

Olimpíada Brasileira Online de Física

2ª Fase - 26 e 27 de outubro de 2025

Nome: _____

Série: _____

Nível JL
Ensino Fundamental
6ª e 7ª séries

Instruções de Prova

- I. Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos das **6ª e 7ª séries do ensino médio**. Ela contém **10** questões.
- II. A duração máxima desta prova é de **quatro horas**. Além do tempo de prova, serão concedidos **5 minutos** correspondentes ao preenchimento online do gabarito.
- III. A prova deve ser feita individualmente e não é permitido falar sobre a solução das questões durante o período de aplicação da prova **dias 26 e 27 de outubro de 2025**.
- IV. Se necessário, e a menos que indicado ao contrário, use: $\pi = 3,0$; $\sqrt{2} = 1,4$; $\sqrt{3} = 1,7$; $\sqrt{5} = 2,2$; $\sin 30^\circ = 0,50$; $\cos 30^\circ = 0,85$; $\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = 0,70$; aceleração gravitacional na superfície da terra $g = 10 \text{ m/s}^2$; calor específico da água líquida $c_a = 1 \text{ cal/(g}^\circ\text{C)}$; calor latente de fusão do gelo $L = 80 \text{ cal/g}$; $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$; densidade da água líquida $\rho = 1,0 \text{ g/cm}^3$.

Apoio:



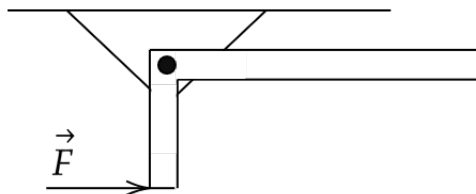


Curiosidades:

José Leite Lopes (Recife, 28 de outubro de 1918 — Rio de Janeiro, 12 de junho de 2006) foi um dos grandes nomes da física teórica brasileira. Destacou-se por estudos fundamentais em física de partículas, como a previsão do bóson Z, que mais tarde se tornaria parte essencial da teoria eletrofraca. Foi um dos fundadores do CBPF e teve papel central na criação do CNPq e da FINEP. Dirigiu importantes instituições científicas, como o CBPF e o Instituto de Física da UFRJ. Recebeu o Prêmio de Ciência da UNESCO, sendo o único físico brasileiro a conquistar essa honra.



Questão 1. Uma barra homogênea de largura e espessura uniformes e pequenas, em forma de L, é articulada sem atrito e é sustentada por uma força perpendicular $\vec{F}$. A parte horizontal tem comprimento x , já a parte vertical tem comprimento y . Sendo m a massa total da barra, calcule:



- a) a massa da parte horizontal m_h e vertical m_v . Deixe sua resposta em função de m , x e y
- b) a intensidade da força F . Deixe sua resposta em função de m , g , x e y

Resolução:

a) Como a barra é homogênea, podemos afirmar que a barra tem uma densidade linear (massa/comprimento) constante. Logo:

$$\lambda = \frac{m}{x + y}$$

$$\lambda = \frac{m_h}{x}$$

$$\lambda = \frac{m_v}{y}$$

Substituindo as equações obtemos:

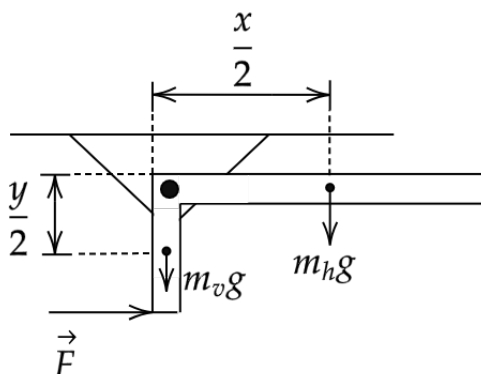
$$\frac{m_h}{x} = \frac{m}{x + y}$$

$$m_h = m \frac{x}{x + y}$$

$$\frac{m_v}{y} = \frac{m}{x + y}$$

$$m_v = m \frac{y}{x + y}$$

b) Podemos dividir a barra em horizontal e vertical, fazendo isso, obtemos o seguinte diagrama de forças:



Calculando o torque em relação ao ponto de apoio, obtemos que:

$$\tau = m_h g \frac{x}{2} - Fy$$

Perceba que o peso da massa vertical não contribui para o torque, já que a direção do peso é paralela ao comprimento.

Como o sistema encontra-se em equilíbrio, temos que:

$$\begin{aligned}\tau &= 0 \\ 0 &= m_h g \frac{x}{2} - Fy\end{aligned}$$

Substituindo a massa horizontal m_h encontrada em a):

$$\begin{aligned}m_h g \frac{x}{2} &= Fy \\ \frac{mx}{x+y} \frac{x}{2} g &= Fy \\ F &= \frac{mx^2 g}{2y(x+y)}\end{aligned}$$

Mark Scheme:

Item a): Definir a densidade linear constante $\lambda = m/(x+y)$: +2pts Calcular $m_h = m \frac{x}{x+y}$: +1.5pts Calcular $m_v = m \frac{y}{x+y}$: +1.5pts

Item b): Aplicar a condição de equilíbrio de torques ($\tau_{net} = 0$) em relação ao pivô: +2pts Identificar os braços de alavanca corretos ($x/2$ para m_h e y for F): +1.5pts Escrever a equação de torque $m_h g \frac{x}{2} = Fy$: +1pt Substituir m_h e isolar F corretamente: +0.5pts

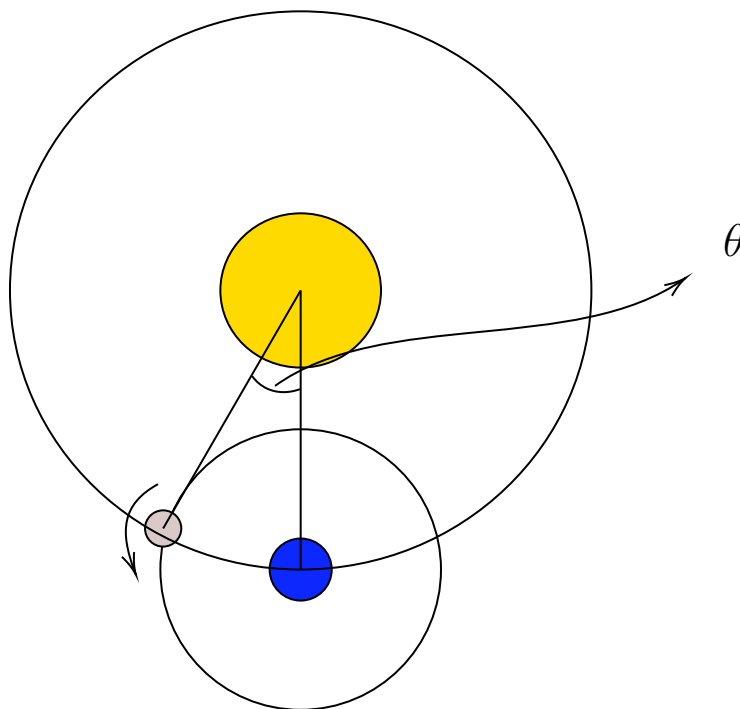
Questão 2. Em um curioso sistema, o planeta Alves percorre uma órbita circular de raio R em torno da estrela Praca. Além disso, o planeta Alves rotaciona em torno do seu próprio eixo com um período S_A e a lua James percorre uma órbita circular de raio $r \ll R$ em torno do planeta com um período $S_J < S_A$. Considere que a rotação de Alves ocorre no mesmo plano que a translação de James e que a massa de Alves é muito menor que a de Praca, mas muito maior que a de James.

- (a) Supondo que a rotação de Alves ocorre no mesmo sentido que a translação de James, encontre o período para que uma mesma configuração entre os dois corpos se repita. Deixe seu resultado em função de S_A e



S_J . (2,5pts)

- (b) Supondo que a rotação de Alves ocorre no sentido oposto que a translação de James, encontre o período para que uma mesma configuração entre os dois corpos se repita. Deixe seu resultado em função de S_A e S_J . (2,5pts)
- (c) Agora, observa-se um momento em que James está a uma distância R de Praça. Veja a figura fora de escala para entender melhor:

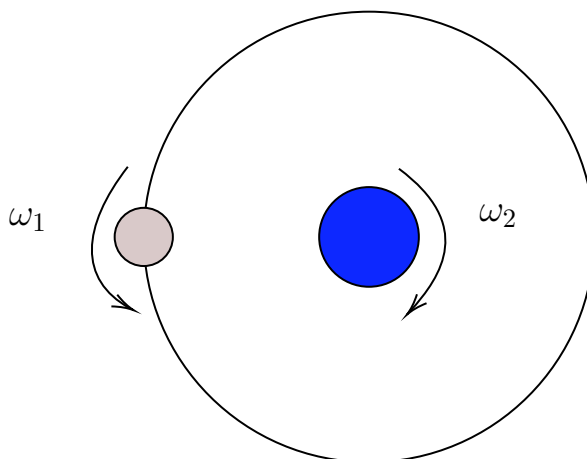


Encontre uma expressão aproximada para o ângulo θ mostrado na figura. Deixe sua resposta em função de R e r . (2pt)

- (d) Considerando que a translação de James em torno de Alves ocorre no sentido mostrado na figura, encontre, aproximadamente, o tempo necessário desde da situação do item anterior até que James esteja a uma distância R de Praça novamente. Deixe sua resposta em função de S_J , r e R . (3pts)

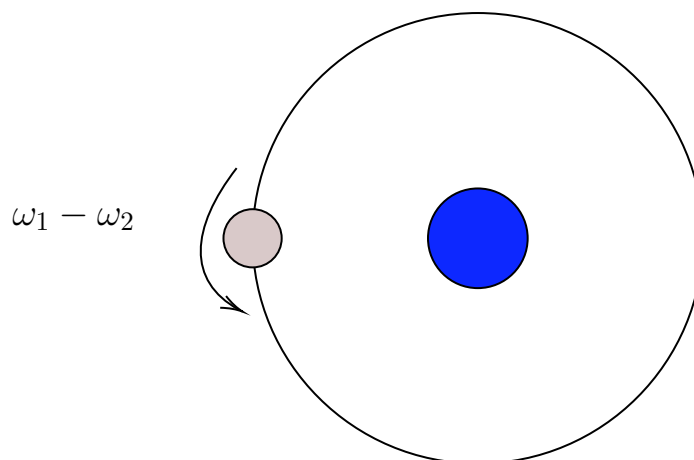
Solução:

- (a) Veja a figura representando a situação:





Se formos para o referencial que gira junto ao planeta com uma velocidade angular ω_2 , temos a situação:



Nesse referencial, o período da translação da lua é o tempo requisitado. Logo:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_1 - \omega_2} = \frac{1}{\frac{1}{S_J} - \frac{1}{S_A}} \rightarrow \boxed{T = \frac{S_A S_J}{S_A - S_J}}$$

(1,5pts) Modelar de maneira correta e precisa o movimento.

(1pt): Expressão final encontrada corretamente.

- (b) Analogamente, ao mudarmos para o referencial girante, a velocidade angular de James fica $\omega = \omega_1 + \omega_2$. Dessa maneira, o período requisitado será:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_1 + \omega_2} = \frac{1}{\frac{1}{S_J} + \frac{1}{S_A}} \rightarrow \boxed{T = \frac{S_A S_J}{S_A + S_J}}$$

(1,5pts) Modelar de maneira correta e precisa o movimento.

(1pt): Expressão final encontrada corretamente.

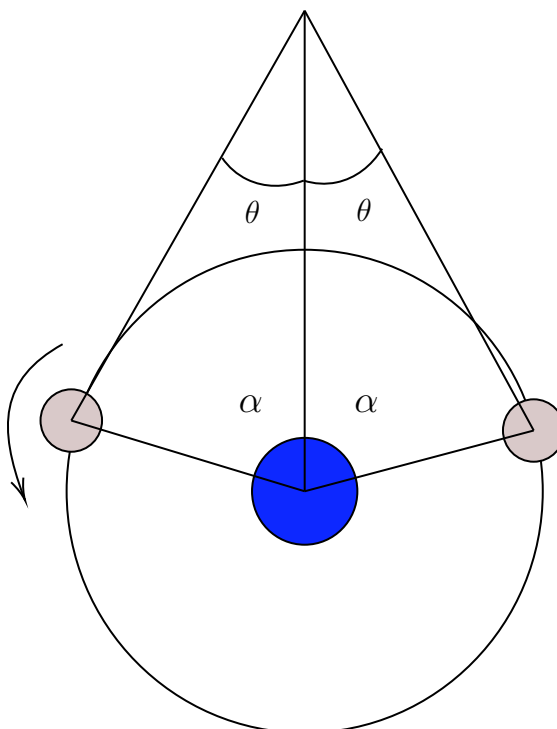
- (c) Como $r \ll R$, o raio da órbita de James é aproximadamente igual ao arco referente ao ângulo θ . Dessa maneira, pela relação entre um ângulo e seu arco:

$$\boxed{\theta = \frac{r}{R}}$$

(1pt) Perceber que o arco da circunferência é aproximadamente igual a r (ou outra informação de mesmo valor caso tenha sido feito de outra maneira).

(1pt) Expressão final encontrada corretamente.

- (d) Veja a figura:



Analisando os triângulos isósceles na figura, percebe-se que o ângulo α é:

$$\alpha = \frac{\pi - \theta}{2}$$

Assim, o ângulo de translação que James precisa percorrer é $2\pi - 2\alpha = \pi + \theta$. Dessa maneira, o tempo será:

$$\omega \Delta t = \pi + \theta \rightarrow \Delta t = \frac{S_J}{2} \left(1 + \frac{r}{\pi R} \right)$$

(1pt) Por modelar corretamente o movimento.

(1pt) Por encontrar corretamente a expressão para o ângulo de rotação $\pi + \theta$.

(1pt) Expressão final encontrada corretamente.

Questão 3. Uma esfera de metal (com volume igual $V = 1\text{L}$, massa de 200kg e calor específico $c = 900\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$) está em uma temperatura inicial de 800°C é colocada em um reservatório de água com temperatura inicial de 70°C .

- (a) Calcule o volume submerso da esfera no começo, em litros, antes das trocas de calor começarem. (3pts)
- (b) Calcule a temperatura de equilíbrio do sistema. (4pts)
- (c) Calcule a massa final de água líquida de no sistema. Quanto calor adicional ao sistema é necessário para que toda a água seja vaporizada? (3pts)

Solução

- (a) Escrevendo a equação de equilíbrio hidroestático:



$$\text{Peso} = \text{Empuxo} \rightarrow \rho_1 V g = \rho_2 V_S g \rightarrow V_S = \frac{\rho_1}{\rho_2} V = 200\text{L}$$

Onde ρ_1 é a densidade da esfera e ρ_2 a da água. Como $V = 1\text{L}$, o volume submerso será de 1L.

(1,5pt) Por argumentar acerca das densidades ou equacionar o empuxo.

(1,5pt) Por encontrar corretamente 1L.

(b) Vamos, inicialmente, assumir que a água não entra em ebulição. O calor trocado pela esfera é:

$$Q_1 = m_1 c_1 (T - T_e)$$

Onde m_1 e c_1 são a massa e o calor específico da esfera. Também temos o calor da água:

$$Q_2 = m_2 c_2 (T - T_0)$$

Por conservação de energia, a soma desses dois calores deve ser 0. Assim, podemos encontrar T :

$$T_f = \frac{m_1 c_1 T_e + m_2 c_2 T_0}{(m_1 c_1 + m_2 c_2)} = 100^\circ\text{C}$$

(2pt) Por equacionar o calor

(2pt) Por encontrar corretamente $T_f = 100^\circ\text{C}$.

(c) Como a temperatura que calculamos anteriormente não é maior que a da temperatura de ebulição da água, nenhum calor foi usado para vaporizar a mesma. Assim, a massa final é igual a inicial (1000kg). Como a temperatura de equilíbrio é de 100°C , o calor necessário é apenas o calor da mudança de fase:

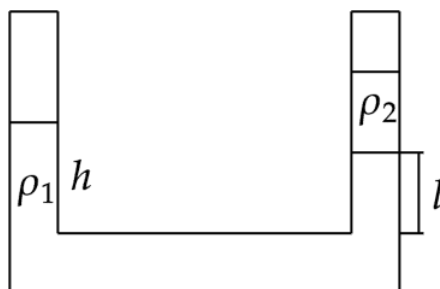
$$Q = mL \approx 2,26 \cdot 10^9 \text{J}$$

(1pt) Encontrou corretamente a massa final.

(2pts) Encontrar o calor necessário.

Observação: O enunciado não contém os valores do volume de água e do calor latente de vaporização da água. Porém, durante a prova os mesmos foram fornecidos.

Questão 4. Um tubo em u contém dois líquidos imiscíveis de densidades diferente conforme a figura a seguir. Qual é a diferença da altura dos líquidos entre os dois tubos?



Solução: Pelo teorema de Stevin podemos dizer que:



$$\rho_2 \cdot g \cdot d = \rho_1 \cdot g(h - l)$$

$$d = \frac{\rho_1}{\rho_2}(h - l)$$

Chegou em d +7pts

Portanto a diferença de altura é:

$$\Delta h = d + l - h = \frac{\rho_1}{\rho_2}(h - l) + l - h$$

Chegou na resposta correta +3pts

Questão 5. Prostaferese é um artifício matemático que nos ajuda a somar senos e cossenos. É muito utilizado em óptica-física, como na demonstração do experimento de fenda dupla de Young. Neste exercício, seu objetivo é provar que:

$$\sin(x) + \sin(y) = 2\sin\left(\frac{x+y}{2}\right) \cdot \cos\left(\frac{x-y}{2}\right)$$

sabendo que:

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin(\alpha)\cos(\beta) \pm \sin(\beta)\cos(\alpha)$$

(Dica: escreva seus ângulos como um sistema de soma e diferença e expanda as coisas!)

Solução: Definindo os ângulos:

$$x = a + b; \quad y = a - b;$$

Escreveu o sistema +4pts

Portanto:

$$a = \frac{x+y}{2}; \quad b = \frac{x-y}{2}$$

$$\sin(x) + \sin(y) = \sin(a+b) + \sin(a-b)$$

Expandindo os senos:

$$\sin(a+b) = \sin(a)\cos(b) + \sin(b)\cos(a)$$

$$\sin(a-b) = \sin(a)\cos(b) - \sin(b)\cos(a)$$

$$\sin(x) + \sin(y) = 2\sin(a)\cos(b) = 2\sin\left(\frac{x+y}{2}\right) \cdot \cos\left(\frac{x-y}{2}\right)$$



Chegou na resposta correta +6pts

Questão 6. Ao descobrir que o canal *Cartoon Network* havia sido retirado do ar, Takashi decidiu, por uma última vez, reassistir aos desenhos que marcaram sua infância. Durante os episódios de seu desenho favorito, *Hora de Aventura*, ele percebeu algo curioso: independentemente da época do ano, o castelo do Rei Gelado, feito inteiramente de gelo, nunca derretia.

Intrigado, Takashi resolveu analisar um episódio em especial, no qual o Rei de Fogo estava presente — e, mesmo assim, o castelo não derreteu. Considere que o Rei de Fogo emite uma potência de 20000 cal/s (2 kcal/s), e que o castelo de gelo possui calor específico $c = 1 \text{ cal/(g} \cdot ^\circ\text{C)}$ e calor latente de fusão $L_f = 80 \text{ cal/g}$. Admita ainda que o castelo recebe apenas essa fonte de calor, sem trocas térmicas com o ambiente, e que o calor é distribuído uniformemente por toda a massa do castelo, sem ocorrer derretimento parcial ou fenômenos superficiais.

- a) Considerando que o Rei de Fogo permaneceu próximo ao castelo durante um intervalo de 20 min, determine o **calor total** emitido pelo Rei de Fogo nesse período.(2,5)
- b) Suponha que a temperatura inicial do castelo seja 0°C . Determine a **menor massa de gelo** necessária para que o castelo permaneça completamente no estado sólido durante todo o tempo em que o Rei de Fogo emite calor.(3,0)
- c) Suponha agora que o castelo possua o formato de uma pirâmide de base **triangular**, cuja área da base é 30 m^2 e altura 10 m. Sabendo que a massa mínima do castelo é a obtida no item (b), determine a **densidade do gelo** em g/cm^3 .(4,5)

Resolução:

Dados:

$$P = 20000 \text{ cal/s}, \quad \Delta t = 20 \text{ min} = 1200 \text{ s}, \quad c = 1 \text{ cal/(g} \cdot ^\circ\text{C)}, \quad L_f = 80 \text{ cal/g}.$$

A)

O calor total fornecido é:

$$Q = P \cdot \Delta t = 20000 \times 1200 = 24000000 \text{ cal}.$$

$$Q = 2,4 \times 10^7 \text{ cal}$$

B)

Para que todo o castelo permaneça sólido:

$$mL_f \geq Q \quad \Rightarrow \quad m \geq \frac{Q}{L_f}.$$

$$m \geq \frac{24000000}{80} = 300000 \text{ g} = 300 \text{ kg}$$

$$m_{\min} = 300 \text{ kg}$$

C)

Volume da pirâmide:

$$V = \frac{1}{3} A_{\text{base}} \cdot h = \frac{1}{3} \cdot 30 \cdot 10 = 100 \text{ m}^3$$



Densidade média:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{300 \text{ kg}}{100 \text{ m}^3} = 3 \text{ kg/m}^3 = 3000 \text{ g/m}^3$$

Convertendo para g/cm^3 :

$$\rho = \frac{3000}{10^6} = 3 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$$

$$\boxed{\rho = 3 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3}$$

Observação: O resultado apresenta verossimilhança razoável: uma massa de 300 kg para o castelo não é absurda. A densidade calculada é baixa, mas isso faz sentido, pois, no desenho, o castelo não é maciço de gelo; ele é formado apenas por suas paredes e estruturas externas, e não pelo volume total.

Mark Scheme:

Nº	Critério	Pontuação
1	Identificou a potência e o tempo corretamente para calcular o calor total.	1
2	Calculou o calor total $Q = 2,4 \times 10^7$ cal corretamente.	1,5
3	Aplicou a relação $mL_f \geq Q$ para determinar a massa mínima.	3
4	Encontrou a massa mínima $m_{\min} = 300$ kg.	1
5	Calculou corretamente o volume da pirâmide triangular.	1
6	Calculou a densidade média $\rho = m/V$ em kg/m^3 .	1,5
7	Converteu a densidade para g/cm^3 corretamente.	1
	Total	10

Questão 7. Do ponto A ao ponto B, cuja distância é s , partiram dois automóveis: o primeiro iniciou o movimento a partir do repouso com aceleração constante; o segundo, com uma velocidade inicial v , freou com uma aceleração constante de tal forma que, ao final do percurso no ponto B, parou completamente. Em direção a eles, partindo do ponto B, saiu simultaneamente um terceiro automóvel com uma velocidade constante e desconhecida u . Ele terminou sua viagem no ponto A ao mesmo tempo em que os dois primeiros automóveis chegavam ao ponto B.

- a) Qual velocidade v_1 o primeiro automóvel tinha no final de seu percurso?(2.0)
- b) Com que velocidade u o terceiro automóvel se movia? (2.0)
- c) Quanto tempo passou entre os encontros do terceiro automóvel com o primeiro e o segundo?(6.0)

Solução:

A) Os dois primeiros automóveis terminaram o movimento simultaneamente, percorrendo a mesma distância s .

Movimento dos dois primeiros automóveis

Para o primeiro automóvel:

$$s = \frac{a_1 t^2}{2}$$



Para o segundo automóvel:

$$s = vt - \frac{a_2 t^2}{2}$$

Além disso, sabe-se que:

$$t = \frac{v}{a_2} \Rightarrow v = a_2 t$$

Substituindo:

$$s = \frac{a_2 t^2}{2} = \frac{a_1 t^2}{2}$$

Logo:

$$a_1 = a_2 \equiv a$$

Podemos concluir que, movendo-se com acelerações iguais em módulo, o primeiro e o segundo automóvel alteraram suas velocidades em módulo pelo mesmo valor v . Assim:

$$v_1 = v$$

B) Movimento do terceiro automóvel

O terceiro automóvel percorreu a mesma distância s com velocidade constante u e em um tempo t_0 :

$$u = \frac{s}{t_0} = \frac{at^2/2}{t_0} = \frac{at}{2}$$

Sabendo que $at = v$, segue que:

$$u = \frac{v}{2}$$

C) Determinação do primeiro momento de encontro (t_1)

Para o primeiro automóvel:

$$s - ut_1 = \frac{at_1^2}{2}$$

Expressando a aceleração pela variação do quadrado da velocidade:

$$v^2 - 0^2 = 2as \Rightarrow a = \frac{v^2}{2s}$$

Substituindo:

$$s - \frac{vt_1}{2} = \frac{v^2 t_1^2}{4s}$$

Resolvendo em relação a t_1 :

$$t_1 = \frac{v}{2a} (\sqrt{5} - 1)$$

Substituindo $a = \frac{v^2}{2s}$:

$$t_1 = \frac{s}{v} (\sqrt{5} - 1)$$

Determinação do segundo momento de encontro (t_2)

Para o segundo automóvel:

$$s - \frac{vt_2}{2} = vt_2 - \frac{at_2^2}{2}$$



Substituindo $a = \frac{v^2}{2s}$ e resolvendo:

$$t_2 = \frac{s}{v}(3 + \sqrt{5})$$

Tempo total de movimento do terceiro automóvel

$$t_0 = \frac{2s}{v}$$

Intervalo de tempo entre os encontros

O intervalo de tempo entre os dois encontros será:

$$t = t_2 - t_1 = \frac{s}{v}(3 + \sqrt{5}) - \frac{s}{v}(\sqrt{5} - 1)$$

Simplificando:

$$t = \frac{2s}{v}(\sqrt{5} - 2)$$

$$t = \frac{2s}{v}(\sqrt{5} - 2)$$

Critérios de Avaliação:

Nº	Critério	Pontuação
1	Justificou corretamente a igualdade das acelerações dos dois primeiros automóveis.	1
2	Obteve $v_1 = v$ a partir da igualdade entre acelerações e tempo de movimento.	1
3	Encontrou a velocidade do terceiro automóvel $u = \frac{v}{2}$.	2
4	Escreveu a equação da coordenada do primeiro (ou segundo) automóvel.	1
5	Escreveu a equação da coordenada do terceiro automóvel.	1
6	Encontrou um dos instantes de encontro $\frac{s}{v}(\sqrt{5}-1)$ ou $\frac{s}{v}(3-\sqrt{5})$.	
7	Encontrou o tempo total de movimento $t_0 = \frac{2s}{v}$.	1
8	Encontrou o segundo momento de encontro.	1
9	Expressou o intervalo de tempo final $t = \frac{2s}{v}(\sqrt{5}-2)$.	2
Total		10

Questão 8. Um quadro rígido de comprimento L tem peso $P = mg$ aplicado no seu centro. Dois fios verticais o sustentam: um aplica T_1 a uma distância a à esquerda do centro e outro aplica T_2 a uma distância b à direita do centro. O quadro está em equilíbrio. Determine T_1 e T_2 . O fio mais perto do centro tem $\frac{3L}{8}$ a mais de comprimento.

Solução Equilibrando as forças:

$$T_1 + T_2 = mg.$$

Equilibrando o torque:

$$T_2 b - T_1 a = 0 \quad \Rightarrow \quad T_1 a = T_2 b.$$



Da segunda equação $T_1 = (b/a)T_2$. Substituindo em $T_1 + T_2 = mg$:

$$\frac{b}{a}T_2 + T_2 = mg \Rightarrow T_2 = \frac{a}{a+b}mg, \quad T_1 = \frac{b}{a+b}mg.$$

OBSERVAÇÃO: O dado acerca do comprimento adicional de um dos fios não é útil para a solução da questão e não deveria estar presente no enunciado.

Mark Scheme:

Escrever a equação de equilíbrio de forças $T_1 + T_2 = mg$: +3pts

Escrever a equação de equilíbrio de torques em relação ao centro $T_1a = T_2b$: +3pts

Resolver o sistema para T_2 : +2pts

Resolver o sistema para T_1 : +2pts

Questão 9. Lucas Gomes e sua namorada estão fazendo uma viagem de Salvador a Xique-Xique, planejando percorrer os 600 km de estrada em 10 h. Ambos percorrem o caminho durante 5 h a uma velocidade média 60 km/h, mas fazem uma parada de 1 h 15 min em Mundo Novo para descansarem. Para chegarem em Xique-Xique no tempo inicialmente planejado, qual deve ser a velocidade média mínima de ambos?

Resolução:

Primeiramente, a distância que falta para Lucas percorrer até Xique-Xique é igual a:

$$\Delta S = 600 \text{ km} - 60 \text{ km/h} \cdot 5 \text{ h} = 300 \text{ km}$$

Além disso, o tempo máximo que ele ainda possui para percorrer esse trecho e chegar a tempo é:

$$\Delta t = 10 \text{ h} - 5 \text{ h} - 1,25 \text{ h} = 3,75 \text{ h}$$

Onde usamos que 60 min = 1 h. Portanto, a velocidade média mínima de Lucas pode ser escrita como:

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{300 \text{ km}}{3,75 \text{ h}} = 80 \text{ km/h}$$

Mark Scheme:

Calcular corretamente a distância restante ($\Delta S = 300 \text{ km}$): +3pts Calcular corretamente o tempo restante, convertendo 1h15min para 1,25h ($\Delta t = 3,75 \text{ h}$): +3pts Aplicar corretamente a fórmula da velocidade média ($V = \Delta S/\Delta t$): +2pts Chegar ao resultado numérico correto ($V = 80 \text{ km/h}$): +2pts

Questão 10. Goyo Dorgon planeja fazer uma viagem para duas cidades Ilópolis e Arroio do Meio. Primeiramente, ele viaja durante 2 h a 80 km/h para leste e chega na cidade Ilópolis. Depois disso, descansa durante 3 h em Ilópolis e continua sua viagem para o norte durante 3 h a 40 km/h. Considerando essas informações, qual é o módulo da velocidade vetorial média de Dorgon entre seguinte ponto de partida e Arroio do Meio?

Resolução:

Primeiramente, devemos notar que na fórmula para a velocidade vetorial média só precisamos saber a



distância ΔS entre os pontos inicial e final, além do tempo total. Assim, podemos utilizar o teorema de pitágoras para calcular ΔS da seguinte forma:

$$\Delta S = \sqrt{(2 \cdot 80)^2 + (3 \cdot 40)^2} = 40\sqrt{4^2 + 3^2} = 200 \text{ km}$$

Além disso, o tempo total da viagem é igual a:

$$\Delta t = (2 + 3 + 3) \text{ h} = 8 \text{ h}$$

Portanto, o módulo da velocidade vetorial média é:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{200 \text{ km}}{8 \text{ h}}$$

Ou seja, a velocidade média de Dorgon será:

$$v = 25 \text{ km/h}$$

Mark Scheme:

Calcular corretamente os módulos dos deslocamentos em cada trecho (160 km e 120 km): +3pts Calcular corretamente o módulo do deslocamento total usando Pitágoras ($\Delta S = 200 \text{ km}$): +2pts Calcular corretamente o tempo total da viagem, incluindo o descanso ($\Delta t = 8 \text{ h}$): +2pts Aplicar a fórmula da velocidade vetorial média ($v = \Delta S / \Delta t$): +1pt Chegar ao resultado numérico correto ($v = 25 \text{ km/h}$): +2pts