01. Uma pessoa em repouso libera calor a uma taxa aproximada de 200 W. Suponha que seis pessoas fiquem presas em um elevador durante um minuto.

a) Qual o calor total Q liberado pelas pessoas nesse intervalo de tempo?

b) Se todo esse calor fosse absorvido pelos 3,0 m^3 de ar contidos no elevador, qual seria o aumento de temperatura, ΔT, do ar?

Dados: o calor específico do ar é C = 1.000 J/(kg· ^oC) e sua densidade é ρ = 1,2 kg/m^3.

Solução

a) A quantidade total de calor irradiada em 1 minuto é dada por:

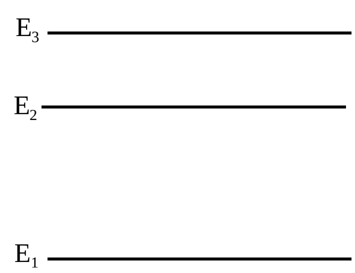
$$Q = 6 \text{ pessoas} \times 200 \text{ J/(segundo x pessoa)} \times 60 \text{ segundos} = 7{,}2 \times 10^4 \text{ J.}$$

b) $Q = mC\Delta T = \rho \cdot V \cdot C \cdot \Delta T$, ou seja:

$$\Delta T = \frac{Q}{\rho \cdot V \cdot C} = \frac{72.000}{1{,}2 \cdot 3 \cdot 1000} = 20\ ^oC.$$

02. O diagrama ao lado mostra os estados de energia que podem ser ocupados por um determinado elétron. A diferença de energia entre os estados 1 e 2, $E_2 - E_1$, é o dobro da diferença de energia $E_3 - E_2$, entre os estados 2 e 3. Numa transição do estado 3 para o estado 2, o elétron emite um fóton de comprimento de onda λ = 600 nm.

Determine os comprimentos de onda das outras transições possíveis.



Solução

Chamemos $E_3 - E_2 = \Delta E$. Assim, $E_2 - E_1 = 2\Delta E$ e $E_3 - E_1 = 3\Delta E$.

Como

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} \text{ ou } \lambda = \frac{hc}{\Delta E}\text{, teremos:}$$

$$\lambda_{2\to1} = \frac{hc}{2\Delta E} = \frac{\lambda}{2} = 300 \text{ nm} \quad \text{e} \quad \lambda_{3\to1} = \frac{hc}{3\Delta E} = \frac{\lambda}{3} = 200 \text{ nm.}$$

03. Um grande cubo de *isopor*, de massa M e aresta L = 30,0 metros, repousa sobre uma superfície horizontal perfeitamente lisa. Um projétil de massa $m = (1/5)M$ é disparado horizontalmente contra o cubo atingindo-o com velocidade v = 300 m/s, perpendicularmente a uma de suas faces. O projétil atravessa o cubo e sai perpendicular à face oposta, com velocidade u = 200 m/s. Suponha que a força de resistência (atrito) que atua sobre o projétil, enquanto ele atravessa o cubo, é constante.

a) Qual a velocidade V do cubo após ser atravessado pelo projétil?

b) Quanto tempo durou a travessia?

c) Calcule a distância D que o cubo percorre enquanto dura a travessia.

Solução

a) A força externa resultante sobre o sistema (bloco + projétil) é nula. Assim, a quantidade de movimento linear é conservada e podemos escrever (tendo a figura como referência para a notação usada):

$$\text{mv} = \text{MV} + \text{mu} \rightarrow \text{V} = \frac{m}{M}(\text{v} - \text{u}) \rightarrow \text{V} = \frac{M}{5M}\left(300 - 200\right) = 20 \text{ m/s}.$$

b) A aceleração do projétil relativa ao cubo é obtida da relação:

$$\text{v}^2 = (\text{u} - \text{V})^2 + 2\text{aL}.$$

Assim,

$$\text{a} = \frac{\text{v}^2 - (\text{u} - \text{V})^2}{2\text{L}} = \frac{(300)^2 - (180)^2}{60} \quad \rightarrow \ \text{a} = 960 \ \text{m/s}^2 .$$

O tempo de duração da travessia é obtido da expressão:

$$(\text{u} - \text{V}) = \text{v} - \text{at, ou}$$

$$\text{t} = \frac{\text{v - (u - V)}}{\text{a}} = \frac{300 - 180}{960} = \frac{1}{8}\text{s} .$$

c) A distância percorrida pelo cubo é dada por:

$$\text{D} = \frac{1}{2} a_c t^2 ,$$

em que a_c é o valor da aceleração do cubo relativa ao solo e relacionada ao tempo t e à velocidade V pela expressão:

$$\text{V} = a_c t.$$

Da expressão acima obtemos $a_c = \dfrac{20}{\frac{1}{8}} = 160 \text{ m/s}^2$. Portanto, a distância percorrida é:

$$\text{D} = \frac{1}{2} 160 \left(\frac{1}{64}\right) = \frac{80}{64} = 1{,}25 \ \text{m} .$$

Obs.: em relação ao solo, a bala sofre uma desaceleração de 800 m/s^2, isto é, $a_s = a - a_c$.

04. O coeficiente de dilatação volumétrica de um gás a pressão constante é definido por:

$$\beta = \frac{1}{\text{V}} \cdot \frac{\Delta\text{V}}{\Delta\text{T}} ,$$

em que V, ΔV e ΔT são, respectivamente, o volume inicial, a variação de volume e a variação de temperatura do gás. Usando a equação de estado para um gás ideal (pV = nRT) encontre:

a) uma expressão para β em função da temperatura absoluta;

b) o valor de β quando T = 0 ^{o}C.

Solução

a) A equação de estado do gás ideal é pV = nRT, em que T é a temperatura absoluta do gás. Como a pressão é mantida constante, a uma variação de volume ΔV corresponde uma variação de temperatura ΔT, satisfazendo a relação:

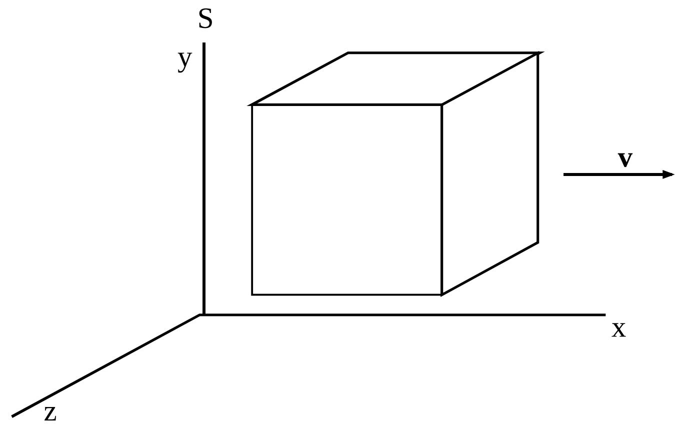
$$\text{p}\Delta\text{V} = \text{nR}\Delta\text{T, ou } \frac{\Delta\text{V}}{\Delta\text{T}} = \frac{\text{nR}}{\text{p}} = \frac{\text{V}}{\text{T}} \text{, pois (eq. de estado), } \frac{\text{nR}}{\text{p}} = \frac{\text{V}}{\text{T}} .$$

Portanto,

$$\beta = \frac{1}{\text{V}} \cdot \frac{\Delta\text{V}}{\Delta\text{T}} = \frac{1}{\text{V}} \cdot \frac{\text{V}}{\text{T}} \quad \rightarrow \ \beta = \frac{1}{\text{T}} .$$

b) T = 0 ^{o}C = 273 K, portanto, β = (1/273) K^{-1}.

05. A figura ao lado mostra uma nave espacial em forma de cubo que se move no referencial S, ao longo do eixo x, com velocidade v = 0,8 c (c é a velocidade da luz no vácuo). O volume da nave, medido por um astronauta em repouso dentro dela, é V_o.
Calcule o volume da nave medido por um observador em repouso no referencial S.



Solução

O volume V_o pode ser expresso por:

$$V_o = L_o^3,$$

em que L_o é a medida da aresta do cubo feita por um observador em repouso no seu interior. Para um observador em repouso no referencial S as arestas do cubo medem:

$$L_x = \frac{L_o}{\gamma},\ L_y = L_o \text{ e } L_z = L_o.$$

O parâmetro γ é dado por $\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{-1/2} = \left(1-\frac{64}{100}\right)^{-1/2} = \frac{10}{6}$.

O volume da nave, medido pelo observador em repouso no referencial S, é:

$$V = L_x \cdot L_y \cdot L_z = \frac{L_o^3}{\gamma} = \frac{V_o}{\gamma} \text{ ou}$$

$$V = 0{,}6V_o.$$

06. Duas lentes delgadas convergentes, 1 e 2, com distâncias focais f_1 e f_2, estão associadas coaxialmente. As lentes estão separadas entre si por uma distância d. Para os casos em que a separação d é menor do que as distâncias focais (isto é, $d < f_1$ e $d < f_2$), essa associação equivale a uma lente convergente cuja distância focal f satisfaz a relação:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 \cdot f_2}.$$

Considere o caso em que a lente equivalente tem distância focal de 12 cm, quando a separação d é igual a 10 cm, e distância focal de (60/7) cm, quando as lentes 1 e 2 estão justapostas.

Determine os valores de f_1 e de f_2.

Solução

A solução desta questão requer a solução do sistema de duas equações simples. Quando a lente equivalente tem f = 12 cm, temos::

$$\frac{1}{12} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{10}{f_1 \cdot f_2} \qquad \text{(I)}$$

e quando há justaposição (d = 0) temos:

$$\frac{7}{60} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}. \qquad \text{(II)}$$

De (I) e (II) obtemos $\frac{1}{12} = \frac{7}{60} - \frac{10}{f_1 \cdot f_2}$, ou $f_1 \cdot f_2 = 300$. Substituindo-se esse valor em (II), temos:

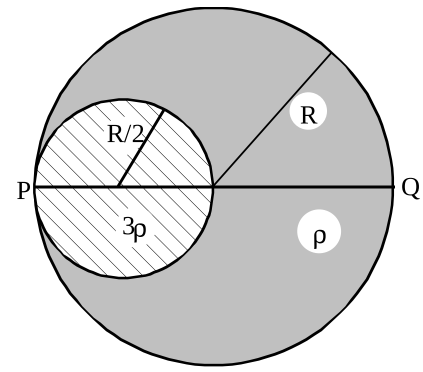
$$f_1 + f_2 = 35.$$

Um pouco mais de álgebra nos fornece os valores:

$$f_1 = 20 \text{ cm (ou 15 cm) e } f_2 = 15 \text{ cm (ou 20 cm)}.$$

07. Imagine um planeta, na forma de uma esfera de raio R e de densidade uniforme ρ, em que existe um buraco igualmente esférico, de raio R/2, preenchido por material de densidade uniforme igual a 3ρ (veja figura ao lado). O segmento PQ é o diâmetro sobre o qual estão situados os centros de ambas as esferas.

Usando o princípio da superposição e considerações de simetria, determine a razão g_P/g_Q entre as acelerações da gravidade nos pontos P e Q, respectivamente.

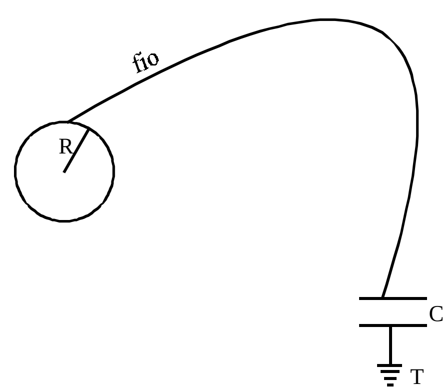


Solução
O princípio da superposição nos permite tratar o planeta como sendo constituído de uma esfera cheia de raio R e de densidade ρ dentro da qual há, na posição indicada na figura, uma outra esfera de raio R/2 e de densidade 2ρ. Consideremos uma massa teste colocada no ponto P. As forças causadas por ambas as esferas sobre a massa teste têm a direção PQ e o sentido P→Q (em conseqüência da simetria da distribuição de massa, a força causada por cada uma das esferas sobre a massa teste tem a direção radial). Ao levarmos a massa teste para o ponto Q, a força resultante sobre ela tem a direção PQ e o sentido Q→P. Resumindo: em ambos os pontos, o módulo da aceleração resultante é a soma dos módulos das acelerações causadas por cada uma das esferas consideradas individualmente. Assim, em P, temos:

$$g_P = \frac{G\cdot\rho\cdot\frac{4}{3}\pi R^3}{R^2} + \frac{G\cdot 2\rho\cdot\frac{4}{3}\pi\left(\frac{R}{2}\right)^3}{\left(\frac{R}{2}\right)^2} = \frac{4}{3}\pi G\rho\cdot 2R$$ e em Q, temos:

$$g_Q = \frac{G\cdot\rho\cdot\frac{4}{3}\pi R^3}{R^2} + \frac{G\cdot 2\rho\cdot\frac{4}{3}\pi\left(\frac{R}{2}\right)^3}{\left(R+\frac{R}{2}\right)^2} = \frac{4}{3}\pi G\cdot\rho\cdot\frac{10}{9}R$$. Assim, a razão procurada é $\frac{g_P}{g_Q} = \frac{9}{5}$.

08. A figura ao lado mostra uma esfera condutora, de raio R, ligada por um fio muito longo e de capacitância nula, a uma das placas de um capacitor plano de placas paralelas e de capacitância C. A outra placa do capacitor está ligada à terra no ponto T (considere nulo o potencial em T). Antes de o fio ser ligado, o capacitor estava eletricamente neutro e a esfera estava eletrizada, de modo que o potencial $V_o = kQ_o/R$, na sua superfície, era de 3,0 x 10^5 volts. Suponha que o sistema (esfera+fio+capacitor) está no vácuo e que a constante k é igual a 9,0 x 10^9 N· m^2/C^2. O raio R é igual a 0,30 m e a capacitância C é igual a 300 pF (1 pF = 1 x 10^{-12} F). Restabelecido o equilíbrio, após o fio ser ligado, determine:



a) o valor da carga do capacitor, expresso em μC (1 μC = 1 x 10^{-6}C);

b) a diferença de potencial entre as placas do capacitor, medida em volts.

Solução
a) A carga Q_o, antes totalmente situada na esfera, deverá se distribuir, após o fio ser ligado, entre a esfera e o capacitor, isto é:

$$Q_o = Q_{esfera} + Q_{capacitor}.$$

Após o fio ligado e o equilíbrio eletrostático estabelecido, a placa superior e a esfera estarão a um mesmo potencial, ou seja:

$$V_{pl.\ sup.} = V_{esf.}$$

Mas a placa inferior do capacitor está a um potencial zero, por isso:

$$V_{pl.\ sup.} = V_{capacitor} = \frac{Q_{capacitor}}{C} = \frac{kQ_{esfera}}{R}$$. Assim, podemos escrever:

$$Q_{esfera} = \frac{R}{kC}Q_{capacitor}$$, donde obtemos:

$$Q_o = \left(\frac{R}{kC}+1\right)Q_{capacitor} \quad \text{ou} \quad Q_{capacitor} = \frac{kC}{R+kC}Q_o$$ .Substituindo-se os valores fornecidos, temos:

$$Q_{capacitor} = 9{,}0\ \mu C.$$

b) A diferença de potencial entre as placas do capacitor é $\Delta V = \frac{Q_{capacitor}}{C} = \frac{9{,}0\cdot 10^{-6}}{300\cdot 10^{-12}} = 3{,}0\cdot 10^4$, ou

$$\Delta V = 30 \text{ kilovolts}.$$