frac{4\pi\sigma R_*^2 T_*^4}{4\pi d^2} \pi R_p^2$$

Cortando os termos em comum, chegamos à seguinte expressão, na qual o raio do planeta não aparece:

$$T_p^4 = \left(\frac{R_*}{d}\right)^2 \frac{T_*^4}{4}$$

Substituindo os valores:

$$T_p^4 = \left(\frac{6,96 \cdot 10^8 / 2}{0,116 \cdot 1,5 \cdot 10^{11}}\right)^2 \frac{3000^4}{4}$$

Encontramos que $T_p = 300$ K.

Como a água é líquida entre 0°C e 100°C (≈ 273 K e 373 K, à pressão de 1 atm), a temperatura do planeta está dentro desse intervalo e é possível se hospedar lá.

Resposta: A)

Questão 18. Missões a Marte costumam usar a transferência de Hohmann, a trajetória de menor gasto de energia entre duas órbitas circulares coplanares. Nela, a nave segue meia elipse que tangencia a órbita da Terra na partida e a de Marte na chegada.

Considerando as órbitas da Terra e de Marte circulares, com raios de 1,00 UA e 1,52 UA, quanto tempo dura aproximadamente a viagem?

- a) 130 dias
- b) 190 dias
- c) 260 dias
- d) 520 dias
- e) 690 dias

Solução:

A elipse de transferência tem o periélio na órbita da Terra e o afélio na órbita de Marte. Portanto, seu eixo maior é a soma desses dois raios, e o semieixo maior é

$$a = \frac{1,00 + 1,52}{2} = 1,26 \text{ UA}$$

Pela Terceira Lei de Kepler, com a em UA e o período T em anos, $T^2 = a^3$:

$$T = a^{3/2} = 1,26^{1,5} \approx 1,41 \text{ anos}$$

A nave percorre apenas metade da elipse, do periélio ao afélio, então o tempo de viagem é metade do período:

$$t = \frac{T}{2} \approx 0,71 \text{ ano} \approx 0,71 \cdot 365 \approx 260 \text{ dias}$$

A alternativa de 520 dias corresponde ao período completo da elipse, e a de 690 dias é o período orbital de Marte, que não é o tempo de viagem.

Resposta: C)

Questão 19. Nos treinamentos de astronomia, uma das provas é a de manuseio de telescópios. Nessa atividade, pode ser pedido que você observe uma estrela passar pelo campo de visão de um telescópio. Ao preparar a prova, Klak, o professor, testa o aparato: o telescópio aponta para uma estrela com declinação $\delta = -60^\circ$. Ele espera que ela esteja no centro e cronometra o tempo até que ela chegue ao fim do campo de visão, contando 16,2 segundos. Com esses dados, calcule o campo de visão desse telescópio. Aproxime o dia sideral para 24 h.

- a) 3,05'
- b) 4,10'
- c) 2,35'
- d) 4,05'
- e) 4,01'

Solução:

A estrela atravessa o campo de visão por causa da rotação da Terra. Seu deslocamento angular no céu, em um intervalo Δt , é

$$\theta = \omega \cdot \Delta t$$

A velocidade angular ω da estrela é a da rotação da Terra multiplicada por $\cos \delta$, pois estrelas longe do equador celeste percorrem círculos menores. Aproximando o dia sideral para 24 h:

$$\omega = \frac{2\pi}{24 \cdot 3600} \cos(-60^\circ) = \frac{2\pi}{86400} \cdot \frac{1}{2} \approx 3,64 \cdot 10^{-5} \text{ rad/s}$$

O professor mediu o tempo do centro até a borda do campo, que é metade do campo. O tempo total para atravessar o campo inteiro é o dobro, $\Delta t = 2 \cdot 16,2 = 32,4 \text{ s}$. Então:

$$\theta = 3,64 \cdot 10^{-5} \cdot 32,4 \approx 1,18 \cdot 10^{-3} \text{ rad} \approx 0,0675^\circ$$

Convertendo para minutos de arco:

$$\theta = 0,0675 \cdot 60 = 4,05'$$

Resposta: D)

Questão 20. Sirius, a estrela mais brilhante do céu noturno, tem declinação de aproximadamente $-16,7^\circ$. Um grupo de escoteiros acampado na latitude de 30° S quer saber em que ponto do horizonte ela vai nascer, para montar o equipamento de observação.

Desprezando a refração atmosférica, qual o azimute do nascer de Sirius, contado a partir do Norte, no sentido do Leste?

- a) $70,6^\circ$
- b) $90,0^\circ$
- c) $109,4^\circ$
- d) $160,6^\circ$
- e) $250,6^\circ$

Solução:

Usamos a relação entre as coordenadas horizontais e equatoriais:

$$\sin \delta = \sin \varphi \sin h + \cos \varphi \cos h \cos A$$

onde h é a altura e A o azimute contado do Norte para o Leste. No nascer do astro, $h = 0$, e a expressão se reduz a

$$\cos A = \frac{\sin \delta}{\cos \varphi}$$

Substituindo $\delta = -16,7^\circ$ e $\varphi = -30^\circ$:

$$\cos A = \frac{\sin(-16,7^\circ)}{\cos(-30^\circ)} = \frac{-0,287}{0,866} \approx -0,332$$

$$A = \arccos(-0,332) \approx 109,4^\circ$$

Como o astro nasce no lado leste, o azimute está entre 0° e 180° , e este é o valor procurado. Ele é maior que 90° , ou seja, Sirius nasce um pouco ao sul do ponto cardinal Leste, o que faz sentido para uma estrela de declinação negativa.

Resposta: C)