

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

Nível 1
Ensino Fundamental
8º e 9º 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 8ª e 9ª 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? (Dados: calor específico do gelo $c_g = 0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$; calor específico da água $c_a = 1,0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$; calor latente de fusão do gelo $L_f = 80 \text{ cal/g}$)

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:

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

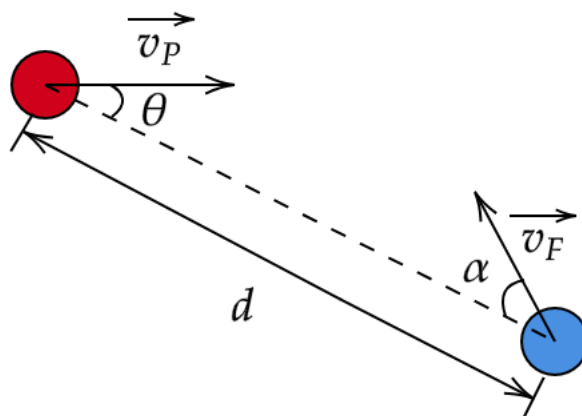
$$8500 + 100 \cdot 1 \cdot T_f + 400 \cdot 1 \cdot (T_f - 80) = 0$$

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

$$500T_f = 23500$$

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

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 ($0^\circ < \theta < 90^\circ$) e α ($0^\circ < \alpha < 90^\circ$) 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) A relação entre v_P , v_F , θ , α para que Praça e Felipe se encontrem. b) O ângulo α para que o módulo de v_F seja mínimo, considerando que Praça e Felipe se encontram. Considere que θ seja constante. c) A velocidade v_F mínima, na mesma condição. Deixe sua resposta em função de v_P e α d) 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:

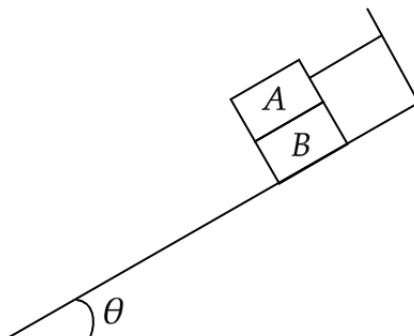
$$v_{F_{min}} = v_P \sin \theta$$

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:

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

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 :

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

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

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

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 $\Delta V \approx A_{superfície} \cdot x = (\pi R^2)x$. Isso gera uma força restauradora $\vec{F}_{res}$ para cima, que é o empuxo adicional:

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

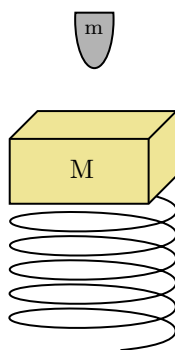
Esta é a equação de um Movimento Harmônico Simples, $F = -kx$, com a constante elástica equivalente $k_{eq} = \pi R^2 \rho_a g$. A massa da esfera é $m_e = \rho_e V_{esfera} = \frac{\rho_a}{2} \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{2}{3} \pi R^3 \rho_a$. O período de oscilação é dado por:

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

Substituindo os valores $R = 5 \text{ m}$ e $g \approx 9,8 \text{ m/s}^2$:

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

Questão 5. Um projétil de massa m colide inelasticamente com um bloco de massa M situado sobre uma mola de constante elástica k e comprimento natural nulo, como representado na figura abaixo. Sabendo que a velocidade do projétil imediatamente antes da colisão é v , qual é o comprimento mínimo x da mola nesse sistema?



Solução: Este problema envolve dois momentos: uma colisão perfeitamente inelástica e a subsequente compressão de uma mola.

1. Colisão Inelástica: Durante a colisão, o momento linear do sistema projétil + bloco é conservado. Seja v a velocidade do projétil e V a velocidade do conjunto logo após a colisão:

$$p_{antes} = p_{depois} \implies mv = (M + m)V \implies V = \frac{mv}{M + m}$$

2. Conservação de Energia: Após a colisão, a energia mecânica do sistema (bloco + projétil + mola + Terra) é conservada. Definimos o estado inicial (1) como o momento logo após a colisão, e o estado final (2) como o ponto de compressão máxima da mola, onde o comprimento é x e a velocidade é nula.

A posição de equilíbrio inicial do bloco M sob seu próprio peso é $x_0 = \frac{Mg}{k}$. O sistema parte da posição x_0 com velocidade V . A energia no estado inicial (nível de referência $h = 0$ no ponto de compressão máxima x) é:

$$E_1 = K_1 + U_{g1} + U_{el1} = \frac{1}{2}(M + m)V^2 + (M + m)g(x_0 - x) + \frac{1}{2}kx_0^2$$

A energia no estado final (compressão máxima) é:

$$E_2 = K_2 + U_{g2} + U_{el2} = 0 + 0 + \frac{1}{2}kx^2$$

Igualando $E_1 = E_2$ e substituindo V e x_0 , após uma longa manipulação algébrica que resulta em uma

equação de segundo grau para x , chegamos a:

$$x = \sqrt{\frac{m^2 v^2}{(M+m)k} + \frac{(2M+m)^2 g^2}{k^2}} - \frac{(M+m)g}{k}$$

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...

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*, um console portátil conhecido por sua proposta de caber no bolso...

Solução: a) Sejam $l = 12$ 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 $A_{tela} = \frac{3}{4}A = \frac{3}{4} \cdot 36 = 27 \text{ cm}^2$. 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 $c_t = \sqrt{\frac{27}{4}} = \frac{3\sqrt{3}}{2} \text{ cm}$ e $l_t = 4c_t = 6\sqrt{3} \text{ cm}$. 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 $v_0 = 40 \text{ m/s}$. Despreze a resistência do ar e adote $g = 10 \text{ m/s}^2$...

Solução: Este é um problema de movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV), com aceleração constante $a = -g = -10 \text{ m/s}^2$.

(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 $v = 0$.

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

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

(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:

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

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

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

Como o projétil está descendo, escolhemos a raiz negativa.