

SIMULADO NOIC
OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA
3ª Fase - 9 de outubro de 2025

Nível JR
Ensino Fundamental
6º e 7º Anos

Escrito por Lucas Praça, Vitor Takashi, Tiago Rocha, Felipe Alves, Elias Barros, Paulo Vinicius, Caio Yamashita, Davi Tsuchie

Instruções de Prova

1. Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos da 6ª e 7ª séries do nível fundamental. Ela contém 8 questões.
2. A duração máxima desta prova é de **quatro** horas.
3. Não é permitido o uso de calculadoras.
4. Se necessário, e a menos que indicado ao contrário, use: $\pi = 3,0$; $\sqrt{2} = 1,4$; $\sqrt{3} = 1,7$; $\sqrt{5} = 2,2$; $\sqrt[3]{2} = 1,26$; $\sin 30^\circ = 0,50$; $\cos 30^\circ = 0,85$; $\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = 0,70$; 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 $\rho = 1,0 \text{ g/cm}^3$.

Questão 1. Em um experimento de física térmica, Kakashi busca determinar a temperatura de equilíbrio de uma mistura. Utilizando um calorímetro de capacidade térmica desprezível, ele insere 400 gramas de água, inicialmente a uma temperatura de 80°C . Em seguida, ele adiciona cuidadosamente ao calorímetro um bloco de 100 gramas de gelo, retirado de um freezer que o mantinha a uma temperatura de -10°C . Considerando que o calorímetro é um sistema perfeitamente isolado, qual será a temperatura final da mistura quando o equilíbrio térmico for atingido?

Solução: O processo até o equilíbrio térmico envolve múltiplas etapas de troca de calor. O gelo receberá calor e a água cederá calor. Vamos calcular o calor necessário para o gelo se transformar em água a 0°C .

1. Calor para aquecer o gelo de -10°C até 0°C :

$$Q_1 = m_g \cdot c_g \cdot \Delta T = 100 \cdot 0,5 \cdot (0 - (-10)) = 500 \text{ cal}$$

2. Calor para fundir todo o gelo a 0°C :

$$Q_2 = m_g \cdot L_f = 100 \cdot 80 = 8000 \text{ cal}$$

O calor total que o gelo precisa receber é $Q_{recebido} = Q_1 + Q_2 = 8500 \text{ cal}$. A quantidade máxima de calor que a água quente pode ceder até atingir 0°C é:

$$Q_{cedido,max} = m_a \cdot c_a \cdot \Delta T = 400 \cdot 1,0 \cdot (80 - 0) = 32000 \text{ cal}$$

Como $Q_{cedido,max} > Q_{recebido}$, todo o gelo derreterá e a temperatura final de equilíbrio T_f será superior a 0°C . Pelo princípio da conservação de energia em sistemas isolados:

$$\sum Q = 0 \implies Q_{gelo} + Q_{água} = 0$$

O calor total recebido pelo gelo (aquecimento, fusão e aquecimento da água resultante) somado ao calor cedido pela água quente deve ser nulo:

$$(Q_1 + Q_2 + m_g c_a (T_f - 0)) + (m_a c_a (T_f - 80)) = 0$$

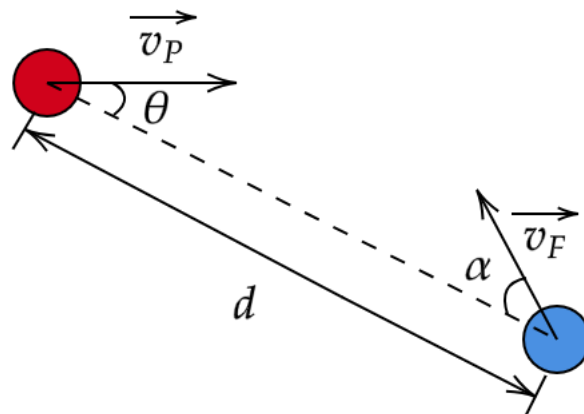
$$8500 + 100 \cdot 1 \cdot T_f + 400 \cdot 1 \cdot (T_f - 80) = 0$$

$$8500 + 100T_f + 400T_f - 32000 = 0$$

$$500T_f = 23500$$

$$T_f = \frac{23500}{500} \iff \boxed{T_f = 47^\circ\text{C}}$$

Questão 2. Praça (vermelho) e Felipe (azul) estão correndo aleatoriamente com velocidades constantes de módulo v_P e v_F , respectivamente, como mostrado na figura abaixo. Considera-se que, no instante representado na figura ($t = 0$), a distância entre eles é d , e que os ângulos θ ($0^\circ \leq \theta < 90^\circ$) e α ($0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$) representam, respectivamente, o ângulo que Praça e Felipe fazem com o segmento de reta que une os dois. Considerando que as velocidades e os ângulos permanecem os mesmos, determine:



- A relação entre v_P , v_F , θ , α para que Praça e Felipe se encontrem.
- O ângulo α para que o módulo de v_F seja mínimo, considerando que Praça e Felipe se encontram. Considere que θ seja constante.
- A velocidade v_F mínima, na mesma condição. Deixe sua resposta em função de v_P e α .
- O instante em que Praça e Felipe se encontram. Deixe sua resposta em função de d , v_P , v_F , θ , α .

Solução: a) Para que o encontro ocorra, a velocidade relativa entre eles na direção perpendicular à linha que os une deve ser nula. Isso garante que a distância entre eles apenas diminua, sem que um "passe" pelo outro lateralmente. As componentes de velocidade perpendiculares à linha de união são $v_P \sin \theta$ e $v_F \sin \alpha$. Igualando-as:

$$\boxed{v_P \sin \theta = v_F \sin \alpha}$$

b) Da relação anterior, podemos isolar v_F :

$$v_F = \frac{v_P \sin \theta}{\sin \alpha}$$

Para que v_F seja mínimo, o denominador $\sin \alpha$ deve ser máximo. Como $0^\circ < \alpha < 90^\circ$, o valor máximo de $\sin \alpha$ é 1, o que ocorre quando:

$$\alpha = 90^\circ$$

c) Substituindo o valor de $\sin \alpha = 1$ na expressão para v_F , encontramos a velocidade mínima:

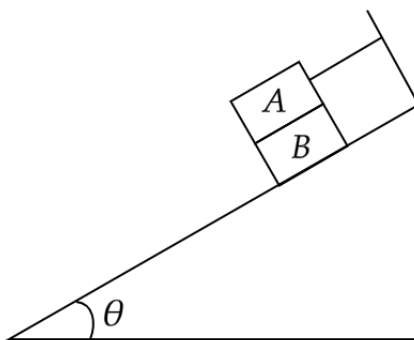
$$v_{F_{min}} = v_P \sin \theta$$

d) O tempo de encontro é a distância inicial dividida pela velocidade relativa de aproximação ao longo da linha que os une. As componentes de velocidade nessa direção são $v_P \cos \theta$ e $v_F \cos \alpha$. Como eles se movem um em direção ao outro, suas velocidades de aproximação se somam:

$$v_{rel} = v_P \cos \theta + v_F \cos \alpha$$

$$t_{encontro} = \frac{d}{v_{rel}} = \frac{d}{v_P \cos \theta + v_F \cos \alpha}$$

Questão 3. Dois blocos idênticos, A e B , de massa m estão dispostos sobre um plano inclinado que faz um ângulo θ com a horizontal, conforme mostra a figura abaixo. O coeficiente de atrito entre os blocos A e B , e entre o bloco B e o plano inclinado, é μ . Sabendo que o sistema está em equilíbrio, com B quase escorregando, determine:



a) a relação entre μ e θ

b) a intensidade da tração. Em função de g , m e θ .

Solução: A chave para este problema é aplicar a primeira lei de Newton (equilíbrio de forças) a cada bloco separadamente. A condição de "quase escorregando" nos diz que todas as forças de atrito estático envolvidas estão em seu valor máximo, $f_{at} = \mu N$.

Análise do Bloco A: As forças atuando em A são seu peso (mg), a tração (T), a força normal de B sobre A (N_A) e a força de atrito que B exerce em A (f_{BA}). Como o bloco B tende a deslizar para baixo, ele "arrasta" o bloco A consigo, portanto, a força de atrito f_{BA} aponta para baixo no plano. Eixo perpendicular (y):

$$N_A - mg \cos \theta = 0 \implies N_A = mg \cos \theta.$$

Eixo paralelo (x):

$$T - mg \sin \theta - f_{BA} = 0.$$

Análise do Bloco B: As forças atuando em B são seu peso (mg), a normal do plano (N_B), a normal de A sobre B ($N_{AB} = N_A$), o atrito do plano (f_{plano}) e o atrito de A sobre B (f_{AB}). Pela terceira lei de Newton, f_{AB} é oposta a f_{BA} , apontando para cima. O atrito do plano, f_{plano} , também aponta para cima, opondo-se ao movimento iminente. Eixo perpendicular (y):

$$N_B - N_{AB} - mg \cos \theta = 0 \implies N_B = N_A + mg \cos \theta = 2mg \cos \theta.$$

Eixo paralelo (x):

$$f_{AB} + f_{plano} - mg \sin \theta = 0.$$

a) Usando a equação do eixo paralelo para o Bloco B e a condição de atrito máximo:

$$f_{AB} = \mu N_A = \mu mg \cos \theta$$

$$f_{plano} = \mu N_B = \mu(2mg \cos \theta) = 2\mu mg \cos \theta$$

Substituindo na equação de equilíbrio de B:

$$(\mu mg \cos \theta) + (2\mu mg \cos \theta) - mg \sin \theta = 0$$

$$3\mu mg \cos \theta = mg \sin \theta$$

Simplificando, encontramos a relação pedida:

$$3\mu = \tan \theta \implies \boxed{\mu = \frac{\tan \theta}{3}}$$

b) Para encontrar a tração, retornamos à equação de equilíbrio do Bloco A:

$$T = mg \sin \theta + f_{BA}$$

Sabendo que $f_{BA} = f_{AB} = \mu mg \cos \theta$:

$$T = mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta$$

Agora, substituímos a relação que encontramos para μ :

$$T = mg \sin \theta + \left(\frac{\tan \theta}{3} \right) mg \cos \theta = mg \sin \theta + \left(\frac{\sin \theta}{3 \cos \theta} \right) mg \cos \theta$$

$$T = mg \sin \theta + \frac{mg \sin \theta}{3} = \frac{3mg \sin \theta + mg \sin \theta}{3}$$

$$\boxed{T = \frac{4mg \sin \theta}{3}}$$

Questão 4. Metade de uma esfera de raio $R = 5\text{m}$ está submersa em água. Um deslocamento muito pequeno é feito na esfera, na direção vertical, gerando um movimento oscilatório. Determine o período desse movimento. Desconsidere efeitos como o movimento da água e sua viscosidade.

Solução: Na condição de equilíbrio, o peso da esfera (P) é igual ao empuxo (E_0). Sendo $V_{esfera} = \frac{4}{3}\pi R^3$

e ρ_e e ρ_a as densidades da esfera e da água:

$$P = E_0 \implies (\rho_e V_{esfera})g = (\rho_a \frac{V_{esfera}}{2})g \implies \rho_e = \frac{\rho_a}{2}$$

Quando a esfera é deslocada verticalmente para baixo por uma pequena distância x , o volume submerso aumenta em $\Delta V \approx A_{superficie} \cdot x = (\pi R^2)x$. Isso gera uma força restauradora $\vec{F}_{res}$ para cima, que é o empuxo adicional:

$$F_{res} = -E_{adicional} = -(\rho_a \Delta V)g = -(\pi R^2 \rho_a g)x$$

Esta é a equação de um Movimento Harmônico Simples, $F = -kx$, com a constante elástica equivalente $k_{eq} = \pi R^2 \rho_a g$. A massa da esfera é $m_e = \rho_e V_{esfera} = \frac{\rho_a}{2} \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{2}{3} \pi R^3 \rho_a$. O período de oscilação é dado por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_e}{k_{eq}}} = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{2}{3} \pi R^3 \rho_a}{\pi R^2 \rho_a g}} = 2\pi \sqrt{\frac{2R}{3g}}$$

Substituindo os valores $R = 5$ m e $g \approx 9,8$ m/s²:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{2 \cdot 5}{3 \cdot 9,8}} \approx 2\pi \sqrt{0,34} \approx 3,67 \text{ s}$$

Questão 5. Considere um sistema massa mola com uma mola ideal de constante elástica k comprimento L , com uma pequena massa M presa à sua extremidade. O sistema está oscilando. Utilizando apenas análise dimensional, proponha uma expressão para o período T de oscilação do pêndulo em função de L , M e K . A constante numérica C adimensional envolvida na expressão não deve ser determinada.

Solução: Pela análise dimensional, o período T depende da massa M , da constante elástica K e possivelmente do comprimento L . As dimensões fundamentais são:

$$[T] = T, \quad [M] = M, \quad [K] = \frac{[\text{Força}]}{[\text{Distância}]} = \frac{MLT^{-2}}{L} = MT^{-2}, \quad [L] = L$$

Propomos uma relação da forma:

$$T = C \cdot M^a \cdot K^b \cdot L^c$$

Onde C é uma constante adimensional e a , b , c são expoentes a serem determinados. Escrevendo em termos de dimensões:

$$T^1 = (M)^a \cdot (MT^{-2})^b \cdot (L)^c$$

$$M^0 L^0 T^1 = M^{a+b} \cdot L^c \cdot T^{-2b}$$

Comparando os expoentes de cada dimensão em ambos os lados:

- Para M : $a + b = 0 \implies a = -b$
- Para L : $c = 0$
- Para T : $-2b = 1 \implies b = -1/2$

Substituindo b na primeira equação, obtemos $a = 1/2$. Portanto, a expressão para o período é:

$$T = C \cdot M^{1/2} \cdot K^{-1/2} \cdot L^0 \implies T = C \sqrt{\frac{M}{K}}$$

Questão 6. João decidiu montar um deck de Pokémon para enfrentar seu amigo Vitor. Para isso, ele comprou

novos pacotes de cartas, em busca do tão desejado Charizard. Sabendo que cada pacote contém 5 cartas e que a chance de encontrar um Charizard é de 1 em cada 100 cartas, responda às questões a seguir:

- a) Se João abrir 5 pacotes de cartas, qual é a probabilidade de ele encontrar um Charizard?
- b) Considerando a situação do item anterior, e sabendo que cada pacote custa R\$ 15,50, quanto João precisaria gastar para abrir esses pacotinhos.

Solução: a) A probabilidade de uma carta específica ser um Charizard é $P(C) = 1/100 = 0,01$. A probabilidade de não ser um Charizard é $P(\text{não } C) = 99/100 = 0,99$. Em 5 pacotes, João abrirá um total de $5 \times 5 = 25$ cartas. É mais fácil calcular a probabilidade de ele *não* encontrar nenhum Charizard e subtrair de 1. A probabilidade de nenhuma das 25 cartas ser um Charizard é:

$$P(\text{nenhum } C \text{ em } 25 \text{ cartas}) = (0,99)^{25} \approx 0,7778$$

Portanto, a probabilidade de encontrar pelo menos um Charizard é:

$$P(\text{pelo menos um } C) = 1 - P(\text{nenhum } C) = 1 - 0,7778 \approx 0,2222$$

A probabilidade é de aproximadamente 22,22%.

- b) O custo total para abrir 5 pacotes é:

$$\text{Custo} = 5 \times \text{R\$}15,50 = \text{R\$}77,50$$

João precisaria gastar R\$ 77,50.

Questão 7. Caio, um fã de videogames retrô, decidiu comprar um *Nintendo 3DS*. Considere que o videogame, em qualquer edição, possa ser aproximado por um retângulo.

- a) Caio procurou incansavelmente pela primeira edição, mas não encontrou uma unidade na cor que desejava. Assim, optou por adquirir uma versão mais recente. Sabendo que no bolso de Caio cabe qualquer objeto cuja área máxima seja de 36 cm^2 e que, independentemente da edição, o aparelho possui 12 cm de largura, determine o maior valor possível da diagonal do videogame que ainda caiba em seu bolso.
- b) Sabendo que a tela do videogame ocupa apenas $\frac{3}{4}$ da área total do aparelho, determine a maior diagonal possível da tela para que o videogame ainda caiba no bolso de Caio, **admitindo que a razão entre comprimento e largura da tela é a mesma do aparelho como um todo**.

Solução: a) Sejam $l = 12 \text{ cm}$ a largura e c o comprimento do videogame. A área máxima é $A = 36 \text{ cm}^2$.

$$A = l \cdot c \implies 36 = 12 \cdot c \implies c = 3 \text{ cm}$$

A diagonal d do videogame é calculada pelo Teorema de Pitágoras:

$$d^2 = l^2 + c^2 = 12^2 + 3^2 = 144 + 9 = 153$$

$$d = \sqrt{153} = \sqrt{9 \cdot 17} = 3\sqrt{17} \text{ cm}$$

- b) A área da tela é $A_{\text{tela}} = \frac{3}{4}A = \frac{3}{4} \cdot 36 = 27 \text{ cm}^2$. A razão entre comprimento e largura do aparelho é

$\frac{c}{l} = \frac{3}{12} = \frac{1}{4}$. Sejam c_t e l_t as dimensões da tela, temos que $\frac{c_t}{l_t} = \frac{1}{4}$, ou $l_t = 4c_t$. A área da tela é:

$$A_{tela} = l_t \cdot c_t = (4c_t) \cdot c_t = 4c_t^2 = 27 \implies c_t^2 = \frac{27}{4}$$

As dimensões da tela são $c_t = \sqrt{\frac{27}{4}} = \frac{3\sqrt{3}}{2}$ cm e $l_t = 4c_t = 6\sqrt{3}$ cm. A diagonal da tela, d_t , é:

$$d_t^2 = l_t^2 + c_t^2 = (6\sqrt{3})^2 + \left(\frac{3\sqrt{3}}{2}\right)^2 = 108 + \frac{27}{4} = \frac{432 + 27}{4} = \frac{459}{4}$$

$$d_t = \sqrt{\frac{459}{4}} = \frac{\sqrt{459}}{2} \text{ cm}$$

Questão 8. Um projétil é lançado verticalmente para cima a partir do solo com velocidade inicial $v_0 = 40$ m/s. Despreze a resistência do ar e adote $g = 10$ m/s². (a) Qual é a altura máxima atingida pelo projétil? (b) Quanto tempo ele leva para atingir o ponto mais alto? (c) Determine a velocidade do projétil ao retornar ao solo.

Solução: Este é um problema de movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV), com aceleração constante $a = -g = -10$ m/s².

(a) A altura máxima é atingida no instante em que a velocidade vertical do projétil se torna nula ($v = 0$). Para relacionar velocidade, aceleração e deslocamento sem usar o tempo, a equação de Torricelli ($v^2 = v_0^2 + 2a\Delta y$) é ideal.

$$0^2 = (40)^2 + 2(-10)H$$

$$0 = 1600 - 20H$$

$$20H = 1600 \implies \boxed{H = 80 \text{ m}}$$

(b) Usando a função horária da velocidade, $v = v_0 + at$, para encontrar o tempo em que $v = 0$.

$$0 = 40 - 10 \cdot t_{subida}$$

$$10 \cdot t_{subida} = 40 \implies \boxed{t_{subida} = 4 \text{ s}}$$

(c) Pela simetria da trajetória em um campo gravitacional uniforme (desprezando a resistência do ar), a velocidade do projétil ao retornar à altura de lançamento terá o mesmo módulo da velocidade inicial, mas com sentido oposto. Portanto, a velocidade final será:

$$\boxed{v_{final} = -40 \text{ m/s}}$$

Alternativamente, podemos confirmar isso com a equação de Torricelli, notando que o deslocamento total (Δy) ao retornar ao solo é zero:

$$v_{final}^2 = v_0^2 + 2a(0) = (40)^2 \implies v_{final} = \pm 40 \text{ m/s}$$

Como o projétil está descendo, escolhemos a raiz negativa.