

Física

Caso necessário, utilize os seguintes valores de constantes:

aceleração de gravidade local $g = 10\text{m/s}^2$

massa específica da água = $1,0\text{g/cm}^3$

calor específico da água = $4,2\text{kJ/kg K}$

As questões de números **01 a 20 NÃO PRECISAM SER JUSTIFICADAS** no Caderno de Respostas. Basta marcar as respostas na Folha de Respostas (verso do Caderno de Respostas) e na Folha de Leitura Óptica.

d

A velocidade de uma onda transversal em uma corda depende da tensão F a que está sujeita a corda, da massa m e do comprimento d da corda. Fazendo uma análise dimensional, concluímos que a velocidade poderia ser dada por:

A) () $\frac{F}{m d}$ B) () $\left(\frac{Fm}{d}\right)^2$ C) () $\left(\frac{Fm}{d}\right)^{\frac{1}{2}}$

D) () $\left(\frac{Fd}{m}\right)^{\frac{1}{2}}$ E) () $\left(\frac{md}{F}\right)^2$

Resolução

De acordo com o texto, temos:

$$V = k F^x m^y d^z$$

$$[V] = LT^{-1}$$

$$[F] = MLT^{-2}$$

$$[m] = M$$

$$[d] = L$$

$$LT^{-1} = (MLT^{-2})^x M^y L^z$$

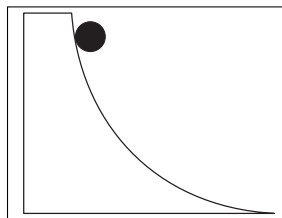
$$LT^{-1} = M^{x+y} L^{x+z} T^{-2x}$$

$$\left. \begin{array}{l} x + y = 0 \\ x + z = 1 \\ -2x = -1 \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} x = \frac{1}{2} \\ y = -\frac{1}{2} \\ z = \frac{1}{2} \end{array}$$

Portanto:

$$V = k \sqrt{\frac{Fd}{m}} \quad \text{ou} \quad V = k \left(\frac{Fd}{m}\right)^{\frac{1}{2}}$$

b

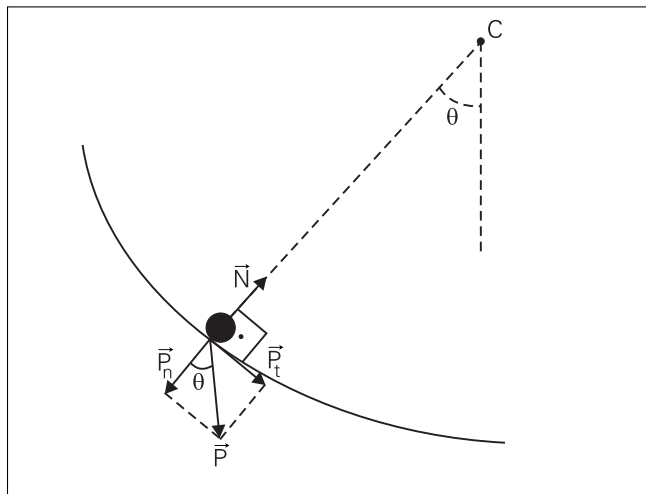


Considere uma partícula maciça que desce uma superfície côncava e sem atrito, sob a influência da gravidade, como mostra a figura. Na direção do movimento da partícula, ocorre que:

- A () a velocidade e a aceleração crescem.
- B () a velocidade cresce e a aceleração decresce.
- C () a velocidade decresce e a aceleração cresce.
- D () a velocidade e a aceleração decrescem.
- E () a velocidade e a aceleração permanecem constantes.

Resolução

Desprezando o atrito, a partícula fica sob ação exclusiva de seu peso \vec{P} e da reação normal de apoio \vec{N} .



O peso \vec{P} pode ser decomposto em duas parcelas:

\vec{P}_t : componente do peso na direção tangente à trajetória (direção do movimento).

\vec{P}_n : componente normal do peso.

A resultante entre \vec{N} e \vec{P}_n é a força centrípeta.

A componente tangencial do peso é responsável pela aceleração tangencial.

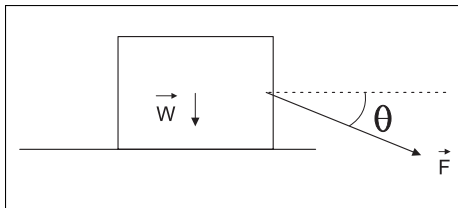
$$P_t = ma_t$$

$$mg \sen \theta = ma_t$$

$$a_t = g \sen \theta$$

À medida que a partícula desce, o ângulo θ vai diminuindo, $\sin \theta$ vai diminuindo e o **módulo da aceleração tangencial vai diminuindo**. Por outro lado, durante a descida, a energia potencial de gravidade vai se transformando em cinética e o módulo da velocidade vai aumentando.

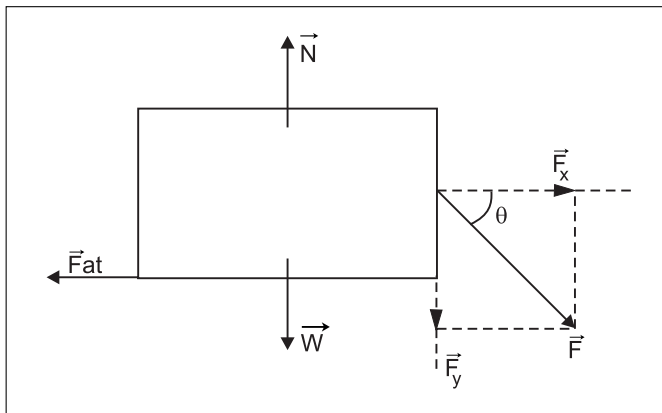
d



Um caixote de peso W é puxado sobre um trilho horizontal por uma força de magnitude F que forma um ângulo θ em relação à horizontal, como mostra a figura. Dado que o coeficiente de atrito estático entre o caixote e o trilho é μ , o valor mínimo de F , a partir de qual seria possível mover o caixote, é:

A () $\frac{2W}{1-\mu}$ B () $\frac{W \sin \theta}{1-\mu \tan \theta}$
 C () $\frac{\mu W \sin \theta}{1-\mu \tan \theta}$ D () $\frac{\mu W \sec \theta}{1-\mu \tan \theta}$
 E () $(1-\mu \tan \theta)W$.

Resolução



A força \vec{F} é decomposta em duas parcelas:
 $F_x =$ componente horizontal de $F = F \cos \theta$
 $F_y =$ componente vertical de $F = F \sin \theta$

A reação normal de apoio tem intensidade N dada por:

$$N = W + F \sin \theta$$

A força de atrito de destaque tem intensidade dada por:

$$F_{des} = \mu_E N$$

$$F_{des} = \mu (W + F \sin \theta)$$

Para que o caixote se movimente, devemos ter:

$$F_x > F_{des}$$

$$F \cos \theta > \mu (W + F \sin \theta)$$

$$F \cos \theta > \mu W + \mu F \sin \theta$$

$$F (\cos \theta - \mu \sin \theta) > \mu W$$

$$F > \frac{\mu W}{\cos \theta - \mu \sin \theta}$$

$$F > \frac{\mu W}{\cos \theta (1 - \mu \tan \theta)}$$

Sendo $\frac{1}{\cos \theta} = \sec \theta$, vem:

$$F > \frac{\mu W \sec \theta}{1 - \mu \tan \theta}$$

Como F deve ser um infinitésimo maior que o valor $\frac{\mu W \sec \theta}{1 - \mu \tan \theta}$, consideramos que o mínimo valor de F é praticamente igual ao valor mencionado.

c

Uma massa m em repouso divide-se em duas partes, uma com massa $2m/3$ e outra com massa $m/3$. Após a divisão, a parte com massa $m/3$ move-se para a direita com uma velocidade de módulo v_1 . Se a massa m estivesse se movendo para a esquerda com velocidade de módulo v antes da divisão, a velocidade da parte $m/3$ depois da divisão seria:

A () $\left(\frac{1}{3} v_1 - v\right)$ para a esquerda.

B () $(v_1 - v)$ para a esquerda.

C () $(v_1 - v)$ para a direita.

D () $\left(\frac{1}{3} v_1 + v\right)$ para a direita.

E () $(v_1 + v)$ para a direita.

Resolução

A questão não foi bem formulada.

Para sua resolução devemos supor (o enunciado foi omisso) que o corpo em questão está isolado e que a energia interna liberada nos dois casos seja a mesma. Isso posto, temos:

Na situação (1):

1) $Q_{após} = Q_{antes}$

$$\frac{m}{3} v_1 + \frac{2}{3} m v_2 = 0 \Rightarrow v_2 = -\frac{v_1}{2}$$

2) A energia interna transformada em mecânica:

$$E_i = \frac{m}{6} v_1^2 + \frac{m}{3} \left(\frac{v_1}{2}\right)^2 = \frac{m}{6} v_1^2 + \frac{m v_1^2}{12} = \frac{m v_1^2}{4}$$

Na situação (2):

$$1) \quad Q_{\text{após}} = Q_{\text{antes}}$$

$$\frac{m}{3} V'_1 + \frac{2}{3} m V'_2 = -mV$$

$$V'_1 + 2V'_2 = -3V$$

$$V'_2 = -1,5V - 0,5V'_1$$

$$2) \quad E_i = \frac{m}{6} (V'_1)^2 + \frac{m}{3} (V'_2)^2 - \frac{mV^2}{2}$$

Substituindo V'_2 :

$$E_i = \frac{m}{6} (V'_1)^2 + \frac{m}{3} (1,5V + 0,5 V'_1)^2 - \frac{m}{2} V^2$$

Igualando a energia interna transformada em mecânica, vem:

$$\frac{mV^2}{4} = \frac{m}{6} (V'_1)^2 + \frac{m}{3} (1,5V + 0,5 V'_1)^2 - \frac{m}{2} V^2$$

$$3 V_1^2 = 2 (V'_1)^2 + 4 [2,25V^2 + 0,25(V'_1)^2 + 1,5 V V'_1] - 6V^2$$

$$3 V_1^2 = 3 (V'_1)^2 + 3V^2 + 6 V V'_1$$

$$V_1^2 = (V'_1)^2 + V^2 + 2 V V'_1$$

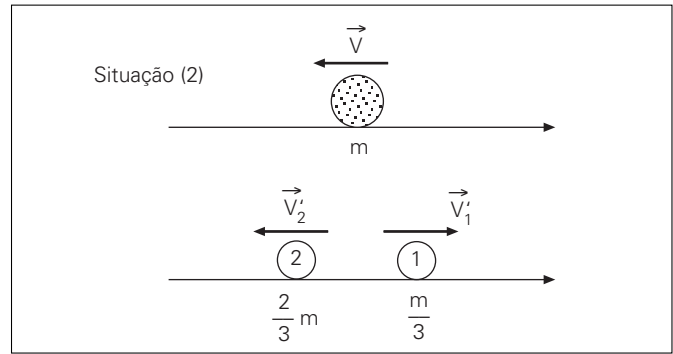
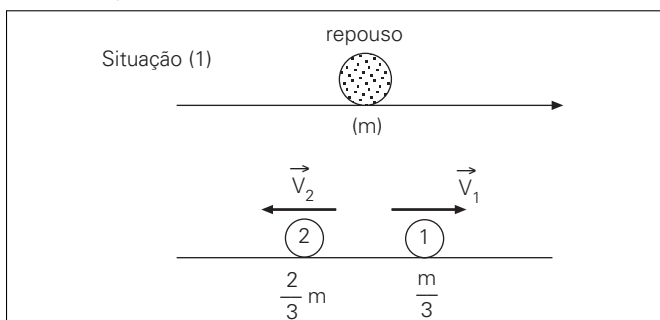
$$(V'_1)^2 + 2 V V'_1 + V^2 - V_1^2 = 0$$

$$V'_1 = \frac{-2V \pm \sqrt{4V^2 - 4V^2 + 4V_1^2}}{2}$$

$$V'_1 = \frac{-2V \pm 2V_1}{2} \begin{cases} \rightarrow V'_1 = -(V + V_1) \\ \rightarrow V'_1 = V_1 - V \end{cases}$$

Nota

Se admitirmos que, em ambos os casos, temos o mesmo fenômeno apenas visto por dois observadores inerciais diferentes, podemos fazer uma resolução bastante simples.



Na situação (2) devemos somar vetorialmente as velocidades da situação (1) com a velocidade do arrastamento \vec{V}

$$\vec{V}'_1 = \vec{V}_1 + \vec{V} \Rightarrow V'_1 = V_1 - V \quad (\text{Resposta})$$

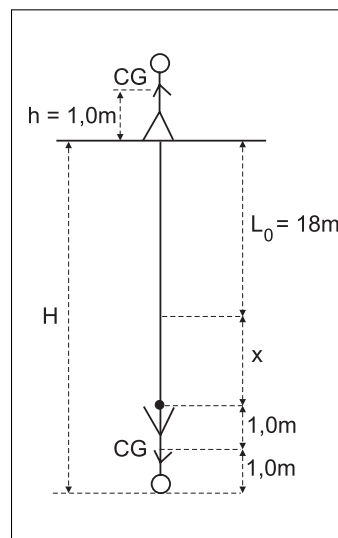
$$\vec{V}'_2 = \vec{V}_2 + \vec{V} \Rightarrow V'_2 = \ominus (V_2 + V) \quad \hookrightarrow \text{sentido para a esquerda}$$

d

Um "bungee jumper" de 2 m de altura e 100 kg de massa pula de uma ponte usando uma 'bungee cord', de 18m de comprimento quando não alongada, constante elástica de 200 N/m e massa desprezível, amarrada aos seus pés. Na sua descida, a partir da superfície da ponte, a corda atinge a extensão máxima sem que ele toque nas rochas embaixo. Das opções abaixo, a menor distância entre a superfície da ponte e as rochas é:

A () 26 m. B () 31 m. C () 36 m.
D () 41 m. E () 46 m.

Resolução



Seja x a deformação máxima da corda. Usando a conservação da energia mecânica com um plano de referência passando pela posição mais baixa do centro de gravidade da pessoa, vem:

$$\frac{kx^2}{2} = m g (L_0 + x + 2h)$$

$$\frac{200}{2} x^2 = 1000 (18 + x + 2,0)$$

$$x^2 = 10 (20 + x)$$

$$x^2 = 10x + 200$$

$$x^2 - 10x - 200 = 0$$

$$x = \frac{10 \pm \sqrt{100 + 800}}{2} \quad (\text{m})$$

$$x = \frac{10 \pm 30}{2} \quad (\text{m}) \Rightarrow x_1 = -10\text{m (rejeitada)}$$

$$x_2 = 20\text{m}$$

Logo: $H = 40\text{m}$

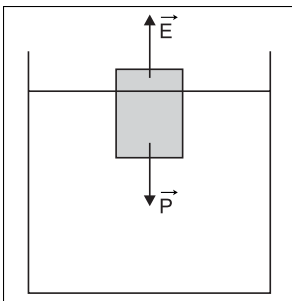
Se ele não atingiu as rochas, dos valores citados, a menor distância possível é de 41m.

d

Um astronauta, antes de partir para uma viagem até a Lua, observa um copo de água contendo uma pedra de gelo e verifica que 9/10 do volume da pedra de gelo está submersa na água. Como está de partida para a Lua, ele pensa em fazer a mesma experiência dentro da sua base na Lua. Dada que o valor da aceleração de gravidade na superfície da Lua é 1/6 do seu valor na Terra, qual é porcentagem do volume da pedra de gelo que estaria submersa no copo de água na superfície da Lua?

- A () 7%. B () 15%. C () 74%.
D () 90%. E () 96%.

Resolução



Na situação de equilíbrio temos:

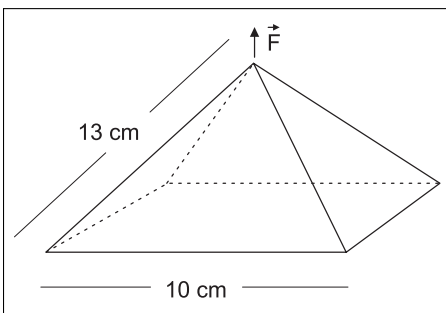
$$E = P$$

$$\mu_a V_i g = \mu_g V g$$

$$\frac{V_i}{V} = \frac{\mu_g}{\mu_a}$$

A fração do sólido que fica imersa é igual à densidade do sólido em relação ao líquido e **não depende do valor da aceleração da gravidade no local da experiência.**

b



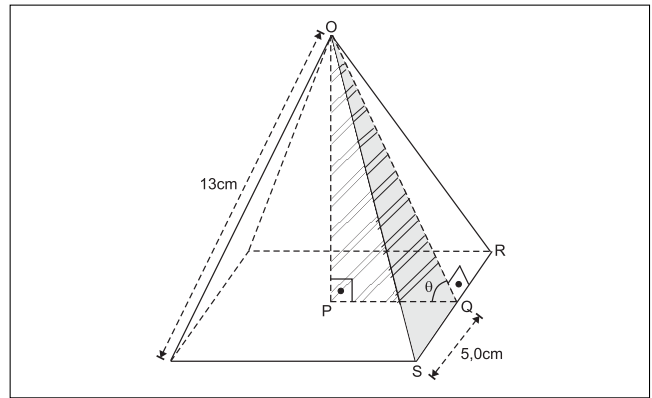
Suponha que há um vácuo de $3,0 \times 10^4$ Pa dentro de uma campânula de 500 g na forma de uma pirâmide reta de base quadrada apoiada sobre uma mesa lisa de granito. As dimensões da pirâmide são as mostradas na figura e a pressão atmosférica local é de $1,0 \times 10^5$ Pa. O módulo da força \vec{F} necessária para levantar a campânula na direção perpendicular à mesa é ligeiramente maior do que:

As dimensões da pirâmide são as mostradas na figura e a pressão atmosférica local é de $1,0 \times 10^5$ Pa. O módulo da força \vec{F} necessária para levantar a campânula na direção perpendicular à mesa é ligeiramente maior do que:

- A () 700 N. B () 705 N. C () 1680 N.
D () 1685 N. E () 7000 N.

Resolução

Determinemos, inicialmente, alguns elementos geométricos da campânula.



Triângulo retângulo OQS: $(13)^2 = (5,0)^2 + (OQ)^2$

$$OQ = 12\text{cm}$$

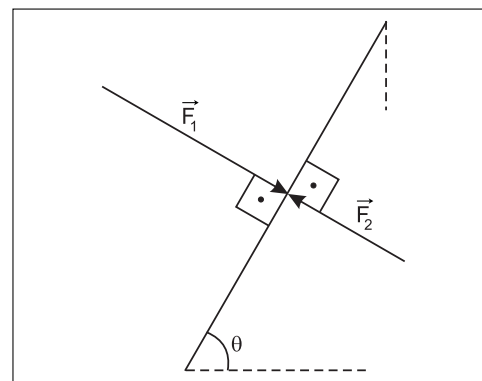
Triângulo ORS: $A = \frac{10 \cdot 12}{2} \text{ (cm}^2\text{)}$

$$A = 60\text{cm}^2 \Rightarrow A = 60 \cdot 10^{-4}\text{m}^2$$

Triângulo retângulo OPQ: $\cos \theta = \frac{5,0}{12}$

Cada face da campânula recebe duas forças devidas ao ar: a força aplicada pelo ar externo (\vec{F}_1) e a força aplicada pelo ar interno (\vec{F}_2). Essas forças são perpendiculares à face considerada.

Sendo f_{ar} a intensidade da força resultante que o ar exerce em cada face da campânula, vem:



$$f_{ar} = F_1 - F_2$$

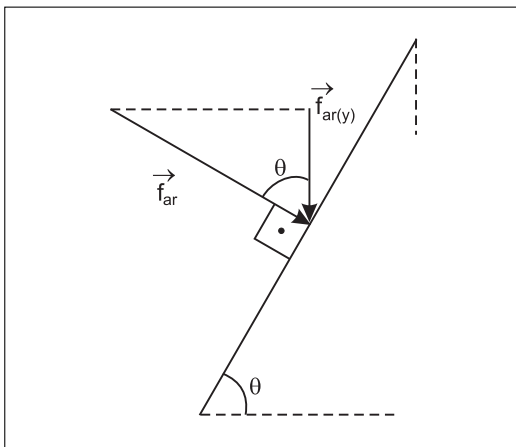
$$f_{ar} = p_1 A - p_2 A$$

$$f_{ar} = (p_1 - p_2) A$$

$$f_{ar} = (10 \cdot 10^4 - 3,0 \cdot 10^4) \cdot 60 \cdot 10^{-4} \text{ (N)}$$

$$\therefore f_{ar} = 420\text{N}$$

Considerando que a campânula tem quatro faces e que os componentes horizontais das forças exercidas pelo ar, em faces opostas, se equilibram, deveremos considerar apenas os componentes verticais dessas forças.



$$f_{ar(y)} = f_{ar} \cos \theta$$

$$f_{ar(y)} = 420 \cdot \frac{5,0}{12} \text{ (N)}$$

$$f_{ar(y)} = 175 \text{ N}$$

Sendo $F_{ar(v)}$ a intensidade da força vertical total que o ar exerce nas quatro paredes da campânula, temos:

$$F_{ar(v)} = 4 \times f_{ar(y)} \Rightarrow F_{ar(v)} = 4 \times 175 \text{ (N)}$$

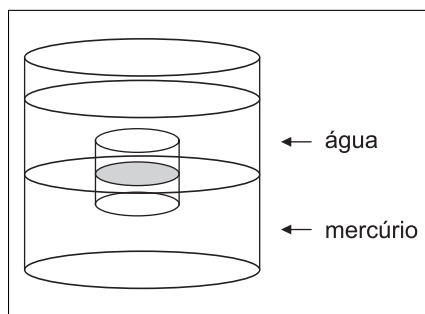
$$\therefore F_{ar(v)} = 700 \text{ N}$$

Para erguer a campânula, a intensidade da força \vec{F} deve superar a soma das intensidades de $\vec{F}_{ar(v)}$ e do \vec{P} (peso).

$$F > F_{ar(v)} + P \Rightarrow F > F_{ar(v)} + mg$$

$$F > 700 + 0,50 \cdot 10 \text{ (N)} \Rightarrow F > 705 \text{ N}$$

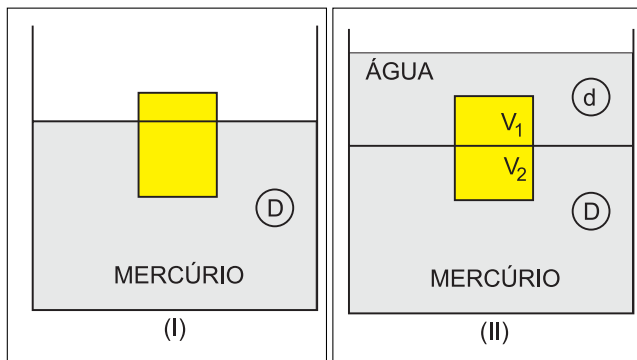
c



Um cilindro maciço flutua verticalmente, com estabilidade, com uma fração f do seu volume submerso em mercúrio, de massa específica D . Coloca-se água suficiente (de massa específica d) por cima do mercúrio, para cobrir totalmente o cilindro, e observa-se que o cilindro continue em contato com o mercúrio após a adição da água. Conclui-se que o mínimo valor da fração f originalmente submersa no mercúrio é:

$$A () \frac{D}{D-d} \quad B () \frac{d}{D-d} \quad C () \frac{d}{D} \\ D () \frac{D}{d} \quad E () \frac{D-d}{d}$$

Resolução



Na situação (I) temos:

$$E = P$$

$$DV_1g = \mu Vg$$

$$\frac{\mu}{D} = \frac{V_1}{V} = f$$

Na situação (II) temos:

$$E_1 + E_2 = P$$

$$dV_1g + DV_2g = \mu(V_1 + V_2)g$$

$$d(V - V_2) + DV_2 = \mu V$$

$$dV - dV_2 + DV_2 = \mu V \Rightarrow V_2(D - d) = (\mu - d)V$$

$$V_2 = \frac{(\mu - d)V}{D - d}$$

Para que o cilindro continue em contato com o mercúrio devemos impor que:

$$V_2 \geq 0 \Rightarrow \mu \geq d$$

Dividindo a expressão acima por D vem:

$$\frac{\mu}{D} \geq \frac{d}{D}$$

$$f \geq \frac{d}{D}$$

$$f_{\min} = \frac{d}{D}$$

b

Um relógio de pêndulo simples é montado no pátio de um laboratório em Novosibirsk na Sibéria, utilizando um fio de suspensão de coeficiente de dilatação $1 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. O pêndulo é calibrado para marcar a hora certa em um

bonito dia de verão de 20°C. Em um dos menos agradáveis dias do inverno, com a temperatura a -40°C, o relógio:

- A () adianta 52 s por dia. B () adianta 26 s por dia.
 C () atrasa 3 s por dia. D () atrasa 26 s por dia.
 E () atrasa 52 s por dia.

Resolução

O período de oscilação de um pêndulo simples é dado por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

onde L é o comprimento de sua haste e g é o módulo da aceleração da gravidade no local.

A 20°C o período vale T e a -40°C vale T':

$$\begin{cases} T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \\ T' = 2\pi \sqrt{\frac{L'}{g}} \end{cases}$$

Donde:

$$\frac{T}{T'} = \sqrt{\frac{L}{L'}}$$

mas: $L' = L (1 + \alpha \Delta \theta)$

então:

$$\frac{T}{T'} = \sqrt{\frac{L}{L(1 + \alpha \Delta \theta)}}$$

$$T' = T \sqrt{1 + \alpha \Delta \theta}$$

$$T' = T \sqrt{1 + 10^{-5} \cdot (-40 - (+20))}$$

$$T' = T \sqrt{1 - 6 \cdot 10^{-4}}$$

$$T' = 0,9997T$$

Dessa forma, a -40°C o relógio adianta $3 \cdot 10^{-4}$ s a cada segundo de tempo real. Assim, num dia o relógio adiantará:

$$\Delta t = 3 \cdot 10^{-4} \cdot 86\,400s$$

$$\Delta t \approx 26s$$

d

Uma bolha de ar de volume 20,0 mm³, aderente à parede de um tanque de água a 70 cm de profundidade, solta-se e começa a subir. Supondo que a tensão superficial da bolha é desprezível e que a pressão atmosférica é de 1×10^5 Pa, logo que alcança a superfície seu volume é aproximadamente:

- A () 19,2mm³. B () 20,1mm³. C () 20,4mm³.
 D () 21,4mm³. E () 34,1mm³.

Resolução

A 70 cm de profundidade a pressão suportada pela bolha

é dada por:

$$p_1 = p_{atm} + \rho gh$$

$$p_1 = 1,0 \cdot 10^5 + 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0,70 \text{ (Pa)}$$

$$p_1 = 1,07 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

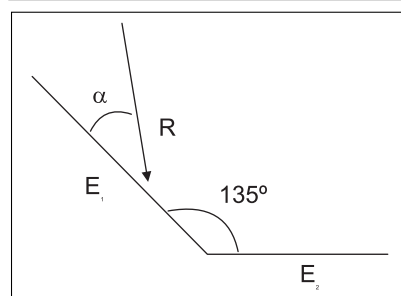
Supondo que o ar no interior da bolha se comporte como gás perfeito e admitindo que a temperatura se mantenha constante, vem:

$$p_1 v_1 = p_2 v_2$$

$$1,07 \cdot 10^5 \cdot 20,0 = 1,0 \cdot 10^5 \cdot v_2$$

$$v_2 = 21,4 \text{ (mm)}^3$$

c



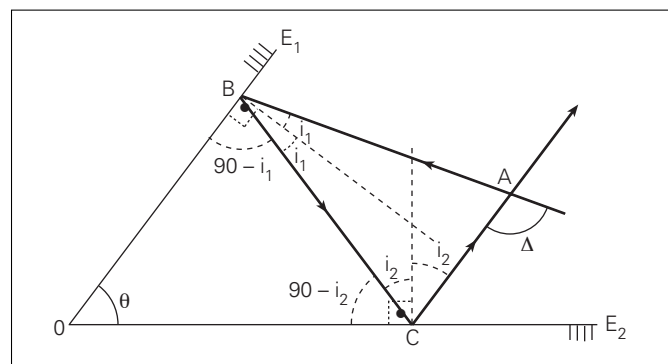
Considere a figura ao lado onde E₁ e E₂ são dois espelhos planos que formam um ângulo de 135° entre si. Um raio luminoso R incide com um ângulo α em E₁ e outro R' (não mostrado) emerge de E₂.

Para $0 < \alpha < \pi/4$, conclui-se que:

- A () R' pode ser paralelo a R dependendo de α.
 B () R' é paralelo a R qualquer que seja α.
 C () R' nunca é paralelo a R.
 D () R' só será paralelo a R se o sistema estiver no vácuo.
 E () R' será paralelo a R qualquer que seja o ângulo entre os espelhos.

Resolução

Demonstremos que se o ângulo entre os espelhos for θ com duas reflexões sucessivas, o raio de luz sofre um desvio Δ = 2θ.



No triângulo ABC temos:

$$\Delta = 2i_1 + 2i_2 \Rightarrow \Delta = 2(i_1 + i_2) \quad (1)$$

No triângulo OBC temos:

$$\theta + 90 - i_1 + 90 - i_2 = 180$$

$$\theta = i_1 + i_2 \quad (2)$$

Substituindo (1) em (2) vem:

$$\Delta = 2\theta$$

Para que os raios incidente e emergente sejam paralelos devemos $\Delta = 180^\circ$

$$\Delta = 2\theta$$

$$180^\circ = 2\theta \Rightarrow \theta = 90^\circ$$

Portanto, a propriedade enunciada só ocorre quando o ângulo entre os espelhos é 90° .

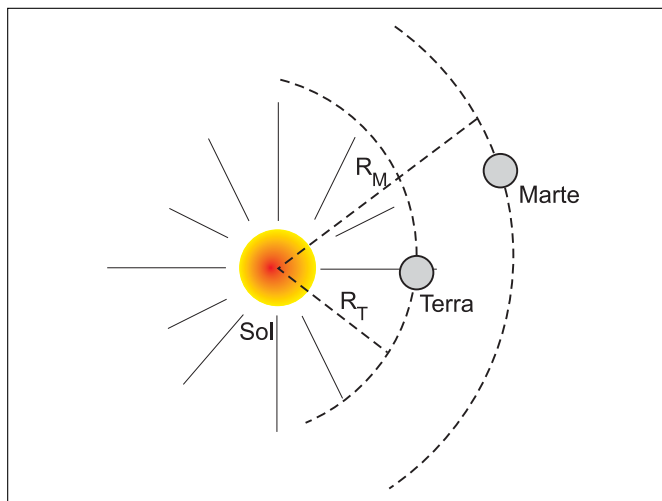
a

A distância de Marte ao Sol é aproximadamente 50% maior do que aquela entre a Terra e o Sol. Superfícies planas de Marte e da Terra, de mesma área e perpendiculares aos raios solares, recebem por segundo as energias de irradiação solar U_M e U_T , respectivamente.

A razão entre as energias, U_M/U_T , é aproximadamente:

A () 4/9. B () 2/3. C () 1. D () 3/2. E () 9/4.

Resolução



A intensidade de irradiação solar na superfície de um planeta pode ser expressa por:

$$U = \frac{P}{A}$$

onde P é a potência com que o Sol emana energia e A é a área da superfície esférica da onda tridimensional emitida pela estrela. Sendo $A = 4\pi x^2$ (x é o raio da onda esférica), vem:

$$U = \frac{P}{4\pi x^2}$$

Para Marte:

$$U_M = \frac{P}{4\pi R_M^2}$$

Para a Terra:

$$U_T = \frac{P}{4\pi R_T^2}$$

$$\therefore \frac{U_M}{U_T} = \frac{P}{4\pi R_M^2} \cdot \frac{4\pi R_T^2}{P}$$

$$\frac{U_M}{U_T} = \left(\frac{R_T}{R_M}\right)^2$$

Lembrando que "a distância de Marte ao Sol é aproximadamente 50% maior do que aquela entre a Terra e o Sol, podemos escrever: $R_M = 1,5R_T$. Logo:

$$\frac{U_M}{U_T} = \left(\frac{R_T}{1,5R_T}\right)^2 \Rightarrow \frac{U_M}{U_T} = \left(\frac{2}{3}\right)^2$$

$$\frac{U_M}{U_T} = \frac{4}{9}$$

a

Devido à gravidade, um filme fino de sabão suspenso verticalmente é mais espesso embaixo do que em cima. Quando iluminado com luz branca e observado de um pequeno ângulo em relação à frontal, o filme aparece preto em cima, onde não reflete a luz. Aparecem intervalos de luz de cores diferentes na parte em que o filme é mais espesso, onde a cor da luz em cada intervalo depende da espessura local do filme de sabão. De cima para baixo, as cores aparecem na ordem:

A () violeta, azul, verde, amarela, laranja, vermelha.

B () amarela, laranja, vermelha, violeta, azul, verde.

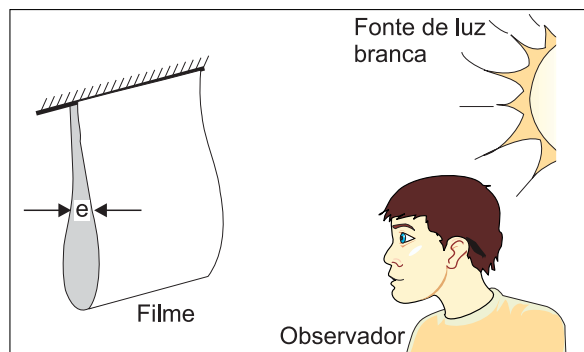
C () vermelha, violeta, azul, verde, amarela, laranja.

D () vermelha, laranja, amarela, verde, azul, violeta.

E () violeta, vermelha, laranja, amarela, verde, azul.

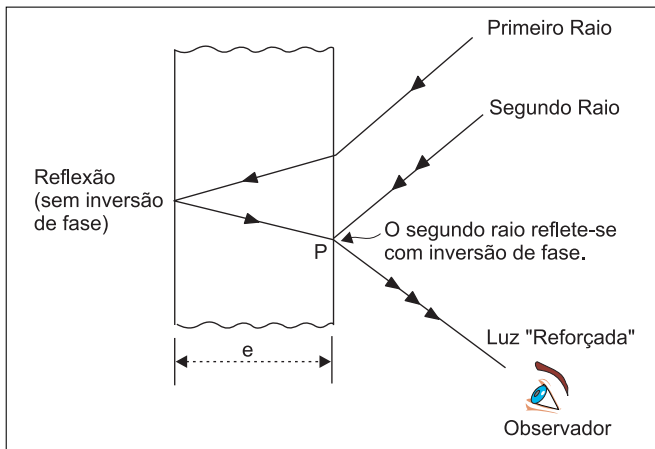
Resolução

O esquema abaixo representa o filme de sabão e o observador. Notemos que a espessura e do filme cresce à medida que se aproxima de sua base.



Analisemos o percurso da luz de uma determinada cor (frequência) no interior do filme.

Um raio luminoso pode seguir o trajeto esquematizado a seguir, sofrendo uma refração na entrada do filme, reflexão na face oposta à da entrada e nova refração na saída do filme.



Um segundo raio luminoso, de mesma freqüência que o primeiro, pode incidir no filme no ponto P por onde está emergindo o primeiro raio. Nesse ponto, pode ocorrer **interferência construtiva**, havendo reforço na cor correspondente à freqüência dessa luz.

A defasagem total dos raios luminosos no ponto P fica dada por:

$$\Delta\varphi_p = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x + \pi$$

onde Δx é a diferença de percursos entre os raios ($\Delta x \approx 2e$, já que o observador está postado frontalmente em relação ao filme) e $\lambda = \frac{v}{f}$ é o comprimento de onda.

$$\therefore \Delta\varphi_p = \frac{2\pi f}{v} 2e + \pi \quad (1)$$

Para que no ponto P ocorra **interferência construtiva** (reforço) entre o primeiro e o segundo raio de luz, deve-se ter:

$$\Delta\varphi_p = 2K\pi \quad (2) \quad (K = 1, 2, 3...)$$

Comparando (1) e (2), vem:

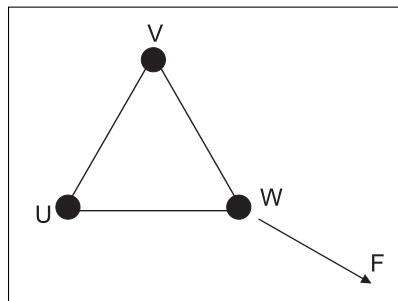
$$\frac{2\pi f}{v} 2e + \pi = 2K\pi \Rightarrow f = \frac{(2K - 1) v}{4e}$$

Analisando a última expressão, notamos que a freqüência da luz que sofre interferência construtiva (reforço) é inversamente proporcional à espessura **e** do filme.

Como a parte de baixo do filme tem espessura maior, nessa região ocorre reforço nas cores de **menor freqüência**.

Assim, de cima para baixo, as cores aparecem na seguinte ordem: violeta, azul, verde, amarela, laranja e vermelha.

e



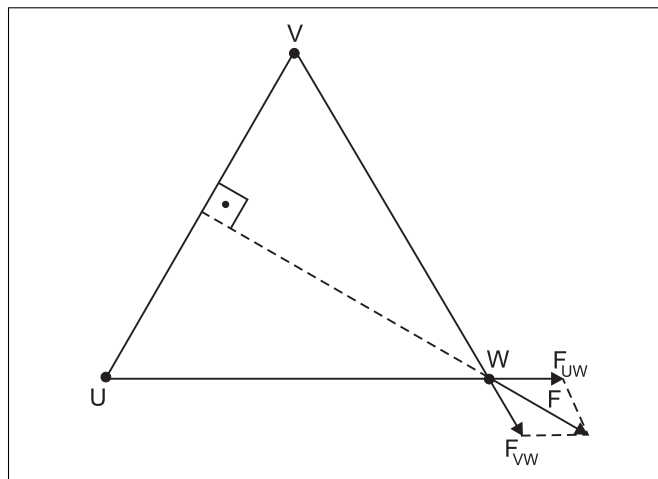
Três cargas elétricas puntiformes estão nos vértices U, V, e W de um triângulo equilátero. Suponha-se que a soma das cargas é nula e que a força sobre a carga localizada no vértice W é perpendicular à

reta UV e aponta para fora do triângulo, como mostra a figura. Conclui-se que:

- A () as cargas localizadas em U e V são de sinais contrários e de valores absolutos iguais.
- B () as cargas localizadas nos pontos U e V têm valores absolutos diferentes e sinais contrários.
- C () as cargas localizadas nos pontos U, V e W têm o mesmo valor absoluto, com uma delas de sinal diferente das demais.
- D () as cargas localizadas nos pontos U, V e W têm o mesmo valor absoluto e o mesmo sinal.
- E () a configuração descrita é fisicamente impossível.

Resolução

Para que a força elétrica resultante sobre a carga localizada no vértice W seja perpendicular à reta UV e tenha o sentido indicado na figura, as forças F_{UW} e F_{VW} devem ser de repulsão. Nestas condições, as cargas elétricas situadas nos vértices U, V e W devem ter mesmo sinal, o que impossibilita a soma das cargas ser nula. Logo, a configuração descrita é impossível.



b

Suponha que o elétron em um átomo de hidrogênio se movimenta em torno do próton em uma órbita circular de raio R. Sendo m a massa do elétron e q o módulo da carga de ambos, elétron e próton, conclui-se que o módulo da velocidade do elétron é proporcional a:

- A () $q\sqrt{\frac{R}{m}}$
- B () $\frac{q}{\sqrt{mR}}$
- C () $\frac{q}{m}\sqrt{R}$

$$D () \frac{qR}{\sqrt{m}} \quad E () \frac{q^2R}{\sqrt{m}}$$

Resolução

A força eletrostática de atração é centrípeta:

$$F_e = F_{cp}$$

$$k \cdot \frac{q \cdot q}{R^2} = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

$$v^2 = \frac{k \cdot q^2}{m \cdot R} \quad v = \sqrt{k} \cdot \frac{q}{\sqrt{mR}}$$

Portanto, v é proporcional a $\frac{q}{\sqrt{mR}}$.

b

Das lâmpadas incandescentes, cuja tensão nominal é de 110 V, sendo uma de 20 W e a outra de 100 W, são ligadas em série em uma fonte de 220 V. Conclui-se que:

- A () As duas lâmpadas acenderão com brilho normal.
- B () A lâmpada de 20 W apresentará um brilho acima do normal e logo queimar-se-á.
- C () A lâmpada de 100 W fornecerá um brilho mais intenso do que a de 20 W.
- D () A lâmpada de 100 W apresentará um brilho acima do normal e logo queimar-se-á.
- E () Nenhuma das lâmpadas acenderá.

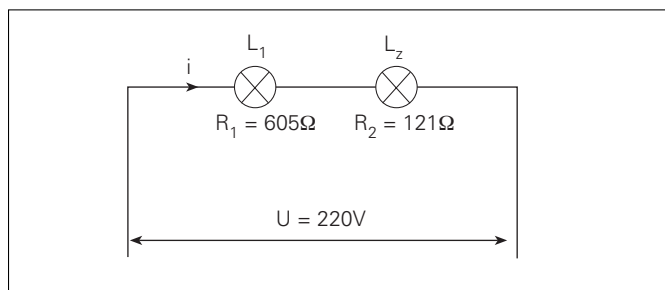
Resolução

Vamos, inicialmente, calcular as resistências elétricas das lâmpadas, supostas constantes.

$$L_1 : P_1 = \frac{U^2}{R_1} \quad R_1 = \frac{U^2}{P_1} \quad R_1 = \frac{(110)^2}{20} \text{ (}\Omega\text{)} \quad R_1 = 605\Omega$$

$$L_2 : P_2 = \frac{U^2}{R_2} \quad R_2 = \frac{U^2}{P_2} \quad R_2 = \frac{(110)^2}{100} \text{ (}\Omega\text{)} \quad R_2 = 121\Omega$$

Ligando-se L_1 e L_2 em série em uma fonte de 220V, temos:



$$\text{Cálculo de } i: U = (R_1 + R_2) \cdot i \\ 220 = (605 + 121) \cdot i \quad i \approx 0,30A$$

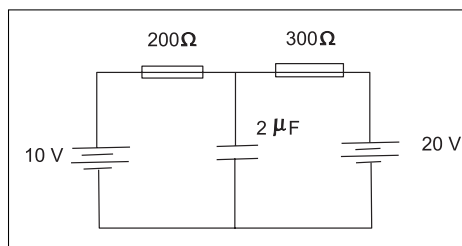
Cálculo das novas potências:

$$L_1 : P'_1 = R_1 i^2 \approx 605 \cdot (0,30)^2 \therefore P'_1 \approx 54W > P_1 = 20W$$

$$L_2 : P'_2 = R_2 i^2 \approx 121 \cdot (0,30)^2 \therefore P'_2 \approx 11W < P_2 = 100W$$

Portanto, a lâmpada de 20W apresentará um brilho acima do normal e logo queimar-se-á.

b

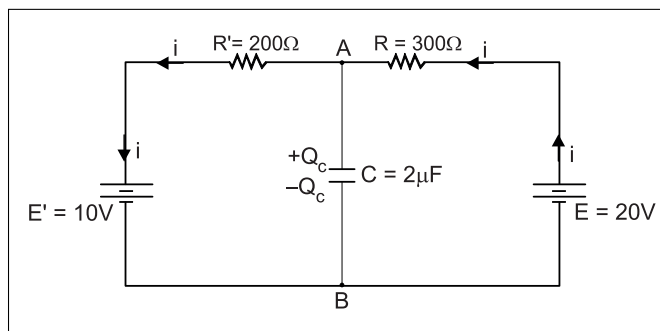


Das baterias, de f.e.m. de 10 V e 20 V respectivamente, estão ligadas a duas resistências de 200Ω e 300Ω e com um capacitor de 2μF, como mostra a figura. Sendo Q_c a carga do capacitor e P_d a potência total dissipada depois de estabelecido o regime estacionário, conclui-se que:

- A () $Q_c = 14\mu C$; $P_d = 0,1 \text{ W}$.
- B () $Q_c = 28\mu C$; $P_d = 0,2 \text{ W}$.
- C () $Q_c = 28\mu C$; $P_d = 10 \text{ W}$.
- D () $Q_c = 32\mu C$; $P_d = 0,1 \text{ W}$.
- E () $Q_c = 32\mu C$; $P_d = 0,2 \text{ W}$.

Resolução

Vamos calcular a intensidade da corrente i , observando que a bateria de 20V funciona como gerador e a de 10V, como receptor.



$$i = \frac{E - E'}{\sum R}$$

$$i = \frac{20 - 10}{200 + 300} \text{ (A)}$$

$$i = 0,02A$$

Cálculo de U_{AB} :

$$U_{AB} = E - R \cdot i$$

$$U_{AB} = 20 - 300 \cdot 0,02 \text{ (V)}$$

$$U_{AB} = 14V$$

Cálculo da carga elétrica do capacitor:

$$Q_c = C \cdot U_{AB}$$

$$Q_c = 2\mu F \cdot 14V \therefore Q_c = 28\mu C$$

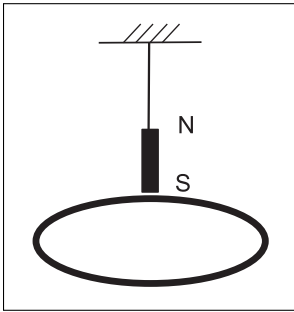
Cálculo da potência total dissipada:

$$P_d = (R + R') \cdot i^2$$

$$P_d = (300 + 200) \cdot (0,02)^2 \text{ (W)}$$

$$P_d = 0,2\text{W}$$

d



Pendura-se por meio de um fio um pequeno ímã permanente cilíndrico, formando assim um pêndulo simples. Uma espira circular é colocada abaixo do pêndulo, com seu eixo de simetria coincidente com o fio do pêndulo na sua posição de equilíbrio, como mostra a figura. Faz-se passar uma pequena

corrente I através da espira mediante uma fonte externa. Sobre o efeito desta corrente nas oscilações de pequena amplitude do pêndulo, afirma-se que a corrente:

- A () não produz efeito algum nas oscilações do pêndulo.
- B () produz um aumento no período das oscilações.
- C () aumenta a tensão no fio mas não afeta a frequência das oscilações.
- D () perturba o movimento do pêndulo que, por sua vez, perturba a corrente na espira.
- E () impede o pêndulo de oscilar.

Resolução

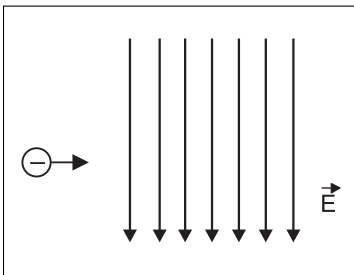
O campo magnético gerado pela corrente elétrica através da espira exerce forças magnéticas nos pólos do ímã, alterando a tensão no fio e o período de oscilação do ímã. A tensão e o período podem aumentar ou diminuir, dependendo do sentido da corrente elétrica na espira. Por outro lado, o movimento do ímã produz uma variação do fluxo magnético, perturbando a intensidade da corrente na espira.

Observação:

Se admitirmos que o ímã tem dimensões desprezíveis a ponto de considerarmos que o campo magnético gerado pela espira seja o mesmo nos dois pólos do ímã, então a força magnética resultante no ímã seria nula, e para oscilações de pequena abertura o momento resultante das forças magnéticas também seria nulo.

Nestas condições, não haveria alteração na oscilação do pêndulo (opção A).

a



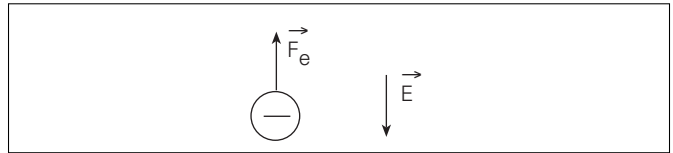
Um elétron, movendo-se horizontalmente, penetra em uma região do espaço onde há um campo elétrico de cima para baixo, como mostra a figura. A direção do campo de indução magnética de *menor* intensidade capaz de anular o efeito do campo elétrico, de tal maneira que o elétron se mantenha na trajetória horizon-

tal, é:

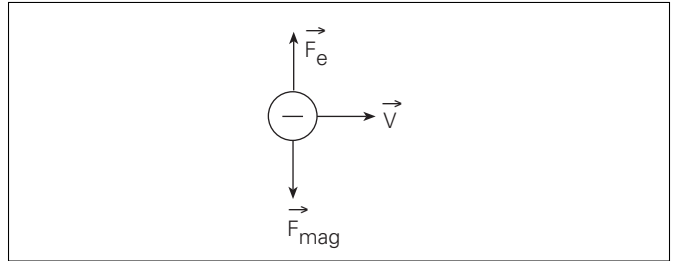
- A () para dentro do plano do papel.
- B () na mesma direção e sentido oposto do campo elétrico.
- C () na mesma direção e sentido do campo elétrico.
- D () para fora do plano do papel.
- E () a um ângulo de 45° entre a direção da velocidade do elétron e a do campo elétrico.

Resolução

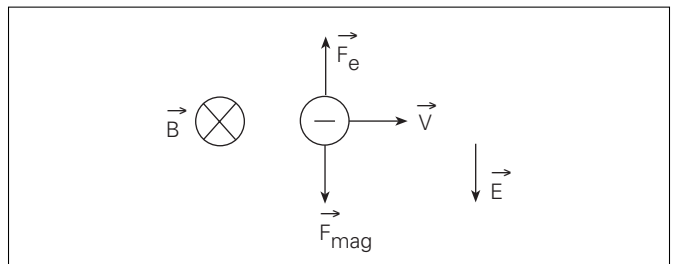
Ao penetrar na região de campo elétrico, o elétron ficará submetido a uma força elétrica \vec{F}_e esquematizada abaixo.



Para que o elétron mantenha-se em trajetória horizontal, a força magnética (\vec{F}_{mag}) atuante deve ter a mesma direção da força elétrica, mesmo módulo, porém, sentido oposto.



Utilizando a regra da mão esquerda e observando que a partícula tem carga negativa, obtemos a direção e o sentido do campo de indução \vec{B} .



Observe que \vec{B} deve ser perpendicular a \vec{V} para que seu valor seja mínimo.

De fato:

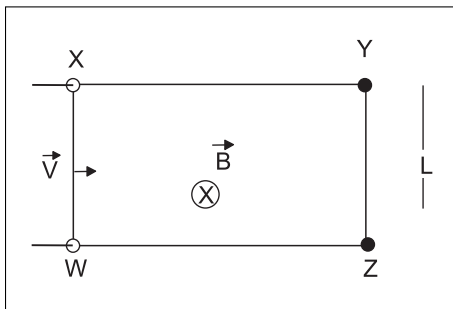
$$F_{mag} = F_e$$

$$|q| v B \sin \theta = |q| E$$

$$B = \frac{E}{v \sin \theta}$$

Para que tenhamos B mínimo, $\sin \theta$ deve ser máximo, assim: $\theta = 90^\circ$.

a

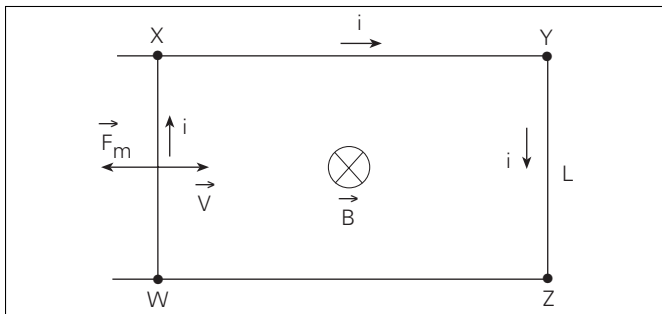


Uma haste WX de comprimento L desloca-se com velocidade constante sobre dois trilhos paralelos separados por uma distância L , na presença de um campo de indução magnética, uniforme e constante, de magnitude B , perpendicular ao plano dos trilhos, direcionado para dentro do papel, como mostra a figura. Há uma haste YZ fixada no término dos trilhos. As hastes e os trilhos são feitos de um fio condutor cuja resistência por unidade de comprimento é ρ . A corrente na espira retangular WXYZ:

- A () circula no sentido horário e aumenta, tendendo a um valor limite finito.
 B () circula no sentido horário e decresce, tendendo a zero.
 C () circula no sentido anti-horário e decresce, tendendo a zero.
 D () circula no sentido anti-horário e aumenta, tendendo a um valor limite finito.
 E () circula no sentido anti-horário e aumenta sem limite.

Resolução

Pela lei de Lenz, surge na haste WX uma força magnética \vec{F}_m que se opõe ao deslocamento de WX:



Pela regra da mão esquerda, conhecendo-se os sentidos de \vec{F}_m e \vec{B} , determinamos o sentido de i : **horário**.

A f_{em} induzida é dada por $E = BLV$, e sendo B , L e V constantes, resulta que E é constante. Pela lei de Pouillet calculamos a intensidade da corrente:

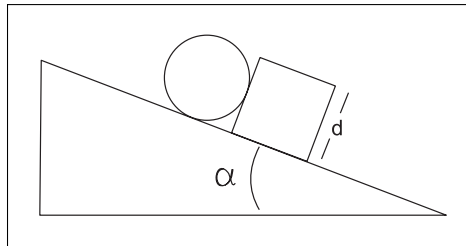
$$i = \frac{E}{R} \Rightarrow i = \frac{BLV}{R}, \text{ onde } R \text{ é a resistência elétrica do circuito.}$$

À medida que a haste WX se desloca, a resistência R do circuito diminui, tendendo para o valor $\rho \cdot 2L$ e a intensidade da corrente elétrica aumenta e tende para um valor limite finito dado por:

$$i = \frac{BLV}{\rho 2L} = \frac{BV}{2\rho}$$

ATENÇÃO: As soluções das questões de números 21 a 30 seguintes, DEVEM SER JUSTIFICADAS no Caderno de Respostas.

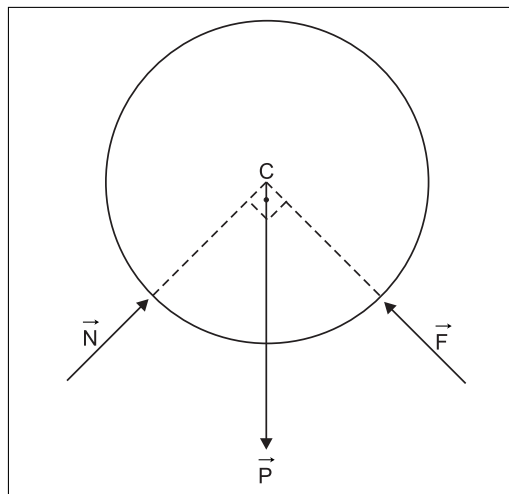
e



Considere um bloco cúbico de lado d e massa m em repouso sobre um plano inclinado de ângulo α , que impede o movimento de um cilindro de diâmetro d e massa m idêntica à do bloco, como mostra a figura. Suponha que o coeficiente de atrito estático entre o bloco e o plano seja suficientemente grande para que o bloco não deslize pelo plano e que o coeficiente de atrito estático entre o cilindro e o bloco seja desprezível. O valor máximo do ângulo α do plano inclinado, para que a base do bloco permaneça em contato com o plano, é tal que:

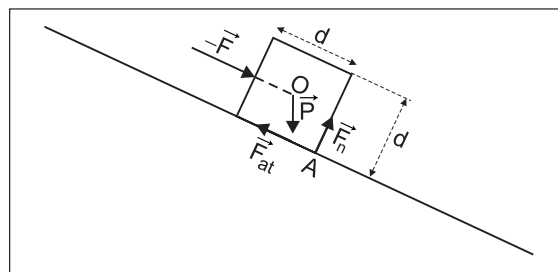
- A () $\sin \alpha = 1/2$. B () $\tan \alpha = 1$. C () $\tan \alpha = 2$.
 D () $\tan \alpha = 3$. E () $\cotg \alpha = 2$.

Resolução



Para o equilíbrio do cilindro, a força \vec{F} que ele recebe do cubo deve equilibrar a componente tangencial de seu peso:

$$F = P \sin \alpha = m g \sin \alpha$$



O bloco estará na iminência de tombar quando a reação normal de apoio estiver concentrada no ponto A. O momento resultante de todas as forças em relação a qualquer pólo deve ser nulo.

Tomando o centro do cubo como pólo, vem:

$$F_{at} \cdot \frac{d}{2} = F_N \cdot \frac{d}{2}$$

$$F_{at} = F_N$$

$$F_{at} = P_t + F = 2 m g \operatorname{sen} \alpha$$

$$F_N = P_N = m g \cos \alpha$$

Portanto: $2 m g \operatorname{sen} \alpha = m g \cos \alpha$

$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{2}$	ou	$\operatorname{cotg} \alpha = 2$
--	----	----------------------------------

d

Uma bala de massa 10 g é atirada horizontalmente contra um bloco de madeira de 100 g que está fixo, penetrando nele 10 cm até parar. Depois, o bloco é suspenso de tal forma que se possa mover livremente e uma bala idêntica à primeira é atirada contra ele. Considerando a força de atrito entre a bala e a madeira em ambos os casos como sendo a mesma, conclui-se que a segunda bala penetra no bloco a uma profundidade de aproximadamente:

- A () 8,0 cm. B () 8,2 cm. C () 8,8 cm.
D () 9,2 cm. E () 9,6 cm.

Resolução

1) Quando o bloco está fixo temos:

$$\tau_F = \Delta E_{cin}$$

$$F \cdot d \cdot \cos 180^\circ = 0 - \frac{mV_0^2}{2}$$

$$F \cdot 0,10 = \frac{0,01V_0^2}{2} \Rightarrow \boxed{F = 0,05V_0^2} \text{ (SI)}$$

2) Quando o bloco está livre, sua velocidade final tem módulo V_1 dado por:

$$Q_{após} = Q_{antes}$$

$$(M + 2m)V_1 = mV_0$$

$$120V_1 = 10 \cdot V_0 \Rightarrow \boxed{V_0 = 12V_1}$$

3) Para o bloco temos:

$$F \cdot D = \Delta E_{cin}$$

$$0,05V_0^2 \cdot D = \left(\frac{M + m}{2} \right) V_1^2$$

$$0,05V_0^2 \cdot D = \frac{0,11}{2} \frac{V_0^2}{144}$$

$$D = \frac{1,1}{144} \text{ (m)}$$

Para o projétil temos:

$$- F d_1 = \Delta E_{cin}$$

$$- 0,05V_0^2 d_1 = \frac{m}{2} (V_1^2 - V_0^2)$$

$$- 0,05V_0^2 d_1 = \frac{0,01}{2} \left(\frac{V_0^2}{144} - V_0^2 \right)$$

$$d_1 = 0,1 \left(1 - \frac{1}{144} \right)$$

$$d_1 = \frac{0,1}{144} \cdot 143 = \frac{14,3}{144} \text{ (m)}$$

Em relação ao bloco, o projétil percorreu uma distância d' dada por:

$$d' = d_1 - D$$

$$d' = \frac{14,3}{144} - \frac{1,1}{144} \text{ (m)}$$

$$d' = \frac{13,2}{144} \text{ (m)} \Rightarrow \boxed{d' \approx 9,2 \text{ cm}}$$

e

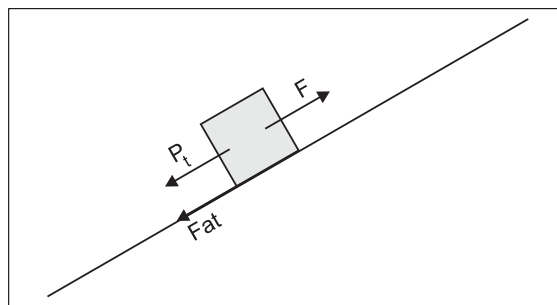
Um bloco maciço requer uma potência P para ser empurrado, com uma velocidade constante, para subir uma rampa inclinada de um ângulo θ em relação à horizontal. O mesmo bloco requer uma potência Q quando empurrado com a mesma velocidade em uma região plana de mesmo coeficiente de atrito. Supondo que a única fonte de dissipação seja o atrito entre o bloco e a superfície, conclui-se que o coeficiente de atrito entre o bloco e a superfície é:

A () $\frac{Q}{P}$ B () $\frac{Q}{P-Q}$ C () $\frac{Q \operatorname{sen} \theta}{P-Q}$

D () $\frac{Q}{P-Q \cos \theta}$ E () $\frac{Q \operatorname{sen} \theta}{P-Q \cos \theta}$

Resolução

1) Plano inclinado



Sendo a velocidade constante, vem:

$$F = P_t + F_{at}$$

$$F = m g \sin \theta + \mu m g \cos \theta$$

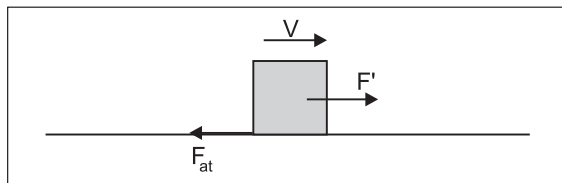
$$F = m g (\sin \theta + \mu \cos \theta)$$

A potência é dada por:

$$Pot_F = F V \cos 0^\circ$$

$$P = m g V (\sin \theta + \mu \cos \theta) \quad (1)$$

II) Plano horizontal



Sendo a velocidade constante, vem:

$$F' = F_{at} = \mu m g$$

A potência é dada por:

$$Q = F' V \cos 0^\circ$$

$$Q = \mu m g V \quad (2)$$

Dividindo membro a membro as relações (1) e (2), vem:

$$\frac{P}{Q} = \frac{\sin \theta + \mu \cos \theta}{\mu}$$

$$\mu P = Q \sin \theta + \mu Q \cos \theta$$

$$\mu (P - Q \cos \theta) = Q \sin \theta$$

$$\mu = \frac{Q \sin \theta}{P - Q \cos \theta}$$

e

Estima-se que, em alguns bilhões de anos, o raio médio da órbita da Lua estará 50% maior do que é atualmente. Naquela época, seu período, que hoje é de 27,3 dias, seria:

A () 14,1 dias. B () 18,2 dias. C () 27,3 dias.

D () 41,0 dias. E () 50,2 dias.

Resolução

De acordo com a 3ª lei de Kepler temos:

$$\frac{R^3}{T^2} = \frac{R_1^3}{T_1^2}$$

De acordo com os dados: $R_1 = 1,5R$

Portanto:

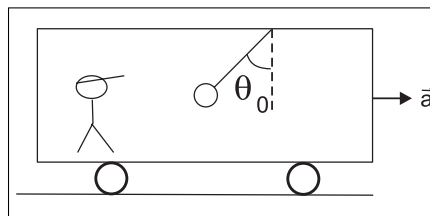
$$\frac{R^3}{T^2} = \frac{(1,5R)^3}{T_1^2}$$

$$T_1^2 = 3,375T^2$$

$$T_1 \approx 1,84T = 1,84 \cdot 27,3d$$

$$T_1 \approx 50,2d$$

d



No início do século, Albert Einstein propôs que forças inerciais, como aquelas que aparecem em referenciais acelerados, sejam equivalentes às forças gravitacionais. Considere um pêndulo de comprimento L suspenso no teto de um vagão de trem em movimento retilíneo com aceleração constante de módulo a , como mostra a figura. Em relação a um observador no trem, o período de pequenas oscilações do pêndulo ao redor da sua posição de equilíbrio θ_0 é:

A () $2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$.

B () $2\pi \sqrt{\frac{L}{g+a}}$.

C () $2\pi \sqrt{\frac{L}{\sqrt{g^2 - a^2}}}$.

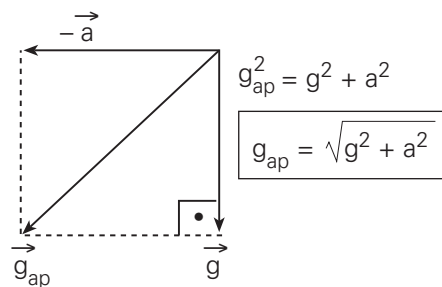
D () $2\pi \sqrt{\frac{L}{\sqrt{g^2 + a^2}}}$.

E () $2\pi \sqrt{\frac{L}{\sqrt{ag}}}$.

Resolução

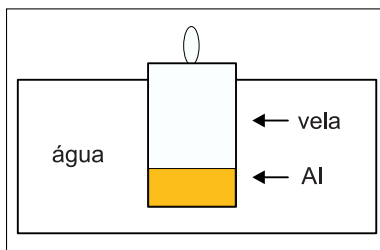
Para calcularmos o período do pêndulo devemos calcular a gravidade aparente (g_{ap}) no interior do veículo.

Quando o veículo acelera para a direita com aceleração \vec{a} surge, em seu interior, uma gravidade artificial $-\vec{a}$. A gravidade aparente é a soma vetorial da gravidade terrestre \vec{g} com a gravidade artificial $-\vec{a}$.



O período de pequenas oscilações de um pêndulo é dado por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g_{ap}}} \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{\sqrt{g^2 + a^2}}}$$

b

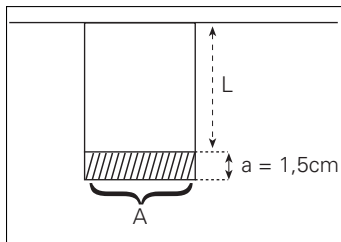
Na extremidade inferior de uma vela cilíndrica de 10 cm de comprimento (massa específica $0,7 \text{ g cm}^{-3}$) é fixado um cilindro maciço de alumínio (massa que

específica $2,7 \text{ g cm}^{-3}$), tem o mesmo raio que a vela e comprimento de 1,5 cm. A vela é acesa e imersa na água, onde flutua de pé com estabilidade, como mostra a figura. Supondo que a vela queime a uma taxa de 3 cm por hora e que a cera fundida não escorra enquanto a vela queima, conclui-se que a vela vai apagar-se:

- A () imediatamente, pois não vai flutuar.
 B () em 30 min.
 C () em 50 min.
 D () em 1 h 50 min.
 E () em 3 h 20 min.

Resolução

1) A vela apaga quando estiver totalmente imersa. Seja **L** o comprimento da vela nesta circunstância:



Na situação de equilíbrio:

$$E = P$$

$$\mu_a V_i g = \mu_{al} V_{al} g + \mu_v V_v g$$

$$\mu_a A(a + L) = \mu_{al} A a + \mu_v A L$$

$$1,0(1,5 + L) = 2,7 \cdot 1,5 + 0,7 L$$

$$0,3L = 2,55$$

$$L = 0,85 \text{ cm}$$

2) O comprimento **h** da vela varia com o tempo segundo a relação:

$$h = h_0 - r t$$

$$\text{onde } h_0 = 10 \text{ cm} \quad \text{e} \quad r = \frac{3 \text{ cm}}{h}$$

$$\text{Portanto: } 8,5 = 10 - 3T$$

$$3T = 1,5$$

$$T = 0,5h = 30 \text{ min}$$

c

O módulo da velocidade das águas de um rio é de 10 m/s pouco antes de uma queda de água. Ao pé da queda existe um remanso onde a velocidade das águas é praticamente nula. Observa-se que a temperatura da água no remanso é $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ maior do que a da água antes da queda. Conclui-se que a altura da queda de água é:

A () 2,0 m.

B () 25 m.

C () 37 m.

D () 42 m.

E () 50 m.

Resolução

Considerando que não houve perda de energia mecânica na queda da água, podemos afirmar que a energia mecânica (potencial + cinética) foi transformada em energia térmica, que produziu o aquecimento da água:

$$E_{\text{mecânica}} = E_{\text{térmica}}$$

$$\frac{m v^2}{2} + m g h = m c \Delta\theta$$

$$\frac{v^2}{2} + g h = c \Delta\theta$$

$$\frac{(10)^2}{2} + 10 h = 4,2 \cdot 10^3 \cdot 0,1$$

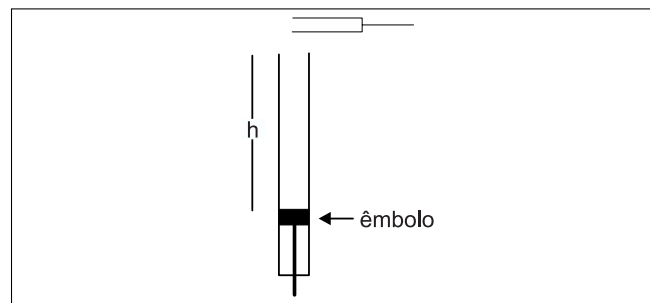
$$50 + 10 h = 420$$

$$10 h = 370$$

$$h = 37 \text{ m}$$

c

Um diapasão de 440 Hz soa acima de um tubo de ressonância contendo um êmbolo móvel com mostrado na figura. A uma temperatura ambiente de $0 \text{ }^\circ\text{C}$, a primeira ressonância ocorre quando o êmbolo está a uma distância **h** abaixo do topo do tubo. Dado que a velocidade do som no ar (em m/s) a uma temperatura **T** (em $^\circ\text{C}$) é $v = 331,5 + 0,607T$, conclui-se que a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ a posição do êmbolo para a primeira ressonância, relativa a sua posição a $0 \text{ }^\circ\text{C}$, é:



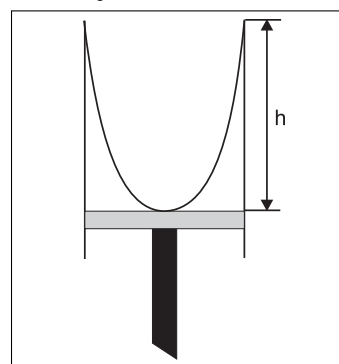
A () 2,8 cm acima.

B () 1,2 cm acima.

C () 0,7 cm abaixo.

D () 1,4 cm abaixo.

E () 4,8 cm abaixo.

Resolução

A primeira ressonância ocorre quando a altura **h** do tubo corresponder a um quarto do comprimento de onda do som emitido pelo diapasão.

$$h = \frac{\lambda}{4} \Rightarrow \lambda = 4h$$

Na temperatura de 0°C , temos:

$V = \lambda f$
 $331,5 = 4h \cdot 440$
 $h = 0,1884\text{m}$
 $h = 18,84\text{ cm}$
 Na temperatura de 20°C , temos:
 $V' = \lambda' f$
 $331,5 + 0,607 \times (20) = 4h' \cdot 440$
 $343,64 = 4h' \cdot 440$
 $h' = 0,1953\text{m}$
 $h' = 19,53\text{ cm}$
 Portanto:
 $\Delta h = h' - h = 19,53 - 18,84\text{ (cm)}$

$$\Delta h = 0,69\text{cm} \approx 0,7\text{ cm}$$

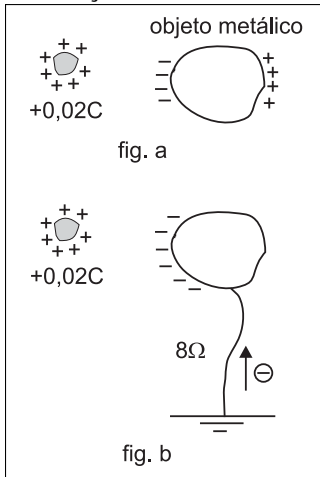
Assim, após o aquecimento do ar para 20°C , para se obter a primeira ressonância o êmbolo deve ser deslocado $0,7\text{ cm}$ para baixo da sua posição inicial.

C

Um objeto metálico é colocado próximo a uma carga de $+0,02\text{ C}$ e aterrado com um fio de resistência 8Ω . Suponha que a corrente que passa pelo fio seja constante por um tempo de $0,1\text{ ms}$ até o sistema entrar em equilíbrio e que a energia dissipada no processo seja de 2 J . Conclui-se que, no equilíbrio, a carga no objeto metálico é:

- A () $-0,02\text{ C}$. B () $-0,01\text{ C}$. C () $-0,005\text{ C}$.
 D () 0 C . E () $+0,02\text{ C}$.

Resolução



Ao colocarmos o objeto metálico (suposto inicialmente neutro) próximo da carga elétrica, ocorre indução eletrostática (fig.a). Ligando o objeto à Terra sobem elétrons, formando uma corrente elétrica de intensidade i (fig. b).

$E_{el} = P \cdot \Delta t$
 $E_{el} = Ri^2\Delta t$
 $2 = 8 \cdot i^2 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3}$

$$i = 50\text{A}$$

A carga elétrica que sobe da Terra para o objeto tem módulo:

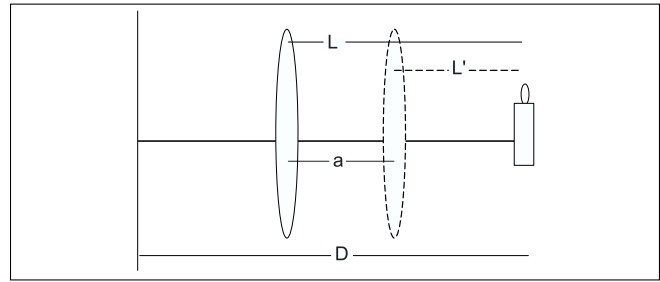
$Q = i \cdot \Delta t$
 $Q = 50 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3}\text{ (C)}$ $Q = 0,005\text{C}$

Esta carga elétrica é negativa, pois o indutor é positivo. Deste modo, o objeto fica com excesso de carga elétrica negativa igual a $-0,005\text{C}$.

d

Uma vela está a uma distância D de um anteparo sobre o qual se projeta uma imagem com lente convergente.

Observa-se que as duas distâncias L e L' entre a lente e a vela para as quais se obtém uma imagem nítida da vela no anteparo, distam uma da outra de uma distância a . O comprimento focal da lente é então:



- A () $\frac{D-a}{2}$. B () $\frac{D+a}{2}$. C () $2a$.
 D () $\frac{D^2-a^2}{4D}$. E () $\frac{D^2+a^2}{4D}$

Resolução

Aplicando-se a Equação de Gauss para uma das situações de imagem nítida, temos:

$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$
 $\frac{1}{f} = \frac{1}{L} + \frac{1}{(D-L)} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{D-L+L}{L(D-L)}$
 $\frac{1}{f} = \frac{D}{L(D-L)} \Rightarrow fD = L(D-L)$ (I)

Repetindo o mesmo procedimento para a outra situação de imagem nítida, temos:

$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{L'} + \frac{1}{(D-L')}$

$fD = L'(D-L')$ (II)

Igualando I e II, vem:

$L(D-L) = L'(D-L')$
 $LD - L^2 = L'D - (L')^2$
 $(L-L')D = L^2 - (L')^2$
 $(L-L')D = (L-L') \cdot (L+L')$
 $D = L+L'$

mas: $L = L' + a$
então:

$D = L' + a + L'$
 $2L' = D - a$
 $L' = \frac{D-a}{2}$ (III)

Substituindo (III) em (II), temos:

$fD = \left(\frac{D-a}{2}\right) \cdot \left(D - \frac{D-a}{2}\right)$
 $fD = \left(\frac{D-a}{2}\right) \cdot \left(\frac{D+a}{2}\right) = \frac{D^2-a^2}{4}$

$$f = \frac{D^2-a^2}{4D}$$

