

Olimpíada Brasileira Online de Astronomia

1ª Fase - 09 de agosto de 2025

Nome: _____

Série: _____

Nível Rubens de
Azevedo
Ensino Médio

Instruções de Prova

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

Apoio:



Tabela de Constantes

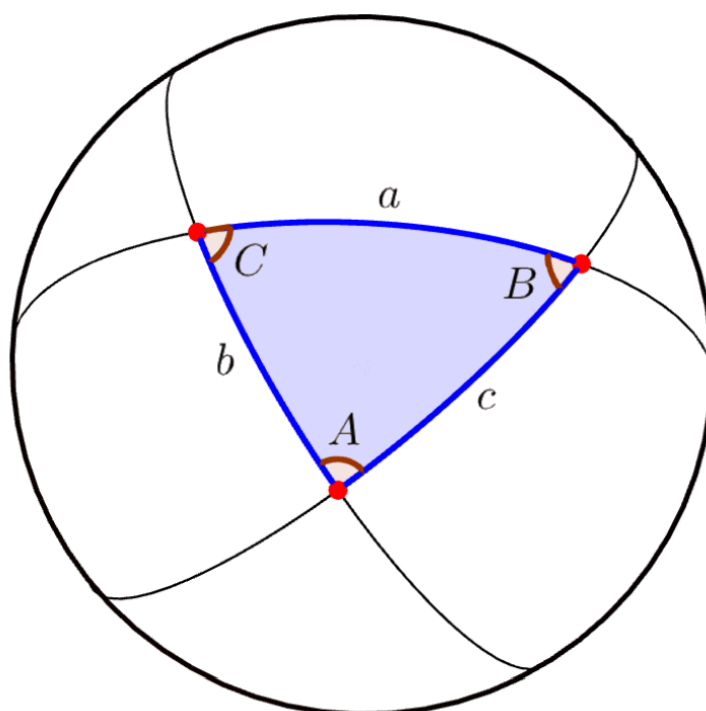
Massa ($M_{\oplus}$)	$5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$	Terra
Raio ($R_{\oplus}$)	$6,38 \cdot 10^6 \text{ m}$	
Aceleração da gravidade superficial ($g_{\oplus}$)	$9,8 \text{ m/s}^2$	
Obliquidade da Eclíptica	$23^{\circ}27'$	
Ano Tropical	365,2422 dias solares médios	
Ano Sideral	365,2564 dias solares médios	
Albedo	0,39	
Dia sideral	$23\text{h } 56\text{min } 04\text{s}$	
Massa	$7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$	Lua
Raio	$1,74 \cdot 10^6 \text{ m}$	
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 ($M_{\odot}$)	$4,80 \text{ mag}$	
Magnitude Aparente ($m_{\odot}$)	$-26,7 \text{ mag}$	
Velocidade de Rotação na Galáxia	220 km s^{-1}	
Distância ao Centro Galático	$8,5 \text{ kpc}$	
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)	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-2}$	
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)	$3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	

Curiosidades:

Rubens de Azevedo (1921-2008) foi um proeminente astrônomo brasileiro, notório pela fundação da Sociedade Brasileira dos Amigos da Astronomia (SBAA) e do Observatório Popular Flamarion. Suas realizações incluem a criação do primeiro mapa lunar brasileiro e uma significativa contribuição para a popularização da astronomia no Brasil, influenciando a formação de inúmeras instituições astronômicas. Seu legado perdura com o Planetário Rubens de Azevedo em Fortaleza-CE e a homenagem do asteroide 84342, renomeado em seu centenário como "Asteroide Rubensdeazevedo".



Questão 1. Na astronomia, uma ferramenta extremamente poderosa é a *trigonometria esférica*. Nessa questão, vamos analisar uma das suas diversas utilizações. Observe a seguinte imagem:



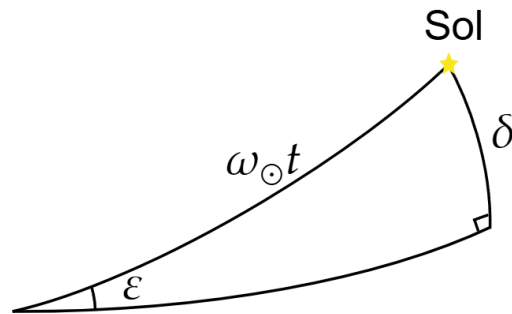
Na trigonometria esférica, trabalhamos com triângulos esféricos. O que eles mudam dos "triângulos normais"? Em vez de possuírem segmentos de retas como seus lados, os triângulos esféricos possuem arcos de círculos. OU seja, além dos ângulos nos vértices, os lados dos triângulos esféricos também são representados por ângulos.

Utilizando propriedades geométricas, podemos chegar nas seguintes relações:

$$\frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b} = \frac{\sin C}{\sin c}$$
$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

Com isso em mente, vamos para uma possível aplicação da mesma na "vida real", considere o seguinte esquema:

O Sol se movimenta na eclíptica, um plano inclinado por $\epsilon \approx 23,47^\circ$ do Equador. Em um determinado período de tempo t o Sol caminha um arco de círculo equivalente a $\omega_\odot t$ onde $\omega_\odot$ é a velocidade angular do Sol e pode ser estimada por $\omega_\odot = \frac{360^\circ}{365,25 \text{ dias}}$. Com isso em mente, qual das seguintes alternativas pode estimar a declinação do Sol, δ , em função do tempo, t em dias desde que o Sol passou pelo ponto vernal?



- a) $\sin \delta = 0,398 \sin(0,986t)$
- b) $\sin \delta = 0,883 \sin(t)$
- c) $\cos \delta = 0,398 \sin(0,986t) + 0,247 \cos(0,986t)$
- d) $\sin \delta = 0,398 \sin(0,247t)$
- e) $\cos \delta = 0,398 \cos(0,986t)$

Solução: Por meio de uma aplicação direta da primeira equação fornecida, obtemos,

$$\frac{\sin(\omega_{\odot} t)}{\sin 90^{\circ}} = \frac{\sin \delta}{\sin \epsilon}$$

Utilizando que $\sin 90^{\circ} = 1$ e substituindo os valores numéricos de $\omega_{\odot}$ e de $\sin \epsilon$, chegamos na expressão,

$$\sin \delta = 0,398 \sin(0,986t)$$

Logo, a resposta correta é a **Letra a)**

Questão 2. Em um determinado dia do ano, próximo a meia noite em um local do hemisfério Sul, Toledo observa o céu e se depara com a seguinte cena:



Com o zênite retratado próximo ao centro da figura. Com base nesse céu, Toledo gostaria de descobrir em qual estação do ano ele se encontra no momento em que observa o mesmo. Qual das alternativas contém a estação do ano em que Toledo se encontra?

- a) Verão
- b) Outono
- c) Inverno
- d) Primavera
- e) Não é possível saber com base na figura

Solução: Com base nos conhecimentos sobre a eclíptica, nós sabemos que por volta de novembro, o Sol se encontra na constelação de Escorpião (por isso, o signo de escorpião é comumente associado a quem nasce em novembro). Contudo, na imagem, podemos ver a constelação da escorpião aproximadamente no Zênite perto da meia noite. O que sugere que estamos aproximadamente 4 meses antes de novembro. I.e, em Julho. Logo a resposta correta é **Letra c) Inverno**

Questão 3. Dentre os diversos tipos de telescópio, podemos ter diferentes montagens. Nos treinamentos para as seletivas internacionais da IOAA e OLAA, foi utilizado principalmente o seguinte telescópio:



Qual das alternativas abaixo contem corretamente o tipo de telescópio e a montagem que o mesmo apresenta?

- a) Kepleriano; Auto-azimutal
- b) Galileano; Auto-azimutal
- c) Galileo-Kepleriano; Equatorial
- d) Newtoniano; Auto-azimutal
- e) Newtoniano; Equatorial

Solução: Observando o eixo inclinado do telescópio, podemos concluir que a sua montagem é Equatorial. Ambos os telescópios Keplerianos e Galileanos possuem a ocular paralela ao foco, o que não acontece na imagem. Diante desses argumentos podemos concluir que a resposta correta é **Letra e)** Newtoniano; Equatorial

Questão 4. O jovem astrônomo Ernestito, sempre com o nariz grudado no telescópio, esbarrou numa noite em algo que até as estrelas ficaram curiosas: um pontinho no cinturão de asteroides que se mexia todo torto, ignorando as órbitas tradicionais. Batizado como AALO-5202, esse objeto misterioso aguçou a curiosidade de observatórios mundo afora.

Entre longos *coffee breaks* e madrugadas em claro, Ernestito reuniu as primeiras pistas sobre o recém-chegado, todas referentes a um mesmo momento de observação:

- Velocidade angular: $\omega = 0,003^\circ/\text{s}$;
- Distância em relação à Terra: $d = 3,0 \text{ UA}$;
- AALO-5202 estava se aproximando da Terra e se encontrava em oposição em relação ao Sol.

Agora, jocoso como sempre, Ernestito decide te propor algumas afirmações a respeito da órbita de AALO-5202 com o objetivo de testar seus conhecimentos:

- I. Com base apenas nos dados disponíveis, não se pode afirmar se a órbita de AALO-5202 é aberta ou fechada;
- II. A velocidade tangencial de AALO-5202 no referencial heliocêntrico é $v_t \approx 6,5 \text{ km/s}$;
- III. Pode-se afirmar com convicção que, para um observador localizado no Sol, AALO-5202 está se aproximando.

Considere, para esta questão, que a órbita da Terra é circular.

Estão corretas as afirmativas:

- a) I e II.
- b) I e III.
- c) II e III.
- d) I, II e III.
- e) Nenhuma das alternativas.

Solução:

I. Correta. Para afirmarmos algo a respeito do formato da órbita, precisaríamos, no contexto trabalhado, da velocidade orbital instantânea de AALO-5202, a qual é indefinida, uma vez que não temos informações a respeito do valor numérico da componente radial do objeto.

II. Incorreta. Fazendo o produto entre a velocidade angular de AALO-5202 e sua distância até a Terra, obtemos $v_t \approx 6,5 \text{ km/s}$. Essa, no entanto, é a velocidade tangencial do objeto no referencial geocêntrico, sendo necessário considerar o movimento orbital da Terra para convertermos tal velocidade para o referencial heliocêntrico.

III. Correta. Como mencionado pelo enunciado, podemos considerar a órbita da Terra como circular. Isso, aliado ao fato de que AALO-5202 está em oposição, nos permite afirmar que a contribuição do movimento da Terra para a velocidade radial do objeto no referencial geocêntrico é nula, de modo que tal velocidade seja a mesma no referencial heliocêntrico. Nesse sentido, uma vez que o objeto está se aproximando da Terra, também estará se aproximando do Sol.

Resposta Correta: b) I e III.

Questão 5. Um dos métodos clássicos para medir o campo visual de um telescópio consiste em observar o movimento aparente de um astro qualquer através da ocular. Devido à rotação da Terra, o astro se desloca com uma velocidade angular constante, e seu trajeto pode ser acompanhado pelo observador.

Durante uma prova prática, a jovem astrônoma Abelinha foi desafiada a medir o campo de uma ocular apenas observando o movimento aparente de um astro com declinação próxima de zero grau, utilizando um telescópio com montagem equatorial.

Ao finalizar a observação, Abelinha registrou que o astro, assumido com raio desprezível, levou aproximadamente 24 segundos para cruzar completamente o campo da ocular. Agora, com os dados coletados, assinale a alternativa com o campo visual, em minutos de arco, determinado corretamente por Abelinha.

- a) 1,5 minutos de arco

- b) 3 minutos de arco
- c) 6 minutos de arco
- d) 12 minutos de arco
- e) 24 minutos de arco

Solução: O movimento aparente dos astros, observado por nós da Terra, é devido a rotação do próprio planeta. Portanto, o movimento do astro na ocular, possui a mesma velocidade angular que a rotação da Terra:

$$\omega = \frac{360^\circ}{24h} \approx \frac{0,25'}{s}$$

Como se trata de um telescópio equatorial e a declinação do astro é de aproximadamente zero, o movimento do astro é praticamente restrito a um diametro da lente, por isso podemos considerar que o ΔS percorrido pelo astro, é exatamente o campo da ocular!

$$\frac{0,25'}{s} = \frac{\Delta S}{24s} \Rightarrow \Delta S = 6'$$

Letra C

Questão 6. Para um estudo mais detalhado de um corpo celeste é recomendado utilizar um telescópio de montagem equatorial, visto que só é necessario movimentar um eixo para realizar o acompanhamento. Como os seus conhecimentos de astronomia de posição responda qual a grandeza que é a única que varia em seu sistema de coordenadas.

- (a) Declinação
- (b) Ascensão Reta
- (c) Ângulo Horário
- (d) Altura
- (e) Azimute

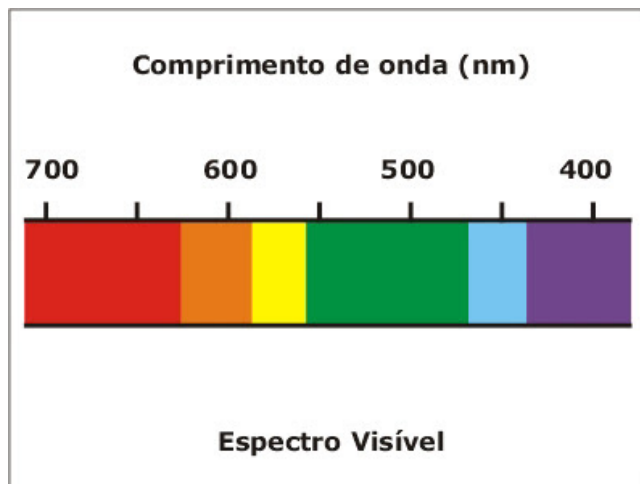


Solução: Em um tempo curto, a Declinação e a Ascensão Reta não variam. Além disso, no sistema altazimutal, ambas altura e azimuth variam. Assim só o ângulo horário que varia sozinho no sistema de coordenadas equatorial local.

Letra C

Questão 7. A Lua está em chamas! Em 2077, após a colonização e oxigenação lunar, o romântico Dr. Guiga decide fazer uma declaração inigualável à sua amada terrestre Almonique: incendiar toda a superfície lunar. Considerando que, quando observada da Terra, a magnitude aparente da Lua Cheia atingiu o impressionante valor de $-42,58$ mag e que o albedo da Lua é 1, determine a temperatura T da chama que recobre a Lua e a cor predominante dessa chama.

Dica: Considere que a radiação emitida pela chama comporta-se como um radiador ideal de corpo negro e que a maior parte da luminosidade lunar é devido a reflexão da luz solar.



- (a) 4830 K, Laranja
- (b) 4140 K, Vermelha
- (c) 9600 K, Verde
- (d) 4140 K, Violeta
- (e) 9660 K, Púrpura

Solução: Da tabela de constantes, a magnitude aparente da Lua Cheia é cerca de: $m_0 = -12,74$ mag. Comparando as magnitudes da Lua incendiada com a Lua cheia, por Pogson chegamos em:

$$\frac{F_{inc}}{F_0} = 10^{-0,4(m_{inc}-m_0)} \Rightarrow \frac{F_{inc}}{F_0} = 10^{-0,4(-42,58-(-12,74))} \approx 8,63 \cdot 10^{11}$$

Utilizando os modelos descritos no enunciado chegamos que $F_{inc} = \frac{4\pi R^2 T^4}{4\pi d^2}$ e $F_0 = \frac{\pi R^2}{4\pi d^2} \frac{L_\odot}{(1UA)^2}$, onde R é o raio da Lua e d é a distância Terra- Lua. Substituindo na equação de Pogson obtida chegamos em:

$$\frac{F_{inc}}{F_0} = \frac{4\pi R^2 T^4}{4\pi d^2} \cdot \frac{4\pi d^2}{\pi R^2} \cdot \frac{4\pi (1UA)^2}{L_\odot} = 4T^4 \cdot \frac{L_\odot}{4\pi (1UA)^2} = 8,63 \cdot 10^{11}$$

Realizando as contas chegamos em $T \approx 4140K$. Como supomos a emissão como um perfil de corpo negro podemos aplicar a Lei de Wien:

$$T \cdot \lambda = b \Rightarrow \lambda = \frac{b}{T} \Rightarrow \lambda \approx 700 \text{ nm}$$

Podemos observar no espectro da luz visível que esse comprimento de onda corresponde a linha central associada a cor vermelha. **Letra B**

Questão 8. O astrônomo Maia, após passa no MIT, Maranhão Institute of Technology, ficou com muito tempo livre, e para se ocupar resolveu contar a quantidade de estrelas na galáxia de Andrômeda e chegou numa resultado de 10 milhões, sabendo que uma estrela média nessa galáxia tem magnitude aparente de 21 mag, qual a magnitude da galáxia de Andrômeda?



- (a) 3,5 mag
- (b) 4,0 mag
- (c) 4,5 mag
- (d) 5,0 mag
- (e) 5,5 mag

Solução: Como a galáxia é composta por 10^7 estrelas de fluxo F_0 , o fluxo da galáxia será $F = 10^7 F_0$. Aplicando a equação de Pogson.

$$m - m_0 = -2,5 \log \left(\frac{10^7 F_0}{F_0} \right)$$

$$m = 21 - 2,5 * 7 = 3,5 \text{ mag}$$

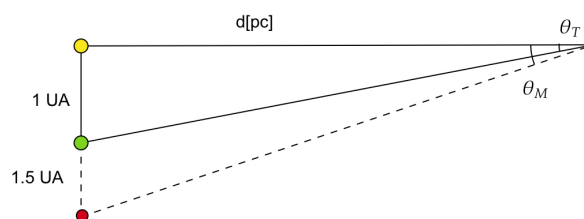
Letra A

Questão 9. A ferramenta de paralaxe foi desenvolvida no século XIX como uma técnica revolucionária para medir distâncias estelares. Baseada no princípio de que a posição aparente de uma estrela muda levemente quando observada de dois pontos diferentes ao longo da órbita da Terra (com seis meses de intervalo), a paralaxe permitiu, pela primeira vez, calcular com precisão a distância até as estrelas mais próximas. Em 1838, Friedrich Bessel foi o primeiro a usar esse método com sucesso, determinando a distância da estrela 61 Cygni. A partir daí, a paralaxe tornou-se uma das bases fundamentais da astrometria, abrindo caminho para a compreensão da escala do Universo.

Agora, com os recentes planos do Elon Mosca de ir para Marte ele deseja conferir o experimento de Bessel dessa vez no planeta escarlate. Sabendo que o ângulo paralático de 61 Cygni é 286.8 mas na Terra calcule a distância, da estrela ao sistema solar e depois o ângulo paralático visto em Marte

- (a) 3,5 pc e 430.2 mas
- (b) 3,5 pc e 286.8 mas
- (c) 3,5 pc e 143.3 mas
- (d) 7,0 pc e 286.8 mas
- (e) 7,0 pc e 143.3 mas

Solução:



Pela formula da paralaxe temos que:

$$d[pc] = \frac{1UA}{\theta_T["]} = 3,48pc$$

Utilizando-a novamente

$$\theta_M = \frac{1,5UA}{d[pc]} = 430,2mas$$

Letra A

Questão 10. Em 1923, a comunidade astronômica estava dividida por uma questão fundamental, conhecida como “O Grande Debate”. De um lado, Harlow Shapley defendia que a nossa galáxia, a Via Láctea, era todo o universo, e que as “nebulosas espirais”, como Andrômeda, eram apenas nuvens de gás em seu interior. Do outro, Heber Curtis argumentava que essas nebulosas eram, na verdade, “universos-ilha”, galáxias imensas e distantes, assim como a nossa.

Para resolver este impasse, o astrônomo Edwin Hubble apontou o telescópio Hooker de 100 polegadas para a Grande Nebulosa de Andrômeda e descobriu estrelas variáveis Cefeidas. Você, como assistente de Hubble, tem a missão de usar os dados de uma dessas estrelas, a V1, para calcular a distância até Andrômeda e finalmente dar um veredito ao debate.

Dados Fornecidos:

- **Gráfico da Curva de Luz da Cefeida V1:**
- **Relação Período-Luminosidade das Cefeidas:** A lei descoberta observacionalmente por Henrietta Leavitt, que para estas estrelas é:

$$M = -2.81 \cdot \log_{10}(P) - 1.43$$

Onde M é a Magnitude Absoluta e P é o período de pulsação em dias.

Curva de Luz da Cefeida V1 em Andrômeda

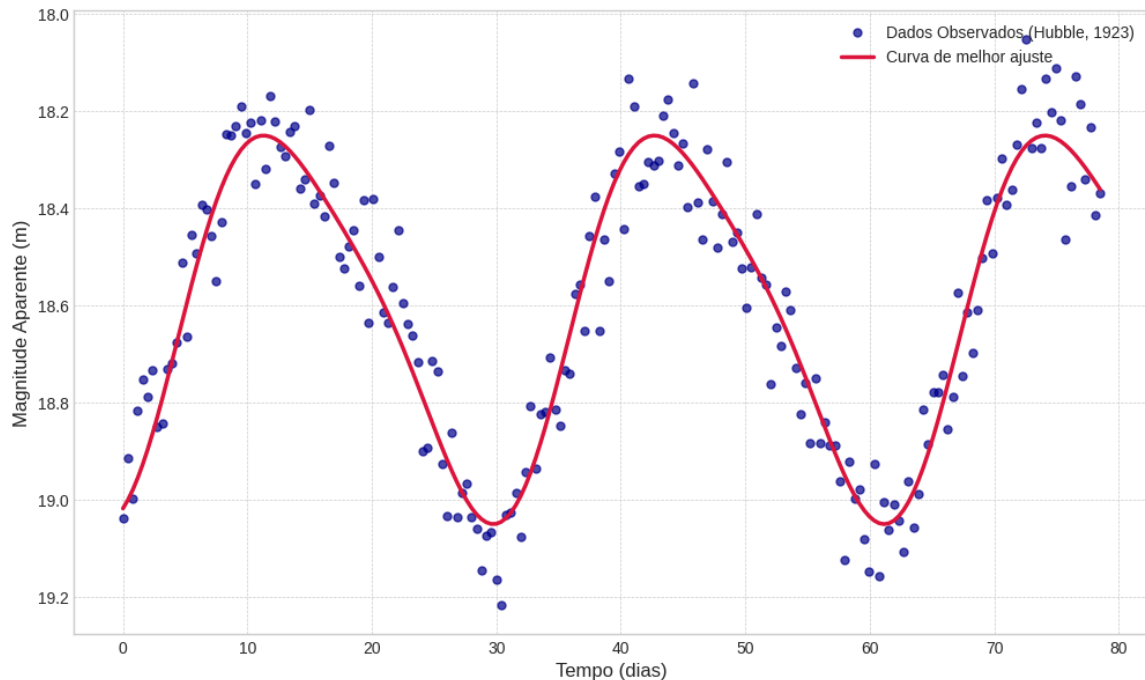


Gráfico simulado baseado nos dados históricos da estrela variável V1, crucial para o Grande Debate de 1920.

- **Módulo de Distância:** A fórmula que relaciona as magnitudes com a distância (d) em parsecs:

$$m - M = 5 \cdot \log_{10}(d) - 5$$

Onde m é a Magnitude Aparente média, obtida do gráfico.

Com base na sua análise, qual é a distância aproximada até a Nebulosa de Andrômeda e qual lado do Grande Debate a sua descoberta apoia?

- a) 28.500pc, apoiando a visão de Shapley de que Andrômeda está dentro da Via Láctea.
- b) 70.000pc, apoiando a visão de Shapley de que Andrômeda está na borda da Via Láctea.
- c) 285.000pc, apoiando a visão de Curtis de que Andrômeda é um objeto extragaláctico.
- d) 700.000pc, apoiando a visão de Curtis de que Andrômeda é um “universo-ilha” muito distante.
- e) 2.850.000pc, apoiando a visão de Shapley que a Via Láctea é todo o universo.

Solução:

Para resolver o Grande Debate, precisamos seguir os passos de Hubble e usar a Cefeida V1 como uma “vela padrão” para medir a distância até Andrômeda.

Primeiro, analisamos o gráfico para extrair as informações da estrela. Observando os picos de brilho, vemos que eles ocorrem aproximadamente nos dias 10, 41 e 72. O período (P) é o tempo entre dois picos, então $P \approx 41 - 10 = 31$ dias, ou $P \approx 72 - 41 = 31$ dias. Vamos usar um período médio de **31 dias**. No gráfico, a magnitude aparente (m) oscila entre 18.2 e 19.0. A magnitude aparente média é, portanto, $m \approx \frac{18.2+19.0}{2} = 18.6$.

Com o período em mãos, usamos a Relação Período-Luminosidade para encontrar a Magnitude Absoluta

(M) da estrela, que é o seu brilho intrínseco:

$$M = -2.81 \cdot \log_{10}(31) - 1.43$$

$$M \approx -2.81 \cdot (1.49) - 1.43 \approx -4.19 - 1.43 = -5.62$$

Agora que temos a magnitude aparente ($m = 18.6$) e a absoluta ($M = -5.62$), usamos a fórmula do Módulo de Distância para encontrar o que realmente importa: a distância (d).

$$18.6 - (-5.62) = 5 \cdot \log_{10}(d) - 5$$

$$24.22 = 5 \cdot \log_{10}(d) - 5$$

$$29.22 = 5 \cdot \log_{10}(d)$$

$$\log_{10}(d) = \frac{29.22}{5} = 5.844$$

Para encontrar d , calculamos o antilogaritmo:

$$d = 10^{5.844} \rightarrow \boxed{d \approx 698.230 \text{ pc}}$$

Na época, a Via Láctea era estimada em cerca de 100.000 parsecs de diâmetro. Uma distância de quase 700.000 parsecs coloca a Nebulosa de Andrômeda muito além das fronteiras da nossa galáxia. Esta descoberta revolucionária provou que Heber Curtis estava certo.

Analisando as alternativas, o valor histórico encontrado por Hubble foi um pouco maior, e o valor mais próximo que representa essa conclusão é o da alternativa **d)**. (Nota: O valor moderno para a distância de Andrômeda é de cerca de 780.000 parsecs, mas os cálculos de Hubble o levaram a um valor um pouco menor, mas ainda conclusivo).

Resposta Correta: d) 950.000 parsecs, apoiando a visão de Curtis de que Andrômeda é um “universo-ilha” muito distante.

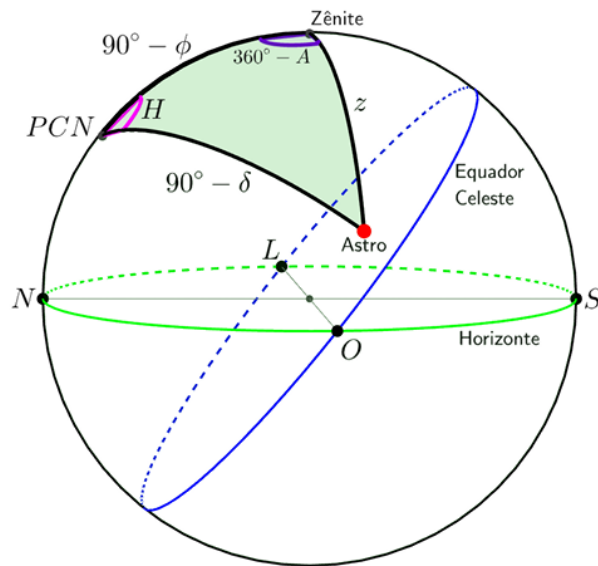
Questão 11. Rotieh Obazs está em um retiro de sua igreja na cidade de Socorro, sem acesso a nenhum aparelho moderno (inclusive relógios). Por isso, decide desfocar na observação do Sol no céu para tentar descobrir que horas são. No entanto, ele não consegue concluir seus cálculos e lhe fornece os seguintes dados, obtidos no dia 05/07/2025:

$$\phi \approx 22^\circ 35' 29'' \quad (\text{latitude de Socorro})$$

$$h_{\odot} = 28^\circ 5' \quad (\text{altura do Sol no momento da observação})$$

Com base nas relações de trigonometria esférica apresentadas na questão 1 e no triângulo da posição mostrado na imagem a seguir, e desprezando os efeitos da equação do tempo, determine o horário aproximado da observação feita por Rotieh Obazs:

- a) 13h
- b) 14h
- c) 15h
- d) 16h
- e) 17h



Solução: Pelo fato de a data estar próxima do solstício de verão do Hemisfério Norte, podemos aproximar a declinação do Sol como $\delta = 23,5^\circ$.

Sabendo que $z = 90^\circ - h$, e aplicando a lei dos cossenos no triângulo da posição, temos:

$$\cos(90^\circ - h) = \cos(90^\circ - \phi) \cos(90^\circ - \delta) + \sin(90^\circ - \phi) \sin(90^\circ - \delta) \cos(H)$$

Utilizando as identidades trigonométricas $\cos(90^\circ - x) = \sin(x)$ e $\sin(90^\circ - x) = \cos(x)$, a equação se simplifica para:

$$\sin h = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos H$$

Isolando H , temos:

$$H = \arccos \left(\frac{\sin h - \sin \phi \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta} \right)$$

Substituindo os valores, encontramos:

$$H \approx 42,53^\circ$$

Sabendo que $15^\circ = 1 \text{ h}$, temos:

$$H \approx \frac{42,53^\circ}{15^\circ/\text{h}} \rightarrow \boxed{H \approx 2,83 \text{ h}}$$

Como já passou do meio-dia (o que é indicado pelas alternativas), o Sol está a aproximadamente 2,83 horas após a passagem meridiana. Portanto, o horário da observação é cerca de: $12 \text{ h} + 2,83 \text{ h} \approx 14,83 \text{ h}$. Isso equivale a aproximadamente 14h50min. Desconsideramos efeitos como o fuso horário e a equação do tempo (já que o Sol verdadeiro não coincide exatamente com o Sol médio, aquele adotado teoricamente para evitar discrepâncias nos relógios ao longo do ano), por isso não chegamos no valor exato.

Resposta correta: c) 15h

Questão 12. A fase de um satélite (ϕ) refere-se à fração de sua superfície iluminada pelo Sol que é visível a um observador na Terra. Assim como ocorre com a Lua, um satélite artificial também apresenta fases distintas ao longo de sua órbita, dependendo da geometria entre ele, o Sol e o observador. Esse fenômeno influencia diretamente o brilho aparente do objeto, sendo mais brilhante quando grande parte da face iluminada está

voltada para a Terra e menos brilhante quando vemos majoritariamente sua face não iluminada..

Nesse sentido, o engenhoso astrônomo Tio Chico decide brincar um pouco com esse conceito. Com um potente fotômetro em mãos, ele mede a magnitude aparente e o raio angular de um determinado satélite em dois momentos distintos:

- $m_1 = 14,2 \text{ mag}$; $\theta_1 = 0,340''$
- $m_2 = 14,4 \text{ mag}$; $\theta_2 = 0,320''$

Além disso, por você estar em um dia de sorte, um passarinho resolve te assoprar uma relação matemática entre a magnitude aparente (m), magnitude absoluta (M), distância (d) e fase (ϕ) de um objeto:

$$m - M = 5 \log(d) - 2,5 \log(\phi) - 5$$

Com base em tudo que foi exposto, qual a razão entre as fases do satélite nos instantes 1 e 2?

- a) $\phi_1/\phi_2 \approx 1,07$
- b) $\phi_1/\phi_2 \approx 0,74$
- c) $\phi_1/\phi_2 \approx 0,94$
- d) $\phi_1/\phi_2 \approx 1,36$
- e) $\phi_1/\phi_2 \approx 0,86$

Solução: Sabemos que o raio angular de um objeto é inversamente proporcional à sua distância ao observador. Desse modo, podemos escrever que:

$$\theta \propto \frac{1}{d} \implies \frac{\theta_1}{\theta_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

Agora, particularizando a expressão fornecida para os instantes 1 e 2:

$$m_1 - M = 5 \log(d_1) - 2,5 \log(\phi_1) - 5$$

$$m_2 - M = 5 \log(d_2) - 2,5 \log(\phi_2) - 5$$

Subtraindo essas equações e substituindo a razão entre as distâncias pela razão entre os raios angulares:

$$\begin{aligned} m_1 - m_2 &= 5 \log\left(\frac{\theta_2}{\theta_1}\right) - 2,5 \log\left(\frac{\phi_1}{\phi_2}\right) \\ \implies \log\left(\frac{\phi_1}{\phi_2}\right) &= \frac{5 \log\left(\frac{\theta_2}{\theta_1}\right) + m_2 - m_1}{2,5} \end{aligned}$$

Calculando:

$$\begin{aligned} \log\left(\frac{\phi_1}{\phi_2}\right) &\approx 0,0273 \\ \implies \boxed{\frac{\phi_1}{\phi_2} \approx 1,07} \end{aligned}$$

Resposta correta: a) $\phi_1/\phi_2 \approx 1,07$

Questão 13. Durante uma expedição noturna no Deserto do Saara, a astrônoma brasileira Fernanda montou seu telescópio nas proximidades do Trópico de Câncer (latitude $\phi = 23^\circ 26'$). Em seu catálogo estelar, encontrou

uma antiga estrela pouco conhecida, registrada com declinação $\delta = -46^{\circ}34'$, e quis saber se conseguiria observá-la durante a madrugada, mesmo que brevemente. Além de determinar se a estrela chega a nascer, Layla também queria saber em que direção do horizonte ela culminaria. Com base na latitude da observadora e na declinação da estrela, determine:

- Se a estrela pode ser observada ao longo da noite.
- Em que direção cardinal a estrela culmina.

- a) A estrela não nasce nesse local.
- b) A estrela nasce e culmina ao norte.
- c) A estrela nasce e culmina exatamente no zênite.
- d) A estrela nasce e culmina ao sul.
- e) A estrela nasce e culmina no leste.

Solução: Para saber se a estrela é visível em algum momento, verificamos sua altura na culminação (quando cruza o meridiano):

$$h = 90^{\circ} - |\phi - \delta|$$

Substituindo:

$$h = 90^{\circ} - |23^{\circ}26' - (-46^{\circ}34')|$$

$$h = 90^{\circ} - |23^{\circ}26' + 46^{\circ}34'|$$

$$h = 90^{\circ} - 70^{\circ} = 20^{\circ}$$

Como a altura da culminação é 20° acima do horizonte, a estrela é visível.

Como a declinação da estrela é negativa (sul celeste) e a latitude da observadora é positiva (norte geográfico), a estrela só pode culminar no lado sul do céu. A estrela cruza o meridiano sul ao atingir sua altura máxima.

Resposta correta: d) A estrela nasce e culmina ao sul.

Questão 14. Durante uma sessão de observação no deserto do Atacama, a estudante Maria apontou seu telescópio refletor de 150 mm de diâmetro para observar uma estrela dupla muito próxima, cuja separação angular é de 1,1 segundos de arco. Ela utilizava um filtro azul, centrado em 450 nm, para obter melhor contraste. Para saber se seu telescópio seria capaz de distinguir visualmente as duas estrelas, Maria decidiu calcular o limite de resolução angular usando a fórmula de Rayleigh:

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

Onde:

- θ é o menor ângulo separável (em radianos)
- λ é o comprimento de onda da luz (em metros)
- D é o diâmetro do espelho (em metros)

Considere: $1 \text{ rad} = 206.26523''$

Com base no limite de difração calculado, o telescópio de Maria conseguirá resolver a estrela dupla?

- a) Sim, o limite de resolução é de aproximadamente $0,75''$, menor que a separação.
- b) Não, o limite de resolução é de aproximadamente $1,38''$, maior que a separação.
- c) Sim, o limite de resolução é de $1,1''$, exatamente igual à separação.
- d) Não, o limite de resolução é de $2,4''$, acima do necessário.
- e) Sim, mas apenas com um filtro de comprimento de onda menor que 400 nm.

Solução:

Converter as unidades:

$$D = 150\text{mm} = 0,150\text{m}$$

$\lambda = 450\text{nm} = 450 \times 10^{-9}\text{m}$ Substituir os valores na fórmula de Rayleigh:

$$\theta = 1,22 \times \frac{450 \times 10^{-9}}{0,150}$$

$$\theta = 3,66 \times 10^{-6}\text{rad}$$

Converter para segundos de arco:

Sabendo que $1\text{ rad} = 206.265''$

$$\theta = 3,66 \times 10^{-6} \times 206265 \approx 0,755''$$

Comparar com a separação da estrela dupla:

- Limite do telescópio: $0,755''$
- Separação real: $1,1''$

Como $0,755'' < 1,1''$, o telescópio é capaz de separar as duas estrelas

Resposta correta: a) Sim, o limite de resolução é de aproximadamente $0,755''$, menor que a separação.

Questão 15. Melissa, uma menina apaixonada por observar o céu noturno, estava no quintal de casa em São Paulo às 21h35 do dia 14 de julho de 2024, observando o céu de inverno com seu binóculo e um velho mapa celeste. Naquela noite limpa e fria, ela encontrou uma região do céu repleta de estrelas e nebulosas, com uma constelação particularmente brilhante chamando sua atenção. Analisando a imagem celeste que observava, Melissa percebeu que aquela região incluía partes de três constelações próximas entre si.



Esta imagem contém partes de algumas constelações. Identifique o trio correto:

- a) Escorpião, Lupus, Orion
- b) Sagitário, Corona Australis, Hércules
- c) Escorpião, Sagitário, Corona Australis
- d) Libra, Ara, Capricórnio
- e) Centaurus, Crux, Musca

Solução:



Resposta correta: c) Escorpião, Sagitário, Corona Australis

Questão 16. Observando um sistema binário, Bellinha descobriu que a estrela A tinha um brilho mais azulado que o brilho da estrela B, coletando suas magnitudes ela percebeu que $m_A = 2,39$ e $m_B = 0,89$. Sabendo disso, julgue as afirmações a seguir e assinale a alternativa com as afirmações corretas:

- I. A temperatura da estrela A é maior do que a temperatura da estrela B.
- II. As estrelas possuem o mesmo raio.
- III. Como se trata de um sistema binário, ambas as estrelas estão orbitando uma terceira estrela.
- IV. A estrela A é menor do que a estrela B.
- V. Todos os sistemas binários são impossíveis de ser resolvidos, mesmo com telescópios. A única maneira de detectá-los é através de observações de curvas de luz que demonstram eclipses.

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

Solução: Analisando as informações fornecidas, pela cor das estrelas, percebemos que a estrela A é mais quente do que a estrela B. Estrelas mais quentes, tendem mais ao azul, e estrelas mais frias tendem ao vermelho, como por exemplo estrelas no fim da vida. Como se trata de um sistema binário, podemos considerar que ambas as estrelas estão à mesma distância do observador, portanto comparar suas magnitudes é análogo a comparar suas luminosidades. A estrela A é muito menos luminosa do que a estrela B, mas, como

concluído anteriormente, muito mais quente. Analisando a Lei de Stefan Boltzman, podemos observar que, portanto, a estrela A é muito menor do que a estrela B. Julgando os itens, chegamos na resposta correta:

Letra C

Questão 17. Alpha Piscis Austrinus, mais conhecida como Fomalhaut, é uma estrela característica do hemisfério sul celeste. Por ser a única estrela brilhante em sua região, diversas culturas nativas a interpretavam como uma viajante solitária, com lendas que a descreviam desde um espírito vigilante até um presságio de mudanças climáticas. Em 2012, descobriu-se que Fomalhaut possui um companheiro - Dagon, o primeiro exoplaneta a ser imageado diretamente no visível. Considerando que Dagon descreve uma órbita circular e face-on, estime o período orbital T do sistema.

Dados:

Massa M de Fomalhaut: $1,92 M_{\odot}$

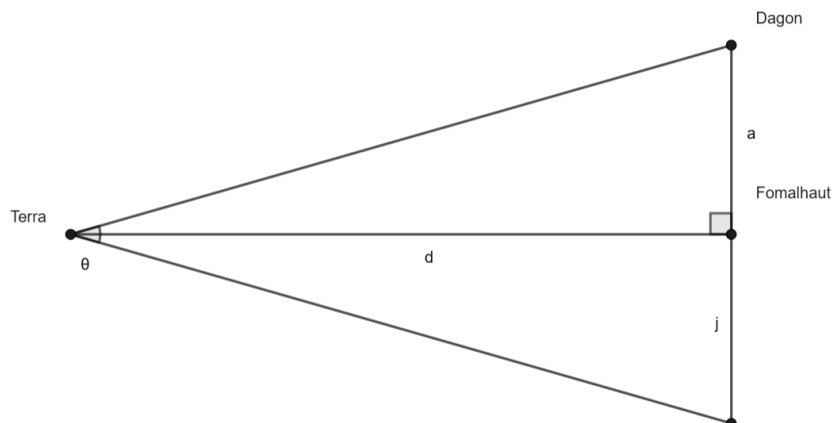
Distância d até Fomalhaut: 25 anos-luz

Distância angular θ entre Dagon e Fomalhaut: $23,1''$

- a) 3600 anos
- b) 350 anos
- c) 1400 anos
- d) 1700 anos
- e) 950 anos

Solução: Inicialmente, vamos usar a expressão para o diâmetro angular para calcular o valor do semi-eixo maior a da órbita de Dagon:

$$\tan\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{a}{2d} \Rightarrow a = 2d \cdot \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) \approx 2,80 \cdot 10^{-7} \text{ anos-luz} \Rightarrow a \approx 2,65 \cdot 10^{13} \text{ m}$$



Perceba que podemos usar essa representação para órbita de Dagon porque foi dito que a orientação da mesma é face-on. Por seguinte, como Dagon é um exoplaneta podemos supor sua massa suficientemente pequena para aplicar a seguinte lei de Kepler:

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM} \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{GM}} \approx 5,36 \cdot 10^{10} \text{ s} \Rightarrow T \approx 1700 \text{ anos}$$

Letra D

Questão 18. Um grupo de estudantes de engenharia espacial, liderados por Huyaa, está projetando um novo satélite de sensoriamento remoto. Este satélite será colocado em uma órbita circular ao redor da Terra, com um período orbital de 6 horas. Assumindo que a órbita da Lua ao redor da Terra tem um período de aproximadamente 27 dias e um raio orbital médio de 3.8×10^5 km, qual é a altitude aproximada (acima da superfície da Terra) deste novo satélite? (Considere o raio médio da Terra como 6.37×10^3 km e use a Terceira Lei de Kepler: $P^2 \propto a^3$)

- (a) 10330 km
- (b) 16700 km
- (c) 35786 km
- (d) 42164 km
- (e) 5000 km

Solução:

Primeiro, convertamos os períodos para as mesmas unidades (horas):

$$P_{\text{sat}} = 6 \text{ h}; P_{\text{lua}} = 27 \text{ dias} \times 24 \text{ h/dia} = 648 \text{ h}$$

Usamos a Terceira Lei de Kepler:

$$\frac{P_{\text{sat}}^2}{a_{\text{sat}}^3} = \frac{P_{\text{lua}}^2}{a_{\text{lua}}^3}$$

Isolamos a_{sat}^3 :

$$a_{\text{sat}}^3 = a_{\text{lua}}^3 \left(\frac{P_{\text{sat}}}{P_{\text{lua}}} \right)^2 \approx 4.704 \times 10^{12} \text{ km}^3$$

Calculamos a_{sat} :

$$a_{\text{sat}} = \sqrt[3]{4.704 \times 10^{12} \text{ km}^3} \approx 16700 \text{ km}$$

A altitude é a distância do centro da Terra menos o raio da Terra:

$$\text{Altitude} = a_{\text{sat}} - R_{\text{Terra}} = 16700 \text{ km} - 6370 \text{ km} = 10330 \text{ km}$$

Letra A

Questão 19. Um astrônomo amador, João Victor, observa dois exoplanetas, Alfa e Beta, que orbitam a mesma estrela em órbitas aproximadamente circulares. O planeta Alfa tem um período orbital de $P_{\alpha} = 3.0$ anos, e o planeta Beta tem um período orbital de $P_{\beta} = 5.0$ anos. Se em um determinado momento eles se encontram em conjunção (alinhados com a estrela e na mesma direção), depois de quanto tempo, aproximadamente, essa configuração de alinhamento se repetirá?

- (a) 2.0 anos
- (b) 7.5 anos
- (c) 8.0 anos

- (d) 15.0 anos
(e) 1.5 anos

Solução:

O tempo para que uma configuração de alinhamento se repita entre dois corpos em órbita é dado pelo período sinódico (S). A fórmula para o período sinódico é:

$$S = \frac{P_1 \times P_2}{|P_2 - P_1|}$$

Substituindo os valores dos períodos orbitais $P_\alpha = 3.0$ anos e $P_\beta = 5.0$ anos:

$$S = \frac{3.0 \text{ anos} \times 5.0 \text{ anos}}{|5.0 \text{ anos} - 3.0 \text{ anos}|} S = \frac{15.0 \text{ anos}^2}{2.0 \text{ anos}} S = 7.5 \text{ anos}$$

Letra B

Questão 20. Engenheiros do NOIC estão calculando a velocidade necessária para um satélite que será colocado em uma órbita circular ao redor da Terra a uma altitude de 800 km acima da superfície. Qual é a velocidade orbital aproximada que este satélite deve ter para manter sua órbita?

- (a) 5.5 km/s
(b) 6.8 km/s
(c) 7.5 km/s
(d) 8.2 km/s
(e) 9.0 km/s

Solução:

Primeiro, calculamos o raio da órbita (r), que é a soma do raio da Terra e da altitude do satélite.

$$r = R_T + \text{altitude} = 6.37 \times 10^6 \text{ m} + 0.8 \times 10^6 \text{ m} = 7.17 \times 10^6 \text{ m}$$

A velocidade orbital (v) em uma órbita circular é dada pela fórmula:

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

Substituindo os valores:

$$v = \sqrt{\frac{(6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2) \times (5.97 \times 10^{24} \text{ kg})}{7.17 \times 10^6 \text{ m}}} \approx 7451 \text{ m/s}$$

Convertendo para km/s:

$$v \approx 7.45 \text{ km/s}$$

Letra C