

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

FRETE 1 – MECÂNICA

MÓDULO 49

IMPULSO E QUANTIDADE DE MOVIMENTO

1. (IME-2012) – As componentes da velocidade em função do tempo (t) de um corpo em movimento circular uniforme de velocidade angular $2,0 \text{ rad/s}$ são:

$$v_x = 3,0 \cos 2,0 t \text{ (SI)}$$

$$v_y = 3,0 \sin 2,0 t \text{ (SI)}$$

Considere as seguintes afirmações:

- I) O vetor momento linear é constante.
 II) A aceleração é nula, pois o momento da força que atua sobre o corpo em relação ao centro da circunferência é nulo.
 III) O trabalho da força que atua no corpo é nulo.

É correto **apenas** o que se afirma em

- a) II b) III c) I e II d) I e III e) II e III

RESOLUÇÃO:

I. (F) O momento linear (quantidade de movimento) tem módulo constante, porém varia em direção.

II. (F) Sendo o movimento circular e uniforme, a aceleração é centrípeta.

III. (V) Sendo o movimento circular e uniforme, a força resultante é centrípeta e seu trabalho é nulo.

Resposta: B

2. (UERJ-2012) – Observe a tabela abaixo, que apresenta as massas de alguns corpos em movimento uniforme.

| Corpos | Massa (kg) | Velocidade escalar (km/h) |
|-----------|------------|---------------------------|
| leopardo | 120 | 60 |
| automóvel | 1100 | 70 |
| caminhão | 3600 | 20 |

Admita que um cofre de massa igual a 300 kg cai, a partir do repouso e em queda livre, de uma altura de 5,0m.

Considere Q_1 , Q_2 , Q_3 e Q_4 , respectivamente, os módulos das quantidades de movimento do leopardo, do automóvel, do caminhão e do cofre ao atingir o solo.

As magnitudes dessas grandezas obedecem à relação indicada em:

- a) $Q_1 < Q_4 < Q_2 < Q_3$ b) $Q_4 < Q_1 < Q_2 < Q_3$
 c) $Q_1 < Q_4 < Q_3 < Q_2$ d) $Q_4 < Q_1 < Q_3 < Q_2$

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

RESOLUÇÃO:

1) O cofre atingirá o solo com velocidade escalar dada por:

$$V^2 = V_0^2 + 2\gamma \Delta s$$

$$V_4^2 = 2 \cdot 10 \cdot 5,0 = 100 \Rightarrow V_4 = 10 \text{ m/s} = 36 \text{ km/h}$$

2) Cálculo dos módulos das quantidades de movimento:

$$Q_1 = m_1 V_1 = 120 \cdot 60 \text{ (kg} \cdot \text{ km/h)} = 7\,200 \text{ (kg} \cdot \text{ km/h)}$$

$$Q_2 = m_2 V_2 = 1\,100 \cdot 70 \text{ (kg} \cdot \text{ km/h)} = 77\,000 \text{ (kg} \cdot \text{ km/h)}$$

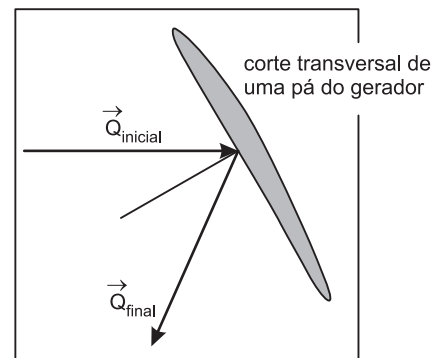
$$Q_3 = m_3 V_3 = 3\,600 \cdot 20 \text{ (kg} \cdot \text{ km/h)} = 72\,000 \text{ (kg} \cdot \text{ km/h)}$$

$$Q_4 = m_4 V_4 = 300 \cdot 36 \text{ (kg} \cdot \text{ km/h)} = 10\,800 \text{ (kg} \cdot \text{ km/h)}$$

$$Q_1 < Q_4 < Q_3 < Q_2$$

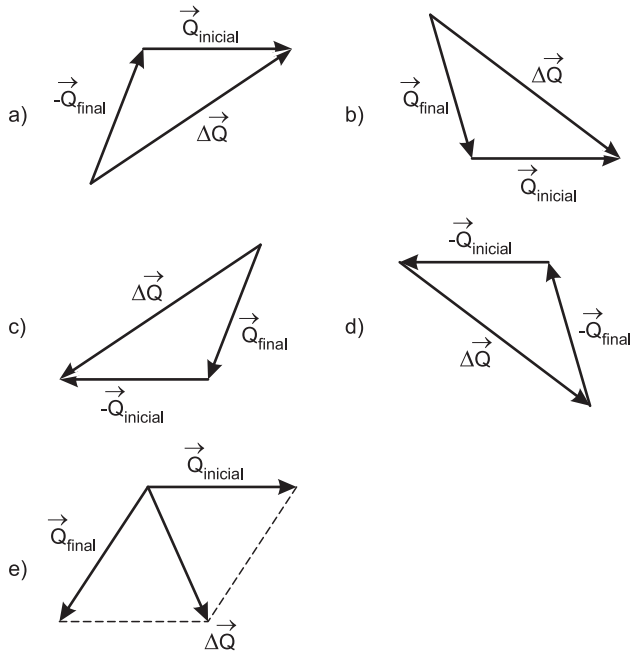
Resposta: C

3. (UFRN-2012-MODELO ENEM) – O funcionamento de um gerador eólico é baseado na interação entre suas pás e o vento. Nessa interação, o vetor quantidade de movimento do ar incidente, \vec{Q}_{inicial} , tem a orientação alterada para quantidade de movimento do ar refletido, \vec{Q}_{final} , pela presença das pás, conforme mostrado na figura abaixo.



A variação da quantidade de movimento da massa de ar incidente sobre as pás faz com que elas girem em torno de seu eixo gerando energia elétrica. Tal variação na quantidade de movimento do ar, $\Delta \vec{Q}$, é expressa por $\Delta \vec{Q} = \vec{Q}_{\text{final}} - \vec{Q}_{\text{inicial}}$.

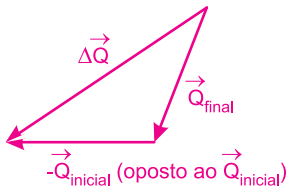
Neste sentido, a composição de vetores que melhor representa a variação da quantidade do movimento do ar está representada por:



RESOLUÇÃO:

$$\Delta \vec{Q} = \vec{Q}_{\text{final}} - \vec{Q}_{\text{inicial}}$$

Para obtermos $\Delta \vec{Q}$, basta somarmos \vec{Q}_{final} com o vetor oposto ao \vec{Q}_{inicial} , pela regra do polígono.



Resposta: C

4. (VUNESP) – Uma bola de massa 0,5kg, abandonada de uma altura de 3,2m do solo, volta atingindo a altura máxima de 1,8m. Adotando-se $g = 10\text{m/s}^2$, e desprezando-se a resistência do ar, pode-se afirmar que, no choque da esfera com o solo, a variação da quantidade de movimento da bola em módulo, e a energia mecânica dissipada são, respectivamente, iguais a

- a) 7,0kg . m/s e 9,0J.
- b) 1,0 kg . m/s e 16,0J.
- c) 8,0kg . m/s e 7,0J.
- d) 7,0 kg . m/s e 7,0J.
- e) 8,0kg . m/s e 9,0J.

RESOLUÇÃO:

1) Velocidade de chegada ao chão:

$$V_1^2 = V_0^2 + 2 \gamma \Delta s \downarrow \oplus$$

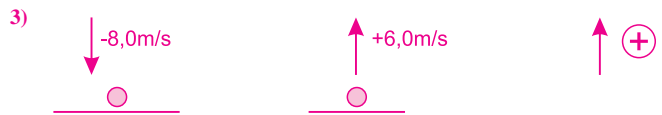
$$V_1^2 = 2 \cdot 10 \cdot 3,2 = 64 \Rightarrow |V_1| = 8,0\text{m/s}$$

2) Velocidade de saída do chão:

$$V^2 = V_2^2 + 2 \gamma \Delta s \uparrow \oplus$$

$$0 = V_2^2 + 2 (-10) \cdot 1,8$$

$$V_2^2 = 36 \Rightarrow |V_2| = 6,0\text{m/s}$$



$$\Delta Q_{\text{bola}} = m \Delta V = 0,5 \cdot 14,0 \text{ (SI)}$$

$$\Delta Q_{\text{bola}} = 7,0\text{kg} \cdot \text{m/s}$$

$$4) E_d = E_{\text{cin}_i} - E_{\text{cin}_f} = \frac{m}{2} (V_1^2 - V_2^2) = \frac{0,5}{2} (64 - 36) \text{ (J)}$$

$$E_d = 7,0\text{J}$$

Resposta: D

5. Uma partícula de massa 8,0kg move-se para o sul com velocidade de módulo 3,0m/s e, após certo tempo, passa a mover-se para leste com velocidade de módulo 4,0m/s.

Determine, para esse intervalo de tempo:

- a) a variação da energia cinética da partícula;
- b) o módulo da variação do momento linear da partícula.

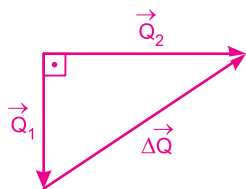
RESOLUÇÃO:

a) $\Delta E_{cin} = \frac{m}{2} (V_2^2 - V_1^2)$

$\Delta E_{cin} = \frac{8,0}{2} (16,0 - 9,0) \text{ (J)}$

$\Delta E_{cin} = 28,0\text{J}$

b)



$|\vec{Q}_1| = m V_1 = 8,0 \cdot 3,0 \text{ (SI)} = 24,0 \text{ (SI)}$

$|\vec{Q}_2| = m V_2 = 8,0 \cdot 4,0 \text{ (SI)} = 32,0 \text{ (SI)}$

$|\Delta \vec{Q}|^2 = |\vec{Q}_1|^2 + |\vec{Q}_2|^2$

$|\Delta \vec{Q}|^2 = (24,0)^2 + (32,0)^2$

$|\Delta \vec{Q}| = 40,0\text{kg} \cdot \text{m/s}$

Respostas: a) 28,0J
b) 40,0kg.m/s

MÓDULO 50

GRÁFICO FORÇA X TEMPO E TEOREMA DO IMPULSO

1. (FATEC-SP-MODELO ENEM) – Para a proteção dos ocupantes de um veículo que venha a sofrer uma colisão, os carros mais modernos são equipados com o *airbag*, os painéis são feitos de material plástico, e a lataria é bem fina. Tudo isso para que os ocupantes do veículo não sofram lesões graves.

Durante uma colisão, a força de interação do *airbag* com o ocupante do carro é inversamente proporcional ao tempo de interação entre eles.

O mesmo ocorre com os veículos quando colidem com um obstáculo. A deformação do veículo amortece o impacto aumentando o tempo de interação e, conseqüentemente, diminuindo a intensidade da força de interação entre o veículo e o obstáculo.

De acordo com o texto, durante a colisão

- a) de um veículo de lataria espessa com um obstáculo, o tempo de interação é menor, pois haverá maior deformação do carro.
- b) entre o motorista e o volante, o tempo de interação entre eles é menor, pois a força de impacto é minimizada pelo uso do *airbag*.

- c) de um veículo com um obstáculo, o *airbag* tem a função de proteger os ocupantes de um veículo, por isso o uso de cinto de segurança é desnecessário.
- d) de um veículo de lataria espessa com um obstáculo, o tempo de interação entre eles é maior, pois haverá maior deformação do carro.
- e) entre o motorista e o *airbag* do veículo, o tempo de interação é maior entre eles, proporcionando menor força de impacto.

RESOLUÇÃO:

- a) FALSA. Para a lataria mais espessa, a deformação é menor.
- b) FALSA. A função do *air-bag* é aumentar o tempo de interação para reduzir a intensidade da força recebida pela pessoa.
- c) FALSA. O cinto de segurança não é desnecessário.
- d) FALSA. Com a lataria espessa, o tempo de interação é menor.
- e) VERDADEIRA. Como o impulso é o mesmo, o aumento do tempo de interação reduz a força de impacto.

Resposta: E

2. (UEPA-2012) – Um ônibus que trafegava inicialmente a 54km/h foi freado abruptamente, como forma de impedir um impacto iminente com o veículo à sua frente. Um passageiro de massa igual a 60 kg, surpreendido pela manobra violenta, foi arremessado, chocando-se contra o encosto do banco situado à sua frente. O tempo de impacto entre a pessoa e o assento foi de 0,3s e, ao término do impacto, o passageiro encontrava-se em repouso. Nesse sentido, analise as afirmativas abaixo.

- I. A intensidade da força média exercida pelo passageiro sobre o encosto do banco do ônibus, durante o impacto, foi de 3000N.
- II. A variação da energia cinética do passageiro, em decorrência do impacto, foi igual a – 6750J.
- III. A potência dissipada na colisão do passageiro com o encosto do banco do ônibus foi igual a 162kW.
- IV. O módulo da variação da quantidade de movimento do passageiro, devido à colisão, foi de 3240kg.m/s.

Estão corretas apenas:

- a) I e II
- b) I e III
- c) II e III
- d) I e IV
- e) III e IV

RESOLUÇÃO:

I) (V) $T\vec{I} = |\vec{I}| = |\Delta \vec{Q}|$

$F_m \cdot \Delta t = m V_0$

$F_m \cdot 0,3 = 60 \cdot 15 \Rightarrow F_m = 3000\text{N}$

II) (V) $\Delta E_c = \frac{m}{2} (V_f^2 - V_0^2)$

$\Delta E_c = \frac{60}{2} (0 - 225) \text{ (J)} \Rightarrow \Delta E_c = - 6750 \text{ J}$

III) (F) $Pot = \frac{|\tau|}{\Delta t} = \frac{6750}{0,3} \text{ (W)} = 22\,500\text{W}$

$Pot = 22,5\text{kW}$

IV) (F) $\Delta \vec{Q} = m \Delta \vec{V}$

$|\Delta \vec{Q}| = 60 \cdot 15 \text{ (SI)} = 900 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

Resposta: A

(FUVEST-TRANSFERÊNCIA-2012) – Enunciado para as questões 3 e 4.

Uma gata, com 4,0kg de massa, pula, a partir do repouso, na balança do açougueiro, de uma posição a 1,8m de altura em relação ao prato da balança. Ela cai com velocidade na direção vertical, a balança chacoalha durante o intervalo de tempo $\Delta t = 0,20s$ que dura o impacto, mas termina no mesmo lugar em que estava ao começar o movimento, com a gata sobre ela. Adote $g = 10,0m/s^2$.

3. A componente vertical do impulso sobre a gata, devido ao impacto, tem módulo

- a) 1,8 N s b) 4,0 N s c) 7,2 N s
d) 24,0 N s e) 40,0 N s

RESOLUÇÃO:

$$1) \text{ TI: } \vec{I}_{\text{gata}} = \Delta \vec{Q}_{\text{gata}}$$

$$\vec{I}_{\text{gata}} = \vec{0} - m \vec{V}_1$$

$$|\vec{I}_{\text{gata}}| = m V_1$$

2) Cálculo de V_1 :

$$V_1^2 = V_0^2 + 2 \gamma \Delta s$$

$$V_1^2 = 0 + 2 \cdot 10,0 \cdot 1,8 = 36,0 \Rightarrow V_1 = 6,0m/s$$

$$|\vec{I}_{\text{gata}}| = 4,0 \cdot 6,0 \text{ (SI)} \Rightarrow |\vec{I}_{\text{gata}}| = 24,0 \text{ kg} \cdot \text{m/s} \text{ ou } |\vec{I}_{\text{gata}}| = 24,0 \text{ N} \cdot \text{s}$$

Resposta: D

4. A força média resultante sobre a gata, no intervalo $\Delta t = 0,20s$ que dura o impacto, tem intensidade igual a

- a) 18,0N b) 40,0N c) 80,0N
d) 120N e) 240N

RESOLUÇÃO:

$$\vec{I} = \vec{F}_m \Delta t$$

$$24,0 = F_m \cdot 0,20$$

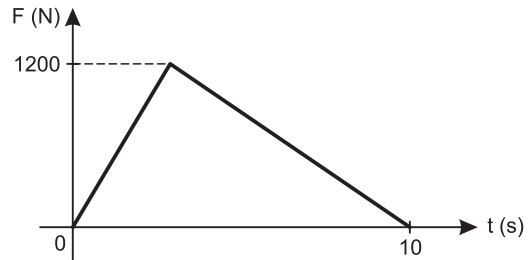
$$F_m = 120N$$

Resposta: D

5. (VUNESP-FAMECA-2012 – MODELO ENEM) – Devido a uma pane mecânica, três amigos precisaram empurrar um carro para movê-lo para um lugar seguro. A massa do veículo mais a do motorista que o guiava era de 1 000kg.



O gráfico a seguir mostra como variou a intensidade da força total horizontal aplicada pelos amigos sobre o veículo em função do tempo.



Sabendo-se que durante todo o tempo também atuou sobre o veículo uma força resistiva total, horizontal e constante, de intensidade 200N, e que no instante $t = 0$ o carro estava parado, a velocidade escalar atingida pelo veículo, em m/s, ao final dos 10s em que foi empurrado, foi de

- a) 1,0 b) 2,0 c) 3,0
d) 4,0 e) 5,0

RESOLUÇÃO:

1) $I_F = \text{área} (F \times t)$

$$I_F = 10 \cdot \frac{1200}{2} \text{ (SI)} = 6000 \text{ N} \cdot \text{s}$$

2) $I_r = -F_r \cdot \Delta t$

$$I_r = -200N \cdot 10s = -2000 \text{ N} \cdot \text{s}$$

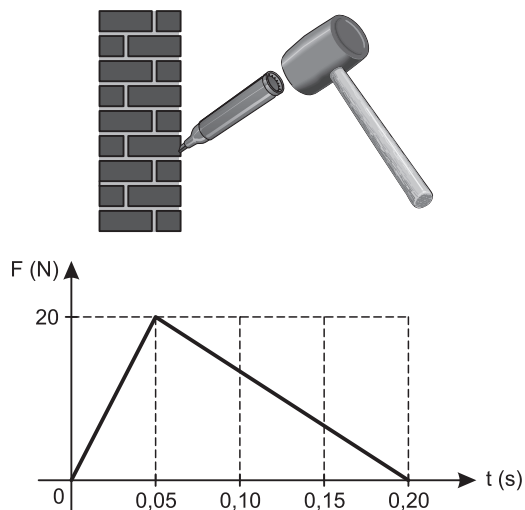
3) $\text{TI: } I_{\text{total}} = \Delta Q = m V - m V_0$

$$6000 - 2000 = 1000 V - 0$$

$$V = 4,0m/s$$

Resposta: D

6. (FMJ-SP-2012 – MODELO ENEM) – Uma marreta golpeia uma ponteira de aço que se encontra apoiada em uma parede. O golpe exerce uma força variável sobre a ponteira, de acordo com o gráfico que representa todo o tempo da interação.



Se nessas condições a ponteira de massa 0,1kg, inicialmente em repouso, não estivesse tocando a parede, após a interação com a marreta, adquiriria uma velocidade com módulo igual a

- a) 5,0m/s b) 10m/s c) 20m/s
d) 25m/s e) 30m/s

RESOLUÇÃO:

1) $I = \text{área} (F \times t)$

$$I = \frac{0,20 \cdot 20}{2} (\text{N} \cdot \text{s}) = 2,0 \text{ N} \cdot \text{s}$$

2) TI: $I = \Delta Q$

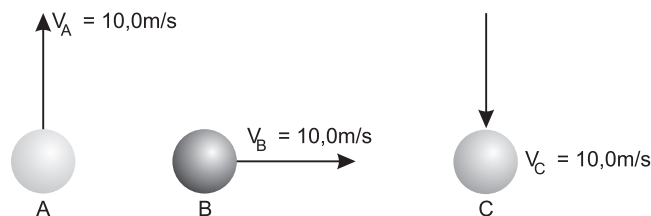
$$I = m V$$

$$2,0 = 0,1 \cdot V$$

$$V = 20\text{m/s}$$

Resposta: C

1. Considere uma bomba, inicialmente em repouso. A bomba explode em quatro fragmentos, A, B, C, e D. Os fragmentos têm massas respectivamente iguais a $m_A = 0,10\text{kg}$, $m_B = 0,40\text{kg}$, $m_C = 0,40\text{kg}$ e $m_D = 0,50\text{kg}$. Imediatamente após a explosão, as velocidades dos fragmentos A, B e C têm intensidades e orientações indicadas a seguir.



A velocidade do fragmento D, imediatamente após a explosão, é mais bem indicada por:

- a) $V_D = 10,0\text{m/s}$
b) $V_D = 10,0\text{m/s}$
c) $V_D = 5,0\text{m/s}$
d) $V_D = 2,5\text{m/s}$
e) $V_D = 5,0\text{m/s}$

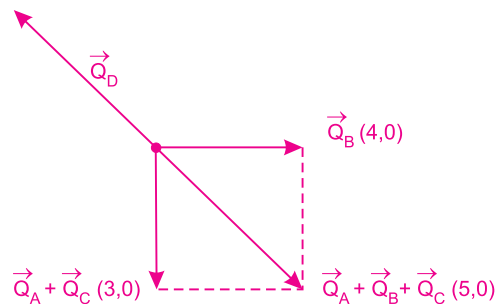
RESOLUÇÃO:

1) $Q_A = m_A v_A = 1,0$ (SI)

$$Q_B = m_B v_B = 4,0$$
 (SI)

$$Q_C = m_C v_C = 4,0$$
 (SI)

2)



3) $|\vec{Q}_D| = |\vec{Q}_A + \vec{Q}_B + \vec{Q}_C|$, pois $\vec{Q}_A + \vec{Q}_B + \vec{Q}_C + \vec{Q}_D = \vec{0}$
 $0,50 \cdot V_D = 5,0$

$$V_D = 10,0\text{m/s}$$

Resposta: A

2. (VUNESP-2012) – A mola elástica, de constante k , de uma espingarda de pressão fica comprimida 10cm e, ao ser acionada, dispara um projétil, de massa 100g, que deverá, ao sair do cano com velocidade escalar de 100m/s, inkrustar-se em um carrinho de massa 900g. Tal carrinho pode deslizar sem atrito pela mesa de tampo horizontal. Não considere o efeito do ar.



A constante k , em N/m, e a velocidade escalar do carrinho com o projétil, em m/s, imediatamente após a colisão valem, respectivamente,

- a) $2,0 \times 10^5$ e 10.
 b) $2,0 \times 10^5$ e 1,0.
 c) $1,0 \times 10^5$ e 10.
 d) $1,0 \times 10^5$ e 1,0.
 e) $1,0 \times 10^5$ e 0,10.

RESOLUÇÃO:

1) No disparo do projétil:

$$E_e = E_c$$

$$\frac{kx^2}{2} = \frac{m V_0^2}{2}$$

$$k = \frac{m V_0^2}{x^2} = \frac{0,10 \cdot (100)^2}{(0,10)^2} \text{ (N/m)} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}$$

2) Na colisão com o carro:

$$Q_f = Q_0$$

$$(M + m) V = m V_0$$

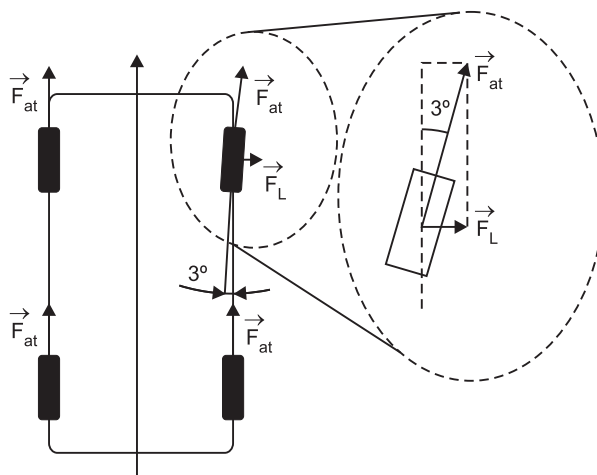
$$1,0 \cdot V = 0,1 \cdot 100$$

$$V = 10 \text{ m/s}$$

Resposta: C

3. (UNICAMP-2012) – O tempo de viagem de qualquer entrada da Unicamp até a região central do campus é de apenas alguns minutos. Assim, a economia de tempo obtida, desrespeitando-se o limite de velocidade, é muito pequena, enquanto o risco de acidentes aumenta significativamente.

- a) Considere que um ônibus de massa $M = 9000\text{kg}$, viajando a 80km/h, colide na traseira de um carro de massa $m_a = 1000\text{kg}$ que se encontrava parado. A colisão é perfeitamente inelástica, ou seja, carro e ônibus seguem grudados após a batida. Calcule o módulo da velocidade do conjunto logo após a colisão.
- b) Além do excesso de velocidade, a falta de manutenção do veículo pode causar acidentes. Por exemplo, o desalinhamento das rodas faz com que o carro sofra a ação de uma força lateral. Considere um carro com um pneu dianteiro desalinhado de 3° , conforme a figura a seguir, gerando uma componente lateral da força de atrito F_L em uma das rodas. Para um carro de massa $m_b = 1600\text{kg}$, calcule o módulo da aceleração lateral do carro, sabendo-se que o módulo da força de atrito em cada roda vale $F_{at} = 8000\text{N}$. Dados: $\sin 3^\circ = 0,05$ e $\cos 3^\circ = 0,99$.



RESOLUÇÃO:

a) No ato da colisão, há conservação da quantidade de movimento total do sistema.

$$Q_f = Q_0$$

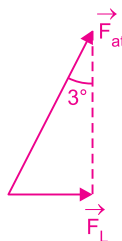
$$(M + m_a) V_f = M V_0$$

$$10000 V_f = 9000 \cdot 80$$

$$V_f = 72 \text{ km/h}$$

$$V_f = 20 \text{ m/s}$$

b)



$$1) \sin 3^\circ = \frac{F_L}{F_{at}}$$

$$0,05 = \frac{F_L}{8000} \Rightarrow F_L = 400 \text{ N}$$

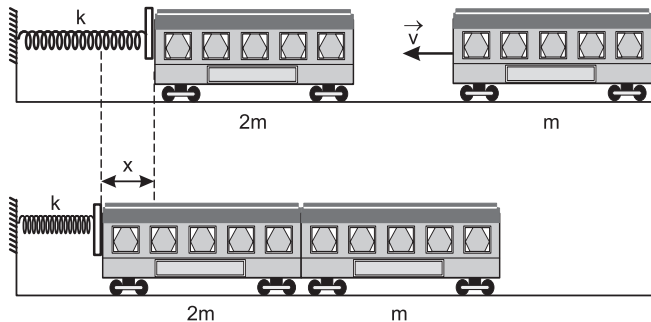
$$2) \text{ PFD: } F_L = m a_L$$

$$400 = 1600 \cdot a_L$$

$$a_L = 0,25 \text{ m/s}^2$$

Respostas: a) 72km/h ou 20m/s
 b) 0,25m/s²

4. (FGV-SP-2012-MODELO ENEM) – Em algumas estações de trem, há rígidas molas no fim dos trilhos com a finalidade de amortecer eventual colisão de um trem, cujo maquinista não consiga pará-lo corretamente junto à plataforma. Certa composição, de massa total $2m$, parada bem próximo à mola de constante k , relaxada, recebe um impacto de outra composição, de massa m , vindo a uma velocidade \vec{v} , que acaba engatando na primeira. Ambas vão comprimir a mola, causando-lhe uma deformação máxima x ao pararem instantaneamente, como mostram os esquemas.



Desprezando-se a ação de agentes externos e dissipativos, a expressão de x , em função de k , m e v , será

- a) $x = (m \cdot v) / (3 \cdot k)$ b) $x = (m \cdot v^2) / (3 \cdot k)$
 c) $x = (v / 3) \cdot \sqrt{(m/k)}$ d) $x = v \cdot \sqrt{(3 \cdot m) / k}$
 e) $x = v \cdot \sqrt{m / (3k)}$

RESOLUÇÃO:

1) Conservação da quantidade de movimento na colisão:

$$\vec{Q}_{\text{após}} = \vec{Q}_{\text{antes}}$$

$$3m V_1 = mv \Rightarrow V_1 = \frac{v}{3}$$

2) Conservação da energia mecânica após a colisão:

$$E_c = E_e$$

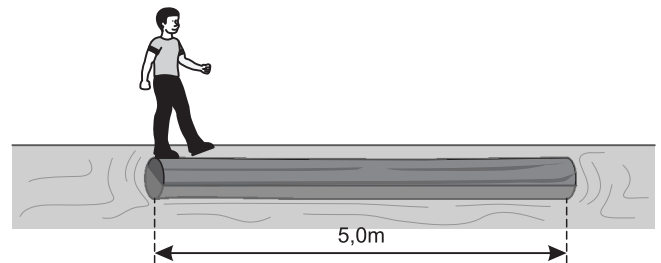
$$\frac{3m V_1^2}{2} = \frac{k x^2}{2}$$

$$x^2 = \frac{3m V_1^2}{k} \Rightarrow x = V_1 \cdot \sqrt{\frac{3m}{k}}$$

$$x = \sqrt{\frac{3m}{k}} \cdot \frac{v}{3} = v \sqrt{\frac{m}{3k}}$$

Resposta: E

5. (UFJF-MG-2012) – Um homem de massa m está parado na extremidade esquerda de um tronco que se encontra em repouso flutuando na superfície de um lago calmo, como mostra a figura abaixo. Sabendo-se que a massa do tronco é quatro vezes maior que a massa do homem e que o comprimento do tronco é $5,0m$, calcule a distância percorrida pelo tronco, em relação à água parada, quando o homem se desloca, sem deslizar, para a extremidade direita do tronco.



Despreze qualquer força de resistência que possa existir entre o tronco e a água do lago.

- a) $5,0m$ b) $4,0m$ c) $3,0m$
 d) $2,0m$ e) $1,0m$

RESOLUÇÃO:

O sistema formado pelo homem e pelo tronco é isolado de forças horizontais:

$$\vec{Q}_H + \vec{Q}_T = \vec{0}$$

$$\vec{Q}_H = -\vec{Q}_T \Rightarrow |\vec{Q}_H| = |\vec{Q}_T| \Rightarrow m_H V_H = m_T V_T$$

$$m \cdot \frac{L-x}{\Delta t} = 4m \cdot \frac{x}{\Delta t}$$

$$L-x = 4x$$

$$5x = L \Rightarrow x = \frac{L}{5} = 1,0m$$

Resposta: E

MÓDULO 52

SISTEMAS ISOLADOS

1. (UESPI-2012-MODELO ENEM) – Em um acidente de trânsito, os carros A e B colidem no cruzamento mostrado nas figuras 1 e 2 a seguir. Logo após a colisão perfeitamente inelástica, os carros movem-se ao longo da direção que faz um ângulo de $\theta = 37^\circ$ com a direção inicial da velocidade do carro A (figura 2). Sabe-se que a massa do carro A é o dobro da massa do carro B, e que o módulo da velocidade dos carros logo após a colisão é de 20km/h.

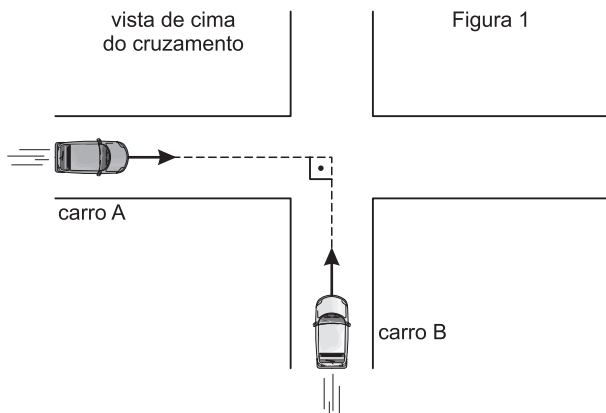


Figura 1

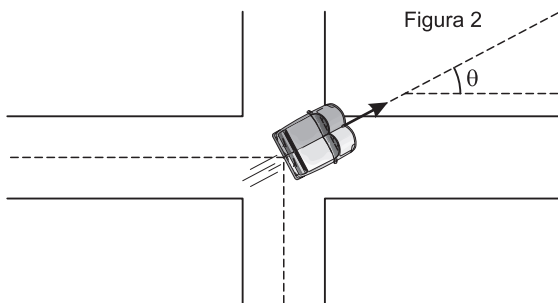
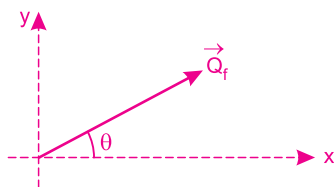


Figura 2

Desprezando-se o efeito das forças de atrito entre o solo e os pneus e considerando-se $\sin(37^\circ) = 0,6$ e $\cos(37^\circ) = 0,8$, qual é o módulo da velocidade do carro A imediatamente antes da colisão?

- a) 24km/h b) 39km/h c) 63km/h
d) 82km/h e) 92km/h

RESOLUÇÃO:



Na direção x: $Q_{fx} = Q_A$

$Q_f \cdot \cos \theta = Q_A$

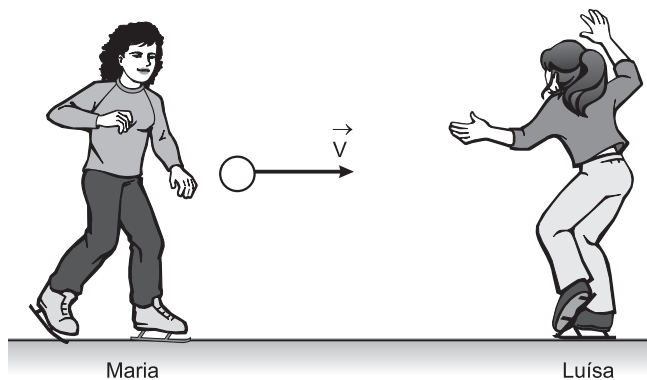
$(m_A + m_B) V_f \cos \theta = m_A V_A$

$3m \cdot 20 \cdot 0,8 = 2m \cdot V_A$

$V_A = 24\text{km/h}$

Resposta: A

2. (FUVEST-2012) – Maria e Luísa, ambas de massa M , patinam no gelo. Luísa vai ao encontro de Maria com velocidade de módulo V . Maria, parada na pista, segura uma bola de massa m e, num certo instante, joga a bola para Luísa.



A bola tem velocidade de módulo v , na mesma direção de \vec{V} . Depois que Luísa agarra a bola, as velocidades de Maria e Luísa, em relação ao solo, são, respectivamente,

- a) 0 ; $v - V$
b) $-v$; $v + V/2$
c) $-m v / M$; $M V / m$
d) $-m v / M$; $(m v - M V) / (M + m)$
e) $(M V/2 - m v) / M$; $(m v - M V/2) / (M + m)$

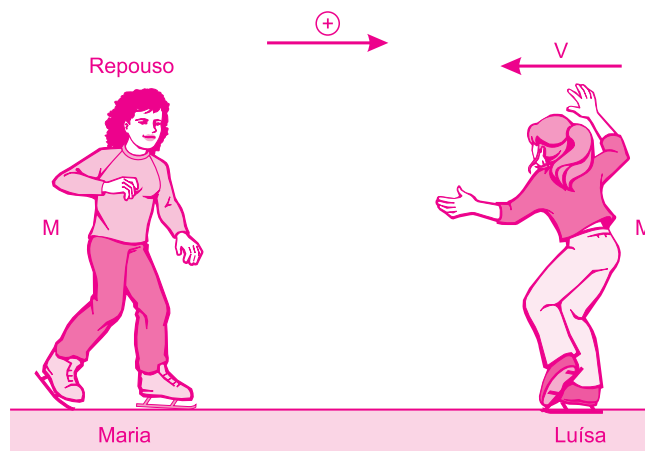
NOTE E ADOTE

V e v são velocidades em relação ao solo.

Considere positivas as velocidades para a direita.

Desconsidere efeitos dissipativos e o efeito do peso da bola.

RESOLUÇÃO:



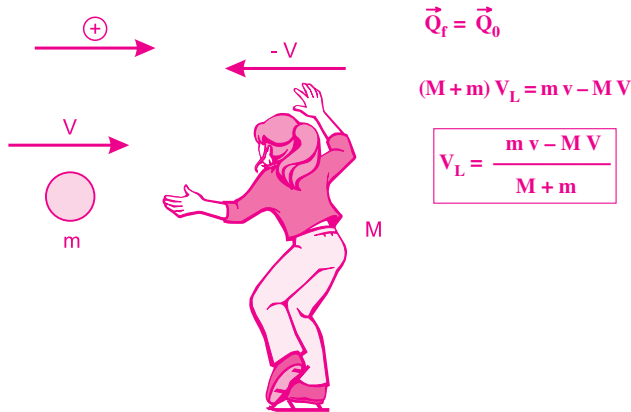
1) Conservação da quantidade de movimento entre Maria e a bola:

$\vec{Q}_M + \vec{Q}_B = \vec{0}$

$|\vec{Q}_M| = |\vec{Q}_B|$

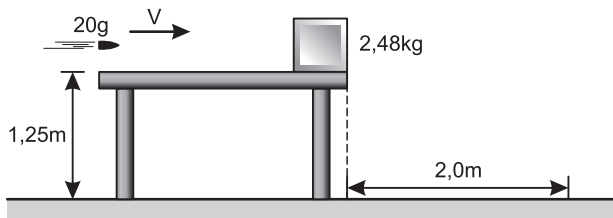
$M |V_M| = m |v| \Rightarrow V_M = -\frac{m}{M} v$

2) Conservação da quantidade de movimento entre Luísa e a bola:



Resposta: D

3. (UDESC-2012) – A figura mostra um projétil de massa 20g aproximando-se com uma velocidade constante de módulo V de um bloco de madeira de 2,48kg que repousa na extremidade de uma mesa de 1,25m de altura. O projétil atinge o bloco e permanece preso a ele. Após a colisão, ambos caem e atingem a superfície a uma distância horizontal de 2,0m da extremidade da mesa, conforme mostra a figura. Despreze o atrito entre o bloco de madeira e a mesa. Adote $g = 10\text{m/s}^2$ e despreze o efeito do ar.



Assinale a alternativa que contém o módulo V da velocidade do projétil antes da colisão.

- a) 0,50km/s b) 1,00km/s c) 1,50km/s
d) 0,10km/s e) 0,004km/s

RESOLUÇÃO:

Cálculo do tempo de queda:

$$1) \Delta s_y = v_{0y} t + \frac{a_y}{2} t^2 \quad \downarrow (+)$$

$$1,25 = 0 + 5,0 T^2 \Rightarrow T^2 = 0,25 \Rightarrow T = 0,50\text{s}$$

2) Cálculo da velocidade do bloco:

$$v_B = \frac{\Delta s_x}{\Delta t} = \frac{2,0\text{m}}{0,50\text{s}} = 4,0\text{m/s}$$

3) No ato da colisão, o projétil e o bloco formam um sistema isolado:

$$Q_f = Q_0$$

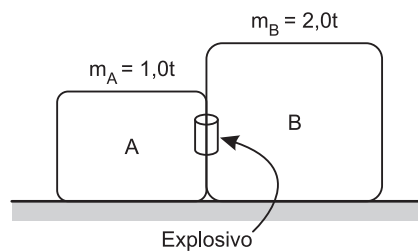
$$(M + m) v_B = m v$$

$$2500 \cdot 4,0 = 20v$$

$$v = 500 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,50\text{km/s}$$

Resposta: A

4. (UnB-2012) – A figura abaixo ilustra dois blocos, A e B, em repouso, posicionados sobre uma superfície plana, com um explosivo entre eles. Após a explosão, os blocos se separam e deslizam sobre a superfície plana.



Considere que apenas 50% da energia de 48kJ liberada pela explosão seja transformada em energia cinética dos blocos e que o coeficiente de atrito cinético entre os blocos e a superfície seja 0,40. Nessa situação, a distância entre os blocos parados, após terem deslizado, será igual a

a) 2,0m b) 3,0m c) 4,0m d) 5,0m e) 6,0m

RESOLUÇÃO:

1) Conservação da quantidade de movimento na explosão:

$$\vec{Q}_A + \vec{Q}_B = \vec{0} \Rightarrow |\vec{Q}_A| = |\vec{Q}_B|$$

2) Energia cinética após a explosão:

$$E_C = \frac{Q^2}{2m} \Rightarrow \frac{E_{CA}}{E_{CB}} = \frac{m_B}{m_A} = 2 \Rightarrow E_{CA} = 2 E_{CB}$$

$$E_{CA} + E_{CB} = 0,50 \cdot 48 \cdot 10^3 \text{J} \Rightarrow 3E_{CB} = 24 \cdot 10^3 \Rightarrow \begin{cases} E_{CB} = 8,0 \cdot 10^3 \text{J} \\ E_{CA} = 16,0 \cdot 10^3 \text{J} \end{cases}$$

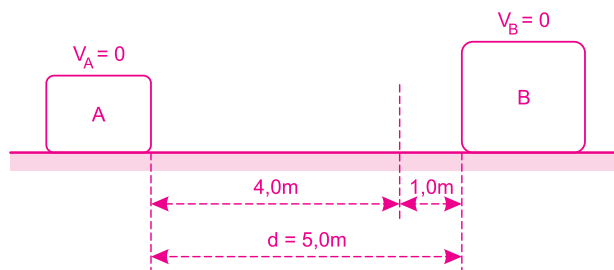
3) TEC: $\tau_{at} = \Delta E_{cin}$

$$\mu m g d (-1) = 0 - E_C \Rightarrow d = \frac{E_C}{\mu m g}$$

$$d_A = \frac{16,0 \cdot 10^3}{0,40 \cdot 1,0 \cdot 10^4} (\text{m}) \Rightarrow d_A = 4,0\text{m}$$

$$d_B = \frac{8,0 \cdot 10^3}{0,40 \cdot 2,0 \cdot 10^4} (\text{m}) \Rightarrow d_B = 1,0\text{m}$$

4)

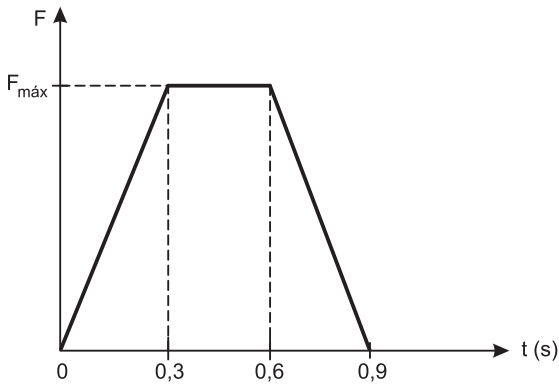


Resposta: D

5. (UNICAMP-SP) – O lixo espacial é composto por partes de naves espaciais e satélites fora de operação abandonados em órbita ao redor da Terra. Esses objetos podem colidir com satélites, além de pôr em risco astronautas em atividades extraveiculares.

Considere que durante um reparo na estação espacial, um astronauta substituiu um painel solar, de massa $m_p = 80$ kg, cuja estrutura foi danificada. O astronauta estava inicialmente em repouso em relação à estação e ao abandonar o painel no espaço, lança-o com uma velocidade de módulo $v_p = 0,15$ m/s.

- a) Sabendo-se que a massa do astronauta é $m_a = 60$ kg, calcule o módulo da sua velocidade de recuo.
- b) O gráfico mostra, de forma simplificada, o módulo da força aplicada pelo astronauta sobre o painel em função do tempo durante o lançamento. Sabendo-se que a variação de momento linear é igual ao impulso, cujo módulo pode ser obtido pela área do gráfico, calcule a intensidade da força máxima $F_{\text{máx}}$.



RESOLUÇÃO:

a) No ato de lançar o painel, o astronauta e o painel formam um sistema isolado e haverá conservação da quantidade de movimento total:

$$\vec{Q}_{\text{após}} = \vec{Q}_{\text{antes}}$$

$$\vec{Q}_a + \vec{Q}_p = \vec{0} \Rightarrow |\vec{Q}_a| = |\vec{Q}_p|$$

$$m_a |V_a| = m_p \cdot |V_p|$$

$$60 |V_a| = 80 \cdot 0,15$$

$$|V_a| = 0,20 \text{ m/s}$$

b) $I \stackrel{N}{=} \text{área} (F \times t) = \Delta Q = m_a V_a$

$$(0,9 + 0,3) \frac{F_{\text{máx}}}{2} = 60 \cdot 0,20$$

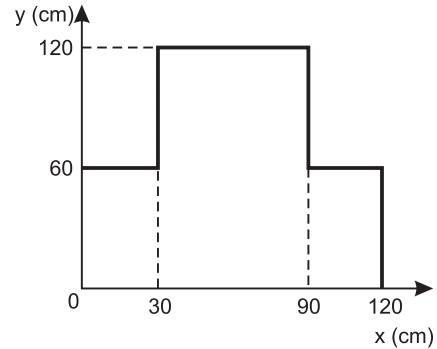
$$0,6 F_{\text{máx}} = 12$$

$$F_{\text{máx}} = 20 \text{ N}$$

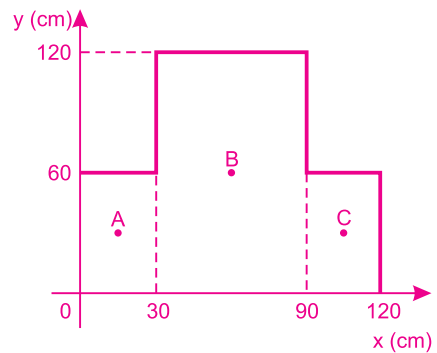
Respostas: a) $|V_a| = 0,20 \text{ m/s}$

b) $F_{\text{máx}} = 20 \text{ N}$

1. (UFPE) – Uma chapa metálica de densidade constante é cortada de acordo com a forma mostrada na figura. Determine as coordenadas do seu centro de massa, em centímetros.



RESOLUÇÃO:



1) $A \begin{cases} x_A = 15 \text{ cm} \\ y_A = 30 \text{ cm} \end{cases} \quad B \begin{cases} x_B = 60 \text{ cm} \\ y_B = 60 \text{ cm} \end{cases} \quad C \begin{cases} x_C = 105 \text{ cm} \\ y_C = 30 \text{ cm} \end{cases}$

2) A massa é proporcional à área da chapa:

$$A_A = 1800 \text{ cm}^2 \quad m_A = m_C = m$$

$$A_B = 7200 \text{ cm}^2 \quad m_B = 4m$$

$$A_C = 1800 \text{ cm}^2$$

$$3) y_{\text{CM}} = \frac{m_A y_A + m_B y_B + m_C y_C}{m_A + m_B + m_C} = \frac{m \cdot 30 + 4m \cdot 60 + m \cdot 30}{6m} \text{ (cm)}$$

$$y_{\text{CM}} = 50 \text{ cm}$$

$$4) x_{\text{CM}} = \frac{m_A x_A + m_B x_B + m_C x_C}{m_A + m_B + m_C} = \frac{m \cdot 15 + 4m \cdot 60 + m \cdot 105}{6m} \text{ (cm)}$$

$$x_{\text{CM}} = 60 \text{ cm}$$

Respostas: a) $x_{\text{CM}} = 60 \text{ cm}$

b) $y_{\text{CM}} = 50 \text{ cm}$

2. (UECE-2012) – Um bloco de massa $m_A = 700\text{kg}$ se desloca ao longo do eixo x com velocidade escalar $v_A = 40\text{km/h}$, enquanto outro bloco, de massa $m_B = 500\text{kg}$, se desloca ao longo do mesmo eixo, com velocidade escalar $v_B = 80\text{km/h}$. Então, a velocidade escalar do centro da massa, em km/h , do sistema constituído pelas massas m_A e m_B é aproximadamente
- a) 40 b) 57 c) 60 d) 72

RESOLUÇÃO:

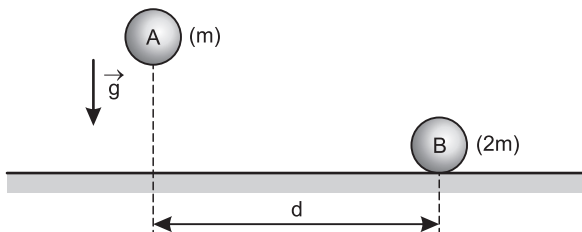
$$V_{CM} = \frac{m_A V_A + m_B V_B}{m_A + m_B}$$

$$V_{CM} = \frac{700 \cdot 40 + 500 \cdot 80}{1200} \text{ (km/h)}$$

$$V_C \cong 57\text{km/h}$$

Resposta: B

3. No esquema, temos duas esferas, **A** e **B**, de massas m e $2m$, respectivamente. A esfera **A** está em queda livre e a esfera **B** está em repouso em um plano horizontal.



Sendo $g = 9,81\text{m/s}^2$, calcule o módulo da aceleração do centro de massa do sistema constituído pelas esferas **A** e **B**, enquanto **A** estiver em queda livre.

RESOLUÇÃO:

Teorema do centro de massa:

$$\vec{R}_{\text{externa}} = M_{\text{total}} \vec{a}_{CM}$$

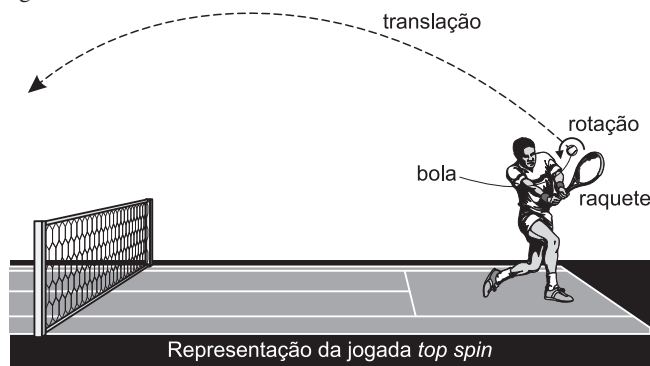
$$m\vec{g} = 3m \vec{a}_{CM}$$

$$\vec{a}_{CM} = \frac{\vec{g}}{3}$$

$$|\vec{a}_{CM}| = \frac{9,81}{3} \text{ (m/s}^2\text{)} \Rightarrow |\vec{a}_{CM}| = 3,27\text{m/s}^2$$

Resposta: 3,27m/s²

4. (UEL-PR-MODELO ENEM) – “*Top Spin*” é uma das jogadas do tênis na qual o tenista, usando a raquete, aplica à bola um movimento de rotação (que ocorre em torno do seu próprio eixo) sobreposto ao movimento de translação, conforme esquematizado na figura a seguir:



Com base nos conhecimentos de Mecânica, desprezando-se o efeito do ar e considerando-se a representação da figura, é correto afirmar que

- a) a trajetória do centro de massa pode ser descrita por uma espiral, devido à composição dos movimentos de translação e de rotação.
 b) a bola alcançará uma distância maior devido ao seu movimento de rotação.
 c) a força que a raquete aplica à bola tem o mesmo módulo da força que a bola aplica à raquete, porém em sentido contrário.
 d) a energia cinética adquirida no movimento ascendente da bola é transformada em energia potencial no movimento descendente.
 e) o torque aplicado à bola pela raquete resulta no seu movimento de translação.

RESOLUÇÃO:

- a) (F) Desprezando-se o efeito do ar, o centro de massa da bola descreve um arco de parábola.
 b) (F) A distância alcançada está ligada ao movimento de translação.
 c) (V) É a lei da ação e reação.
 d) (F) No movimento ascendente, a energia cinética se transforma em potencial e no movimento descendente a energia potencial se transforma em cinética.
 e) (F) O torque aplicado à bola origina o seu movimento de rotação.

Resposta: C

5. (USCA-BA) – Uma granada é atirada obliquamente e sobe descrevendo uma parábola. Ao atingir a altura máxima, ela explode em quatro partes. Analise as afirmações:

- I. O centro de massa continua a descrever a mesma parábola, enquanto nenhum dos fragmentos atingir o solo.
- II. A energia mecânica se conserva, durante todo o movimento, apesar da explosão.
- III. A quantidade de movimento se conserva, durante todo o movimento, apesar da explosão.

Pode-se concluir que somente

- a) II e III são corretas.
- b) II é correta.
- c) III é correta.
- d) I e II são corretas.
- e) I é correta.

RESOLUÇÃO:

Se o enunciado afirma que a granada descreve uma parábola, fica evidente que a resistência do ar foi desprezada.

- I) Correta: a força resultante externa continua a mesma (peso total); as forças internas ligadas à explosão não alteram a trajetória do centro de massa.
- II) Falsa: no ato da explosão, há aumento da energia mecânica dos fragmentos.
- III) Falsa: a quantidade de movimento somente se conserva no ato da explosão quando a força externa (peso) se torna desprezível em comparação com as forças internas ligadas à explosão. Durante o resto do tempo, a presença do peso altera a quantidade de movimento do sistema.

Resposta: E

$$2) V_{af} = V_B' - V_A'$$

$$V_{af} = 10,0 - 6,0 \text{ (m/s)} = 4,0 \text{ m/s}$$

$$3) e = \frac{V_{af}}{V_{ap}} = \frac{4,0}{12,0} \Rightarrow e = \frac{1}{3}$$

Resposta: C

2. (UEPB-2012-MODELO ENEM) – Um dos grandes acontecimentos científicos da década de 2000 foi a entrada em funcionamento do grande colisor de hádrons denominado LHC. A proposta desse experimento é colidir elasticamente um próton contra um outro próton, a altíssimas energias, com o objetivo de tentar reproduzir, em laboratório, as condições da criação do início do Universo, o big bang. Portanto, por trás de um experimento tão avançado como o do LHC, encontra-se a Física de colisões.

Considerando-se que, em um determinado sistema isolado, ocorrem colisões entre as partículas constituintes, identifique as afirmativas corretas relativas a colisões:

- I. Em colisões, a quantidade de movimento total é sempre conservada.
- II. Em colisões, a velocidade do centro de massa do sistema não varia.
- III. Em colisões elásticas, as energias cinéticas das partículas do sistema podem variar, mas a energia mecânica total é conservada.
- IV. Em uma colisão perfeitamente inelástica entre duas partículas de massas idênticas, na qual uma delas está em repouso (o alvo), após a colisão, as duas partículas se moverão juntas, com metade da velocidade da partícula incidente (o projétil).
- V. Em uma colisão inelástica unidimensional frontal entre duas partículas de massas idênticas, a consequência dessa colisão é a permutação das velocidades dessas partículas.

Estão corretas apenas:

- a) I, II, III e IV.
- b) III e V.
- c) II, IV e V.
- d) III, IV e V.
- e) I e II.

RESOLUÇÃO:

I. (V) Sistema isolado

$$II. (V) \vec{Q}_{total} = M_{total} \vec{V}_{CM}$$

III. (V) A colisão elástica é um sistema conservativo.



$$Q_f = Q_0 \Rightarrow 2m V_f = mV_0 \Rightarrow V_f = \frac{V_0}{2}$$

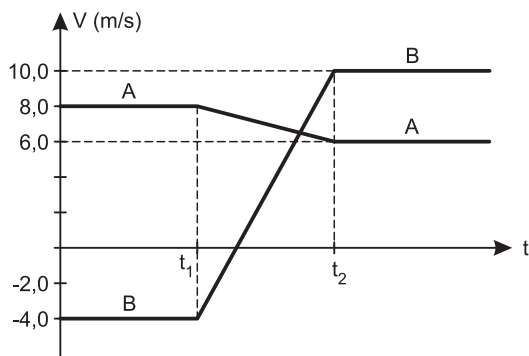
V. (F) Para haver troca de velocidade, a colisão deve ser elástica.

Resposta: A

MÓDULO 54

COLISÕES

1. Duas partículas, A e B, realizam uma colisão unidimensional em um plano horizontal sem atrito. O gráfico a seguir representa as velocidades escalares de A e B em função do tempo. A colisão se inicia no instante t_1 e termina no instante t_2 .



O coeficiente de restituição, nessa colisão, vale

- a) $\frac{1}{5}$
- b) $\frac{1}{4}$
- c) $\frac{1}{3}$
- d) $\frac{1}{2}$
- e) 1

RESOLUÇÃO:

$$1) V_{ap} = V_A - V_B$$

$$V_{ap} = 8,0 - (-4,0) \text{ (m/s)} = 12,0 \text{ m/s}$$

3. (UFRS-2012) – Um bloco, deslizando com velocidade \vec{v} sobre uma superfície plana sem atrito, colide com outro bloco idêntico, que está em repouso. As faces dos blocos que se tocam na colisão são aderentes, e eles passam a se mover como um único objeto. Sobre esta situação, são feitas as seguintes afirmações.

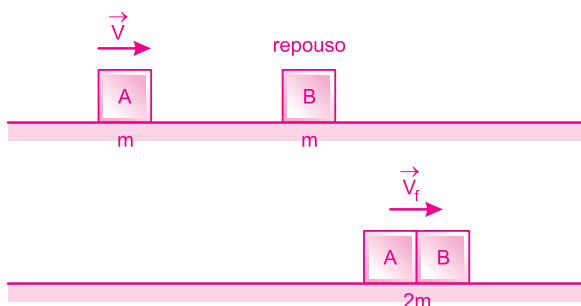
- I. Antes da colisão, a energia cinética total dos blocos é o dobro da energia cinética total após a colisão.
- II. Ao colidir, os blocos sofreram uma colisão elástica.
- III. Após a colisão, a velocidade dos blocos é $\vec{v}/2$.

Quais estão corretas?

- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) Apenas III.
- d) Apenas I e III.
- e) I, II e III.

RESOLUÇÃO:

I. (V)



$$1) \vec{Q}_f = \vec{Q}_0$$

$$2m \vec{v}_f = m \vec{v} \Rightarrow \vec{v}_f = \frac{\vec{v}}{2}$$

$$2) E_{cin_0} = \frac{m v^2}{2}$$

$$E_{cin_f} = \frac{2m}{2} \left(\frac{v}{2}\right)^2 = \frac{m v^2}{4}$$

$$E_{cin_f} = \frac{1}{2} E_{cin_0}$$

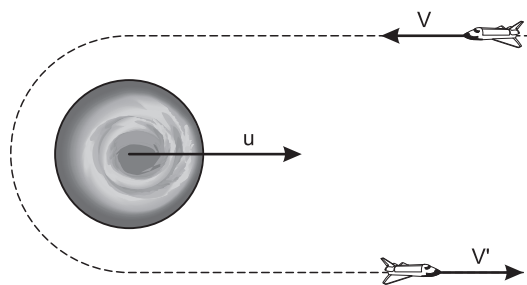
II. (F) A colisão é perfeitamente inelástica.

III. (V)

Resposta: D

4. (OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE FÍSICA-MODELO ENEM) –

O efeito estilingue gravitacional já foi bastante usado para impulsionar naves e sondas espaciais sem gasto de combustível, apenas aproveitando-se do movimento de planetas. A sonda Cassini, lançada em 15 de outubro de 1997, aproveitou muito deste efeito, sendo acelerada duas vezes por Vênus, depois pela Terra e por Júpiter, seguindo para Saturno, seu destino final, chegando lá em 1º de julho de 2004. Consideremos um modelo simples para entender o mecanismo. Suponha uma nave se aproximando com velocidade de módulo V de um planeta (de massa muito maior que a da nave) que se move em sua direção, com uma velocidade de módulo u . Estas velocidades estão sendo medidas em relação a um referencial inercial. Para simplificar, assuma que a nave inverte o sentido de sua velocidade ao contornar o astro e que seus motores permaneçam desligados, isto é, ela contorna o planeta somente devido à atração gravitacional dele. A nave então adquire velocidade com módulo V' .



Calcule então V' , em função de V e u , assumindo que todas essas velocidades são paralelas.

A interação gravitacional entre o planeta e a nave pode ser modelada como uma colisão elástica.

- a) $V' = 2u$
- b) $V' = 2u - V$
- c) $V' = V + u$
- d) $V' = V + 2u$
- e) $V' = 2(V + u)$

RESOLUÇÃO:

$$V_{af} = V_{ap}$$

$$V' - u = V + u$$

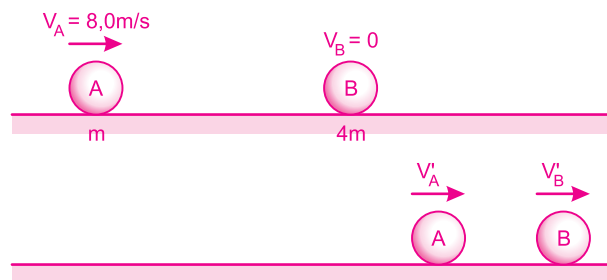
$$V' = V + 2u$$

Resposta: D

5. (UEFS-BA) – Uma esfera, A, com massa de 50g e velocidade de módulo 8,0m/s, choca-se frontalmente com outra esfera, B, que se encontra em repouso sobre uma superfície plana e horizontal de atrito desprezível.

Sabendo-se que a massa da esfera B é de 200g e que o choque é perfeitamente elástico, determine os módulos das velocidades das esferas A e B, após o choque.

RESOLUÇÃO:



$$1) Q_f = Q_i$$

$$m V'_A + 4m V'_B = m V_A$$

$$V'_A + 4 V'_B = 8,0 \quad (1)$$

$$2) V_{af} = V_{ap}$$

$$V'_B - V'_A = 8,0 \quad (2)$$

$$(1) + (2): 5 V'_B = 16,0 \Rightarrow V'_B = 3,2\text{m/s}$$

$$\text{Em (1): } V'_A + 4 \cdot 3,2 = 8,0 \Rightarrow V'_A = -4,8\text{m/s}$$

Respostas: $|V'_A| = 4,8\text{m/s}$

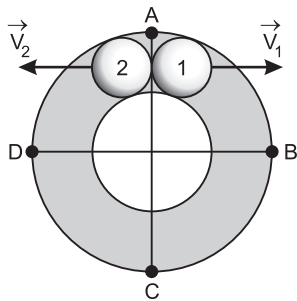
$|V'_B| = 3,2\text{m/s}$

MÓDULO 55

COLISÕES

1. (UFCE-MODELO ENEM) – A figura abaixo mostra uma calha circular, de raio R , completamente lisa, em posição horizontal. Dentro dela, há duas bolas, 1 e 2, idênticas e em repouso no ponto A. Ambas as bolas são disparadas, simultaneamente, desse ponto: a bola 1, para a direita, com velocidade de módulo $V_1 = 6,0\text{m/s}$ e a bola 2, para a esquerda, com velocidade de módulo $V_2 = 2,0\text{m/s}$. As colisões entre as bolas são perfeitamente elásticas e frontais. Indique onde ocorrerá a segunda colisão entre as bolas, após o disparo delas.

- a) Entre os pontos A e B. b) Exatamente no ponto A.
c) Entre os pontos C e D. d) Exatamente no ponto C.
e) Exatamente no ponto D.



RESOLUÇÃO:

Demonstrar que, em uma colisão frontal, elástica entre partículas de massas iguais, haverá troca de velocidades entre elas (ver teoria).

Como $V_1 = 3V_2$, a bola 1 percorrerá, até a colisão, uma distância três vezes maior que a percorrida pela bola 2, e a primeira colisão ocorrerá no ponto D, onde haverá troca de velocidades.

Em seguida, a bola 2 terá velocidade três vezes maior que a bola 1 e percorrerá uma distância três vezes maior até a segunda colisão, que ocorrerá no ponto C.

Resposta: D

2. (FUVEST-2012-Modificado) – Uma pequena bola de borracha maciça é solta do repouso de uma altura de $1,0\text{m}$ em relação a um piso liso e sólido. A colisão da bola com o piso é inelástica. A altura máxima atingida pela bola, depois da sua terceira colisão com o piso, é

a) $0,80\text{m}$. b) $0,76\text{m}$. c) $0,64\text{m}$. d) $0,51\text{m}$. e) $0,20\text{m}$.

NOTE E ADOTE

- 1) Despreze o efeito do ar.
2) Adote $g = 10\text{m/s}^2$.
3) Em cada colisão, a energia cinética imediatamente após a colisão é 80% da energia cinética imediatamente antes da colisão.

RESOLUÇÃO:

1) Na 1ª colisão:

$$E_1 = 0,80 E_0$$

Na 2ª colisão:

$$E_2 = 0,80 E_1 = (0,80)^2 E_0$$

Na 3ª colisão:

$$E_3 = 0,80 E_2 = (0,80)^3 E_0 \quad \textcircled{1}$$

2) Conservação da energia mecânica antes da 1ª colisão:

$$E_0 = mgH_0 \quad \textcircled{2}$$

3) Conservação da energia mecânica após a 3ª colisão:

$$E_3 = mgh \quad \textcircled{3}$$

② e ③ em ①:

$$mgh = (0,80)^3 mgH_0$$

$$h = (0,80)^3 H_0$$

$$h = 0,512 \cdot 1,0\text{m}$$

$$h = 0,512\text{m}$$

$$h \cong 0,51\text{m}$$

Resposta: D

3. Em relação à questão anterior, o coeficiente de restituição na colisão da bola com o solo é um valor mais próximo de

- a) 0,5. b) 0,6. c) 0,7. d) 0,8. e) 0,9.

RESOLUÇÃO:

$$0,80 = \frac{mV_1^2}{\frac{mV_0^2}{2}}$$

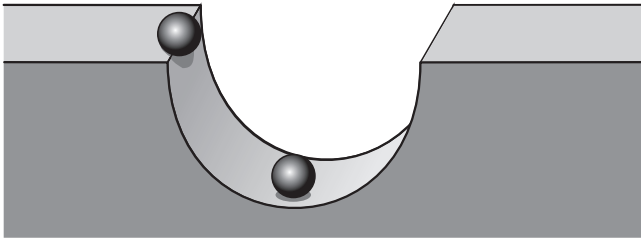
$$\frac{V_1^2}{V_0^2} = 0,80$$

$$\frac{V_1}{V_0} = \sqrt{0,80}$$

$$e = \frac{V_1}{V_0} = \sqrt{0,80} \cong 0,9$$

Resposta: E

4. (UNIFESP-2012) – Um corpo esférico, pequeno e de massa 0,1kg, sujeito a aceleração gravitacional de módulo 10m/s^2 , é solto na borda de uma pista que tem a forma de uma depressão hemisférica, de atrito desprezível e de raio 20cm, conforme apresentado na figura. Na parte mais baixa da pista, o corpo sofre uma colisão frontal com outro corpo, idêntico e em repouso.

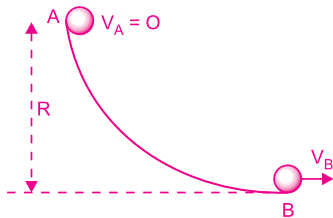


Considerando-se que a colisão relatada seja totalmente inelástica, determine:

- a) o módulo da velocidade dos corpos, em m/s, imediatamente após a colisão;
 b) a intensidade da força de reação, em newtons, que a pista exerce sobre os corpos unidos no instante em que, após a colisão, atingem a altura máxima.

RESOLUÇÃO:

a) 1) Conservação da energia mecânica antes da colisão:



$$E_B = E_A$$

(referência em B)

$$\frac{m V_B^2}{2} = m g R$$

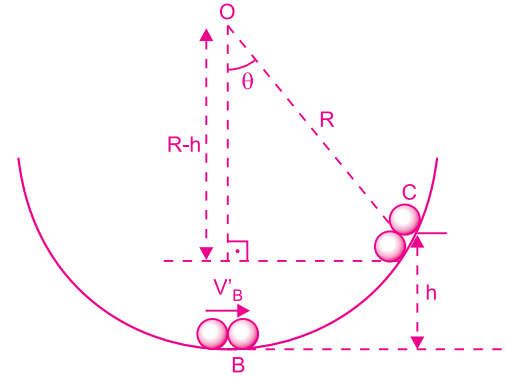
$$V_B = \sqrt{2gR} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,20} \text{ (m/s)}$$

$$V_B = 2,0\text{m/s}$$

2) Conservação da quantidade de movimento no ato da colisão:
 $Q_f = Q_0$

$$2m V'_B = m V_B \Rightarrow V'_B = \frac{V_B}{2} \Rightarrow V'_B = 1,0\text{m/s}$$

b) 1) Conservação da energia mecânica após a colisão:



$$E'_B = E_C$$

(referência em B)

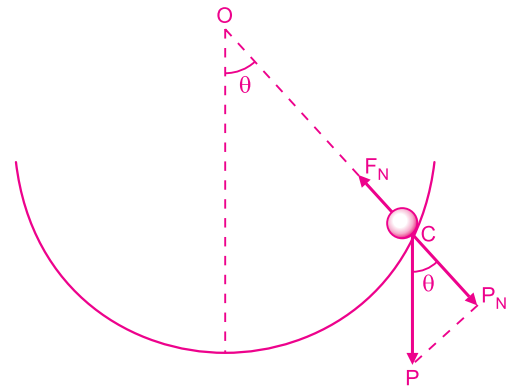
$$\frac{2m (V'_B)^2}{2} = 2m g h$$

$$h = \frac{(V'_B)^2}{2g} = \frac{1,0}{20} \text{ (m)}$$

$$h = 5,0\text{cm}$$

2) Da figura: $\cos \theta = \frac{R-h}{R} = \frac{15}{20} = \frac{3}{4}$

3)



Na posição C, a velocidade é nula: a componente centrípeta da força resultante é nula e, portanto:

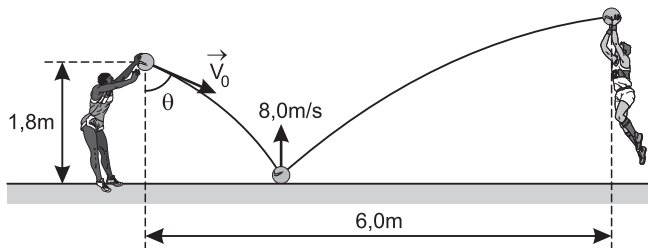
$$F_N = P_N = P \cos \theta$$

$$F_N = 0,2 \cdot 10 \cdot \frac{3}{4} \text{ (N)}$$

$$F_N = 1,5\text{N}$$

- Respostas: a) 1,0m/s
 b) 1,5N

5. (UNESP-2012-Modificado) – Em um jogo de basquete, um jogador passa a bola para outro lançando-a de 1,8m de altura contra o solo, com uma velocidade inicial de módulo $V_0 = 10,0\text{m/s}$, fazendo um ângulo θ com a vertical ($\text{sen}\theta = 0,60$ e $\text{cos}\theta = 0,80$). Ao tocar o solo, a bola, de 600g, permanece em contato com ele por um intervalo de tempo de $1,0 \cdot 10^{-3}\text{s}$ e volta a subir de modo que, imediatamente após a colisão, a componente vertical de sua velocidade tenha módulo 8,0m/s. A bola é apanhada pelo outro jogador a 6,0 m de distância do primeiro.



Desprezando-se a resistência do ar, a rotação da bola e o atrito entre a bola e o chão durante a colisão com o solo, calcule:

- o intervalo de tempo entre a bola ser lançada pelo primeiro jogador e ser apanhada pelo segundo.
- a intensidade da força média, em kN, exercida pelo solo sobre a bola durante a colisão, considerando-se que, nesse processo, a força peso que atua na bola tem intensidade desprezível diante da força de reação do solo sobre a bola. Considere $g = 10,0\text{m/s}^2$.
- o coeficiente de restituição na colisão entre a bola e o chão.

RESOLUÇÃO:

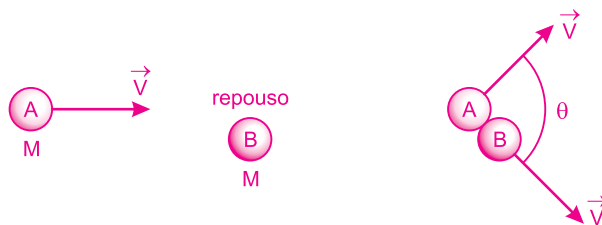
- $V_{0x} = V_0 \text{sen } \theta = 10,0 \cdot 0,60 \text{ (m/s)} = 6,0\text{m/s}$
 - Como o movimento horizontal é sempre uniforme, antes, durante e após a colisão temos:
 $\Delta s_x = V_{0x} T$
 $6,0 = 6,0 T \Rightarrow T = 1,0\text{s}$
- $V_{0y} = V_0 \text{cos } \theta = 10,0 \cdot 0,80 \text{ (m/s)} = 8,0\text{m/s}$
 - $V_y^2 = V_{0y}^2 + 2\gamma_y \Delta s_y$
 $V_y^2 = 64,0 + 2 \cdot 10,0 \cdot 1,8 = 100 \Rightarrow |V_y| = 10,0\text{m/s}$
 - TI: $\vec{I} = \Delta\vec{Q}$
 $F_m \cdot \Delta t = m \Delta V \quad \uparrow \oplus$
 $F_m \cdot 1,0 \cdot 10^{-3} = 600 \cdot 10^{-3} \cdot 18,0$
 $F_m = 1,08 \cdot 10^4\text{N} \Rightarrow F_m = 10,8\text{kN}$
- $e = \frac{V_{af}}{V_{ap}} = \frac{8,0}{10,0} = 0,80$

- Respostas:** a) 1,0s
 b) 10,8kN
 c) 0,80

6. (UNIOESTE-PR-2012) – A descrição de colisões perfeitamente elásticas é um exemplo tradicional da aplicação dos princípios físicos da conservação do momento linear e da energia (cinética) totais. Suponha que duas esferas idênticas, com massa M e raio R , sofram uma colisão perfeitamente elástica e não central: ou seja, suas velocidades iniciais de incidência não são paralelas à reta que liga seus respectivos centros. Admita que inicialmente uma das esferas tenha velocidade (\vec{V}) não nula, enquanto a outra está em repouso. Saiba-se que, imediatamente após a colisão as esferas assumem, respectivamente, as velocidades (\vec{U}) e (\vec{W}) formando um ângulo relativo θ . Neste caso, é correto afirmar que

- $\theta = 0^\circ$.
- $\theta = 45^\circ$.
- $\theta = 60^\circ$.
- $\theta = 90^\circ$.
- $\theta = 180^\circ$.

RESOLUÇÃO:



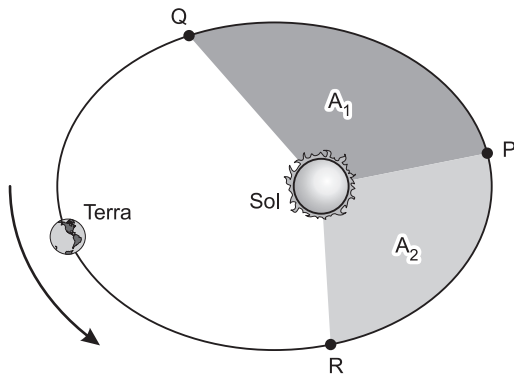
- $\vec{Q}_f = \vec{Q}_0$
 $MU + MW = MV$
 $Q_f^2 = M^2U^2 + M^2W^2 + 2MU MW \text{cos } \theta$
 $Q_f^2 = M^2(W^2 + U^2 + 2UW \text{cos } \theta) = M^2V^2$
 $W^2 + U^2 + 2UW \text{cos } \theta = V^2 \quad \textcircled{1}$
- $E_{\text{cin}_f} = E_{\text{cin}_0}$
 $\frac{MU^2}{2} + \frac{MW^2}{2} = \frac{MV^2}{2} \Rightarrow U^2 + W^2 = V^2 \quad \textcircled{2}$
 $\textcircled{2}$ em $\textcircled{1}$: $W^2 + U^2 + 2UW \text{cos } \theta = U^2 + W^2$
 $2UW \text{cos } \theta = 0$
 Como $U \neq 0$ e $W \neq 0$, resulta $\text{cos } \theta = 0 \Rightarrow \theta = 90^\circ$

Resposta: D

MÓDULO 56

LEIS DE KEPLER

1. (VUNESP-FAMECA-2012) – A figura a seguir representa, fora de escala, a trajetória da Terra em torno do Sol.



Considerando-se que as áreas A_1 e A_2 sejam iguais, que o período de translação da Terra seja de 12 meses e que o intervalo de tempo necessário para ela se mover de P para Q seja de 2,5 meses, o intervalo de tempo, em meses, para que a Terra percorra o arco QR é igual a

a) 3. b) 4. c) 5. d) 6. e) 7.

RESOLUÇÃO:

2.ª Lei de Kepler: $A_1 = A_2 \Leftrightarrow \Delta t_{RP} = \Delta t_{PQ} = 2,5$ meses

De Q para R: $\Delta t_{QR} = T - (\Delta t_{RP} + \Delta t_{PQ})$

$$\Delta t_{QR} = 12 \text{ meses} - 5 \text{ meses} = 7 \text{ meses}$$

Resposta: E

2. (UEPA-2012-MODELO ENEM) – Leia o texto para responder à questão.

Durante a segunda metade do século XX, a corrida espacial foi uma importante forma de propaganda ideológica, destacando-se, na sua fase final, pelo uso dos ônibus espaciais como meio de transporte. No dia 8 de julho de 2011, foi lançado ao espaço o último ônibus espacial norte-americano. Ele acoplou com a Estação Espacial Internacional, que se encontra em órbita circular a 350 km da Terra, deslocando-se a uma velocidade aproximada de módulo 28.000 km/h, executando uma volta ao redor da Terra em, aproximadamente, 90 minutos. O retorno do Atlantis ocorreu em 21 de julho, decretando o fim da era dos ônibus espaciais.

Agência Estado, 21 de julho de 2011 (com adaptações)

Pela análise do texto, afirma-se que:

- a) na região de acoplamento do ônibus espacial Atlantis com a Estação Espacial, a aceleração da gravidade é aproximadamente igual a zero.
- b) se conhecermos o raio da Terra e o período de translação da Lua em torno da Terra, poderemos calcular a distância Terra-Lua.
- c) a órbita em que se encontravam tanto o ônibus espacial Atlantis quanto a Estação Espacial é do tipo geoestacionária.
- d) a sensação de ausência de peso experimentada no interior da Estação Espacial se deve ao fato de que, a todo o momento, ela está caindo com aceleração igual a $9,8 \text{ m/s}^2$.
- e) a energia mecânica do ônibus espacial Atlantis, durante o seu processo de retorno para a Terra, permanece constante.

RESOLUÇÃO:

a) (F) A aceleração da gravidade nos pontos da órbita é a aceleração centrípeta do ônibus espacial.

b) (V) 3.ª Lei de Kepler:

$$\frac{R_S^3}{T_S^2} = \frac{R_L^3}{T_L^2}$$

$$R_S = R_T + h = R_T + 350 \text{ km}$$

$$T_S = 90 \text{ min}$$

Dados R_T e T_L , podemos obter R_L (raio de órbita da Lua)

c) (F) Para a órbita geoestacionária o período é de 24h.

d) (F) A estação espacial está em queda livre porém sua aceleração é menor que $9,8 \text{ m/s}^2$.

e) (F) Na volta, a estação espacial vai perder energia mecânica por causa da força de resistência do ar na atmosfera que dissipa energia mecânica em térmica.

Resposta: B

3. (FGV-SP-2012) – Curiosamente, no sistema solar, os planetas mais afastados do Sol são os que têm maior quantidade de satélites naturais, principalmente os de maior massa, como Júpiter e Saturno, cada um com mais de 60 satélites naturais.

Considere 2 satélites A e B de Júpiter. O satélite A dista R do centro de Júpiter e o satélite B dista 4R do mesmo centro. Se A demora n dias terrestres para completar uma volta em torno de Júpiter, o número de dias terrestres em que B completa uma volta em torno do mesmo planeta é

- a) $\sqrt{2} \cdot n$ b) $2 \cdot n$ c) $4 \cdot n$ d) $8 \cdot n$ e) $8 \cdot \sqrt{2} \cdot n$.

RESOLUÇÃO:

$$\left(\frac{R_B}{R_A}\right)^3 = \left(\frac{T_B}{T_A}\right)^2$$

$$R_A = R$$

$$R_B = 4R$$

$$(4)^3 = \left(\frac{T_B}{T_A}\right)^2$$

$$T_A = nd$$

$$T_B = ?$$

$$\frac{T_B}{T_A} = 8$$

$$T_B = 8T_A = 8nd$$

Resposta: D

4. (AFA-2012) – A tabela a seguir resume alguns dados sobre dois satélites de Júpiter.

| Nome | Diâmetro aproximado (km) | Raio médio da órbita em relação ao centro de Júpiter (km) |
|--------|--------------------------|---|
| Io | $3,64 \cdot 10^3$ | $4,20 \cdot 10^5$ |
| Europa | $3,14 \cdot 10^3$ | $6,72 \cdot 10^5$ |

Sabendo-se que o período orbital de Io é de aproximadamente 1,8 dia terrestre, pode-se afirmar que o período orbital de Europa expresso em dia(s) terrestre(s) é um valor mais próximo de

- a) 0,90 b) 1,5 c) 3,6 d) 7,2

Nota: Considere $(1,6)^3 \cong 4$

RESOLUÇÃO:

$$3.^{\text{a}} \text{ Lei de Kepler: } \frac{R^3}{T^2} = K$$

$$\left(\frac{T_E}{T_I}\right)^2 = \left(\frac{R_E}{R_I}\right)^3$$

$$\left(\frac{T_E}{1,8}\right)^2 = \left(\frac{6,72 \cdot 10^5}{4,20 \cdot 10^5}\right)^3$$

$$\left(\frac{T_E}{1,8}\right)^2 = (1,6)^3 \cong 4$$

$$\frac{T_E}{1,8} = 2 \Rightarrow T_E = 3,6 \text{ d}$$

Resposta: C

5. (OLIMPIÁDA DE FÍSICA DE PORTUGAL-MODELO ENEM)

Uma recordação do sistema solar

O Extra-Terrestre de nome impronunciável não conseguia esconder a felicidade:

“– Pai, gostei tanto desta viagem à Terra! Queria mesmo levar uma recordação...”

– E por que é que não usas o teu redutor e levas o próprio Sol e a Terra?” devolveu o Pai.

“– Excelente ideia, Pai! Vou reduzi-los de modo que a distância média Terra-Sol seja de 1m, e os restantes serão reduzidos proporcionalmente. Assim, cabe no meu quarto.

– Mas, no processo de redução, mantém a densidade dos astros constante e não a sua massa, senão ficas com dois buracos negros...”

Assumindo que a órbita da Terra em torno do Sol é circular e que o Sol é um corpo esférico com densidade uniforme, determine qual é o período orbital do sistema Sol-Terra depois da redução.

A distância Terra-Sol vale $1,5 \cdot 10^{11} \text{m}$.

- a) $1,5 \cdot 10^{11} \text{a}$ b) $(1,5 \cdot 10^{11})^2 \text{a}$
 c) $(1,5 \cdot 10^{11})^3 \text{a}$ d) $\frac{1}{(1,5 \cdot 10^{11})^3} \text{a}$
 e) 1a

É dada a 3.ª Lei de Kepler:

$$\frac{R^3}{T^2} = \frac{GM_S}{4\pi^2}$$

R = raio de órbita do planeta em torno do Sol

T = período de translação do planeta

G = constante de gravitação universal

M_S = massa do Sol

RESOLUÇÃO:

$$1) M_S = \mu_S \cdot V_S = \mu_S \cdot \frac{4}{3} \pi R_S^3$$

$$2) \frac{R^3}{T^2} = \frac{G}{4\pi^2} \cdot \mu_S \cdot \frac{4}{3} \pi R_S^3$$

$$\frac{R^3}{T^2} = \frac{G}{3\pi} \cdot \mu_S R_S^3 \Rightarrow T^2 = \frac{3\pi R^3}{G \mu_S R_S^3}$$

$$T^2 = k \left(\frac{R}{R_S} \right)^3$$

Como R e R_S serão divididos pelo mesmo número n (fator de redução), a razão $\frac{R}{R_S}$ não se altera e o período T continua o mesmo (1a).

Resposta: E

MÓDULO 57

LEI DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

1. (UDESC-MODELO ENEM) – Na figura abaixo, o sul-africano Mark Shuttleworth, que entrou para história como o segundo turista espacial, depois do empresário norte-americano Dennis Tito, “flutua” a bordo da Estação Espacial Internacional que se encontra em órbita baixa (entre 350km e 460km da Terra).



Sobre Mark, é correto afirmar:

- tem a mesma aceleração da Estação Espacial Internacional, que é a aceleração da gravidade nos pontos da órbita (todo o conjunto está em queda livre).
- está livre da força gravitacional aplicada pela Terra.
- tem o poder da levitação.
- permanece flutuando devido à inércia.
- tem velocidade menor que a da Estação Espacial Internacional.

RESOLUÇÃO:

Todo o sistema (Estação espacial + conteúdo) está sob ação exclusiva da força gravitacional aplicada pela Terra, isto é, todo o sistema está em uma eterna queda livre e, por isso, os corpos ficam flutuando dentro da estação (o peso aparente é nulo e tem-se a sensação de imponderabilidade).

Resposta: A

2. (UERJ-2012) – Na tirinha abaixo, o diálogo entre a maçã, a bola e a Lua, que estão sob a ação da Terra, faz alusão a uma lei da Física.



DAOU, Luisa; CARUSO, Francisco. *Tirinhas de Física*. Rio de Janeiro: CBPF, 2000.

- Aponte a constante física introduzida por essa lei.
- Indique a razão entre os valores dessa constante física para a interação gravitacional Lua-Terra e para a interação maçã-Terra.

RESOLUÇÃO:

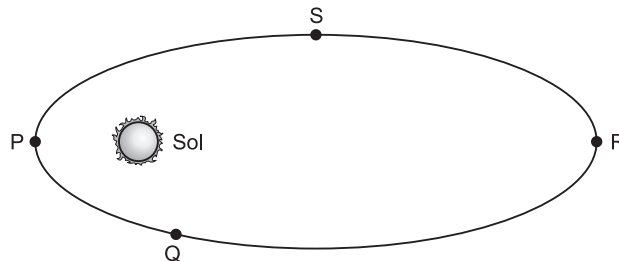
a) $F = \frac{G M m}{d^2}$: lei da gravitação universal.

G é a constante de gravitação universal introduzida pela lei de Newton.

- b) G é uma constante universal e, portanto:

$$r = \frac{G_{LT}}{G_{MT}} = 1$$

3. (UFMG-2012) – Nesta figura, está representada, de forma esquemática, a órbita de um cometa em torno do Sol:



Nesse esquema, estão assinalados quatro pontos – P, Q, R e S – da órbita do cometa.

- Assinalando com um X a quadrícula apropriada, indique em qual dos pontos – P, Q, R ou S – o módulo da aceleração do cometa é maior.

| | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> P | <input type="checkbox"/> Q | <input type="checkbox"/> R | <input type="checkbox"/> S |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

 Justifique sua resposta.
- Assinalando com um X a quadrícula apropriada, responda: Na trajetória descrita pelo cometa, a quantidade de movimento do cometa se conserva?

| | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sim. | <input type="checkbox"/> Não. |
|-------------------------------|-------------------------------|

 Justifique sua resposta.

RESOLUÇÃO:

1. $F_G = m a$

$$\frac{G M m}{d^2} = m a$$

$$a = \frac{GM}{d^2}$$

No ponto P a distância do cometa ao Sol é mínima e o módulo da aceleração é máximo.

Resposta: P

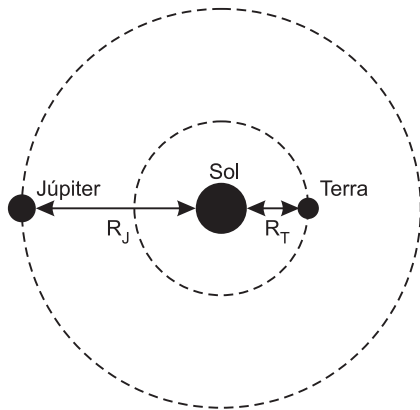
2. A quantidade de movimento $\vec{Q} = m\vec{V}$ varia em módulo e direção, e sua variação é dada pelo Impulso da Força Gravitacional.

TI: $\vec{I}_{FG} = \Delta\vec{Q}$

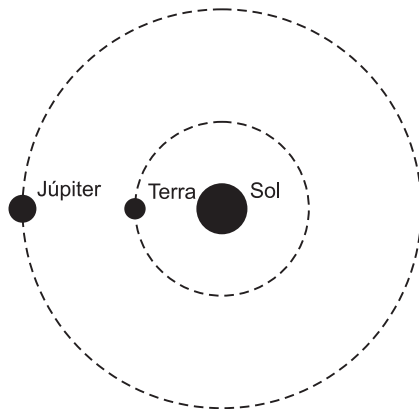
Resposta: Não

(UNICAMP-2012-MODELO ENEM) – Texto para as questões 4 e 5. Em setembro de 2010, Júpiter atingiu a menor distância da Terra em muitos anos. As figuras abaixo ilustram a situação de maior afastamento e a de maior aproximação dos planetas, considerando-se que suas órbitas são circulares, que o raio da órbita terrestre (RT) mede $1,5 \times 10^{11}\text{m}$ e que o raio da órbita de Júpiter (RJ) equivale a $7,5 \times 10^{11}\text{m}$.

Maior afastamento



Maior aproximação

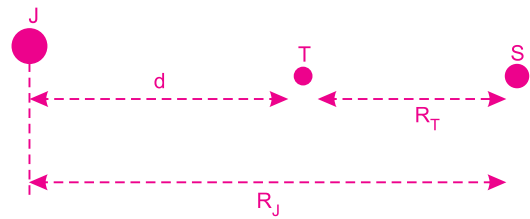


Adote $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{(\text{kg})^2}$

4. Sabendo-se que a massa de Júpiter é $m_J = 2,0 \times 10^{27}\text{kg}$ e que a massa da Terra é $m_T = 6,0 \times 10^{24}\text{kg}$, o módulo da força gravitacional entre Júpiter e a Terra, no momento de maior proximidade, é

- a) $1,4 \times 10^{18}\text{N}$.
 b) $2,2 \times 10^{18}\text{N}$.
 c) $3,5 \times 10^{19}\text{N}$.
 d) $1,3 \times 10^{30}\text{N}$.
 e) $1,5 \times 10^{30}\text{N}$.

RESOLUÇÃO:



$$d = R_J - R_T = 7,5 \cdot 10^{11}\text{m} - 1,5 \cdot 10^{11}\text{m} = 6,0 \cdot 10^{11}\text{m}$$

$$F_G = \frac{G m_J m_T}{d^2}$$

$$F_G = \frac{6,7 \cdot 10^{-11} \cdot 2,0 \cdot 10^{27} \cdot 6,0 \cdot 10^{24}}{(6,0 \cdot 10^{11})^2} (\text{N})$$

$$F_G = \frac{6,7 \cdot 12,0}{36,0} 10^{18}\text{N}$$

$$F_G = 2,2 \cdot 10^{18}\text{N}$$

Resposta: B

5. Considerando-se as órbitas circulares representadas na figura, o valor do período de translação de Júpiter, em anos terrestres, é mais próximo de

- a) 0,1 b) 5 c) 11 d) 125 e) 250

RESOLUÇÃO:

3ª Lei de Kepler:

$$\left(\frac{T_J}{T_T}\right)^2 = \left(\frac{R_J}{R_T}\right)^3$$

$$R_J = 7,5 \cdot 10^{11}\text{m}$$

$$R_T = 1,5 \cdot 10^{11}\text{m}$$

$$\left(\frac{T_J}{T_T}\right)^2 = (5)^3 = 125$$

$$\frac{T_J}{T_T} = \sqrt{125} \cong 11,2$$

$$T_J \cong 11,2 \text{ anos terrestres}$$

Resposta: C

6. (VUNESP-2012-MODELO ENEM) – Em seu livro *O Pequeno Príncipe*, o escritor francês Antoine de Saint-Exupéry imagina a existência de um pequeno planeta, o B612, onde viveria seu personagem. Suponha que o módulo da aceleração da gravidade na superfície terrestre seja dez milhões de vezes maior que na superfície do planeta B612 e que o raio terrestre seja um milhão de vezes maior que o do planeta B612.

Considerando-se a massa da Terra $6,0 \cdot 10^{24}$ kg, segundo as leis da mecânica gravitacional, a massa do planeta B612 seria comparável a de um

- saco de cimento (50kg).
- automóvel de passeio (1 500kg).
- caminhão carregado (30t).
- avião de passageiros (100t).
- navio cargueiro (600t).

RESOLUÇÃO:

$$P = F_G$$

$$m g = \frac{G M m}{R^2}$$

$$g = \frac{G M}{R^2}$$

$$\frac{g_P}{g_T} = \frac{M_P}{M_T} \cdot \left(\frac{R_T}{R_P}\right)^2$$

$$\frac{1}{10^7} = \frac{M_P}{6,0 \cdot 10^{24}} \cdot (10^6)^2$$

$$\frac{1}{10^7} = \frac{M_P}{6,0 \cdot 10^{12}}$$

$$M_P = \frac{6,0 \cdot 10^{12}}{10^7} \text{ kg} = 6,0 \cdot 10^5 \text{ kg} = 6,0 \cdot 10^2 \text{ t}$$

Resposta: E

MÓDULO 58

ORIGEM E EVOLUÇÃO DO UNIVERSO

1. (FUVEST) – Segundo uma obra de ficção, o Centro Europeu de Pesquisas Nucleares, CERN, teria recentemente produzido vários gramas de antimatéria. Sabe-se que, na reação de antimatéria com igual quantidade de matéria normal, a massa total m é transformada em energia E , de acordo com a equação $E = mc^2$, onde c é o módulo da velocidade da luz no vácuo.

- Com base nessas informações, quantos joules de energia seriam produzidos pela reação 1,0g de antimatéria com 1,0g de matéria?
- Supondo-se que a reação matéria-antimatéria ocorra numa fração de segundo (explosão), a quantas “Little Boy” (a bomba nuclear lançada em Hiroshima, em 6 de agosto de 1945) corresponde a energia produzida nas condições do item a)?
- Se a reação matéria-antimatéria pudesse ser controlada e a energia produzida na situação descrita no quesito (a) fosse totalmente convertida em energia elétrica, por quantos meses essa energia poderia suprir as necessidades de uma pequena cidade que utiliza, em média, 9,0MW de potência elétrica?

NOTE E ADOTE:

$$1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W.}$$

A explosão de “Little Boy” produziu $6,0 \times 10^{13}$ J (15 quilotons).

$$1 \text{ mês} \cong 2,5 \times 10^6 \text{ s.}$$

Módulo da velocidade da luz no vácuo, $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$.

Indique a resolução da questão. Não é suficiente apenas escrever as respostas.

RESOLUÇÃO:

$$a) m = 2,0g = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$E = m c^2$$

$$E = 2,0 \cdot 10^{-3} \cdot (3,0 \cdot 10^8)^2 \text{ J}$$

$$E = 1,8 \cdot 10^{14} \text{ J}$$

$$b) 1 \text{ “Little Boy”} \longrightarrow 6,0 \cdot 10^{13} \text{ J}$$

$$n \longleftarrow 180 \cdot 10^{12} \text{ J}$$

$$n = \frac{180 \cdot 10^{12}}{60 \cdot 10^{12}} \text{ “Little Boys”}$$

$$n = 3 \text{ “Little Boys”}$$

c) Potência utilizada na pequena cidade:

$$P = 9,0 \text{ MW} = 9,0 \cdot 10^6 \text{ W}$$

Energia produzida na interação matéria-antimatéria:

$$E = 1,8 \cdot 10^{14} \text{ J}$$

Sendo

$$E = P \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{E}{P}$$

$$\Delta t = \frac{1,8 \cdot 10^{14} \text{ J}}{9,0 \cdot 10^6 \text{ W}} \Rightarrow \Delta t = 2,0 \cdot 10^7 \text{ s}$$

Calculando o tempo em meses:

$$1 \text{ mês} \longrightarrow 2,5 \cdot 10^6 \text{ s}$$

$$x \longleftarrow 2,0 \cdot 10^7 \text{ s}$$

$$x = \frac{2,0 \cdot 10^7}{2,5 \cdot 10^6} \text{ meses} = \frac{20 \cdot 10^6}{2,5 \cdot 10^6} \text{ meses}$$

$$x = 8 \text{ meses}$$

Respostas: a) $1,8 \cdot 10^{14} \text{ J}$

b) 3 “Little Boys”

c) 8 meses

2. Os buracos-negros, previstos pela 1.ª vez por Oppenheimer e Sneyder, em 1939, são, de acordo com a teoria da Relatividade Geral, astros cujas densidades são tão altas que a atração gravitacional em sua vizinhança é tão intensa que nada lhe pode escapar, nem mesmo a luz ou qualquer outra radiação eletromagnética. Usando a Mecânica Newtoniana, quando uma estrela de massa 4,5 vezes maior do que a massa do Sol, $M_S = 2,0 \cdot 10^{30} \text{kg}$, no seu processo de envelhecimento evolui para um buraco-negro, o seu raio diminui para um valor mais próximo de:

Dados: $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{N.m}^2.\text{kg}^{-2}$; $C = 3,0 \cdot 10^8 \text{m.s}^{-1}$ e

$$V_{\text{escape}} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

M = massa do corpo celeste

R = raio do corpo celeste

- a) 1,5km b) 3,0km c) 4,5 km
d) 13km e) $1,3 \cdot 10^7 \text{km}$

RESOLUÇÃO:

$$c = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

$$c^2 = \frac{2GM}{R}$$

$$R = \frac{2GM}{c^2}$$

$$R = \frac{2 \cdot 6,7 \cdot 10^{-11} \cdot 9,0 \cdot 10^{30}}{9,0 \cdot 10^{16}} \text{ (m)}$$

$$R \cong 13 \cdot 10^3 \text{ m}$$

$$R \cong 13 \text{ km}$$

Resposta: D

3. A respeito da teoria do *Big Bang*, considere as proposições que se seguem:

- (01) Afirma que o Universo sempre existiu.
(02) Afirma que o Universo tem uma idade aproximada de $13,7 \cdot 10^9$ anos.
(04) Tem como evidência a existência da radiação cósmica de fundo.
(08) Tem como evidência a expansão do Universo demonstrada por Hubble usando o Efeito Doppler.
(16) Deve ser encarada como ficção científica.
(32) É negada pelo fato da noite ser escura.

Dê como resposta a soma dos números associados às proposições corretas.

RESOLUÇÃO:

- (01) **FALSA. O Universo tem uma idade finita.**
(02) **VERDADEIRA.**
(04) **VERDADEIRA.**
(08) **VERDADEIRA.**
(16) **FALSA. É aceita por quase toda a comunidade científica.**
(32) **FALSA. A escuridão da noite evidencia que o Universo tem uma idade finita.**

Resposta: 14

4. A respeito da radiação cósmica de fundo, assinale a proposição falsa:

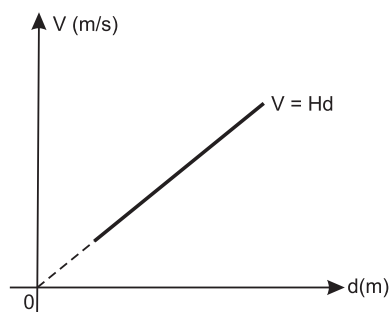
- a) Passou a se propagar quando o Universo tinha a idade de 380000 anos e tornou-se transparente com a formação dos primeiros átomos.
b) Sua temperatura atual é da ordem de 2,7K e corresponde à temperatura média atual do Universo.
c) Seu comprimento de onda atual é da ordem de 1mm.
d) Pode ser visualizada por parte do chuvisco que aparece nas telas de televisão quando a emissora não está corretamente sintonizada.
e) É absolutamente uniforme, não apresentando nenhuma flutuação de temperatura e/ou de comprimento de onda.

RESOLUÇÃO:

Se a radiação cósmica de fundo fosse absolutamente uniforme, toda a teoria do big bang estaria destruída, pois inviabilizaria a existência de galáxias que certamente interagem com a radiação cósmica de fundo, provocando flutuações em seu comprimento de onda e em sua temperatura, conforme a direção em que é recebida.

Resposta: E

5. De acordo com a Lei de Hubble, as galáxias se afastam da Terra com velocidades cujos módulos são proporcionais à distância da galáxia à Terra.



Assuma para a constante de Hubble o valor $H = 2,5 \cdot 10^{-18} \text{Hz}$.

Com base no exposto, calcule

- a) o limite máximo para o raio do Universo (distância máxima de uma galáxia até a Terra) medido a partir da Terra.
b) a razão entre o raio do Universo e o raio da Terra ($6,0 \cdot 10^6 \text{m}$).

RESOLUÇÃO:

a) $V = Hd$

Como $V < c$, vem

$Hd < c$

$$d < \frac{c}{H}$$

$$R_{\text{limite}} = \frac{c}{H} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{2,5 \cdot 10^{-18}} \text{ (m)}$$

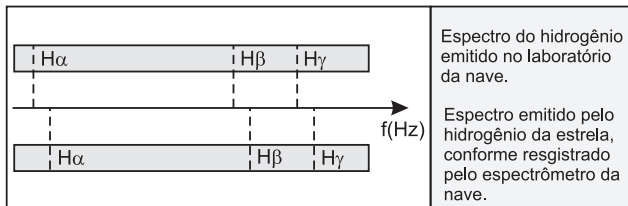
$$R_{\text{limite}} = 1,2 \cdot 10^{26} \text{ m}$$

$$b) \frac{R_{\text{limite}}}{R_{\text{Terra}}} = \frac{1,2 \cdot 10^{26} \text{ m}}{6,0 \cdot 10^6 \text{ m}}$$

$$\frac{R_{\text{limite}}}{R_{\text{Terra}}} = 2 \cdot 10^{19}$$

**Respostas: a) $1,2 \cdot 10^{26} \text{ m}$
b) $2 \cdot 10^{19}$**

6. (UFRN-MODELO ENEM) – Enquanto a nave Enterprise viajava pelo espaço interestelar, foi danificado o sistema de determinação automática da sua velocidade. O capitão Picard decidiu estimar tal velocidade em relação à estrela Vega, da constelação de Lira, por meio de medidas do espectro do hidrogênio emitido pela estrela. Abaixo, estão reproduzidas duas séries de frequências registradas pelo espectrômetro da nave: as emitidas por átomos de hidrogênio no laboratório da nave e aquelas emitidas pelas mesmas transições atômicas do hidrogênio na superfície da estrela.



- O princípio físico que fundamenta essa determinação da velocidade é
- o Efeito Doppler da luz, que mostra que a Enterprise está aproximando-se de Vega.
 - o efeito de dispersão da luz, que mostra que a Enterprise está afastando-se de Vega.
 - o Efeito Doppler da luz, que mostra a Enterprise afastando-se de Vega.
 - o efeito de dispersão da luz, que mostra que a Enterprise está aproximando-se de Vega.

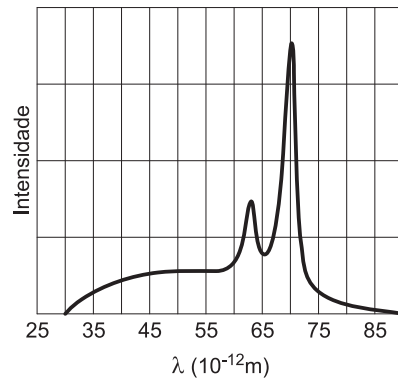
RESOLUÇÃO:

Como o espectro da luz emitida pela estrela, registrado no espectrômetro da nave, está deslocado para o lado de maior frequência, concluímos, pelo Efeito Doppler, que a fonte de ondas está aproximando-se da nave.

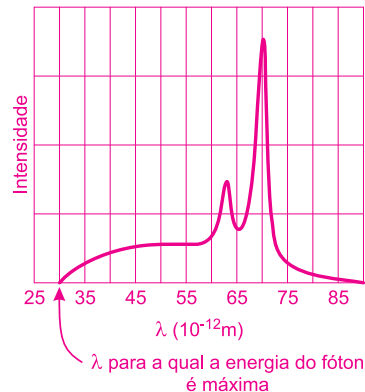
Resposta: A

MÓDULO 59
NOÇÕES DE FÍSICA MODERNA

1. (UNICAMP-2012) – Raios X, descobertos por Röntgen em 1895, são largamente utilizados como ferramenta de diagnóstico médico por radiografia e tomografia. Além disso, o uso de raios X foi essencial em importantes descobertas científicas, como, por exemplo, na determinação da estrutura do DNA. Em um dos métodos usados para gerar raios X, elétrons colidem com um alvo metálico perdendo energia cinética e gerando fótons de energia $E = hf$, sendo $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ e f a frequência da radiação. A figura (a) adiante mostra a intensidade da radiação emitida em função do comprimento de onda, λ . Se toda a energia cinética de um elétron for convertida na energia de um fóton, obtemos o fóton de maior energia. Nesse caso, a frequência do fóton torna-se a maior possível, ou seja, acima dela a intensidade emitida é nula. Marque na figura o comprimento de onda correspondente a este caso e calcule a energia cinética dos elétrons incidentes.



RESOLUÇÃO:



$$E_C = hf = h \frac{c}{\lambda}$$

$$E_C = 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3,0 \cdot 10^8}{30 \cdot 10^{-12}} \text{ (J)}$$

$E_C = 6,6 \cdot 10^{-15} \text{ J}$

Resposta: $E_C = 6,6 \cdot 10^{-15} \text{ J}$

2. (UDESC-2012) – A emissão de elétrons de uma superfície, devido à incidência de luz sobre essa superfície, é chamada de *efeito fotoelétrico*. Em um experimento um físico faz incidir uma radiação luminosa de frequência f e intensidade I sobre uma superfície de sódio, fazendo com que N elétrons sejam emitidos desta superfície. Em relação aos valores iniciais f e I , assinale a alternativa que apresenta como devem variar a frequência e a intensidade da luz incidente para duplicar o número de elétrons emitidos mantendo a energia cinética de cada elétron.

- duplicar a frequência e manter a intensidade.
- manter a frequência e duplicar a intensidade.
- reduzir a frequência pela metade e manter a intensidade.
- manter a frequência e quadruplicar a intensidade.
- a emissão de elétrons independe da frequência e da intensidade da luz incidente.

RESOLUÇÃO:

A quantidade de elétrons emitidos é proporcional à intensidade da luz incidente.

Para duplicar o número de elétrons emitidos basta duplicar a intensidade da luz incidente.

A energia cinética do elétron $E_c = h f - \tau$ depende da frequência da luz.

Para manter a energia cinética devemos manter a frequência da luz.

Resposta: B

3. (FUVEST-2012) – Em um laboratório de física, estudantes fazem um experimento em que radiação eletromagnética de comprimento de onda $\lambda = 300 \text{ nm}$ incide em uma placa de sódio, provocando a emissão de elétrons. Os elétrons escapam da placa de sódio com energia cinética máxima $E_c = E - W$, sendo E a energia de um fóton da radiação e W a energia mínima necessária para extrair um elétron da placa. A energia de cada fóton é $E = h f$, sendo h a constante de Planck e f a frequência da radiação. Determine

- a frequência f da radiação incidente na placa de sódio;
- a energia E de um fóton dessa radiação;
- a energia cinética máxima E_c de um elétron que escapa da placa de sódio;
- a frequência f_0 da radiação eletromagnética, abaixo da qual é impossível haver emissão de elétrons da placa de sódio.

NOTE E ADOTE

Módulo da velocidade da radiação eletromagnética: $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$.

$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$.

$h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$.

W (sódio) = $2,3 \text{ eV}$.

$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$.

RESOLUÇÃO:

$$\text{a) } v = \lambda f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{300 \cdot 10^{-9}} \text{ (m/s)} \Rightarrow \boxed{f = 1,0 \cdot 10^{15} \text{ Hz}}$$

$$\text{b) } E = h f \Rightarrow E = 4 \cdot 10^{-15} \cdot 1,0 \cdot 10^{15} \text{ (eV)} \Rightarrow \boxed{E = 4,0 \text{ eV}}$$

$$E = 4,0 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} \Rightarrow \boxed{E = 6,4 \cdot 10^{-19} \text{ J}}$$

$$\text{c) } E_c = E - W$$

$$E_c = 4,0 \text{ eV} - 2,3 \text{ eV} \Rightarrow \boxed{E_c = 1,7 \text{ eV}}$$

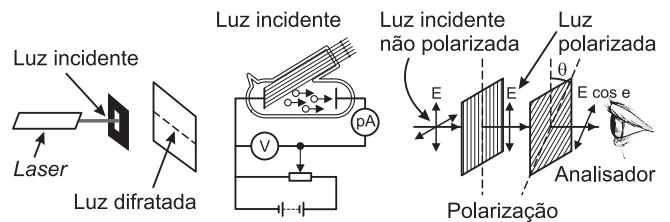
$$E_c = 1,7 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} \Rightarrow \boxed{E_c \cong 2,72 \cdot 10^{-19} \text{ J}}$$

$$\text{d) } h f_0 = W \Rightarrow f_0 = \frac{2,3}{4 \cdot 10^{-15}} \text{ (Hz)} \Rightarrow f_0 = 0,575 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

$$\boxed{f_0 = 5,75 \cdot 10^{14} \text{ Hz}}$$

- Respostas:
- $f = 1,0 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$
 - $E = 4,0 \text{ eV} = 6,4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
 - $E_c = 1,7 \text{ eV} \cong 2,72 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
 - $f_0 = 5,75 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

4. (UFRN-2012) – Estudantes interessados em analisar a natureza dual da luz preparavam uma apresentação para uma Feira de Ciências com três experimentos, conforme mostrados nas Figuras abaixo.

**1º experimento****2º experimento****3º experimento**

- **1º experimento** mostra a difração da luz ao passar por uma fenda estreita;
- **2º experimento** mostra o efeito fotoelétrico caracterizado pela geração de corrente elétrica a partir da incidência de luz sobre uma célula fotoelétrica; e
- **3º experimento** mostra o efeito da polarização da luz ao fazê-la incidir sobre filtros polarizadores.

A partir desses experimentos, é correto afirmar que

- o efeito fotoelétrico e a polarização evidenciam a natureza ondulatória da luz, enquanto a difração evidencia a natureza corpuscular da luz.
- a polarização e a difração evidenciam a natureza corpuscular da luz, enquanto o efeito fotoelétrico evidencia a natureza ondulatória da luz.
- a difração e a polarização evidenciam a natureza ondulatória da luz, enquanto o efeito fotoelétrico evidencia a natureza corpuscular da luz.
- o efeito fotoelétrico e a difração evidenciam a natureza ondulatória da luz, enquanto a polarização evidencia a natureza corpuscular da luz.
- todos os fenômenos citados evidenciam a natureza ondulatória da luz.

RESOLUÇÃO:

Difração, Interferência, Polarização são fenômenos tipicamente ondulatórios.

No efeito fotoelétrico e no efeito Compton a luz tem comportamento corpuscular manifestado pelos fótons.

Resposta: C

5. (UPE-2012) – Sobre o Princípio da Incerteza de Heisenberg, analise as proposições a seguir:

- I. Se uma medida da posição for feita com precisão Δx e se uma medida simultânea da quantidade de movimento for feita com precisão Δp , então o produto das duas incertezas nunca poderá ser menor do que $\frac{h}{4\pi}$, ou seja, $\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$.
- II. Quanto maior a precisão na determinação da posição do elétron, menor é a precisão na determinação de sua velocidade (ou de sua quantidade de movimento) e vice-versa.
- III. O princípio afirma que há um limite real para a precisão das medições simultâneas da posição e da quantidade de movimento. Esse limite provém da própria estrutura quântica da matéria e das imperfeições dos instrumentos de medida utilizados.
- IV. O princípio fundamenta-se na ação do observador sobre o objeto observado; logo, ele é uma manifestação da impossibilidade de se ignorar a interação entre o observador e o objeto observado.
- V. Esse princípio se torna irrelevante na interpretação de experiências que lidam com objetos macroscópicos, mas se torna relevante na interpretação de experiências que lidam com partículas subatômicas, como os elétrons.

Estão corretas

- | | |
|------------------------|---------------------------|
| a) I, II, III, IV e V. | b) I e II, apenas. |
| c) I, II e V, apenas. | d) I, II, IV e V, apenas. |
| e) I, II e IV, apenas. | |

RESOLUÇÃO:

I. (V) Enunciado do Princípio da Incerteza

II. (V)

III.(F) O Princípio da Incerteza não tem nada a ver com a qualidade do experimentador ou dos instrumentos de medida.

IV. (V) O ato de medir afeta a grandeza medida: o fóton de luz interage com o elétron (por exemplo).

V. (V) O Princípio da Incerteza se refere a partículas elementares.

Resposta: D

6. (FUVEST-2012-MODELO ENEM) – A seguinte notícia foi veiculada por ESTADAO.COM.BR/Internacional na terça-feira, 5 de abril de 2011: TÓQUIO - A empresa Tepco informou, nesta terça-feira, que, na água do mar, nas proximidades da usina nuclear de Fukushima, foi detectado nível de iodo radioativo cinco milhões de vezes superior ao limite legal, enquanto o césio-137 apresentou índice 1,1 milhão de vezes maior. Uma amostra recolhida no início de segunda-feira, em uma área marinha próxima ao reator 2 de Fukushima, revelou uma concentração de iodo-131 de 200 mil becquerels por centímetro cúbico. Se a mesma amostra fosse analisada, novamente, no dia 6 de maio de 2011, o valor obtido para a concentração de iodo-131 seria, aproximadamente, em Bq/cm³,

- | | | |
|--------------|-------------|------------|
| a) 100 mil. | b) 50 mil. | c) 25 mil. |
| d) 12,5 mil. | e) 6,2 mil. | |

NOTE E ADOTE

Meia-vida de um material radioativo é o intervalo de tempo em que metade dos núcleos radioativos existentes em uma amostra desse material decaem.

A meia-vida do iodo-131 é de 8 dias.

RESOLUÇÃO:

Entre 5 de abril e 6 de maio, temos 32 dias, assim, o número de meias-vidas (n) será dado por:

$$n = \frac{32}{8} \Rightarrow n = 4 \text{ meias-vidas}$$

Por outro lado, a atividade do iodo-131 está relacionada com o número de meias-vidas (n), pela expressão:

$$A_t = \frac{A_0}{2^n} = \frac{200 \text{ mil Bq/cm}^3}{16} = 12,5 \text{ mil Bq/cm}^3$$

$$A_t = 12,5 \text{ mil Bq/cm}^3$$

Resposta: D

MÓDULO 60

ANÁLISE DIMENSIONAL

1. (UECE-2012-Modificado) – Um fluido escoar por um tubo cilíndrico a uma dada vazão J em m³/s. A diferença entre as pressões no fluido medidas nas extremidades do tubo é ΔP , em pascal (Pa). Sob determinadas condições de escoamento, pode-se relacionar a vazão à diferença de pressão por uma equação do tipo $\Delta P = R_{\text{fluxo}} \cdot J$, onde R_{fluxo} é a resistência que o tubo oferece à passagem do fluido. Note a semelhança com a lei de Ohm, que relaciona diferença de potencial elétrico, ΔV , com corrente elétrica I: $\Delta V = R_{\text{elétrica}} \cdot I$.

Em relação as grandezas fundamentais: massa M, comprimento L e tempo T, a equação dimensional da grandeza R_{fluxo} e suas unidades no SI são dadas por:

- | | |
|---|---|
| a) $M L^{-4} T^{-1}$ e $kg \cdot m^{-4} \cdot s^{-1}$ | b) $M L^{-2} T^{-1}$ e $kg \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ |
| c) $M L^{-4} T^{-1}$ e $kg \cdot m^4 \cdot s^{-1}$ | d) $M L^{-2} T^{-1}$ e $kg \cdot m^{-4} \cdot s^{-1}$ |
| e) $M L T^{-3}$ e $kg \cdot m \cdot s^{-2}$ | |

RESOLUÇÃO:

$$\Delta p = R_{\text{fluxo}} \cdot J$$

$$\frac{MLT^{-2}}{L^2} = [R_{\text{fluxo}}] \cdot L^3 T^{-1}$$

$$[R_{\text{fluxo}}] = ML^{-4} T^{-1}$$

$$u(R_{\text{fluxo}}) = \text{kg} \cdot \text{m}^{-4} \cdot \text{s}^{-1}$$

Resposta: A

2. (ITA-2012) – Ondas acústicas são ondas de compressão, ou seja, propagam-se em meios compressíveis. Quando uma barra metálica é golpeada em sua extremidade, uma onda longitudinal propaga-se por ela com velocidade de módulo $V = \sqrt{Ea/\rho}$. A grandeza E é conhecida como módulo de Young, enquanto ρ é a massa específica e a uma constante adimensional. Qual das alternativas é condizente à dimensão de E?

- a) J/m^2 b) N/m^2 c) $J/s.m$
 d) $kg.m/s^2$ e) dyn/cm^3

RESOLUÇÃO:

$$V = \sqrt{\frac{Ea}{\rho}}$$

$$LT^{-1} = \sqrt{\frac{[E]}{ML^{-3}}}$$

$$L^2 T^{-2} = \frac{[E]}{ML^{-3}}$$

$$[E] = ML^{-1}T^{-2} = \frac{MLT^{-2}}{L^2} = [p]$$

O Módulo de Young tem a mesma equação dimensional de pressão e sua unidade, no SI, é $\frac{N}{m^2}$ (pascal).

Resposta: B

3. (ACAFE-2012) – Visando a padronização global, foi oficializado o Sistema Internacional de Unidades (SI) do qual o Brasil é signatário. Supondo-se que as unidades fundamentais do SI fossem modificadas de forma que: a nova unidade de massa kg' passe a ser 0,5 vez o valor do kg atual; a nova unidade de comprimento m' passe a ser 2 vezes o valor da unidade atual m , e a nova unidade de tempo s' passe a ser 0,25 vez o valor da unidade atual s .

Nessa situação, assinale a alternativa correta que apresenta a relação entre a nova unidade de força N' e a unidade atual N .

- a) 8 b) 16 c) 4 d) 2

RESOLUÇÃO:

$$(kg)' = 0,5kg$$

$$m' = 2m$$

$$s' = 0,25s$$

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

$$N = kg \cdot m \cdot s^{-2}$$

$$N' = (kg)' \cdot m' \cdot (s')^{-2}$$

$$N' = 0,5kg \cdot 2m \cdot (0,25s)^{-2}$$

$$N' = kg \cdot m \cdot s^{-2} \cdot (0,25)^{-2}$$

$$N' = N \cdot \left(\frac{1}{4}\right)^{-2} = N \cdot 16$$

Resposta: B

4. (UNIOESTE-PR-2012) – Em um exame final de física experimental foi pedido a um estudante que expressasse o módulo da velocidade de propagação do som (v) no ar a partir da pressão atmosférica local (P) e da densidade do ar (ρ). Ele lembrava-se apenas de que a expressão procurada independia de constantes adimensionais e, portanto, após efetuar a análise dimensional do problema concluiu corretamente que

- a) $v = (P/\rho)^2$. b) $v = (\rho/P)^2$. c) $v = (P/\rho)^{1/2}$.
d) $v = (\rho/P)^{1/2}$. e) $v = (P \cdot \rho)^{1/2}$.

RESOLUÇÃO:

$V = P^x \rho^y$

$L T^{-1} = \left(\frac{M L T^{-2}}{L^2} \right)^x \cdot (M L^{-3})^y$

$L T^{-1} = M^{x+y} L^{-x-3y} T^{-2x}$

$x + y = 0$

$-x - 3y = 1 \Rightarrow \begin{cases} x = \frac{1}{2} \\ y = -\frac{1}{2} \end{cases}$

$-2x = -1$

$V = \sqrt{\frac{P}{\rho}} = \left(\frac{P}{\rho} \right)^{\frac{1}{2}}$

Resposta: C

5. (UFCE) – Supondo-se que o módulo da velocidade de uma onda de água que chega à praia dependa só da profundidade h e do módulo da aceleração da gravidade g , e, sendo k uma constante adimensional, poderíamos concluir que o módulo da velocidade da onda teria a forma:

- a) $kg h$ b) kg/h c) $k\sqrt{gh}$
d) $k\sqrt{\frac{g}{h}}$ e) $k\sqrt{h}$

RESOLUÇÃO:

$V = k g^x h^y$

$L T^{-1} = (L T^{-2})^x L^y$

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

$x + y = 1 \quad x = \frac{1}{2}$

\Rightarrow

$-2x = -1 \quad y = \frac{1}{2}$

$V = k\sqrt{gh}$

Resposta: C

6. (UEPB-2012-MODELO ENEM) – Durante uma pesquisa em Botânica, realizada no interior de uma estufa, biólogos observaram que o aumento da massa, ΔM , de uma determinada planta dependia das seguintes grandezas físicas:

- F : fluxo de água depositada no solo, expresso em m^3/s ;
- d : densidade de nutrientes no solo, expresso em kg/m^3 ;
- Δt : intervalo de tempo do experimento, expresso em segundos.

A partir das observações realizadas, os pesquisadores elaboraram uma equação empírica para expressar o aumento da massa dessa planta em termos das grandezas apresentadas.

Nesse sentido, o aumento dessa massa pode ser, adequadamente, representado na equação:

- a) $\Delta M = F d$ b) $\Delta M = F d^2 \Delta t$
c) $\Delta M = F d^2 \Delta t^2$ d) $\Delta M = F d \Delta t$
e) $\Delta M = F^2 d \Delta t^2$

RESOLUÇÃO:

$\Delta M = k F^x d^y (\Delta t)^z$

$M = (L^3 T^{-1})^x (M L^{-3})^y T^z$

$M = M^y L^{3x-3y} T^{-x+z}$

$y = 1 \quad y = 1$

$3x - 3y = 0 \Rightarrow x = 1$

$-x + z = 0 \quad z = 1$

$\Delta M = k F d \Delta t$

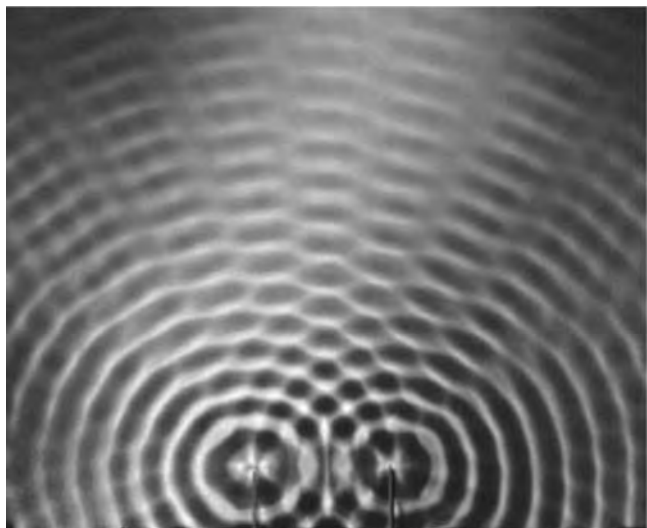
No caso a constante adimensional vale 1.

Resposta: D

MÓDULO 25

INTERFERÊNCIA DE ONDAS

1. (UnB-DF) – Em um experimento que utiliza uma cuba de ondas, foi registrado, em determinado instante, o padrão mostrado na figura abaixo.



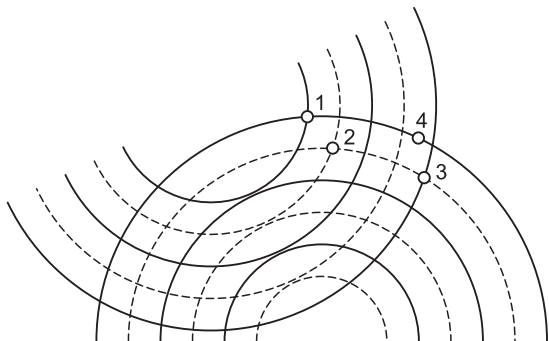
- Com base nessa figura, é correto afirmar que se trata de padrão de
- interferência de ondas geradas por duas fontes pontuais em fase.
 - difração de ondas circulares oriundas de fendas paralelas em fase.
 - interferência de ondas geradas por duas fontes pontuais em oposição de fase.
 - difração de ondas circulares oriundas de fendas paralelas em oposição de fase.

RESOLUÇÃO:

Na foto, distinguem-se linhas ventrais, onde ocorre interferência construtiva, com superposição de dois ventres, e linhas nodais, onde ocorre interferência destrutiva, com superposição de um ventre e um vale. Deve-se observar que as fontes operam em concordância de fase, já que cristas correspondentes distam das fontes igualmente.

Resposta: A

2. (UEL-MODELO ENEM) – A figura a seguir representa uma área coberta pela radiação eletromagnética emitida por duas antenas.

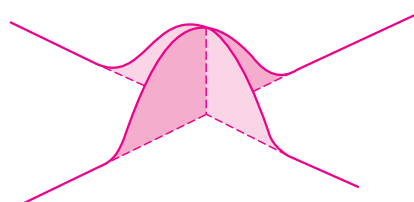


Considerando que a radiação eletromagnética é uma onda e que, nesta questão, essa onda está representada pelos semicírculos, cujas cristas são os traços cheios e os vales os traços pontilhados, assinale a alternativa correta.

- No ponto 1 a amplitude resultante é mínima.
- No ponto 2 a amplitude resultante é máxima.
- No ponto 3 a amplitude resultante é metade do que a do ponto 1.
- No ponto 4 a amplitude resultante é nula.
- No ponto 2 a amplitude resultante é o dobro do que a do ponto 3.

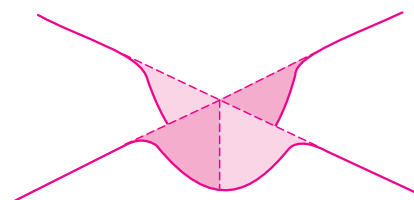
RESOLUÇÃO:

No ponto 1:



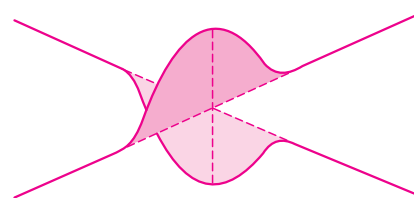
Superposição de cristas: interferência construtiva (reforço).

No ponto 2:



Superposição de vales: interferência construtiva (reforço).

No ponto 3:



Superposição de uma crista com um vale: interferência destrutiva (anulamento).

Resposta: B

3. (VUNESP-2012) – Quando se olha a luz branca de uma lâmpada incandescente ou fluorescente refletida na superfície de um CD, pode-se ver o espectro contínuo de cores que compõem essa luz. Esse efeito ocorre nos CDs devido à

- difração dos raios refratados nos sulcos do CD, que funcionam como uma rede de difração.
- interferência dos raios refletidos nos sulcos do CD, que funcionam como uma rede de difração.
- interferência dos raios refletidos nos sulcos do CD, que funcionam como um prisma.
- polarização dos raios refletidos nos sulcos do CD, que funcionam como um polarizador.
- refração dos raios refletidos nos sulcos do CD, que funcionam como uma rede de prismas.

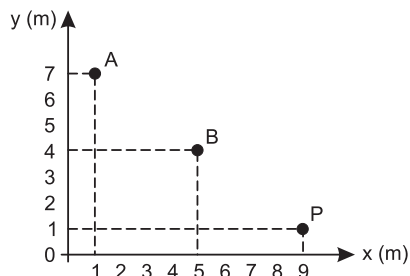
RESOLUÇÃO:

A interferência entre as ondas de luz depois de reflexão nos sulcos do CD, onde estão contidas as informações digitais, privilegia determinadas cores em detrimento de outras.

Além disso, esses sulcos constituem uma rede de difração, o que reforça o fenômeno da observação do espectro contínuo de cores que compõem a luz branca.

Resposta: B

4. (UFC) – Duas fontes sonoras, **A** e **B**, mostradas na figura abaixo, emitem ondas senoidais em fase e com a mesma frequência.



Considerando-se a velocidade do som igual a 340m/s, determine a menor frequência capaz de produzir

- interferência construtiva no ponto P;
- interferência destrutiva no ponto P.

RESOLUÇÃO:

As fontes sonoras **A** e **B** e o ponto **P** estão alinhados (contidos na mesma reta). Como as fontes operam em fase e não há reflexões com inversão de fase, as características da interferência em **P** dependerão apenas da diferença de percursos (Δx) entre as ondas provenientes de **A** e de **B**.

$$\Delta x = AP - BP \Rightarrow \Delta x = \sqrt{6^2 + 8^2} - \sqrt{3^2 + 4^2} \text{ (m)}$$

$$\Delta x = 10 - 5 \text{ (m)} \Rightarrow \Delta x = 5\text{m}$$

- a) Condição de *interferência construtiva*:

$$\Delta x = p \frac{\lambda}{2} \quad (p = 2, 4, 6, \dots)$$

$$\Delta x = p \frac{V}{2f} \Rightarrow f = \frac{pV}{2\Delta x}$$

$$f_{\min} = \frac{2 \cdot 340}{2 \cdot 5} \text{ (Hz)} \Rightarrow f_{\min} = 68\text{Hz}$$

- b) Condição de *interferência destrutiva*:

$$\Delta x = i \frac{\lambda}{2} \quad (i = 1, 3, 5, \dots)$$

$$\Delta x = i \frac{V}{2f} \Rightarrow f = \frac{iV}{2\Delta x}$$

$$f_{\min} = \frac{1 \cdot 340}{2 \cdot 5} \text{ (Hz)} \Rightarrow f_{\min} = 34\text{Hz}$$

- Respostas: a) 68Hz
b) 34Hz

5. Um tanque de fundo constituído por um tipo de cristal espelhado contém benzeno transparente de índice absoluto de refração igual a 1,5. Uma onda de telecomunicações com frequência igual a 100MHz, emitida de um satélite, incide verticalmente sobre a superfície tranquila do benzeno, sendo em parte refletida na superfície líquida e em parte refletida no fundo do tanque. Sabendo-se que a intensidade da velocidade da luz no vácuo é igual a $3,0 \cdot 10^8$ m/s, e que o cristal do fundo do tanque é mais refringente que o benzeno, determine

- a intensidade da velocidade da onda no interior do benzeno, bem como seu respectivo comprimento de onda;
- as três menores alturas do benzeno dentro do tanque para que a parcela da onda refletida na superfície líquida seja cancelada pela parcela da onda refletida no fundo do tanque.

RESOLUÇÃO:

- a) A intensidade da velocidade da onda no interior do benzeno é calculada por:

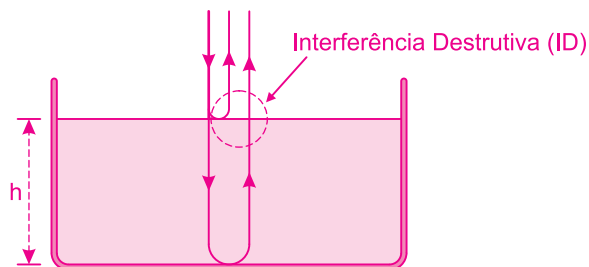
$$n = \frac{c}{V} \Rightarrow 1,5 = \frac{3,0 \cdot 10^8}{V} \Rightarrow V = 2,0 \cdot 10^8 \text{m/s}$$

Aplicando-se a equação fundamental da ondulatória, determinamos o comprimento de onda da onda do satélite no interior do benzeno.

$$V = \lambda f \Rightarrow 2,0 \cdot 10^8 = \lambda \cdot 100 \cdot 10^6 \Rightarrow \lambda = 2,0\text{m}$$

É importante notar que, mesmo sofrendo sucessivas refrações, a onda mantém inalterada sua frequência de 100MHz.

- b) Tanto na superfície do benzeno como no fundo do tanque, as ondas sofrem reflexão com inversão de fase. Isso significa que as ondas refletidas estarão em concordância de fase entre si e o anulamento que deverá ocorrer entre elas se dará exclusivamente por diferença de percursos.



Condição de ID:

$$\Delta y = i \frac{\lambda}{2} \quad (i = 1, 3, 5, \dots)$$

Mas $\Delta y = 2h$, logo:

$$2h = i \frac{\lambda}{2} \Rightarrow h = \frac{2,0}{4} i \text{ (m)}$$

Assim: $h = i \cdot 0,50 \text{ (m)} \quad (i = 1, 3, 5, \dots)$

Os três menores valores de h correspondem aos três menores valores de i ($i = 1, i = 3$ e $i = 5$).

Logo:

Para $i = 1$: $h = 1 \cdot 0,50\text{m} \Rightarrow h = 0,50\text{m}$

Para $i = 3$: $h = 3 \cdot 0,50\text{m} \Rightarrow h = 1,5\text{m}$

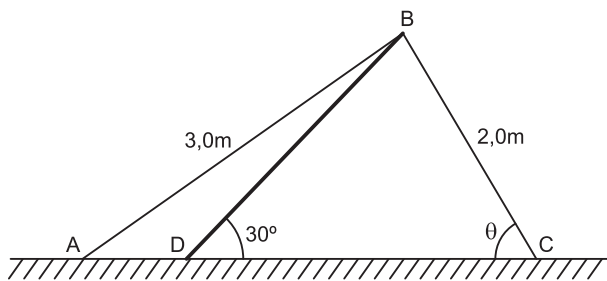
Para $i = 5$: $h = 5 \cdot 0,50\text{m} \Rightarrow h = 2,5\text{m}$

- Respostas: a) $2,0 \cdot 10^8$ m/s e 2,0m b) 0,50m; 1,5m e 2,5m

MÓDULO 26

FENÔMENOS ONDULATÓRIOS

1. (IME-2012-Modificado) – Um varal de roupas foi construído utilizando-se uma haste rígida DB de massa desprezível e comprimento $2,0\sqrt{2}\text{m}$, com a extremidade D apoiada no solo e a outra, B, em contato com um ponto de um fio inextensível ABC, com 5,0m de comprimento, 125g de massa, tracionado por uma força de intensidade 90N. As extremidades A e C do fio estão fixadas no solo e o sistema permanece em equilíbrio num plano vertical. Os segmentos AB e BC têm comprimentos 3,0m e 2,0m, respectivamente, como ilustra a figura, fora de escala, abaixo.



Percutindo-se simultaneamente os segmentos AB e BC do fio, verifica-se que eles vibram no seu modo fundamental, produzindo batimentos de frequência f_{Bat} . Tendo-se em conta os dados oferecidos e desprezando-se o atrito entre a haste e o fio, determine

- o valor de f_{Bat} ;
- o valor do ângulo θ indicado na figura.

RESOLUÇÃO:

$$\text{a) (I) } \rho = \frac{m}{L} \Rightarrow \rho = \frac{125 \cdot 10^{-3} \text{kg}}{5,0 \text{m}} \Rightarrow \rho = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{kg/m}$$

$$\text{(II) } f = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{F}{\rho}} \quad (\text{modo fundamental: } n = 1)$$

$$f_{\text{AB}} = \frac{1}{2L_{\text{AB}}} \sqrt{\frac{F}{\rho}} \Rightarrow f_{\text{AB}} = \frac{1}{2 \cdot 3,0} \sqrt{\frac{90}{2,5 \cdot 10^{-2}}} \text{ (Hz)}$$

$$\text{Da qual: } f_{\text{AB}} = 10 \text{Hz}$$

$$f_{\text{BC}} = \frac{1}{2L_{\text{BC}}} \sqrt{\frac{F}{\rho}} \Rightarrow f_{\text{BC}} = \frac{1}{2 \cdot 2,0} \sqrt{\frac{90}{2,5 \cdot 10^{-2}}} \text{ (Hz)}$$

$$\text{Da qual: } f_{\text{BC}} = 15 \text{Hz}$$

$$\text{(III) } f_{\text{Bat}} = f_{\text{BC}} - f_{\text{AB}} \Rightarrow f_{\text{Bat}} = 15 - 10 \text{ (Hz)}$$

$$f_{\text{Bat}} = 5,0 \text{Hz}$$

$$\text{b) Lei dos senos: } \frac{\text{sen } \theta}{\text{DB}} = \frac{\text{sen } 30^\circ}{\text{BC}}$$

$$\frac{\text{sen } \theta}{2,0\sqrt{2}} = \frac{1}{2,0} \Rightarrow \text{sen } \theta = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\text{Da qual: } \theta = 45^\circ$$

Respostas: a) 5,0Hz
b) 45°

2. (UFJF-MG – 2012) – A radiação produzida por um forno de micro-ondas interage com as moléculas de água e gordura contidas nos alimentos fazendo-as oscilar com uma frequência próxima de 3,0GHz ($3,0 \cdot 10^9 \text{Hz}$), o que caracteriza o fenômeno da **ressonância**. Essa oscilação é capaz de produzir calor, o que aquece o alimento, podendo provocar seu cozimento.

- Considerando-se que a potência de um determinado forno de micro-ondas é de 1200W e que sua eficiência em transformar energia elétrica em energia térmica é de 50%, qual o intervalo de tempo necessário para aquecer meio litro de água de 20°C a 50°C? Adote nos cálculos os seguintes dados:

$$\text{Densidade absoluta da água: } 1,0 \frac{\text{kg}}{\text{L}} ;$$

$$\text{Calor específico sensível da água: } 4,0 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} .$$

- Sabendo-se que as radiações eletromagnéticas se propagam no ar com velocidade de intensidade $3,0 \cdot 10^8 \text{m/s}$, calcule o comprimento de onda das micro-ondas no interior do forno;
- O forno de micro-ondas pode ser considerado uma cavidade ressonante, desde que a frequência das ondas provenientes do magnétron seja exatamente uma frequência ressonante para a cavidade. Nesse caso, as ondas eletromagnéticas em seu interior terão nodos nas paredes do forno. Sabendo-se que a distância entre duas laterais consecutivas é $D = 50 \text{cm}$, determine o número n de antinodos existentes nas ondas estacionárias presentes ao longo desse comprimento.

RESOLUÇÃO:

$$\text{a) (I) } \eta = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{total}}} \Rightarrow 0,50 = \frac{P_{\text{útil}}}{1200}$$

$$P_{\text{útil}} = 600 \text{W}$$

$$\text{(II) } P_{\text{útil}} \Delta t = Q \Rightarrow P_{\text{útil}} \Delta t = m c \Delta \theta$$

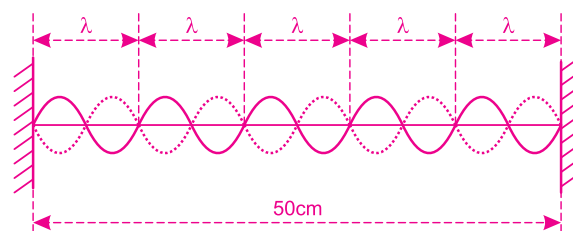
$$600 \Delta t = 0,50 \cdot 4,0 \cdot 10^3 (50 - 20)$$

$$\text{Da qual: } \Delta t = 100 \text{s} = 1 \text{ min } 40 \text{s}$$

$$\text{b) } v = \lambda f \Rightarrow 3,0 \cdot 10^8 = \lambda 3,0 \cdot 10^9$$

$$\lambda = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{m} = 10 \text{cm}$$

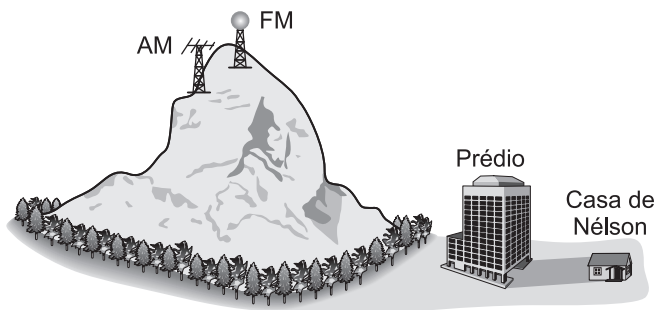
- A onda estacionária formada entre as duas paredes do forno está representada abaixo.



Os antinodos são os ventres da onda estacionária. Logo, $n = 10$.

Respostas: a) 1min40s b) 10cm c) $n = 10$

3. (UFMG) – No alto da Serra do Curral, nas vizinhanças de Belo Horizonte, estão instaladas duas antenas transmissoras – uma de rádio AM e outra de rádio FM. Entre essa serra e a casa de Néelson, há um prédio, como mostrado nesta figura:



Na casa de Néelson, a recepção de rádio FM é ruim, mas a de rádio AM é boa.

Com base nessas informações, **explique** por que isso acontece.

RESOLUÇÃO:

As ondas de rádio AM têm menor frequência que as ondas de rádio FM, por isso, seu comprimento de onda é maior que o das ondas de rádio FM.

De fato: $c = \lambda_{AM} f_{AM}$; $c = \lambda_{FM} f_{FM}$

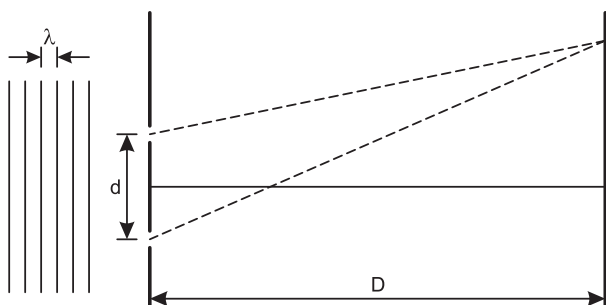
$\therefore \lambda_{AM} f_{AM} = \lambda_{FM} f_{FM}$

Como $f_{AM} < f_{FM}$, então, $\lambda_{AM} > \lambda_{FM}$.

O comprimento de onda das ondas de rádio AM é relativamente grande, da ordem de grandeza das dimensões de prédios, montanhas etc., razão pela qual essas ondas difratam-se com facilidade, contornando os citados obstáculos, o que não ocorre com as ondas de rádio FM.

4. (UPE-2012) – Um feixe de luz monocromática de comprimento de onda λ atravessa duas fendas separadas de uma distância d , como ilustrado a seguir (Experimento de Thomas Young). Uma tela de observação é posicionada a uma distância D para estudar os padrões de interferência.

Considere que $D \gg d$ e utilize aproximações de ângulos pequenos.



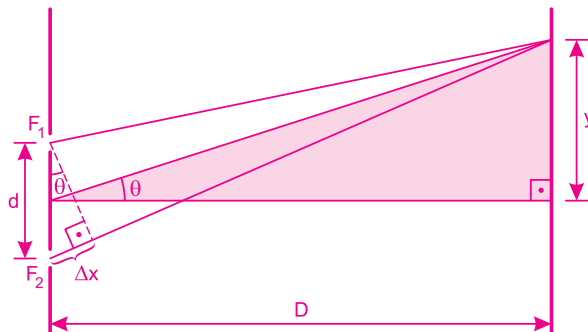
Analise as seguintes proposições:

- I. A distância entre o 7º mínimo e o máximo central vale $\frac{7\lambda D}{2d}$.
- II. A distância entre franjas escuras consecutivas é uma constante.
- III. Esse experimento comprova o caráter corpuscular da luz.
- IV. O tamanho das fendas não altera o padrão de interferência no anteparo.
- V. A distância entre o 2º mínimo e o 1º mínimo vale $\frac{\lambda D}{d}$.

Estão **incorretas**

- a) I e V, apenas.
- b) I, II, III e IV.
- c) I, II e V, apenas.
- d) I, III e IV, apenas.
- e) I, III e V, apenas.

RESOLUÇÃO:



Os comprimentos indicados na figura relacionam-se fazendo-se:

$\text{tg } \theta = \frac{y}{D} \Rightarrow \text{sen } \theta \cong \text{tg } \theta = \frac{y}{D}$ ①

$\text{sen } \theta = \frac{\Delta x}{d}$ ②

Comparando-se ① e ②, vem:

$\frac{y}{D} = \frac{\Delta x}{d} \Rightarrow y = \frac{\Delta x D}{d}$ ③

Mas: $\Delta x = N \frac{\lambda}{2}$ ($N = 0, 1, 2, 3 \dots$)

Logo: $y = \frac{N \lambda D}{2d}$

(I) **Incorreta**
A distância entre o 7.º mínimo e o máximo central é $y = \frac{13 \lambda D}{2d}$

(II) **Correta**

$$\left. \begin{aligned} y_n &= \frac{N \lambda D}{2d} \\ y_{n+2} &= \frac{(N+2) \lambda D}{2d} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \Delta y &= y_{n+2} - y_n \\ \Delta y &= \frac{\lambda D}{d} \text{ (constante)} \end{aligned}$$

(III) **Incorreta**
O Experimento de Thomas Young, realizado em 1801, deu forte sustentação à teoria ondulatória da luz, já que a luz é capaz de difratar-se e sofrer interferência, fenômenos tipicamente ondulatórios.

(IV) **Incorreta**
Fendas extremamente estreitas favorecem a produção das franjas de interferência.

(V) **Correta**
Entre dois mínimos consecutivos quaisquer, a distância vale sempre

$y = \frac{\lambda D}{d}$

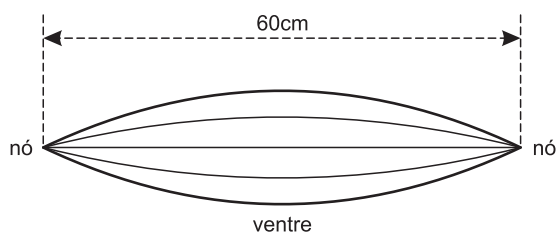
Resposta: D

MÓDULO 27

CORDAS SONORAS

1. (UFTM-MG-2012) – O estabelecimento de ondas estacionárias numa corda esticada e presa em suas duas extremidades provoca no ar ao seu redor regiões de compressão e de rarefação, produzindo ondas sonoras.

Considere que uma corda de determinado instrumento musical tenha comprimento de 60cm e esteja vibrando em seu harmônico fundamental (primeiro harmônico), com uma frequência de 200Hz.



Determine

- a velocidade de propagação das ondas nessa corda, na situação descrita, em m/s;
- o comprimento da onda estacionária que se estabelecerá na corda, se ela passar a vibrar com uma frequência três vezes maior que a do primeiro harmônico, considerando que a velocidade de propagação das ondas pela corda não se tenha alterado.

RESOLUÇÃO:

$$a) \frac{\lambda}{2} = 60 \Rightarrow \lambda = 120\text{cm} = 1,20\text{m}$$

$$V = \lambda f \Rightarrow V = 1,20 \cdot 200(\text{m/s}) \Rightarrow V = 240\text{m/s}$$

$$b) f' = 3f = 3 \cdot 200\text{Hz} \Rightarrow f' = 600\text{Hz}$$

$$V = \lambda' f' \Rightarrow 240 = \lambda' \cdot 600 \Rightarrow \lambda' = 0,40\text{m} = 40\text{cm}$$

Respostas: a) 240m/s
b) 40cm

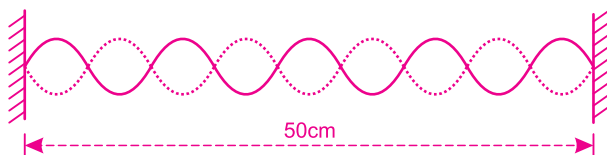
2. (CESGRANRIO-2012) – Ondas estacionárias de 180Hz são produzidas em uma corda de 50cm de comprimento, com as duas extremidades fixas.

Sabendo que foram formados 10 nós, qual é, em m/s, a velocidade de propagação das ondas nessa corda?

- a) 2 b) 10 c) 20 c) 100 c) 200

RESOLUÇÃO:

(I) Trata-se do 9.º harmônico, como está representado abaixo.



$$4,5 \lambda = 50 \Rightarrow \lambda = \frac{50}{4,5} \text{ cm} = \frac{0,50}{4,5} \text{ m}$$

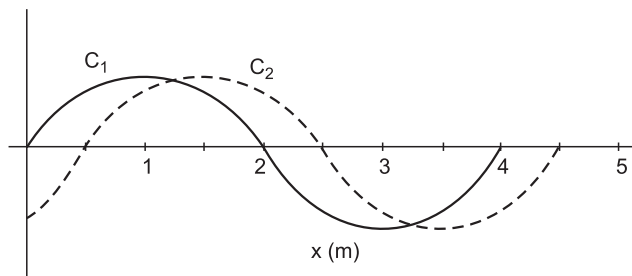
$$\lambda = \frac{1}{9} \text{ m}$$

$$(II) V = \lambda f \Rightarrow V = \frac{1}{9} \text{ m} \cdot 180 (\text{m/s})$$

$$V = 20\text{m/s}$$

Resposta: C

3. (FUVEST-2012) – A figura abaixo representa imagens instantâneas de duas cordas flexíveis idênticas, C_1 e C_2 , tracionadas por forças diferentes, nas quais se propagam ondas.



Durante uma aula, estudantes afirmaram que as ondas nas cordas C_1 e C_2 têm

- a mesma velocidade de propagação;
- o mesmo comprimento de onda;
- a mesma frequência.

Está correto apenas o que se afirma em

- a) I. b) II. c) III. d) I e II. e) II e III.

NOTE E ADOTE

A velocidade de propagação de uma onda transversal em uma corda é igual a $\sqrt{\frac{T}{\mu}}$, sendo T a tração na corda e μ , a densidade linear da corda.

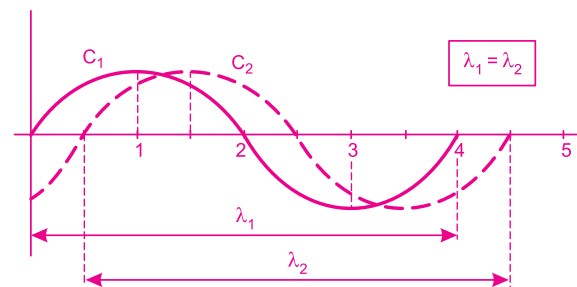
RESOLUÇÃO:

(I) Incorreta

Conforme a Equação de Taylor fornecida no enunciado, $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$, sendo $\mu_1 = \mu_2$ (cordas idênticas) e $T_1 \neq T_2$, decorre que $v_1 \neq v_2$.

(II) Correta

Da figura fornecida no enunciado, pode-se notar que o comprimento de onda das ondas que se propagam por C_1 e C_2 é o mesmo, como está ilustrado no esquema abaixo.

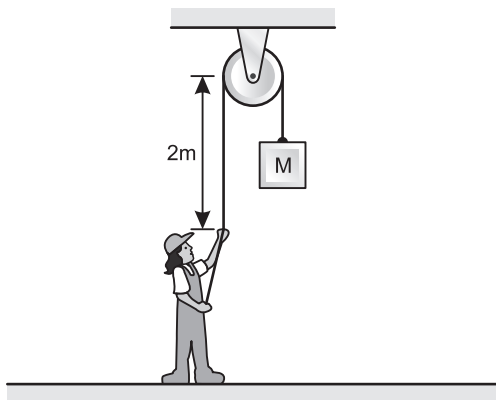


(III) Incorreta

Da equação fundamental da ondulatória, $v = \lambda f$, se $v_1 \neq v_2$ e $\lambda_1 = \lambda_2$, conclui-se que $f_1 \neq f_2$.

Resposta: B

4. (PUC-SP-2012) – Um homem mantém em equilíbrio estático um bloco preso a uma corda de densidade linear igual a $0,01\text{kg/m}$, conforme a figura.



Determine a massa M do bloco, sabendo que as frequências de duas harmônicas consecutivas de uma onda estacionária no trecho vertical de 2m da corda correspondem a 150Hz e 175Hz .

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

- a) 10^2g b) 10^3g c) 10^4g d) 10^5g e) 10^6g

RESOLUÇÃO:

1) Para uma corda sonora, temos:

$$f = n \frac{V}{2L}$$

Para dois harmônicos consecutivos:

$$f_n = n \frac{V}{2L}$$

$$f_{n+1} = (n+1) \frac{V}{2L}$$

$$\Delta f = \frac{nV}{2L} + \frac{V}{2L} - \frac{nV}{2L} = \frac{V}{2L}$$

$$175 - 150 = \frac{V}{4}$$

Da qual: $V = 100\text{m/s}$

2) Equação de Taylor:

$$V = \sqrt{\frac{F}{\rho}}$$

$$V^2 = \frac{F}{\rho}$$

$$F = \rho V^2 = 0,01 (100)^2 \text{ (N)}$$

$F = 100\text{N}$

3) Para o equilíbrio do bloco:

$$F = P \Rightarrow 100 = M \cdot 10 \Rightarrow M = 10\text{kg} = 1,0 \cdot 10^4\text{g}$$

Resposta: C

5. (EFOMM-2012) – Um fio de náilon de comprimento $L = 2,00\text{m}$ sustenta verticalmente uma bola de metal que tem densidade absoluta de $4,00 \cdot 10^3\text{kg/m}^3$. A frequência fundamental das ondas estacionárias que se formam no fio é 300Hz . Se, então, a bola for totalmente imersa em água, a nova frequência fundamental, em hertz, é

Dado: massa específica da água = $1,00 \cdot 10^3\text{kg/m}^3$

- a) $75,0$ b) $75,0 \sqrt{2}$ c) $150\sqrt{3}$
d) $175\sqrt{2}$ e) $200\sqrt{2}$

RESOLUÇÃO:

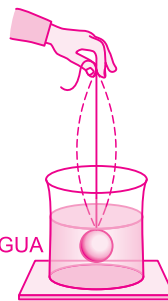
1º caso:



$$f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{P}{\rho}} \quad \textcircled{1}$$

($f = 300\text{Hz}$)

2º caso:



$$f' = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{P-E}{\rho}} \quad \textcircled{2}$$

Dividindo-se ② por ①, vem:

$$\frac{f'}{f} = \sqrt{\frac{P-E}{k}}$$

$$\frac{f'}{f} = \sqrt{\frac{\mu Vg - \mu_A Vg}{\mu Vg}}$$

$$\frac{f'}{300} = \sqrt{\frac{\mu - \mu_A}{\mu}} \Rightarrow \frac{f'}{3 \cdot 10^2} = \sqrt{\frac{(4,00 - 1,00) \cdot 10^3}{4,00 \cdot 10^3}}$$

$$\left(\frac{f'}{3 \cdot 10^2}\right)^2 = \frac{3}{4} \Rightarrow f' = \sqrt{\frac{3 \cdot 9 \cdot 10^4}{4}} \text{ (Hz)}$$

$$f' = \frac{3}{2} \cdot 10^2 \sqrt{3} \text{ (Hz)}$$

Da qual: $f' = 150\sqrt{3} \text{ (Hz)}$

Resposta: C

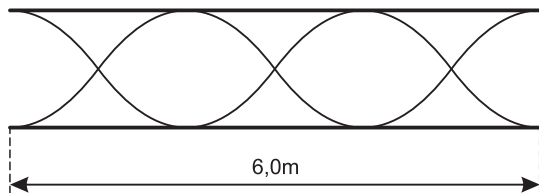
MÓDULO 28

TUBOS SONOROS

1. (VUNESP-2012) – Mariana estava na praia e observava um navio a grande distância. Notou que, do navio, um grande tubo cilíndrico vertical, de 6,0m de comprimento, expeliu certos vapores e, depois de 4,0s, ouviu o som emitido por ele. Considere que a velocidade de propagação do som no ar dentro do tubo e fora dele seja igual a 340m/s.



- Determine a distância entre o navio e Mariana.
- Considerando que o tubo que emitiu o apito do navio seja aberto nas duas extremidades, e que a figura a seguir represente as ondas estacionárias que se estabelecem dentro dele quando o som do apito é emitido, determine, em hertz, a frequência do apito.



RESOLUÇÃO:

$$a) v = \frac{D}{T} \Rightarrow 340 = \frac{D}{4,0} \Rightarrow D = 1360\text{m}$$

$$b) \text{Tubo aberto: } f = n \frac{v}{2L}$$

No caso, $n = 3$ (3.º harmônico). Logo:

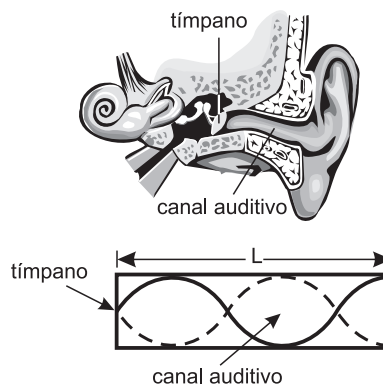
$$f = 3 \frac{340}{2 \cdot 6,0} \text{ (Hz)} \Rightarrow f = 85\text{Hz}$$

$$\text{Outro modo: } 6 \frac{\lambda}{4} = 6,0 \Rightarrow \lambda = 4,0\text{m}$$

$$v = \lambda f \Rightarrow 340 = 4,0f \Rightarrow f = 85\text{Hz}$$

Respostas: a) 1360m
b) 85Hz

2. (MODELO ENEM) – Um dos modelos usados na caracterização dos sons ouvidos pelo ser humano baseia-se na hipótese de que ele funciona como um tubo ressonante. Neste caso, os sons externos produzem uma variação de pressão do ar no interior do canal auditivo, fazendo a membrana (tímpano) vibrar. Esse modelo pressupõe que o sistema funciona de forma equivalente à propagação de ondas sonoras em tubos com uma das extremidades fechada pelo tímpano. As frequências que apresentam ressonância com o canal auditivo têm sua intensidade reforçada, enquanto outras podem ter sua intensidade atenuada.



Considere que, no caso de ressonância, ocorra um nó sobre o tímpano e ocorra um ventre da onda na saída do canal auditivo, de comprimento L igual a 3,4cm. Assumindo que o módulo da velocidade do som no ar é igual a 340m/s, a frequência associada à situação de ressonância representada no esquema acima é:

- 2,5kHz
- 5,0kHz
- 7,5kHz
- 10,0kHz
- 12,5kHz

RESOLUÇÃO:

$$\text{Tubo fechado: } f = (2n - 1) \frac{v}{4L}$$

No caso, $n = 3$ (5.º harmônico).

Logo:

$$f = (2 \cdot 3 - 1) \frac{340}{4 \cdot 3,4 \cdot 10^{-2}} \text{ (Hz)}$$

$$\text{Da qual: } f = 12,5 \cdot 10^3 \text{Hz} = 12,5\text{kHz}$$

Outro modo:

$$(I) 5 \frac{\lambda}{4} = 3,4 \cdot 10^{-2} \text{ (m)}$$

$$\lambda = 2,72 \cdot 10^{-2} \text{m}$$

(II) $v = \lambda f$

$$340 = 2,72 \cdot 10^{-2} f$$

$$\text{Da qual: } f = 12,5 \cdot 10^3 \text{Hz} = 12,5\text{kHz}$$

Resposta: E

3. Uma corda esticada de 1,00m de comprimento e um tubo aberto em uma das extremidades e fechado na outra, também com 1,00m de comprimento, vibram com a mesma frequência fundamental. Se a corda está esticada com uma força de 10,0N e a velocidade do som no ar é 340m/s, qual é a massa da corda?

- a) $8,7 \cdot 10^{-5}$ kg b) $34,0 \cdot 10^{-5}$ kg
 c) $17,4 \cdot 10^{-5}$ kg d) $3,5 \cdot 10^{-4}$ kg
 e) A situação descrita é impossível fisicamente.

RESOLUÇÃO:

Temos:

$$f_{\text{corda}} = f_{\text{tubo}} \Rightarrow \frac{V}{2L} = \frac{V_{\text{som}}}{4L} \Rightarrow V = \frac{V_{\text{som}}}{2} \quad \textcircled{1}$$

Se F a intensidade da força de tração na corda e δ sua densidade linear

$\left(\frac{m}{L}\right)$, a velocidade V fica expressa por:

$$V = \sqrt{\frac{F}{\delta}} = \sqrt{\frac{FL}{m}} \quad \textcircled{2}$$

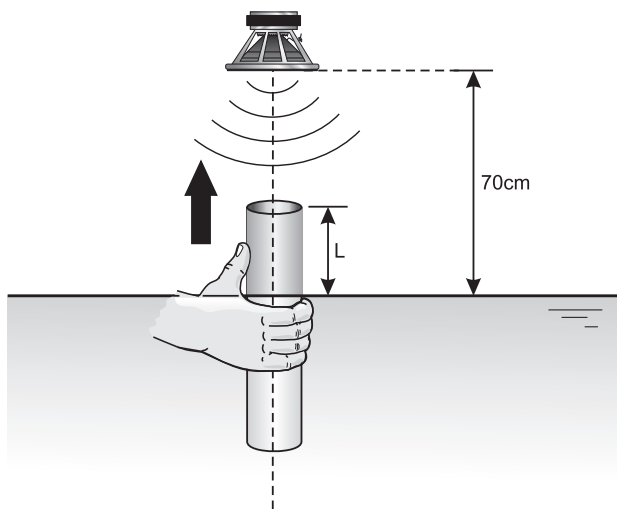
Comparando-se $\textcircled{2}$ e $\textcircled{1}$:

$$\sqrt{\frac{FL}{m}} = \frac{V_{\text{som}}}{2} \Rightarrow m = \frac{4FL}{V_{\text{som}}^2} = \frac{4 \cdot 10,0 \cdot 1,00}{(340)^2}$$

Da qual: $m = 3,5 \cdot 10^{-4}$ kg

Resposta: D

4. Na situação esquematizada, o alto-falante emite um som simples de intensidade constante e frequência 850Hz diretamente para a boca de um tubo cilíndrico de PVC, aberto nas extremidades e de comprimento 60cm. Inicialmente, um operador mantém o tubo completamente imerso na água de um tanque, com seu eixo longitudinal disposto verticalmente, alinhado como o centro do alto-falante.



O observador começa, então, a deslocar o tubo lentamente para cima, retirando-o verticalmente da água, e nota que para certos valores do comprimento emerso L ocorre sensível intensificação do som, o que indica a ocorrência de ressonância entre as ondas do alto-falante e o ar contido na parte do tubo situada fora d'água. Admitindo-se para a velocidade do som no ar o valor 340m/s, pedem-se:

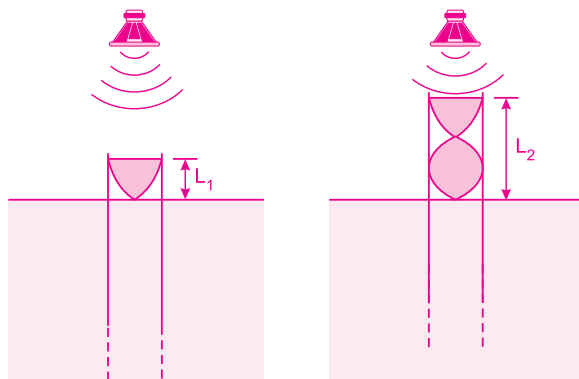
- a) o comprimento de onda do som emitido pelo alto-falante;
 b) os valores de L correspondentes às duas primeiras ressonâncias;
 c) o número máximo de ressonâncias que poderão ser notadas até a retirada completa do tubo de dentro d'água.

RESOLUÇÃO:

a) Aplicando-se a equação fundamental da ondulatória, vem:
 $V = \lambda f \Rightarrow 340 = \lambda 850$

Da qual: $\lambda = 0,40\text{m} = 40\text{cm}$

b) A parte emersa do tubo se comporta como um tubo sonoro fechado (por água). Logo:



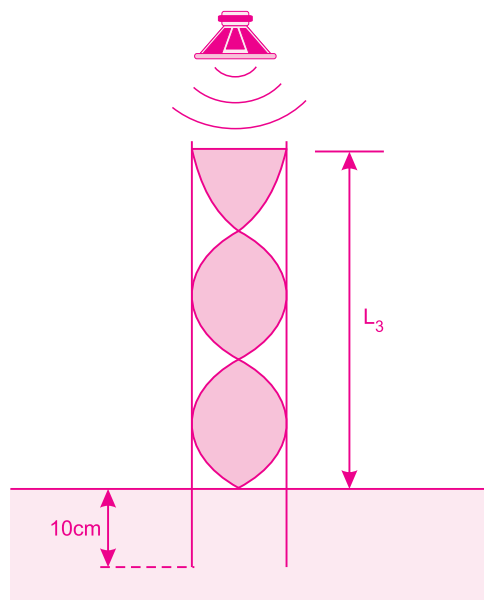
1ª Ressonância

2ª Ressonância

$$L_1 = \frac{\lambda}{4} \Rightarrow L_1 = \frac{40\text{cm}}{4} \Rightarrow L_1 = 10\text{cm}$$

$$L_2 = 3 \frac{\lambda}{4} \Rightarrow L_2 = 3 \cdot \frac{40\text{cm}}{4} \Rightarrow L_2 = 30\text{cm}$$

c) O número máximo de ressonâncias que poderão ser notadas até a retirada completa do tubo de dentro d'água é 3. No caso da 3.ª ressonância, tem-se a configuração esboçada a seguir.



3ª Ressonância

$$L_3 = 5 \frac{\lambda}{4} \Rightarrow L_3 = 5 \cdot \frac{40\text{cm}}{4} \Rightarrow L_3 = 50\text{cm}$$

Uma quarta ressonância exigiria um tubo com, pelo menos, 70cm de comprimento.

- Respostas:** a) 40cm
 b) 10cm e 30cm
 c) 3 ressonâncias

MÓDULO 29

QUALIDADES FISIOLÓGICAS DO SOM

1. (UEPA-MODELO ENEM) – O processo de envelhecimento do ser humano provoca diversas modificações no organismo. No aparelho auditivo, algumas células não se renovam e vão ficando cada vez mais danificadas, tornando difícil ouvir sons agudos.

Mundo Estranho, nº 51, set./2009, p. 36 (com adaptações).

Com base nessas informações, nesse estágio da vida, o ser humano percebe melhor os sons de:

- a) maior comprimento de onda.
- b) menor intensidade.
- c) maior frequência.
- d) menor amplitude.
- e) maior altura.

RESOLUÇÃO:

Conforme o texto, as pessoas percebem melhor na velhice os sons graves, de pequena frequência e grande comprimento de onda:

De fato:

$$\text{Sons agudos: } v_{\text{som}} = \lambda_A f_A \quad \textcircled{1}$$

$$\text{Sons graves: } v_{\text{som}} = \lambda_G f_G \quad \textcircled{2}$$

Comparando-se $\textcircled{1}$ e $\textcircled{2}$, vem:

$$\lambda_G f_G = \lambda_A f_A$$

Se $f_G < f_A$, então, $\lambda_G > \lambda_A$

Resposta: A

2. (UFSC-2012) – O violão é um instrumento de corda muito popular, quase sempre presente nas rodas musicais entre amigos. E, como qualquer instrumento musical do tipo, precisa periodicamente ser afinado. A afinação do violão é feita por meio das tarraxas encontradas na extremidade do braço. Cada corda possui uma tarraxa que serve para tensionar mais ou menos a corda, com isso afinando o violão.



Disponível em: <<http://blogdoiop.wordpress.com/2010/08/29/o-violao-e-o-sistema-de-12-notas/>>
Acesso em: 08 ago. 2011.

Com base no exposto, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- 01. Uma nota de 100Hz e comprimento de onda de 0,25m é gerada em uma das cordas do violão. Esta nota, ao se propagar no ar, mantém as mesmas características de frequência e comprimento de onda.
- 02. O som de um violão percebido por uma pessoa não difere, esteja ela se movendo ou não na direção do violão.
- 04. O timbre do som emitido pelo violão depende do tipo de corda utilizada (náilon ou aço). O timbre é uma característica da fonte sonora, uma espécie de “impressão digital” da fonte.
- 08. Para aumentar a altura do som emitido pela corda, pode-se, por exemplo, aumentar a tensão aplicada na tarraxa.
- 16. Considere que uma das cordas tenha 25,0g de massa, 1,0m de comprimento e que esteja sendo tensionada pela tarraxa com 10,0N. Isso significa que o segundo harmônico desta corda emite 20,0Hz.
- 32. Aumentar o volume do som emitido pelo violão é o mesmo que aumentar a altura do som emitido.

Dê como resposta a soma dos códigos associados às proposições corretas.

RESOLUÇÃO:

01. Errada

A frequência será a mesma, mas o comprimento de onda, não. Isso ocorre pelo fato de, na corda do violão e no ar, as ondas apresentarem velocidades diferentes.

02. Errada

Devido ao Efeito Doppler, na aproximação, o som é percebido mais agudo (com maior frequência) e, no afastamento, mais grave (com menor frequência).

04. Correta

08. Correta

Quanto maior a intensidade da força de tração exercida na corda, mais agudo ou mais alto (com maior frequência) fica o som.

16. Correta

$$f = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{F}{\rho}} = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{FL}{m}} \quad (\text{Equação de Lagrange-Helmholtz})$$

$$f = \frac{2}{2 \cdot 1,0} \sqrt{\frac{10,0 \cdot 1,0}{25,0 \cdot 10^{-3}}} \text{ (Hz)} \Rightarrow f = 20,0\text{Hz}$$

32. Errada

Aumentar o volume do som emitido pelo violão significa aumentar a intensidade sonora (nível relativo, em dB). Um aumento de altura implica um aumento na frequência do som.

Resposta: 28

3. (UEL-MODELO ENEM) – O nível sonoro ΔN é medido em decibéis (dB) de acordo com a expressão $\Delta N = (10 \text{ dB}) \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right)$,

em que I é a intensidade da onda sonora e $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ é a intensidade de referência padrão correspondente ao limiar da audição do ouvido humano. Em uma indústria metalúrgica, na seção de prensas, o operador trabalhando a 1m de distância do equipamento é exposto durante o seu período de trabalho ao nível sonoro de 80 dB, sendo por isso necessária a utilização de equipamento de proteção auditiva. No interior do mesmo barracão industrial, há um escritório de projetos que fica distante das prensas, o necessário para que o nível máximo do som nesse local de trabalho seja de 40 dB, dentro da ordem dos valores que constam nas normas da ABNT.

Dado: $P = 4\pi r^2 I$

É correto afirmar que o escritório está distante da seção de prensas aproximadamente:

- a) 100m b) 200m c) 300m
d) 50m e) 25m

RESOLUÇÃO:

$$\Delta N = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ e } I = \frac{P}{4\pi r^2}$$

I) No local de trabalho do operador da prensa:

$$80 = 10 \log \frac{I_1}{I_0} \Rightarrow \log \frac{I_1}{I_0} = 8 \Rightarrow \frac{I_1}{I_0} = 10^8 \text{ ①}$$

II) No escritório:

$$40 = 10 \log \frac{I_2}{I_0} \Rightarrow \log \frac{I_2}{I_0} = 4 \Rightarrow \frac{I_2}{I_0} = 10^4 \text{ ②}$$

III) Dividindo-se ② por ①, vem:

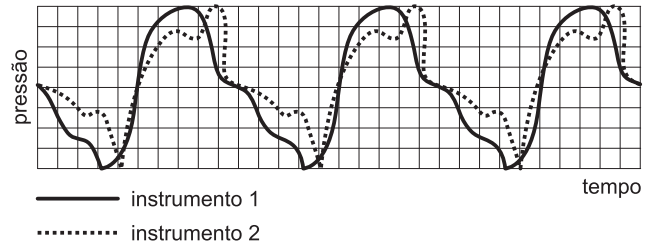
$$\frac{\frac{I_2}{I_0}}{\frac{I_1}{I_0}} = \frac{10^4}{10^8} \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \frac{1}{10^4}$$

$$\frac{\frac{P}{4\pi r_2^2}}{\frac{P}{4\pi (1)^2}} = \frac{1}{10^4} \Rightarrow \frac{1}{r_2^2} = \frac{1}{10^4}$$

Da qual: $r_2 = 10^2 = 100\text{m}$

Resposta: A

4. (UFAM-2012) – O gráfico a seguir apresenta a variação de pressão em função do tempo para o som produzido, no ar, por dois instrumentos musicais.



Está correto afirmar que os dois sons

- a) correspondem a notas musicais diferentes.
b) possuem amplitudes diferentes.
c) possuem frequências diferentes.
d) possuem velocidades diferentes.
e) possuem timbres diferentes.

RESOLUÇÃO:

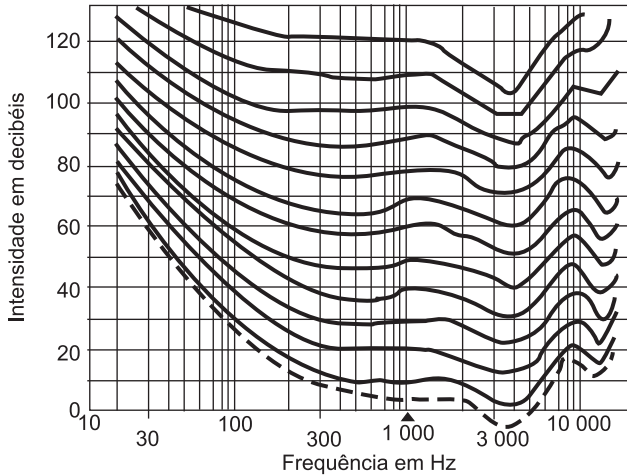
Pelos gráficos, nota-se que os dois sons têm a mesma amplitude e o mesmo período (e frequência). Pelo fato de as frequências serem iguais, depreende-se que os dois sons correspondem à mesma nota musical.

Além disso, ambos se propagam no ar com a mesma velocidade (cerca de 340m/s).

Quanto aos timbres, porém, estes são diferentes, em virtude de as formas de onda serem diferentes.

Resposta: E

5. (UNESP) – A percepção de um som não depende apenas de sua frequência, que, nos seres humanos, fica na faixa entre 20 e 20 000 Hz. Depende também da intensidade com a qual ele é emitido, sendo que sons mais graves geralmente precisam ser mais intensos para serem “ouvidos”. Dois pesquisadores, Fletcher e Munson, estudaram esse fenômeno, definindo, em um gráfico de intensidade sonora contra frequência, curvas de “percepção” constante, ou seja, curvas ao longo das quais sons de frequências e intensidades diferentes são igualmente percebidos pelo ouvido, conforme aparece na figura.



Observando o gráfico, responda qual é, aproximadamente, a faixa de frequências na qual o ouvido humano necessita de menor intensidade sonora a fim de perceber o som (note que a escala de frequências do gráfico é logarítmica). A curva pontilhada corresponde ao chamado limiar de audição, ou seja, abaixo dela um dado som não é ouvido pelo ser humano. Pode um ouvido humano perceber um som de 50 decibéis se seu comprimento de onda for de 11 m? (Use $V_{\text{som}} = 330 \text{ m/s}$.)

RESOLUÇÃO:

Em uma leitura direta no gráfico, obtemos que a faixa de frequências na qual o ouvido humano requer a menor intensidade sonora a fim de perceber o som é de 3000Hz a 5000Hz.

Temos ainda:

Da equação fundamental da ondulatória:

$$V = \lambda f$$

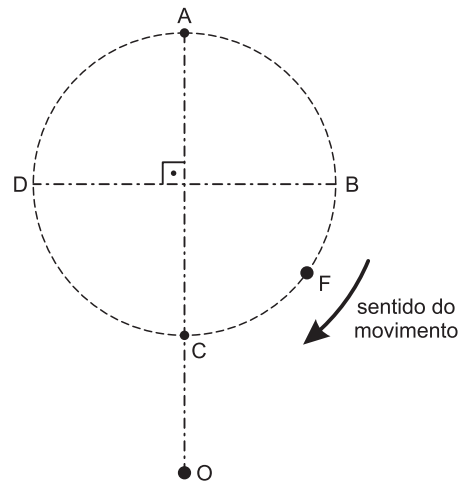
$$330 = 11f$$

$$f = 30\text{Hz}$$

O ponto do gráfico (50dB; 30Hz) está abaixo da curva de percepção correspondente ao limiar de audição, portanto, esse som não poderá ser percebido pelo ouvido humano.

Respostas: De 3000Hz a 5000Hz e não é possível ao ouvido humano perceber um som de 50dB com comprimento de onda de 11m

1. Na figura, representa-se, vista de cima, a trajetória circular de uma fonte sonora F que se desloca sobre um plano horizontal em movimento uniforme, emitindo um som de frequência constante e comprimento de onda igual a λ . Em O, está posicionado um observador que capta o som proveniente de F.



Se $\lambda_A, \lambda_B, \lambda_C$ e λ_D os comprimentos de onda dos sons detectados pelo observador quando F está nas posições A, B, C e D, respectivamente, podemos afirmar que:

- a) $\lambda_A = \lambda_C = \lambda; \lambda_B > \lambda > \lambda_D$
- b) $\lambda_A = \lambda_C = \lambda; \lambda_B < \lambda < \lambda_D$
- c) $\lambda_A < \lambda_C = \lambda; \lambda_B > \lambda > \lambda_D$
- d) $\lambda_A < \lambda_C = \lambda; \lambda_B < \lambda < \lambda_D$
- e) $\lambda_A = \lambda_B = \lambda_C = \lambda_D = \lambda$

RESOLUÇÃO:

Como a velocidade do som é constante, o comprimento de onda e a frequência são inversamente proporcionais.

$$V = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{V}{f} \quad (V = \text{constante})$$

(I) Pontos A e C: o observador capta $f_A = f_C$ iguais à frequência real da fonte.

Logo: $\lambda_A = \lambda_C = \lambda$

(II) Ponto B (aproximação): o observador capta f_B maior que a frequência real da fonte.

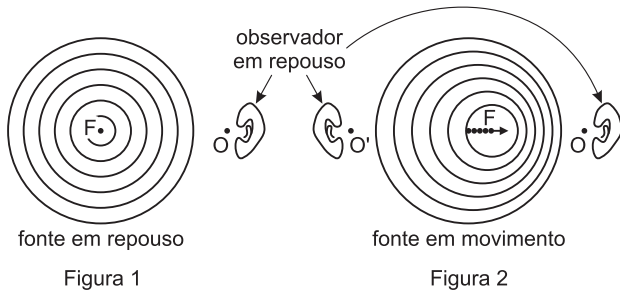
Logo: $\lambda_B < \lambda$

(III) Ponto D (afastamento): o observador capta f_D menor que a frequência real da fonte.

Logo: $\lambda_D > \lambda$

Resposta: B

2. (UDESC-2012) – O Efeito Doppler sonoro ocorre quando há movimento relativo entre a fonte emissora de som (F) e o observador (O) que ouve as ondas sonoras. Na Figura 1, estão representados esquematicamente o observador e a fonte de ondas sonoras, ambos em repouso com referência ao meio no qual a onda se propaga, e a frequência com que as frentes de onda são percebidas pelo observador. Na Figura 2, estão representados dois observadores (O e O'), ambos em repouso, a fonte sonora em movimento, e as frequências com que as frentes de onda são percebidas pelos observadores.



O caso geral para o movimento relativo entre a fonte de onda sonora e o observador, sendo o referencial o meio de propagação da onda (o ar em repouso, por exemplo), pode ser representado pela equação:

$$f' = f \cdot \left(\frac{v_{\text{som}} \pm v_o}{v_{\text{som}} \pm v_f} \right)$$

em que f' é a frequência aparente (percebida pelo observador), f é a frequência emitida pela fonte, v_o é a velocidade do observador, v_f é a velocidade da fonte e v_{som} é a velocidade do som no meio. Determine como deve ser escrita a equação acima nos seguintes casos:

- fonte sonora afastando-se de um observador em repouso;
- observador afastando-se de uma fonte sonora em repouso;
- observador aproximando-se de uma fonte sonora em repouso.

RESOLUÇÃO:

a) Nesse caso, $f' < f$. É o que verifica o observador O' na Figura 2.

Sendo $v_o = 0$, $\frac{v_{\text{som}}}{v_{\text{som}} \pm v_f}$ deve ser menor que 1.

Logo, deve-se usar na fração o sinal (+), como aparece abaixo.

$$f' = f \left(\frac{v_{\text{som}}}{v_{\text{som}} + v_f} \right)$$

b) Nesse caso, também $f' < f$. Sendo $v_f = 0$, $\frac{v_{\text{som}} \pm v_o}{v_{\text{som}}}$ deve ser menor que 1.

Logo, deve-se usar na fração o sinal (-), como aparece abaixo.

$$f' = f \left(\frac{v_{\text{som}} - v_o}{v_{\text{som}}} \right)$$

c) Nesse caso, $f' > f$. Sendo $v_f = 0$, $\frac{v_{\text{som}} \pm v_o}{v_{\text{som}}}$ deve ser maior que 1.

Logo, deve-se usar na fração o sinal (+), como aparece abaixo.

$$f' = f \left(\frac{v_{\text{som}} + v_o}{v_{\text{som}}} \right)$$

Os resultados obtidos estão de acordo com o “referencial Doppler”, o qual propõe que os sinais (+) ou (-) existentes na fórmula levem em conta que o sentido positivo é o do observador para a fonte de ondas.

Respostas: a) $f' = f \left(\frac{v_{\text{som}}}{v_{\text{som}} + v_f} \right)$

b) $f' = f \left(\frac{v_{\text{som}} - v_o}{v_{\text{som}}} \right)$

c) $f' = f \left(\frac{v_{\text{som}} + v_o}{v_{\text{som}}} \right)$

3. (CESGRANRIO-2012) – Um observador parado mede as frequências do som emitido pela sirene de uma ambulância instantes antes e instantes depois de ela ultrapassá-lo, obtendo, como resultados dessa medição, 530Hz e 470Hz, respectivamente.

A velocidade, em m/s, com que a ambulância ultrapassa o observador é de, aproximadamente,

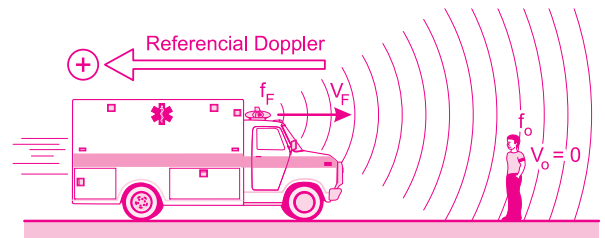
Dado: velocidade do som no ar = 340m/s

- a) 16,9 b) 20,4 c) 26,8 d) 33,3 e) 34,0

RESOLUÇÃO:

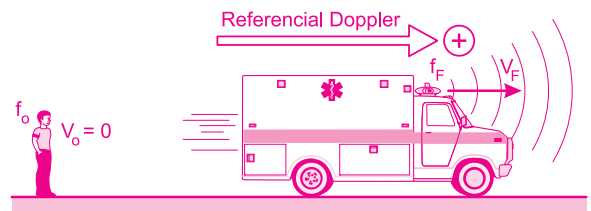
Efeito Doppler: $\frac{f_o}{v \pm v_o} = \frac{f_F}{v \pm v_F}$

(I) Aproximação:



$$\frac{530}{340 + 0} = \frac{f_F}{340 - v_F} \quad \text{①}$$

(II) Afastamento:



$$\frac{470}{340 + 0} = \frac{f_F}{340 + v_F} \quad \text{②}$$

(III) Dividindo-se ① por ② membro a membro, vem:

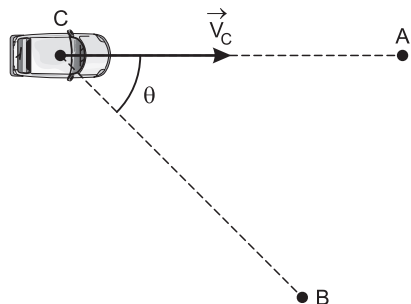
$$\frac{530}{470} = \frac{340 + v_F}{340 - v_F} \Rightarrow 53(340 - v_F) = 47(340 + v_F)$$

$$53 \cdot 340 - 47 \cdot 340 = 47v_F + 53v_F \Rightarrow 100v_F = 2040$$

Da qual: $v_F = 20,4\text{m/s}$

Resposta: B

4. (IME-2012) – A figura apresenta um carro C que está movendo-se com uma velocidade \vec{V}_C de 36km/h em direção a um observador situado no ponto A e que passa próximo de um observador situado no ponto B. A reta CB forma um ângulo θ com a reta CA. A buzina do carro, cuja frequência é de 440Hz, é acionada no momento em que $\theta = 60^\circ$.

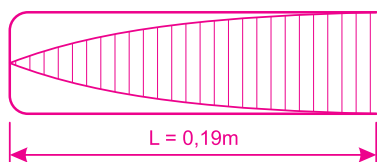


Sabendo-se que a frequência ouvida pelo observador situado em A é igual à frequência fundamental de um tubo sonoro de 0,19 m de comprimento, aberto em uma das extremidades e situado no mesmo local dos observadores, determine

- a velocidade do som no local;
- a frequência ouvida pelo observador situado em B.

RESOLUÇÃO:

a) (I) A frequência fundamental emitida pelo tubo sonoro aberto em uma das extremidades e supostamente fechado na outra é calculada por:



$$\frac{\lambda}{4} = 0,19 \Rightarrow \lambda = 0,76\text{m}$$

$$V_{\text{som}} = \lambda f_A$$

$$V_{\text{som}} = 0,76 f_A \Rightarrow f_A = \frac{V_{\text{som}}}{0,76}$$

(II) Efeito Doppler:
$$\frac{f_A}{V_{\text{som}} \pm V_A} = \frac{f_F}{V_{\text{som}} \pm V_F}$$

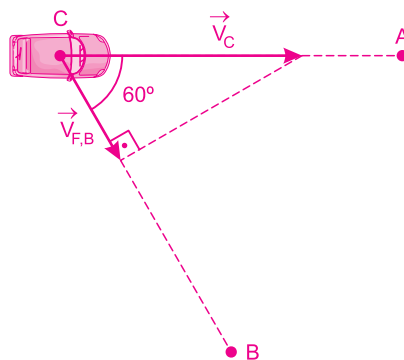
Sendo $V_A = 0$, $V_F = 36 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $f_A = \frac{V_{\text{som}}}{0,76}$ e $f_F = 440\text{Hz}$,

vem:

$$\frac{\frac{V_{\text{som}}}{0,76}}{V_{\text{som}} + 0} = \frac{440}{V_{\text{som}} - 10} \Rightarrow V_{\text{som}} - 10 = 0,76 \cdot 440$$

Da qual: $V_{\text{som}} = 344,4\text{m/s}$

b) (I)



$$V_{F,B} = V_C \cos 60^\circ$$

$$V_{F,B} = 10 \cdot \frac{1}{2} \text{ (m/s)}$$

$$V_{F,B} = 5,0\text{m/s}$$

(II) Efeito Doppler:
$$\frac{f_B}{V_{\text{som}} \pm V_B} = \frac{f_F}{V_{\text{som}} \pm V_{F,B}}$$

Sendo $V_B = 0$, $V_{F,B} = 5,0 \text{ m/s}$, $V_{\text{som}} = 344,4\text{m/s}$ e $f_F = 440\text{Hz}$, vem:

$$\frac{f_B}{344,4 + 0} = \frac{440}{344,4 - 5,0} \Rightarrow f_B = \frac{344,4 \cdot 440}{339,4} \text{ (Hz)}$$

Da qual: $f_B \cong 446,5\text{Hz}$

- Respostas: a) 344,5m/s
b) Aproximadamente 446,5Hz

5. Na foto abaixo, aparece o astrônomo norte-americano *Edwin Powell Hubble* (1889-1953) que se notabilizou por descobrir que as nebulosas – galáxias situadas fora da Via Láctea –, afastam-se umas das outras com velocidades diretamente proporcionais às distâncias



que as separam. Essa constatação deu forte amparo à teoria do *Big Bang*, segundo a qual o Universo se teria originado a partir de uma grande explosão, encontrando-se desde essa singularidade em franca expansão. As nebulosas foram observadas por Hubble avermelhadas ao invés de brancas, como se deveria esperar. Esse desvio observado no espectro luminoso emitido pelas galáxias

no sentido das colorações vermelhas foi chamado de *red shift*. O *red shift* pode ser explicado pela(o):

- difração da luz
- interferência dos raios luminosos
- polarização da luz
- Efeito Compton
- Efeito Doppler

RESOLUÇÃO:

O desvio observado no espectro luminoso emitido pelas galáxias no sentido das colorações vermelhas (*red shift*) revela que estas estão em processo de afastamento do observador, o que é explicado pelo Efeito Doppler luminoso. Resposta: E

MÓDULO 49

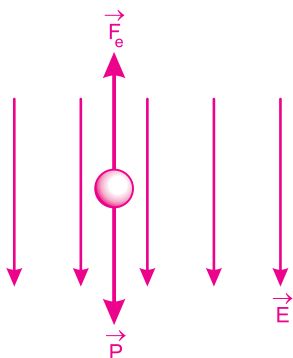
CAMPO ELÉTRICO UNIFORME

1. (UDESC-2012) – A carga elétrica de uma partícula com 2,0g de massa, para que ela permaneça em repouso, quando colocada em um campo elétrico vertical, com sentido para baixo e intensidade igual a 500 N/C, é:

- a) +40nC
- b) +40,0μC
- c) +40mC
- d) -40μC
- e) -40mC

Dado: $g = 10\text{m/s}^2$

RESOLUÇÃO:



Consideremos um campo elétrico uniforme, de direção vertical, dirigido para baixo e representado pelo vetor campo elétrico \vec{E} .

Uma carga elétrica $q < 0$ foi colocada nesse campo e permaneceu em equilíbrio. Sobre ela, atuam a força elétrica \vec{F}_e e a força peso \vec{P} .

Estando a partícula em equilíbrio, concluímos que os módulos das duas forças se equilibram:

$$F_e = P \Rightarrow |q| \cdot E = m \cdot g$$

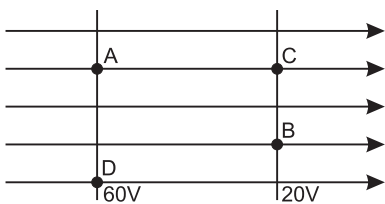
$$|q| \cdot 500 = 2,0 \cdot 10^{-3} \cdot 10$$

$$|q| = 40 \cdot 10^{-6}$$

Como a carga é negativa: $q = -40 \mu\text{C}$.

Resposta D

2. (UNIRIO) – Na figura, estão representadas as linhas de força e as superfícies equipotenciais de um campo eletrostático uniforme de intensidade igual a $2,0 \cdot 10^2\text{V/m}$.



Determine

- a) a distância entre as duas equipotenciais de 20V e 60V;
- b) o trabalho realizado pela força eletrostática quando se transporta uma partícula de carga elétrica $q = 6,0\mu\text{C}$ desde o ponto A até o ponto B.

RESOLUÇÃO:

a) $E \cdot d = U$

Sendo $E = 2,0 \cdot 10^2\text{V/m}$

$d = ?$

$U = 60\text{V} - 20\text{V} = 40\text{V}$

$(2,0 \cdot 10^2) \cdot d = 40$

$$d = \frac{4,0 \cdot 10}{2,0 \cdot 10^2} (\text{m}) \Rightarrow d = 2,0 \cdot 10^{-1}\text{m} = 20\text{cm}$$

b) $\tau_{A,B} = q(V_A - V_B)$

Sendo: $q = 6,0\mu\text{C}$; $(V_A - V_B) = 40\text{V}$

$$\tau_{A,B} = 6,0 \cdot 40 (\mu\text{J}) \Rightarrow \tau_{A,B} = 240\mu\text{J}$$

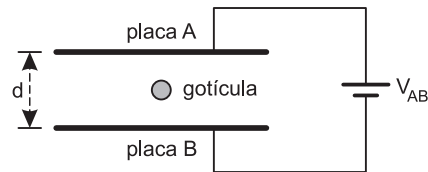
Respostas: a) 20cm b) 240μJ

3. (UEG 2012-MODELO ENEM)

Os Dez Mais Belos Experimentos da Física

A edição de setembro de 2002 da revista *Physics World* apresentou o resultado de uma enquete realizada entre seus leitores sobre o mais belo experimento da Física. Entre eles foi apontado o Experimento de Millikan.

Embora as experiências realizadas por Millikan tenham sido muito trabalhosas, as ideias básicas nas quais elas se apoiam são relativamente simples. Simplificadamente, em suas experiências, R. Millikan conseguiu determinar o valor da carga do elétron equilibrando o peso de gotículas de óleo eletrizadas, colocadas em um campo elétrico vertical e uniforme, produzido por duas placas planas ligadas a uma fonte de tensão, conforme ilustrado na figura abaixo.



Supondo que cada gotícula contenha cinco elétrons em excesso, ficando em equilíbrio entre as placas separadas por $d = 1,50\text{cm}$ e submetendo-se a uma diferença de potencial $V_{AB} = 600\text{V}$, a massa de cada gota vale, em kg:

- a) $1,6 \cdot 10^{-15}$
- b) $3,2 \cdot 10^{-15}$
- c) $6,4 \cdot 10^{-15}$
- d) $9,6 \cdot 10^{-15}$

Dados: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$

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

RESOLUÇÃO:

Dados: $d = 1,5\text{cm} = 1,5 \cdot 10^{-2}\text{m}$;

$$U = V_{AB} = 600\text{V};$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C};$$

$$n = 5 \Rightarrow q = n \cdot e = 5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C} = 8,0 \cdot 10^{-19}\text{C}$$

O campo elétrico entre as placas é uniforme e vale o EDU.

$$E \cdot d = U \Rightarrow E = \frac{U}{d} = \frac{600\text{V}}{1,5 \cdot 10^{-2}\text{m}}$$

$$E = 4,0 \cdot 10^4\text{V/m}$$

A força elétrica equilibra o peso da gota.

$$P = F$$

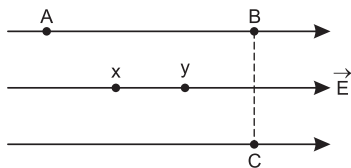
$$m \cdot g = q \cdot E$$

$$m \cdot 10 = 8,0 \cdot 10^{-19} \cdot 4,0 \cdot 10^4$$

$$m = 3,2 \cdot 10^{-15}\text{kg}$$

Resposta: B

4. As linhas de força da figura representam um campo elétrico uniforme (CEU).



Considerando a figura, responda:

- Quem é maior, o potencial de A ou de B? Justifique-o.
- Se a distância entre X e Y for 1,0mm e o campo tiver intensidade $E = 2,0\text{V/m}$, qual a ddp entre X e Y?

RESOLUÇÃO:

a) Temos $V_A > V_B$, pois o potencial decresce no sentido da linha de força.

b) Temos:

$$E = 2,0\text{V/m}$$

$$\overline{XY} = d = 1,0\text{mm} = 1,0 \cdot 10^{-3}\text{m}$$

$$U = V_x - V_y$$

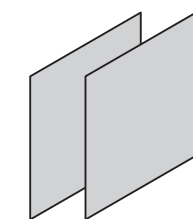
$$E \cdot d = U$$

$$U = 2,0 \cdot 1,0 \cdot 10^{-3}\text{ volts}$$

$$U = 2,0 \cdot 10^{-3}\text{V}$$

Respostas: a) A
b) $2,0 \cdot 10^{-3}\text{V}$

5. (MODELO ENEM) – Identifique, entre as figuras abaixo, qual(is) delas mostra(m) um campo elétrico uniforme.



(+Q) (-Q)

fig. 1 - placas paralelas com cargas opostas

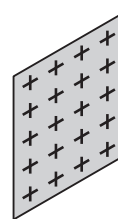


fig. 2 - placa plana infinita com cargas positivas

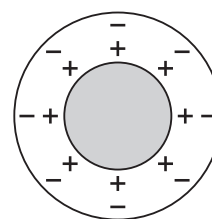


fig. 3 - duas esferas concêntricas com cargas opostas

- Apenas na fig. 1.
- Apenas na fig. 2.
- Apenas nas figuras 1 e 2.
- Apenas nas figuras 2 e 3.
- Em todas as três figuras.

RESOLUÇÃO:

Evidentemente, temos um campo elétrico uniforme no interior de um capacitor plano e a fig.1 representa um campo elétrico uniforme.

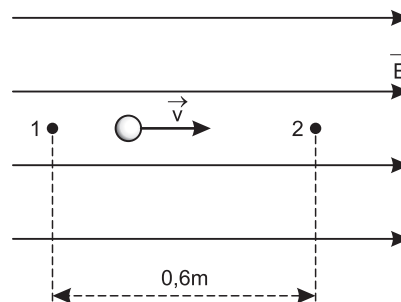
A placa plana infinita, isolada de outros corpos eletrizados, forma dois campos elétricos opostos.

Somente as esferas não formam campo elétrico uniforme. Sua direção é radial.

Resposta C

MÓDULO 50**CAMPO ELÉTRICO UNIFORME**

- (UFPR-2012) – Um próton movimenta-se em linha reta paralelamente às linhas de força de um campo elétrico uniforme, conforme mostrado na figura. Partindo do repouso no ponto 1 e somente sob ação da força elétrica, ele percorre uma distância de 0,6 m e passa pelo ponto 2.
- Entre os pontos 1 e 2, há uma diferença de potencial ΔV igual a 32V.



Considerando a massa do próton igual a $1,6 \cdot 10^{-27}\text{kg}$ e sua carga igual a $1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$, assinale a alternativa que apresenta corretamente a velocidade do próton ao passar pelo ponto 2.

- $2,0 \cdot 10^4\text{ m/s}$
- $4,0 \cdot 10^4\text{ m/s}$
- $8,0 \cdot 10^4\text{ m/s}$
- $1,6 \cdot 10^5\text{ m/s}$
- $3,2 \cdot 10^5\text{ m/s}$

RESOLUÇÃO:

Temos os seguintes dados:

$$U = \Delta V = 32V; \quad d = 0,6m; \quad m = 1,6 \cdot 10^{-27}kg; \quad e = 1,6 \cdot 10^{-19}C$$

Usemos o TEC:

$$\tau = \Delta \epsilon_{cin}$$

$$q(V_1 - V_2) = \frac{m \cdot V_2^2}{2} - \frac{m \cdot V_1^2}{2}; \quad V_1 = 0 \text{ e } V_2 = V$$

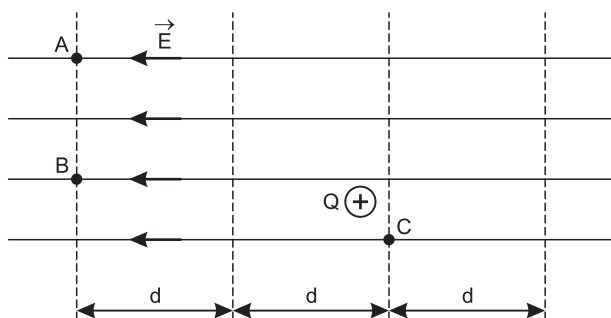
$$1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 32 = \frac{1,6 \cdot 10^{-27} \cdot V^2}{2} - 0$$

$$V^2 = 64 \cdot 10^8$$

$$V = 8,0 \cdot 10^4 m/s$$

Resposta: C

2. (UPE) – Considere a figura a seguir como sendo a de uma distribuição de linhas de força e de superfícies equipotenciais de um campo elétrico uniforme. Nesta região, é abandonada uma carga elétrica Q positiva de massa M.



Analise as afirmações que se seguem:

- (2) A força elétrica que o campo elétrico exerce sobre a carga elétrica Q tem intensidade $F = QE$, direção horizontal e sentido contrário ao campo elétrico E.
- (4) A aceleração adquirida pela carga elétrica Q é constante, tem intensidade diretamente proporcional ao campo elétrico E e inversamente proporcional à massa M.
- (6) O movimento realizado pela carga elétrica Q é retilíneo uniformemente retardado.
- (8) O potencial elétrico no ponto A é igual ao potencial elétrico no ponto B e menor do que o potencial elétrico no ponto C.
- A soma dos números entre parênteses que corresponde aos itens corretos é igual a
- a) 2 b) 4 c) 6 d) 10 e) 12

RESOLUÇÃO:(2) **ERRADA.** A carga Q é positiva e, portanto \vec{F} e \vec{E} têm o mesmo sentido.(4) **CORRETA.** $F = Q \cdot E$ e $F = m \cdot a$

$$m \cdot a = Q \cdot E \Rightarrow a = \frac{Q \cdot E}{m}$$

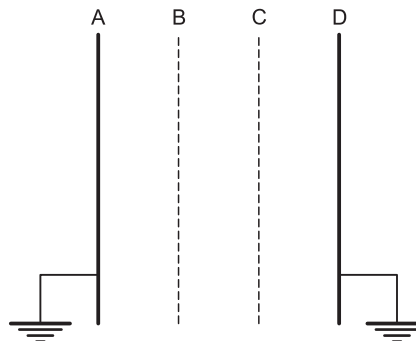
(6) **ERRADA.** Se a carga partiu do repouso, seu movimento é acelerado.(8) **CORRETA:** A e B estão sobre uma mesma equipotencial. Sabe-se também que no sentido das linhas de força o potencial diminui.

$$V_A = V_B \text{ e ainda } V_C > V_B = V_A$$

$$(8) + (4) = 12$$

Resposta: E

3. (UPE) – De acordo com a figura a seguir, considere duas placas, A e D, conectadas à terra. As regiões B e C possuem uma diferença de potencial elétrico, em relação à terra, de 410V e 100V, respectivamente.



Um elétron desprende-se da placa A com velocidade inicial igual a zero, deslocando-se até a placa D.

Dado:

considere a relação carga do elétron / massa do elétron = $1,76 \cdot 10^{11} C/kg$
Analise as proposições que se seguem:

- I. O trabalho realizado pelo campo elétrico, para deslocar o elétron da placa A para a placa D, não é nulo.
- II. Ao passar pela região B, a ordem de grandeza da velocidade do elétron, em m/s, vale 10^7 .
- III. O elétron, ao deslocar-se da placa A até a placa D, executa um movimento acelerado.
- IV. A energia cinética do elétron, ao passar na região B, é, aproximadamente, quatro vezes maior do que a energia cinética do elétron ao passar na região C.

É correto afirmar que apenas a(s) afirmação (ões)

- a) II e IV estão corretas. b) IV está correta.
- c) I e III estão corretas. d) III e IV estão corretas.
- e) II e III estão corretas.

RESOLUÇÃO:**I. ERRADA.**

$$V_A = V_D = \text{zero, pois estão aterradas.}$$

$$\tau_{A,D} = q(V_A - V_D) = q \cdot 0 = 0$$

II. CORRETA.

Usemos o TEC entre A e B:

$$\tau_{AB} = \Delta \epsilon_{cin}$$

$$q(V_A - V_B) = \frac{m \cdot V^2}{2}$$

$$-e \cdot (0 - 410) = \frac{m \cdot V^2}{2}$$

$$V^2 = \frac{820 \cdot e}{m} \Rightarrow V^2 = 820 \cdot 1,76 \cdot 10^{11}$$

$$V^2 \cong 144 \cdot 10^{12} \Rightarrow V \cong 12 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

ordem de grandeza: 10^7 m/s

III. CORRETA.

Partiu do repouso.

IV. CORRETA.

Usando o TEC:

$$E_{\text{cin}_B} = q(V_A - V_B) \quad (1)$$

$$E_{\text{cin}_C} = q(V_A - V_C) \quad (2)$$

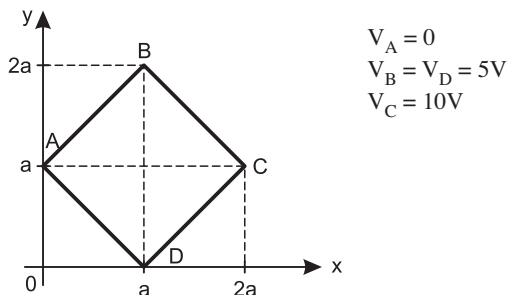
de (1) e (2):

$$\frac{E_{\text{cin}_B}}{E_{\text{cin}_C}} = \frac{V_A - V_B}{V_A - V_C} = \frac{V_B}{V_C} = \frac{410}{100} \cong 4$$

Observação: $V_A = 0$

Resposta: A

4. (AFA) – Os valores do potencial elétrico V em cada vértice de um quadrado estão indicados na figura abaixo:



Os valores desses potenciais condizem com o fato de que o quadrado está situado num campo eletrostático

- uniforme, na direção da bissetriz do 1.º quadrante.
- criado por duas cargas puntiformes situadas no eixo y .
- criado por duas cargas puntiformes situadas nas bissetrizes dos quadrantes ímpares.
- uniforme, na direção do eixo x .

RESOLUÇÃO:

Observemos que:

- B e D têm o mesmo potencial de $5V$ e que, portanto, \overline{BD} é uma equipotencial.
- $\overline{AC} \perp \overline{BD} \Rightarrow \overline{AC}$ é uma linha de força.
- $V_A = 0 < V_C = 10V \Rightarrow$ a linha de força AC está orientada de C para A .
- o potencial de B e de D é $5V$. Este valor é igual à média aritmética dos potenciais de A e C :

$$\frac{V_A + V_C}{2} = \frac{0 + 10V}{2} = 5V$$

$$\text{Logo, } \frac{V_A + V_C}{2} = V_B = V_D$$

Conclusão: o campo elétrico é uniforme, com direção do eixo x e sentido oposto a este.

Vale ainda entre A e C .

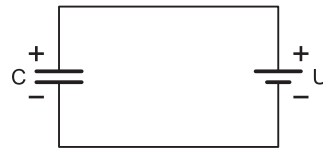
$$E \cdot d = U \Rightarrow E = \frac{U}{d} = \frac{10V - 0}{2a} = \frac{10V}{2a} = \frac{5}{a} \text{ (V)}$$

Resposta: D

MÓDULO 51

CAPACITORES

1. Um capacitor de capacitância C , inicialmente descarregado, foi conectado a um gerador que lhe forneceu uma carga elétrica Q .



Sendo: $C = 2,0 \mu\text{F}$ e a ddp do gerador $U = 200 \text{ V}$, determine a carga elétrica Q e a energia potencial E , armazenada no capacitor.

- $Q = 4,0 \cdot 10^{-2} \text{ C}$ e $E = 4,0 \cdot 10^3 \text{ J}$
- $Q = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ e $E = 2,0 \cdot 10^3 \text{ J}$
- $Q = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ e $E = 2,0 \cdot 10^2 \text{ J}$
- $Q = 4,0 \cdot 10^{-2} \text{ C}$ e $E = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ J}$
- $Q = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ e $E = 4,0 \cdot 10^{-2} \text{ J}$

RESOLUÇÃO:

$$Q = C U$$

$$Q = 2,0 \cdot 10^{-6} \cdot 2,0 \cdot 10^2 \text{ (C)}$$

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

$$E = \frac{C U^2}{2}$$

$$E = \frac{2,0 \cdot 10^{-6} \cdot (2,0 \cdot 10^2)^2}{2} \text{ (J)}$$

$$E = 4,0 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

Resposta: E

2. (UESPI) – Um capacitor de capacitância $1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$ é mantido sob uma tensão de $2V$. A energia potencial eletrostática armazenada no capacitor vale, em joules:

- $1 \cdot 10^6$
- $2 \cdot 10^{-6}$
- $4 \cdot 10^{-6}$
- $6 \cdot 10^6$
- $8 \cdot 10^{-6}$

RESOLUÇÃO:

Temos:

$$C = 1 \mu\text{F} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

$$U = 2V$$

W_{el} = energia eletrostática

$$W_{\text{el}} = \frac{C U^2}{2} = \frac{(1 \cdot 10^{-6}) \cdot (2)^2}{2} \text{ (J)}$$

$$W_{\text{el}} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ J}$$

Resposta: B

3. (UFMG-MODELO ENEM) – A capacitância de um capacitor de placas paralelas é dada por $C = Q/U$, em que Q é a carga em cada uma das placas e U , a diferença de potencial entre elas. Desprezando-se os efeitos de borda, o campo elétrico entre as placas desse capacitor é uniforme e de intensidade $E = Q/\epsilon A$, em que A é a área de cada uma das placas e ϵ é uma constante.

Com base nessas informações, responda:

- O que acontece com o valor da capacitância desse capacitor se a diferença de potencial entre as placas for reduzida à metade?
- Considere que um material isolante, cuja constante dielétrica é k , foi introduzido entre as placas desse capacitor e preenche totalmente o espaço entre elas. Qual é a nova capacitância?
- Mantendo-se a mesma ddp entre as placas e chamando de Q_0 a carga sem o dielétrico e de Q_f a carga com o dielétrico, qual é a relação entre Q_f e Q_0 ?



RESOLUÇÃO:

a) A capacitância de um condensador plano é dada por :

$$C = \frac{\epsilon \cdot A}{d}$$

Observemos que a capacitância depende da área das placas, da distância entre elas e do isolante colocado entre elas. A capacitância é uma constante do capacitor.

Concluindo, ao se alterar a ddp, a capacitância não se altera.

b) Nesse caso, nós mexemos na estrutura do capacitor e vamos alterar sim a capacitância:

$$C_f = \frac{\epsilon \cdot A}{d} = \frac{k \cdot \epsilon \cdot A}{d} \quad (1)$$

Sendo a capacitância inicial dada por:

$$C_0 = \frac{\epsilon_0 \cdot A}{d} \quad (2)$$

Das equações (1) e (2), concluímos que:

$$C_f = k \cdot C_0$$

A nova capacitância é k vezes maior que a inicial.

c) Como a carga é $Q = C \cdot U$ e levando em conta os itens anteriores, concluímos que $Q_f = k \cdot Q_0$.

Respostas: a) não se altera

b) $C_f = k C_0$

c) $Q_f = k Q_0$

4. (UFT) – Para “carregar” um capacitor de placas paralelas de capacitância C , devemos remover elétrons de sua placa positiva e levá-los para sua placa negativa. Ao fazer isto, agimos contra o campo elétrico que tende a levar os elétrons de volta à placa positiva. O módulo do trabalho necessário para “carregar” o capacitor com uma quantidade de carga final igual a Q é:

- $\frac{5}{4} \frac{Q^2}{C}$
- $\frac{3}{2} \frac{Q^2}{C}$
- $\frac{4}{5} \frac{Q^2}{C}$
- $\frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$
- $\frac{2}{5} \frac{Q^2}{C}$

RESOLUÇÃO:

$$\tau = E_n = \frac{CU^2}{2}$$

mas:

$$Q = C \cdot U \Rightarrow U = \frac{Q}{C}$$

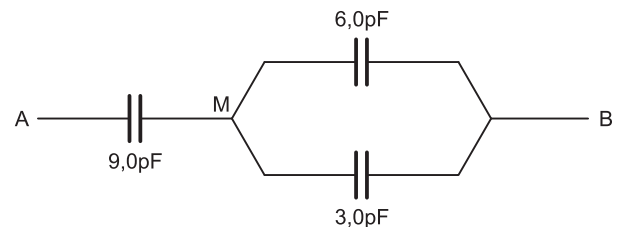
$$\tau = E_n = \frac{C}{2} \cdot \left(\frac{Q}{C}\right)^2 \Rightarrow \tau = \frac{Q^2}{2C}$$

Resposta: D

MÓDULO 52

ASSOCIAÇÃO DE CAPACITORES

1. Calcule a capacitância equivalente entre A e B, na figura.

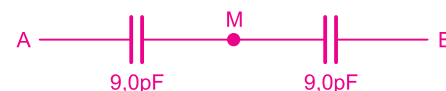


RESOLUÇÃO:

Entre M e B, temos 2 capacitores em paralelo:

$$C_p = 6,0\text{pF} + 3,0\text{pF} = 9,0\text{pF}$$

O circuito fica:

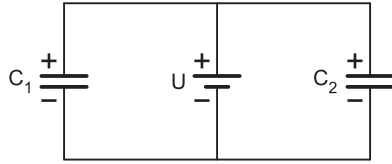


$$C_{eq} = \frac{9,0 \cdot 9,0}{9,0 + 9,0} \text{ (pF)} \Rightarrow C_{eq} = 4,5\text{pF}$$

Dois capacitores iguais em série têm uma capacitância igual à metade de um deles.

Resposta: 4,5pF

2. (MODELO ENEM) – Considere a associação de capacitores em paralelo da figura. Submetendo-se essa associação a uma ddp $U = 200V$, qual é a carga elétrica adquirida pelos capacitores C_1 e C_2 ?



Dados: $C_1 = 2,0\mu F$ e $C_2 = 6,0\mu F$

RESOLUÇÃO:

$$Q_1 = C_1 \cdot U$$

$$Q_1 = 2,0 \cdot 100\mu C = 400\mu C$$

$$Q_2 = C_2 \cdot U$$

$$Q_2 = 6,0 \cdot 200 = 1200\mu C$$

Respostas: $400\mu C$ e $1200\mu C$, respectivamente

3. (UEM-MODIFICADA) – Cinco capacitores, de $1\mu F$ cada um, são divididos em dois conjuntos, A e B, em que os capacitores de A estão ligados em paralelo e os capacitores de B estão ligados em série. Se o conjunto A possui três capacitores e o conjunto B possui dois capacitores, assinale a(s) alternativa(s) correta(s).

01) A capacitância do conjunto A vale $3\mu F$.

02) A capacitância do conjunto B, em μF , não é um número inteiro.

04) Se A e B forem ligados em série, a capacitância equivalente do conjunto (A+B) será igual a $(3/7)\mu F$.

08) Se A e B forem ligados em paralelo, a capacitância equivalente do conjunto (A+B) será igual a $3,5\mu F$.

RESOLUÇÃO:

(01) CORRETA

Capacitância equivalente do conjunto A:

$$\text{Como eles estão em paralelo: } C_A = 3 \cdot 1\mu F = 3\mu F$$

(02) CORRETA

Dois capacitores de $1\mu F$ em série resultam numa capacitância equivalente a $0,5\mu F$.

(04) CORRETA

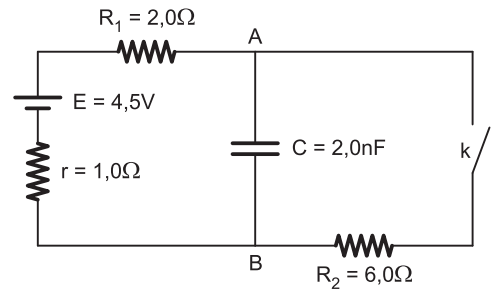
$$C_{eq} = \frac{\text{prod.}}{\text{soma}} = \frac{0,5 \cdot 3}{0,5 + 3} (\mu F) = \frac{1,5}{3,5} (\mu F) = \frac{3}{7} \mu F$$

(08) CORRETA

$$C_{eq} = 3\mu F + 0,5\mu F = 3,5\mu F$$

Resposta: todas corretas

4. (UNIFOR-Modificada) – Considere o circuito elétrico esquematizado abaixo, sempre em regime estacionário, constituído de um gerador (E, r), dois resistores (R_1 e R_2), um capacitor (C) e uma chave interruptora (k).



- a) Com a chave k aberta, determine a carga elétrica Q_1 do capacitor.
b) Com a chave k fechada, determine a intensidade de corrente no gerador e também a carga elétrica Q_2 no capacitor.

RESOLUÇÃO:

a) Com a chave k aberta, não há passagem de corrente no circuito, nem pelo ramo da chave aberta, nem pelo ramo do capacitor.

$$U = E - r \cdot i$$

$$U = 4,5 - 0 \Rightarrow U = 4,5V$$

$$Q = C \cdot U$$

$$Q = 2,0 \cdot 4,5 (\text{nC})$$

$$Q = 9,0\text{nC}$$

b) Com a chave fechada, a corrente circula pelo ramo externo e temos:

$$i = \frac{E}{\Sigma R} = \frac{4,5}{1,0 + 2,0 + 6,0} (\text{A})$$

$$i = 0,5\text{A}$$

Cálculo da ddp no ramo AB:

$$U = R \cdot i = 6,0 \cdot 0,5 (\text{V})$$

$$U = 3,0\text{V}$$

Carga no capacitor:

$$Q = C \cdot U \Rightarrow Q = 2,0 \cdot 3,0 (\text{nC}) \Rightarrow Q = 6,0\text{nC}$$

Respostas: a) $9,0\text{nC}$ b) $0,5\text{A}; 6,0\text{nC}$

MÓDULO 53

DENSIDADE E PRESSÃO

1. (VUNESP-2012) – Uma forma de se identificar um sólido é por meio de sua densidade. Por exemplo, a densidade do ouro é de $19,3\text{g/cm}^3$, enquanto a do cobre é de $8,9\text{g/cm}^3$. Uma peça metálica foi fabricada utilizando o mesmo volume de ouro e de cobre, ou seja, 50% do volume da peça era de ouro e 50% era de cobre.

A massa de cobre utilizada na fabricação dessa peça metálica

- corresponde ao valor de 8,9g.
- é menor do que o valor da massa do ouro.
- é maior do que o valor da massa do ouro.
- representa 50% da massa total da peça.

RESOLUÇÃO:

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

$$V_{\text{ouro}} = V_{\text{cobre}}$$

$$\frac{m_o}{\mu_o} = \frac{m_C}{\mu_C}$$

$$m_C = \frac{\mu_C}{\mu_o} \cdot m_o$$

Como $\mu_C < \mu_o$, temos $\frac{\mu_C}{\mu_o} < 1$ e $m_C < m_o$

Resposta: B

2. (UERJ-2012 – MODELO ENEM) – Uma amostra de $5,0\ell$ de benzeno líquido, armazenada em um galpão fechado de 1500m^3 contendo ar atmosférico, evaporou completamente. Todo o vapor permaneceu no interior do galpão.

Técnicos realizaram uma inspeção no local, obedecendo às normas de segurança que indicam o tempo máximo de contato com os vapores tóxicos do benzeno.

Observe a tabela:

| Tempo Máximo de Permanência (h) | Concentração de Benzeno na Atmosfera ($\text{mg} \cdot \ell^{-1}$) |
|---------------------------------|--|
| 2,0 | 4,0 |
| 4,0 | 3,0 |
| 6,0 | 2,0 |
| 8,0 | 1,0 |

Considerando-se as normas de segurança, e que a densidade do benzeno líquido é igual a $0,9 \frac{\text{g}}{\text{m}\ell}$, o tempo máximo, em horas, que os técnicos podem permanecer no interior do galpão corresponde a:

- 2,0
- 4,0
- 6,0
- 8,0

RESOLUÇÃO:

1) Massa de benzeno líquido:

$$m_B = \mu_B V_B = 0,9 \frac{\text{g}}{\text{m}\ell} \cdot 5,0 \cdot 10^3 \text{ m}\ell = 4,5 \cdot 10^3 \text{ g}$$

2) Densidade do vapor de benzeno:

$$\mu_V = \frac{m_B}{V} = \frac{4,5 \cdot 10^6 \text{ mg}}{1,5 \cdot 10^6 \ell}$$

$$\mu_V = 3,0 \text{ mg}/\ell$$

3) De acordo com a tabela:

3,0mg/ℓ 4,0h

Resposta: B

3. (OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA-MODELO ENEM) – Uma pessoa segura um prego pelas suas extremidades, entre seus dedos polegar e indicador. A área da cabeça do prego é 20 vezes maior que a da ponta. Despreze o peso do prego. Pode-se afirmar que ao se exercer uma força no prego:

- a força e a pressão nos dois dedos são iguais.
- na cabeça do prego a força exercida é maior e a pressão é menor do que na ponta do prego.
- as forças nas extremidades do prego são de mesma intensidade e a pressão é maior na ponta do que na cabeça.
- a força na cabeça do prego é 20 vezes maior que na ponta.
- a pressão na cabeça do prego é 20 vezes maior que na ponta.

RESOLUÇÃO:



$$F_1 = F_2$$

$$p_1 A_1 = p_2 A_2$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{A_1}{A_2}$$

Como $A_1 = 20 A_2$, resulta $p_2 = 20 p_1$.

Resposta: C

4. (UFG-2012-MODELO ENEM) – Quando uma garrafa de espumante é balançada vigorosamente, a rolha pode ser expelida com alta velocidade, sem nenhum outro auxílio. Suponha que a pressão do interior da garrafa atinja 33 atm e que o diâmetro do gargalo seja de 1,5cm. Nessas condições, a rolha é expelida porque

| |
|--|
| <p>Dados: $\pi \approx 3$ e $1 \text{ atm} \approx 1,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$</p> |
|--|

- a) o gás anidrido sulfuroso dissolvido na bebida é liberado, aumenta a pressão e causa uma força de intensidade 540N, que supera o atrito estático entre a rolha e o vidro.
- b) o gás carbônico dissolvido na bebida é liberado, aumenta a pressão e causa uma força de intensidade 540N, que supera o atrito estático entre a rolha e o vidro.
- c) o gás carbônico dissolvido na bebida é liberado, aumenta a pressão e causa uma força de intensidade 540N, que supera o atrito cinético entre a rolha e o vidro.
- d) o gás anidrido sulfuroso dissolvido na bebida é expandido, aumenta a pressão e causa uma força de intensidade 1080N, que supera o atrito cinético entre a rolha e o vidro.
- e) o gás anidrido carbônico dissolvido na bebida é liberado, aumenta a pressão e causa uma força de intensidade 1080N, que supera o atrito estático entre a rolha e o vidro.

RESOLUÇÃO:

$$p = \frac{F}{A}$$

$$F = p A \quad p = p_i - p_e = 33 \text{ atm} - 1 \text{ atm} = 32 \text{ atm}$$

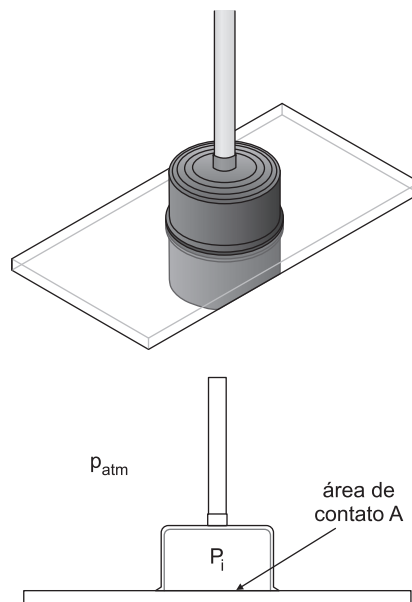
$$F = 32 \cdot 1,0 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot (1,5 \cdot 10^{-2})^2}{4} \text{ (N)}$$

$$F = \frac{32 \cdot 3 \cdot 2,25}{4} \cdot 10^5 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

| |
|---------------------|
| $F = 540 \text{ N}$ |
|---------------------|

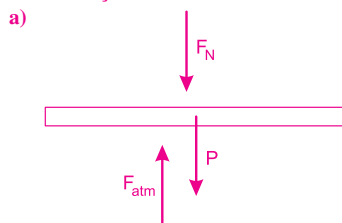
Resposta: B

5. (UFRJ) – Uma ventosa comercial é constituída por uma câmara rígida que fica totalmente vedada em contato com uma placa, mantendo o ar em seu interior a uma pressão $p_{\text{int}} = 0,95 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. A placa está suspensa na horizontal pela ventosa e ambas estão no ambiente à pressão atmosférica usual, $p_{\text{atm}} = 1,00 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, como indicado nas figuras a seguir. A área de contato A entre o ar dentro da câmara e a placa é de $0,10 \text{ m}^2$. A parede da câmara tem espessura desprezível, o peso da placa é 40N e o sistema está em repouso.



- a) Calcule o módulo da força vertical de contato entre a placa e as paredes da câmara da ventosa.
- b) Calcule o peso máximo que a placa poderia ter para que a ventosa ainda conseguisse sustentá-la.

RESOLUÇÃO:



Para o equilíbrio da placa, temos:

$$F_{\text{atm}} = P + F_N$$

$$(p_{\text{atm}} - p_i) A = P + F_N$$

$$0,05 \cdot 10^5 \cdot 0,10 = 40 + F_N$$

$$500 = 40 + F_N$$

| |
|-----------------------|
| $F_N = 460 \text{ N}$ |
|-----------------------|

- b) $P = P_{\text{máx}}$ quando $F_N = 0$

| |
|----------------------------------|
| $P_{\text{máx}} = 500 \text{ N}$ |
|----------------------------------|

Respostas: a) 460N b) 500N

6. Considere a massa da Terra como sendo $M = 6 \cdot 10^{24}$ kg. Para estimar a massa m da atmosfera terrestre, considere os seguintes dados:

- (1) aceleração da gravidade constante e de módulo $g = 10 \text{ m/s}^2$
- (2) raio da Terra: $6 \cdot 10^6 \text{ m}$
- (3) pressão atmosférica: $1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

A razão $\frac{M}{m}$ tem ordem de grandeza de:

- a) 10^3 b) 10^6 c) 10^8 d) 10^9 e) 10^{11}

RESOLUÇÃO:

A pressão atmosférica é dada pelo peso total da atmosfera atuando na superfície esférica da Terra.

$$P_{\text{atm}} = \frac{m g}{4 \pi R^2}$$

$$1 \cdot 10^5 = \frac{m \cdot 10}{4 \pi \cdot 36 \cdot 10^{12}}$$

$$m = 4,5 \cdot 10^{18} \text{ kg}$$

A razão $\frac{M}{m}$ é dada por:

$$\frac{M}{m} = \frac{6 \cdot 10^{24}}{4,5 \cdot 10^{18}} \Rightarrow \frac{M}{m} = 1,3 \cdot 10^6$$

A ordem de grandeza de $\frac{M}{m}$ é 10^6 , pois $1,3 < \sqrt{10}$.

Resposta: B

MÓDULO 54

PRESSÃO HIDROSTÁTICA E LEI DE STEVIN

1. (VUNESP-2012-MODELO ENEM) – Nos hospitais e centros de pronto atendimento, é comum que se ministrem medicamentos por via endovenosa em doses minúsculas, mas constantes. O medicamento, no estado líquido, é acondicionado em um frasco que será pendurado em um suporte (haste universal) situado cerca de 1,5m acima do braço do paciente, escorrendo por uma mangueira e tendo seu fluxo regulado por uma válvula dosadora. Se a densidade do medicamento for $1,0 \text{ g/cm}^3$, e a aceleração da gravidade tiver módulo aproximadamente igual a 10 m/s^2 , o acréscimo de pressão no ponto de injeção, devido à coluna do líquido medicamentoso, será, em Pa, igual a

- a) $1,0 \times 10^3$ b) $1,5 \times 10^4$ c) $1,5 \times 10^5$
 d) $2,0 \times 10^6$ e) $3,0 \times 10^7$

RESOLUÇÃO:

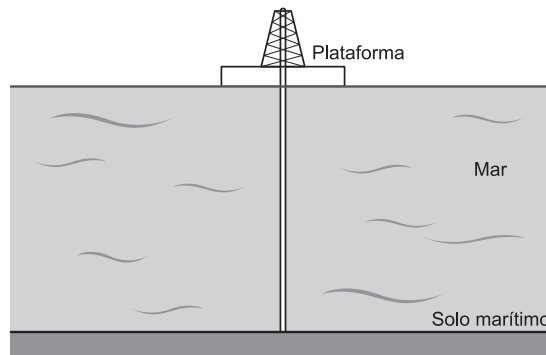
$$P_H = \mu g h$$

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

$$P_H = 1,5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

Resposta: B

2. (UFPB-2012-MODELO ENEM) – Recentemente, com a descoberta de petróleo nas camadas do pré-sal no litoral brasileiro, abriram-se perspectivas de o Brasil tornar-se um dos maiores produtores de petróleo do planeta. Para a extração do petróleo, deve ser usada uma tubulação que conecta uma plataforma flutuante sobre as águas marítimas ao solo marítimo, situado a aproximadamente 3.000m abaixo do nível do mar, conforme figura a seguir:



Um importante desafio de engenharia a ser considerado na extração do petróleo do pré-sal é o uso de um material adequado para suportar a diferença de pressão interna, p_I , e externa, p_E , na tubulação.

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

Nesse sentido, considere:

- O interior da tubulação, durante a extração, está preenchido com petróleo cuja densidade é 800 kg/m^3 .
- O exterior está em contato com a água do mar cuja densidade é aproximadamente 1.000 kg/m^3 .
- A extremidade do tubo na plataforma está em contato com a atmosfera.

Com base nessas informações, conclui-se que, em um ponto situado imediatamente acima do solo marítimo, a diferença de pressão, $p_E - p_I$, em pascal (Pa), que a tubulação deverá suportar é:

- a) $2,0 \times 10^6$ b) $2,4 \times 10^6$ c) $3,0 \times 10^6$
 d) $5,4 \times 10^6$ e) $6,0 \times 10^6$

RESOLUÇÃO:

$$P_I = P_{\text{atm}} + \mu_p g H$$

$$P_E = P_{\text{atm}} + \mu_a g H$$

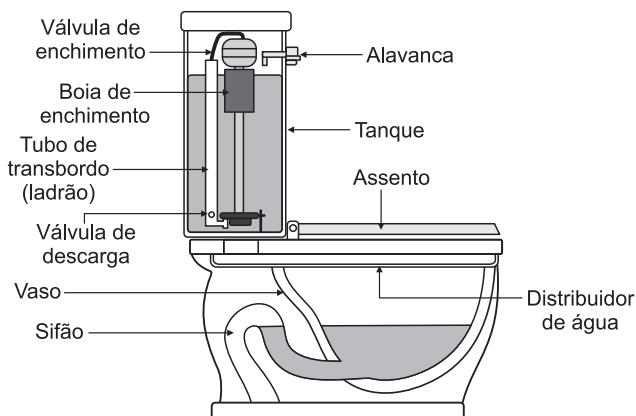
$$\Delta p = (\mu_a - \mu_p) g H$$

$$\Delta p = 200 \cdot 10 \cdot 3000 \text{ Pa}$$

$$\Delta p = 6,0 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

Resposta: E

3. (ENEM) – Um tipo de vaso sanitário que vem substituindo as válvulas de descarga está esquematizado na figura. Ao acionar a alavanca, toda a água do tanque é escoada e aumenta o nível no vaso, até cobrir o sifão. De acordo com o Teorema de Stevin, quanto maior a profundidade, maior a pressão. Assim, a água desce levando os rejeitos até o sistema de esgoto. A válvula da caixa de descarga se fecha e ocorre o seu enchimento. Em relação às válvulas de descarga, esse tipo de sistema proporciona maior economia de água.



Faca você mesmo. Disponível em: <http://www.facavocemesmo.net>
Acesso em: 22 jul. 2010.

A característica de funcionamento que assegura essa economia é devida

- a) à altura do sifão de água.
- b) ao volume do tanque de água.
- c) à altura do nível de água no vaso.
- d) ao diâmetro do distribuidor de água.
- e) à eficiência da válvula de enchimento do tanque.

RESOLUÇÃO:

De acordo com a Lei de Stevin ($p_{\text{hidrostática}} = \mu g H$), a pressão hidrostática da água é proporcional à altura da água, não dependendo da quantidade (volume) de água.

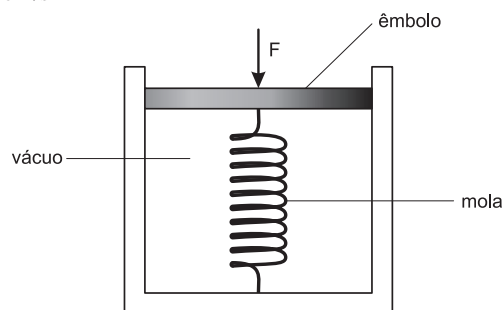
Portanto, a característica de funcionamento que é responsável pela economia de água é o volume de água no tanque.

Resposta: B

4. (UDESC-2012) – A pressão absoluta em um fluido pode ser medida utilizando-se o dispositivo mostrado na figura. O dispositivo consiste basicamente de uma câmara cilíndrica sob vácuo e um êmbolo que pode mover-se sem atrito. No êmbolo, é conectada uma mola de constante elástica $1,0 \cdot 10^3 \text{ N/m}$. Quando o dispositivo é submerso em um fluido, as forças exercidas pela mola e pelo fluido, sobre o êmbolo, são equilibradas. O êmbolo possui uma área de $3,0 \text{ cm}^2$. Considere a situação em que o dispositivo é submerso em um poço de água. Como consequência, a mola sofre uma compressão de $5,0 \text{ cm}$. Despreze o peso do êmbolo.

Dados:

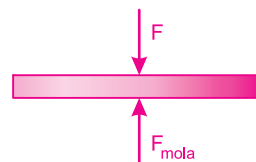
- 1) densidade da água: $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
- 2) pressão atmosférica: $1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- 3) $g = 10 \text{ m/s}^2$



Assinale a alternativa que apresenta a profundidade em que o dispositivo se encontra.

- a) $7,0 \times 10^{-1} \text{ m}$
- b) $1,7 \text{ m}$
- c) $6,7 \text{ m}$
- d) $9,8 \text{ m}$
- e) $1,7 \times 10^1 \text{ m}$

RESOLUÇÃO:



$$1) F_{\text{mola}} = F$$

$$kx = p \cdot A$$

$$1,0 \cdot 10^3 \cdot 5,0 \cdot 10^{-2} = p \cdot 3,0 \cdot 10^{-4}$$

$$p = \frac{5,0}{3,0} \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$2) p = p_{\text{atm}} + \mu g H$$

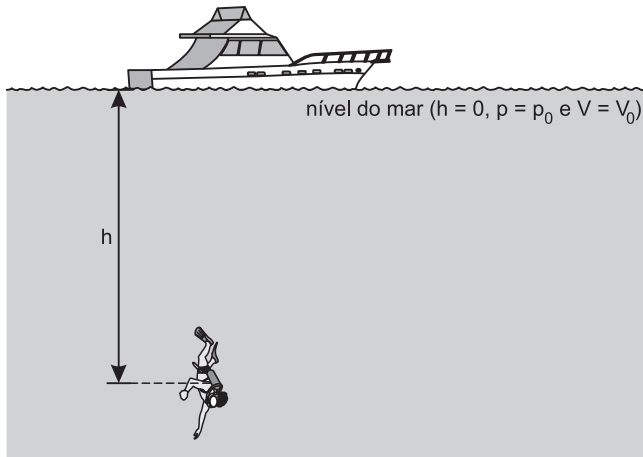
$$\frac{5,0}{3,0} \cdot 10^5 = 1,0 \cdot 10^5 + 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot H$$

$$\frac{50}{3} = 10 + H \Rightarrow H = 6,7 \text{ m}$$

Resposta: C

5. (UFRN-2012) – O mergulho autônomo é uma atividade esportiva praticada nas cidades litorâneas do Brasil. Na sua prática, mergulhadores, que levam cilindros de ar, conseguem atingir profundidades da ordem de dezenas de metros.

A maior parte do corpo do mergulhador suporta bem as pressões em tais profundidades, mas os pulmões são muito comprimidos e, portanto, ficam sujeitos a fortes estresses. Assim, existe um limite máximo de profundidade a partir do qual é possível ao mergulhador voltar rapidamente à superfície sem que o processo compressão-descompressão do seu pulmão leve ao colapso dos alvéolos pulmonares e até a hemorragias fatais.



Dados:

Módulo da aceleração da gravidade, $g = 10,0 \text{ m/s}^2$.

Considere a densidade da água do mar, $\mu_{\text{água}} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Pressão atmosférica no nível do mar, $p_0 = 1,0 \text{ atm} = 1,0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$.

Considerando-se V_0 o volume do pulmão no nível do mar, onde a pressão atmosférica é p_0 , e supondo-se que o ar nos pulmões do mergulhador obedece à lei geral dos gases a temperatura constante,

- determine o valor da pressão sobre o mergulhador, quando ele se encontra a uma profundidade de 30,0m;
- verifique se o mergulhador poderá ultrapassar a profundidade de 30,0m, sabendo-se que o limite máximo de contração do pulmão, sem que este sofra danos, é tal que o volume final do pulmão se torna igual a 25% do volume do pulmão na superfície. Justifique sua resposta.

RESOLUÇÃO:

a) $p = p_0 + \mu \cdot g \cdot h$

$$p = 1,0 \cdot 10^5 + 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10,0 \cdot 30,0 \text{ (Pa)}$$

$$p = 4,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

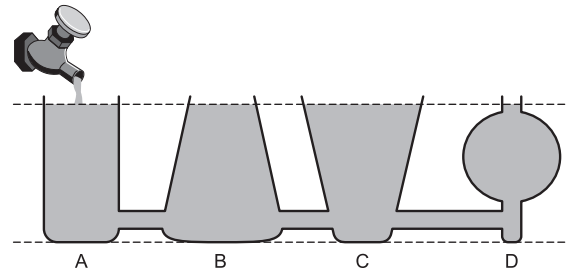
b) $p_0 V_0 = p V$

$$1,0 \cdot 10^5 \cdot V_0 = p_{\text{máx}} \cdot 0,25 V_0$$

$$p_{\text{máx}} = 4,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Portanto, o mergulhador não poderá ultrapassar os 30,0m.

6. (UCPel-RS-2012) – Um artista plástico, querendo chamar atenção para o problema da água, constrói o sistema de vasos comunicantes representado abaixo. Quando a água atingir o nível indicado, podemos afirmar que a pressão no fundo dos vasos é



- maior no vaso B.
- igual apenas nos vasos A e B.
- igual em todos os vasos.
- maior no vaso C.
- maior no vaso D.

RESOLUÇÃO:

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

Em todos os vasos, temos o mesmo líquido e a mesma altura e por isso as pressões são iguais.

Resposta: C

MÓDULO 55

APLICAÇÕES DA LEI DE STEVIN

1. (UFJF-MG-2012) – O físico italiano Evangelista Torricelli (1608-1647) realizou uma experiência para determinar a pressão atmosférica ao nível do mar. Ele usou um tubo de aproximadamente 1,0m de comprimento, cheio de mercúrio (Hg) e com a extremidade tampada. Depois, colocou o tubo, em pé e com a boca tampada para baixo, dentro de um recipiente que também continha mercúrio. Torricelli observou que, após destampar o tubo, o nível do mercúrio desceu e estabilizou-se na posição correspondente a 76cm, restando o vácuo na parte vazia do tubo. Nessa situação, o peso da coluna de mercúrio é equilibrado pela força de pressão atmosférica. Sabendo-se que a densidade do mercúrio é $13,6 \text{ g/cm}^3$, que a densidade média da atmosfera é $1,0 \cdot 10^{-4} \text{ g/cm}^3$ e admitindo-se que a densidade da atmosfera seja constante em toda a sua extensão bem como o módulo da aceleração da gravidade, assinale a opção que mais se aproxima da altura da atmosfera.

- 1km
- 25km
- 60km
- 103km
- 233km

RESOLUÇÃO:

$$P_{\text{atm}} = P_{\text{mercúrio}}$$

$$\mu_{\text{ar}} \cdot g \cdot H_{\text{atm}} = \mu_{\text{M}} g h_{\text{M}}$$

$$1,0 \cdot 10^{-4} \cdot H_{\text{atm}} = 13,6 \cdot 76 \cdot 10^{-2}$$

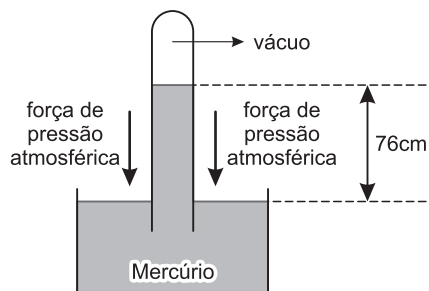
$$H_{\text{atm}} = 1033,6 \cdot 10^2 \text{ m}$$

$$H_{\text{atm}} = 1033,6 \cdot 10^{-1} \text{ km}$$

$$H_{\text{atm}} \cong 103 \text{ km}$$

Resposta: D

2. (VUNESP-FAMECA-2012) – Com a experiência que leva seu nome, Evangelista Torricelli, em meados do século XVII, demonstrou a ação da pressão atmosférica sobre os corpos sujeitos a ela. Mostrou que no nível do mar, uma coluna de 76cm de altura de mercúrio, cuja densidade vale $13,6\text{g/cm}^3$, exerce, na base da coluna, a mesma pressão exercida pela atmosfera.



Se o experimento tivesse sido feito utilizando-se, em vez de mercúrio, um óleo de densidade $0,8\text{g/cm}^3$ num local onde $g = 10\text{m/s}^2$, a altura da coluna de óleo necessária para exercer a mesma pressão que a atmosfera exerce no nível do mar seria, em metros, aproximadamente,

- a) 9,4 b) 12,9 c) 13,6
d) 14,2 e) 15,3

RESOLUÇÃO:

$$P_{\text{atm}} = \rho_M g h_M = \rho_0 g h_0$$

$$13,6 \cdot 76 = 0,8 \cdot h_0$$

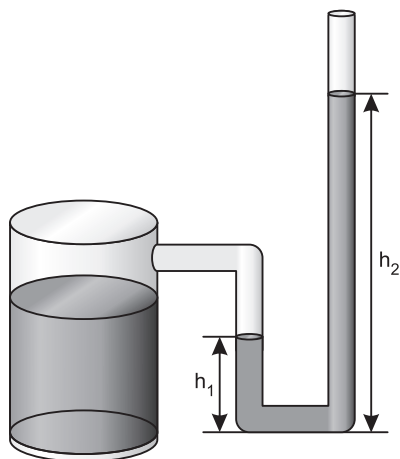
$$h_0 = 1292\text{cm}$$

$$h_0 = 12,92\text{m}$$

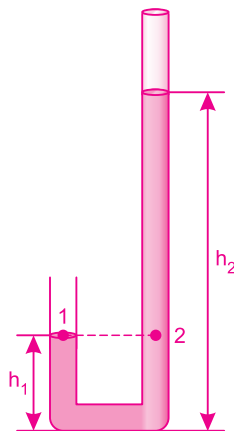
Resposta: B

3. (UNIOESTE-2012-MODELO ENEM) – O dispositivo representado abaixo é usado para medir a pressão do gás contido no recipiente cilíndrico. O sistema representado é constituído por um recipiente cilíndrico onde o gás está contido, um tubo em U que contém um fluido deslocado devido à pressão exercida pelo gás do cilindro. O sistema está em equilíbrio e a massa específica do fluido é $1,5 \cdot 10^4\text{kg/m}^3$. Considere o módulo da aceleração gravitacional igual a 10m/s^2 e a pressão atmosférica $1,0 \cdot 10^5\text{Pa}$. Calcule a pressão do gás contido no recipiente sabendo-se que $h_1 = 10\text{cm}$ e $h_2 = 30\text{cm}$.

- a) $1,5 \cdot 10^5\text{Pa}$. b) $1,4 \cdot 10^5\text{Pa}$. c) $1,3 \cdot 10^5\text{Pa}$.
d) $1,2 \cdot 10^5\text{Pa}$. e) $1,0 \cdot 10^5\text{Pa}$.



RESOLUÇÃO:



$$P_1 = P_2$$

$$P_{\text{gás}} = P_{\text{atm}} + \rho g (h_2 - h_1)$$

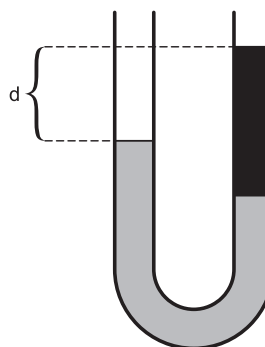
$$P_{\text{gás}} = 1,0 \cdot 10^5 + 1,5 \cdot 10^4 \cdot 10 \cdot 20 \cdot 10^{-2} \text{ Pa}$$

$$P_{\text{gás}} = 1,0 \cdot 10^5 + 0,3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{gás}} = 1,3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Resposta: C

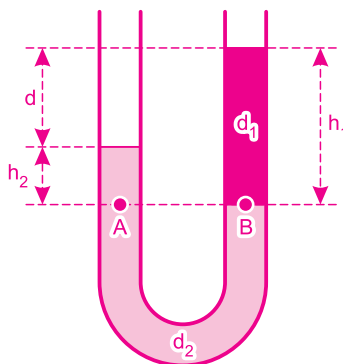
4. (UECE-2012) – Um tubo em U, em repouso e na presença da gravidade terrestre de módulo g , contém dois líquidos imiscíveis de densidades d_1 e d_2 , com $d_1 < d_2$, conforme a figura abaixo.



Em uma outra situação, esse mesmo tubo sobe verticalmente com aceleração constante dirigida para cima e com módulo $a = 2g$. Assim, é correto afirmar-se que, durante esta subida, a diferença entre as alturas das superfícies superiores dos dois líquidos é

- a) $2d$. b) $d/2$. c) $3d$. d) d .

RESOLUÇÃO:



$$P_A = P_B$$

$$d_2 g h_2 = d_1 g h_1$$

$$h_2 = \frac{d_1 h_1}{d_2}$$

$$d = h_1 - h_2 = h_1 - \frac{d_1 h_1}{d_2}$$

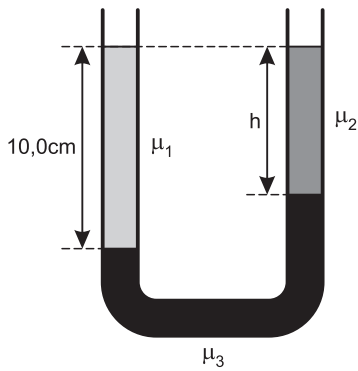
$$d = \frac{h_1 d_2 - d_1 h_1}{d_2}$$

$$d = h_1 \left(\frac{d_2 - d_1}{d_2} \right)$$

Como d não depende da gravidade, o seu valor continua o mesmo.

Resposta: D

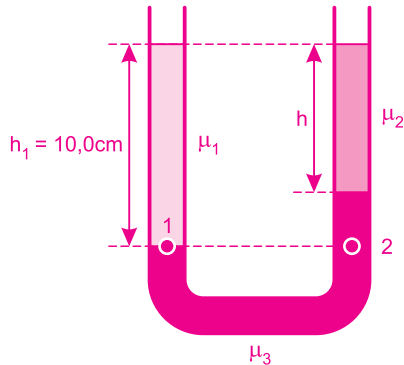
5. (CEPERJ) – Um tubo em U, aberto em ambos os ramos e de seção uniforme, contém três líquidos não miscíveis: (1) de densidade $\mu_1 = 0,80\text{g/cm}^3$, (2) de densidade $\mu_2 = 0,75\text{g/cm}^3$ e (3) de densidade $\mu_3 = 1,0\text{g/cm}^3$. As superfícies livres dos líquidos (1) e (2) estão no mesmo nível, como mostra a figura abaixo.



Sendo 10,0cm a altura da coluna do líquido (1), a altura h da coluna do líquido (2) é:

- a) 8,0cm b) 6,0cm c) 5,0cm
d) 4,0cm e) 2,0cm

RESOLUÇÃO:



$p_1 = p_2$ (Lei de Stevin)

$$p_{\text{atm}} + \mu_1 g h_1 = p_{\text{atm}} + \mu_3 g (h_1 - h) + \mu_2 g h$$

$$\mu_1 h_1 = \mu_3 h_1 - \mu_3 h + \mu_2 h$$

$$h (\mu_3 - \mu_2) = h_1 (\mu_3 - \mu_1)$$

$$h = h_1 \frac{\mu_3 - \mu_1}{\mu_3 - \mu_2}$$

$$h = \frac{10,0 (1,0 - 0,80)}{1,0 - 0,75} \text{ cm}$$

$$h = \frac{2,0}{0,25} \text{ cm}$$

h = 8,0cm

Resposta: A

1. (VUNESP-UEA-2012) – Um engenheiro necessita projetar uma prensa hidráulica que seja capaz de elevar uma carga máxima de 1,0 tonelada a partir da aplicação de uma força de intensidade 100N.



Admitindo-se que a aceleração da gravidade tenha módulo igual a 10m/s^2 , as áreas dos êmbolos, A_2 e A_1 , dessa prensa podem ser, em m^2 , respectivamente iguais a

- a) 1,0 e 0,1. b) 1,0 e 0,01. c) 25 e 0,5.
d) 4,0 e 0,1. e) 1,0 e 0,25.

RESOLUÇÃO:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

$$\frac{100}{A_1} = \frac{1,0 \cdot 10^4}{A_2}$$

$$\frac{A_2}{A_1} = 100$$

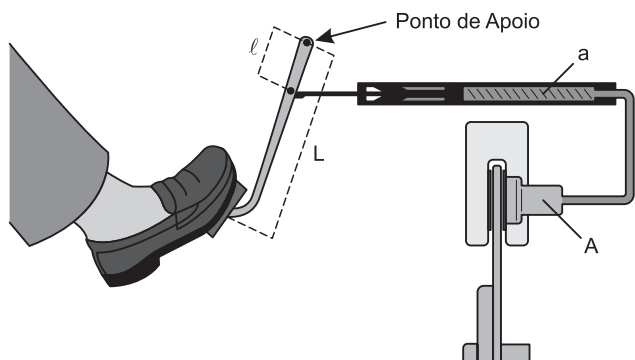
$A_2 = 100 A_1$

$A_1 = 0,01 \text{ m}^2$
 $A_2 = 1,0 \text{ m}^2$

Resposta: B

2. (UFRN-2012-MODELO ENEM) – Do ponto de vista da Física, o sistema de freios dos carros atuais é formado por uma alavanca e por uma prensa hidráulica.

Enquanto a alavanca tem a capacidade de ampliação da força aplicada por um fator igual à razão direta de seus braços, a prensa hidráulica amplia a força da alavanca na razão direta de suas áreas. Finalmente, a força resultante aciona os freios, conforme mostrado na figura, fazendo o veículo parar.



Considere que a alavanca tem braço maior, L , igual a 40cm e braço menor, ℓ , igual a 10cm, e a prensa hidráulica apresenta êmbolos com área maior, A , oito vezes maior que a área menor, a .

Levando-se em consideração as características descritas acima, tal sistema de freios é capaz de fazer a força exercida no pedal dos freios, pelo motorista, aumentar

- a) 32 vezes. b) 24 vezes. c) 16 vezes.
d) 12 vezes. e) 8 vezes.

RESOLUÇÃO:

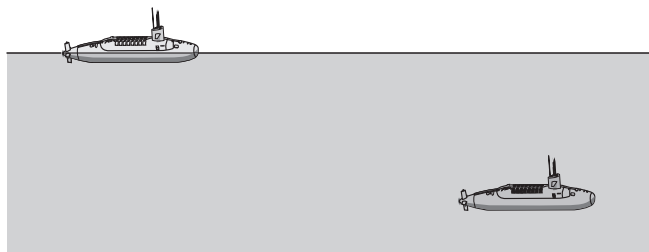
1) Para a alavanca: $V_m = \frac{F_2}{F_1} = \frac{L}{\ell} = \frac{40\text{cm}}{10\text{cm}} = 4 \Rightarrow F_2 = 4F_1$

2) Para a prensa hidráulica $V'_m = \frac{F_3}{F_2} = \frac{A}{a} = 8 \Rightarrow F_3 = 8F_2$

Portanto: $F_3 = 8 \cdot 4 \cdot F_1 \Rightarrow F_3 = 32F_1$

Resposta: A

3. (UFF-RJ-2012) – Submarinos possuem tanques de lastro, que podem estar cheios de água ou vazios. Quando os tanques estão vazios, o submarino flutua na superfície da água, com parte do seu volume acima da superfície. Quando os tanques estão cheios de água, o submarino flutua em equilíbrio abaixo da superfície.



Comparando-se os valores da pressão (p) no fundo do submarino e da intensidade do empuxo (E) sobre o submarino quando os tanques estão cheios (p_c, E_c) com os valores das mesmas grandezas quando os tanques estão vazios (p_v, E_v), é correto afirmar que

- a) $p_c > p_v, E_c > E_v$. b) $p_c < p_v, E_c < E_v$.
c) $p_c < p_v, E_c > E_v$. d) $p_c > p_v, E_c = E_v$.
e) $p_c = p_v, E_c > E_v$.

RESOLUÇÃO:

1) A pressão p cresce com a profundidade h (lei de Stevin) segundo a relação:

$$p = p_{\text{atm}} + \mu g h$$

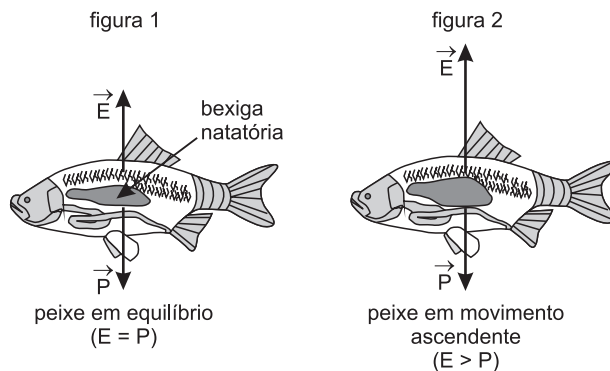
2) O empuxo cresce com o volume imerso:

$$E = \mu_{\text{água}} V_{\text{imerso}} g$$

Portanto: $p_c > p_v$ e $E_c > E_v$

Resposta: A

4. (UNESP-2012-MODELO ENEM) – A maioria dos peixes ósseos possui uma estrutura chamada vesícula gasosa ou bexiga natatória, que tem a função de ajudar na flutuação do peixe. Um desses peixes está em repouso na água, com a força peso, aplicada pela Terra, e o empuxo, exercido pela água, equilibrando-se, como mostra a figura 1. Desprezando-se a força exercida pelo movimento das nadadeiras, considere que, ao aumentar o volume ocupado pelos gases na bexiga natatória, sem que a massa do peixe varie significativamente, o volume do corpo do peixe também aumente. Assim, o módulo do empuxo supera o da força peso, e o peixe sobe (figura 2).



Na situação descrita, o módulo do empuxo aumenta, porque

- a) é inversamente proporcional à variação do volume do corpo do peixe.
b) a intensidade da força peso, que age sobre o peixe, diminui significativamente.
c) a densidade da água na região ao redor do peixe aumenta.
d) depende da densidade do corpo do peixe, que também aumenta.
e) o módulo da força peso da quantidade de água deslocada pelo corpo do peixe aumenta

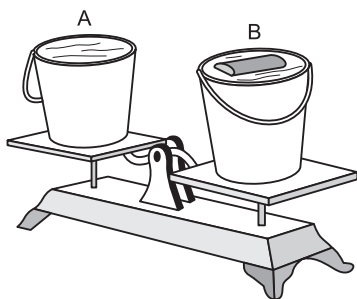
RESOLUÇÃO:

De acordo com a Lei de Arquimedes: “O empuxo que o líquido exerce no peixe tem intensidade igual à do peso do líquido deslocado pela presença do sólido”.

$$E = \rho_{\text{líquido}} V_{\text{deslocado}} g$$

Resposta: E

5. (UERJ-2012) – Considere uma balança de dois pratos, na qual são pesados dois recipientes idênticos, A e B.



PERELMAN, Y. *Física recreativa*. Moscou: Ed. Mir, 1975.

Os dois recipientes contêm água até a borda. Em B, no entanto, há um pedaço de madeira flutuando na água.

Nessa situação, indique se a balança permanece ou não em equilíbrio, justificando sua resposta.

RESOLUÇÃO:

De acordo com a lei de Arquimedes o empuxo tem intensidade igual ao peso do líquido deslocado.

Como o pedaço de madeira está em equilíbrio então o seu peso é igual ao peso do líquido deslocado e a balança vai ficar em equilíbrio.

6. (UNICAMP-SP-2012) – Os balões desempenham papel importante em pesquisas atmosféricas e sempre encantaram os espectadores. Bartolomeu de Gusmão, nascido em Santos em 1685, é considerado o inventor do aeróstato, balão empregado como aeronave. Em temperatura ambiente, $T_{\text{amb}} = 300\text{K}$, a densidade do ar atmosférico vale $\rho_{\text{amb}} = 1,26 \text{ kg/m}^3$. Quando o ar no interior de um balão é aquecido, sua densidade diminui, sendo que a pressão e o volume permanecem constantes. Com isso, o balão é acelerado para cima à medida que seu peso fica menor que o empuxo.

- Um balão tripulado possui volume total $V = 3,0 \times 10^6$ litros. Calcule a intensidade do empuxo que atua no balão.
- Qual será a temperatura do ar no interior do balão quando sua densidade for reduzida a $\rho_{\text{quente}} = 1,05 \text{ kg/m}^3$? Considere que o ar se comporta como um gás ideal e note que o número de mols de ar no interior do balão é proporcional à sua densidade.

RESOLUÇÃO:

a) Lei de Arquimedes:

$$E = \rho_{\text{amb}} V g$$

$$E = 1,26 \cdot 3,0 \cdot 10^3 \cdot 10$$

$$E = 3,78 \cdot 10^4 \text{N}$$

b) $p V = \frac{m}{M} R T$

Como a pressão e o volume permanecem constantes, então o produto mT também será constante.

Como a massa será proporcional à densidade, teremos:

$$\rho_{\text{amb}} \cdot T_{\text{amb}} = \rho_{\text{quente}} \cdot T$$

$$1,26 \cdot 300 = 1,05 \cdot T$$

$$T = 360\text{K}$$

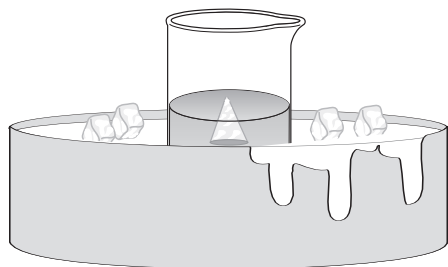
Respostas: a) $3,78 \cdot 10^4 \text{N}$ b) 360K

1. (UNIFESP) – Pelo Princípio de Arquimedes explica-se a expressão popular “isto é apenas a ponta do *iceberg*”, frequentemente usada quando surgem os primeiros sinais de um grande problema. Com este objetivo realizou-se um experimento, ao nível do mar, no qual uma solução de água do mar e gelo (água doce) é contida em um béquer de vidro, sobre uma bacia com gelo, de modo que as temperaturas do béquer e da solução mantenham-se constantes a 0 °C.



(www.bioqmed.ufrj.br/ciencia/CuriosIceberg.htm)

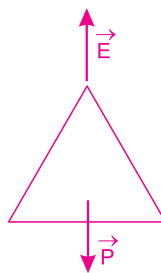
No experimento, o *iceberg* foi representado por um cone de gelo, conforme esquematizado na figura. Considere a densidade do gelo 0,920 g/cm³ e a densidade da água do mar, a 0 °C, igual a 1,025 g/cm³.



- Que fração do volume do cone de gelo fica submersa na água do mar? O valor dessa fração seria alterado se o cone fosse invertido?
- Se o mesmo experimento fosse realizado no alto de uma montanha, a fração do volume submerso seria afetada pela variação da aceleração da gravidade e pela variação da pressão atmosférica? Justifique sua resposta.

RESOLUÇÃO:

a)



Para o equilíbrio do cone de gelo temos:

$$E = P$$

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

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

$$\frac{V_i}{V} = \frac{0,920}{1,025} \cong 0,90$$

$$\frac{V_i}{V} = 0,90 \text{ (90\%)}$$

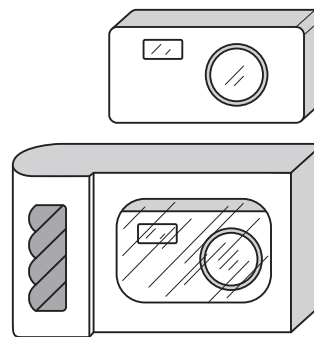
Se o cone fosse invertido a fração imersa continuaria a mesma.

- A fração imersa continuaria a mesma (90%) porque é dada pela razão das densidades que não são afetadas pela variação da aceleração da gravidade ou da pressão atmosférica.

Respostas: a) 90%

- Não, pois só depende da razão entre as densidades do gelo e da água do mar.

2. (VUNESP-FAMECA-2012) – Determinado fabricante de máquinas fotográficas vende um acessório que sela hermeticamente suas câmaras em um ambiente à prova d’água para que, assim, possam ser feitas fotografias debaixo d’água.



Dados:

pressão atmosférica ao nível do mar: 1,0 . 10⁵ Pa

módulo da aceleração da gravidade: 10m/s²

densidade da água: 1,0 . 10³kg/m³

volume do acessório: 1,0 . 10⁻³m³

- Nas especificações do acessório, pede-se que ao ser usado no mar, não se ultrapasse a profundidade de 20m. Determine a pressão máxima que o fabricante garante para seu produto.
- Pensando no caso de acidentes, em que o dono da máquina, por descuido, a deixa escapar de suas mãos, os engenheiros do produto fizeram com que o conjunto, máquina mais acessório, procurasse a superfície e não o fundo das águas, flutuando de tal forma que 1/10 de seu volume ficasse para fora da água. Determine o valor da massa do conjunto câmara + acessório.

RESOLUÇÃO:

a) $P_{\max} = P_{\text{atm}} + \mu \cdot g \cdot H$

$$P_{\max} = 1,0 \cdot 10^5 + 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 20 \text{ (Pa)}$$

$$P_{\max} = 3,0 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 3,0 \text{ atm}$$

b) **Flutuando:** $P = E \Rightarrow \mu_a V_i g = M g$

$$M = \mu_a V_i = 1,0 \cdot 10^3 \cdot \frac{9}{10} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ (kg)}$$

$$M = 0,90 \text{ kg}$$

Respostas: a) $3,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ou $3,0 \text{ atm}$ b) $0,90 \text{ kg}$

3. (UEL-PR-2012-MODELO ENEM) – A areia monazítica, abundante no litoral do Espírito Santo até o final do século XIX, é rica em tório e foi contrabandeada para outros países durante muitos anos sob a falsa alegação de lastrear navios. O lastro tem por objetivo afundá-los na água, até certo nível, conferindo estabilidade para a navegação.

Se uma embarcação tem massa de 50t, qual deverá ser a massa de lastro de areia monazítica, em toneladas, para que esse navio lastreado desloque um volume total de $1,0 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ de água do mar?

Considere a densidade da água do mar igual a $1,0 \text{ g/cm}^3$.

- a) 180 b) 500 c) 630 d) 820 e) 950

RESOLUÇÃO:

$$E = P_{\text{total}}$$

$$\mu_a V_i g = M_{\text{total}} g$$

$$\mu_a V_i = M_b + M_L$$

$$1,0 \cdot 10^3 \cdot 1,0 \cdot 10^3 = 50 \cdot 10^3 + M_L$$

$$1,0 \cdot 10^6 = 5,0 \cdot 10^4 + M_L$$

$$M_L = 100 \cdot 10^4 - 5,0 \cdot 10^4 \text{ (kg)}$$

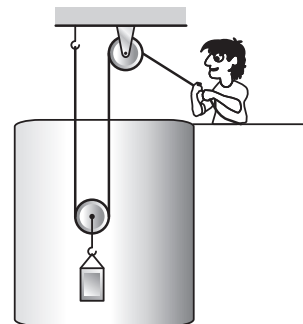
$$M_L = 95 \cdot 10^4 \text{ kg}$$

$$M_L = 950 \cdot 10^3 \text{ kg}$$

$$M_L = 950 \text{ t}$$

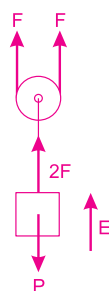
Resposta: E

4. (FGV-SP) – A pessoa da figura seguinte retira da água, com auxílio de uma associação de polias (talha simples), uma carga de 50kg que ocupa um volume de 20L. A densidade da água é de $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, a aceleração da gravidade local tem módulo igual a 10 m/s^2 e a ascensão se dá com velocidade constante.



A força exercida pela pessoa tem intensidade, em N, igual a

- a) 15 b) 30 c) 50 d) 150 e) 300

RESOLUÇÃO:

1) $E = \mu_a V g$

$$E = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \text{ (N)}$$

$$E = 200 \text{ N}$$

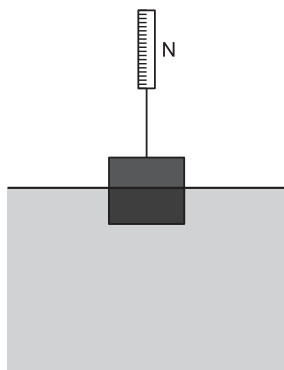
2) $2F + E = P$

$$2F + 200 = 500$$

$$F = 150 \text{ N}$$

Resposta: D

5. (ENEM) – Em um experimento realizado para determinar a densidade da água de um lago, foram utilizados alguns materiais conforme ilustrado: um dinamômetro D com graduação de 0N a 50N e um cubo maciço e homogêneo de 10cm de aresta e 3,0kg de massa. Inicialmente, foi conferida a calibração do dinamômetro, constatando-se a leitura de 30N quando o cubo era preso ao dinamômetro e suspenso no ar. Ao mergulhar o cubo na água do lago, até que metade do seu volume ficasse submersa, foi registrada a leitura de 24N no dinamômetro.



Considerando-se que a aceleração da gravidade local tem módulo de 10m/s^2 , a densidade de água do lago, em g/cm^3 , é

a) 0,6 b) 1,2 c) 1,5 d) 2,4 e) 4,8

RESOLUÇÃO:

Para a pesagem no ar: $F_{\text{din}} = P = 30\text{N}$

Para a pesagem no interior do líquido:

$$F_{\text{din}} = P - E$$

$$24 = 30 - E$$

$$E = 6,0\text{N}$$

De acordo com a Lei de Arquimedes:

$$E = \mu_a V_i g$$

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

$$\mu_a = 12 \cdot 10^2 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu_a = 1,2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu_a = 1,2 \text{ g/cm}^3$$

Resposta: B

1. (UFG-2012-MODELO ENEM) – No sistema circulatório humano, o sangue é levado do coração aos demais órgãos do corpo por vasos sanguíneos de diferentes características. Na tabela a seguir estão relacionados dois vasos, I e II, com valores médios de algumas de suas características.

| Características | I | II |
|-----------------------|------------------|-------------------|
| Número total de vasos | 1 | 2×10^9 |
| Área total | 240mm^2 | 2400cm^2 |

O sangue, que pode ser tratado como um fluido ideal e incompressível, possui velocidade escalar média de 30cm/s no vaso I. A velocidade escalar média do sangue em cm/s no vaso II vale:

- a) $3,0 \cdot 10^{-3}$ b) $3,0 \cdot 10^{-2}$ c) $3,0 \cdot 10^{-1}$
 d) 3,0 e) $3,0 \cdot 10^2$

RESOLUÇÃO:

Equação da continuidade:

$$Z = A V = \text{constante}$$

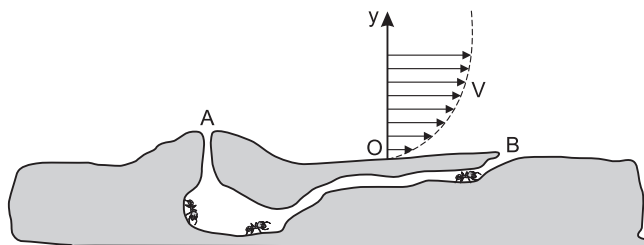
$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$

$$240 \cdot 30 = 2400 \cdot 10^2 \cdot V_2$$

$$V_2 = 3,0 \cdot 10^{-2} \text{ cm/s}$$

Resposta: B

2. (UFMS) – As formigas constroem seus formigueiros, com várias galerias subterrâneas, que se comunicam entre si e com a superfície do solo. A figura abaixo mostra uma galeria que possui duas comunicações externas em alturas diferentes, sendo a abertura A mais alta e a B mais baixa. O gráfico abaixo mostra a distribuição da velocidade do vento com a altura y nessa região, e nota-se que, devido ao atrito entre o solo e o ar, a velocidade do vento aumenta com a altura y atingindo um valor limite a partir de uma determinada altura. As aberturas A e B possuem seções planas e paralelas ao plano horizontal e as velocidades do vento nessas aberturas também são horizontais. Considere todo o ar na mesma temperatura e como um fluido ideal, a abertura A muito distante da abertura B, e, com fundamentos na mecânica dos fluidos, assinale a(s) afirmação(ões) correta(s).



- (01) A velocidade do ar, na abertura A, é menor que a velocidade do ar na abertura B.
- (02) A pressão do ar, na abertura A, é menor que a pressão do ar na abertura B.
- (04) O ar circulará pela galeria, entrando pela abertura B e saindo pela abertura A.
- (08) Se o vento nessa região estiver com a mesma distribuição de velocidades, não importa o seu sentido, isto é, da direita para a esquerda ou da esquerda para a direita, a diferença entre a pressão da abertura A e a pressão da abertura B será a mesma.
- (16) Se as aberturas A e B estivessem na mesma altura, circularia ar pela galeria, da abertura A para a abertura B.
- Dar como resposta a soma dos números associados às proposições corretas.

RESOLUÇÃO:

De acordo com a lei de Bernoulli temos:

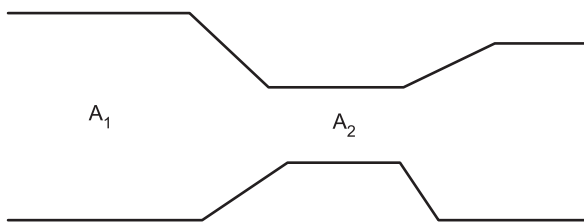
$$p_A + \mu g h_A + \frac{\mu V_A^2}{2} = p_B + \mu g h_B + \frac{\mu V_B^2}{2}$$

Como $h_A > h_B$ resulta $V_A > V_B$ e $p_A < p_B$

- (01) (F)
- (02) (V)
- (04) (V) O ar circula no sentido da pressão maior (B) para a pressão menor (A).
- (08) (V) As grandezas envolvidas são escalares.
- (16) (F) Para a mesma altura as velocidades seriam iguais, as pressões seriam iguais e não haveria circulação de ar.

Resposta: 14

3. (UFPR) – Imagine um fluido incompressível escoando sem dissipação de energia mecânica ao longo de um tubo de seção variável.



Admitindo-se um escoamento não turbulento, que ocorre com uma vazão constante, e sabendo-se que todas as partes do tubo estão numa mesma elevação e que o fluido sai da região A_1 e entra numa região A_2 mais estreita, é correto afirmar que, ao passar da região A_1 para a região A_2 , ocorre no fluido:

- a) aumento da pressão e aumento de velocidade.
- b) somente aumento da pressão.
- c) diminuição da pressão e diminuição da velocidade.
- d) diminuição da pressão e aumento da velocidade.
- e) somente diminuição da velocidade.

RESOLUÇÃO:

1) Equação da continuidade:

$$Z = A V = \text{constante (vazão)}$$

$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$

$$A_2 < A_1 \Rightarrow V_2 > V_1 \text{ (a velocidade aumenta)}$$

2) Princípio de Bernoulli:

$$p_1 + \frac{\mu V_1^2}{2} + \mu g H_1 = p_2 + \frac{\mu V_2^2}{2} + \mu g H_2$$

$$\text{Para } H_1 = H_2 \text{ e } V_2 > V_1 \text{ resulta } p_2 < p_1 \text{ (a pressão diminui)}$$

Resposta: D

4. (UFSM-RS) – Em um tubo horizontal, está fluindo água com velocidade de módulo igual a 2,0m/s sob pressão de $2,0 \cdot 10^5$ Pa. A densidade da água vale $1,0 \cdot 10^3$ kg/m³. Em um certo ponto, o tubo apresenta um estreitamento e a velocidade da água passa a ter módulo igual a 8,0m/s. A pressão, nessa região de estreitamento, passou a ser, em Pa, igual a:
- a) $5,0 \cdot 10^4$ b) $1,0 \cdot 10^5$ c) $1,7 \cdot 10^5$
d) $4,2 \cdot 10^5$ e) $8,0 \cdot 10^5$

RESOLUÇÃO:

Da conservação da energia, vem a equação de Bernoulli:

$$p + \frac{\mu V^2}{2} + \mu g h = \text{constante}$$

Como o escoamento é horizontal, h é constante e temos:

$$p + \frac{\mu V^2}{2} = \text{constante}$$

$$\text{Portanto: } p_1 + \frac{\mu V_1^2}{2} = p_2 + \frac{\mu V_2^2}{2}$$

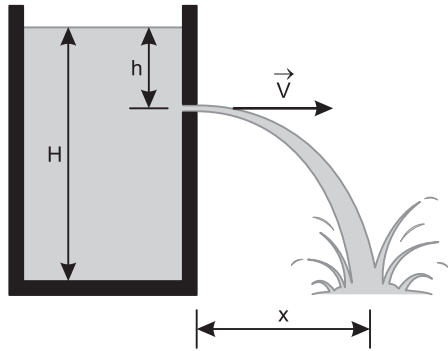
$$p_2 = p_1 + \frac{\mu}{2} (V_1^2 - V_2^2)$$

$$p_2 = 2,0 \cdot 10^5 + \frac{1,0 \cdot 10^3}{2} (4,0 - 64,0) \text{ (Pa)}$$

$$p_2 = 2,0 \cdot 10^5 - 0,3 \cdot 10^5 \text{ (Pa)} \Rightarrow p_2 = 1,7 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Resposta: C

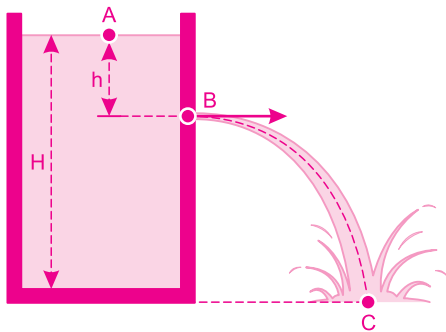
5. (UPE) – Um recipiente, de grande área transversal, contém água até uma altura H . Um orifício é feito na parede lateral do tanque a uma distância h da superfície do líquido.



A que distância x , a água atinge o solo?

- a) $2\sqrt{h(H-h)}$ b) $2\sqrt{H-h}$ c) $\sqrt{2(H-h)}$
 d) $2\sqrt{H(H-h)}$ e) $2(H-h)$

RESOLUÇÃO:



1) **Lei de Bernoulli entre os pontos A e B:**

$$p_{atm} + \rho g h = p_{atm} + \frac{\rho v_B^2}{2}$$

$$v_B = \sqrt{2gh}$$

2) **Tempo de queda de B para C**

$$\Delta s_y = v_{0y} t + \frac{\gamma_y}{2} t^2$$

$$H - h = 0 + \frac{g}{2} T^2 \Rightarrow T = \sqrt{\frac{2(H-h)}{g}}$$

3) **Cálculo de x :**

$$x = v_B \cdot T$$

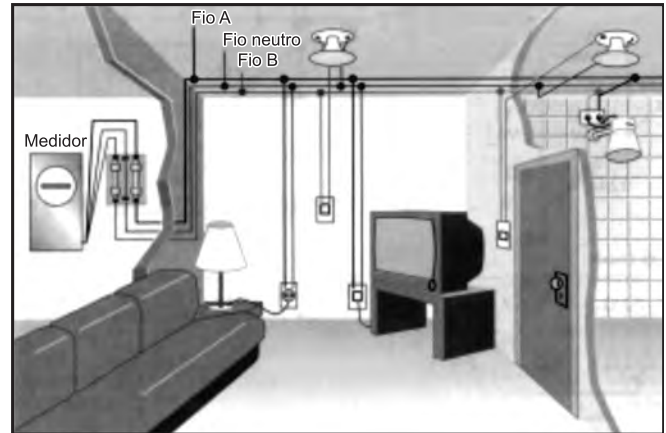
$$x = \sqrt{2gh} \sqrt{\frac{2(H-h)}{g}} \Rightarrow x = 2\sqrt{h(H-h)}$$

Resposta: A

MÓDULO 59

CIRCUITOS RESIDENCIAIS

Leia o texto para responder às questões 1 e 2.

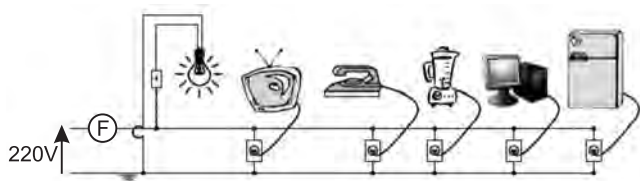


O sistema de distribuição da eletricidade nas residências se dá através de três sistemas: **monofásico** (uma fase e um neutro), **bifásico** (duas fases A e B, por exemplo, e um neutro) e o **trifásico** (três fases A, B e C, por exemplo, e um neutro). Nas grandes cidades, o sistema de distribuição da eletricidade na maioria das residências costuma ser **bifásico**, que se dá da seguinte maneira: A partir do poste da rua, chegam à casa do consumidor três fios; após passarem pelo “relógio da luz”, o medidor da energia elétrica, esses fios são distribuídos pela casa (figura acima). Para não haver sobrecarga, costuma-se fazer uma separação, criando-se duas redes. Assim, os equipamentos existentes nas residências são projetados para serem ligados entre uma fase e o neutro (por exemplo, uma lâmpada) e/ou entre duas fases (por exemplo, um chuveiro). Em alguns locais estratégicos da casa costumam ser colocadas “caixas de luz” que, além de racionalizar e sistematizar as ligações feitas, permitem a colocação de fusíveis ou disjuntores, que interrompem a passagem da corrente elétrica quando esta se torna excessiva. (Adaptado de JUNIOR, F.R. Os Fundamentos da Física. 8. ed. vol. 2. São Paulo: Moderna, 2003, p. 146)

1. (UEPB) – Acerca do assunto tratado no texto, em relação ao consumo de energia elétrica da residência, resolva a seguinte situação-problema:

A figura abaixo representa parte de um circuito elétrico de uma residência, com alguns componentes eletrodomésticos identificados com as respectivas potências (tabela a seguir). A instalação elétrica desta residência está ligada a uma rede monofásica de 220V e protegida por um disjuntor ou fusível F.

| Aparelhos | Potência (W) |
|----------------|--------------|
| Lâmpada | 150 |
| Ferro Elétrico | 400 |
| Liquidificador | 300 |
| Computador | 120 |
| TV | 150 |
| Geladeira | 300 |



Considerando-se que todos os equipamentos estejam ligados ao mesmo tempo, o consumo de energia elétrica da residência, em kWh, durante 120 minutos, é:

- a) 4,56 b) 3,52 c) 6,32 d) 2,84 e) 5,34

RESOLUÇÃO:

$$E_{el_{total}} = P_{total} \cdot \Delta t_{total}$$

$$E_{el_{total}} = \left(\frac{150 + 400 + 300 + 120 + 150 + 300}{1000} \right) \cdot \frac{120}{60}$$

kW h

$$E_{el_{total}} = 1,42kW \cdot 2,0h$$

$$E_{el_{total}} = 2,84kWh$$

Resposta: D

2. (UEPB) – Ainda acerca do assunto tratado no texto, resolva esta outra situação-problema: considerando ainda o circuito da questão anterior, ligado à rede monofásica de 220V e protegido por um disjuntor ou fusível F de 15A, qual deve ser a potência máxima, em watts (W), de um ferro de passar roupa que pode ser ligado, simultaneamente, a todos os demais equipamentos que constam no circuito citado, sem que o fusível interrompa esse circuito?

- a) 1600 b) 1880 c) 1650
d) 2300 e) 1900

RESOLUÇÃO:

Cálculo da potência máxima admitida para este circuito:

$$P_{m\acute{a}x} = i_{M\acute{A}X} \cdot U_{M\acute{A}X}$$

$$P_{M\acute{A}X} = 15 \cdot 220 \text{ (W)}$$

$$P_{m\acute{a}x} = 3300W$$

Potência elétrica de todos os aparelhos já ligados:

$$P = 1420W$$

Assim:

$$P_{\text{novo ferro}} = P_{m\acute{a}x} - P$$

$$P_{\text{novo ferro}} = 3300 - 1420 \text{ (W)}$$

$$P_{\text{novo ferro}} = 1880W$$

Resposta: B

(ETEC) – Leia o artigo 7º da *Declaração Universal dos Direitos da Água* e a tabela, a seguir, que servirão para responder às questões de números 3 e 4.

3. “Art. 7º – A água não deve ser desperdiçada, nem poluída, nem envenenada. De maneira geral, sua utilização deve ser feita com consciência e discernimento para que não se chegue a uma situação de esgotamento ou de deterioração da qualidade das reservas atualmente disponíveis.”

A tabela mostra a potência elétrica (**P**), o tempo de uso diário (**t**) e a respectiva energia elétrica consumida (**E_{el}**) em uma determinada residência.

| APARELHO ELÉTRICO | POTÊNCIA (P) | TEMPO DE USO DIÁRIO (t) | ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA (uso diário) (E _{el}) |
|------------------------|--------------|-------------------------|--|
| 1 chuveiro elétrico | 6,0 kW | 10 minutos | 1,0 kWh |
| 1 TV | 250 W | 4,0 horas | 1,0 kWh |
| 1 forno de micro-ondas | 1,0 kW | 30 minutos | 0,5 kWh |
| 1 geladeira | 300W | 10 horas | 3,0 kWh |

Considerando que R\$ 0,40 é o preço de 1 kWh, o gasto mensal com todos esses aparelhos ligados é de

- a) R\$ 36,00 b) R\$ 44,00 c) R\$ 66,00
d) R\$ 84,00 e) R\$ 96,00

RESOLUÇÃO:

1) Energia elétrica consumida diariamente:

$$E_{el_{di\acute{a}ria}} = 1,0 + 1,0 + 0,5 + 3,0 = 5,5 \text{ kWh}$$

2) Energia elétrica mensal:

$$E_{el_{mensal}} = 30 E_{el_{di\acute{a}ria}} = 30 (5,5)$$

$$E_{el_{mensal}} = 165 \text{ kWh}$$

3) Custo:

$$\text{Custo} = 165 \times 0,40 \Rightarrow \text{custo} = \text{R\$ } 66,00$$

Resposta: C

4. Suponha que a energia potencial de um determinado volume de água, presente em uma usina hidroelétrica com desnível $h = 30$ m, seja transformada, exclusivamente, em energia elétrica para aquecer a água do chuveiro da residência citada anteriormente.

Para um banho de 10 minutos, o **volume** mínimo de água utilizado por essa hidroelétrica, é, em litros, de

Dados: densidade da água: $d = 1,0 \text{ kg}/\ell$
 $1,0 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ J}$
 aceleração da gravidade: $g = 10 \text{ m/s}^2$

Lembre-se da condição: $E_{\text{elétrica}} = E_{\text{potencial}} = m \cdot g \cdot h$
 m é a massa de água

- a) 12 000 b) 18 000 c) 20 000
 d) 24 000 e) 36 000

RESOLUÇÃO:

Sendo: $E_{\text{el}} = E_{\text{potencial}}$

$1,0 \text{ kWh} = mgh$

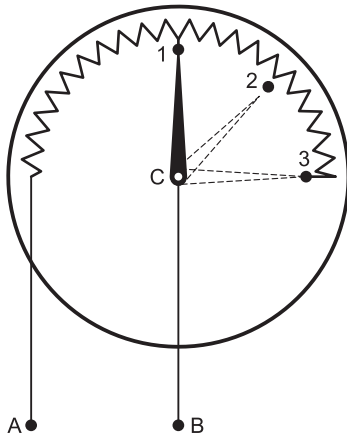
$3\,600\,000 = \mu V \cdot g \cdot h$

$3\,600\,000 = 1,0 \cdot V \cdot 10 \cdot 30$

$V = 12\,000\ell$

Resposta: A

5. (INATEL-SP) – Um tipo de chuveiro muito comum apresenta um circuito semelhante ao apresentado na figura. Existem três posições possíveis para a chave C.



Sabe-se que $U_{AB} = 110V$ e que a resistência total vale 11Ω . Temos, portanto que:

- I. Com a chave na posição 2, o chuveiro está desligado.
 II. Com a chave na posição 1, o chuveiro estará no “inverno” e a potência consumida valerá 2200W.
 III. Com a chave na posição 3, o chuveiro estará no “verão” e a potência consumida valerá 1100W.

Considerando essas afirmativas, a alternativa certa é:

- a) Só a I é correta. b) Só a II é correta.
 c) Só a III é correta. d) Todas são corretas.
 e) Todas são incorretas.

RESOLUÇÃO:

I. Afirmativa correta. Observe que, nessa posição, o ponto 2 não está conectado.

II. Afirmativa correta. Menor resistência (no caso $R = 5,5\Omega$), corresponde a uma maior potência dissipada e, portanto, o chuveiro estará esquentando mais (posição “inverno”). Efetuando os cálculos:

$$P' = \frac{U_{AB}^2}{R} \Rightarrow P' = \frac{(110)^2}{5,5} \Rightarrow P = 2200W$$

III. Afirmativa correta. Maior resistência (no caso $R_T = 11\Omega$), corresponde a menor potência dissipada e, portanto, ao chuveiro esquentando menos (posição “verão”). Efetuando os cálculos:

$$P' = \frac{U_{AB}^2}{R_T} \Rightarrow P' = \frac{(110)^2}{11} \Rightarrow P = 1100W$$

Resposta: D

MÓDULO 60

EXERCÍCIOS GERAIS DE ELETROSTÁTICA E ELETROMAGNETISMO

1. Duas partículas eletrizadas com cargas elétricas idênticas iguais a $+4e$, separadas por uma pequena distância d repelem-se com força elétrica de intensidade F . Metade das cargas elétricas da primeira é transportada para a segunda e a distância é dobrada.

Com isso a intensidade da nova força elétrica de repulsão é:

- a) $2F$ b) $F/4$ c) $\frac{3F}{4}$ d) $\frac{3F}{16}$ e) $\frac{F}{16}$

Nota: e representa o valor absoluto da carga elementar (elétron).

RESOLUÇÃO:

Inicialmente, tínhamos:



A intensidade da força elétrica se obtém pela Lei de Coulomb:

$$F = K \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2} \Rightarrow F = \frac{K \cdot (4e) \cdot (4e)}{d^2} \Rightarrow F = \frac{16Ke^2}{d^2} \quad \textcircled{1}$$

Metade da carga de uma é transferida para a outra:

$Q_1 = 2e$ $Q_2 = 6e$. A distância é dobrada: $2d$

$$F' = K \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2} = \frac{K \cdot (2e) \cdot (6e)}{(2d)^2} \Rightarrow F' = \frac{12Ke^2}{4d^2} \Rightarrow F' = \frac{3Ke^2}{d^2} \quad \textcircled{2}$$

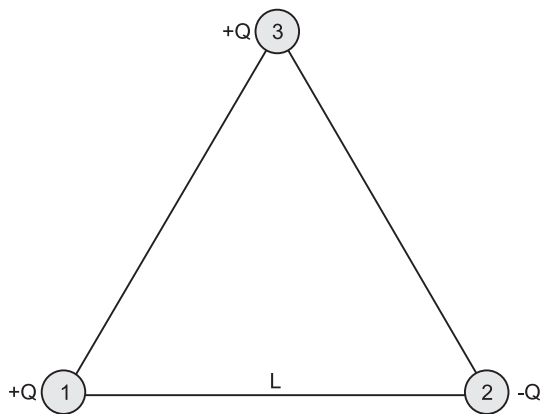
Dividindo-se membro $\textcircled{2}$ por $\textcircled{1}$:

$$\frac{F'}{F} = \frac{\frac{3Ke^2}{d^2}}{\frac{16Ke^2}{d^2}} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{3}{16} \Rightarrow F' = \frac{3F}{16}$$

Resposta: D

2. Na ilustração abaixo, temos um triângulo equilátero de lado L , em cujos vértices foram fixadas as partículas 1, 2 e 3, dotadas de cargas elétricas como se indica na própria figura. As partículas 1 e 3 interagem entre si, bem como as partículas 2 e 3, resultando na partícula 3 uma força elétrica de intensidade F .

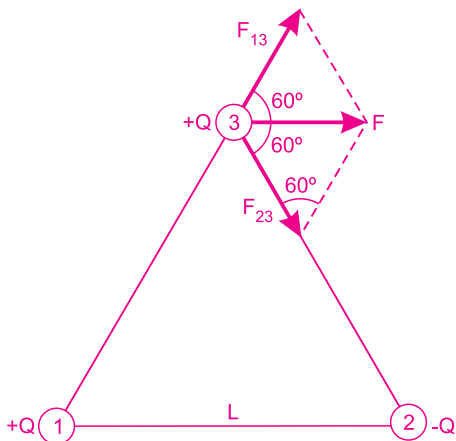
O lado do triângulo equilátero é dobrado sem que se alterem as cargas elétricas. A força resultante na partícula 3 passa a ter uma intensidade:



- a) $\frac{F}{4}$ b) $\frac{F\sqrt{2}}{2}$ c) $\frac{F\sqrt{2}}{4}$ d) $4\sqrt{2}F$ e) $\frac{F}{2}$

RESOLUÇÃO:

$$|\vec{F}_{13}| = |\vec{F}_{23}| = \frac{K \cdot Q^2}{L^2}$$



Observe que, na figura acima, na formação da força resultante, há dois triângulos equiláteros. Logo:

$$|\vec{F}_{13}| = |\vec{F}_{23}| = F$$

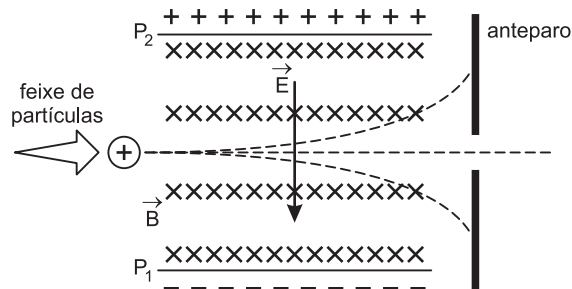
$$\text{Então: } F = \frac{K \cdot Q^2}{L^2}$$

Dobrando-se os lados do triângulo equilátero, a intensidade de F fica dividida por 4.

$$F' = \frac{F}{4}$$

Resposta: A

3. (UEL-PR-MODELO ENEM) – Vários aparelhos de uso frequente em biologia, física e medicina têm o mesmo princípio de funcionamento utilizado num tubo de raios catódicos, ainda usado na maioria dos televisores. Essencialmente, eles dependem da obtenção de feixes de partículas iônicas com velocidade precisa. Na figura a seguir está representado um dispositivo exibindo a essência desses equipamentos. Uma fonte gera íons com várias velocidades. Uma primeira abertura permite a saída de um fino feixe que penetra numa região que contém um campo elétrico \vec{E} (gerado pelas placas P_1 e P_2) e um campo magnético \vec{B} (representado por XXXXXX na figura), ambos uniformes e perpendiculares entre si.



Somente íons com a velocidade desejada de módulo v passam pela segunda abertura. Portanto, variando as intensidades E e B dos campos elétrico e magnético, respectivamente, pode-se selecionar as velocidades do feixe de íons através da segunda abertura. Se as duas aberturas encontram-se alinhadas, qual é o módulo da velocidade dos íons que passam pela segunda abertura?

- a) $v = \frac{B}{E}$ b) $v = E \cdot B$ c) $v = \frac{qE}{B}$
 d) $v = \frac{qB}{E}$ e) $v = \frac{E}{B}$

RESOLUÇÃO:

Para que o íon não sofra desvio, a força resultante sobre ele deverá ser nula:

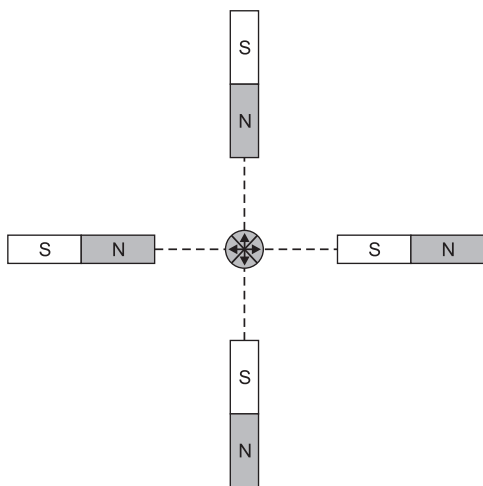
$$F_E = F_{maq}$$

$$|q|E = |q|vB$$

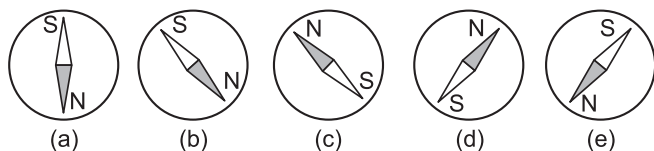
$$v = \frac{E}{B}$$

Resposta: E

4. Na figura que se segue, temos quatro ímãs dispostos em forma de cruz e, no centro G da figura, está colocada uma bússola.

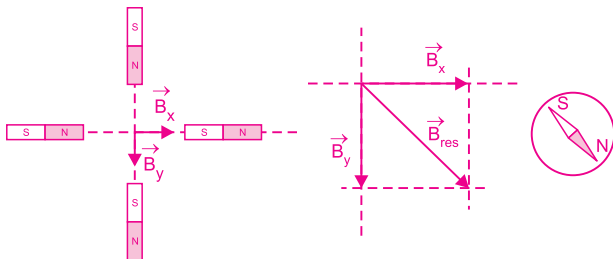


Desprezando-se a influência do campo magnético terrestre, a figura que melhor representa a posição correta da sua agulha magnética é:



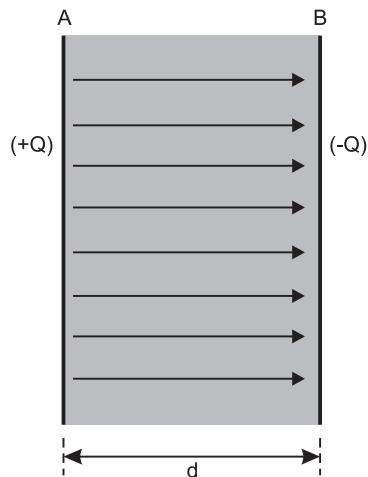
RESOLUÇÃO:

Por definição, o vetor B , num ponto do campo magnético, tem a direção e o sentido da agulha magnética colocada nesse ponto. Assim, se determinarmos o vetor B do campo magnético resultante no centro da figura, teremos a posição correta da agulha.



Resposta: B

5. Na figura, temos um capacitor plano cujas placas estão eletrizadas com cargas elétricas $(+Q)$ e $(-Q)$ e estão separadas pela distância d . No seu interior, existe um dielétrico (substância isolante) que evita o contato entre as duas placas. A capacitância do capacitor é $2,0 \text{ pF}$ e a distância entre as placas é de $4,0 \text{ mm}$. A placa A está submetida a um potencial de $+2,0 \text{ kV}$ e a placa B a um de $-2,0 \text{ kV}$.



Podemos afirmar que a carga elétrica desse capacitor e a intensidade do campo elétrico entre as duas placas valem, respectivamente:

- a) $4,0 \text{ pC}$ e $1,0 \cdot 10^6 \text{ V/m}$
- b) $4,0 \text{ nC}$ e $5,0 \cdot 10^5 \text{ V/m}$
- c) $8,0 \text{ pC}$ e $1,0 \cdot 10^3 \text{ V/m}$
- d) $8,0 \text{ nC}$ e $1,0 \cdot 10^6 \text{ V/m}$
- e) $8,0 \text{ nC}$ e $1,0 \text{ V/m}$

RESOLUÇÃO:

1. Carga do capacitor: Q

d.d.p.: $U = (+2,0 \text{ kV}) - (-2,0 \text{ kV}) = 4,0 \text{ kV} = 4,0 \cdot 10^3 \text{ V}$

Capacitância: $C = 2,0 \text{ pF} = 2,0 \cdot 10^{-12} \text{ F}$

$Q = C U$

$Q = (2,0 \cdot 10^{-12}) \cdot (4,0 \cdot 10^3) \text{ (coulomb)}$

$Q = 8,0 \cdot 10^{-9} \text{ C} \Rightarrow \boxed{Q = 8,0 \text{ nC}}$

2. Intensidade do campo elétrico: E

Distância entre as placas: $d = 4,0 \text{ mm} = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

d.d.p.: $U = 4,0 \cdot 10^3 \text{ V}$

$E \cdot d = U \Rightarrow E = \frac{U}{d}$

$E = \frac{4,0 \cdot 10^3 \text{ V}}{4,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}} \Rightarrow E = 1,0 \cdot 10^6 \text{ V/m}$

Resposta: D