

FÍSICA - Grupos H e I

1ª QUESTÃO: (2,0 pontos)

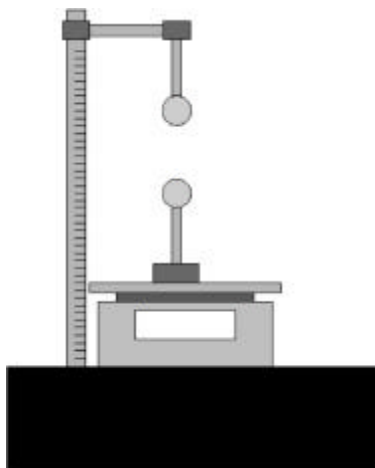
Avaliador

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 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 f_1 .

- a) Indique se f_1 é maior, menor, ou igual a 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 f_2 é registrado na balança. Calcule a razão $(f_2 - f_0) / (f_1 - f_0)$.
- 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 f_3 é registrado na balança. Calcule a razão $(f_3 - f_0) / (f_1 - f_0)$.
- 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 f_4 . Indique se f_4 é maior, menor, ou igual a f_0 , justificando sua resposta com conceitos e leis físicas.

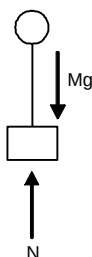


Cálculos e resposta:

A balança registra a força normal.

a)

Com as bolas descarregadas:



$$N = Mg$$

(1ª lei de Newton)

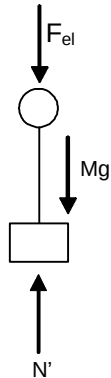
Registro: f_0

$$f_0 = Mg$$

FÍSICA - Grupos H e I

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_0

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,

$$f_2 - f_0 = \frac{F_{el}}{2}, \quad f_1 - f_0 = F_{el}$$

Logo,

$$\frac{f_2 - f_0}{f_1 - f_0} = \frac{F_{el}}{2} \frac{1}{F_{el}} = \frac{1}{2}$$

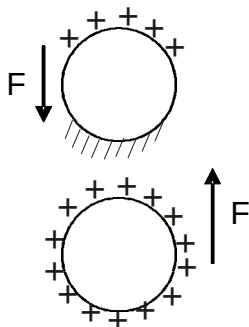
c) Como a distância é reduzida à metade, a força eletrostática aumenta por um fator 4 (lei de Coulomb)

Logo, $f_3 = f_0 + 4 F_{el}/2$

Logo,

$$\frac{f_3 - f_0}{f_1 - f_0} = \frac{2F_{el}}{F_{el}} = 2$$

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_0 .



FÍSICA - Grupos H e I

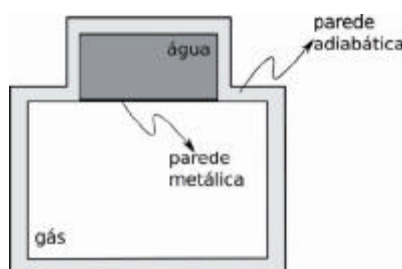
2ª QUESTÃO: (2,0 pontos)

Avaliador

Revisor

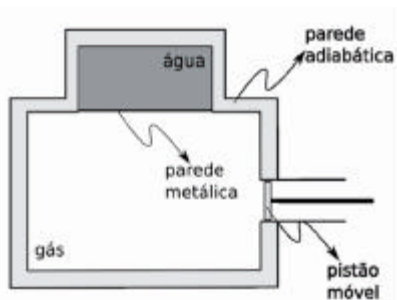
Numa experiência, um recipiente de paredes adiabáticas, exceto pelo fundo metálico, contém 20 g de água a 67°C e é colocado em contato térmico com outro recipiente, com 200 l de volume, de paredes adiabáticas, exceto por um pedaço metálico em seu topo, contendo um gás monoatômico. Na situação inicial, este gás está a uma temperatura de 27°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 59°C .

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

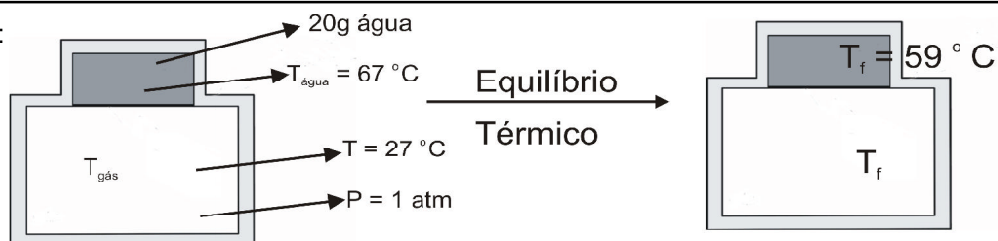


b) Determine a capacidade térmica da massa gasosa.

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 59°C ? Justifique sua resposta explicitando os princípios ou leis físicas que conduziram seu raciocínio.



Cálculos e respostas:



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

Logo,

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

FÍSICA - Grupos H e I

Cálculos e respostas:

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

$$c = 1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$$

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

Calor absorvido pelo (gás + recipiente):

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

$$C_{\text{gás}} + C_{\text{rec}} = \frac{Q_{\text{água}}}{\Delta T_{\text{gás}}} = \frac{160}{59 - 27} = \frac{160}{32} = 5 \text{ cal/} ^\circ\text{C}$$

Como $C_{\text{rec}} = 4 \text{ cal/K} = 4 \text{ cal/} ^\circ\text{C}$

Temos $C_{\text{gás}} = 1 \text{ cal/} ^\circ\text{C}$

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 °C.

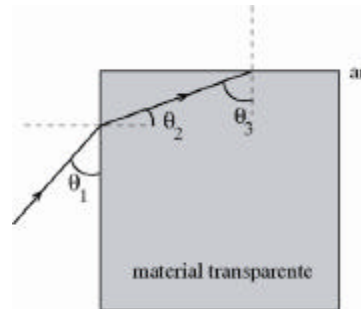
FÍSICA - Grupos H e I

3ª QUESTÃO: (2,0 pontos)

Avaliador

Revisor

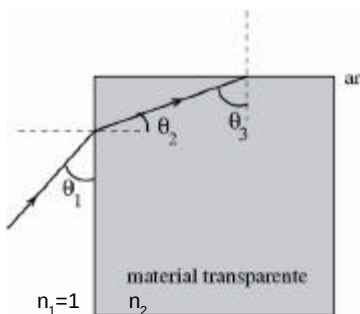
A figura abaixo mostra o trajeto parcial de um raio luminoso que, incidindo sobre uma face de um cubo de material transparente, incide sobre uma face adjacente à primeira depois de refratado.



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:



$$a) \ n_1 \sin(90^\circ - \theta_1) = n_2 \sin \theta_2$$

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

A velocidade da luz no meio 2 é

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

FÍSICA - Grupos H e I

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° . Logo,

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

$$\theta_3^{\text{lim}} = \arcsin f$$

c) Se diminuirmos θ_1 , θ_2 aumenta porque

$$\sin \theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin(90^\circ - \theta_1)$$

Neste caso, θ_3 diminui porque $\theta_2 + \theta_3 = 90^\circ$. 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, $\theta_1 = 0^\circ$. Neste caso,

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

Mas, pelo item (b),

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

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

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

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

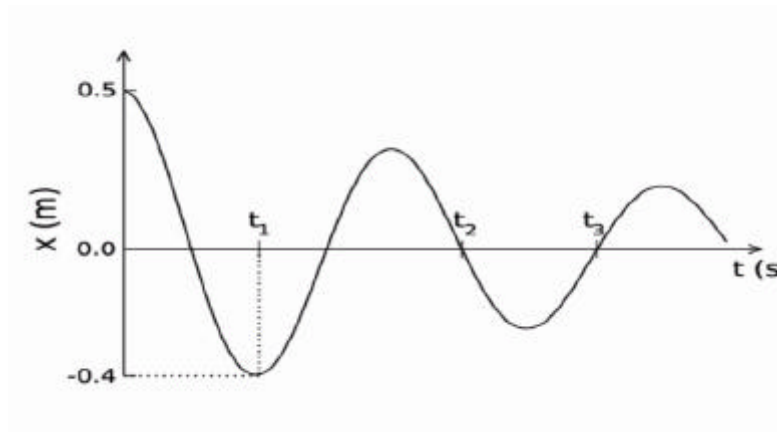
FÍSICA - Grupos H e I

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 $k = 2,0 \text{ N/m}$ 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 **t₁**? Justifique sua resposta.
- b) Qual a energia mecânica do sistema formado pelo carrinho e pela mola, nos instantes **0** e **t₁**?
- c) Calcule o trabalho realizado pela força dissipativa entre os instantes **0** e **t₁**.
- d) Compare os módulos do momento linear do carrinho nos instantes **t₂** e **t₃** 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)

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

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

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

FÍSICA - Grupos H e I

Cálculos e respostas:

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

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.

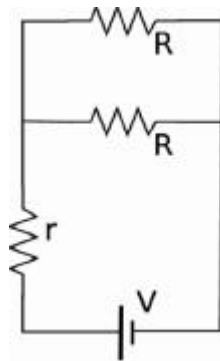


figura 1

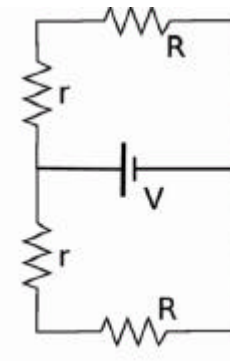
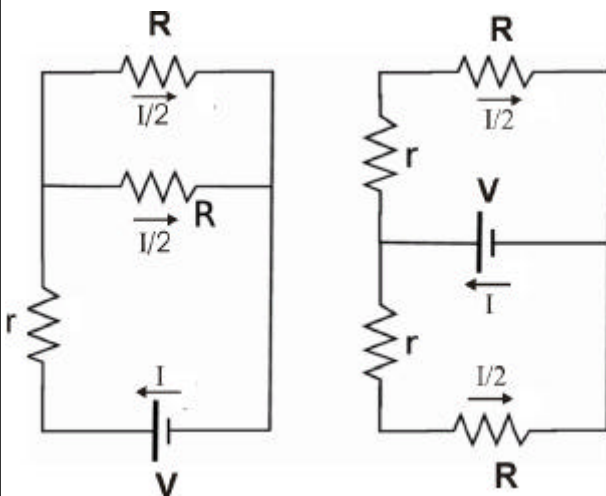


figura 2

- 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 $R = 100 \, \Omega$ e $r = 1 \, \Omega$, 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): $R_{eq}^{(1)} = r + \frac{R}{2} \Rightarrow I = \frac{V}{R_{eq}^{(1)}} = \frac{V}{r + R/2}$

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

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

FÍSICA - Grupos H e I

Cálculos e respostas:

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

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

$$\text{c) } R = 100 \, \Omega \quad \text{e} \quad r = 1 \, \Omega$$

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

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.

Cursos que Indicamos

Conheça os cursos e dê o próximo passo na sua preparação.

Clique na imagem ou no botão para acessar.



Código Matemática 2.0

Conhecer o curso



Curso Preparatório ENEM

Conhecer o curso



Curso Preparatório Redação ENEM

Conhecer o curso

