



**01.(ITA - 1991)** Para efeito de análise dimensional, considere as associações de grandezas apresentadas nas alternativas e indique qual delas não tem dimensão de tempo. Sejam: R = resistência elétrica, C = capacitância, M = momento angular, E = energia, B = indução magnética, S = área e I = corrente elétrica.

- (A) R.C  
 (B)  $\frac{(B.S)}{(I.R)}$   
 (C)  $\frac{M}{E}$   
 (D)  $\sqrt{\frac{(B.S.C)}{I}}$   
 (E) todas as alternativas têm dimensão de tempo

### SOLUÇÃO

As grandezas apresentadas, se relacionam com as fundamentais da seguinte forma:

$$[R] = M \cdot L^2 \cdot A^{-2} \cdot T^{-3}$$

$$[C] = M^{-1} \cdot L^{-2} \cdot A^2 \cdot T^4$$

$$[M] = M \cdot L^2 \cdot T^{-1}$$

$$[E] = M \cdot L^2 \cdot T^{-2}$$

$$[B] = M \cdot T^{-2} \cdot A^{-1}$$

$$[S] = L^2$$

$$[I] = A$$

onde:

M : dimensão de massa

L : dimensão de comprimento

T : dimensão de tempo

A : dimensão de corrente

Assim:

$$A) [R \cdot C] = [R] \cdot [C] = T$$

$$B) \left[ \frac{B.S}{I.R} \right] = \frac{[B][S]}{[I][R]} = T$$

$$C) \left[ \frac{M}{E} \right] = \frac{[M]}{[E]} = T$$

$$D) \left[ \sqrt{\frac{B.S.C}{I}} \right] = \left( \frac{[B][S][C]}{[I]} \right)^{1/2} = (T)^{1/2} = T$$

E, portanto, todas as alternativas têm dimensão de tempo.

**02.(ITA - 1991)** Considere a Terra como sendo uma esfera de raio R e massa M, uniformemente distribuída. Um satélite artificial descreve uma órbita circular a uma altura h da superfície da Terra, onde a aceleração gravitacional (sobre a órbita) é g. Em termos de algarismos significativos, o quadrado da velocidade do satélite é melhor representado por: Dados: R = 6,378 · 10<sup>6</sup> m; M = 5,983 · 10<sup>24</sup> kg; h = 2,00 · 10<sup>5</sup> m e g = 9,2 m/s<sup>2</sup>

- (A) 16,81 · 10<sup>6</sup> (km/h)<sup>2</sup>  
 (B) 3,62 · 10<sup>32</sup> (km/h)<sup>2</sup>  
 (C) 6,05 · 10<sup>7</sup> (m/s)<sup>2</sup>  
 (D) 6,0517 · 10<sup>7</sup> (m/s)<sup>2</sup>

(E) Nenhum dos valores apresentados é adequado.

### SOLUÇÃO

Numa órbita circular, a aceleração centrípeta do satélite se identifica com o campo gravitacional na órbita.

$$a_c = g$$

$$\frac{v^2}{R+h} = g \therefore v^2 = g(R+h)$$

Assim:

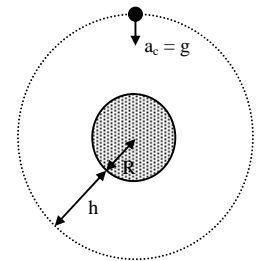
$$v^2 = 9,2(63,78 + 2,00) \cdot 10^5 \text{ (m/s)}^2$$

$$v^2 = 9,2(65,78) \cdot 10^5 \text{ (m/s)}^2$$

Utilizando-se um X para representar o primeiro algarismo duvidoso (Ref.: Física Geral e Experimental - EDUSP - José Goldemberg - 1968):

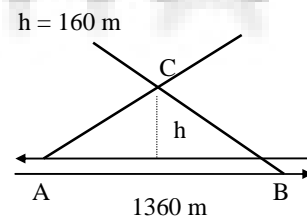
$$v^2 = 9,2X \cdot (65,78) \cdot 10^5$$

$$\text{Temos: } v^2 = 6,05 \times 10^7 \text{ (m/s)}^2$$



**03.(ITA - 1991)** A figura representa uma vista aérea de um trecho retilíneo de ferrovia. Duas locomotivas a vapor, A e B, deslocam-se em sentidos contrários com velocidades constantes de 50,4 km/h e 72,0 km/h, respectivamente. Uma vez que AC corresponde ao rastro da fumaça do trem A, BC ao rastro da fumaça de B e que AC = BC, determine a velocidade(em m/s) do vento. Despreze as distâncias entre os trilhos de A e B.

- (A) 5,00  
 (B) 4,00  
 (C) 17,5  
 (D) 18,0  
 (E) 14,4



### SOLUÇÃO

Vamos supor que imediatamente após o vapor escapar do trem ele adquira velocidade igual a do vento. Nestas condições podemos escrever que:

$$\vec{v}_{v/A} = \vec{v}_{\text{vento}} - \vec{v}_A \quad (1)$$

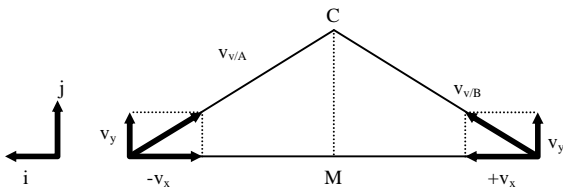
$$\vec{v}_{v/B} = \vec{v}_{\text{vento}} - \vec{v}_B \quad (2)$$

onde  $\vec{v}_{v/A}$  é a velocidade do vapor em relação a A,  $\vec{v}_{v/B}$  é a velocidade do vapor em relação a B,  $\vec{v}_A$  é a velocidade do trem A,  $\vec{v}_B$  é a velocidade do trem B.

Por outro lado, da figura que mostra a linha de ação do vapor concluímos:

$$\vec{v}_{v/A} = \vec{v}_y - \vec{v}_x \quad (3)$$

$$\vec{v}_{v/B} = \vec{v}_y + \vec{v}_x \quad (4)$$



Substituindo-se (3) em (1) e (4) em (2) vem:

$$\vec{v}_y - \vec{v}_x = \vec{v}_{\text{vento}} - \vec{v}_A \quad (5)$$

$$\vec{v}_y + \vec{v}_x = \vec{v}_{\text{vento}} - \vec{v}_B \quad (6)$$

As expressões (7) e (8) que se seguem foram obtidas respectivamente pela adição e subtração das expressões (5) e (6).

$$2\vec{v}_y = 2\vec{v}_{\text{vento}} - (\vec{v}_A - \vec{v}_B) \quad (7)$$

$$2\vec{v}_x = \vec{v}_A - \vec{v}_B \quad (8)$$

$$\text{Como } \vec{v}_A = 14\vec{i} \therefore \vec{v}_B = -20\vec{i}$$

Obtemos da expressão (8)  $\vec{v}_x = 17\vec{i}$  (m/s)

A semelhança dos triângulos AMC e AED permite obter  $v_y$ .

$$\frac{v_x}{680} = \frac{v_y}{160} \Rightarrow \frac{17}{680} = \frac{v_y}{160} \therefore v_y = 4 \text{ m/s}$$

$$\text{ou na forma vetorial: } \vec{v}_y = 4\vec{j} \quad (9)$$

Substituindo (9) em (7) vem:

$$2(4\vec{j}) = 2\vec{v}_{\text{vento}} - (14\vec{i} - 20\vec{i}) \therefore \vec{v}_{\text{vento}} = -3\vec{i} + 4\vec{j} \Rightarrow |\vec{v}_{\text{vento}}| = 5 \text{ m/s}$$

**04.(ITA - 1991)** Considere dois carros que estejam participando de uma corrida. O carro A consegue realizar cada volta em 80 s enquanto o carro B é 5,0% mais lento. O carro A é forçado a uma parada nos boxes ao completar a volta de número 06. Incluindo aceleração, desaceleração e reparos, o carro A perde 135 s. Qual deve ser o número mínimo de voltas completas da corrida para que o carro A possa vencer?

(A) 28

(B) 27

(C) 33

(D) 34

(E) Nenhuma das alternativas anteriores.

### SOLUÇÃO

Seja  $v_A$  e  $v_B$  as velocidades escalares médias em cada volta dos carros A e B, respectivamente, temos:

$$v_B = 0,95v_A \therefore \frac{\Delta s}{T_B} = 0,95 \frac{\Delta s}{T_A} \therefore T_B = \frac{80}{0,95} \approx 84,2 \text{ s}$$

onde:

$\Delta s$  = deslocamento de uma volta

$$T_A = 80 \text{ s}$$

$T_B$  = período do carro B

A diferença entre os períodos dos carros A e B é aproximadamente 4,2s.

Ao parar nos boxes, após o término da volta 6, o carro A tem uma vantagem sobre o B de:  $6 \times 4,2 = 25,2 \text{ s}$

Ao sair dos boxes, o carro A terá uma desvantagem em relação ao carro B de:  $135 - 25,2 = 109,8 \text{ s}$ .

O número de voltas necessárias para que A alcance B é:

$$\frac{109,8}{4,2} \approx 26,1 \text{ voltas}$$

Logo será necessárias, no mínimo, mais 27 voltas desde a parada para que A possa vencer. Incluindo as 6 voltas já efetuadas antes da parada nos boxes, a corrida deve ter no mínimo: 33 voltas completas para o carro A vencer.

**05.(ITA - 1991)** Uma luminária cujo peso é P está suspensa por duas cordas AC e BC que (conforme a figura ao lado) formam com a horizontal ângulos iguais a  $\theta$ . Determine a força de tensão T em cada corda.

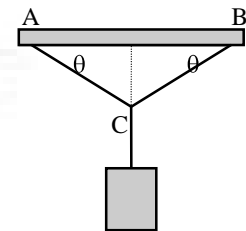
(A)  $T = \frac{P}{2\cos\theta}$

(B)  $T = \frac{P}{2\sin\theta}$

(C)  $T = \frac{P}{2\text{tg}\theta}$

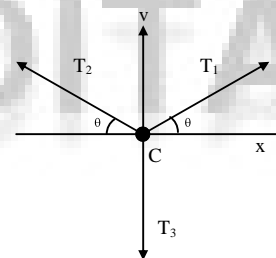
(D)  $T = \frac{P\cos\theta}{2}$

(E) Nenhuma das anteriores



### SOLUÇÃO

O sistema de forças aplicadas no ponto C é:



Como a luminária está em equilíbrio, temos:

$$T_3 = P$$

Fazendo-se as projeções das forças nos eixos x e y, temos:

$$\text{Eixo x: } T_1 \cos \theta - T_2 \cos \theta = 0 \Rightarrow T_1 = T_2 = T$$

$$\text{Eixo y: } 2 T \sin \theta - P = 0 \therefore T = \frac{P}{2 \cdot \sin \theta}$$

**06.(ITA - 1991)** Uma partícula move-se em uma órbita circular com aceleração tangencial constante. Considere que a velocidade angular era nula no instante  $t = 0$ . Em um dado instante  $t'$ , o ângulo entre o vetor aceleração  $\vec{a}$  e a direção ao longo do raio é  $\frac{\pi}{4}$ . Indique qual das alternativas exibe um

valor de aceleração angular ( $\alpha$ ) adequado à partícula no instante  $t'$ .

(A)  $\alpha = \frac{1}{t'}$

- (B)  $\alpha = 2t'$   
 (C)  $\alpha = \frac{1}{t'^2}$   
 (D)  $\alpha = \frac{1}{2t'^2}$   
 (E)  $\alpha = \frac{2}{t'}$

### SOLUÇÃO

$\theta = \frac{\pi}{4} = 45^\circ$  No instante  $t'$ :

$$\theta = 45^\circ \Rightarrow |\vec{a}_c| = |\vec{a}_T|$$

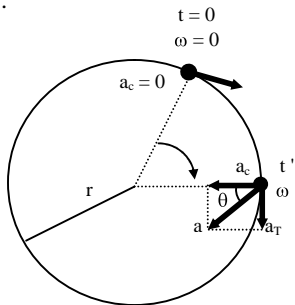
$$\frac{v'^2}{r} = \frac{v'}{t'} \therefore \frac{v'}{r} = \frac{1}{t'}$$

$$\frac{\omega' r}{r} = \frac{1}{t'}$$

Portanto,  $\omega' = \frac{1}{t'}$  (1)

$$\text{Mas, } \alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega'}{t} \quad (2)$$

Substituindo (1) em (2), temos:  $\alpha = \frac{1}{t'^2}$



**07.(ITA - 1991)** Segundo um observador acoplado a um referencial inercial, duas partículas de massa  $m_A$  e  $m_B$  possuem velocidades  $\vec{v}_A$  e  $\vec{v}_B$ , respectivamente. Qual a quantidade de movimento  $\vec{p}_A$  que um observador preso ao centro de massa do sistema mede para a partícula A ?

- (A)  $\vec{p}_A = m_A \vec{v}_A$   
 (B)  $\vec{p}_A = m_A (\vec{v}_A - \vec{v}_B)$   
 (C)  $\vec{p}_A = \left( \frac{m_A m_B}{m_A + m_B} \right) \vec{v}_A$   
 (D)  $\vec{p}_A = \left( \frac{m_A m_B}{m_A + m_B} \right) (\vec{v}_A - \vec{v}_B)$   
 (E) Nenhuma das anteriores.

### SOLUÇÃO

A quantidade de movimento do centro de massa em relação ao referencial inercial é:

$$\vec{p}_{CM} = m_A \vec{v}_A + m_B \vec{v}_B \Rightarrow (m_A + m_B) \cdot \vec{v}_{CM} = m_A \vec{v}_A + m_B \vec{v}_B \therefore$$

$$\therefore \vec{v}_{CM} = \frac{m_A \vec{v}_A + m_B \vec{v}_B}{(m_A + m_B)} \quad (1)$$

Para um observador A no centro de massa, tem-se:

$$\vec{p}_A = m_A (\vec{v}_A - \vec{v}_{CM}) \quad (2)$$

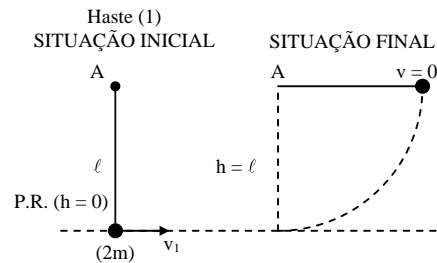
Substituindo (1) em (2), vem:

$$\vec{p}_A = \frac{m_A m_B}{(m_A + m_B)} (\vec{v}_A - \vec{v}_B)$$

**08.(ITA - 1991)** Uma haste rígida de peso desprezível e comprimento  $\ell$ , carrega uma massa  $2m$  em sua extremidade. Outra haste, idêntica suporta uma massa  $m$  em seu ponto médio e outra massa  $m$  em sua extremidade. As hastes podem girar ao redor do ponto fixo A, conforme a figura. Qual a velocidade horizontal mínima que deve ser comunicada às suas extremidades para que cada haste deflita até atingir a horizontal ?

- (A)  $v_1 = \sqrt{g\ell}$  e  $v_2 = \sqrt{0,8g\ell}$   
 (B)  $v_1 = \sqrt{2g\ell}$  e  $v_2 = \sqrt{0,8g\ell}$   
 (C)  $v_1 = \sqrt{g\ell}$  e  $v_2 = \sqrt{2,4g\ell}$   
 (D)  $v_1 = \sqrt{2g\ell}$  e  $v_2 = \sqrt{2,4g\ell}$   
 (E) Nenhuma das anteriores.

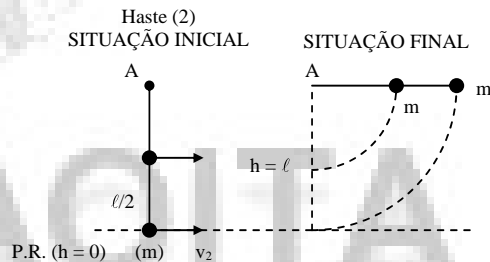
### SOLUÇÃO



Supondo que o sistema seja conservativo:

$$\epsilon_{MEC}^{FINAL} = \epsilon_{MEC}^{INICIAL} \therefore \epsilon_p^F + \epsilon_c^F = \epsilon_p^I + \epsilon_c^I \therefore 2m \cdot g \cdot \ell = \frac{1}{2} \cdot 2m \cdot v_1^2 \therefore$$

$$\therefore v_1 = \sqrt{2g\ell}$$



i) relação entre  $v_2$  e  $v'_2$ :

Sendo a haste rígida, as velocidades angulares ( $\omega$ ) das partículas são iguais.

$$\omega_2 = \omega'_2 \Rightarrow \frac{v_2}{R_2} = \frac{v'_2}{R'_2} \text{ sendo } R_2 = 2R'_2 \therefore v_2 = 2v'_2$$

ii) supondo o sistema conservativo.

$$\epsilon_{MEC}^{FINAL} = \epsilon_{MEC}^{INICIAL} \therefore \epsilon_p^F + \epsilon_c^F = \epsilon_p^I + \epsilon_c^I \therefore$$

$$mg\ell + mg\ell = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{m}{2} \left( \frac{v_2}{2} \right)^2 + m \cdot g \cdot \frac{\ell}{2} \therefore v_2 = \sqrt{2,4g\ell}$$

**09.(ITA - 1991)** Considere um planeta cuja massa é o triplo da massa da Terra e seu raio, o dobro do raio da Terra. Determine a relação entre a velocidade de escape deste planeta e a da terra ( $v_p/v_T$ ) e a relação entre a aceleração gravitacional na superfície do planeta e a da Terra ( $g_p/g_T$ ).

- (A)  $\frac{v_p}{v_T} = \sqrt{\frac{3}{4}}$  e  $\frac{g_p}{g_T} = \frac{3}{4}$   
 (B)  $\frac{v_p}{v_T} = \sqrt{\frac{3}{2}}$  e  $\frac{g_p}{g_T} = \frac{3}{4}$   
 (C)  $\frac{v_p}{v_T} = \sqrt{\frac{3}{2}}$  e  $\frac{g_p}{g_T} = \frac{3}{2}$

(D)  $\frac{v_p}{v_T} = \left(\frac{3}{2}\right)$  e  $\frac{g_p}{g_T} = \frac{3}{4}$

(E) Nenhuma das anteriores.

**SOLUÇÃO**

O campo gravitacional na superfície de um planeta é dado

pela expressão  $g = \frac{GM}{R^2}$  (1)

onde G é a constante universal de gravitação, M é a massa do planeta (p) obtemos:

$g_T = \frac{GM}{R^2} \therefore g_T = \frac{G(3M)}{(2R)^2} = \frac{3}{4}g_T \Rightarrow g_T = \frac{3}{4}g_T$  (2)

Sendo v a velocidade de escape da superfície de um planeta,

podemos calculá-lo por:  $v = \sqrt{2\frac{GM}{R}}$

Assim, para a Terra e para o planeta considerando obtemos:

$v_p = \sqrt{2\frac{GM}{R}} \therefore v_p = \sqrt{\frac{2G(3M)}{2R}} = \sqrt{\frac{3}{2}}v_T \Rightarrow v_p = \sqrt{\frac{3}{2}}v_T$

**10.(ITA - 1991)** Um satélite artificial geo-estacionário permanece acima de um mesmo ponto da superfície da Terra em uma órbita de raio R. Usando um valor de  $R_T = 6400$  km para o raio da Terra. A razão  $R/R_T$  é aproximadamente igual a: Dado  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .

- (A) 290
- (B) 66
- (C) 6,6
- (D) 11,2
- (E) Indeterminada pois a massa do satélite não é conhecida.

**SOLUÇÃO**

Numa órbita circular, a aceleração centrípeta do satélite coincide com o campo gravitacional na órbita ( $g'$ ).

$a_c = g'$

$\omega^2 R = g \left(\frac{R_T}{R}\right)^2 \therefore \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R = g \frac{R_T^2}{R^2} \therefore R^3 = \frac{gR_T^2 T^2}{4\pi^2}$

onde:

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$

$R_T = 6,4 \times 10^6 \text{ m}$

$T = 24\text{h} = 8,64 \times 10^4 \text{ s}$

Logo,  $R \approx 6,6 \times 6,4 \times 10^6 \text{ m}$

Assim:  $\frac{R}{R_T} \approx 6,6$

**11.(ITA - 1991)** A equação  $x = 1,0 \text{ sen}(2,0 t)$  expressa a posição de uma partícula em unidades do sistema internacional. Qual seria a forma do gráfico v (velocidade) X x (posição) desta partícula ?

- (A) Uma reta paralela ao eixo de posição.
- (B) Uma reta inclinada passando pela origem.
- (C) Uma parábola.
- (D) Uma circunferência.
- (E) Uma elipse.

**SOLUÇÃO**

A equação que representa a posição da partícula é:

$x = 1,0 \text{ sen}(2,0t)$  [SI]  $\therefore \frac{x}{1,0} = \text{sen}(2,0t)$  (1)

Como  $v = \frac{dx}{dt} \Rightarrow v = 2,0 \text{ cos}(2,0t)$ [SI]  $\therefore \frac{v}{2,0} = \text{cos}(2,0t)$  (2)

Quadrado as equações (1) e (2) teremos:

$\frac{x^2}{1,0} = \text{sen}^2(2,0t)$  (3)

$\frac{v^2}{4,0} = \text{cos}^2(2,0t)$  (4)

Somando-se as equações (3) e (4)  $\frac{x^2}{1,0} + \frac{v^2}{4,0} = 1$

Cuja representação gráfica é uma elipse.

**12.(ITA - 1991)** Um pêndulo simples de comprimento  $\ell$  e massa m é posto a oscilar. Cada vez que o pêndulo passa pela posição de equilíbrio atua sobre ele, durante um pequeno intervalo de tempo t, uma força F. Esta força é constantemente ajustada para, a cada passagem, ter mesma direção e sentido que a velocidade de m. Quantas oscilações completas são necessárias para que o pêndulo forme um ângulo reto com a direção vertical de equilíbrio ?

- (A)  $n = \frac{m\sqrt{g\ell}}{2Ft}$  ;
- (B)  $n = \frac{mg\ell\sqrt{2}}{2Ft}$  ;
- (C)  $n = \frac{m\sqrt{2g\ell}}{2Ft}$  ;
- (D)  $n = \frac{mg\ell}{2Ft} + 1$  ;
- (E) Nenhuma das anteriores.

**SOLUÇÃO**

Admitindo que o pêndulo está inicialmente em repouso ou oscilando com amplitude muito pequena.

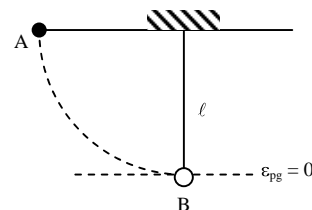
A cada passagem pela posição de equilíbrio, como a força atua sempre no sentido do movimento, a velocidade é sempre acrescida de um mesmo valor . De acordo com o Teorema do Impulso:  $m\Delta v = I = F \cdot t$  onde t representa um pequeno intervalo de tempo.

$\therefore \Delta v = \frac{F \cdot t}{m}$  para cada passagem.

Após k passagens pela posição de equilíbrio, a velocidade será:  $v_f = k \cdot \frac{F \cdot t}{m}$  onde  $k = 2n$  pois a cada período, o corpo passa duas vezes pela posição de equilíbrio e recebe dois impulsos.

Assim:  $v_f = 2n \cdot \frac{F \cdot t}{m}$  (1)

Considerando pêndulo formando ângulo reto com a direção vertical de equilíbrio:



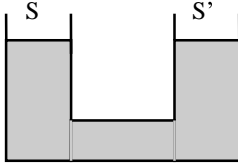
De acordo com o Princípio da Conservação de Energia:

$$\varepsilon_{\text{mec}}^A = \varepsilon_{\text{mec}}^B \therefore m \cdot g \cdot \ell = \frac{1}{2} m v_f^2 \therefore v_f = \sqrt{2g\ell} \quad (2)$$

De (1) e (2) temos:

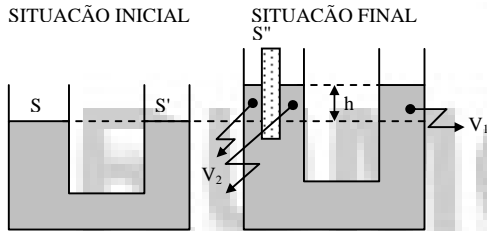
$$2n \frac{F \cdot t}{m} = \sqrt{2g\ell} \Rightarrow n = \frac{m \cdot \sqrt{2g\ell}}{2 \cdot F \cdot t}$$

**13.(ITA - 1991)** O sistema de vasos comunicantes da figura cujas secções retas são S e S', está preenchido com mercúrio de massa específica  $\rho_m$ . Coloca-se no ramo esquerdo um cilindro de ferro de massa específica  $\rho_F < \rho_m$ , volume V e secção S''. O cilindro é introduzido de modo que seu eixo permaneça vertical. Desprezando o empuxo do ar, podemos afirmar que no equilíbrio:



- (A) há desnível igual a  $\rho_F V / (\rho_m S')$  entre os dois ramos;  
 (B) o nível sobe  $\rho_F V / (\rho_m (S + S' - S''))$  em ambos os ramos;  
 (C) há desnível igual a  $\rho_F V / (\rho_m S'')$  entre os dois ramos;  
 (D) o nível sobe  $(\rho_m - \rho_F) V / (\rho_m (S + S' - S''))$  em ambos os ramos;  
 (E) o nível sobe  $(V/S'')$  em ambos os ramos.

### SOLUÇÃO



As forças atuantes no cilindro são:

P: peso do cilindro, vertical e para baixo;

E: empuxo aplicado pelo mercúrio, vertical e para cima.

Estando o cilindro em equilíbrio:

$P = E$ ; onde o empuxo tem intensidade igual ao peso do líquido deslocado.

Assim:  $m_{\text{corpo}} \cdot g = m_{\text{líquido}} \cdot g$ , mas  $m = \rho \cdot V$ .

$$\text{Portanto: } \rho_F \cdot V_F = \rho_M \cdot V_M \quad (I)$$

Onde:

$\rho_F$ : massa específica do ferro

$V_F = V$ : volume do cilindro

$\rho_M$ : massa específica do mercúrio

$V_M$ : volume do líquido deslocado

O volume de líquido deslocado é obtido da seguinte forma:

$$V_M = V_1 + V_2 = S' \cdot h + (S - S'') \cdot h = (S + S' - S'') \cdot h \quad (II)$$

Substituindo (II) em (I):

$$\rho_F \cdot V = \rho_M \cdot (S + S' - S'') \cdot h \Rightarrow h = \frac{\rho_F \cdot V}{\rho_M \cdot (S + S' - S'')}$$

**14.(ITA - 1991)** Um recipiente continha inicialmente 10,0 kg de gás sob a pressão de  $10 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$ . Uma quantidade m de gás saiu do recipiente sem que a temperatura variasse. Determine m, sabendo que a pressão caiu para  $2,5 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$ .

- (A) 2,5 kg  
 (B) 5,0 kg  
 (C) 7,5 kg  
 (D) 4,0 kg  
 (E) Nenhuma das anteriores

### SOLUÇÃO

Situação inicial

T

$$V \quad m_1 = 10,0 \text{ kg}$$

$$p_1 = 10 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

Situação final

T

$$V \quad m_2 = 10,0 \text{ kg}$$

$$p_2 = 10 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

Admitindo o gás ideal, aplica-se a equação geral de estado aos estados inicial e final:

$$p_1 V = \frac{m_1}{M} RT \quad (1)$$

$$p_2 V = \frac{m_2}{M} RT \quad (2)$$

Dividindo-se a relação (1) pela reação (2), vem:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{m_1}{m_2} \therefore \frac{10 \times 10^6}{2,5 \times 10^6} = \frac{10,0}{m_2} \therefore m_2 = 2,5 \text{ kg}$$

A massa m de gás que saiu do recipiente é:

$$m = m_1 - m_2 \therefore m = 7,5 \text{ kg}$$

**15.(ITA - 1991)** Uma corda de comprimento  $\ell = 50,0 \text{ cm}$  e massa  $m = 1,00 \text{ g}$  está presa em ambas as extremidades sob tensão  $F = 80,0 \text{ N}$ . Nestas condições, a frequência fundamental de vibração desta corda é:

- (A) 400 Hz;  
 (B) 320 Hz;  
 (C) 200 Hz;  
 (D) 100 Hz;  
 (E) nenhuma das anteriores.

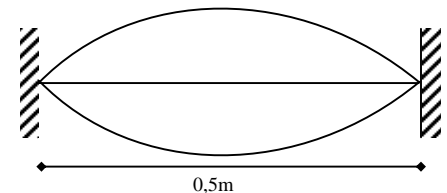
### SOLUÇÃO

$$\ell = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$$

$$m = 1,0 \text{ g} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$F = 80 \text{ N}$$

Quando uma corda vibra no seu modo fundamental, apresenta um único fuso como mostra o desenho abaixo.



$$\lambda_1 = 2\ell$$

$$\lambda_1 = 2 \cdot 0,5 = 1 \text{ m}$$

Como

$v = \lambda \cdot f$  para qualquer harmônico, podemos escrever

$f_1 = \frac{v}{\lambda_1}$ , onde v é a velocidade dos pulsos na corda, dada pela

lei de Taylor.

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}, \text{ onde } \mu = \frac{m}{\ell} = \frac{10^{-3}}{0,5} \text{ kg/m}$$

Assim

$$v = \sqrt{\frac{80,0,5}{10^{-3}}} = \sqrt{40000} = 200 \text{ m/s}$$

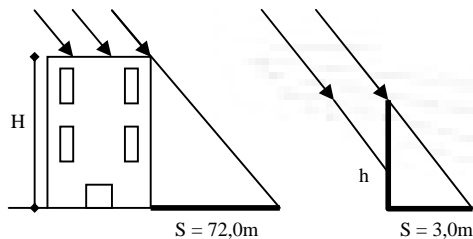
$$f_1 = \frac{200}{1} = 200 \text{ Hz}$$

**16.(ITA - 1991)** Um edifício iluminado pelos raios solares, projeta uma sombra de comprimento  $L = 72,0$  m. Simultaneamente, uma vara vertical de  $2,50$  m de altura, colocada ao lado do edifício projeta uma sombra de comprimento  $\ell = 3,00$  m. Qual é a altura do edifício ?

- (A) 90,0 m;  
 (B) 86,0 m;  
 (C) 60,0 m;  
 (D) 45,0 m;  
 (E) nenhuma das anteriores.

### SOLUÇÃO

Como os raios solares constituem um pincel cilíndrico, e as sombras são proporcionais as alturas temos:



$$\frac{H}{h} = \frac{S}{s} \Rightarrow \frac{H}{2,5} = \frac{72,0}{3,0} \therefore H = 2,5 \cdot \frac{72,0}{3,0} = 60,0 \text{ m}$$

**17.(ITA - 1991)** Seja E um espelho côncavo cujo raio de curvatura é  $60,0$  cm. Qual tipo de imagem obteremos se colocarmos um objeto real de  $7,50$  cm de altura, verticalmente, a  $20,0$  cm do vértice de E ?

- (A) virtual e reduzida a  $1/3$  do tamanho do objeto;  
 (B) real e colocada a  $60,0$  cm da frente do espelho;  
 (C) virtual e três vezes mais alta que o objeto;  
 (D) real, invertida e de tamanho igual ao do objeto;  
 (E) nenhuma das anteriores.

### SOLUÇÃO

Dados:

Espelho côncavo ( $R = 60,0$ cm):  $f = 30,0$ cm

Objeto real a  $20$ cm do vértice:  $p = 20$ cm

Pela equação dos pontos conjugados:

Pela equação do aumento linear transversal:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{30} = \frac{1}{20} + \frac{1}{p'} \therefore p' = -60 \text{ cm} \quad \text{imagem virtual}$$

( $p' < 0$ )

Da equação do aumento linear transversal:

$$A = \frac{-p'}{p} = \frac{-(-60)}{20} \therefore A = 3$$

logo, tem-se uma imagem 3 vezes maior que o objeto e direita em relação a ele ( $A > 0$ )

**18.(ITA - 1991)** A luz do laser de hélio-neônio tem um comprimento de onda, no vácuo, de  $633$  nm. O comprimento de onda desta radiação quando imersa em um meio de índice de refração absoluto igual a  $1,6$  é:

- (A)  $633$  nm;  
 (B)  $396$  nm;  
 (C)  $1012$  nm;  
 (D)  $422$  nm;  
 (E) nenhuma das anteriores.

### SOLUÇÃO

- para o vácuo:

- comprimento de onda =  $633$ nm
- velocidade da luz =  $c$

Da equação fundamental da ondulatória tem-se que:

$$f = \frac{c}{\lambda} \rightarrow f = \frac{c}{633 \times 10^{-9}}$$

- para o meio dado:

$$n = \frac{c}{v} \rightarrow v = \frac{c}{1,6}$$

Como a frequência de uma onda não depende do meio, tem-se da equação fundamental:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{\frac{c}{1,6}}{\frac{c}{633 \times 10^{-9}}} = \frac{633 \times 10^{-9}}{1,6} \therefore \lambda = 396 \text{ nm}$$

**19.(ITA - 1991)** Em uma região do espaço onde existe um campo elétrico uniforme  $\vec{E}$ , dois pêndulos simples de massas  $m = 0,20$  kg e comprimento  $\ell$  são postos a oscilar. A massa do primeiro pêndulo está carregada com  $q_1 = +0,20$  C e a massa do segundo pêndulo com  $q_2 = -0,20$  C. São dados que a aceleração da gravidade local é  $g = 10,0$  m/s<sup>2</sup>, que o campo elétrico tem mesmas direção e sentido que  $\vec{g}$  e sua intensidade é  $|\vec{E}| = 6,0$  V/m. A razão  $p_1/p_2$ , entre os períodos  $p_1$  e  $p_2$  dos pêndulos 1 e 2, é:

- (A)  $1/4$   
 (B)  $1/2$   
 (C)  $1$   
 (D)  $2$   
 (E)  $4$

### SOLUÇÃO

Pêndulo I: A massa oscilante está eletrizada positivamente, portanto a força de origem elétrica tem o mesmo sentido do campo elétrico. Consequentemente, a aceleração ( $\vec{a}_F$ ) devida à força de origem elétrica tem o mesmo sentido da aceleração da gravidade ( $\vec{g}$ ).

$$|\vec{a}_E| = \frac{|\vec{F}_{\text{elétr.}}|}{m} = \frac{|q_1| |\vec{E}|}{m} = \frac{0,2 \times 6}{0,2} = 6 \text{ m/s}^2$$

$$|\vec{a}_E| = 6 \text{ m/s}^2 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} |\vec{g}_{\text{ap}}| = 6 + 10 \therefore |\vec{g}_{\text{ap}}| = 16 \text{ m/s}^2$$

$$|\vec{g}| = 10 \text{ m/s}^2$$

Pêndulo 2: A massa oscilante está eletrizada negativamente, portanto a força de origem elétrica tem o sentido contrário ao do campo elétrico. Consequentemente, a aceleração devida à

força de origem elétrica ( $\vec{a}_E$ ) tem orientação contrária à da aceleração da gravidade ( $\vec{g}$ ).

$$|\vec{a}_E| = \frac{|\vec{F}_{\text{elétr.}}|}{m} = \frac{|q| \cdot |\vec{E}|}{m} = \frac{0,2 \times 6}{0,2} = 6 \text{ m/s}^2$$

$$\left. \begin{aligned} |\vec{a}_E| &= 6 \text{ m/s}^2 \\ |\vec{g}| &= 10 \text{ m/s}^2 \end{aligned} \right\} |\vec{g}_{\text{ap}}| = 10 - 6 \therefore |\vec{g}_{\text{ap}}| = 4 \text{ m/s}^2$$

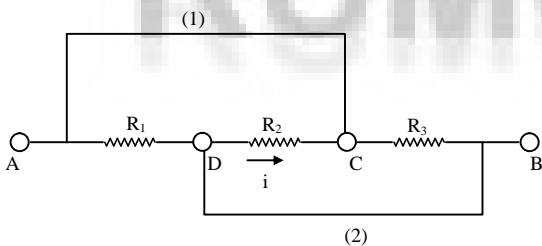
Considerando a expressão do período dos pêndulos simples 1 e 2:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g_{\text{ap1}}}}}{2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g_{\text{ap2}}}}} = \sqrt{\frac{g_{\text{ap1}}}{g_{\text{ap2}}}} = \sqrt{\frac{4}{16}} \therefore \frac{p_1}{p_2} = \frac{1}{2}$$

**20.(ITA - 1991)** Determine a intensidade da corrente que atravessa o resistor  $R_2$  da figura, quando a tensão entre os pontos A e B for igual a V e as resistências  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$  forem iguais a R.

- (A)  $\frac{V}{R}$
- (B)  $\frac{V}{(3R)}$
- (C)  $\frac{3V}{R}$
- (D)  $\frac{2V}{(3R)}$
- (E) Nenhuma das anteriores.

**SOLUÇÃO**



Se os elementos de ligação 1 e 2 forem ideais, a tensão entre os pontos C e D será V. Como  $U_{CD} = R_2 \cdot I$  e  $U_{CD} = V$  e  $R_2 = R$  segue:  $I = \frac{V}{R}$

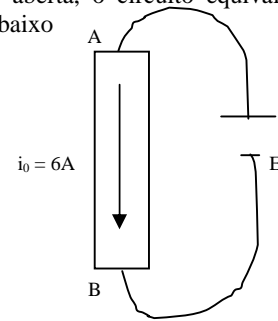
**21.(ITA - 1991)** Na figura, AB representa um resistor filiforme, de resistência r e comprimento L. As distâncias AP e QB são  $\frac{2L}{5}$  e  $\frac{L}{5}$ , respectivamente. A resistência R vale 0,40 r. Quando a chave C está aberta, a corrente constante  $i_0 = 6,00$  A passa por r. Quando a chave C for fechada, a corrente que entrará em A será:

- (A) 7,5 A
- (B) 12,0 A
- (C) 4,5 A
- (D) 9,0 A

(E) indeterminada pois o valor de r não foi fornecido.

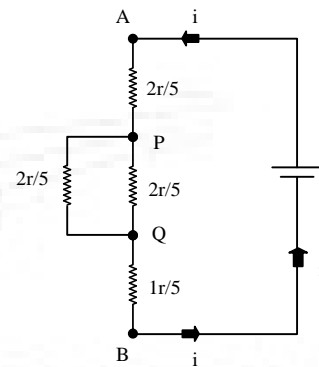
**SOLUÇÃO**

- Com a chave C aberta, o circuito equivalente é como mostra a figura abaixo



Logo, a f.e.m. E é dada por:  $E = 6\lambda(I)$

- Com a chave C fechada, o circuito equivalente passa a ser como mostra a figura abaixo, pois a resistência de cada trecho do fio é proporcional ao comprimento.



Da lei de Pouillet:

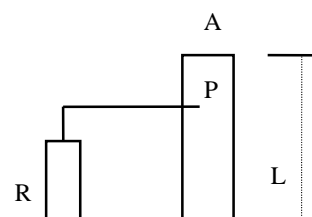
$$i = \frac{E}{R_{\text{eq}}}. \text{ Como } R_{\text{eq}} = \frac{4}{5}r$$

e considerando E dado pela equação (I):

$$i = \frac{6r}{\frac{4r}{5}} \Rightarrow i = 7,5A$$

**22.(ITA - 1991)** Um atirador, situado sobre a linha do equador, dispara um projétil dirigido de oeste para leste. Considere que, devido ao atrito no cano da arma, o projétil adquiriu carga q. A interação do campo magnético da Terra com a carga do projétil tende a desviá-lo para:

- (A) o norte geográfico independente do sinal de q;
- (B) o sul geográfico independente do sinal de q;
- (C) o norte geográfico se q for positivo;
- (D) o norte geográfico se q for negativo;
- (E) nenhuma das anteriores.

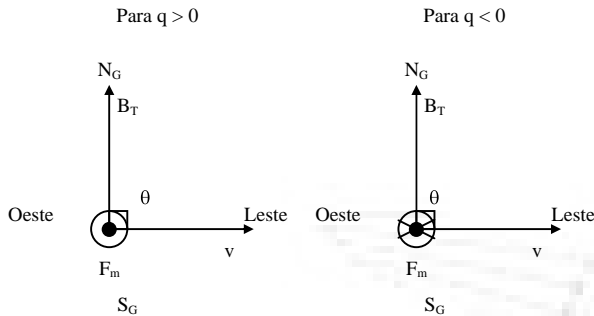


### SOLUÇÃO

O ângulo entre a direção do campo magnético terrestre e a direção do eixo de rotação terrestre é denominado "declinação magnética" do lugar ( $\delta$ ). Esta declinação pode ser nula: para Leste ou para Oeste.

1º caso: declinação nula.

Neste caso, o ângulo  $\theta$  formado entre o vetor campo de indução magnética terrestre e o vetor velocidade é de  $90^\circ$ . A bala tenderia a entrar em movimento circular uniforme no plano do equador terrestre, portanto não haveria desvio nem para o Norte e nem para o Sul. O sinal da carga define o sentido de rotação.

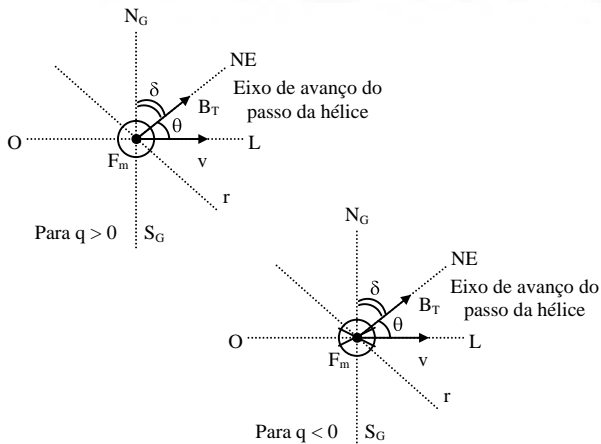


A trajetória circular pertence ao plano perpendicular a  $B_T$  e à folha.

2º caso: declinação positiva (Leste)

Neste caso, o ângulo  $\theta$  formado entre o vetor campo de indução magnética terrestre e o vetor velocidade é menor do que  $90^\circ$ . A bala tenderia a entrar em um movimento helicoidal cujo eixo de avanço do passo tem a direção e o sentido do campo magnético terrestre.

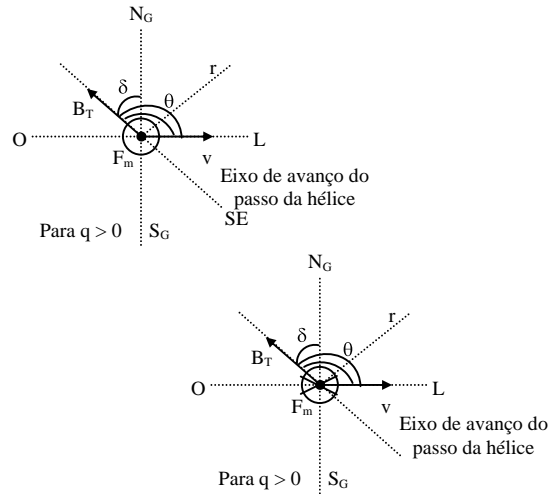
A bala avança para Nordeste geográfico.



3º caso: declinação negativa (Oeste)

Neste caso, o ângulo  $\theta$  formado entre o vetor campo de indução magnética e o vetor velocidade é maior que  $90^\circ$ . A bala tenderia a entrar em movimento helicoidal cujo eixo de avanço de passo tem a direção do campo magnético terrestre e sentido oposto a ele.

A bala avança para o Sudeste geográfico.



23.(ITA - 1991) Considere as seguintes afirmações:

I) Uma partícula carregada, libertada sobre uma linha de campo elétrico continuará todo seu movimento sobre esta mesma linha.

II) O movimento circular e uniforme é assim chamado pois sua aceleração é nula

III) A força magnética, aplicada a uma partícula carregada por um campo magnético estático é incapaz de realizar trabalho.

- (A) Apenas I é correta.  
 (B) Apenas II é correta.  
 (C) Apenas III é correta.  
 (D) Todas as afirmações estão corretas.  
 (E) Todas afirmações estão erradas.

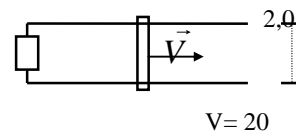
### SOLUÇÃO

I) Falsa. Libertada sobre uma linha de campo elétrico, uma partícula carregada sofrerá força tangente à linha, permanecendo sobre ela apenas no caso dela ser retilínea.

II) Falsa. Num movimento circular uniforme a aceleração vetorial tem módulo constante e diferente de zero.

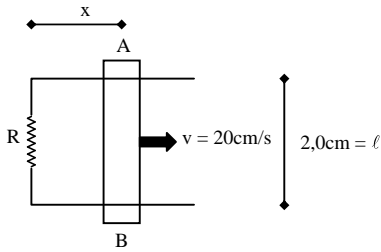
III) Verdadeira. A força magnética aplicada a uma partícula carregada tem direção perpendicular ao vetor velocidade e, portanto, não realiza trabalho.

24.(ITA - 1991) Uma espira em forma de U está ligada a um condutor móvel AB. Este conjunto é submetido a um campo de indução magnética  $B = 4,0$  T, perpendicular ao papel e dirigido para dentro dele. Conforme mostra a figura abaixo, a largura U é de 2,0 cm. Determine a tensão induzida e o sentido da corrente, sabendo-se que a velocidade de AB é de 20 cm/s.



- (A) 1,6 V e a corrente tem sentido horário.  
 (B) 1,6 V e a corrente tem sentido anti-horário.  
 (C) 0,16 V e a corrente tem sentido horário.  
 (D) 0,16 V e a corrente tem sentido anti-horário.  
 (E) Nenhuma das anteriores.

### SOLUÇÃO



O fluxo de indução através do conjunto é dado por:  $\Phi = B \ell x$

Usando a lei de Faraday Neumann, a f.e.m. induzida ( $\varepsilon$ ) é igual a:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -B\ell \frac{dx}{dt} = -B\ell v \therefore \varepsilon = -(4 \times 10^{-2} \times 20 \times 10^{-2})$$

$$\Rightarrow \varepsilon = -0,016V$$

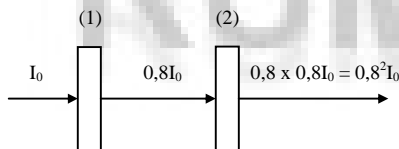
O sinal (-) obtido indica que a corrente induzida cria campo no sentido oposto ao campo original tendo, portanto, sentido anti-horário.

**25.(ITA - 1991)** Um medidor de intensidade luminosa indica que uma placa de vidro interposta a um feixe de luz incidente permite a passagem de 80% da intensidade original  $I_0$ . Obtenha uma expressão para a intensidade  $I_n$  (quando n placas iguais forem interpostas) como função de  $I_0$  e n. Determine, também, o número mínimo de placas que devem ser interpostas para que a intensidade seja menor que 20% de  $I_0$ . Dado:  $\log 5 = 0,699$

- (A)  $I_n = (0,8)^n \cdot I_0$  e 7 placas.  
 (B)  $I_n = (0,2)^n \cdot I_0$  e 2 placas.  
 (C)  $I_n = (0,8)^n \cdot I_0$  e 8 placas.  
 (D)  $I_n = \frac{0,8}{n} \cdot I_0$  e 5 placas.  
 (E) nenhuma das anteriores.

### SOLUÇÃO

De acordo com o enunciado tem-se:



Para um conjunto de n placas idênticas teremos:

$$I_n = (0,8)^n I_0$$

Para  $I_n = 0,2I_0$  então:

$$0,2I_0 = 0,8^n I_0 \Rightarrow 0,8^n = 0,2 \Rightarrow \left(\frac{100}{125}\right)^n = \frac{1}{5} \text{ tomando-se}$$

logarítmos.

$$\log\left(\frac{100}{125}\right)^n = \log \frac{1}{5} \Rightarrow n \log \frac{10^2}{5^3} = \log 5^{-1}$$

Assim:

$$n (2 \log 10 - 3 \log 5) = -\log 5 \text{ conforme fornecido no enunciado}$$

$\log 5 = 0,699$ , então.

$$n = \frac{-0,699}{2 - 3 \times 0,699} = 7,2$$

Como a intensidade deve ser menor que 20% de  $I_0$ , n será o 1º natural superior a 7,2. Logo  $n = 8$ .