SIMULADO NOIC
OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA
3ª Fase - 5 de Novembro de 2026

Nível 2
Ensino Médio
1° e 2° Anos

Escrito por Tiago Rocha, João Vitor Garcia, Davi Tsuchie, Eduardo Shashike, Mateus Moreira

Instruções de Prova

1. Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos da **1ª e 2ª séries do ensino médio.** 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: $\pi = 3,0$; $\sqrt{2} = 1,4$; $\sqrt{3} = 1,7$; $\sqrt{5} = 2,2$; $\sqrt[3]{2} = 1,26$; $\sin 30° = 0,50$; $\cos 30° = 0,85$; $\sin 45° = \cos 45° = 0,70$; aceleração gravitacional na superfície da Terra $g = 10\,\mathrm{m/s^2}$; calor específico da água líquida $c_a = 1\,\mathrm{cal/(g\,°C)}$; calor latente de fusão do gelo $L = 80\,\mathrm{cal/g}$; $1\,\mathrm{cal} = 4,2\,\mathrm{J}$; densidade da água líquida $\rho = 1,0\,\mathrm{g/cm^3}$.

Questão 1. Um calorímetro ideal contém 200 g de água a 30°C. Nele são colocados, ao mesmo tempo, um bloco metálico de 100 g a 150°C e 50 g de gelo a 0°C.

Após algum tempo, todo o gelo derrete e o sistema atinge o equilíbrio térmico a 20°C.

Dados:

$$c_{\text{água}} = 1\,\text{cal/(g}\,^\circ\text{C)}$$

$$L_f = 80\,\text{cal/g}.$$

Despreze as trocas de calor com o ambiente e a capacidade térmica do calorímetro.

a) Quanto calor a água inicialmente presente no calorímetro perde?

b) Quanto calor o gelo recebe até atingir a temperatura final?

c) Determine o calor específico do metal.

d) O experimento é repetido, mas dessa vez sem o gelo. O mesmo bloco, novamente a 150°C, é colocado em 200 g de água a 30°C. Qual será a temperatura de equilíbrio?

a) O calor perdido pela água é:

$$Q = mc\Delta T = 200 \cdot 1 \cdot (20 - 30)$$

$$\boxed{Q = -2000\,\text{cal}}$$

b) O gelo primeiro derrete e depois aquece até 20°C:

$$Q = 50 \cdot 80 + 50 \cdot 1 \cdot 20$$

$$\boxed{Q = 5000\,\text{cal}}$$

c) Pela conservação de energia:

$$Q_{\text{metal}} + Q_{\text{água}} + Q_{\text{gelo}} = 0$$

$$100c(20 - 150) - 2000 + 5000 = 0$$

$$\boxed{c = \frac{3}{13} \approx 0{,}231\,\text{cal/(g}\,^\circ\text{C)}}$$

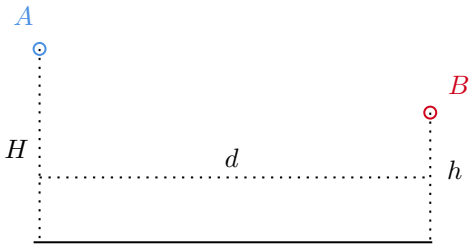
d) Sem o gelo, o calor perdido pelo metal é recebido pela água:

$$100 \cdot \frac{3}{13}(150 - T) = 200(T - 30)$$

$$3(150 - T) = 26(T - 30)$$

$$\boxed{T = \frac{1230}{29} \approx 42{,}4^\circ\text{C}}$$

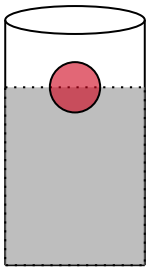
Questão 2. Miku coloca uma fonte de luz de frequência ν em um ponto A para iluminar o mundo, sabendo que este ponto está à uma distância H de um espelho plano. Agora ela busca determinar a menor altura $h > 0$ à uma distância d no eixo x de A tal que haja interferência destrutiva. Ache uma equação que relacione d, H, λ e h.



Sabemos que $\nu \cdot \lambda = c$ pois é um raio de luz, utilizei λ a partir de agora. Além disso, sabemos que na reflexão por um espelho, soma-se π na fase da onda, logo a condição para interferência destrutiva é que a diferença entre o tamanhos dos caminhos (com e sem reflexão) seja $= m\lambda$, com m inteiro positivo.

A primeira interferência não trivial $(m, h > 0)$ acontecerá com $m = 1$, assim sabemos que $\sqrt{d^2 + (H+h)^2} - \sqrt{d^2 + (H-h)^2} = \lambda$

Questão 3. O grande pesquisador Caio está analisando o comportamento de seu formato favorito, uma bola, quando esse boia em certos líquidos. Percebeu que para um certo líquido de coloração acinzentada e de densidade ρ, a bola fica com exatamente metade de seu volume para fora do líquido. Como demonstra a figura a seguir:



Sabendo que a gravidade é g e o raio da esfera é R, determine o peso da bolinha vermelha e a densidade necessária para exatamente $\eta\%$ do volume da bola estar submergido.

Sabemos que o volume de uma esfera é $\frac{4}{3}\pi R^3$ e que a força do empuxo será $\rho V g$, em que V é o volume submergido. Logo para metade estar submerso temos $\rho \cdot \frac{2}{3}\pi R^3 g = mg \implies m = \rho\frac{2}{3}\pi R^3$.

Para $\eta\%$ do volume estar submerso, temos que $V = \frac{\eta}{100} \cdot (\frac{4}{3}\pi R^3)$ logo, obtemos que:

$$\rho' V = m \implies \rho' = \rho\frac{2}{3}\pi R^3 \cdot \frac{100}{\eta \cdot \frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{\rho}{2} \cdot \frac{100}{\eta} \tag{1}$$

Questão 4. Dois planetas, A e B, possuem a mesma densidade média. Ambos são esféricos e têm distribuição uniforme de massa. O raio de B é o dobro do raio de A.

Um astronauta de massa 60 kg pesa 600 N na superfície de A.

Considere que a aceleração gravitacional na superfície de um planeta é dada por

$$g = \frac{GM}{R^2}.$$

a) Quantas vezes a massa de B é maior que a massa de A?

b) Determine a gravidade na superfície de B e o peso do astronauta nesse planeta.

c) O astronauta é levado a uma altura igual ao raio de B acima da superfície desse planeta. Qual será seu peso nessa posição?

d) Uma pequena esfera é solta do repouso de uma mesma altura h, próxima à superfície de cada planeta. Desprezando a resistência do ar e considerando h muito menor que os raios dos planetas, determine a razão entre os tempos de queda em A e B.

a) Como os planetas têm a mesma densidade, $M \propto R^3$:

$$\frac{M_B}{M_A} = \left(\frac{R_B}{R_A}\right)^3 = 2^3 = \boxed{8}$$

b) Usando $g = GM/R^2$:

$$\frac{g_B}{g_A} = \frac{8}{2^2} = 2$$

$$g_A = \frac{600}{60} = 10\,\mathrm{m/s^2}$$

$$\boxed{g_B = 20\,\mathrm{m/s^2}}$$

$$P_B = 60 \cdot 20 = \boxed{1200\,\mathrm{N}}$$

c) A distância ao centro passa a ser $2R_B$. Como a força varia com o inverso do quadrado da distância:

$$P = \frac{1200}{2^2} = \boxed{300\,\mathrm{N}}$$

d) Pela equação da queda livre:

$$h = \frac{gt^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$\frac{t_A}{t_B} = \sqrt{\frac{g_B}{g_A}} = \boxed{\sqrt{2}}$$

Questão 5. Ana mora em Goiânia e Bruno mora em Brasília. Os dois combinaram de se encontrar em uma pamonharia na beira da BR-060, que liga as duas cidades, mas cada um vai parar onde o outro estiver no momento do encontro. Ana sai de Goiânia às 8h00, dirigindo com velocidade constante de 60 km/h rumo a Brasília. Bruno, como sempre atrasado, sai de Brasília apenas às 8h30, com velocidade constante de 90 km/h rumo a Goiânia. Considere que a distância entre as duas cidades pela rodovia é de 210 km e despreze os tempos de aceleração e frenagem.

a) A que horas Ana e Bruno se encontram?

b) A que distância de Goiânia fica o ponto de encontro?

c) Os dois param por 15 minutos para comer uma pamonha e depois cada um segue viagem até a cidade do outro, mantendo as mesmas velocidades de antes. Calcule a velocidade média de Ana na viagem inteira, de Goiânia até Brasília. Ela é igual a 60 km/h? Explique.

a) Quando Bruno sai (8h30), Ana já dirigiu por meia hora e percorreu:

$$d_0 = 60 \times 0{,}5 = 30 \text{ km}$$

Logo, nesse instante, a distância entre eles é $210 - 30 = 180$ km. Como os dois se movem em sentidos opostos, um se aproxima do outro com velocidade relativa:

$$v_{\text{rel}} = 60 + 90 = 150 \text{ km/h}$$

O tempo até o encontro, contado a partir das 8h30, é:

$$t = \frac{180}{150} = 1{,}2 \text{ h} = 1 \text{ h } 12 \text{ min}$$

Portanto, o encontro acontece às 8h30 + 1h12 = 9h42.

b) Até o encontro, Ana dirigiu por $0{,}5 + 1{,}2 = 1{,}7$ h:

$$d_{\text{Ana}} = 60 \times 1{,}7 = 102 \text{ km}$$

Verificando: Bruno percorreu $90 \times 1{,}2 = 108$ km, e $102 + 108 = 210$ km.

c) Após a parada, Ana retoma a viagem às 9h42 + 15 min = 9h57 e ainda precisa percorrer os 108 km restantes:

$$t_{\text{resto}} = \frac{108}{60} = 1{,}8 \text{ h} = 1 \text{ h } 48 \text{ min}$$

Ela chega a Brasília às 9h57 + 1h48 = 11h45. O tempo total da viagem (das 8h00 às 11h45) é de 3 h 45 min = 3,75 h, e a velocidade média é:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{210}{3{,}75} = 56 \text{ km/h}$$

A velocidade média é menor que 60 km/h porque ela é definida como a distância total dividida pelo tempo total, e o tempo total inclui os 15 minutos em que Ana ficou parada.

Questão 6. Uma corda de violão tem comprimento vibrante (da pestana até o rastilho) $L = 62{,}5$ cm e densidade linear de massa $\mu = 5{,}0 \times 10^{-4}$ kg/m. Quando está afinada, ela vibra em seu modo fundamental com frequência $f = 320$ Hz.

a) Qual é o comprimento de onda do modo fundamental na corda e qual é a velocidade de propagação da onda nela?

b) Qual é a tração na corda quando ela está afinada?

c) Em outro dia, a corda está levemente desafinada. Para afiná-la, o violonista toca a corda junto com um diapasão de 320 Hz e ouve 4 batimentos por segundo (a frequência de batimento é igual ao módulo da diferença entre as duas frequências). Ao aumentar levemente a tração, ele percebe que os batimentos ficam mais lentos.

a) No modo fundamental, as extremidades da corda são nós e existe um único ventre no meio, de modo que o comprimento da corda corresponde a meio comprimento de onda:

$$L = \frac{\lambda}{2} \quad \Rightarrow \quad \lambda = 2L = 1{,}25 \text{ m}$$

A velocidade de propagação é:

$$v = \lambda f = 1{,}25 \cdot 320 = 400 \text{ m/s}$$

b) Da expressão $v = \sqrt{T/\mu}$:

$$T = \mu v^2 = 5{,}0 \times 10^{-4} \cdot (400)^2 = 80 \text{ N}$$

c) Os 4 batimentos por segundo indicam que a frequência da corda é $f' = 320 \pm 4$ Hz, ou seja, 316 Hz ou 324 Hz. Juntando os itens anteriores, a frequência fundamental é:

$$f = \frac{v}{2L} = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

logo aumentar a tração aumenta a frequência. Como os batimentos diminuíram ao aumentar a tração, a frequência da corda se aproximou de 320 Hz subindo, portanto ela estava abaixo: $f' = 316$ Hz.

Questão 7. Um skatista, de massa total (com o skate) $m = 60$ kg, parte do repouso do topo de uma rampa A, de altura $H = 5{,}0$ m. Na base da rampa há um trecho horizontal de comprimento $L = 6{,}0$ m, cujo piso é áspero, com coeficiente de atrito cinético efetivo $\mu = 0{,}25$. Ao final desse trecho há uma segunda rampa B, alta o suficiente para que o skatista nunca chegue ao topo. As duas rampas são lisas (sem atrito), e o skatista não rema em nenhum momento. Considere $g = 10$ m/s^2 e despreze a resistência do ar.

a) Qual é a velocidade do skatista ao chegar à base da rampa A?

b) Qual é a altura máxima que ele atinge na rampa B após atravessar o trecho áspero pela primeira vez?

c) O skatista vai e volta entre as rampas até parar. Em que ponto do trecho áspero ele para definitivamente? Dê a resposta como a distância até a base da rampa B.

a) Na rampa A não há atrito, então a energia mecânica se conserva:

$$mgH = \frac{1}{2}mv^2 \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 5} = 10 \text{ m/s}$$

b) A energia mecânica inicial é $E_0 = mgH = 60 \cdot 10 \cdot 5 = 3000$ J. No trecho horizontal, a força de atrito vale $f_{at} = \mu mg = 0{,}25 \cdot 60 \cdot 10 = 150$ N, e o trabalho realizado por ela em uma travessia é:

$$W_{at} = -f_{at}L = -150 \cdot 6 = -900 \text{ J}$$

Pelo Teorema Trabalho-Energia, a energia mecânica ao chegar à rampa B é $3000 - 900 = 2100$ J. Como a rampa B é lisa, toda essa energia se converte em potencial gravitacional no ponto mais alto:

$$mgh = 2100 \quad \Rightarrow \quad h = \frac{2100}{600} = 3{,}5 \text{ m}$$

c) O atrito só atua no trecho horizontal, então o skatista para quando todo o trabalho do atrito tiver consumido a energia inicial. Sendo D a distância total percorrida no trecho áspero (somando todas as idas e voltas):

$$\mu mgD = mgH \quad \Rightarrow \quad D = \frac{H}{\mu} = \frac{5{,}0}{0{,}25} = 20 \text{ m}$$

Como $20 = 3 \times 6 + 2$, o skatista faz três travessias completas e mais 2 m:

- 1ª travessia: de A para B (termina na base de B);
- 2ª travessia: de B para A (termina na base de A);
- 3ª travessia: de A para B (termina na base de B).

Depois disso, ele sobe a rampa B, desce e entra no trecho áspero indo em direção a A, parando após 2 m. Portanto, ele para a **2,0 m da base da rampa B** (ou seja, a 4,0 m da base da rampa A).

Questão 8. Um estudante que adora física decidiu criar a sua própria escala termométrica, a escala NOIC (°N). Nela, sob pressão de 1 atm, o gelo fundente corresponde a -20 °N e a água em ebulição corresponde a 180 °N.

a) Qual é a temperatura do corpo humano, 37 °C, na escala NOIC?

b) Existe alguma temperatura em que as escalas Celsius e NOIC marcam o mesmo valor? Se sim, qual?

c) Um trilho de aço de 50 m de comprimento foi instalado em um dia em que o termômetro NOIC marcava 0 °N. Em um dia muito quente, o termômetro marcou 80 °N. Sabendo que o coeficiente de dilatação linear do aço é $\alpha = 12 \times 10^{-6}$ °C^{-1}, determine o valor desse coeficiente em °N^{-1} e calcule quanto o trilho dilatou.

a) Entre os pontos fixos, a escala Celsius tem 100 divisões e a escala NOIC tem $180-(-20) = 200$ divisões. Comparando as frações percorridas entre os pontos fixos:

$$\frac{N-(-20)}{200} = \frac{C-0}{100} \quad \Rightarrow \quad N = 2C - 20$$

Para $C = 37$ °C:

$$N = 2 \cdot 37 - 20 = 54 \text{ °N}$$

b) Impondo $N = C$:

$$C = 2C - 20 \quad \Rightarrow \quad C = 20$$

Logo, 20 °C corresponde a 20 °N.

c) Pela relação do item a), uma variação de temperatura na escala NOIC é o dobro da variação correspondente em Celsius: $\Delta N = 2\,\Delta C$. Como a dilatação $\Delta L = L_0 \alpha \Delta T$ não pode depender da escala usada:

$$\alpha_C\,\Delta C = \alpha_N\,\Delta N = \alpha_N \cdot 2\,\Delta C \quad \Rightarrow \quad \alpha_N = \frac{\alpha_C}{2} = 6 \times 10^{-6} \text{ °N}^{-1}$$

A variação de temperatura foi $\Delta N = 80 - 0 = 80$ °N, portanto:

$$\Delta L = L_0\,\alpha_N\,\Delta N = 50 \cdot 6 \times 10^{-6} \cdot 80 = 2{,}4 \times 10^{-2} \text{ m} = 2{,}4 \text{ cm}$$

Verificação em Celsius: 0 °N = 10 °C e 80 °N = 50 °C, logo $\Delta C = 40$ °C e $\Delta L = 50 \cdot 12 \times 10^{-6} \cdot 40 = 2{,}4$ cm.