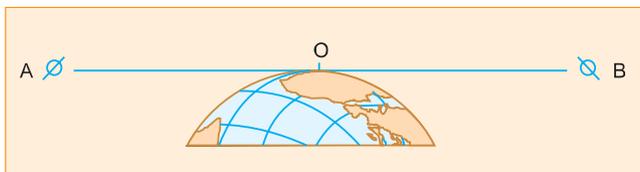


FÍSICA

1

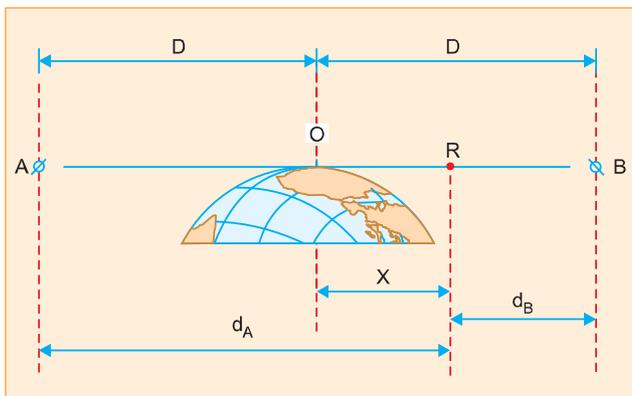
O Sistema GPS (Global Positioning System) permite localizar um receptor especial, em qualquer lugar da Terra, por meio de sinais emitidos por satélites. Numa situação particular, dois satélites, A e B, estão alinhados sobre uma reta que tangencia a superfície da Terra no ponto **O** e encontram-se à mesma distância de **O**. O protótipo de um novo avião, com um receptor **R**, encontra-se em algum lugar dessa reta e seu piloto deseja localizar sua própria posição.



Os intervalos de tempo entre a emissão dos sinais pelos satélites A e B e sua recepção por R são, respectivamente, $\Delta t_A = 68,5 \times 10^{-3} \text{ s}$ e $\Delta t_B = 64,8 \times 10^{-3} \text{ s}$. Desprezando possíveis efeitos atmosféricos e considerando a velocidade de propagação dos sinais como igual à velocidade c da luz no vácuo, determine:

- A distância **D**, em km, entre cada satélite e o ponto **O**.
- A distância **X**, em km, entre o receptor **R**, no avião, e o ponto **O**.
- A posição do avião, identificada pela letra **R**, localizando-a no esquema da folha de resposta.

Resolução



- a) Como $\Delta t_A > \Delta t_B$, o protótipo equipado com o receptor **R** deve estar mais próximo do satélite B do que do satélite A, como representa a figura acima. Sendo $\Delta s = V \cdot \Delta t$ vem:

$$d_A = 3,0 \cdot 10^5 \cdot 68,5 \cdot 10^{-3} \text{ (km)}$$

$$d_A = 205,5 \cdot 10^2 \text{ km}$$

$$d_B = 3,0 \cdot 10^5 \cdot 64,8 \cdot 10^{-3} \text{ (km)}$$

$$d_B = 194,4 \cdot 10^2 \text{ km}$$

$$D = \frac{d_A + d_B}{2}$$

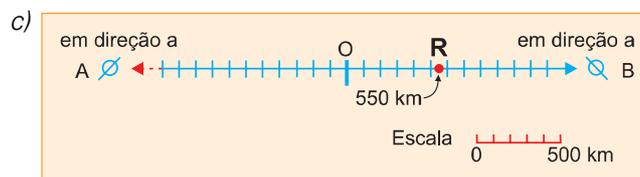
$$D = 200,0 \cdot 10^2 \text{ km}$$

b) Da figura:

$$x = d_A - D$$

$$x = (205,5 - 200,0) \cdot 10^2 \text{ km}$$

$$x = 5,5 \cdot 10^2 \text{ km}$$



Respostas:

- $200,2 \cdot 10^2 \text{ km}$
- $5,5 \cdot 10^2 \text{ km}$
- ver figura

2



Um ciclista, em estrada plana, mantém velocidade constante $V_0 = 5,0 \text{ m/s}$ (18 km/h). Ciclista e bicicleta têm massa total $M = 90 \text{ kg}$. Em determinado momento, $t = t_0$, o ciclista pára de pedalar e a velocidade V da bicicleta passa a diminuir com o tempo, conforme o gráfico a seguir.

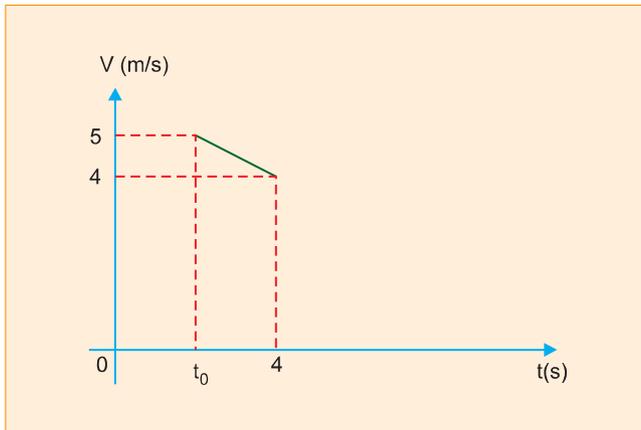
ciclista passa a diminuir com o tempo, conforme o gráfico a seguir.



Assim, determine:

- A aceleração A , em m/s^2 , da bicicleta, logo após o ciclista deixar de pedalar.
- A força de resistência horizontal total F_R , em newtons, sobre o ciclista e sua bicicleta, devida principalmente ao atrito dos pneus e à resistência do ar, quando a velocidade é V_0 .
- A energia E , em kJ, que o ciclista "queimaria", pedalando durante meia hora, à velocidade V_0 . Suponha que a eficiência do organismo do ciclista (definida como a razão entre o trabalho realizado para pedalar e a energia metabolizada por seu organismo) seja de 22,5%.

Resolução



a) Logo após o ciclista parar de pedalar, entre os instantes $t_0 = 0$ e $t_1 = 4 s$ o gráfico $V = f(t)$ é retilíneo e a aceleração escalar é constante e dada por:

$$A = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{-1}{4} (m/s^2)$$

$$A = -0,25 m/s^2$$

b) Imediatamente após o ciclista deixar de pedalar a força de resistência ao movimento é responsável pela aceleração do veículo já calculada. Aplicando-se a 2ª lei de Newton:

$$|F_R| = M|A|$$

$$|F_R| = 90 \cdot 0,25 (N) \Rightarrow |F_R| = 22,5N$$

Observação: Se quisermos atribuir à força um valor algébrico de modo a indicar que é oposta ao movimento, poderemos responder:

$$F_R = -22,5N$$

c) 1) Durante a fase de movimento retilíneo uniforme, a força motriz tem a mesma intensidade da força de resistência.

$$|F_m| = |F_R| = 22,5N$$

2) A potência motriz útil é dada por:

$$Pot_u = |F_m| \cdot V_0 = 22,5 \cdot 5,0 (W)$$

$$Pot_u = 112,5W$$

3) O trabalho realizado em meia hora é dado por:

$$\tau = Pot_u \cdot \Delta t = 112,5 \cdot 1800 (J)$$

4) A energia metabolizada pelo organismo E é dada por:

$$\eta = \frac{\tau}{E}$$

$$E = \frac{\tau}{\eta} = \frac{112,5 \cdot 1800}{0,225} (J)$$

$$E = 9,0 \cdot 10^5 J = 9,0 \cdot 10^2 kJ$$

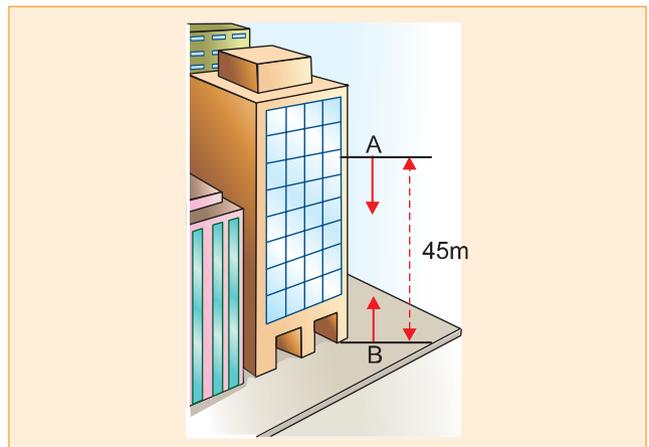
Respostas: a) $A = -0,25 m/s^2$

b) $|F_R| = 22,5N$ ou $F_R = -22,5N$

c) $E = 9,0 \cdot 10^2 kJ$

3

Um objeto A, de massa $M = 4,0 kg$, é largado da janela de um edifício, de uma altura $H_0 = 45 m$. Procurando diminuir o impacto de A com o chão, um objeto B, de mesma massa, é lançado um pouco depois, a partir do chão, verticalmente, com velocidade inicial V_{0B} . Os dois objetos colidem, a uma altura de $25 m$, com velocidades tais que $|V_A| = |V_B|$. Com o impacto, grudam-se, ambos, um no outro, formando um só corpo AB, de massa $2M$, que cai atingindo o chão.

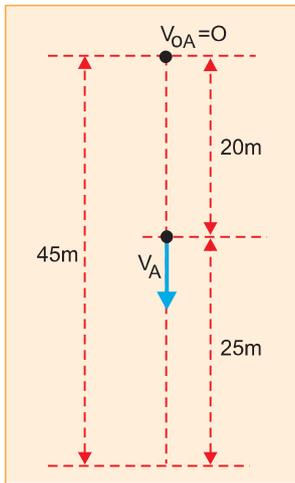


- a) Determine, a energia mecânica Q , em J, dissipada na colisão.
 b) Determine a energia cinética E_c , em J, imediatamente antes de AB atingir o chão.
 c) Construa, no sistema de coordenadas da folha de resposta, o gráfico dos módulos das velocidades em função do tempo para A, B e AB, considerando que $V_{0B} = 30$ m/s. Identifique, respectivamente, com as letras A, B e AB, os gráficos correspondentes.

(Se necessário considere $\sqrt{5} \approx 2,2$)

Resolução

- a) 1) **Cálculo da velocidade do objeto A ao atingir a altura de 25m.**



Desprezando-se o efeito do ar, temos:

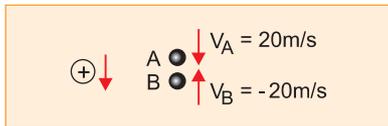
$$V_A^2 = V_{0A}^2 + 2 \gamma \Delta s$$

$$V_A^2 = 0 + 2 \cdot 10 \cdot 20$$

$$|V_A| = 20\text{m/s}$$

- 2) **Cálculo da velocidade do corpo AB imediatamente após a colisão.**

Desprezando-se o peso dos corpos durante o ato da colisão, o sistema é considerado isolado e teremos:



$$Q_{\text{imediatamente após}} = Q_{\text{imediatamente antes}}$$

$$2M V_{AB} = M(20) + M(-20)$$

$$2M V_{AB} = 0$$

$$V_{AB} = 0$$

- 3) **Cálculo da energia mecânica dissipada no ato da colisão.**

$$Q = E_{\text{cin(antes)}} - E_{\text{cin(após)}}$$

$$E_{\text{cin(antes)}} = \frac{M V_A^2}{2} + \frac{M V_B^2}{2} = M V_A^2$$

$$E_{\text{cin(antes)}} = 4,0 \cdot (20)^2 \text{ (J)}$$

$$E_{\text{cin(antes)}} = 1,6 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$E_{\text{cin(após)}} = \frac{M V_{AB}^2}{2} = 0$$

$$Q = 1,6 \cdot 10^3 \text{ J}$$

- b) Usando-se a conservação da energia mecânica durante a queda do corpo AB, temos:

$$E_{\text{final}} = E_{\text{inicial}}$$

(referência no solo)

$$E_c = 2 \cdot M \cdot g \cdot H$$

$$E_c = 2 \cdot 4,0 \cdot 10 \cdot 25 \text{ (J)}$$

$$E_c = 2,0 \cdot 10^3 \text{ J}$$

- c) 1) O intervalo de tempo desde a partida de A até o instante da colisão é dado por:

$$V = V_0 + \gamma t$$

$$20 = 0 + 10 \cdot t_1 \Rightarrow t_1 = 2\text{s}$$

- 2) O intervalo de tempo desde a partida de B até o instante da colisão é dado por:

$$V = V_0 + \gamma t$$

$$-20 = -30 + 10 \cdot t_2$$

$$t_2 = 1\text{s}$$

Portanto o objeto B foi lançado no instante 1s.

- 3) O intervalo de tempo para que o objeto AB chegue ao solo é dado por:

$$\Delta s = V_0 t + \frac{\gamma}{2} t^2$$

$$25 = \frac{10}{2} t_3^2$$

$$t_3^2 = 5$$

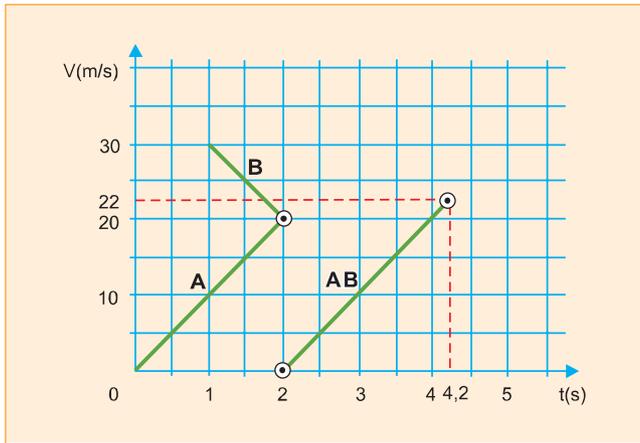
$$t_3 = \sqrt{5} \text{ s} \approx 2,2\text{s}$$

- 4) A velocidade do corpo AB imediatamente antes de chegar ao solo é dada por:

$$V = V_0 + \gamma t$$

$$V_{AB} = 0 + 10 \cdot 2,2 \text{ (m/s)}$$

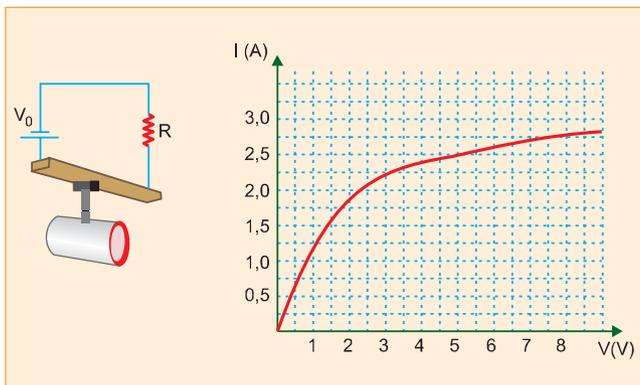
$$V_{AB} = 22\text{m/s}$$



- Respostas:** a) $Q = 1,6 \cdot 10^3 J$
 b) $E_c = 2,0 \cdot 10^3 J$
 c) ver gráfico

4

Dispõe-se de uma lâmpada decorativa especial L, cuja curva característica, fornecida pelo manual do fabricante, é apresentada abaixo. Deseja-se ligar essa lâmpada, em série com uma resistência $R = 2,0\Omega$, a uma fonte de tensão V_0 , como no circuito abaixo. Por precaução, a potência dissipada na lâmpada deve ser igual à potência dissipada no resistor.



Para as condições acima,

- Represente a curva característica $I \times V$ do resistor, na folha de resposta, na própria reprodução do gráfico fornecido pelo fabricante, identificando-a com a letra **R**.
- Determine, utilizando o gráfico, a corrente **I**, em amperes, para que a potência dissipada na lâmpada e no resistor sejam iguais.
- Determine a tensão V_0 , em volts, que a fonte deve fornecer.
- Determine a potência **P**, em watts, que a lâmpada dissipará nessas condições.

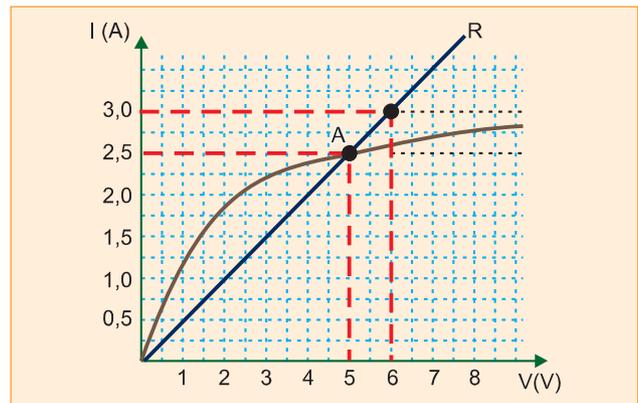
Resolução

a) Sendo o resistor ôhmico ($R = 2,0\Omega$, constante) concluímos que a curva característica é uma reta passando pela origem.

Da 1ª lei de Ohm $V = R \cdot I$, $V = 2,0 \cdot I$ (SI)

temos: $I = 0 \Rightarrow V = 0$
 $I = 3,0A \Rightarrow V = 6,0$ volts

Assim, temos o gráfico:



- b) A lâmpada e o resistor estão ligados em série e, portanto, são percorridos pela mesma corrente I . De $P = V \cdot I$, concluímos que a lâmpada e o resistor estão submetidos à mesma tensão V , pois dissipam a mesma potência P . Logo, a intensidade da corrente I procurada corresponde ao ponto A de intersecção das curvas características. Do gráfico, vem: $I = 2,5A$

- c) Do gráfico, temos: $V = 5$ volts.
 A tensão V_0 fornecida pela fonte é igual a $2V$:

$V_0 = 2V \therefore V_0 = 10$ volts

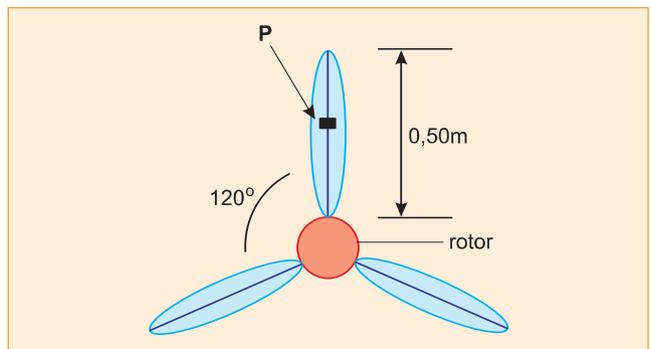
- d) De $P = V \cdot I$, vem:
 $P = 5 \cdot 2,5$ (W)

$P = 12,5$ W

Respostas: a) gráfico acima

- 2,5A
- 10 V
- 12,5 W

5



Um ventilador de teto, com eixo vertical, é constituído por três pás iguais e rígidas, encaixadas em um rotor de raio $R = 0,10$ m, formando ângulos de 120° entre si. Cada pá tem massa $M = 0,20$ kg e comprimento $L = 0,50$ m. No centro de uma das pás foi fixado um

prego **P**, com massa $m_p = 0,020$ kg, que desequilibra o ventilador, principalmente quando este se movimenta. Suponha, então, o ventilador **girando** com uma velocidade de 60 rotações por minuto e determine:

- A intensidade da força radial horizontal **F**, em newtons, exercida pelo prego sobre o rotor.
- A massa **M₀**, em kg, de um pequeno contrapeso que deve ser colocado em um ponto **D₀**, sobre a borda do rotor, para que a resultante das forças horizontais, agindo sobre o rotor, seja nula.
- A posição do ponto **D₀**, localizando-a no esquema da folha de respostas.

(Se necessário, utilize $\pi \approx 3$)

Resolução

Seja f a frequência com que "giram" os pontos do ventilador.

$$f = 60 \text{ rpm} = \frac{60}{60} \text{ Hz} \Rightarrow f = 1,0 \text{ Hz}$$

a) A força que o prego transmite ao eixo do rotor tem intensidade igual à da resultante centrípeta requerida pelo prego para realizar movimento circular e uniforme:

$$F = F_{cp} \Rightarrow F = m_p \omega^2 r_p$$

$$F = m_p (2\pi f)^2 \left(R + \frac{L}{2} \right)$$

$$F = 0,020 \cdot 4\pi^2 \cdot 1,0 \left(0,10 + \frac{0,50}{2} \right) \text{ (N)}$$

$$F = 0,028\pi^2 \text{ (N)}$$

Fazendo-se $\pi \approx 3$, temos:

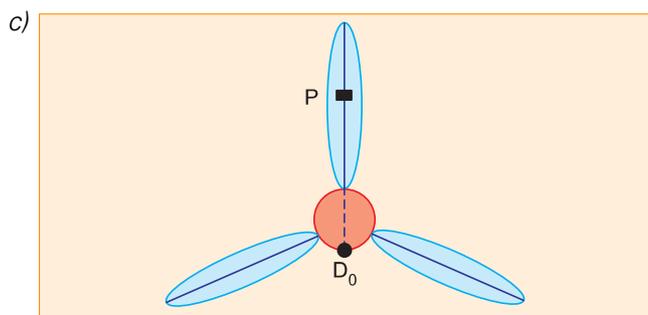
$$F = 0,028 (3)^2 \text{ (N)} \Rightarrow F \approx 0,252 \text{ N}$$

b) Para que a força resultante horizontal no rotor seja nula, o sistema rotor-eixo deve receber do contrapeso uma força de intensidade igual à da força recebida do prego, porém em sentido oposto.

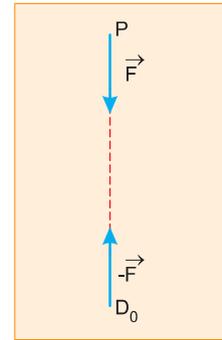
$$m_p \cdot \omega^2 \cdot r_p = M_0 \cdot \omega^2 \cdot R$$

$$0,020 \cdot 0,35 = M_0 \cdot 0,10$$

$$M_0 = 0,070 \text{ kg}$$

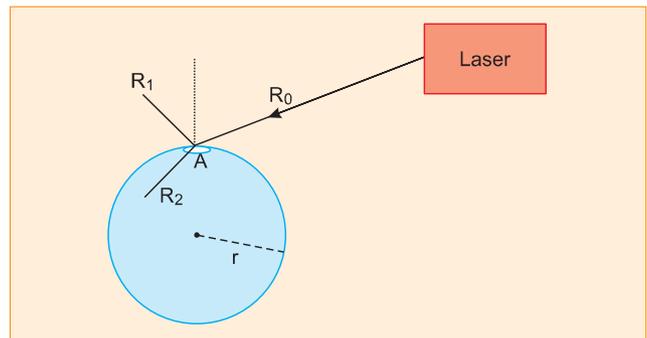


O ponto **D₀**, na borda do rotor, deve estar radialmente oposto à posição do prego.



- Respostas:** a) 0,252 N
 b) 0,070 kg
 c) ver figura

6

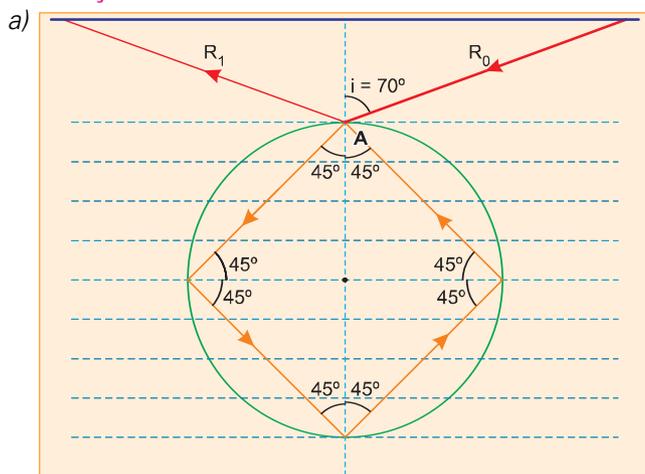


Uma pequena esfera de material sólido e transparente é utilizada para produzir, a partir de um pulso de luz laser, vários outros pulsos. A esfera, de raio $r = 2,2$ cm, é espelhada, exceto em uma pequena região (ponto A). Um pulso de luz, de pequena duração, emitido pelo laser, segue a trajetória **R₀**, incidindo em A com ângulo de incidência de 70° . Nesse ponto, o pulso é, em parte, refletido, prosseguindo numa trajetória **R₁**, e, em parte, refratado, prosseguindo numa trajetória **R₂** que penetra na esfera com um ângulo de 45° com a normal. Após reflexões sucessivas dentro da esfera, o pulso atinge a região A, sendo em parte, novamente refletido e refratado. E assim sucessivamente. Gera-se, então, uma série de pulsos de luz, com intensidades decrescentes, que saem da esfera por A, na mesma trajetória **R₁**. Considere $\text{sen } 70^\circ = 0,94$; $\text{sen } 45^\circ = 0,70$. Nessas condições,

- Represente, na figura da folha de respostas, toda a trajetória do pulso de luz dentro da esfera.
- Determine, em **m/s**, o valor **V** da velocidade de propagação da luz no interior da esfera.
- Determine, em segundos, a separação (temporal) **Δt**, entre dois pulsos sucessivos na trajetória **R₁**.

O índice de refração de um material é igual à razão entre a velocidade da luz no vácuo e a velocidade da luz nesse material.

Resolução



A trajetória do pulso de luz no interior da esfera obedece a 2ª lei da reflexão onde os ângulos de incidência e reflexão devem ser iguais.

b) Utilizando-se a lei de Snell, na entrada do pulso de luz pelo ponto A, e adotando-se o meio externo como sendo o ar, de índice de refração absoluto aproximadamente igual a 1,0, vem:

$$n_{ar} \cdot \text{sen } i = n \cdot \text{sen } r$$

$$1,0 \cdot \text{sen } 70^\circ = n \cdot \text{sen } 45^\circ$$

$$1,0 \cdot 0,94 = n \cdot 0,70$$

$$n = \frac{0,94}{0,70}$$

Da definição de índice de refração absoluto de um meio, temos:

$$n = \frac{c}{V}$$

$$\frac{0,94}{0,70} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{V}$$

$$V = 2,2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

c) A separação temporal (Δt) pedida corresponde ao intervalo de tempo necessário para que o pulso de luz percorra a trajetória no interior da esfera.

Da figura apresentada, temos:

$$L = r\sqrt{2}$$

A distância total percorrida pelo pulso de luz no interior da esfera será dada por:

$$\Delta s = 4L = 4r\sqrt{2}$$

Assim:

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$2,2 \cdot 10^8 = \frac{4 \cdot 2,2 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{2}}{\Delta t}$$

$$\Delta t = 4\sqrt{2} \cdot 10^{-10} \text{ s} \approx 5,7 \cdot 10^{-10} \text{ s}$$

Respostas: a) ver esquema

b) $2,2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

c) $5,7 \cdot 10^{-10} \text{ s}$

7

Um motor de combustão interna, semelhante a um motor de caminhão, aciona um gerador que fornece 25 kW de energia elétrica a uma fábrica. O sistema motor-gerador é resfriado por fluxo de água, permanentemente renovada, que é fornecida ao motor a 25°C e evaporada, a 100°C, para a atmosfera. Observe as características do motor na tabela. Supondo que o sistema só dissipe calor pela água que aquece e evapora, determine:

Consumo de combustível	15 litros/hora
Energia liberada por um litro de combustível	$36 \times 10^6 \text{ J}$
Calor de vaporização da água	$2,2 \times 10^6 \text{ J/kg}$
Calor específico da água	$4000 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$

a) A potência **P**, em kW, fornecida à água, de forma a manter a temperatura do sistema constante.

b) A vazão **V** de água, em kg/s, a ser fornecida ao sistema para manter sua temperatura constante.

c) A eficiência **R** do sistema, definida como a razão entre a potência elétrica produzida e a potência total obtida a partir do combustível.

Resolução

a) A queima do combustível gera uma potência total calculada por:

$$Pot_{Total} = \frac{\text{Energia}}{\Delta t} = \frac{15 \cdot 36 \cdot 10^6 \text{ J}}{1 \text{ h}} = \frac{15 \cdot 36 \cdot 10^6 \text{ J}}{3600 \text{ s}}$$

$$Pot_{Total} = 150\,000 \text{ W} = 150 \text{ kW}$$

A potência fornecida para a água é dada por:

$$Pot_{\text{água}} = Pot_{Total} - Pot_{\text{útil}}$$

$$Pot_{\text{água}} = (150 - 25) \text{ kW}$$

$$Pot_{\text{água}} = 125 \text{ kW}$$

b) A potência fornecida para a água é dada por:

$$Pot_{\text{água}} = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{m c \Delta \theta + m L_v}{\Delta t}$$

$$125\,000 = \frac{m}{\Delta t} \cdot 4000 \cdot (100 - 25) + \frac{m}{\Delta t} \cdot 2,2 \cdot 10^6$$

Como a razão $\frac{m}{\Delta t}$ corresponde à vazão V (em kg/s),

vem:

$$125\,000 = V \cdot 300\,000 + V \cdot 2\,200\,000$$

$$125\,000 = 2\,500\,000 V$$

$$V = 0,05 \text{ kg/s}$$

$$V = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ kg/s}$$

c) Para calcularmos a eficiência R do sistema, temos:

$$R = \frac{Pot_{\text{útil}}}{Pot_{\text{Total}}} = \frac{25}{150} \approx 0,17$$

$$R \approx 0,17$$

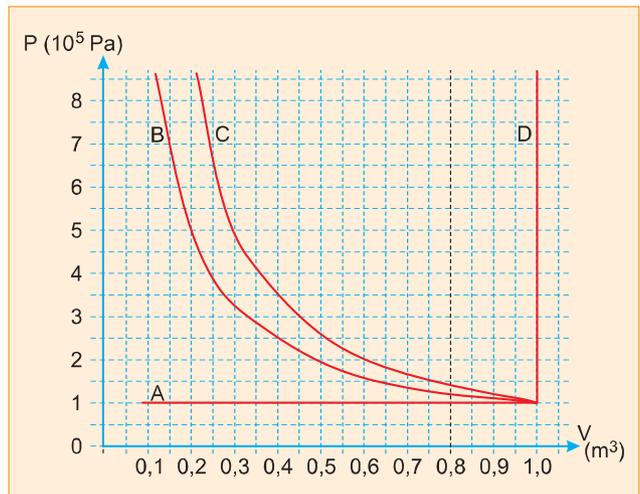
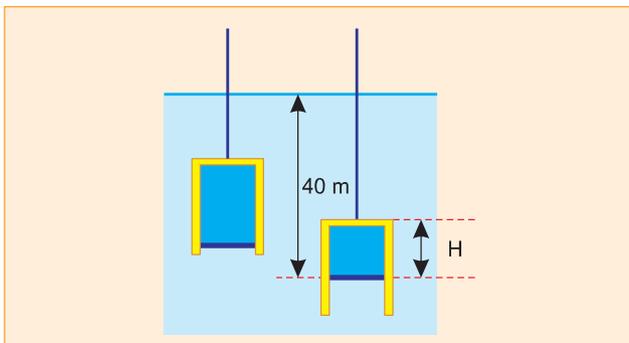
ou

$$R(\%) \approx 17\%$$

- Respostas:** a) 125 kW
b) $5,0 \cdot 10^{-2} \text{ kg/s}$
c) 0,17

8

Um compartimento cilíndrico, isolado termicamente, é utilizado para o transporte entre um navio e uma estação submarina. Tem altura $H_0 = 2,0 \text{ m}$ e área da base $S_0 = 3,0 \text{ m}^2$. Dentro do compartimento, o ar está inicialmente à pressão atmosférica (P_{atm}) e a 27°C , comportando-se como gás ideal. Por acidente, o suporte da base inferior do compartimento não foi travado e a base passa a funcionar como um pistão, subindo dentro do cilindro à medida que o compartimento desce lentamente dentro d'água, sem que ocorra troca de calor entre a água, o ar e as paredes do compartimento. Considere a densidade da água do mar igual à densidade da água. Despreze a massa da base. Quando a base inferior estiver a 40 m de profundidade, determine:



- a) A pressão P do ar, em Pa, dentro do compartimento
b) A altura H , em m, do compartimento, que permanece não inundado.
c) A temperatura T do ar, em $^\circ\text{C}$, no compartimento.

Curvas $P \times V$ para uma massa de ar que, à P_{atm} e 27°C , ocupa 1 m^3 : (A) isobárica, (B) isotérmica, (C) sem troca de calor, (D) volume constante.
 $P_{\text{atm}} = 10^5 \text{ Pa}$; $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$

Resolução

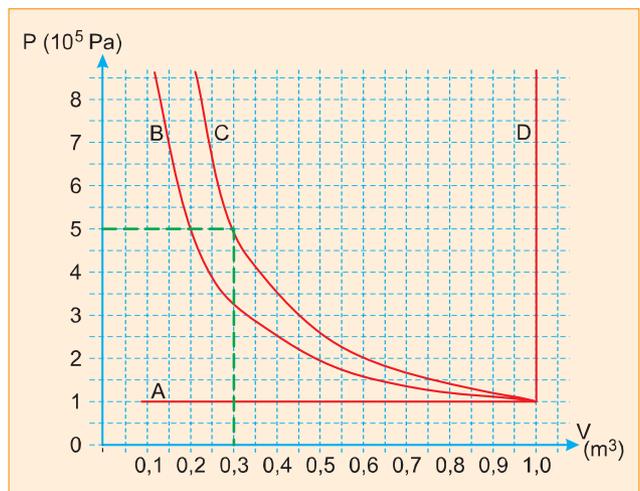
- a) A pressão final do ar é igual à pressão total a 40m de profundidade.

$$P = P_{\text{atm}} + \mu g h$$

$$P = 1 \cdot 10^5 + 1000 \cdot 10 \cdot 40 \text{ (Pa)}$$

$$P = 5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

- b) A situação descrita corresponde à curva C do gráfico, quando não há trocas de calor.



No gráfico, notamos que na pressão de $5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, cada 1 m^3 de ar original (a $1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ de pressão) ocupa um volume de $0,3 \text{ m}^3$. Assim, o volume original $6,0 \text{ m}^3$ de ar está, no final, confinado a um volume igual a $1,8 \text{ m}^3$.

Portanto, a 40m de profundidade, temos:

$$V = A \cdot H$$

$$1,8 = 3,0 \cdot H$$

$$H = 0,6m$$

c) Usando-se a Lei Geral dos Gases, vem:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{1 \cdot 10^5 \cdot 6,0}{(27 + 273)} = \frac{5 \cdot 10^5 \cdot 1,8}{T_2}$$

$$T_2 = 450K = 177^\circ C$$

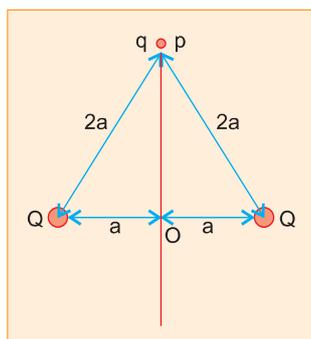
$$T_2 = 177^\circ C$$

Respostas: a) $5 \cdot 10^5 Pa$

b) $0,6m$

c) $177^\circ C$

9



Duas pequenas esferas, com cargas positivas e iguais a Q , encontram-se fixas sobre um plano, separadas por uma distância $2a$. Sobre esse mesmo plano, no ponto P , a uma distância $2a$ de cada uma das esferas, é abandonada uma partícula com massa m e carga q negativa. Desconsidere o campo gravitacional e efeitos não eletrostáticos.

Determine, em função de Q , K , q , m e a ,

- A diferença de potencial eletrostático $V = V_O - V_P$, entre os pontos O e P .
- A velocidade v com que a partícula passa por O .
- A distância máxima D_{max} , que a partícula consegue afastar-se de P . Se essa distância for muito grande, escreva $D_{max} = infinito$.

A força F entre duas cargas Q_1 e Q_2 é dada por $F = K Q_1 \cdot Q_2 / r^2$ onde r é a distância entre as cargas. O potencial V criado por uma carga Q , em um ponto P , a uma distância r da carga, é dado por: $V = K Q / r$.

Resolução

a) Para o cálculo da diferença de potencial entre os pontos O e P vamos apenas considerar o campo elétrico gerado pelas duas cargas Q .

Potencial resultante no ponto O :

$$V_O = \frac{KQ}{a} + \frac{KQ}{a} = \frac{2KQ}{a}$$

Potencial resultante no ponto P :

$$V_P = \frac{KQ}{2a} + \frac{KQ}{2a} = \frac{2KQ}{2a} = \frac{KQ}{a}$$

Diferença de potencial entre O e P

$$V = V_O - V_P \Rightarrow V = \frac{2KQ}{a} - \frac{KQ}{a}$$

$$V = \frac{KQ}{a}$$

b) O trabalho da força elétrica para deslocar a carga q de P a O , vale:

$$\tau_{PO} = q(V_P - V_O) = -q(V_O - V_P) \Rightarrow \tau_{PO} = \frac{-KQq}{a}$$

Usemos o teorema da energia cinética:

$$\tau_{PO} = E_{cinO} - E_{cinP}$$

$$\frac{-KQq}{a} = \frac{m \cdot v_O^2}{2} - \frac{m \cdot v_P^2}{2}$$

(Observação: $v = v_O$)

Sendo nula a velocidade inicial em P :

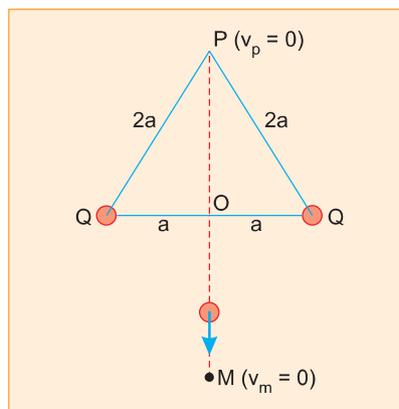
$$\frac{-K \cdot Q \cdot q}{a} = \frac{m \cdot v^2}{2} - 0$$

$$v^2 = \frac{-2 KQq}{am} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{-2KQq}{am}}$$

Observemos que a expressão contida no radicando é positiva, pois $q < 0$ e $Q > 0$.

c) A máxima distância atingida pela carga q ocorre quando sua energia cinética se anular. Seja M o ponto onde isso ocorre.

Sendo: $\tau_{PM} = E_{cinM} - E_{cinP}$
concluimos que $\tau_{PM} = 0$.



Como $\tau_{PM} = q(V_P - V_M)$, decorre que $V_P = V_M$. Isso nos leva a concluir que há uma simetria entre os pontos P e M em relação à reta das cargas Q e Q .

$$\overline{PO}^2 = (2a)^2 - (a)^2 = 3a^2$$

$$\overline{PO} = \sqrt{3} a$$

$$\text{Então: } \overline{PM} = 2\overline{PO} \Rightarrow \boxed{\overline{PM} = 2a\sqrt{3}}$$

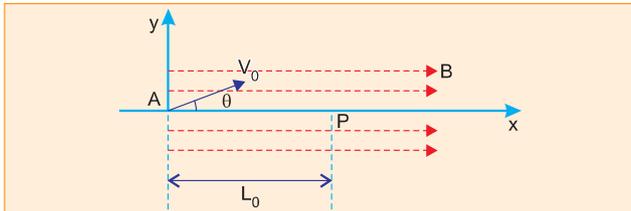
$$\text{Respostas: a) } V = \frac{KQ}{a}$$

$$\text{b) } v = \sqrt{\frac{-2KQq}{am}}$$

$$\text{c) } D_{\max} = 2a\sqrt{3}$$

10

Um próton de massa $M \cong 1,6 \times 10^{-27}$ kg, com carga elétrica $Q = 1,6 \times 10^{-19}$ C, é lançado em A, com velocidade V_0 , em uma região onde atua um campo magnético uniforme B, na direção x. A velocidade V_0 , que forma um ângulo θ com o eixo x, tem componentes $V_{0x} = 4,0 \times 10^6$ m/s e $V_{0y} = 3,0 \times 10^6$ m/s. O próton descreve um movimento em forma de hélice, voltando a cruzar o eixo x, em P, com a mesma velocidade inicial, a uma distância $L_0 = 12$ m do ponto A. Desconsiderando a ação do campo gravitacional e utilizando $\pi \cong 3$, determine:



- O intervalo de tempo Δt , em s, que o próton leva para ir de A a P.
- O raio R, em m, do cilindro que contém a trajetória em hélice do próton.
- A intensidade do campo magnético B, em tesla, que provoca esse movimento.

Uma partícula com carga Q, que se move em um campo B, com velocidade V, fica sujeita a uma força de intensidade $F = QxV_n \times B$, normal ao plano formado por B e V_n sendo V_n a componente da velocidade V normal a B.

Resolução

- O movimento resultante do próton é a composição de um movimento circular uniforme de velocidade V_{0y} com um movimento retilíneo e uniforme de velocidade V_{0x} .

$$\text{De } V_{0x} = \frac{L_0}{\Delta t}, \text{ vem:}$$

$$4,0 \cdot 10^6 = \frac{12}{\Delta t}$$

$$\boxed{\Delta t = 3,0 \cdot 10^{-6} \text{ s}}$$

- No mesmo intervalo de tempo Δt anteriormente calculado, o próton descreve uma circunferência de raio R, com velocidade V_{0y} :

$$\text{De } V_{0y} = \frac{2\pi R}{\Delta t}, \text{ vem:}$$

$$3,0 \cdot 10^6 = \frac{2 \cdot 3 \cdot R}{3,0 \cdot 10^{-6}}$$

$$\boxed{R = 1,5 \text{ m}}$$

- No movimento circular, uniforme a força magnética é centrípeta:

$$F_m = F_{cp}$$

$$Q \cdot V_{0y} \cdot B = m \cdot \frac{V_{0y}^2}{R}$$

$$B = \frac{m \cdot V_{0y}}{Q \cdot R}$$

$$B = \frac{1,6 \cdot 10^{-27} \cdot 3,0 \cdot 10^6}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,5} \text{ (T)}$$

$$\boxed{B = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ T}}$$

- Respostas:** a) $3,0 \cdot 10^{-6}$ s
b) 1,5 m
c) $2,0 \cdot 10^{-2}$ T

Comentário

A prova de Física da 2ª fase da Fuvest apresentou um nível adequado aos alunos que necessitam desta disciplina em suas futuras carreiras. Abordando praticamente toda Física lecionada no curso colegial, a prova apresentou questões com formulações inéditas e muito bem elaboradas. Esta prova não surpreendeu o aluno bem preparado.

