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

Nível 3
Ensino Médio
3° e 4° 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 **3ª e 4ª 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. Uma placa metálica é iluminada por luz monocromática de comprimento de onda 400 nm. Os elétrons emitidos com maior energia cinética podem ser freados por uma diferença de potencial de 1,0 V.

Para o efeito fotoelétrico, considere

$$K_{\max} = hf - \phi,$$

em que ϕ é a função trabalho do metal.

Use:

$$hc = 1240\,\text{eV nm}.$$

a) Calcule a energia dos fótons incidentes e a função trabalho do metal.

b) Qual é o maior comprimento de onda capaz de arrancar elétrons dessa placa?

c) A placa passa a receber luz de comprimento de onda 200 nm. Determine a energia cinética máxima dos elétrons e o novo potencial de frenagem.

d) Mantendo o comprimento de onda de 200 nm, a intensidade da luz é quadruplicada. O que acontece com a energia cinética máxima e com o número de elétrons emitidos por segundo? Considere que a eficiência fotoelétrica não muda. Justifique.

a) A energia dos fótons é:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240}{400} = \boxed{3{,}1\,\text{eV}}$$

Como $K_{\max} = eV = 1\,\text{eV}$:

$$\phi = E - K_{\max} = 3{,}1 - 1 = \boxed{2{,}1\,\text{eV}}$$

b) No comprimento de onda limite, a energia cinética é nula:

$$\frac{hc}{\lambda_{\max}} = \phi$$

$$\lambda_{\max} = \frac{1240}{2{,}1} \approx \boxed{590{,}5\,\text{nm}}$$

c) Para $\lambda = 200\,\text{nm}$:

$$K_{\max} = \frac{1240}{200} - 2{,}1$$

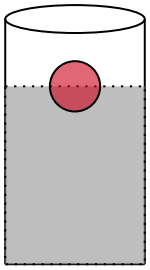
$$\boxed{K_{\max} = 4{,}1\,\text{eV}}$$

Logo:

$$\boxed{V = 4{,}1\,\text{V}}$$

d) A energia cinética máxima não muda, pois depende da frequência da luz, que permanece constante. Como a intensidade quadruplica, o número de fótons incidentes por segundo também quadruplica. Assim, o número de elétrons emitidos por segundo fica quatro vezes maior.

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.

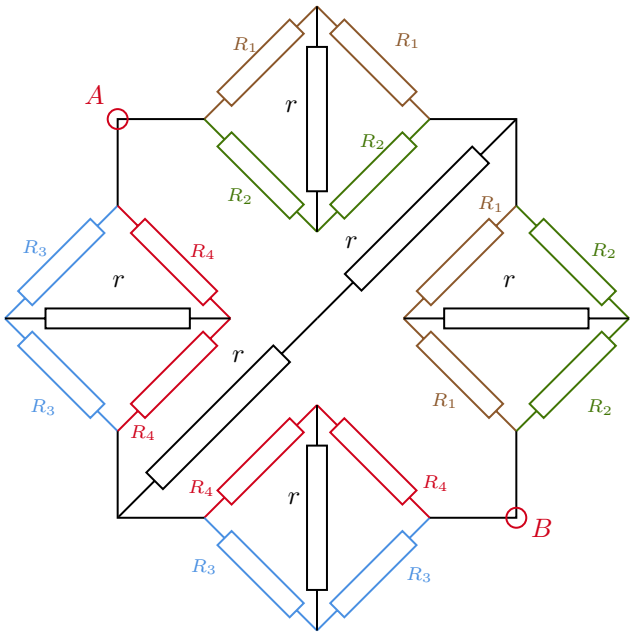
Sabemos que o volume de uma esfera é $\frac{4}{3}\pi R^3$ e que a força do empuxo será $\rho V g$, em que V é o volume submergido. Logo para metade estar submerso temos $\rho \cdot \frac{2}{3}\pi R^3 g = mg \implies m = \rho\frac{2}{3}\pi R^3$.

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. Davi, enquanto esperava por seu grande amigo "Tofu"durante um jogo de Overwatch, decidiu finalmente terminar um problema de seu querido professor de Olimpíada de Física do colégio.

É dado o seguinte circuito, sabendo que os resistores em marrom têm resistência R_1, os em verde têm R_2, os em azul têm R_3, os em vermelho têm R_4 e os em preto têm r:



Determine agora a resistência equivalente entre os pontos A e B.

Note que cada um dos losangos forma uma ponte de Wheatstone equilibrada, uma vez que os produtos cruzados sempre são iguais, seja $R_2 \cdot R_1 = R_1 \cdot R_2$ ou $R_3 \cdot R_4 = R_4 \cdot R_3$. Assim, os resistores r do meio dos losangos podem ser "retirados"sem afetar o circuito.

Fazendo a resistência equivalente de cada losango, percebe-se que o da esquerda e o de baixo ambos possuem $R_{eq} = \frac{2R_3R_4}{R_3+R_4}$ e os da direita e de cima ambos possuem $R_{eq} = \frac{2R_1R_2}{R_1+R_2}$. Dessa maneira os resistores de fora formam uma ponte de Wheatstone por si e assim, os dois resistores r do meio podem ser ignorados.

Por fim, realizamos mais uma associação em paralelo, obtendo que a resistência equivalente total é $\frac{4R_1R_2R_3R_4}{R_1R_2(R_3+R_4)+R_3R_4(R_1+R_2)}$.

Questão 5. Um capacitor é formado por duas placas condutoras retangulares de comprimento ℓ e largura b,

separadas por uma distância d. O capacitor foi carregado e, em seguida, desconectado da bateria. Suas placas conservam as cargas $+Q$ e $-Q$.

Uma lâmina dielétrica de permissividade $\varepsilon > \varepsilon_0$, largura b e espessura d pode deslizar sem atrito entre as placas. A distância X é medida da borda esquerda das placas até a extremidade da lâmina que está dentro do capacitor. O restante do espaço contém ar, de permissividade ε_0. Despreze os efeitos de borda no cálculo da capacitância.

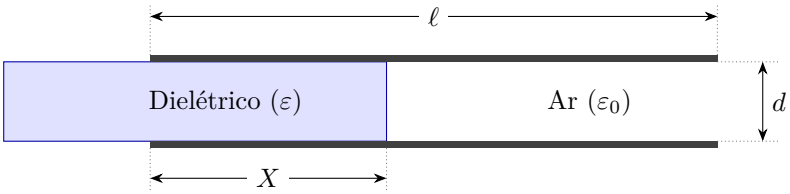


Figura 1: Vista lateral, a largura b é perpendicular à página.

a) Determine a capacitância do sistema para uma configuração com distancia X.

b) Obtenha a energia eletrostática armazenada no capacitor nessa configuração.

c) Comparando as energias do capacitor quando a lâmina está inserida até uma distância X e até uma distância X' depois de um pequeno deslocamento, determine o módulo e o sentido da força elétrica sobre a lâmina na posição X.

Item a)

As regiões com ar e com dielétrico estão submetidas à mesma diferença de potencial e suas cargas se somam. Elas equivalem a dois capacitores em paralelo, de áreas $b(\ell - X)$ e bX, respectivamente. Portanto,

$$C(X) = \frac{\varepsilon_0 b(\ell - X)}{d} + \frac{\varepsilon b X}{d} = \boxed{\frac{b}{d}\left[\varepsilon_0 \ell + (\varepsilon - \varepsilon_0)X\right]}.$$

Item b)

Como o capacitor está isolado, o módulo Q da carga de cada placa é constante. Logo,

$$W(X) = \frac{Q^2}{2C(X)} = \boxed{\frac{Q^2 d}{2b[\varepsilon_0 \ell + (\varepsilon - \varepsilon_0)X]}}.$$

Item c)

Adote como positivo o sentido de entrada da lâmina. Durante o deslocamento $X' - X$, o trabalho da força elétrica é igual à diminuição da energia armazenada. Escrevendo $C = C(X)$ e $C' = C(X')$, obtemos

$$\overline{F}_x(X' - X) = W(X) - W(X') = \frac{Q^2}{2}\left(\frac{1}{C} - \frac{1}{C'}\right) = \frac{Q^2}{2CC'}(C' - C).$$

Pelo item 1, $C' - C = \frac{b}{d}(\varepsilon - \varepsilon_0)(X' - X)$. Assim, o fator $X' - X$ se cancela. A força média no trecho é

$$\overline{F}_x = \frac{Q^2 b(\varepsilon - \varepsilon_0)}{2dCC'}.$$

Tomando X' arbitrariamente próximo de X, temos $C' \to C$, e a força média se aproxima da força na

posição X. Segue que

$$\boxed{F_x(X) = \frac{Q^2 d(\varepsilon - \varepsilon_0)}{2b[\varepsilon_0 \ell + (\varepsilon - \varepsilon_0)X]^2}}.$$

Como $\varepsilon > \varepsilon_0$, a força aponta para dentro do capacitor.

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):

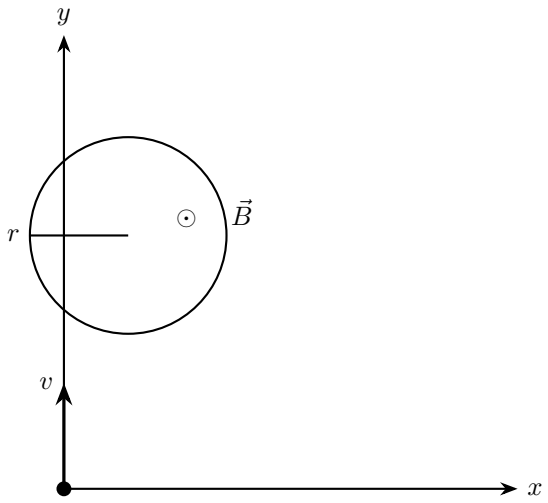
$$\mu mgD = mgH \quad \Rightarrow \quad D = \frac{H}{\mu} = \frac{5{,}0}{0{,}25} = 20 \text{ m}$$

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. Uma partícula de carga $q > 0$ e massa m parte da origem com velocidade de módulo v ao longo do semieixo positivo y. Ela segue em linha reta até entrar na região circular de raio r, onde há um campo magnético uniforme $\vec{B}$ saindo do plano, conforme a figura.



a) Calcule a força exercida sobre a partícula e o raio de curvatura de sua trajetória, nas regiões dentro e fora do círculo.

b) Suponha que a posição do centro da região circular possa variar, mas ainda mantendo o disco inteiramente acima do eixo x e secante ao eixo y. Determine a condição sobre v para que independente da posição do disco, a partícula voltar a atingir o eixo x.

a)

Fora do disco, o campo magnético é nulo. Assim, a força resultante sobre a partícula é zero e sua trajetória é retilínea, com raio de curvatura infinito.

Dentro do disco, a força magnética é $\vec{F} = q\,\vec{v}\times\vec{B}$. Como a velocidade é perpendicular ao campo, essa força tem módulo qvB e mantém constante a rapidez da partícula. No instante da entrada, $\vec{v}$ aponta no sentido positivo de y e $\vec{B}$ sai do plano da figura. Pela regra da mão direita, a partícula começa a se curvar para a direita. Sendo ρ o raio de sua trajetória, temos

$$qvB = \frac{mv^2}{\rho} \qquad \Longrightarrow \qquad \boxed{\rho = \frac{mv}{qB}}.$$

b)

Seja A o ponto em que a partícula entra no disco. Como o disco está inteiramente acima do eixo x, a partícula só volta a atingir esse eixo se sair do campo com uma componente vertical de velocidade negativa. Para isso, ela precisa percorrer mais de um quarto de volta dentro do disco.

Seja P o ponto da trajetória correspondente a um quarto de volta. Em relação a A, esse ponto está a uma distância ρ para a direita e ρ para cima. Pelo teorema de Pitágoras,

$$AP = \sqrt{\rho^2+\rho^2} = \sqrt{2}\,\rho.$$

Como A está na borda e P deve estar no interior do disco, a distância AP é menor que o diâmetro. Portanto,

$$\sqrt{2}\,\rho < 2r \qquad \Longrightarrow \qquad v < \frac{\sqrt{2}\,qBr}{m}.$$

Para verificar que essa condição é suficiente, escolha a posição do disco de modo que o diâmetro que parte

de A faça $45°$ com o semieixo positivo x. Nessa configuração, a distância horizontal do centro ao eixo y é

$$a = r\cos 45° = \frac{r}{\sqrt{2}}.$$

O ponto P pertence a esse diâmetro e, como $AP < 2r$, está dentro do disco. Por outro lado, após três quartos de volta, a partícula estaria ρ à direita e ρ abaixo de A. Esse ponto pertence à tangente ao disco em A e, portanto, está fora dele. Logo, a partícula sai entre um quarto e três quartos de volta, quando sua velocidade aponta para baixo, e volta a atingir o eixo x.

Concluímos que existe uma posição do disco que permite o encontro se, e somente se,

$$\boxed{0 < v < \frac{\sqrt{2}\,qBr}{m}}.$$

No valor-limite, $AP = 2r$ e a partícula sai do campo exatamente após um quarto de volta. Como sua velocidade de saída é horizontal, ela segue paralelamente ao eixo x e não o alcança.