Padrão de respostas às questões discursivas

A seguir encontram-se as questões das provas discursivas da 2ª ETAPA do Vestibular UFF 2011, acompanhadas das respostas esperadas pelas bancas.

FÍSICA - Grupos H e I

1ª QUESTÃO: (2,5 pontos)

Avaliador | Revisor

Um elétron é retirado de uma das placas de um capacitor de placas paralelas e é acelerado no vácuo, a partir do repouso, por um campo elétrico constante. Esse campo é produzido por uma diferença de potencial estabelecida entre as placas e imprime no elétron uma aceleração constante, perpendicular às placas, de módulo $6,4 \times 10^3$ m/s^2. A intensidade do campo elétrico é grande o suficiente para que se possam desprezar os efeitos gravitacionais sobre o elétron.

Depois de 2ms (2×10^{-3} s), a polaridade da diferença de potencial estabelecida entre as placas é bruscamente invertida, e o elétron passa a sofrer uma força de mesmo módulo que o da força anterior, porém de sentido inverso. Por causa disso, o elétron acaba por retornar à placa de onde partiu, sem ter alcançado a 2ª placa do capacitor.

a) Esboce, no reticulado abaixo, o gráfico da velocidade do elétron em função do tempo, desde o instante em que ele é retirado da placa até o instante em que ele retorna à mesma placa.**(0,5 ponto)**

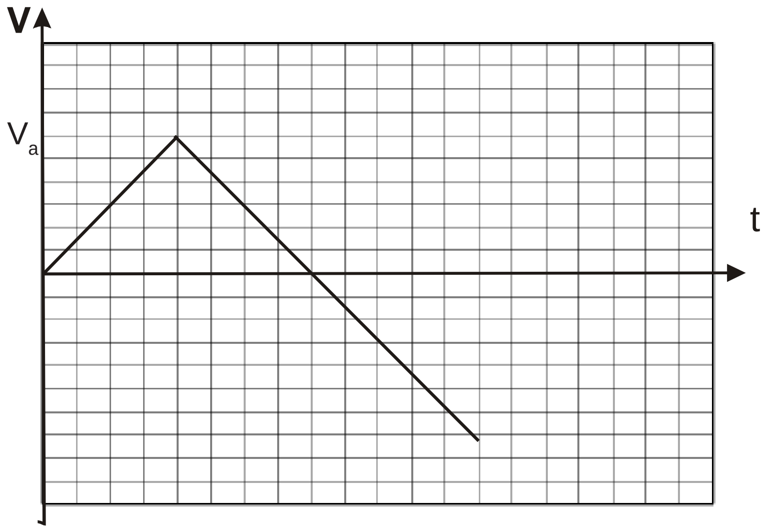
b) Determine a distância mínima que deve existir entre as placas do capacitor de modo que o elétron não atinja a segunda placa, conforme foi relatado. **(1,0 ponto)**

c) Calcule o tempo que o elétron levou no percurso desde o instante em que ele é retirado da placa até o instante em que retorna ao ponto de partida. **(0,5 ponto)**

d) Determine o módulo do campo elétrico responsável pela aceleração do elétron, sabendo-se que sua massa é $9,0 \times 10^{-31}$ kg e que sua carga é $1,6 \times 10^{-19}$ C. **(0,5 ponto)**

Cálculos e resposta:

a)



b) A distância percorrida até a inversão da velocidade é D, calculada pela área sob o gráfico V x t ;

$V_a = at = 6,4 \times 10^3 \times 2 \times 10^{-3} = 12,8$ m/s

$D = (4 \times 10^{-3} \times 12,8) / 2 = 25,6 \times 10^{-3}$ m

A distância entre as placas deve ser maior que D.

Cálculos e respostas:

c) T_{Total} = 2 ms + 2 ms + ΔT, onde ΔT é o tempo de retorno até a placa de partida. Neste trecho de retorno, o elétron percorre a mesma distância calculada no item anterior.

$D = ½ \, a \, (\Delta T)^2$

$25{,}6 \times 10^{-3} = ½ \times 6{,}4 \times 10^3 \times (\Delta T)^2$

$(\Delta T)^2 = 4 \times 2 \times 10^{-6}$

$\Delta T = 2\sqrt{2} \times 10^{-3}$ s

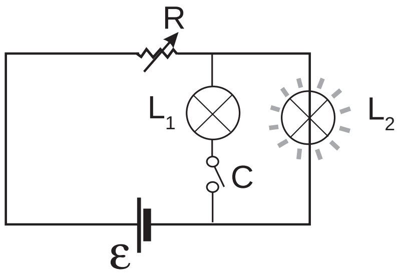
$T_{Total} = 2 + 2 + 2\sqrt{2} = 4 + 2\sqrt{2}$ ms ~ 6,8 ms (ou $6{,}8 \times 10^{-3}$ s)

d) Pela 2ª lei de Newton, F = m a, onde F é, neste caso, a força elétrica;
Pela definição de campo elétrico E, F = q E;
Portanto, q E = m a, e E = m a / q
Substituindo valores, temos:
$E = (9 \times 10^{-31} \times 6{,}4 \times 10^3)/(1{,}6 \times 10^{-19}) = 3{,}6 \times 10^{-8}$ N/C (ou V/m)

2^a QUESTÃO: (2,0 pontos)

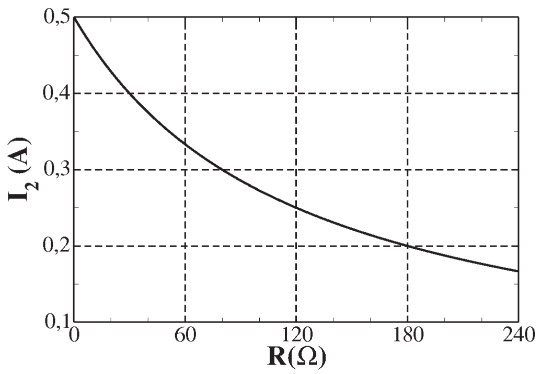
Avaliador | Revisor

Considere o circuito elétrico simples da figura abaixo. O resistor nela representado tem resistência variável R. L_1 e L_2 são 2 lâmpadas idênticas, de resistência r, e C é um interruptor. A bateria, suposta ideal, tem força eletromotriz ε e os fios de conexão têm resistência desprezível.



a) Com a chave C aberta, determine a intensidade de corrente i_2 através da lâmpada L_2 em função de ε, r e R. **(0,5 ponto)**

b) Considere agora que a chave C é fechada. Nessa situação, altera-se a resistência variável e mede-se a intensidade de corrente i_2 em função de R. O gráfico abaixo representa os resultados dessas medidas. Determine os valores de ε e r. **(1,0 ponto)**



c) Calcule a razão entre as potências consumidas pela lâmpada L_2 com a chave C fechada e com a chave C aberta, como função de R. Para que valor de R a potência consumida pela lâmpada L_2 é a mesma nas duas situações? **(0,5 ponto)**

Cálculos e respostas:

a) Com a chave aberta, as resistências R e r estão em série, e a resistência equivalente é a soma das duas. Logo, a corrente que atravessa a bateria é

$I = \dfrac{\varepsilon}{R + r}$, que é a mesma que atravessa a lâmpada L_2: $I_2 = \dfrac{\varepsilon}{R + r}$

b) Com a chave C fechada, as lâmpadas L_1 e L_2 estão em paralelo, e o conjunto está em série com R. A resistência equivalente à associação das duas lâmpadas é

$r_{eq} = (r \times r) / (2\ r) = r/2$

A resistência equivalente do circuito todo é $R_{eq} = R + r/2$

Logo, a corrente que atravessa a bateria é

$I = \varepsilon / (R + r/2)$

Como os ramos onde estão as lâmpadas L_1 e L_2 são idênticos, a corrente se bifurca entre os dois, e a corrente que atravessa a lâmpada L_2 é

$I_2 = \varepsilon / (2R + r)$

Cálculos e respostas:

Esta é a função representada no gráfico. Usamos este gráfico para ler os valores de corrente que correspondem a resistências R = 0 e R = 180 ohms para montar o sistema:

$0{,}5 = \mathcal{E} / r$

$0{,}2 = \mathcal{E} / (360 + r)$,

Cuja solução é

$\mathcal{E} = 120$ V e $r = 240$ ohms

c) A potência consumida na lâmpada L_2 é dada pela expressão $P = r\, I_2^2$;

Com a chave fechada, temos $P_f = r\, [\mathcal{E} /(2R + r)]^2$

Com a chave aberta, temos $P_a = r\, [\mathcal{E}/ (R + r)]^2$

A razão pedida é

$P_f / P_a = (R + r)^2 / (2R + r)^2$

Para que ela seja igual a 1, é preciso que denominador e numerador sejam iguais; logo, $R + r = 2R + r$, o que só será verdade se $R = 0$.

3ª QUESTÃO: (2,0 pontos) Avaliador Revisor

Dois objetos feitos do mesmo material repousam sobre um trecho sem atrito de uma superfície horizontal, enquanto comprimem uma mola de massa desprezível.

Quando abandonados, um deles, de massa 2,0 kg, alcança a velocidade de 1,0 m/s ao perder o contato com a mola. Em seguida, alcança um trecho rugoso da superfície, passa a sofrer o efeito do atrito cinético e percorre 0,5 m nesse trecho até parar.

a) Qual o coeficiente de atrito cinético entre esse bloco e o trecho rugoso da superfície horizontal? **(1,0 ponto)**

b) Qual é a velocidade alcançada pelo 2º bloco, de massa 1,0 kg, ao perder o contato com a mola? **(0,5 ponto)**

c) Sabendo-se que a constante elástica da mola é $6{,}0 \times 10^4$ N/m, de quanto a mola estava comprimida inicialmente? **(0,5 ponto)**

Cálculos e respostas:

a) A energia cinética inicial do bloco é dissipada pelo trabalho da força de atrito cinético. Pelo teorema do trabalho e da energia cinética, temos

$W = \Delta E_c$

A força de atrito é Fat = μ N, onde μ é o coeficiente de atrito cinético e N é a normal. Como há equilíbrio na direção vertical, a resultante nesta direção é nula e a normal tem módulo igual ao peso: N = mg.

A força de atrito tem sentido oposto ao deslocamento (de módulo d), portanto realiza trabalho negativo.

A energia cinética final depois do deslocamento d é nula.

$- \mu\ m\ g\ d = 0 - ½\ m\ v^2$

$\mu = v^2 / (2\ g\ d) = 1 / (2 \times 10 \times 0{,}5) = 1 / 10 = 0{,}1$

b) Durante o contato com a mola, a força resultante sobre o sistema formado pelos dois blocos e pela mola de massa desprezível é nula. Logo, a quantidade de movimento do sistema é conservada. No instante inicial ela é nula; no momento em que cessa o contato com a mola também deve ser:

$m_1 V_1 + m_2 V_2 = 0$, logo $V_2 = - (m_1 V_1) / m_2 = - (2 \times 1) / 1 = -2$

Logo, a velocidade alcançada pelo 2º bloco ao perder contato com a mola tem módulo 2 m/s e sentido oposto ao da velocidade do 1º bloco.

c) A energia potencial acumulada na compressão da mola se transformou na energia cinética do conjunto dos dois blocos ao final do contato com a mola. Se X é a compressão inicial da mola e k sua constante elástica, temos:

$½\ k\ X^2 = ½\ m_1 V_1^2 + ½\ m_2 V_2^2$

$½ \times 6 \times 10^4 \times X^2 = ½ \times 2 \times 1^1 + ½ \times 1 \times 2^2 = 3$

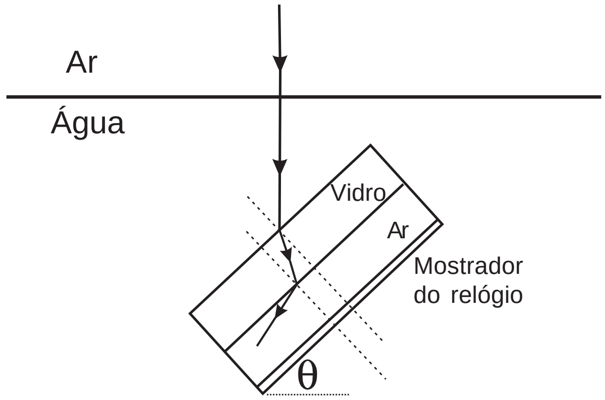
$X^2 = 10^{-4}$

$X = 10^{-2}$ m = 1,0 cm

4ª QUESTÃO: (1,5 ponto)

Avaliador | Revisor

O fenômeno de reflexão interna pode ser usado para medir o índice de refração da água de uma forma simples. A figura representa, esquematicamente, um relógio imerso em água. Com a luz de um laser incidindo perperdicularmente sobre a superfície da água e variando-se o ângulo θ que o mostrador do relógio faz com a mesma, observa-se que existe um ângulo crítico θ_c, a partir do qual ocorre reflexão total do raio na interface entre o vidro e o ar.



a) Obtenha o índice de refração da água em função de θ_c, considerando que o índice de refração do ar é aproximadamente igual a 1. **(1,0 ponto)**

b) Calcule a velocidade da luz na água, sabendo que a velocidade da luz no vácuo é $c \approx 3 \times 10^5$ km/s e que o ângulo crítico $\theta_c = 48{,}6^o$. **(0,5 ponto)**

Dados: sen 48,6º = 0,75, cos 48,6º = 0,66.

Cálculos e respostas:

a) Pela geometria da situação, o ângulo de incidência na interface água – vidro é θ.
Chamemos os índices de refração de n_1 (água), n_2 (vidro) e $n_3 = 1$ (ar), e os ângulos de refração de α (vidro) e β (ar). Apliquemos a lei da refração às interfaces água-vidro e vidro-ar:

$n_1 \text{ sen } \theta = n_2 \text{ sen } \alpha$

$n_2 \text{ sen } \alpha = n_3 \text{ sen } \beta$

A reflexão total na interface vidro-ar ocorre quando $\beta = \pi/2$

$n_1 \text{ sen } \theta_c = n_2 \text{ sen } \alpha = n_3 \text{ sen } \beta = 1$
$n_1 = 1 / \text{sen } \theta_c$

b) O índice de refração é $n = c / V$, onde c é a velocidade da luz no vácuo.
Logo,
$V_1 = c / n_1 = 3 \times 10^5 \times \text{sen } \theta_c = 3 \times 10^5 \times 3/4 = 2{,}2 \times 10^5$ km/s

$5^{\underline{a}}$ QUESTÃO: (2,0 pontos) Avaliador Revisor

Um recipiente transparente é preenchido com água até uma certa altura antes de ser hermeticamente tampado. Uma certa quantidade de ar fica, assim, presa no interior do recipiente e exerce sobre a superfície livre do líquido uma pressão igual à pressão atmosférica p_0. A figura 1 ilustra a situação descrita. Em seguida, uma torneira, localizada no fundo do recipiente e com canal de escoamento fino o suficiente para evitar a entrada de ar, é aberta, deixando que o líquido escoe. Esse escoamento se interrompe espontaneamente quando a superfície livre da água no interior do recipiente está a uma altura H relativa ao nível da torneira, como mostra a figura 2.

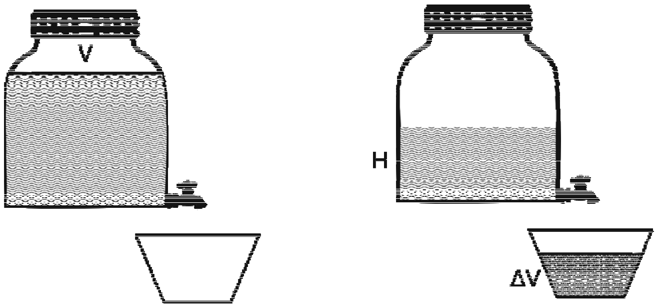
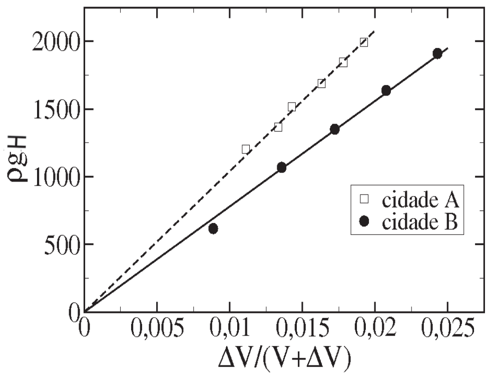


figura 1 figura 2

a) Determine a pressão exercida pela massa de ar acima da superfície livre da água na situação final de equilíbrio hidrostático, em função da pressão atmosférica local p_0, da altura H, da densidade da água ρ e da aceleração da gravidade local g. **(0,75 ponto)**

b) Considere isotérmica a expansão sofrida pela massa de ar interna ao recipiente, durante o processo descrito. Use essa hipótese para determinar outra vez a pressão exercida por essa massa de ar ao final desse processo, agora em função de sua pressão inicial, que era a pressão atmosférica p_0, do volume V que ocupava inicialmente, e do volume ΔV de líquido escoado. **(0,75 ponto)**

c) Os resultados obtidos nos itens a) e b) sugerem uma experiência simples, capaz de obter a pressão atmosférica local p_0, através da medida das quantidades H, V e ΔV. O gráfico abaixo mostra os resultados obtidos nessas experiências quando feitas em duas cidades A e B, localizadas em diferentes altitudes em relação ao nível do mar. Qual das duas cidades está localizada a uma maior altitude? Justifique sua resposta. **(0,5 ponto)**



Cálculos e respostas:

a) O escoamento do líquido se interrompe quando a pressão no fundo do recipiente se iguala à pressão no bico da torneira, que é a pressão atmosférica p_0. Chamemos de p a pressão exercida sobre a superfície livre do líquido nesta situação. Pelo teorema de Stevin,

$p_0 = p + \rho\, g\, H$, e logo

$p = p_0 - \rho\, g\, H$

Cálculos e respostas:

b) Num processo isotérmico de um gás perfeito, o produto pV é constante. O volume final do gás acima do líquido é o inicial mais o volume de líquido que se escoou. Logo,

$p_0 V = p (V + \Delta V)$, e

$p = p_0 V / (V + \Delta V)$

c) A pressão calculada das duas maneiras acima deve ser a mesma. Portanto,

$p_0 - \rho g H = p_0 V / (V + \Delta V)$

$p_0 [1 - V / (V + \Delta V)] = \rho g H$, ou

$\rho g H = p_0 [\Delta V / (V + \Delta V)]$

Se $y = \rho g H$, e $x = \Delta V / (V + \Delta V)$, esta relação é da forma $y = k x$, onde a constante k, que é a inclinação da reta que representa esta relação, é, em nosso caso, p_0.

A pressão atmosférica p_0 é, portanto, a inclinação do gráfico mostrado na questão. Por isso, ela é maior na cidade A. Como a pressão atmosférica decresce com a altitude, a cidade localizada à maior altitude é aquela na qual é menor a pressão atmosférica: a cidade B