FÍSICA - Grupos H e I

1ª QUESTÃO: (2,0 pontos) Avaliador Revisor

Uma montagem experimental simples permite a medida da força entre objetos carregados com o auxílio de uma balança (***A. Cortel, Physics Teacher 37, 447 (1999)***). Nesta montagem são usadas bolas de Natal metalizadas idênticas, presas a hastes isolantes, como ilustrado no diagrama. Uma das bolas é colocada sobre a balança, com a sua haste de sustentação fixa na posição vertical. Com o auxílio de um suporte e de uma régua, uma segunda bola é disposta de modo que os centros das bolas fiquem alinhados na direção vertical e distem **d** entre si. Nesta configuração a balança registra um valor $\mathbf{f_0}$.

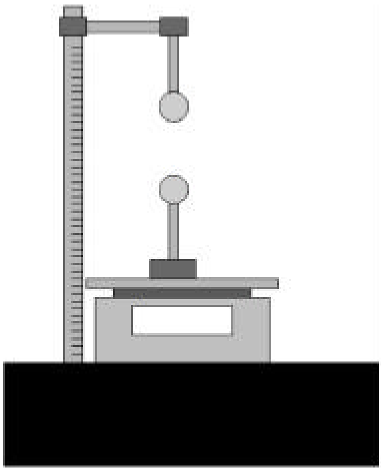
As bolas são então carregadas, a que está sobre a balança com carga elétrica $+Q_1$, e a outra bola com uma carga elétrica $+Q_2$. Nesta situação, a balança registra um novo valor $\mathbf{f_1}$.

a) Indique se $\mathbf{f_1}$ é *maior*, *menor*, ou *igual* a $\mathbf{f_0}$, justificando sua resposta com conceitos e leis físicas.

b) Utilizando uma terceira bola descarregada (idêntica às outras duas) a carga da bola que estava sobre a balança é reduzida à metade de seu valor original. Um novo valor $\mathbf{f_2}$ é registrado na balança. Calcule a razão $(\mathbf{f_2} - \mathbf{f_0}) / (\mathbf{f_1} - \mathbf{f_0})$.

c) Nessa situação as duas bolas são aproximadas até que a distância entre os seus centros seja reduzida à metade de seu valor original. Um novo valor $\mathbf{f_3}$ é registrado na balança. Calcule a razão $(\mathbf{f_3} - \mathbf{f_0}) / (\mathbf{f_1} - \mathbf{f_0})$.

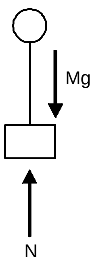
d) Finalmente, a bola carregada que se encontrava fora da balança é substituída por uma bola descarregada, à mesma distância **d** inicial, e a balança registra um novo valor $\mathbf{f_4}$. Indique se $\mathbf{f_4}$ é *maior*, *menor*, ou *igual* a $\mathbf{f_0}$, justificando sua resposta com conceitos e leis físicas.



Cálculos e resposta:

a) A balança registra a força normal.

Com as bolas descarregadas:



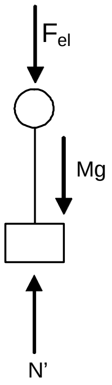
$N = Mg$
(1ª lei de Newton)

Registro: f_o

$f_o = Mg$

Cálculos e respostas:

Com as bolas carregadas



$N' = Mg + F_{el} > N$

Registro: f_1
$f_1 = Mg + F_{el}$

Como N' > N, o registro f_1 é maior do que f_o

b) Como $Q_2 \longrightarrow Q_2/2$, a força eletrostática cai à metade (lei de Coulomb)

Logo,

$$f_2 = Mg + F_{el}/2 = Mg + \frac{F_{el}}{2}\,.$$

Temos,

$$f_2 - f_o = \frac{F_{el}}{2}\ ,\ f_1 - f_o = F_{el}$$

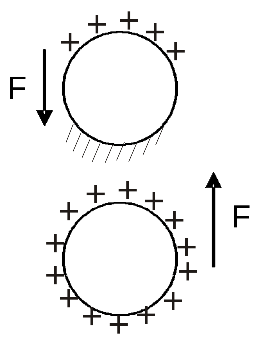
Logo,

$$\frac{f_2 - f_o}{f_1 - f_o} = \frac{F_{el}}{2}\frac{1}{F_{el}} = \frac{1}{2}$$

c) Como a distância é reduzida à metade, a força eletrostática aumenta por um fator 4 (lei de Coulomb)
Logo, $f_3 = f_o + 4\,F_{el}/2$
Logo,

$$\frac{f_3 - f_o}{f_1 - f_o} = \frac{2F_{el}}{F_{el}} = 2$$

d) Por causa da polarização induzida na esfera neutra metalizada, haverá uma força de atração entre elas. Resultado: a leitura da balança será menor do que f_o.

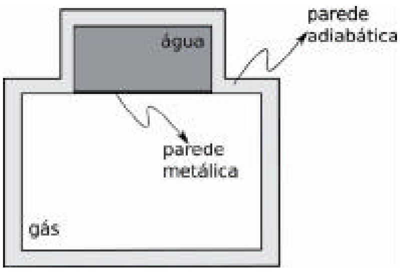


FÍSICA - Grupos H e I

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

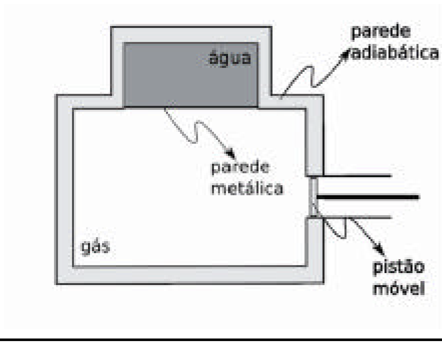
Numa experiência, um recipiente de paredes adiabáticas, exceto pelo fundo metálico, contém 20 g de água a 67º C e é colocado em contato térmico com outro recipiente, com 200 l de volume, de paredes adiabáticas, exceto por um pedaço metálico em seu topo, contendo um gás monoatômico. Na situação inicial, este gás está a uma temperatura de 27º C e exerce sobre as paredes do recipiente uma pressão de 1 atm. A capacidade térmica do recipiente que contém água pode ser desprezada, enquanto a daquele que contém o gás é de 4 cal/K. A temperatura do sistema, quando o equilíbrio térmico é atingido, é de 59º C.

a) Determine a pressão exercida pelo gás sobre as paredes do recipiente depois de alcançado o equilíbrio térmico.

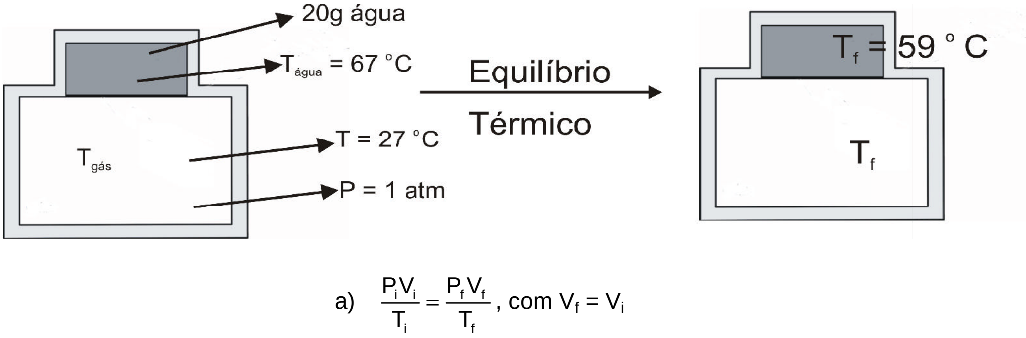


b) Determine a capacidade térmica da massa gasosa.

c) A experiência é, em seguida, repetida a partir das mesmas condições iniciais, mas o recipiente que contém o gás dispõe agora de um pistão móvel. A temperatura final de equilíbrio nesta nova situação será *maior*, *menor*, ou *igual* a 59º C? Justifique sua resposta explicitando os princípios ou leis físicas que conduziram seu raciocínio.



Cálculos e respostas:



a) $\frac{P_i V_i}{T_i} = \frac{P_f V_f}{T_f}$, com $V_f = V_i$

Logo,

$$P_f = \frac{T_f}{T_i} P_i = \frac{59+273}{27+273} \text{ x } 1\,\text{atm} = \frac{332}{300} \approx 1{,}1\,\text{atm}$$

Cálculos e respostas:

b) Calor cedido pela água: $Q_{água} = mc\ \Delta T_{água} = mc(T_{água} - T_f)$

$c = 1$ cal/ g ^oC

$$Q_{água} = 20 \times 1 \times (67 - 59) = 160 \text{ cal}$$

Calor absorvido pelo (gás + recipiente):

$$C_{gás}\ \Delta T_{gás}\ +\ C_{rec}\ \Delta T_{gás}\ = Q_{água}$$

$$C_{gás}\ +\ C_{rec}\ = \frac{Q_{agua}}{\Delta T_{gas}} = \frac{160}{59-27} = \frac{160}{32} = 5\,\text{cal}/\,^oC$$

Como C_{rec} = 4 cal / K = 4 cal / ^oC

Temos $C_{gás}$ = 1 cal / ^oC

c) Pela 1ª lei da termodinâmica,

$$\Delta U = Q - W$$

onde U é a energia interna do gás e W é o trabalho realizado pelo gás. Como agora o gás realiza trabalho positivo, apenas uma parte do calor absorvido contribuirá para a elevação da temperatura do gás.

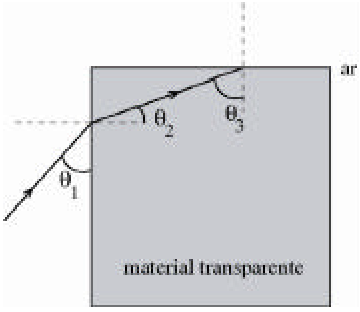
Portanto, a temperatura final nesta nova situação será menor que 59 ^oC.

FÍSICA - Grupos H e I

3ª QUESTÃO: (2,0 pontos)

Avaliador | Revisor

A figura abaixo mostra o trajeto parcial de um raio luminoso que, incidindo sobre uma face de um cubo de material transparente, incide sobre uma face adjacente à primeira depois de refratado.



A velocidade de propagação da luz **v** no interior do cubo pode ser escrita em função da velocidade da luz no vácuo **c** como **v = fc**, onde **f** é um número adimensional característico do material de que o cubo é feito.

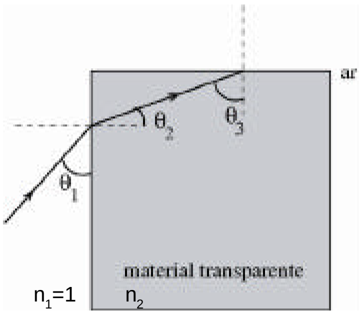
a) Determine, examinando a figura, se **f** é *maior*, *menor*, ou *igual* a 1. Justifique sua resposta apoiando-a em conceitos e leis físicas.

b) Qual o valor limite do ângulo θ_3 acima do qual não mais existe raio refratado através da 2ª face do cubo?

c) Se o ângulo θ_1 é exatamente aquele que provoca o valor limite de θ_3 calculado no item anterior, para que exista raio refratado na 2ª face você deve *aumentar* ou *diminuir* o ângulo θ_1? Justifique sua resposta apoiando-a em leis físicas.

d) Verifica-se experimentalmente que é impossível ver-se através de faces adjacentes de cubos de acrílico, material cujo índice de refração é 1,5. Usando o raciocínio utilizado no item anterior, considere o ângulo θ_1 mais favorável possível e mostre que, para um cubo de acrílico, mesmo um raio que incida na 1ª face com este ângulo ainda sofrerá reflexão total na 2ª face.

Cálculos e respostas:



a) $n_1 \operatorname{sen}(90^o - \theta_1) = n_2 \operatorname{sen}\theta_2$

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\operatorname{sen}(90^o - \theta_1)}{\operatorname{sen}\theta_2} > 1 \Rightarrow n_2 > 1 \quad \text{(porque } (90^o - \theta_1) > \theta_2\text{)}$$

A velocidade da luz no meio 2 é

$$V = \frac{c}{n_2} = fc \;\Rightarrow\; f = \frac{1}{n_2} < 1$$

Cálculos e respostas:

b) O valor limite de θ_3 para haver raio refratado na 2ª face é aquele para o qual o ângulo de refração é 90^o. Logo,

$$n_2 \text{ sen } \theta_3^{lim} = n_1 \text{ sen } 90^o = 1 \Rightarrow \text{sen } \theta_3^{lim} = \frac{1}{n_2} = f$$

$$\theta_3^{lim} = \text{arc sen } f$$

c) Se diminuirmos θ_1, θ_2 aumenta porque

$$\text{sen } \theta_2 = \frac{n_1}{n_2}\text{sen}(90^o - \theta_1)$$

Neste caso, θ_3 diminui porque $\theta_2 + \theta_3 = 90^o$. Assim, θ_3 cai abaixo do seu valor limite e haverá raio refratado na 2ª face. Logo, devemos diminuir o ângulo θ_1.

d) Ângulo mais favorável possível: é aquele que fornece o maior θ_2 possível, isto é, $\theta_1 = 0^o$. Neste caso,

$$n_2 \text{ sen } \theta_2 = n_1 \text{ sen } (90^o - \theta_1) = 1 \Rightarrow \text{sen } \theta_2 = \frac{1}{n_2} = \frac{1}{1{,}5}.$$

Mas, pelo item (b),

$$\text{sen}\theta_3^{lim} = \frac{1}{n_2} = \frac{1}{1{,}5}.$$

Por outro lado, o ângulo θ_3 correspondente ao maior θ_2 possível é

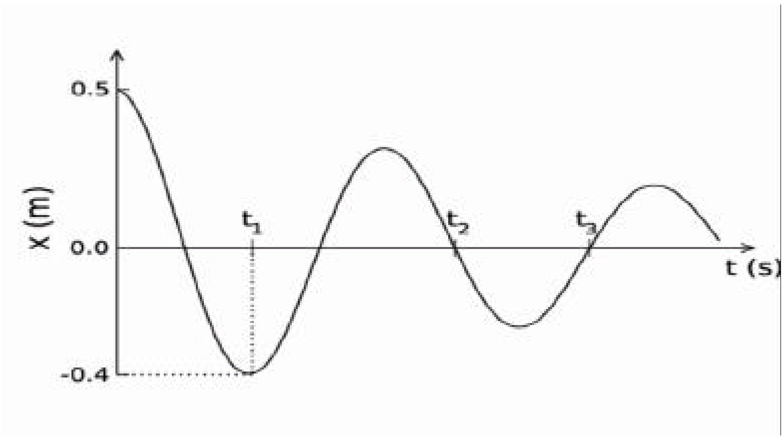
$$\theta_3 = 90^o - \theta_2 \Rightarrow \text{sen } \theta_3 = \cos \theta_2 = \sqrt{1 - \frac{1}{1{,}5^2}} \quad \Rightarrow \quad \text{sen } \theta_3 = \sqrt{\frac{2{,}25 - 1}{1{,}5^2}} = \frac{\sqrt{1{,}25}}{1{,}5} > \frac{1}{1{,}5} = \text{sen}\theta_3^{lim}$$

Portanto, $\theta_3 > \theta_3^{lim}$ e haverá reflexão total.

FÍSICA - Grupos H e I

4ª QUESTÃO: (2,0 pontos) Avaliador Revisor

Numa experiência realizada no laboratório didático do Instituto de Física da UFF analisa-se o movimento de um carrinho de 200 g de massa que desliza sobre um trilho de ar preso a um suporte fixo por uma mola de constante elástica k = 2,0 N/m e massa desprezível, sujeito a uma força dissipativa provocada pelo ar. O gráfico abaixo representa a posição medida do carrinho como função do tempo.



a) Qual a velocidade do carrinho nos instantes **0** e $\mathbf{t_1}$? Justifique sua resposta.

b) Qual a energia mecânica do sistema formado pelo carrinho e pela mola, nos instantes **0** e $\mathbf{t_1}$?

c) Calcule o trabalho realizado pela força dissipativa entre os instantes **0** e $\mathbf{t_1}$.

d) Compare os módulos do momento linear do carrinho nos instantes $\mathbf{t_2}$ e $\mathbf{t_3}$ e determine em qual destes instantes ele é maior. Justifique sua resposta explicitando os princípios ou leis físicas que conduziram seu raciocínio.

Cálculos e respostas:

a) Zero (coeficiente ang. da tangente ao gráfico)

b)

$$E = \frac{mv^2}{2} + \frac{1}{2}kx^2$$

$$t = 0: \quad E_0 = 0 + \frac{1}{2}kx_0^2 = \frac{1}{2} \text{ x } 2{,}0\frac{N}{m} \text{ x } (0{,}5m)^2 = \frac{1}{2} \text{ x } 2{,}0 \text{ x } 0{,}25J = 0{,}25J$$

$$t = t_1: \quad E_1 = 0 + \frac{1}{2}kx_1^2 = \frac{1}{2} \text{ x } 2{,}0 \text{ x } (0{,}4m)^2 = \frac{1}{2} \text{ x } 2{,}0 \text{ x } 0{,}16 \text{ x } J = 0{,}16J$$

Cálculos e respostas:

c) $W = \Delta E = (0{,}16 - 0{,}25) = -0{,}09$ J.

d) Como o carrinho está na posição de equilíbrio nos instantes t_2 e t_3,

$$E_2 = \frac{m}{2}v_2^2 + \frac{1}{2}kx_2^2 = \frac{m}{2}v_2^2 \quad \text{e} \quad E_3 = \frac{m}{2}v_3^2 + \frac{1}{2}kx_3^2 = \frac{m}{2}v_3^2$$

Como o sistema está sujeito a uma força dissipativa, a energia mecânica diminui com o tempo, $E_3 < E_2$, donde $v_3 < v_2 \Rightarrow$ o momento linear $p_2 = mv_2$ é, em módulo, maior do que $p_3 = mv_3$.

O módulo do momento linear é maior no instante t_2.

FÍSICA - Grupos H e I

5ª QUESTÃO: (2,0 pontos) Avaliador | | Revisor | |

Costuma-se dizer que o uso de extensões para ligar vários aparelhos numa única tomada aumenta o consumo de energia elétrica. A alternativa mais econômica, deste ponto de vista, é ligar cada aparelho a uma tomada diferente, com seus próprios fios de ligação. Os dois esquemas abaixo representam a ligação de dois aparelhos elétricos idênticos, de resistência **R**, à mesma tomada por meio de uma extensão (Figura 1) e a ligação de cada aparelho a uma tomada diferente, com seus próprios fios de ligação (Figura 2). Os resistores de resistência **r** das figuras representam a resistência total dos fios de ligação, suposta igual em ambas as alternativas de ligação.

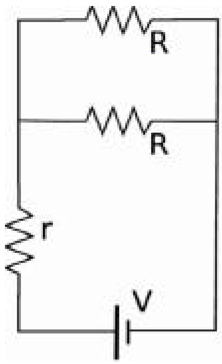


figura 1

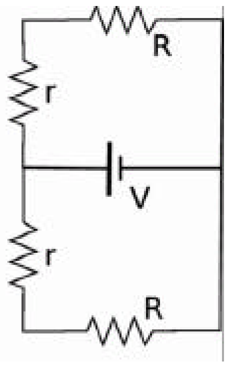


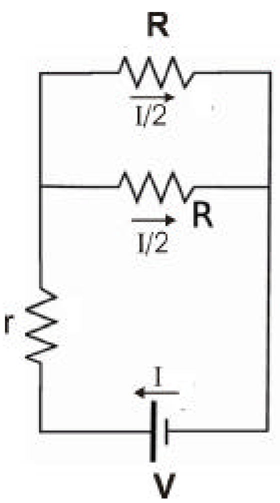
figura 2

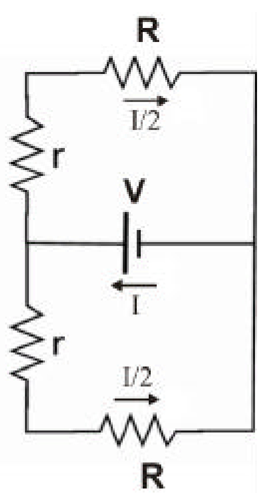
a) Calcule a corrente que atravessa cada aparelho nos circuitos das Figuras 1 e 2.

b) Calcule a potência total dissipada pela resistência dos fios de ligação em cada um dos casos mostrados.

c) Tomando os valores **R** = 100 Ù e **r** = 1Ù, compare as potências dissipadas calculadas no item anterior e diga em que situação a potência dissipada nos fios de ligação é maior, ou seja, em que situação o desperdício de energia é maior.

Cálculos e respostas:





a) Circuito (1): $R_{eq}^{(1)} = r + \dfrac{R}{2} \Rightarrow I = \dfrac{V}{R_{eq}^{(1)}} = \dfrac{V}{r + R/2}$

Logo, a corrente que atravessa cada aparelho é

$$I_R^{(1)} = \frac{I}{2} = \frac{V}{2(r + R/2)} = \frac{V}{2r + R}.$$

Circuito (2): $R_{eq}^{(2)} = \dfrac{r + R}{2}$

Logo, $I_R^{(2)} = \dfrac{I}{2} = \dfrac{1}{2}\dfrac{V}{R_{eq}^{(2)}} = \dfrac{V}{r + R}$

Cálculos e respostas:

b) Circuito (1): $P_r^{(1)} = r\,I^2 = \dfrac{r\,V^2}{(r+R/2)^2} = \dfrac{4rV^2}{(2r+R)^2}$

Circuito (2): $P_r^{(2)} = 2r\,(I_R^{(2)})^2 = 2r\dfrac{V^2}{(r+R)^2}$

c) R = 100 Ω e r = 1Ω

$$\frac{P_r^{(2)}}{P_r^{(1)}} = \frac{2rV^2}{(r+R)^2}\frac{(2r+R)^2}{4rV^2} = \frac{1}{2}\left(\frac{2r+R}{r+R}\right)^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{102}{101}\right)^2 \approx \frac{1}{2}$$

A potência dissipada nos fios no caso (1) é 2 vezes maior do que no caso (2). O desperdício de energia no caso (1) é maior.