CADERNO 4 – SEMIEXTENSIVO DE

FRENTE 1 – MECÂNICA

■ Módulo 12 – Impulso, Quantidade de Movimento e Teorema do Impulso

1) $|\vec{I}| = |\vec{F}_m|\,\Delta t = 1{,}0 \cdot 10^4 \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-2}$ (SI)

$|\vec{I}| = 2{,}0 \cdot 10^2 N.s$

Resposta: C

2) I) A quantidade de movimento tem módulo constante (MU), porém *varia* em direção.
II) A energia potencial gravitacional (m g H) varia porque *H* é variável.
III) A energia cinética permanece constante porque o movimento da pedra é uniforme.
IV) O peso $\vec{P} = m\vec{g}$ é constante porque *m* e $\vec{g}$ são constantes.

Resposta: B

3) 1) $E_e = E_{cin} = \frac{kx^2}{2}$

2) $\frac{mV^2}{2} = \frac{kx^2}{2}$

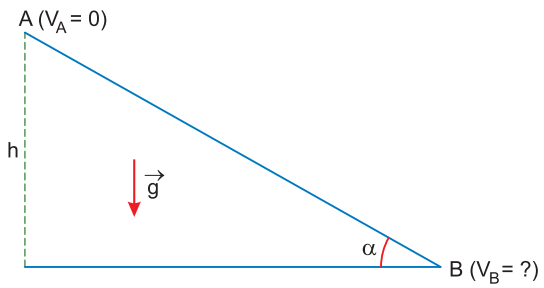
$V = \sqrt{\frac{k}{m}}\,x$

3) $Q = mV = m \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}\,x$

$Q = \sqrt{mk}\,x$

Resposta: B

4)



1) Conservação da energia mecânica:

$E_B = E_A$ (ref. em B)

$\frac{mV_B^2}{2} = m\,g\,h$

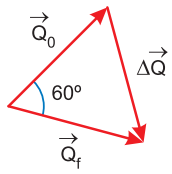
$V_B = \sqrt{2gh}$

2) Quantidade de movimento em B:

$Q_B = m\,V_B \Rightarrow Q_B = m\sqrt{2gh}$

Resposta: C

5)



$|\vec{Q}_0| = |\vec{Q}_f| = mV$

$|\Delta\vec{Q}| = |\vec{Q}_0| = |\vec{Q}_f| = mV$

$|\Delta\vec{Q}| = 500 \cdot \frac{50{,}4}{3{,}6}$ (kg . m/s)

$|\Delta\vec{Q}| = 500 \cdot 14$ (kg . m/s)

$|\Delta\vec{Q}| = 7{,}0 \cdot 10^3$ kg . m/s

Resposta: D

6) TEC: $\tau = \Delta E_{cin}$

$\tau = \frac{Q_f^2}{2m} - \frac{Q_0^2}{2m}$

$\tau = \frac{1}{2m}(Q_f^2 - Q_0^2)$

$\tau = \frac{1}{4{,}0}$ (1600 – 400) (J)

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

Resposta: C

7) 1) Como massa e aceleração são invariantes, então $\vec{F} = m\vec{a}$ também é invariante.

2) Como $\vec{F}$ e Δt são invariantes, então $\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t$ também é invariante.

3) Como o deslocamento não é invariante, então $\tau = |\vec{F}|\,|\vec{d}|\cos\theta$ também não é invariante.

4) Como a velocidade não é invariante, então $\vec{Q} = m\vec{V}$ e $E_C = \frac{mV^2}{2}$ também não são invariantes.

5) Como trabalho não é invariante, então Pot = $\frac{\tau}{\Delta t}$ também não é invariante.

Resposta: D

8) a) m/s é unidade de velocidade linear; rad/s é unidade de velocidade angular.
b) N/m^2 é unidade de pressão; N . m é unidade de torque (momento).
c) J/K é unidade de capacidade térmica; J é unidade de calor (latente ou sensível).
d) kg.m/s ou N.s são unidades de quantidade de movimento ou de impulso, que são grandezas fisicamente homogêneas, isto é, têm a mesma equação dimensional.
e) W é unidade de potência; T (tesla) é unidade do vetor indução magnética.

Resposta: D

9) a) O impulso da força aplicada, por definição, é dado por:

$I = F_m \cdot \Delta t$

$I = 60 \cdot 0,50\ (N.s) \Rightarrow \boxed{I = 30N \cdot s}$

b) Aplicando-se o teorema do impulso, vem:

1) Para a garota:

$|I_g| = m_g |V_g|$

$30 = 50 |V_g| \Rightarrow \boxed{|V_g| = 0,60m/s}$

2) Para o rapaz:

$|I_r| = m_r |V_r|$

$30 = 75 |V_r| \Rightarrow \boxed{|V_r| = 0,40m/s}$

Respostas: a) 30N.s

b) $|V_g| = 0,60m/s$ e $|V_r| = 0,40m/s$

10) a) TEC: $\tau_{at} = \Delta E_{cin}$

$\mu mg\, D\, (-1) = 0 - \frac{mV_0^2}{2}$

$\boxed{D = \frac{V_0^2}{2\mu g}}$

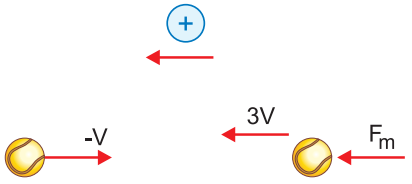
b) TI: $I_{at} = \Delta Q$

$-\mu mg\, T = 0 - mV_0$

$\boxed{T = \frac{V_0}{\mu g}}$

c) Quando V_0 duplica, T também duplica e D quadruplica.

11)



TI: $I_{bola} = \Delta Q_{horizontal}$

$F_m \cdot \Delta t = m[3V - (-V)]$

$60mg \cdot \Delta t = 4mV$

$60 \cdot 10 \cdot 0,2 = 4V$

$\boxed{V = 30m/s}$

Resposta: B

12) a) $E_C = \frac{mV^2}{2} = \frac{0,50}{2} \cdot (30)^2\ (J)$

$\boxed{E_C = 225J}$

b) TI: $I_{bola} = \Delta Q_{bola}$

$F_m \cdot \Delta t = m \cdot \Delta V$

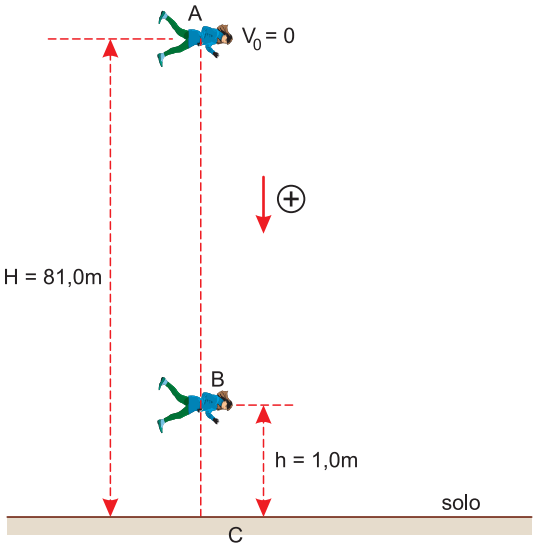
$F_m \cdot 1,0 \cdot 10^{-2} = 0,50 \cdot 60$

$\boxed{F_m = 3,0 \cdot 10^3 N}$

Respostas: a) 225J

b) 3,0kN

13) a)



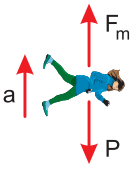
1) Cálculo do módulo da velocidade da mocinha no ponto B (1,0m do solo):

$V_B^2 = V_A^2 + 2\gamma\Delta s$ (MUV)

$V_B^2 = 0 + 2 \cdot 10 \cdot 80,0$

$V_B^2 = 1600 \Rightarrow \boxed{V_B = 40,0m/s}$

2) Aplicando-se o teorema do impulso:



$|\vec{I}_R| = |\Delta\vec{Q}|$

$(F_m - P)\,\Delta t = m\,V_B$

$(F_m - 500)\,0,05 = 50 \cdot 40,0$

$F_m - 500 = 40,0 \cdot 10^3$

$F_m = 40,0 \cdot 10^3 + 0,5 \cdot 10^3\ (N)$

$\boxed{F_m = 40,5 \cdot 10^3\ N = 40,5kN}$

b) Aplicando-se a 2ª Lei de Newton:

$F_m - P = m \cdot a$

$40,5 \cdot 10^3 - 0,5 \cdot 10^3 = 50 \cdot a$

$40,0 \cdot 10^3 = 50 \cdot a$

$\boxed{a = 8,0 \cdot 10^2 m/s^2}$

$a_{letal} = 8g = 80m/s^2$

$\frac{a}{a_{letal}} = \frac{8,0 \cdot 10^2}{80} \Rightarrow \boxed{\frac{a}{a_{letal}} = 10}$

Respostas: a) 40,5kN

b) 10 vezes maior.

■ Módulo 13 – Lei da Gravitação Universal

1) Para que os passageiros experimentem a sensação de imponderabilidade (gravidade zero), é preciso que a força resultante sobre eles seja o seu próprio peso e, portanto, aceleração igual à da gravidade. O avião e todo o seu conteúdo devem estar em queda livre, isto é, com aceleração igual à da gravidade.
Resposta: E

2) A aceleração centrípeta do satélite rasante é igual à aceleração da gravidade nos pontos de sua órbita:

$$\frac{a_M}{a_T} = \frac{g_M}{g_T}$$

$$g = \frac{GM}{R^2} \Rightarrow \frac{g_M}{g_T} = \frac{M_M}{M_T} \cdot \left(\frac{R_T}{R_M}\right)^2$$

$$\frac{a_M}{a_T} = \frac{1}{10} \cdot (2)^2 = \frac{4}{10}$$

$$\boxed{\frac{a_M}{a_T} = \frac{2}{5}}$$

Resposta: E

3) 1) $F_G = P$

$$\frac{GMm}{R^2} = m\,g \Rightarrow \boxed{g = \frac{GM}{R^2}} \quad (1)$$

2) $d = \dfrac{M}{Vol} \Rightarrow M = d \cdot Vol$

$$\boxed{M = d \cdot \frac{4}{3}\pi R^3} \quad (2)$$

(2) em (1): $g = \dfrac{G}{R^2} \cdot d \cdot \dfrac{4}{3}\pi R^3$

$$g = \frac{4}{3}\pi G d R$$

$d_x = d_T$ e $R_x = 3\,R_T$

$g_x = 3\,g_T$

$$\boxed{g_x = 3g}$$

Resposta: E

4) a) Desprezando-se a força gravitacional que o satélite aplica na Terra, a força gravitacional que o Sol aplica na Terra será a força resultante centrípeta que vai manter a sua órbita:

$$F_G = F_{cp} \Rightarrow \frac{G\,M_S\,M_T}{R^2} = M_T\,\omega_T^2\,R$$

$$\boxed{\omega_T = \sqrt{\frac{G\,M_S}{R^3}}}$$

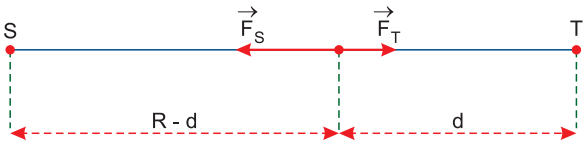
b) Sendo $\omega_A = \omega_T$, vem:

$$\omega_A = \frac{2\pi}{T_T} = \frac{2 \cdot 3{,}14}{3{,}14 \cdot 10^7}\ \frac{rad}{s}$$

$$\boxed{\omega_A = 2{,}0 \cdot 10^{-7}\,rad/s}$$

c) A resultante das forças gravitacionais no satélite no ponto L_1 é a força centrípeta que o mantém em órbita:

$F_r = F_S - F_T = F_{cp_{L1}}$



$$F_r = \frac{G\,M_S\,m}{(R-d)^2} - \frac{G\,M_T\,m}{d^2}$$

$$\boxed{F_r = Gm\left[\frac{M_S}{(R-d)^2} - \frac{M_T}{d^2}\right]}$$

Respostas: a) $\omega_T = \sqrt{\dfrac{G\,M_S}{R^3}}$

b) $\omega_A = 2{,}0 \cdot 10^{-7}\,rad/s$

c) $F_r = Gm\left[\dfrac{M_S}{(R-d)^2} - \dfrac{M_T}{d^2}\right]$

5) a) A aceleração centrípeta terá módulo dado por:
$a = \omega^2\,r$
ω = velocidade angular do satélite, que é igual à velocidade angular de rotação da Terra

$$a = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r = \frac{4\pi^2\,r}{T^2}$$

Sendo $\pi \cong 3$
$r = 4{,}2 \cdot 10^7\,m$
$T = 9{,}0 \cdot 10^4\,s$

$$a = \frac{4 \cdot 9 \cdot 4{,}2 \cdot 10^7}{(9{,}0)^2 \cdot 10^8}\ \frac{m}{s^2}$$

$$\boxed{a \cong 0{,}19\,m/s^2}$$

b) Na órbita comum: $E_1 = -\dfrac{GMm}{2r_1}$

Na órbita geoestacionária: $E_2 = -\dfrac{GMm}{2r_2}$

$$E_a = E_2 - E_1 = \frac{GMm}{2}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

$$E_a = \frac{7{,}0 \cdot 10^{-11} \cdot 6{,}0 \cdot 10^{24} \cdot 2{,}0 \cdot 10^2}{2}\left(\frac{1}{7{,}0 \cdot 10^6} - \frac{1}{4{,}2 \cdot 10^7}\right)(J)$$

$$E_a = 42 \cdot 10^{15} \frac{(6,0 - 1,0)}{42 \cdot 10^6} \text{ (J)}$$

$$\boxed{E_a = 5,0 \cdot 10^9 J}$$

Respostas: a) $0,19 m/s^2$
b) $5,0 \cdot 10^9 J$

■ Módulo 14 – Densidade, Pressão, Leis de Stevin e de Pascal

1) $$\mu = \frac{m_A + m_B}{V_A + V_B} = \frac{\mu_A V_A + \mu_B V_B}{V_A + V_B}$$

$$\mu = \frac{2,80 \cdot 2V + 1,60 \cdot V}{3V} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

$$\boxed{\mu = 2,40 g/cm^3}$$

Resposta: A

2) 1) Cálculo do volume de A:

$$d_A = \frac{m_A}{V_A} \Rightarrow 0,75 = \frac{120}{V_A} \Rightarrow V_A = 160 cm^3$$

2) Densidade da mistura:

$$d = \frac{m_A + m_B}{V_A + V_B} = \frac{m_A + d_B V_B}{V_A + V_B}$$

$$d = \frac{120 + 1,25 \cdot 240}{160 + 240} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

$$d = \frac{420}{400} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

$$\boxed{d = 1,05 g/cm^3}$$

Resposta: D

3) 1) Cálculo das densidades:

$$\mu_1 = \frac{m_1}{V_1} = \frac{5,0 kg}{0,005 m^3} = \frac{5,0}{5,0 \cdot 10^{-3}} \frac{kg}{m^3} = 1,0 \cdot 10^3 kg/m^3$$

$$\mu_2 = \frac{m_2}{V_2} = \frac{0,30 kg}{0,60 . 10^{-3} m^3} = 0,5 \cdot 10^3 kg/m^3$$

$$\mu_3 = \frac{m_3}{V_3} = \frac{6,0 kg}{4,0 . 10^3 . 10^{-6} m^3} = 1,5 \cdot 10^3 kg/m^3$$

2) Comparando-se as densidades:

$\mu_3 > \mu_1 > \mu_2$

Na situação de equilíbrio estável, os líquidos se posicionam com o mais denso abaixo do menos denso.
Resposta: D

4) $$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho_F = \frac{80}{10} \text{ (g/cm}^3\text{)} = 8,0 g/cm^3$$

$$\rho_A = \frac{40}{50} \text{ (g/cm}^3\text{)} = 0,8 g/cm^3$$

$$\boxed{\frac{\rho_F}{\rho_A} = 10}$$

Resposta: C

5) 1) Cálculo dos volumes:

$$V_{se} = \frac{2}{3} \pi R^3$$

$$V_{ci} = \pi R^2 . R = \pi R^3$$

$$V_{co} = \frac{1}{3} \pi R^2 . R = \frac{\pi R^3}{3}$$

2) $\mu = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \mu V$

$$\mu_{se} \cdot \frac{2}{3} \pi R^3 = \mu_{ci} \pi R^3 = \mu_{co} \cdot \frac{\pi R^3}{3}$$

$$\frac{2}{3} \mu_{se} = \mu_{ci} = \frac{\mu_{co}}{3}$$

$\mu_{co} = 3 \quad \mu_{ci} = 2 \quad \mu_{se}$
$\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$
$z \quad w \quad x$

Resposta: D

6) A pressão será inversamente proporcional à área de contato entre o tijolo e a mesa.
$A_3 < A_2 < A_1 \Rightarrow p_3 > p_2 > p_1$
Resposta: C

7) 01) Falsa. Como a resultante é nula, as forças em A e B têm intensidades iguais.
02) Verdadeira.

$$p = \frac{F}{\text{Área}} \qquad \begin{matrix} F_A = F_B \\ A_A < A_B \end{matrix} \Rightarrow p_A > p_B$$

04) Falsa.

08) Falsa.

16) Falsa. Depende também da área de contato.

32) Verdadeira.

Resposta: 34

8) Não, pois cada pessoa teria de fazer uma força além da capacidade humana, conforme calculado abaixo.
Para separar as caixas, cada pessoa teria de fazer uma força (ΔF) que superasse a força feita pela diferença de pressão externa (p_{atm}) e interna da caixa (p_c), sendo:

$\Delta p = p_{atm} - p_c = 1,0 - 0,1$ (atm) = 0,9 atm

A = área de cada face = $(0,30m)^2 = 0,090m^2$

$\Delta F > \Delta p \cdot A = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 10^5 \cdot 0,090$ (N) $\Rightarrow$ $\boxed{\Delta F > 8,1 \cdot 10^3 \text{ N}}$

Obs: Cada pessoa deveria ser capaz de levantar um objeto de 810kg de massa.

9) a) Pelo Teorema de Stevin, temos:

$p_B - p_A = \mu gh = (1.10^3)\ (10)\ (10)$ (N/m²)

$\boxed{p_B - p_A = 1,0 \cdot 10^5 N/m^2}$

b) Entre os pontos B e C, o desnível h é nulo e, portanto:

$\boxed{p_B = p_C}$

10) a) A pressão hidrostática é dada por:

$\boxed{p_H = \mu gh}$

$p_H = 1,00 \cdot 10^3 \cdot 10,0 \cdot 0,500$ (Pa)

$\boxed{p_H = 5,00 \cdot 10^3 Pa}$

b) A pressão total ou absoluta é dada por:

$\boxed{p = p_{atm} + p_H = p_{atm} + \mu gh}$

$p = 1,00 \cdot 10^5 + 0,05 \cdot 10^5$ (Pa)

$\boxed{p = 1,05 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$

Note que, nos três líquidos, os valores de p_H e p são os mesmos.

c) A força que o líquido exerce no fundo tem intensidade F dada por:

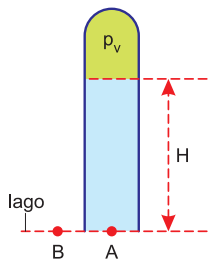
$\boxed{F = pA}$

em que $A = 0,100m^2$ é a área da base dos recipientes.

$F = 1,05 \cdot 10^5 \cdot 0,100$ (N)

$\boxed{F = 1,05 \cdot 10^4 \text{ N}}$

11)



1) $p_{atm} = \mu g H_{atm}$

$1,0 \cdot 10^5 = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10,0 \cdot H_{atm}$

$H_{atm} = 10,0m$

2) $p_A = p_B$

$p_V + p_H = p_{atm}$ (em coluna de água)

$0,3 + H = 10,0$

$\boxed{H = 9,7m}$

Resposta: C

12) $p = p_0 + \mu g H$

$12,0 \cdot 10^5 = 1,0 \cdot 10^5 + 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot H$

$120 = 10 + H$

$\boxed{H = 110m}$

Resposta: B

13) $p_{interna} = p_{atm}$

$p_{externa} = p_{atm} + \mu g H$

$F = \Delta p \cdot A$

$F = \mu g H \cdot A$

Adotando-se $g = 10m/s^2$, temos:

$F = 1020 \cdot 10 \cdot 100 \cdot 0,5$ (N)

$\boxed{F = 5,1 \cdot 10^5 N}$

Resposta: E

14) A pressão total no fundo de cada vaso é dada por:

$p = p_{atm} + d g H$

A intensidade da força aplicada no fundo de cada vaso é dada por:

$\boxed{F = p A = (p_{atm} + d g H) A}$

Como os três vasos têm a mesma área A e a mesma altura H, as forças terão a mesma intensidade ($F_1 = F_2 = F_3$) quando os líquidos tiverem densidades iguais ($d_1 = d_2 = d_3$). O fato de a pressão e a força no fundo do vaso não dependerem da forma do recipiente nem da quantidade de líquido é chamado de paradoxo hidrostático.

Resposta: A

15) a) Supondo-se que o gás no interior da bolha se comporte como gás ideal, da lei geral dos gases perfeitos, vem:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{p_{atm} \cdot 3V}{T} = \frac{p_2 V}{T}$$

$\therefore$ $\boxed{p_2 = 3p_{atm}}$

A pressão no fundo do lago é a soma da pressão atmosférica (p_{atm}) com a pressão da coluna líquida ($p_{líq}$).

Assim:

$p_2 = p_{atm} + p_{líq}$

$3\ p_{atm} = p_{atm} + p_{líq}$

$p_{líq} = 2\ p_{atm}$

Como a pressão atmosférica (p_{atm}) equivale a 10,0 metros de coluna de água, a pressão que o líquido provoca no fundo do lago ($2p_{atm}$) equivalerá a uma profundidade de $\boxed{20,0m}$.

b) Aplicando-se, novamente, a lei geral dos gases perfeitos, vem:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{p_{atm} \cdot 3V}{T} = \frac{p_2\, V}{0,96T}$$

$p_2 = 2{,}88 p_{atm}$

Mas $p_2 = p_{atm} + p_{líq}$

$2{,}88\ p_{atm} = p_{atm} + p_{líq}$

$p_{líq} = 1{,}88 p_{atm}$

De uma regra de três simples e direta, vem:

10,0 metros ——— p_{atm}

x ——— $1{,}88\ p_{atm}$

x = 18,8 metros

Respostas: a) 20,0m b) 18,8m

16) a) $p = \rho g h$

$p = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot h \Rightarrow p = 1{,}0 \cdot 10^4 h$ (SI)

b) $p_m = \rho g \frac{H}{2} \Rightarrow p_m = 1{,}0 \cdot 10^4 \cdot 10$ (Pa)

$p_m = 1{,}0 \cdot 10^5$ Pa

c) $F = p_m A = \rho g \frac{H}{2} \cdot L H$

$F = \frac{\rho g L H^2}{2}$

$F = \frac{1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 30 \cdot 400}{2}$ (N)

$F = 6{,}0 \cdot 10^7$ N

Respostas: a) $p = 1{,}0 \cdot 10^4 h$ (SI)
b) $p_m = 1{,}0 \cdot 10^5$Pa
c) $F = 6{,}0 \cdot 10^7$N

17) a) Para a temperatura constante, temos:

$p_0 V_0 = p_1 V_1$ (Lei de Boyle e Mariotte)

$p_{atm} V_0 = p (V_0 + \Delta V)$

$R = \frac{p}{p_{atm}} = \frac{V_0}{V_0 + \Delta V} = \frac{500}{525} \Rightarrow R = \frac{20}{21}$

b) $p_A = p_{atm} = p + \mu_a g h$

$p_{atm} = p + 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10h$

$p_{atm} = p + 1{,}0 \cdot 10^4 h$

h em metros

p_{atm} e p em Pa (N/m^2)

c) Para $p = \frac{20}{21} p_{atm}$, temos:

$p_{atm} = \frac{20}{21} p_{atm} + 1{,}0 \cdot 10^4 \cdot 0{,}50$

$21\ p_{atm} = 20\ p_{atm} + 10{,}5 \cdot 10^4$

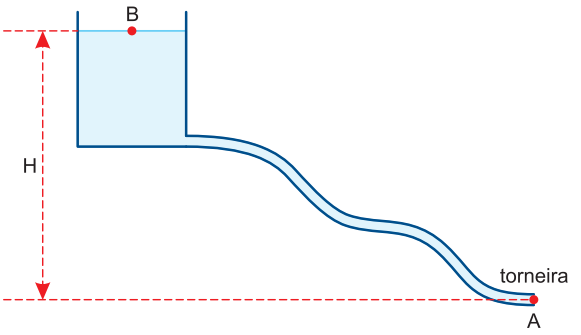
$p_{atm} = 1{,}05 \cdot 10^5\ N/m^2$

Respostas: a) $R = \frac{p}{p_{atm}} = \frac{20}{21}$

b) $p_{atm} = p + 1{,}0 \cdot 10^4 h$ (SI)

c) $p_{atm} = 1{,}05 \cdot 10^5\ N/m^2$

18)



$p_A - p_B = \mu g H$

Resposta: C

19) Adotando-se $p_{atm} = 1{,}0 \cdot 10^5$ Pa e $g = 10 m/s^2$, temos:

$p = p_{atm} + \mu g H$

Para $p = p_{máx} = 6{,}0 \cdot 10^5$ Pa, temos: $H = H_{máx}$

$6{,}0 \cdot 10^5 = 1{,}0 \cdot 10^5 + 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot H_{máx}$

$5{,}0 \cdot 10^5 = 10^4 H_{máx} \Rightarrow H_{máx} = 50m$

Para t = 25min $\Rightarrow p_{total} = 1{,}0$atm e, portanto, $p_{hidrostática} = 0$ (submarino na superfície).

Resposta: A

20) A pressão hidrostática do soro é dada por:

$p_H = \mu g H$

$9 \cdot 10^3 = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot H$

H = 0,9m

Resposta: E

21) Os pontos P_1 e P_2 estão no mesmo plano horizontal e pertencem ao mesmo líquido em equilíbrio hidrostático; portanto, de acordo com a Lei de Stevin, suportam pressões iguais:

$p_1 = p_2 = \mu_M g H$ (14cm Hg)

Resposta: B

22) A superfície livre do líquido, independentemente de sua natureza ou densidade, em ambos os compartimentos do bule (corpo principal e bico), deve apresentar-se plana e horizontal, à mesma altura h em relação à linha de referência. A pressão exercida sobre o líquido nos dois ramos do sistema de vasos comunicantes é a pressão atmosférica.

I (V) II (F) III (F)

Resposta: C

23) $p = p_{atm} + \mu g H$

$\Delta p = \mu g \Delta h$

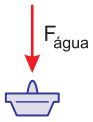
$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = \mu\, g\, \frac{\Delta h}{\Delta t}$$

$1{,}0 \cdot 10^4 = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot V$

V = 1,0m/s

Resposta: B

24)



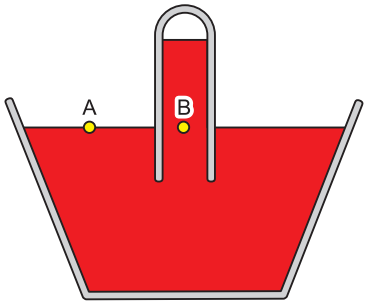
$F_{água} = p_H \cdot A = \mu\, g\, H \cdot A$

$F_{água} = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}50 \cdot 20 \cdot 10^{-4}$ (N)

$F_{água}$ = 10N

Resposta: A

25)



$p_A = p_B$

$p_{atm} = \mu_M\, g\, h$

Aumentando-se a altitude, p_{atm} diminui e h diminui.

Resposta: C

26) a) Nos dois esquemas, a pressão atmosférica é equilibrada pela pressão hidrostática do líquido.

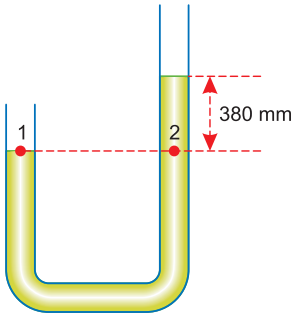
$p_{atm} = \mu_A\, g\, h_A = \mu_V\, g\, h_V$

$$\frac{\mu_A}{\mu_V} = \frac{h_V}{h_A} = \frac{15}{10} = 1{,}5$$

b) A mistura água-vinho teria densidade maior que a do vinho e, portanto, a altura seria menor que 15m.

Respostas: a) 1,5
b) menor que 15m

27)



a) $p_1 = p_2$

$p_{gás} = p_{atm} + p_H$

1 atm 760mmHg

p_H 380mmHg

p_H = 0,5atm

$p_{gás}$ = 1,5 atm

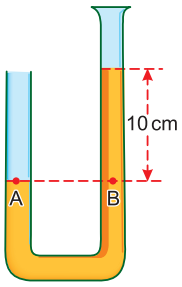
b) $p_{gás} = p_{atm} + p_H$

$p_{gás}$ = constante

Se p_{atm} diminuir, então a pressão hidrostática deve aumentar e a coluna de mercúrio vai aumentar de altura.

Respostas: a) 1,5atm
b) vai aumentar

28)



$p_A = p_B$

$p_{gás} = p_{atm} + p_H$

$p_{gás}$ = 70 + 10 (cm de Hg)

$p_{gás}$ = 80cm Hg

Resposta: 80cm de Hg

29)

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$p_{gás} = p_{atm} + p_H$

$$\frac{76}{300} = \frac{76 + 30{,}4}{T_2}$$

$T_2 = 420K \Rightarrow$ **$\theta_2 = 147°C$**

Resposta: C

30) a) $p_{gás} = p_0 + \mu_{Hg}\, gh$

$p_{gás} = 1{,}0 \cdot 10^5 + 13{,}6 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 1{,}04$ (Pa)

$p_{gás} = 1{,}0 \cdot 10^5 + 1{,}4 \cdot 10^5$ (Pa)

$p_{gás} = 2{,}4 \cdot 10^5$ Pa

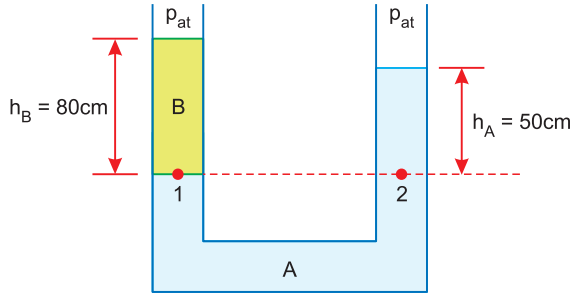
b) $F = p \cdot A$

$F = 2{,}4 \cdot 10^5 \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-4}$ (N)

F = 48N

Respostas: a) $2{,}4 \cdot 10^5$ Pa
b) 48N

31) a) As pressões nos pontos 1 e 2 são iguais: $p_1 = p_2$.



Sendo $p_1 = p_{at} + \mu_B \cdot g \cdot h_B$ e $p_2 = p_{at} + \mu_A \cdot g \cdot h_A$,

vem: $p_{at} + \mu_B \cdot g \cdot h_B = p_{at} + \mu_A \cdot g \cdot h_A$

$\mu_B \cdot h_B = \mu_A \cdot h_A$

$\mu_B \cdot 80 = 2{,}0 \cdot 10^3 \cdot 50$

$\mu_B = 1{,}25 \cdot 10^3 kg/m^3$

b) A pressão no interior do tubo na altura da linha de separação é p_1, que é igual à p_2.

De $p_1 = p_{at} + \mu_B \cdot g \cdot h_B$, vem:

$p_1 = 1{,}0 \cdot 10^5 + 1{,}25 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}80 \ (N/m^2)$

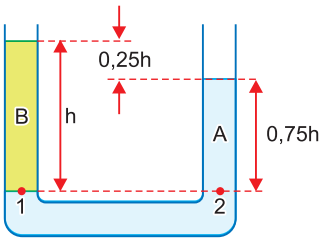
$p_1 = 1{,}0 \cdot 10^5 + 0{,}1 \cdot 10^5 \ (N/m^2)$

$p_1 = 1{,}1 \cdot 10^5 N/m^2$

Respostas: a) $1{,}25 \cdot 10^3 kg/m^3$

b) $1{,}1 \cdot 10^5 N/m^2$

32)



Os pontos (1) e (2) pertencem ao mesmo líquido A e ao mesmo plano horizontal e, por isso, de acordo com a Lei de Stevin, suportam a mesma pressão:

$p_1 = p_2$

$p_{atm} + \rho_A g h_A = p_{atm} + \rho_B g h_B$

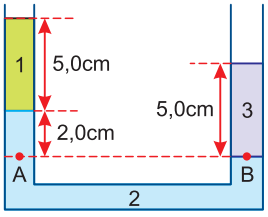
$\rho_A h_A = \rho_B h_B$

$\rho_A \cdot 0{,}75 h = \rho_B \cdot h$

Da qual: $\frac{\rho_B}{\rho_A} = 0{,}75$

Resposta: A

33)



$p_A = p_B$

$p_{atm} + \mu_1 g h_1 + \mu_2 g h_2 = p_{atm} + \mu_3 g h_3$

$\mu_1 h_1 + \mu_2 h_2 = \mu_3 h_3$

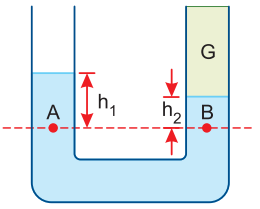
$0{,}5 \cdot 5{,}0 + \mu_2 \cdot 2{,}0 = 2{,}5 \cdot 5{,}0$

$2{,}0\mu_2 = 12{,}5 - 2{,}5$

$\mu_2 = 5{,}0 g/cm^3$

Resposta: A

34)



Os pontos A e B pertencem ao mesmo líquido e estão situados no mesmo nível horizontal. Logo, suportam pressões iguais:

$p_A = p_B$

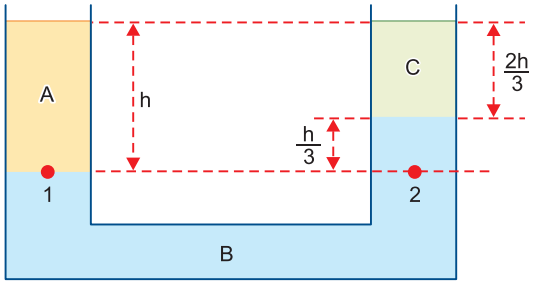
$p_A = p_0 + \mu g h_1$ e $p_B = p_G + \mu g h_2$

Logo: $p_0 + \mu g h_1 = p_G + \mu g h_2$

Sendo $h_1 > h_2 \Rightarrow$ $p_0 < p_G$

Resposta: C

35)



$p_1 = p_2$

$p_{atm} + d_A g h = p_{atm} + d_C g \frac{2h}{3} + d_B g \frac{h}{3}$

$d_A = \frac{2}{3} d_C + \frac{d_B}{3}$

$d_A = \frac{2d_C + d_B}{3}$

Resposta: C

■ Módulo 15 – Princípio de Arquimedes

1) Para o equilíbrio do objeto:

$E = P_{objeto}$

De acordo com Arquimedes:

$E = P_{líq.\ deslocado}$

Portanto: $P_{líq.\ deslocado} = P_{objeto}$

A balança continua com a mesma indicação:

$P_2 = P_1$

Resposta: B

2) Como a esfera está em equilíbrio, temos:

$E = P_{esfera}$

Por outro lado, de acordo com a Lei de Arquimedes:

$E = P_{líquido\ deslocado}$

Portanto: $P_{esfera} = P_{líquido\ deslocado}$

Isso significa que, nos dois esquemas, o peso total no ramo esquerdo da alavanca é o mesmo e d' = d.

Resposta: d' = d

3) 1) Quando a mão está totalmente imersa na água, ela desloca um volume de água igual a 500cm^3 = 0,5 litro. Como a densidade da água é 1,0kg/ℓ, a massa de água deslocada é 0,5kg.

2) De acordo com a Lei de Arquimedes, o empuxo que o líquido exerce na mão da pessoa tem intensidade E dada por:

$E = P_{líq.\ deslocado} = m_{deslocado}\ g = 0,5g\ (N)$

3) De acordo com a lei de ação e reação, a mão aplica sobre o líquido uma força vertical para baixo com a mesma intensidade E = 0,5g (N), o que equivale a aumentar o peso correspondente a uma massa de 0,5kg. Como a balança está graduada em massa, ela passa a indicar:

M = 1,5kg + 0,5kg = 2,0kg

Resposta: C

4) Na situação 1, a balança indica o peso total do recipiente com o líquido.

Nas situações 2 e 3, a balança indica o peso total do recipiente com o líquido mais a intensidade do empuxo que o líquido exerce na esfera (ação e reação entre o líquido e a esfera).

Na situação 2, o empuxo é maior que na situação 3, porque o volume imerso é maior:

$E = \mu_L V_i g$

$V_{i(2)} > V_{i(3)} \Rightarrow E_2 > E_3$

$P_1 = F_{balança(1)} = P$

$P_2 = F_{balança\ (2)} = P + E_2$

$P_3 = F_{balança\ (3)} = P + E_3$

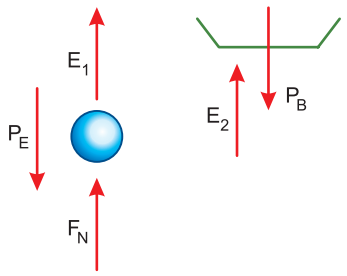
Portanto: $P_2 > P_3 > P_1$

Resposta: B

5) Com a esfera no interior do barco, temos:

$E_{total} = \mu_L V_i g = P_E + P_B$

Se a esfera for de aço, ela afunda e entra em contato com o fundo do recipiente. Nesse caso:



$E'_{total} + F_N = P_E + P_B$

$E'_{total} < E_{total}$

$V'_i < V_i$

$H' < H$

(V correta)

Se a esfera for de isopor, ela flutua, o empuxo total não se altera e H' = H (III correta).

Resposta: C

6) a) Para o bloco flutuando, em equilíbrio, temos:

$E = P_{corpo} = m\ g$

$E = 0,63 \cdot 10,0\ (N) \Rightarrow$ E = 6,3 N

b) De acordo com a Lei de Arquimedes:

$E = \mu_L V_i g$

$6,3 = \mu_L \cdot 500 \cdot 10^{-6} \cdot 10$

$\mu_L = 1,26 \cdot 10^3\ kg/m^3$

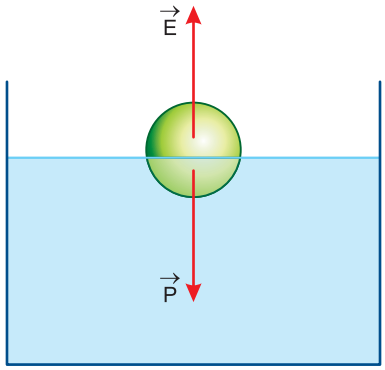
$\mu_L = 1,26\ g/cm^3$

De acordo com a tabela, o líquido em estudo é a *glicerina*.

Respostas: a) 6,3N

b) glicerina

7)



1) E = P

$\mu_L V_i g = \mu_S V g$

$\frac{\mu_S}{\mu_L} = \frac{V_i}{V}$

$\frac{\mu_S}{1,0} = 0,60 \Rightarrow \mu_S = 0,60\ g/cm^3$

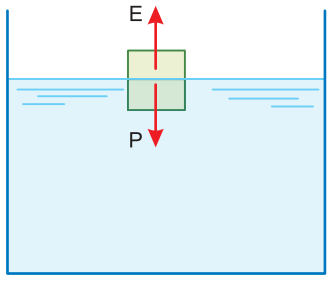
2) $P = mg = \mu_S V g$

$P = 0,60 \cdot 10^3 \cdot 1000 \cdot 10^{-6} \cdot 10\ (N)$

P = 6,0N

Resposta: E

8)



Para o equilíbrio do bloco de gelo, temos:

E = P

$\mu_a V_i g = \mu_g V_g g$

Portanto, o volume imerso de gelo V_i é dado por:

$$V_i = \frac{\mu_g V_g}{\mu_a} \quad (1)$$

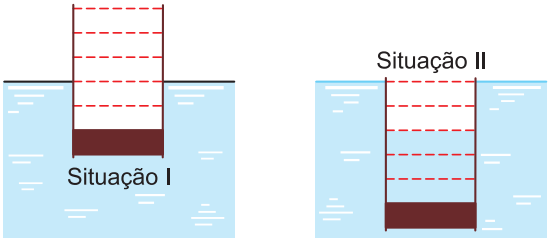
Quando o gelo derrete, a massa de água obtida é igual à massa de gelo.

$$m_a = m_g \Rightarrow \mu_a V_a = \mu_g V_g \Rightarrow V_a = \frac{\mu_g V_g}{\mu_a} \quad (2)$$

Comparando-se as relações (1) e (2), verificamos que o volume da água obtida com a fusão do gelo é igual ao volume de gelo que estava imerso e, portanto, o nível da água no balde não se altera.

Resposta: E

9) Na situação de equilíbrio:



O volume ocupado pelo lastro corresponde ao volume V_1 de cada divisão da escala do cilindro.

Na situação I, para o equilíbrio, temos:

$E = P_{lastro} + P_{recipiente}$

$\mu_a 3V_1 g = P_{lastro} + P_{recipiente}$

Na situação II, para o equilíbrio, temos:

$E' = P_{lastro} + P_{água} + P_{recipiente}$

$\mu_a 6 V_1 g = \mu_a 3 V_1 g + \mu_a n V_1 g$

$6 = 3 + n \Rightarrow \boxed{n = 3}$

Portanto, a água deve preencher três divisões do cilindro.

Resposta: C

10) Na nova situação de equilíbrio, com os cilindros imersos no interior do líquido, os pesos aparentes deverão ser iguais e, para tanto, os empuxos recebidos pelos cilindros deverão ser iguais.

$E_A = E_B$

$\mu_L V_A g = \mu_L V_B g \Rightarrow \boxed{V_A = V_B}$

em que V_A e V_B são os volumes de A e B imersos no líquido.

Como V = área da base x altura, vem:

$S_A h_A = S_B h_B$

$S_A \cdot h_A = 2S_A \cdot h_B$

$\boxed{h_A = 2h_B}$

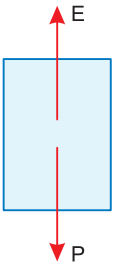
h_A é a altura de A imersa no líquido.

h_B é a altura de B imersa no líquido.

Na opção B, temos $h_A = 4u$ e $h_B = 2u$, que satisfaz a condição do problema.

Resposta: B

11) a) Para o equilíbrio do tonel:



$E = P$

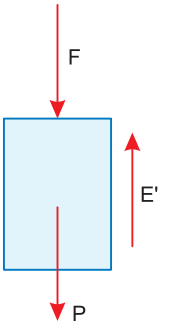
$\mu_a V_i g = mg$

$m = \mu_a V_i$

$m = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot \frac{2}{5} \cdot 50 \cdot 10^{-3}$ (kg)

$\boxed{m = 20kg}$

b)



$E' = F + P$

$\mu_a V g = F + mg$

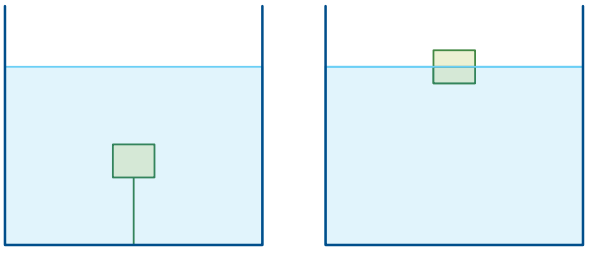
$1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 50 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = F + 200$

$500 = F + 200$

$\boxed{F = 300N}$

Respostas: a) 20kg
b) 300N

12)



a) Para o bloco flutuando na superfície do líquido, temos:

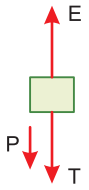
$E = P$

$\mu_L V_i g = \mu_B V_B g$

$$\frac{\mu_B}{\mu_L} = \frac{V_i}{V} = \frac{3}{4}$$

$$\mu_B = \frac{3}{4} \mu_L = \frac{3}{4} 1{,}0 g/cm^3 \Rightarrow \boxed{\mu_B = 0{,}75 g/cm^3}$$

b) Para o equilíbrio do bloco, temos:



$E = P + T$

$\mu_L V_B g = \mu_B V_B g + T$

$T = (\mu_L - \mu_B) V_B g$

$T (1,0 - 0,75) . 10^3 . 60 . 10^{-6} . 10 (N)$

$T = 1,5 . 10^{-1} N$

T = 0,15N

Respostas: a) $0,75 g/cm^3$ ou $7,5 . 10^2 kg/m^3$

b) 0,15N ou $1,5 . 10^{-1} N$

13) O acréscimo de peso na balsa deve ser equilibrado pelo acréscimo de empuxo da água sobre a balsa:

$\Delta P = \Delta E$

$(\Delta m) g = \mu_a \Delta V_i g$

$\Delta m = \mu_a A (d - d_0)$

$$d - d_0 = \frac{\Delta m}{\mu_a A}$$

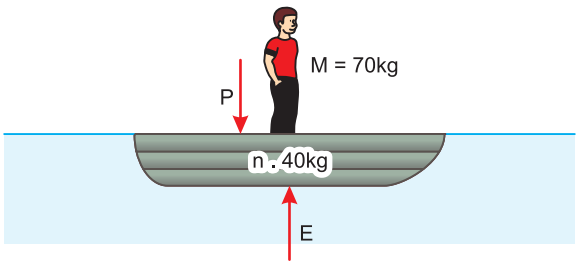
$$d - d_0 = \frac{12000}{1,0 . 10^3 . 100} (m)$$

$d - d_0 = 12 . 10^{-2} m$

$d - d_0 = 12cm$

Resposta: C

14)



$E \geq P_{total}$

$\mu_a n V_1 g \geq (M + m) g$

$1,0 . 10^3 . n . 0,08 \geq 70 + n . 40$

$80n \geq 70 + 40n$

$40n \geq 70$

$$n \geq \frac{70}{40}$$

$n \geq 1,75$

$n_{mín} = 2$

Resposta: B

15) A intensidade do empuxo é diretamente proporcional ao volume imerso ($E = \mu_{água} V_i g$). Como as três bolas têm diâmetros iguais, apresentam volumes iguais e, por isso, uma vez totalmente imersas na piscina, deslocam volumes iguais de água, recebendo empuxos de intensidades iguais.

$E_A = E_B = E_C$

Resposta: C

FRENTE 2 – ÓPTICA, ONDAS E TERMOLOGIA

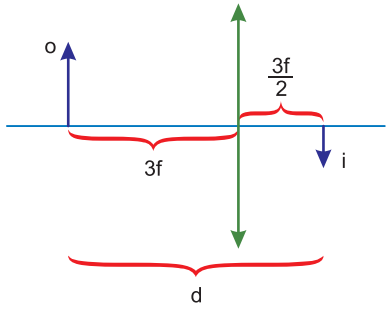
Módulo 12 – Lentes Esféricas II – Estudo Analítico, Vergência e Equação de Halley

1) A distância focal vale f, a distância do objeto à lente é p = 3f. Para se descobrir a distância entre o objeto e a imagem, é preciso antes encontrar p', a distância da lente à imagem. Usando-se Gauss, obtém-se:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} ; \frac{1}{f} = \frac{1}{3f} + \frac{1}{p'} ; \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{3f} ;$$

$$\frac{1}{p'} = \frac{3}{3f} - \frac{1}{3f} ; \frac{1}{p'} = \frac{2}{3f} ; \boxed{p' = \frac{3f}{2}}$$

Esquematicamente, tem-se:



Logo, a distância entre objeto e imagem será:

$d = p + p'$

$$d = 3f + \frac{3f}{2}$$

$$d = \frac{9f}{2}$$

Resposta: E

2) Para descobrirmos a distância p' da imagem à lente, dada a distância focal f = 6,0cm e a distância do objeto à lente, p = 30cm, fazemos:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} ; \frac{1}{6} = \frac{1}{30} + \frac{1}{p'} ; \frac{1}{p'} = \frac{1}{6} - \frac{1}{30} ;$$

$$\frac{1}{p'} = \frac{5}{30} - \frac{1}{30} ; \frac{1}{p'} = \frac{4}{30}$$

$$\boxed{p' = \frac{30}{4} cm}$$

p' = 7,5cm

Resposta: E

3) Na primeira situação, como o objeto está muito afastado da lente, p = ∞. Também é dado p' = 6cm. Assim:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} ; \frac{1}{f} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{6} ; \frac{1}{f} = \frac{1}{6}$$

f = 6,0cm

Na segunda situação, p = 18cm, e a distância p' da imagem à lente será:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}\ ;\ \frac{1}{6} = \frac{1}{18} + \frac{1}{p'}\ ;\ \frac{1}{p'} = \frac{3}{18} - \frac{1}{18}\ ;$$

$$\frac{1}{p'} = \frac{2}{18}$$

p' = 9,0cm

Resposta: C

4) Como $\frac{1}{x}$ equivale a $\frac{1}{p}$ e $\frac{1}{y}$ equivale a $\frac{1}{p'}$, para encontrar a distância focal, podem-se utilizar quaisquer coordenadas de um ponto do gráfico. Usando-se $\frac{1}{x} = 5$ e $\frac{1}{y} = 0$ (0;5), tem-se: $\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y}\ ;\ \frac{1}{f} = 5 + 0;\ \frac{1}{f} = 5;\ f = \frac{1}{5}\,m = 0{,}2m$

Resposta: D

5) Deseja-se descobrir f e a posição de uma lente em relação ao objeto, o que significa encontrar p.

Temos $A = \frac{i}{o} = \frac{-1{,}0}{4{,}0} = -\frac{1}{4} = A$, e temos que a distância entre objeto e imagem vale 100cm. Assim, **p + p' = 100cm.**

$$A = \frac{-p'}{p} = -\frac{1}{4} \Rightarrow p' = \frac{p}{4}\ ;\ p + \frac{p}{4} = 100;\ \frac{5p}{4} = 100;$$

$$p = \frac{4 \cdot 100}{5}$$

p = 80cm

$$A = \frac{f}{f-p}\ ;\ -\frac{1}{4} = \frac{f}{f-80}\ ;\ -1\,(f-80) = 4f;\ -f + 80 = 4f;\ 5f = 80;$$

f = 16cm

6) a) Temos f = 4cm e, dados na primeira situação, um aumento linear A = – 1. Com estes, podemos encontrar a posição p_1 do objeto na primeira situação.

$$A = \frac{f}{f - p_1}\ ;\ -1 = \frac{4}{4 - p_1}\ ;\ -4 + p_1 = 4cm \Rightarrow p_1 = 8cm$$

Na segunda situação, aproximando a lente do objeto, teremos $p_2 = p_1 - 2cm$; $p_2 = 6cm$. Para encontrarmos a distância x entre as imagens da primeira e da segunda situação, assim como o novo aumento linear A_2, precisamos encontrar p'_1 e p'_2.

Situação 1:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p_1} + \frac{1}{p'_1}\ ;\ \frac{1}{4} = \frac{1}{8} + \frac{1}{p'_1}\ ;$$

$$\frac{1}{p'_1} = \frac{1}{4} - \frac{1}{8}\ ;\ \frac{1}{p'_1} = \frac{2}{8} - \frac{1}{8}$$

p'_1 = 8cm

Situação 2:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p_2} + \frac{1}{p'_2}\ ;\ \frac{1}{4} = \frac{1}{6} + \frac{1}{p'_2}\ ;$$

$$\frac{1}{p'_2} = \frac{1}{4} - \frac{1}{6}\ ;\ \frac{1}{p'_2} = \frac{3}{12} - \frac{2}{12}$$

p'_2 = 12cm

A distância x será:

$x = p'_2 - (p'_1 + d)$

$x = 12 - (8{,}0 + 2{,}0)$

x = 2,0cm

b) $A_2 = \frac{-p'_2}{p_2}\ ;\ A_2 = \frac{-12}{6}$

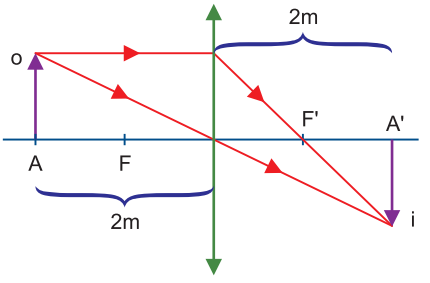
A_2 = –2

Respostas: a) 2,0cm
b) –2,0

7) Para falarmos sobre as vergências V_1 e V_2, podemos analisar as distâncias focais f_1 e f_2. Como raios que incidem paralelamente ao eixo principal se refratam pelo foco da lente, vemos que a e b correspondem às distâncias focais, em que $a = f_1$ e $b = f_2$. Como $f_1 < f_2$, então $V_1 > V_2$, pois a vergência é inversamente proporcional à distância focal.

Resposta: C

8) Se a imagem é real, invertida e de mesmo tamanho, significa que o objeto e a imagem se encontram sobre os pontos antiprincipais da lente.



Se a distância entre o objeto e a imagem vale 4,0m, nesta configuração a distância do objeto à lente vale 2,0m e, como o objeto está sobre o ponto antiprincipal, que dista duas distâncias focais da lente, a distância focal será f = 1m.

Assim $V = \frac{1}{f} = \frac{1}{1} = 1di$; **V = 1,0di**

Resposta: A

9) Dados: $\frac{n_2}{n_1} = 1,5$; $R_1 = +4,0cm$ (convexa); $R_2 = +6,0cm$ (convexa);

busca-se f:

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right); \frac{1}{f} = (1,5 - 1)\left(\frac{1}{4} + \frac{1}{6}\right)$$

$$\frac{1}{f} = 0,5 \cdot \left(\frac{3}{12} + \frac{2}{12}\right); \frac{1}{f} = \frac{1}{2} \cdot \frac{5}{12} = \frac{5}{24}$$

$f = \frac{24}{5} = 4,8cm$; **f = 4,8m**

Resposta: C

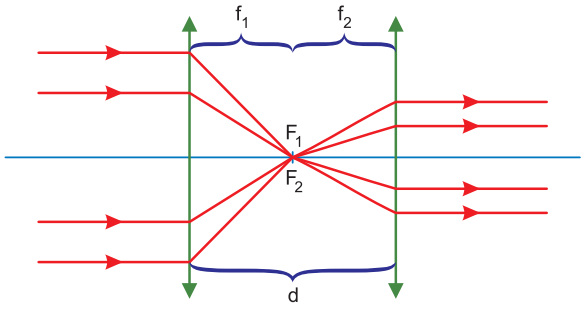
10) Para acharmos a convergência equivalente V, devemos somar as vergências individuais:

$V = V_1 + V_2$; $V = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$; $V = \frac{1}{0,1} + \frac{1}{0,4}$;

$V = 10 + 2,5\ (di) = 12,5di$; **V = 12,5 di**

Resposta: D

11)



Como os raios que incidem na primeira lente são paralelos e os emergentes da segunda também, as posições dos focos F_1 e F_2 das duas lentes devem coincidir. Logo, $d = f_1 + f_2$.
Resposta: A

■ Módulo 13 – Equação Fundamental da Ondulatória

1) a) Observamos na figura que, enquanto o movimento A realiza uma oscilação completa, o movimento B realiza três oscilações:

$$f = \frac{n.^\circ\ oscilações}{\Delta t}$$

$$\frac{f_A}{f_B} = \frac{\frac{1}{\Delta t}}{\frac{3}{\Delta t}}$$

$$\frac{f_A}{f_B} = \frac{1}{3}$$

b) Observamos na figura que a amplitude do movimento de A é igual a k e a amplitude do movimento de B é igual a 2k:

$$\frac{a_A}{a_B} = \frac{2k}{k}$$

$$\frac{a_A}{a_B} = 2$$

Respostas: a) $\frac{f_A}{f_B} = \frac{1}{3}$

b) $\frac{a_A}{a_B} = 2$

2) Observamos na figura que, em uma mesma extensão, a onda (I) completa três oscilações enquanto a onda (II) completa quatro oscilações:

$3\lambda_I = 4\lambda_{II}$

$\lambda_I = \frac{4}{3}\lambda_{II} \Rightarrow \lambda_I > \lambda_{II}$

Como as ondas se propagam em meios idênticos e são de mesma natureza, suas velocidades de propagação são iguais:

$V_I = V_{II}$

Pela Equação Fundamental da Ondulatória, obtemos:

$\lambda_I f_I = \lambda_{II} f_{II}$

$\frac{3\lambda_{II}}{4} f_I = \lambda_{II} f_{II}$

$f_I = \frac{4}{3} f_{II} \Rightarrow f_I < f_{II}$

Resposta: A

3) a) A frequência f de vibração da lâmina, fonte da onda sonora, é de 50 ciclos por segundo, ou 50Hz:

$T = \frac{1}{f}$

$T = \frac{1}{50}(s)$

$T = 2,0 \cdot 10^{-2}s$

b) Pela Equação Fundamental da Ondulatória, obtemos:

$V = \lambda f$

$350 = \lambda \cdot 50$

$\lambda = 7,0m$

Respostas: a) $T = 2,0 \cdot 10^{-2}s$

b) $\lambda = 7,0m$

4) a) A frequência f do som é determinada pelo número de vezes que os dentes da roda percutem a palheta em cada segundo:

$$f = \frac{n.^\circ\ percussões}{\Delta t}$$

$f = \frac{5 \cdot 20}{1,0}(Hz)$

$f = 1,0 \cdot 10^2Hz$

b) Pela Equação Fundamental da Ondulatória, obtemos:

$V = \lambda f$

$340 = \lambda \cdot 100$

$\lambda = 3,4m$

Respostas: a) $f = 1,0 \cdot 10^2 Hz$

b) $\lambda = 3,4m$

5) O comprimento de onda l, distância entre dois máximos consecutivos, é de 0,80m. Pela Equação Fundamental da Ondulatória, obtemos:

$V = \lambda f$

$V = 0,80 \cdot 1,2\ (m/s)$

$V = 0,96m/s$

Resposta: D

6) I) CORRETA. Observamos na figura que, entre A e B, existem 10 cristas consecutivas:

$10\lambda = 1,2m$

$\lambda = 0,12m$

II) CORRETA. A frequência f da onda é dada por:

$f = \frac{\text{n.° oscilações}}{\Delta t}$

$f = \frac{10}{4,0}\ (Hz)$

$f = 2,5Hz$

III) INCORRETA. Pela Equação Fundamental da Ondulatória, obtemos:

$V = \lambda f$

$V = 0,12 \cdot 2,5\ (m/s)$

$V = 0,30m/s$

Resposta: C

7) Observamos na figura que a distância entre duas compressões máximas consecutivas é de 10cm:

$\lambda = 10cm$

Pela Equação Fundamental da Ondulatória, obtemos:

$V = \lambda f = \frac{\lambda}{T}$

$V = \frac{10}{2,5}\ \left(\frac{cm}{s}\right)$

$V = 4,0cm/s$

Resposta: D

8) a) Observando-se a escala da figura, conclui-se que a décima parte da amplitude A da onda é de 3cm:

$\frac{A}{10} = 3cm$

$A = 30cm = 0,30m$

b) Observando-se a escala da figura, conclui-se que a décima parte do comprimento de onda λ da onda é de 9cm.

$\frac{\lambda}{10} = 8cm$

$\lambda = 80cm = 0,80m$

Pela equação Fundamental da Ondulatória, obtém-se:

$V = \lambda f$

$4 = 0,8 \cdot f$

$f = 5Hz$

Respostas: a) $A = 30cm = 0,30m$

b) $f = 5Hz$

9) Para o ponto P retornar pela primeira vez à sua posição inicial, ele realiza meia oscilação:

$\frac{T}{2} = 3,0 \cdot 10^{-2}s$

$T = 6,0 \cdot 10^{-2}s$

Pela Equação Fundamental da Ondulatória, obtemos:

$V = \lambda f = \frac{\lambda}{T}$

$12 = \frac{\lambda}{6,0 \cdot 10^{-2}}$

$\lambda = 7,2 \cdot 10^{-1}m$

Resposta: D

10) a) Como se trata de um pulso senoidal, o ponto P realiza um Movimento Harmônico Simples.

b) O ponto P retorna à sua posição inicial, após ser atingido por duas cristas e um vale da onda, que possui amplitude A de 5,0cm. O ponto P então se desloca de 5,0cm para cima, 10cm para baixo, 10cm para cima e, novamente, 5,0cm para baixo. A distância total D então percorrida é de:

$D = 5,0cm + 10cm + 10cm + 5,0cm$

$D = 30cm$

Observe que, após a passagem do pulso, o ponto P retorna à sua posição inicial. Seu deslocamento então é nulo.

c) Observamos na figura que o comprimento de onda λ do pulso é de 16cm ou 0,16m. Pela Equação Fundamental da Ondulatória, obtemos:

$V = \lambda f = \frac{\lambda}{T}$

$3,2 = \frac{0,16}{T}$

$T = 5,0 \cdot 10^{-2}s$

Para um deslocamento de 5,0cm, o ponto P realiza um quarto de oscilação:

$\Delta t = \frac{1}{4} T$

$\Delta t = \frac{1}{4}\ 5{,}0 \cdot 10^{-2}s$

$\Delta t = 1{,}25 \cdot 10^{-2}s$

Respostas: a) Movimento Harmônico Simples
b) D = 30cm
c) $\Delta t = 1{,}25 \cdot 10^{-2}s$

■ Módulo 14 – Fenômenos Ondulatórios

1) a) Frequência de batimentos (f_{BAT}) =
= frequência maior (f_A) – frequência menor (f_B)

$f_{BAT} = 4{,}0 \frac{\text{batimentos}}{\text{segundo}}$ (o som fica forte e fraco quatro vezes por segundo, porque $f_A - f_B < 10Hz$)

$f_A - f_B = 4{,}0Hz$

$f_A - 1540 = 4{,}0$

$f_A = 1540 + 4{,}0\ (Hz)$

$f_A = 1544Hz$

b) Frequência do som resultante:

$f_r = \frac{f_A + f_B}{2}$ (média aritmética das frequências)

$f_r = \frac{1544 + 1540}{2}\ (Hz)$

$f_r = 1542Hz$

Respostas: a) 1544Hz
b) 1542Hz

2) a) $\frac{f_{SI}}{f_{LÁ}} = \frac{\frac{15}{8}}{\frac{5}{3}}$

$\frac{f_{SI}}{400} = \frac{15}{8} \cdot \frac{3}{5}$

$f_{SI} = \frac{400 \cdot 9}{8}\ (Hz)$

$f_{SI} = 450Hz$

b) $f_{BAT} = f_{SI} - f_{LÁ\ desafinado\ com\ 10\%\ a\ mais\ de\ frequência}$

$f_{BAT} = 450Hz - 110\%$ da frequência do LÁ (Hz)

$f_{BAT} = 450Hz - \frac{110}{100} \cdot 400Hz$

$f_{BAT} = 450Hz - 440Hz$

$f_{BAT} = 10Hz$

Respostas: a) 450Hz b) 10Hz

3) $f_{BAT} = 10Hz$

$|f_2 - f_1| = 10Hz$

$\left|\frac{1}{2L_2}\sqrt{\frac{F_2}{\rho}} - \frac{1}{2L_1}\sqrt{\frac{F_1}{\rho}}\right| = 10$

$\left|\frac{1}{2 \cdot 0{,}50}\sqrt{\frac{100}{\rho}} - \frac{1}{2 \cdot 0{,}25}\sqrt{\frac{36}{\rho}}\right| = 10$

$\left|\frac{10}{\sqrt{\rho}} - \frac{6}{0{,}5\sqrt{\rho}}\right| = 10$

$\left|\frac{10}{\sqrt{\rho}} - \frac{12}{\sqrt{\rho}}\right| = 10$

$\left|-\frac{2}{\sqrt{\rho}}\right| = 10$

$\frac{2}{10} = \sqrt{\rho}$

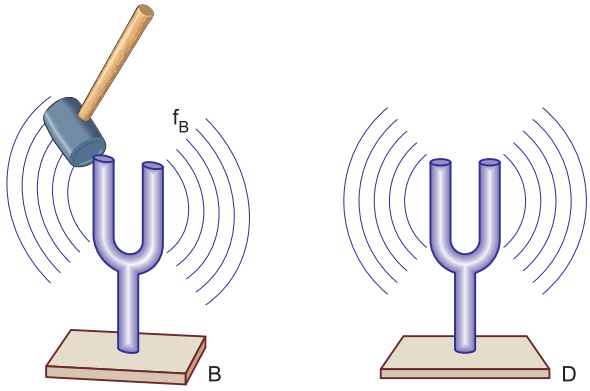
$0{,}2 = \sqrt{\rho}$

$\rho = 0{,}04kg/m$

$\rho = 40g/m$

Resposta: 40g/m

4) Ao percutir o diapasão B, o diapasão D também entra em vibração:

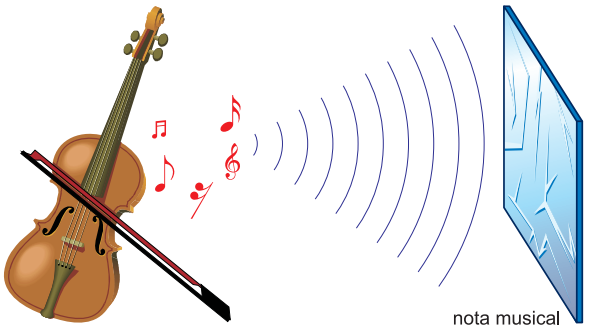


A transmissão de energia de forma periódica de uma fonte de ondas para um sistema que passa a vibrar numa de suas frequências naturais denomina-se ressonância.
Resposta: D

5) Para ocorrer a ressonância entre os diapasões C e D, as suas frequências de vibração, respectivamente f_C e f_D, devem ser iguais ($f_C = f_D$).
Resposta: C

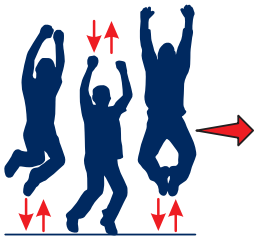
6) Os osciladores A e C entraram em ressonância, pois têm frequências naturais iguais ($f_A = f_C$), o que não ocorre com o oscilador B. Assim: $f_A = f_C \neq f_B$
Resposta: D

7) O violino trinca a lâmina de cristal à distância ao emitir determinada nota musical.



O violino emite um som com frequência igual a uma das frequências naturais do cristal, que, por ressonância, passa a vibrar com amplitudes crescentes até trincar a lâmina.
Resposta: B

8)



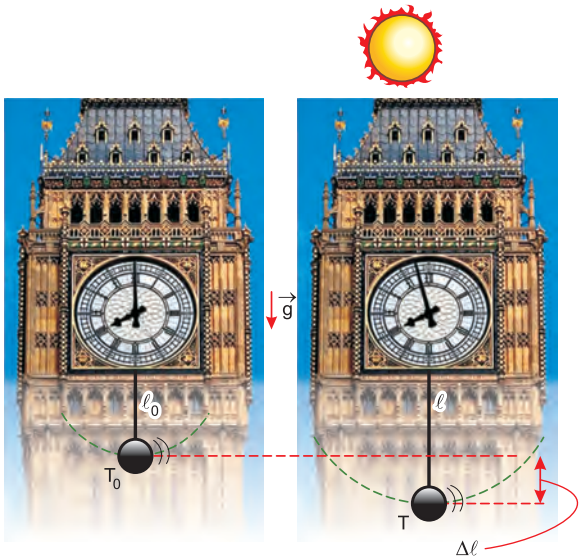
Torcedores pulam nas arquibancadas

O estádio do Morumbi passa a vibrar com risco de desabar

A frequência dos saltos dos torcedores é igual a uma das frequências naturais de vibração do concreto armado e dos materiais que sustentam a estrutura do estádio, e ocorre o *fenômeno da ressonância*. É importante notar que, à medida que acontece a transferência de energia, o estádio oscila com amplitudes crescentes que podem trincar colunas e vigas.
Resposta: D

■ Módulo 15 – Dilatação Térmica dos Sólidos e dos Líquidos

1)



(dilatação do comprimento)

O período T_0 do pêndulo do relógio de comprimento ℓ_0 num campo gravitacional de módulo g é calculado por:

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell_0}{g}}$$

O aquecimento do pêndulo provoca um aumento do seu comprimento para ℓ ($\ell = \ell_0 + \Delta\ell$), que aumenta o período para T. O relógio passa a oscilar num tempo maior, fica mais lento e atrasa.
Resposta: E

2) **I)** ***Verdadeira.***
Para os três lados do triângulo, $L = L_0\,\alpha\,\Delta\theta$.

II) ***Verdadeira.***
Os três lados do triângulo sofrem o mesmo aumento relativo de comprimento, isto é, são acrescidos da mesma porcentagem.

$$\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha\,\Delta\theta \text{ ou } \left(\frac{\Delta L}{L_0}\right)_{\%} = \alpha\,\Delta\theta \cdot 100\%$$

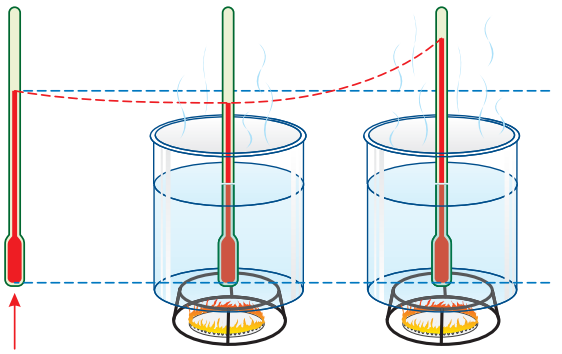
Os ângulos internos do triângulo não se alteram, o que justifica a citada semelhança.

III) ***Falsa.***

Resposta: B

3) **O vidro pirex tem baixo coeficiente de dilatação térmica e, por isso, as diferenças de temperaturas provocam menos tensões entre as partes mais frias e mais quentes, minimizando o risco de trincas, ao contrário do que ocorre com o vidro que possui coeficiente maior.**
Resposta: B

4)



Termômetro de mercúrio com corpo de vidro

A coluna de mercúrio desce um pouco, pois o vidro dilata-se antes que o mercúrio

Quando a coluna de mercúrio é aquecida, ela se eleva para indicar a temperatura da água quente

Resposta: B

5) **Quando uma lâmina bimetálica é aquecida, ela curva-se, ficando do lado externo (convexo) o material que se dilata mais. Quando é esfriada, ocorre o contrário, o que se dilata mais fica na parte interna (côncavo), pois esse material também se contrai mais.**
Assim, nesta questão o material adequado para a placa M_2 deve ser o alumínio, que tem coeficiente de dilatação maior.
Resposta: B

6) Deve-se mergulhar a tampa do frasco na água quente. O zinco irá dilatar-se mais que o vidro, soltando-se do gargalo.

7) O espaçamento é igual à dilatação linear ΔL do trilho:

$\Delta L = L_0 \alpha \Delta\theta$

$\Delta L = 12m \cdot 1{,}1 \cdot 10^{-5}\ °C^{-1} \cdot (40°C - 0)$

$\Delta L = 12 \cdot 1{,}1 \cdot 40 \cdot 10^{-5}(m)$

$\Delta L = 528 \cdot 10^{-5}m$

$\Delta L = 0{,}528 \cdot 10^{-2}m$

$\Delta L \cong 0{,}53cm$

Resposta: E

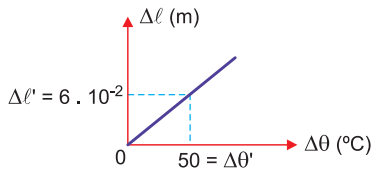
8) O comprimento ℓ da barra a 110°C vale:

$\ell = \ell_0 + \Delta\ell$

$\ell = 100 + \ell_0 \alpha \Delta\theta$

$\ell = 100 + 100 \alpha (110 - 10)$

Cálculo do Coeficiente de Dilatação α



$\Delta\ell' = \ell_0 \alpha \Delta\theta'$

$6 \cdot 10^{-2} = 100 \cdot \alpha \cdot 50$

$\alpha = \dfrac{6 \cdot 10^{-2}}{5 \cdot 10^{3}}\ (°C^{-1})$

$\alpha = 1{,}2 \cdot 10^{-5}\ °C^{-1}$

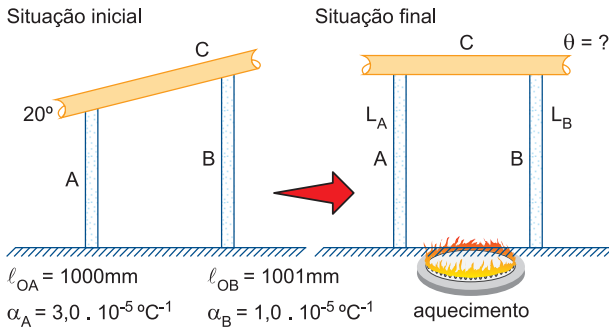
$\ell = 100 + 100 \cdot 1{,}2 \cdot 10^{-5} \cdot 100\ (m)$

$\ell = 100 + 1{,}2 \cdot 10^{-1} = 100 + 0{,}12\ (m)$

$\ell = 100{,}12m$

Resposta: D

9)



Na situação final, os comprimentos das barras L_A e L_B ficam iguais:

$L_A = L_B$

$L_{0A} + \Delta\theta_A = L_{0B} + \Delta\theta_B$

$1000 + L_{0A} \cdot \alpha_A \cdot \Delta\theta = 1001 + L_{0B} \cdot \alpha_B \cdot \Delta\theta$

$1000 + 1000 \cdot 3{,}0 \cdot 10^{-5} (\theta - 20) = 1001 + 1000 \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-5} (\theta - 20)$

$3{,}0 \cdot 10^{-2} (\theta - 20) - 1{,}0 \cdot 10^{-2} (\theta - 20) = 1001 - 1000$

$(\theta - 20)(3{,}0 \cdot 10^{-2} - 1{,}0 \cdot 10^{-2}) = 1$

$\theta - 20 = \dfrac{1}{2{,}0 \cdot 10^{-2}}$

$\theta - 20 = \dfrac{100}{2}$

$\theta - 20 = 50$

$\theta = 50 + 20$

$\theta = 70°C$

Resposta: C

10) Cálculo da dilatação linear ΔL de uma barra cujo comprimento inicial é $L_0 = 80cm$ ao sofrer uma variação de temperatura $\Delta\theta = 20°C$:

$\Delta L = L_0 \alpha \Delta\theta$

$\Delta L = 80 \alpha 20$

$\Delta L' = L'_0 \alpha \Delta\theta'$

$2{,}0 \cdot 10^{-2} = 1000 \cdot \alpha \cdot 1{,}0$

$\alpha = 2{,}0 \cdot 10^{-5}\ °C^{-1}$

cálculo do coeficiente de dilatação linear α

$\Delta L = 80 \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-5} \cdot 20\ (cm)$

$\Delta L = 3200 \cdot 10^{-5}\ cm$

$\Delta L = 0{,}32 \cdot 10^{4} \cdot 10^{-5}\ cm$

$\Delta L = 0{,}32 \cdot 10^{-1}cm$

$\Delta L = 0{,}32mm$

Resposta: B

11)

$Q = mc\,\Delta\theta$ → Variação de temperatura

- Quantidade de calor absorvida pela barra (cal)
- Massa da barra que se dilata:

Densidade linear da barra = $\frac{\text{massa}}{\text{comprimento}}$

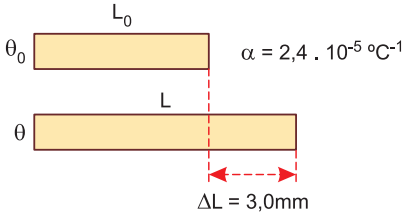
$\rho = \frac{m}{L}$

$m = \rho \cdot L_0$

$m = 2{,}8 \cdot 10^{-3} L_0$

- Calor específico sensível do alumínio

0,20 cal/g °C



$\Delta L = 3{,}0mm$

$L_0\,\alpha\Delta\theta = 3{,}0$

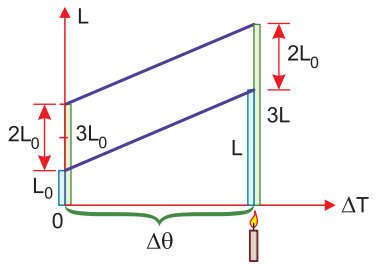
$\Delta\theta = \frac{3{,}0}{L_0 \cdot \alpha} = \frac{3{,}0}{L_0\,2{,}4 \cdot 10^{-5}}$ $\Delta\theta = \frac{1{,}25 \cdot 10^5}{L_0}$

$Q = 2{,}8 \cdot 10^{-3} L_0 \cdot 0{,}20 \cdot \frac{1{,}25 \cdot 10^5}{L_0}$ $Q = 0{,}70 \cdot 10^2$ cal $Q = 70$ cal

Resposta: B

---

12) **A barra B tem o comprimento inicial maior ($3L_0$) que a barra A (L_0) e, como a diferença de comprimento entre elas não varia ($2L_0$) para qualquer variação de temperatura (ΔT), o coeficiente de dilatação térmica da barra menor A deve ser proporcional ao da barra B ($\alpha_A = 3\alpha_B$). Graficamente, teríamos:**



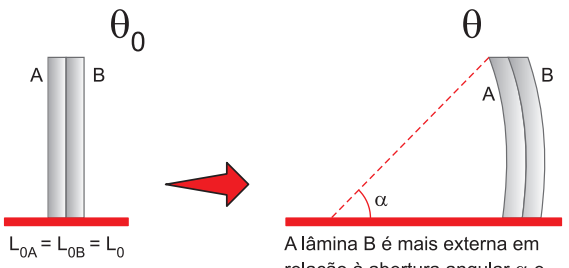
$\Delta L_A = \Delta L_B$

$L_0\,\alpha_A \cdot \Delta\theta = 3L_0\,\alpha_B\,\Delta\theta$

$\alpha_A = 3\alpha_B$

Resposta: E

13)



$L_{0A} = L_{0B} = L_0$

Comprimentos iniciais iguais das lâminas A e B na temperatura θ_0

A lâmina B é mais externa em relação à abertura angular α e, por isso, apresenta comprimento maior que o da lâmina A na temperatura θ

Assim:

$\Delta L_B > \Delta L_A$

$L_0\,\alpha_B\,\Delta\theta > L_0\,\alpha_A\,\Delta\theta$

$\alpha_B > \alpha_A$

O coeficiente de dilatação da lâmina B é maior que o da lâmina A.

Resposta: B

14) **Resposta: D**

15) **A estrutura do forno é feita de cobre, cujo coeficiente de dilatação médio é igual a $17 \cdot 10^{-6}\ °C^{-1}$. Para que os parafusos não forcem e nem afrouxem em demasia a estrutura do forno nos furos, deve ser escolhido um material cujo coeficiente de dilatação médio seja o mais próximo possível do valor acima citado.**
Analisando os materiais relacionados no texto, concluímos que a melhor opção é o latão ($19 \cdot 10^{-6}\ °C^{-1}$).
Resposta: E

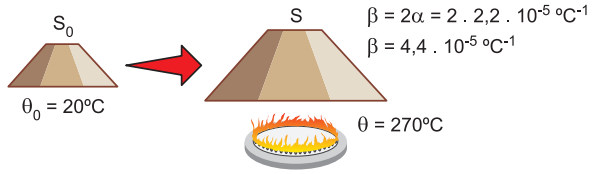
16) **I) FALSA.**
Sendo $\alpha_{Zn} > \alpha_{aço}$, a chapa irá dilatar-se mais do que a esfera. O orifício também irá aumentar e a esfera passará com folga.

II) CORRETA.
Aquecendo-se apenas a chapa, o orifício irá aumentar e a esfera continuará com as mesmas dimensões. A esfera passará com folga pelo orifício.

III) CORRETA.
Ao resfriarmos o conjunto, a chapa irá contrair-se mais ($\alpha_{zinco} > \alpha_{aço}$). O orifício ficará menor do que a esfera e esta não mais passará.

Resposta: E

17)



$\Delta S = S_0\ \beta\ \Delta\theta$

$\Delta S = S_0 \cdot 4{,}4 \cdot 10^{-5} \cdot (270 - 20)$

$\Delta S = S_0 \cdot 4{,}4 \cdot 10^{-5} \cdot 250$

$\Delta S = S_0 \cdot 1100 \cdot 10^{-5}$

$\Delta S = S_0 \cdot 1{,}1 \cdot 10^{3} \cdot 10^{-5}$

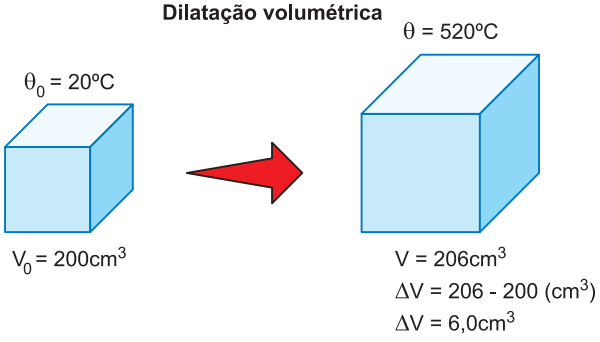
$\Delta S = 1{,}1 \cdot 10^{-2}\ S_0$

$\Delta S = \frac{1{,}1}{100}\ S_0 = 1{,}1\%$ de S_0

A dilatação superficial ΔS é igual a 1,1% da área inicial S_0.
Resposta: B

18)

Dilatação volumétrica



$\Delta V = 6{,}0cm^3$

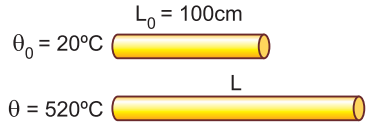
$V_0\ \gamma\ \Delta\theta = 6{,}0$

$200 \cdot \gamma\ (520 - 20) = 6{,}0$

$200\ \gamma\ 500 = 6{,}0$

$\gamma = \frac{6{,}0}{100\,000}$

$\gamma = 6{,}0 \cdot 10^{-5}\ °C^{-1}$



Dilatação Linear

$L = L_0 + \Delta L$

$L = 100 + L_0\ \alpha\ \Delta\theta$

$L = 100 + 100\ \frac{\gamma}{3}\ (520 - 20)$

$L = 100 + 100\ \frac{6{,}0 \cdot 10^{-5}}{3}\ \cdot 500\ (cm)$

$L = 100 + 100 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot 500\ (cm)$

$L = 100 + 10 \cdot 10^{-1}\ (cm)$

$L = 100 + 1\ (cm)$

$L = 101cm$

Resposta: A

19) **a)** **O termômetro indica a temperatura de 38°C.**
A conversão para a escala Fahrenheit é feita pela expressão:

$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9}$

$\frac{38}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9}$

$68{,}4 = \theta_F - 32$

$\theta_F = 100{,}4°F$

b) **Na dilatação do mercúrio, supondo que o vidro não se dilatou, temos:**

$\Delta V = V_0\ \gamma\ \Delta\theta$

$Ah = V_0\ \gamma\ \Delta\theta$

$A \cdot 18 = 6 \cdot 1{,}8 \cdot 10^{-4} \cdot (39 - 37)$

$A = 1{,}2 \cdot 10^{-4}\ mm^2$

Respostas: **a) 100,4°F**
b) $1{,}2 \cdot 10^{-4} mm^2$

20) $\Delta V = V_0\ \gamma\ \Delta\theta$

$\Delta V = 1{,}0 \cdot 10^{4}\ell \cdot 9{,}0 \cdot 10^{-4}\ °C^{-1} \cdot (10°C - 30°C)$

$\Delta V = 1{,}0 \cdot 10^{4}\ell \cdot 9{,}0 \cdot 10^{-4}\ \frac{1}{°C} \cdot (-\ 20°C)$

$\Delta V = -180\ell$

O sinal negativo indica a contração do volume e a perda da companhia em litros (180ℓ).
Resposta: E

21) $\Delta V = V_0\ \gamma \Delta\theta$

$\Delta V = 120\ell \cdot 1{,}2 \cdot 10^{-3} °C^{-1} \cdot (30°C - 10°C)$

$\Delta V = 120\ell \cdot 1{,}2 \cdot 10^{-3}\ \frac{1}{°C} \cdot 20°C$

$\Delta V = 2880 \cdot 10^{-3}\ (\ell)$

$\Delta V = 2{,}88\ell$

Resposta: C

22) **Como o mercúrio apresenta um coeficiente de dilatação maior que o cobre, seu aumento de volume deveria cobrir o aumento do gás e do recipiente:**

$\Delta V_{Hg} = \Delta V_{Gás} + \Delta V_R$

Porém, o exercício afirma que o gás deve permanecer com volume constante, ou seja, $\Delta V_{Gás} = 0$. Assim, como o aumento de temperatura é igual para todos:

$\Delta V_{Hg} = 0 + \Delta V_R$; $V_{0_{Hg}} \cdot \gamma_{Hg} \cdot \Delta\theta = V_{0_R} \cdot \gamma_{cobre} \cdot \Delta\theta$

$V_{0_{Hg}} \cdot 180 \cdot 10^{-6} = 4 \cdot 45 \cdot 10^{-6}$; $V_{0_{Hg}} = \frac{180 \cdot 10^{-6}}{180 \cdot 10^{-6}} \ell = 1{,}0\ell$

23) É-nos dado $\mu_2 = 10{,}03 g/cm^3$; $\mu_1 = 10{,}00 g/cm^3$; $\theta_2 = 100°C$; $\theta_1 = 32°F$ e pede-se o coeficiente de dilatação linear α. Sabemos que $\gamma = 3 \cdot \alpha$ e podemos utilizar a expressão $\mu_2 = \frac{\mu_1}{(1 + \gamma \cdot \Delta\theta)}$ para achar γ. Porém, antes precisamos transformar $\theta_1 = 32°F$ em graus Celsius.

$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9}$; $\frac{\theta_C}{5} = \frac{32 - 32}{9}$; $\theta_1 = 0°C$

$\mu_2 = \frac{\mu_1}{1 + \gamma \cdot \Delta\theta}$

$10{,}03 = \frac{10{,}00}{(1 + \gamma\,(0 - 100)}$; $10{,}03 \cdot (1 - 100\gamma) = 10{,}00$

$10{,}03 - 1003\gamma = 10{,}00$

$-1003\gamma = -0{,}03$; $\gamma = \frac{3 \cdot 10^{-2}}{1003} °C^{-1} \cong \gamma \cong 3 \cdot 10^{-5} °C^{-1} = 30 \cdot 10^{-6} °C^{-1}$

$\alpha = \frac{\gamma}{3}$ $\quad \alpha = \frac{30 \cdot 10^{-6} °C^{-1}}{3}$ $\quad \alpha = 10 \cdot 10^{-6} °C^{-1}$

Resposta: B

24) 1) Cálculo da massa:

$d_g = \frac{m}{V_g} \Rightarrow V_g = \frac{m}{d_g}$

$d_a = \frac{m}{V_a} \Rightarrow V_a = \frac{m}{d_a}$

$\Delta V = V_g - V_a$

$\Delta V = \frac{m}{d_g} - \frac{m}{d_a} = m \left[\frac{1}{d_g} - \frac{1}{d_a} \right]$

$\Delta V = m \frac{(d_a - d_g)}{d_g \cdot d_a}$

$m = \frac{\Delta V\, d_g\, d_a}{d_a - d_g}$

$m = \frac{20 \cdot 0{,}9 \cdot 1{,}0}{1{,}0 - 0{,}9}$ (g) $\Rightarrow$ $m = 180g$

2) Calor cedido pela água:

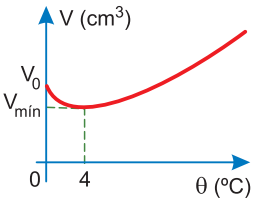
$Q = m\,c\,\Delta\theta + m\,L = m\,(c\,\Delta\theta + L)$

$Q = 180\,(1{,}0 \cdot 20 + 80)$ (cal)

$Q = 18000$ cal

Resposta: A

25) O volume de uma certa massa de água é mínimo a 4°C. Assim, o gráfico correto para a dilatação anômala da água é o *a*.



Resposta: A

FRENTE 3 – ELETRICIDADE

■ Módulo 12 – Força Eletrostática

1) Sendo ambas positivas, as partículas se repelem com uma força dada por

$F = \frac{K_0 \cdot |Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2}$

$K_0 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2$

$Q_1 = Q_2 = 8{,}0 \cdot 10^{-6} C$

$d = 30cm = 3{,}0 \cdot 10^{-1} m$

$F = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot |8{,}0 \cdot 10^{-6}| \cdot |8{,}0 \cdot 10^{-6}|}{(3{,}0 \cdot 10^{-1})^2}$ (N)

$F = 6{,}4N$

Resposta: A

2) A força eletrostática entre os dois corpúsculos é dada por

$F = K_0 \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2}$

Sendo: $K_0 = 9 \cdot 10^9 N \cdot m^2/C^2$

$Q_1 = Q_2 = Q$

$d = 1{,}0cm = 1{,}0 \cdot 10^{-2} m$

$F = 3{,}6 \cdot 10^2 N$

Substituindo:

$3{,}6 \cdot 10^2 = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot Q^2}{(1{,}0 \cdot 10^{-2})^2}$

$Q = 2 \cdot 10^{-6} C$

$Q = 2\mu C$

Resposta: E

3) $F = K_0 \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2}$

$0{,}6 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2Q \cdot 3Q}{3^2}$

$6 \cdot 10^{-1} = 6 \cdot 10^9 \cdot Q^2$

$Q^2 = 1 \cdot 10^{-10}$

$Q = 1 \cdot 10^{-5} C$

$Q = 10 \cdot 10^{-6} C$

Resposta: B

4) a) As esferas possuem cargas opostas e por isso se atraem. A força de atração pode ser calculada pela Lei de Coulomb:

$$F = K_0 \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2}$$

sendo: $K_0 = 9 \cdot 10^9 N \cdot m^2/c^2$
$Q_1 = 1 \cdot 10^{-9} C$
$Q_2 = -5 \cdot 10^{-10} C$
$d = 0,3m$

temos: $F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|1 \cdot 10^{-9}| \cdot |-5 \cdot 10^{-10}|}{(0,3)^2} (N)$

$F = 5 \cdot 10^{-8} N$

b) Após o contato, as novas cargas serão iguais:

$$Q'_1 = Q'_2 = \frac{Q_1 + Q_2}{2} = \frac{1 \cdot 10^{-9} - 5 \cdot 10^{-10}}{2} (C) = 2,5 \cdot 10^{-10} C$$

A nova força entre elas tem módulo:

$$F' = K_0 \cdot \frac{|Q'_1| \cdot |Q'_2|}{d^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(2,5 \cdot 10^{-10})^2}{(0,3)^2} (N)$$

$F' = 6,25 \cdot 10^{-9} N$

e como ambas são positivas, $\vec{F'}$ é repulsiva.

5) $$F = \frac{K \cdot |Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2}$$

$$F = \frac{K \cdot |2 \cdot Q_1| \cdot |2 \cdot Q_2|}{(2d)^2} = \frac{4K \cdot |Q_1| \cdot |Q_2|}{4 \cdot d^2} = \frac{K \cdot |Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2}$$

$$\therefore \frac{F'}{F} = 1$$

Resposta: C

6) I. Correta
As cargas do próton e do elétron são iguais em módulo ($e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$) e o módulo da força, dado pela Lei de Coulomb, é o mesmo nos três esquemas:

$$F = K \cdot \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2} = K \cdot \frac{e^2}{d^2}$$

II. Correta
De acordo com a lei da ação e reação.

III. Correta

IV. Errada
A força é atrativa apenas no esquema 2.

Resposta: A

7) Após o contato, ambas adquirem a mesma carga, dada por:

$$Q'_1 = Q'_2 = \frac{Q_1 + Q_2}{2} = \frac{16 + (-4,0)}{2} (\mu C) = 6,0 \mu C = 6,0 \cdot 10^{-6} C$$

A força de repulsão entre elas tem módulo dado pela Lei de Coulomb:

$$F = K_0 \cdot \frac{|Q'_1| \cdot |Q'_2|}{d^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(6,0 \cdot 10^{-6})^2}{(3,0 \cdot 10^{-2})^2} (N)$$

F = 360N

Resposta: D

8) a) $$F = K_0 \cdot \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2} = 0,18N$$

$$F' = K_0 \cdot \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{(3d)^2} = \frac{1}{9} \cdot K_0 \cdot \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2} = \frac{1}{9} \cdot 0,18 = 0,02N$$

b) $$F'' = K_0 \cdot \frac{|0,5 \cdot Q_1| |0,5 \cdot Q_2|}{(0,5d)^2} = \frac{0,25 K_0 \cdot |Q_1| \cdot |Q_2|}{0,25 \cdot d^2} = \frac{0,25}{0,25} \cdot 0,18$$

$F'' = 0,18N$

9) A força de atração elétrica atua como força centrípeta:

$$F_{elé} = \frac{m V^2}{R}$$

$$\frac{K \cdot |e| \cdot |e|}{R^2} = \frac{m V^2}{R}$$

$$\frac{K \cdot e^2}{R} = m V^2$$

$$\frac{9 \cdot 10^9 \cdot (1,6 \cdot 10^{-19})^2}{10^{-10}} = 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot V^2$$

V = 1,6 . 10^6 m/s

Resposta: C

10) A força de atração elétrica atua como força centrípeta. Seja m a massa do corpo em movimento circular. Assim,

$$F_{elé} = \frac{m V^2}{R}$$

$$\frac{K \cdot |-q| \cdot |+q|}{r^2} = \frac{m V^2}{r}$$

$$\frac{K \cdot q^2}{r} = m V^2$$

$$V = \sqrt{\frac{K \cdot q^2}{m \cdot r}}$$

Se o raio da trajetória passar a valer r' = 2r, então a nova velocidade será:

$$V' = \sqrt{\frac{Kq^2}{m \cdot r'}} = \sqrt{\frac{Kq^2}{m \cdot 2r}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{Kq^2}{m r}}$$

$$V' = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot V$$

racionalizando, $V' = \frac{\sqrt{2} V}{2}$

Resposta: A

11) O corpo A possui excesso de prótons e, portanto, sua carga elétrica é positiva: $q_A = + n_A \cdot e$, em que e é a carga elementar. O corpo B possui excesso de elétrons e, consequentemente, sua carga é negativa: $q_B = n_B \cdot e$. Após o processo de eletrização, a nova carga de B passou a valer:

$q'_B = (-n_B e) - (-2n_B \cdot e) = + n_B \cdot e$

Inicialmente, a força entre A e B vale:

$$F_1 = \frac{K \cdot |q_A| \cdot |q_B|}{d^2} = \frac{K \cdot |n_A \cdot e| \cdot |-n_B \cdot e|}{d^2} = \frac{K \cdot e^2 \cdot n_A \cdot n_B}{d^2}$$

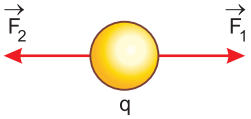
e após a eletrização de B, vale:

$$F_2 = \frac{K \cdot |q_A| \cdot |q'_B|}{d^2} = \frac{K \cdot |n_A \cdot e| \cdot |n_B \cdot e|}{d^2} = \frac{K \cdot e^2 \cdot n_A \cdot n_B}{d^2}$$

das quais concluímos que $F_2 = F_1$

Resposta: C

12) Seja $\vec{F}_1$ a força de repulsão elétrica entre 2Q e q e seja $\vec{F}_2$ a força de repulsão elétrica entre q e Q.



Aplicando a Lei de Coulomb, temos:

$$F_1 = \frac{K \cdot |2Q| \cdot |q|}{(2L)^2} = \frac{1}{2} \frac{K \cdot Q \cdot q}{L^2}$$

$$F_2 = \frac{K \cdot |q| \cdot |Q|}{L^2}$$

Observe que $F_2 = 2\,F_1$ e a força resultante tem módulo:

$F_R = F_2 - F_1 = 2\,F_1 - F_1 = F_1$.

Portanto, a força resultante tem sentido de q para 2Q e vale $\frac{K \cdot Q \cdot q}{2\,L^2}$.

Resposta: C

13) Após o contato, as esferas A e C adquirem cargas + Q/2 cada uma. Assim, a força de repulsão entre A e C, separadas por uma distância d_1, tem módulo:

$$F_{AC} = \frac{K \cdot |Q/2| \cdot |Q/2|}{d_1^2}$$

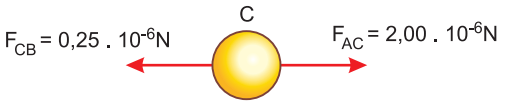
$$2{,}00 \cdot 10^{-6} = \frac{K \cdot Q^2/4}{(2 \cdot 10^{-2})^2}$$

$$KQ^2 = 32 \cdot 10^{-10}$$

A força de repulsão entre C e B é dada por:

$$F_{CB} = \frac{K \cdot |Q/2| \cdot |Q|}{d_2^2} = \frac{K \cdot Q^2/2}{(8 \cdot 10^{-2})^2} = \frac{KQ^2}{128 \cdot 10^4}$$

$$F_{CB} = \frac{32 \cdot 10^{-10}}{128 \cdot 10^{-4}}\,(N) = 0{,}25 \cdot 10^{-6}N$$



Portanto, a força resultante tem módulo

$F_R = 2{,}00 \cdot 10^{-6}N - 0{,}25 \cdot 10^{-6}N$

$F_R = 1{,}75 \cdot 10^{-6}N$

orientada para a direita.

Resposta: B

14) Da Lei de Coulomb, aplicada para as partículas B e C, temos:

$$F_{BC} = \frac{K \cdot |Q_B| \cdot |Q_C|}{d_{BC}^2}$$

$$3{,}0 \cdot 10^{-6} = \frac{K \cdot Q^2}{(3{,}0 \cdot 10^{-2})^2}$$

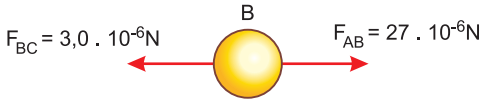
$$KQ^2 = 27 \cdot 10^{-10}$$

A força entre A e B tem módulo dado por:

$$F_{CB} = \frac{K \cdot |Q_A| \cdot |Q_B|}{d_{AB}^2} = \frac{K \cdot Q^2}{(1{,}0 \cdot 10^{-2})^2} = \frac{27 \cdot 10^{-10}}{1{,}0 \cdot 10^{-4}}\,(N)$$

$F_{AB} = 27 \cdot 10^{-6}N$

Portanto, a força resultante tem intensidade:



$F_R = 27 \cdot 10^{-6}N - 3{,}0 \cdot 10^{-6}N$

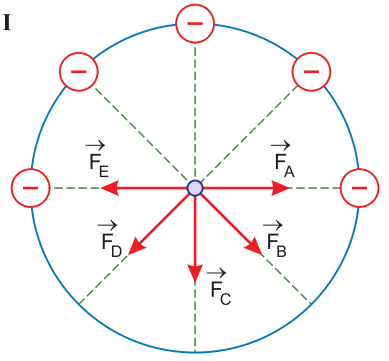
$F_R = 24 \cdot 10^{-6}N$

Orientada para a direita.

Resposta: D

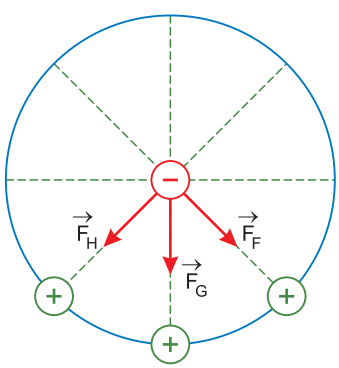
15) Na situação da figura I, a carga de prova está sujeita à ação de cinco forças repulsivas iguais.

I



Note, pela simetria da figura, que a força resultante $\vec{F}_1$ é a soma vetorial entre $\vec{F}_B$, $\vec{F}_C$ e $\vec{F}_D$, já que $\vec{F}_A$ e $\vec{F}_E$ se anulam. Na situação da figura II, aparecem mais três forças atrativas, de mesmo módulo que as cinco anteriores, nas mesmas direções de $\vec{F}_B$, $\vec{F}_C$ e $\vec{F}_D$.

II



Logo, a soma vetorial entre $\vec{F}_F$, $\vec{F}_G$ e $\vec{F}_H$ é exatamente igual a $\vec{F}_1$, o que nos fornece uma força total resultante $2\vec{F}_1$.

Resposta: E

■ Módulo 13 – Campo Elétrico

1) O módulo do campo elétrico é dado por

$$E = \frac{K \cdot |Q|}{d^2}$$

Sendo

$Q = 4{,}0\mu C = 4{,}0 \cdot 10^{-6}C$

$K = 9{,}0 \cdot 10^9 N \cdot m^2/C^2$

$d = 2{,}0mm = 2{,}0 \cdot 10^{-3}m$

Temos

$$E = \frac{9{,}0 \cdot 10^9 \cdot |4{,}0 \cdot 10^{-6}|}{(2{,}0 \cdot 10^{-3})^2} (N/C)$$

$E = 9{,}0 \cdot 10^9 N/C$

2) A intensidade do campo elétrico pode ser calculada pela expressão

$$E = \frac{F}{|q|}$$

Sendo $F = 0{,}80N$

$q = 2{,}0 \cdot 10^{-6}C$

Temos $E = \dfrac{0{,}80}{2{,}0 \cdot 10^{-6}} (N/C)$

$E = 4{,}0 \cdot 10^5 N/C$

Resposta: E

3) A intensidade do campo elétrico pode ser calculada pela expressão

$$E = \frac{F}{|q|}$$

Sendo $F = 1{,}2N$

$q = 4{,}0\mu C = 4{,}0 \cdot 10^{-6}C$

Temos $E = \dfrac{1{,}2}{4{,}0 \cdot 10^{-6}} (N/C)$

$E = 3{,}0 \cdot 10^5 N/C$

Resposta: A

4) De acordo com a 2ª Lei de Newton, $F_R = m \cdot a$

Como a força elétrica é a única força atuante, temos que

$F_{elétrica} = m \cdot a$

$|q| \cdot E = m \cdot a$

$$a = \frac{|q| \cdot E}{m}$$

Sendo

$q = 4\mu C = 4 \cdot 10^{-6}C$

$m = 5g = 5 \cdot 10^{-3}kg$

$E = 3 \cdot 10^3 N/C$

Temos:

$$a = \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^3}{5 \cdot 10^{-3}} (m/s^2)$$

$a = 2{,}4m/s^2$

Resposta: A

5) O campo elétrico de uma partícula positiva é radial e orientado para fora dela, como nos casos das figuras 1 e 2, e orientado para a partícula quando ela é negativa, como mostra a figura 3.

Na figura 1, $\vec{F}$ e $\vec{E}$ possuem o mesmo sentido e, portanto, q é positiva.

Nas figuras 2 e 3, $\vec{F}$ e $\vec{E}$ possuem sentidos contrários, logo q é negativa.

Assim, apenas as afirmações I e III são verdadeiras.

Resposta: C

6) O módulo do campo elétrico é calculado por

$$E = \frac{K \cdot |Q|}{d^2}$$

Note que E e d^2 são grandezas inversamente proporcionais, cujo gráfico é representado corretamente pela alternativa e.

Resposta: E

7) O módulo do campo elétrico é dado por

$$E = \frac{K \cdot |Q|}{d^2}$$

Para outra situação, na qual

$|Q'| = |2Q|$

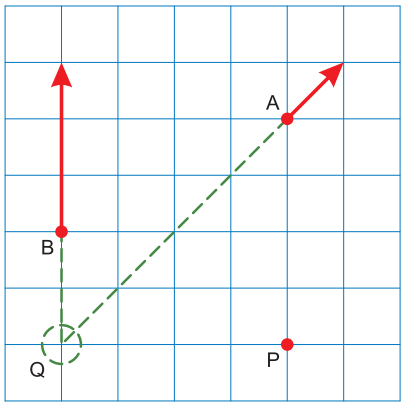
$d' = 3d$

tem-se

$$E' = \frac{K \cdot |Q'|}{(d')^2} = \frac{K \cdot |2Q|}{(3d)^2} = \frac{2K|Q|}{9d^2}$$

$$E' = \frac{2}{9} E$$

8) O campo elétrico de uma partícula é radial. As retas suportes dos vetores que representam o campo nos pontos A e B devem encontrar-se no local em que se situa a carga geradora do campo.



Note que a distância entre P e Q é o dobro da distância entre B e Q:

$d_p = 2d_B$

Os módulos do campo elétrico em B e em P são calculados por:

$$E_B = \frac{K \cdot |Q|}{d_B^2} = 24N/C$$

$$E_p = \frac{K \cdot |Q|}{d_p^2} = \frac{K|Q|}{(2d_B)^2} = \frac{1}{4}\frac{K|Q|}{d_B^2} = \frac{1}{4} \cdot 24N/C$$

$E_p = 6{,}0\ N/C$

Resposta: D

9) O campo elétrico de uma partícula positiva é de afastamento e o de uma negativa, de aproximação. O campo elétrico resultante é uma soma vetorial.

fig. 1

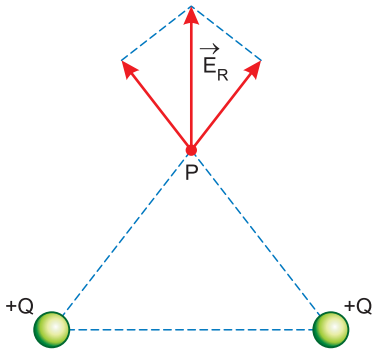
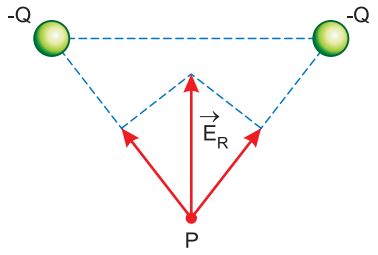
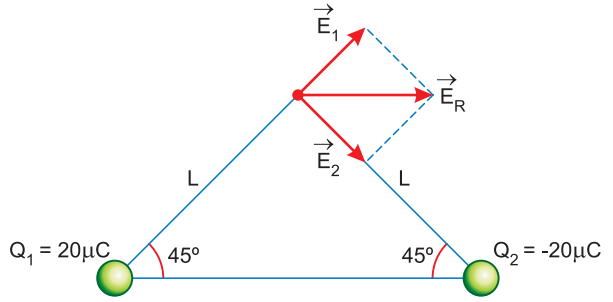


fig. 2



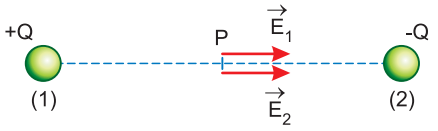
10) O campo elétrico de uma partícula positiva é radial e orientado para fora dela, enquanto o campo elétrico de uma partícula negativa é radial e orientado para ela. O campo elétrico resultante é uma soma vetorial.



Note que $\vec{E}_1$ e $\vec{E}_2$ possuem o mesmo módulo e, portanto, devem ser representados por flechas de mesmo comprimento.
Resposta: E

11) O campo elétrico resultante em P está orientado de (1) para (2) e seu módulo é dado por:

$E_R = E_1 + E_2$



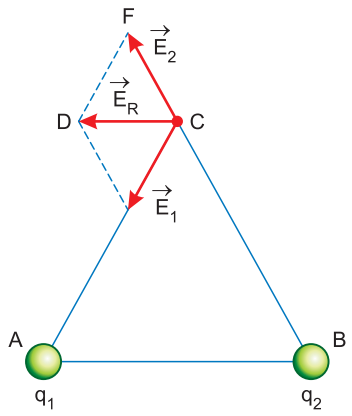
$$E_R = \frac{K \cdot |+Q|}{d^2} + \frac{K \cdot |-Q|}{d^2}$$

$$E_R = 2\frac{K \cdot Q}{d^2}$$

$$E_R = 2\frac{9{,}0 \cdot 10^9 \cdot (4{,}0 \cdot 10^{-8})}{2^2}\ (N/C)$$

$E_R = 180N/C$

12) O módulo do campo elétrico resultante pode ser calculado pela lei dos cossenos, como mostra a figura.



No entanto, os módulos de $\vec{E}_1$ e $\vec{E}_2$ são iguais:

$$E_1 = \frac{K \cdot |q_1|}{d_1^2} = \frac{9{,}0 \cdot 10^9 \cdot |4{,}0 \cdot 10^{-6}|}{(20 \cdot 10^{-2})^2}\ (N/C) = 9{,}0 \cdot 10^5 N/C$$

$$E_2 = \frac{K \cdot |q_2|}{d_2^2} = \frac{9{,}0 \cdot 10^9 \cdot |-4{,}0 \cdot 10^{-6}|}{(20 \cdot 10^{-2})^2}\ (N/C) = 9{,}0 \cdot 10^5 N/C$$

e, consequentemente, o triângulo CDF, indicado na figura, é equilátero. Assim sendo, temos que

$E_R = 9{,}0 \cdot 10^5 N/C$

Resposta: B

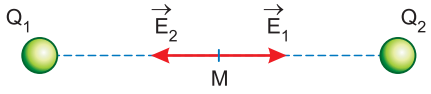
13) a) O módulo da força elétrica é dado pela Lei de Coulomb:

$$F = \frac{K \cdot |Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2}$$

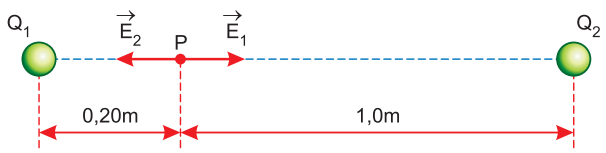
$$F = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (5 \cdot 10^{-6}) \cdot (5 \cdot 10^{-6})}{1^2} (N)$$

$$F = 2{,}25 \cdot 10^{-1} N$$

b) No ponto médio, as partículas geram campos elétricos de mesmo módulo e orientados em sentidos opostos. Dessa forma, o campo elétrico resultante nesse ponto é nulo.



14)



$$E_1 = \frac{K \cdot |Q_1|}{d_1^2} = \frac{9{,}0 \cdot 10^9 \cdot |4{,}0 \cdot 10^{-6}|}{(0{,}20)^2} (N/C) = 9{,}0 \cdot 10^5 N/C$$

$$E_2 = \frac{K \cdot |Q_2|}{d_2^2} = \frac{9{,}0 \cdot 10^9 \cdot |1{,}0 \cdot 10^{-4}|}{(1{,}0)^2} (N/C) = 9{,}0 \cdot 10^5 N/C$$

$E_R = E_1 - E_2 = 0$

Resposta: A

15) Nos dois casos, a intensidade do campo elétrico resultante é nula, pois todas as cargas possuem o mesmo valor e encontram-se dispostas simetricamente em relação ao baricentro.

16) Não há componente de força resultante na direção da diagonal que passa pelas partículas (–Q) e q_1. Disso concluímos que $q_1 = -Q$. Para justificar uma força resultante como indicada, devemos supor que

$|q_2| < Q$

e, consequentemente,

$q_1 + q_2 < 0$

já que $|q_1| > |q_2|$

Resposta: D

■ Módulo 14 – Potencial Elétrico

1) O potencial elétrico em P pode ser calculado pela expressão

$$V = \frac{K_0 \cdot Q}{d}$$

Sendo $Q = +4{,}0nC = 4{,}0 \cdot 10^{-9}C$
$d = 1{,}0 \cdot 10^{-3}m$
$K_0 = 9{,}0 \cdot 10^9 N.m^2/C^2$

Temos

$$V = \frac{9{,}0 \cdot 10^9 \cdot 4{,}0 \cdot 10^{-9}}{1{,}0 \cdot 10^{-3}} (V)$$

$V = 36 \cdot 10^3 V = 36kV$

2) O potencial elétrico é dado por

$$V = \frac{K_0 \cdot Q}{d}$$

Sabendo que
$V = 7{,}2 \cdot 10^4 V$
$K_0 = 9{,}0 \cdot 10^9 N.m^2/C^2$
$d = 1{,}0m$
Obtemos

$$7{,}2 \cdot 10^4 = \frac{9{,}0 \cdot 10^9 \cdot Q}{1{,}0}$$

$Q = 8{,}0 \cdot 10^{-6}C$
$Q = 8{,}0\mu C$
Resposta: B

3) a) A força elétrica entre Q_1 e Q_2 tem módulo dado pela Lei de Coulomb:

$$F = \frac{K \cdot |Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2}$$

Para $Q'_2 = 2Q_2$ e $d' = 2d$, temos:

$$F' = \frac{K \cdot |Q_1| \cdot |Q'_2|}{(d')^2} = \frac{K \cdot |Q_1| \cdot |2Q_2|}{(2d)^2}$$

$$F' = \frac{1}{2} \cdot \frac{K \cdot |Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2}$$

$$F' = \frac{1}{2} F = \frac{1}{2} \cdot 0{,}2N$$

$F' = 0{,}1N$

b) O potencial elétrico de Q_1 no ponto médio é dado por:

$$V_1 = \frac{K \cdot Q_1}{\frac{d}{2}} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-8}}{\frac{0{,}40}{2}} (V)$$

$V_1 = 1{,}8 \cdot 10^3 V$ ou $V_1 = 1{,}8kV$

4) Os valores do potencial elétrico (V) e do campo elétrico (E) são calculados pelas expressões:

$$V = \frac{K \cdot Q}{d} \qquad E = \frac{K \cdot |Q|}{d^2}$$

De acordo com as informações do problema:

$$V_A = \frac{K \cdot Q}{d_A} = 16V \qquad E_B = \frac{K \cdot |Q|}{d_B^2} = 4{,}0N/C$$

Devemos concluir que a partícula fixa em P é positiva, já que o potencial elétrico em A é positivo. Além disso, sabemos que $d_B = 2 \cdot d_A$. Assim:

$$V = \frac{KQ}{d_A} = 16 \Rightarrow KQ = 16 \cdot d_A$$

$$E_B = \frac{KQ}{d_B^2} \Rightarrow E_B = \frac{KQ}{(2d_A)^2} \Rightarrow 4{,}0 = \frac{16.d_A}{4 \,.\, d_A^2}$$

$$4{,}0 = \frac{4{,}0}{d_A}$$

$$\boxed{d_A = 1{,}0m}$$

Resposta: D

5) Chamemos de Q_1, Q_2 e Q_3 as cargas das três partículas, de modo que $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$. Seja d a distância entre uma partícula e outra, que corresponde ao comprimento de um lado do triângulo equilátero. A energia potencial do sistema é dada por:

$$U = \frac{K \,.\, Q_1 \,.\, Q_2}{d} + \frac{K \,.\, Q_1 \,.\, Q_3}{d} + \frac{K \,.\, Q_2 \,.\, Q_3}{d}$$

$$U = 3\,\frac{K \,.\, Q^2}{d}$$

Substituindo Q_1 por $Q'_1 = 2 \,.\, Q_1$, a energia potencial do sistema passa a ser:

$$U' = \frac{K \,.\, Q'_1 \,.\, Q_2}{d} + \frac{K \,.\, Q'_1 \,.\, Q_3}{d} + \frac{K \,.\, Q_2 \,.\, Q_3}{d}$$

$$U' = 2 \,.\, \frac{K \,.\, Q_1 \,.\, Q_2}{d} + 2 \,.\, \frac{K \,.\, Q_1 \,.\, Q_3}{d} + \frac{K \,.\, Q_2 \,.\, Q_3}{d}$$

$$U' = 5\,\frac{KQ^2}{d}$$

Portanto:

$$\frac{U'}{U} = \frac{5}{3} \Rightarrow \boxed{U' = \frac{5}{3} \,.\, U}$$

Resposta: C

6) A energia potencial eletrostática de um par de cargas é dada por:

$$E_{pot} = \frac{K_0 \,.\, Q_1 \,.\, Q_2}{d}$$

No caso, como $Q_1 = Q_2 = Q$ e $d = L$, temos

$$E_{pot} = \frac{K_0 \,.\, Q^2}{L}$$

Note que podemos formar 6 pares diferentes com a configuração e, portanto, a energia total é:

$$E = 6 \,.\, \frac{K_0 \,.\, Q^2}{L}$$

Resposta: D

7) a) O potencial resultante em M é:

$$V_M = V_1 + V_2 = \frac{K_0 \,.\, Q_1}{d_{AM}} + \frac{K_0 \,.\, Q_2}{d_{BM}}$$

$$V_M = \frac{9{,}0 \,.\, 10^9 \,.\, 4{,}0 \,.\, 10^{-8}}{5{,}0 \,.\, 10^{-2}} + \frac{9{,}0 \,.\, 10^9 \,.\, (-1{,}0 \,.\, 10^{-8})}{5{,}0 \,.\, 10^{-2}}\,(V)$$

$$V_M = 5{,}4 \,.\, 10^3 V$$

$$V_M = 5{,}4kV$$

b) $$V_P = \frac{K_0 \,.\, Q_1}{d_{AP}} + \frac{K_0 \,.\, Q_2}{d_{BP}}$$

$$V_P = \frac{9{,}0 \,.\, 10^9 \,.\, 4{,}0 \,.\, 10^{-8}}{8{,}0 \,.\, 10^{-2}} + \frac{9{,}0 \,.\, 10^9 \,.\, (-1{,}0 \,.\, 10^{-8})}{2{,}0 \,.\, 10^{-2}}\,(V)$$

$$V_P = 0$$

8) Das definições de potencial elétrico e campo elétrico, temos:

$$V = \frac{K \,.\, Q}{d} = 1200V$$

$$E = \frac{K \,.\, |Q|}{d^2} = 800N/C$$

A partícula tem carga positiva, pois o potencial em P é positivo. Dividindo uma expressão pela outra, encontramos:

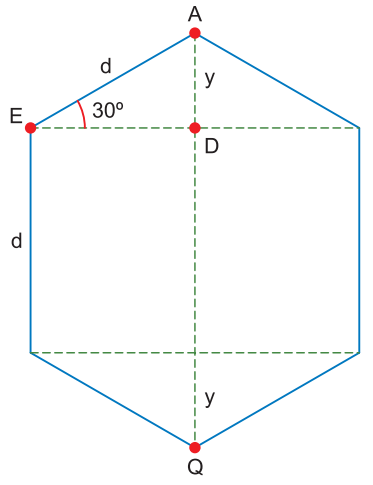
$$\frac{V}{E} = \frac{\frac{KQ}{d}}{\frac{KQ}{d^2}} = \frac{1200}{800}$$

$$\frac{KQ}{d} \,.\, \frac{d^2}{KQ} = 1{,}5$$

$$\boxed{d = 1{,}5m}$$

Resposta: B

9) Observe, com base na figura, que a distância entre Q e A vale D = 2d:



ΔADE

$$\text{sen } 30° = \frac{y}{d}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{y}{d}$$

$$y = \frac{d}{2}$$

$$D = y + d + y$$

$$D = \frac{d}{2} + d + \frac{d}{2}$$

$$D = 2d$$

O potencial resultante em A é

$$V_A = 2 \,.\, V_q + V_Q = 0$$

$$2 \,.\, \frac{k \,.\, q}{d} + \frac{k \,.\, Q}{D} = 0$$

$$\frac{kQ}{D} = -\,2\,\frac{kq}{d}$$

$$\frac{kQ}{2d} = -\,2\,\frac{kq}{d}$$

$$\boxed{Q = -\,4 \,.\, q}$$

Resposta: D

10) O potencial elétrico é uma grandeza escalar e, portanto, o potencial elétrico resultante é uma soma algébrica. É nulo nas situações das opções *a*, *c* e *e*.
O campo elétrico é um conceito vetorial e, assim sendo, é nulo nas situações das opções *a* e *d*.
Portanto, o potencial elétrico resultante e o campo elétrico resultante são nulos, simultaneamente, apenas na opção *a*.

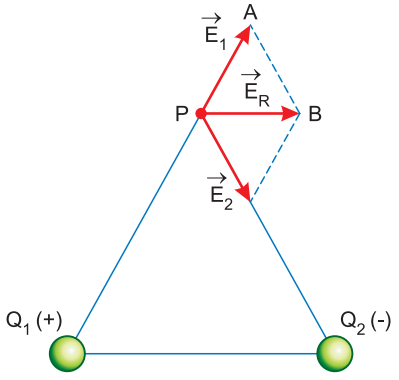
11) O potencial elétrico resultante é dado por:

$$V_P = V_1 + V_2 = \frac{K_0 \cdot Q_1}{d} + \frac{K_0 \cdot Q_2}{d}$$

$$V_P = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{0,3} + \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (-1 \cdot 10^{-6})}{0,3} \text{ (V)}$$

$$V_P = 0$$

O campo elétrico resultante é uma soma vetorial:



$$E_1 = \frac{K_0 \cdot |Q_1|}{d^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot |1 \cdot 10^{-6}|}{0,3^2} \text{ (N/C)} = 1 \cdot 10^5 \text{N/C}$$

$$E_2 = \frac{K_0 \cdot |Q_2|}{d^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot |-1 \cdot 10^{-6}|}{0,3^2} \text{ (N/C)} = 1 \cdot 10^5 \text{N/C}$$

O módulo do vetor campo elétrico resultante pode ser calculado pela lei dos cossenos, mas, em particular, $\vec{E}_R$ tem o mesmo módulo de $\vec{E}_1$ ou de $\vec{E}_2$, já que o triângulo PAB é equilátero:

$E_R = 1 \cdot 10^5$N/C

Resposta: A

■ Módulo 15 – Campo Elétrico Uniforme – Esfera Eletrizada

1) Consideremos os potenciais das placas:

$U = V_A - V_B$

$U = 160 - 80$ (V)

$U = 80$V

$d = 2$cm $= 2 \cdot 10^{-2}$m

A relação entre a intensidade do campo elétrico e a d.d.p. é dada por:

$E \cdot d = U$

$$E = \frac{U}{d} = \frac{80\text{V}}{2 \cdot 10^{-2}\text{m}}$$

$E = 40 \cdot 10^2$V/m

$$E = 4,0 \cdot 10^3 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

Resposta: C

2) Como A e B estão na mesma linha equipotencial, não há variação do potencial elétrico, logo:

$V_A = V_B$

$V_A = 0$

$U = E \cdot d$

$U_{BC} = 10 \cdot 4$ (V)

$U_{BC} = 40$V

$U_{BC} = V_B - V_C$

$40 = 0 - V_C$

$V_C = -40$V

Resposta: D

3) a) $E \cdot d = U$

$5 \cdot 10^2 \cdot d = 50$

$d = 1,0 \cdot 10^{-1}$m

b) Independentemente do caminho, o trabalho do campo elétrico (conservativo) é sempre dado por:

$\tau_{AB} = q \cdot (V_A - V_B) = 2 \cdot 10^{-6} \cdot (100 - 50)$ (J)

$\tau_{AB} = 1,0 \cdot 10^{-4}$J

Respostas: a) $d = 1,0 \cdot 10^{-1}$m

b) $\tau_{AB} = 1,0 \cdot 10^{-4}$J

4) I. Incorreta.

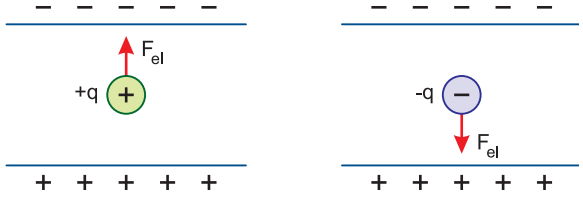
$F_{resultante} = F_{elétrica}$

$ma = q E$

$$a = \frac{q E}{m}$$

A aceleração que desvia a carga depende da razão $\frac{q}{m}$.

II. Correta.



O desvio depende do sinal da carga

III. Incorreta.

O desvio depende da razão $\frac{q}{m}$.

Resposta: B

5) A partícula que atinge o ponto P não sofreu nenhuma ação do campo elétrico; logo, é um nêutron.
As partículas que atingem Q e R são prótons, pois se afastam da distribuição de cargas positivas.
Então, temos: nêutron, próton, próton.
Resposta: E

6) Equilibrar uma gotícula de óleo:
$F_{e\ell} = P$

$|q| E = mg$

$|q| = \frac{mg}{E} = \frac{1,6 \cdot 10^{-17}}{100}$ (C)

$|q| = 1,6 \cdot 10^{-19}C$

$q = -1,6 \cdot 10^{-19}C$

O campo elétrico (E) é descendente, pois deve produzir uma força ascendente no elétron para equilibrá-lo.
Resposta: B

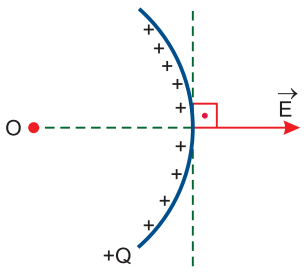
7) I. CORRETA.
Numa esfera condutora em equilíbrio eletrostático, todos os pontos têm o mesmo potencial elétrico. Logo, essa propriedade se estende também para os pontos da superfície. Concluindo: a superfície da esfera é equipotencial.
II. CORRETA.
Para qualquer superfície eletrizada, vale a propriedade: em pontos próximos de seu entorno, o campo elétrico não é nulo e tem direção perpendicular à superfície.
III. CORRETA.
É válido para todo corpo condutor em equilíbrio eletrostático: o campo elétrico em pontos internos é nulo.
Resposta : E

8) a) ERRADA. Nas condições de equilíbrio eletrostático, sempre teremos $\vec{E}_{int} = \vec{0}$

b) ERRADA. O potencial elétrico depende do raio R da esfera

$V_{int} = V_{sup} = \frac{KQ}{R}$.

c) CORRETA.



d) ERRADA. As cargas da esfera estão sempre na superfície externa da esfera, mesmo sendo negativas.

e) ERRADA.

$E_{ext} = \frac{K \cdot |Q|}{d^2}$

d = distância do ponto externo ao centro da esfera.

Resposta: C

9) Em A, ponto interno à superfície esférica, o campo elétrico é nulo.
Em pontos externos à superfície esférica, temos:

$E = K_0 \cdot \frac{|Q|}{d^2}$ (1)

A distância d, que aparece na equação (1), é medida do centro da esfera ao ponto externo.
Temos $d_B < d_C \Rightarrow E_B > E_C$
Resumindo:
$E_A < E_C < E_B$, sendo que $E_A = 0$
Resposta: B

10) 1) No interior da esfera, o potencial elétrico vale:

$V_A = k_0 \cdot \frac{Q}{R}$

Temos:
$k = 9,0 \cdot 10^9$ (SI)
$Q = 2,0\mu C = 2,0 \cdot 10^{-6}C$
$R = 10cm = 0,10m = 1,0 \cdot 10^{-1}m$

$V_A = 9,0 \cdot 10^9 \frac{2,0 \cdot 10^{-6}}{1,0 \cdot 10^{-1}} = 18,0 \cdot 10^4V$

2) No ponto externo B:

$V_B = k_0 \cdot \frac{Q}{d}$

Temos:
$d = 20,0cm = 0,20m = 2,0 \cdot 10^{-1}m$

$V_B = 9,0 \cdot 10^9 \frac{2,0 \cdot 10^{-6}}{2,0 \cdot 10^{-1}} = 9,0 \cdot 10^4V$

3) Calculando a ddp ente A e B:

$V_A - V_B = 18,0 \cdot 10^4V - 9,0 \cdot 10^4V \Rightarrow V_A - V_B = 9,0 \cdot 10^4V$

Resposta: A