

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

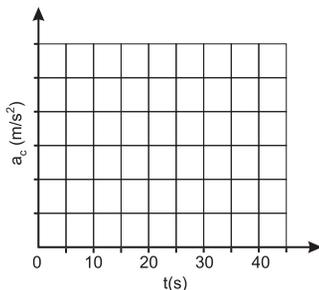
FRENTE 1 – MECÂNICA

MÓDULO 21

MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME

1. (UNICAMP-SP-2011) – Várias Leis da Física são facilmente verificadas em brinquedos encontrados em parques de diversões.

Num carrossel, uma criança se mantém a uma distância $r = 4,0\text{m}$ do centro do carrossel e gira com velocidade angular constante ω_0 . Baseado em sua experiência cotidiana, estime o valor de ω_0 para o carrossel e, a partir dele, calcule o módulo da aceleração centrípeta a_c da criança nos instantes $t = 10\text{ s}$, $t = 20\text{ s}$, $t = 30\text{ s}$ e $t = 40\text{ s}$. Em seguida, esboce o comportamento de a_c em função do tempo no gráfico abaixo, marcando claramente com um ponto os valores de a_c para cada um dos instantes acima. Considere que, para $t = 0$, o carrossel já se encontra em movimento.



RESOLUÇÃO:

1) Estimando para o período do carrossel o valor de 30s temos:

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{30} \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Para $\pi = 3$, temos

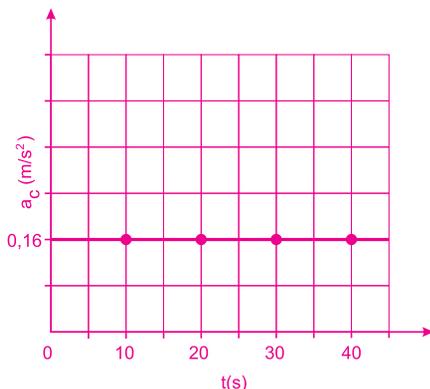
$$\omega_0 = 0,20 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

2) A aceleração centrípeta terá módulo constante dado por:

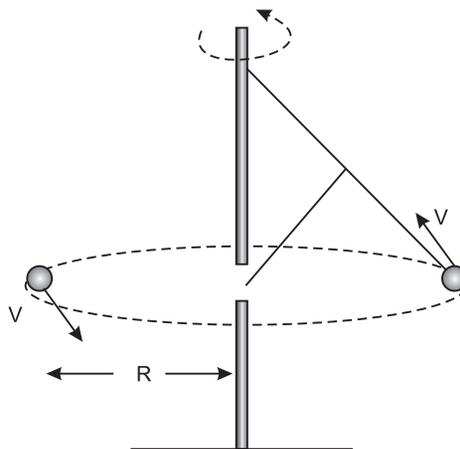
$$a_c = \omega_0^2 r = 4,0 \cdot 10^{-2} \cdot 4,0 (\text{m/s}^2)$$

$$a_c = 0,16 \text{m/s}^2$$

3) O gráfico $a_c = f(t)$ será dado por:



2. (UEPA-2011-MODELO ENEM) – O nascimento da automação industrial se deu em 1788 com o dispositivo mostrado na figura abaixo, conhecido como regulador de Watt, em homenagem ao seu inventor. Esse dispositivo era usado nas máquinas a vapor, para regular automaticamente a abertura de válvulas e assim controlar o fluxo de vapor em função da velocidade de rotação da máquina.



Se, na situação mostrada, as massas se movem em um plano horizontal, com velocidade linear constante em módulo, executando 120 rpm, então

- ambas têm a mesma frequência de 0,5 Hz.
- ambas possuem velocidades angulares diferentes.
- o módulo da velocidade linear v não depende do raio da trajetória R .
- suas acelerações não são nulas.
- executam uma volta completa em 2,0s.

RESOLUÇÃO:

a) (F) $f = 120\text{rpm} = \frac{120}{60} \text{Hz} = 2,0\text{Hz}$

b) (F) $\omega = 2\pi f$ para os dois corpos

c) (F) $V = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi f R$

d) (V) As acelerações serão centrípetas:

$$a_{cp} = \frac{V^2}{R} = \omega^2 R$$

e) (F) $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{2,0} \text{s} = 0,5\text{s}$

Resposta: D

3. A órbita da Terra em torno do Sol, em razão de sua baixa excentricidade, é aproximadamente uma circunferência. Sabendo-se que a Terra leva um ano para realizar uma volta completa em torno do Sol e que a distância média da Terra ao Sol é $1,5 \times 10^{11} \text{m}$, pede-se calcular o módulo dos vetores:

- a) velocidade;
b) aceleração.

Considere $\pi \approx 3,1$ e $1 \text{ ano} \approx 3,1 \cdot 10^7 \text{s}$

RESOLUÇÃO:

$$a) \quad V = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2 \cdot 3,1 \cdot 1,5 \cdot 10^{11}}{3,1 \cdot 10^7} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V = 3,0 \cdot 10^4 \text{m/s} = 30 \text{km/s}$$

$$b) \quad a = \frac{V^2}{R} = \frac{9,0 \cdot 10^8}{1,5 \cdot 10^{11}} \text{m/s}^2$$

$$a = 6,0 \cdot 10^{-3} \text{m/s}^2$$

Respostas: a) 30km/s
b) $6,0 \cdot 10^{-3} \text{m/s}^2$

4. (MODELO ENEM) – O velocímetro do carro, embora esteja calibrado em km/h, na realidade, mede a velocidade angular ω da roda, e o hodômetro, embora calibrado em km, mede o número de voltas efetuadas pelo pneu. A velocidade do carro tem módulo v , dado por $v = \omega R$, em que R é o raio da roda. Quando os pneus originais de raio R são trocados por outros de raio $R' > R$, para uma dada velocidade angular da roda, o velocímetro vai indicar um valor menor do que a velocidade real do carro, e o hodômetro, uma quilometragem menor do que a distância percorrida pelo carro.

Considere que $R' = 1,05R$ (5% maior).

Se o velocímetro do carro estiver indicando 80km/h em uma região onde a velocidade máxima permitida é exatamente de 80km/h, então

- a) o carro não está com excesso de velocidade, pois sua velocidade real é inferior a 80km/h.
b) o carro está com excesso de velocidade, pois sua velocidade real é de 82km/h.
c) o carro está com excesso de velocidade, pois sua velocidade real é de 84km/h.
d) o carro está com excesso de velocidade, pois sua velocidade real é mais que 5% maior que a indicada no velocímetro.
e) o carro está com excesso de velocidade, porém sua velocidade real está indeterminada.

RESOLUÇÃO:

$$\frac{V'}{V} = \frac{\omega R'}{\omega R} = \frac{R'}{R} = 1,05$$

$$V' = 1,05V = 1,05 \cdot 80 \text{km/h} = 84 \text{km/h} \text{ (5\% maior)}$$

Resposta: C

5. (UFTM-MG-2011) – Em uma aula de geografia um estudante brinca com um globo terrestre escolar, fazendo-o girar com as mãos, em torno de seu eixo de rotação. Aplicando impulsos sucessivos ao globo, o garoto faz com que ele dê 8,0 voltas em 9,6 segundos, com velocidade angular de rotação constante.



Considere $\pi \approx 3$ e que o globo terrestre escolar tem 20cm de raio. Calcule:

- a) A razão $R = T_T / T_G$ entre o período de rotação do planeta Terra (T_T) ao redor de seu eixo de rotação imaginário, e o período de rotação do globo terrestre escolar (T_G), nas condições descritas.
b) A velocidade escalar de um ponto da superfície do globo terrestre escolar, sobre a linha do Equador, em relação ao seu eixo de rotação.

RESOLUÇÃO:

$$a) \quad 1) \quad f_G = \frac{n}{\Delta t} = \frac{8,0}{9,6} \text{ Hz}$$

$$2) \quad T_G = \frac{1}{f_G} = \frac{9,6}{8,0} \text{ s} = 1,2 \text{ s}$$

$$3) \quad R = \frac{T_T}{T_G} = \frac{86400}{1,2}$$

$$R = 72000$$

$$b) \quad V_G = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi R_G}{T_G} = 2\pi f_G R_G$$

$$V_G = 6 \cdot \frac{8,0}{9,6} \cdot 0,20 \text{ (m/s)}$$

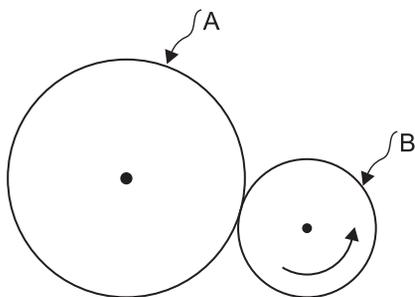
$$V_G = 1,0 \text{m/s}$$

Respostas: a) 72000
b) 1,0m/s

MÓDULO 22

MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME

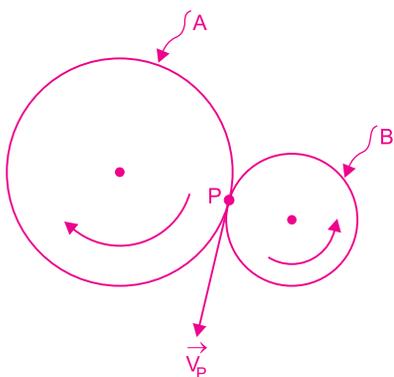
1. Na figura, temos duas polias, A e B, em contato, que giram sem que haja escorregamento entre elas. O raio da polia A é igual ao dobro do raio da polia B.



A polia B gira no sentido anti-horário com frequência de 8,0Hz. Determine, justificando:

- o sentido de rotação da polia A;
- a frequência de rotação da polia A.

RESOLUÇÃO:



a) Polias em contato direto giram em sentidos opostos e, portanto, a polia A gira no sentido horário.

b) $V_P = 2\pi f_B R_B = 2\pi f_A R_A$

$$\frac{f_A}{f_B} = \frac{R_B}{R_A}$$

Como $R_A = 2R_B \Rightarrow f_A = \frac{f_B}{2} = 4,0\text{Hz}$.

2. (FUVEST-TRANSFERÊNCIA-2011) – Uma criança anda num triciclo em que as duas rodas traseiras têm 20 cm de diâmetro (10 cm de raio) e a da frente, que dá uma volta completa em 1,0 s, tem 50 cm de diâmetro (25 cm de raio). O movimento é retilíneo e uniforme e as rodas não escorregam. Nessas condições, a velocidade linear do triciclo e o tempo para uma das rodas traseiras dar uma volta completa são mais bem aproximados, respectivamente, por

- 0,5 m/s e 0,4 s.
- 0,5 m/s e 1,0 s.
- 1,6 m/s e 0,4 s.
- 1,6 m/s e 1,0 s.
- 1,6 m/s e 2,5 s.

RESOLUÇÃO:

1) Para a roda dianteira ($R_D = 25\text{cm}$), temos:

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi R_D}{T_D} = \frac{2\pi(0,25)}{1,0} \text{ (m/s)}$$

$$V = 0,50\pi \text{ m/s} \approx 0,50 \cdot 3,14 \text{ (m/s)}$$

$$V = 1,57 \text{ m/s} \Rightarrow V \approx 1,6 \text{ m/s}$$

2) Para a roda traseira:

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi R_T}{T_T}$$

$$\frac{2\pi R_D}{T_D} = \frac{2\pi R_T}{T_T}$$

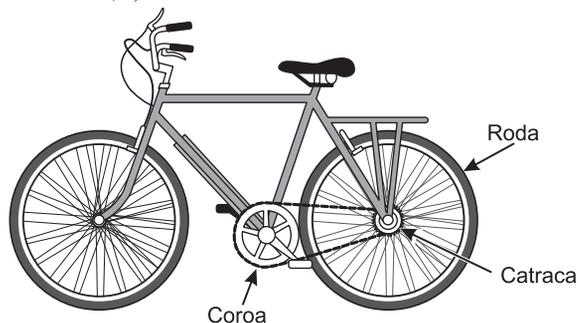
$$\frac{R_D}{T_D} = \frac{R_T}{T_T}$$

$$\frac{25}{1,0} = \frac{10}{T_T} \Rightarrow T_T = 0,4\text{s}$$

Resposta: C

3. (FUND. CARLOS CHAGAS – MODELO ENEM) – Em uma bicicleta, o ciclista pedala na coroa e o movimento é transmitido à catraca pela corrente. A frequência de giro da catraca é igual à da roda. Supondo-se os diâmetros da coroa, catraca e roda iguais, respectivamente, a 15,0cm, 5,0cm e 60,0cm, o módulo da velocidade dessa bicicleta, em m/s, quando o ciclista gira a coroa a 80rpm, tem valor mais próximo de:

- 5,0
 - 7,2
 - 9,0
 - 11,0
 - 15,0
- (Adote $\pi = 3,0$.)



RESOLUÇÃO:

1) $\frac{f_{CA}}{f_{CO}} = \frac{R_{CO}}{R_{CA}}$

$$\frac{f_{CA}}{80} = \frac{15,0}{5,0} \Rightarrow f_{CA} = 240\text{rpm}$$

2) $f_{roda} = f_{CA} = 240\text{rpm} = \frac{240}{60} \text{ rps} = 4,0\text{rps}$

3) $V = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi R}{T_R} = 2\pi f_R R$

$$V = 2 \cdot 3,0 \cdot 4,0 \cdot 0,30 \text{ (m/s)}$$

$$V \approx 7,2 \text{ m/s}$$

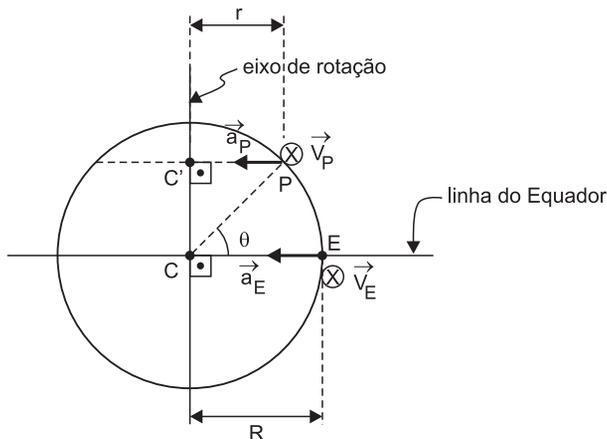
Resposta: B

4. Considere um ponto E pertencente à linha do Equador e fixo na superfície terrestre.

Acompanhando a rotação da Terra, esse ponto E terá movimento circular e uniforme em torno do centro C da Terra com velocidade de módulo V_E e aceleração centrípeta de módulo a_E .

Um ponto P, fixo na superfície terrestre em uma latitude $\theta = 60^\circ$, terá um movimento circular e uniforme, decorrente da rotação da Terra, com centro C' e raio r e com velocidade de módulo V_P e aceleração centrípeta de módulo a_P dadas por:

- a) $V_P = V_E$ e $a_P = a_E$
- b) $V_P = V_E$ e $a_P = \frac{1}{2} a_E$
- c) $V_P = \frac{1}{2} V_E$ e $a_P = a_E$
- d) $V_P = \frac{1}{2} V_E$ e $a_P = \frac{1}{2} a_E$
- e) $V_P = \frac{1}{4} V_E$ e $a_P = \frac{1}{4} a_E$

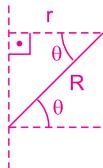


RESOLUÇÃO:

1) Em qualquer latitude, a velocidade angular ω é a mesma:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{24} \frac{\text{rad}}{\text{h}} = \frac{\pi}{12} \text{ rad/h}$$

2)



Da figura: $r = R \cos \theta$

$$\theta = 60^\circ \Rightarrow \cos \theta = \frac{1}{2} \Rightarrow r = \frac{R}{2}$$

$$3) V = \omega R \Rightarrow V_P = \frac{V_E}{2}$$

$$a = \omega^2 R \Rightarrow a_P = \frac{a_E}{2}$$

Resposta: D

5. Duas partículas, A e B, percorrem uma mesma circunferência com movimentos uniformes e períodos respectivamente iguais a T e nT, sendo n um número inteiro e positivo.

No instante $t = 0$, as partículas ocupam uma mesma posição P_0 .

Sabendo-se que as partículas caminham no mesmo sentido, o valor de n para que as partículas só se encontrem na posição P_0

- a) está indeterminado.
- b) é 2.
- c) é 3.
- d) é 4.
- e) é 5.

RESOLUÇÃO:

1) O período de encontro na posição P_0 é o mínimo múltiplo comum entre T e nT porque as duas partículas deverão dar um número completo de voltas, isto é:

$$T_E = nT$$

2) Para encontros em uma posição qualquer, o período de encontros é dado pelo movimento relativo:

$$V_{\text{rel}} = \frac{\Delta s_{\text{rel}}}{\Delta t}$$

$$\frac{2\pi R}{T} - \frac{2\pi R}{nT} = \frac{2\pi R}{T'_E}$$

$$\frac{1}{T} - \frac{1}{nT} = \frac{1}{T'_E}$$

$$\frac{n-1}{nT} = \frac{1}{T'_E}$$

$$T'_E = \frac{nT}{n-1}$$

3) Para que os encontros só ocorram na posição P_0 , as duas soluções devem coincidir:

$$T'_E = T_E$$

$$\frac{nT}{n-1} = nT \Rightarrow n-1 = 1 \Rightarrow n = 2$$

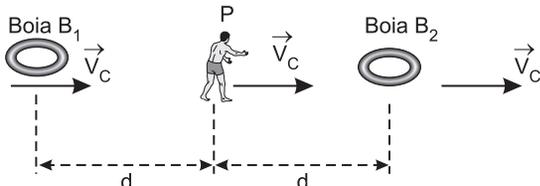
Resposta: B

MÓDULO 23

COMPOSIÇÃO DE MOVIMENTOS

1. Considere um rio cuja correnteza é bem forte e tem velocidade constante de módulo V_C .

Arrastadas pela correnteza, temos duas boias, B_1 e B_2 , e uma pessoa P (sem nadar). A distância entre as boias vale $2d$ e a pessoa P está exatamente no ponto médio entre as boias.



Num dado instante, a pessoa começa a se afogar e precisa nadar para chegar a uma das boias e se salvar.

A pessoa pode nadar, em relação às águas, com velocidade de módulo $V_P > V_C$ tanto a favor como contra a correnteza. Seja T_1 o tempo gasto pela pessoa para chegar à boia B_1 e T_2 o tempo gasto pela pessoa para chegar à boia B_2 .

Assinale a opção correta:

a) $T_1 = \frac{d}{V_P - V_C}$ e $T_2 = \frac{d}{V_P + V_C}$ e $T_2 < T_1$

b) $T_1 = \frac{d}{V_P + V_C}$ e $T_2 = \frac{d}{V_P - V_C}$ e $T_2 > T_1$

c) $T_1 = T_2 = \frac{d}{V_C}$

d) $T_1 = T_2 = \frac{d}{V_P}$

e) $T_1 = \frac{2d}{V_P - V_C}$ e $T_2 = \frac{2d}{V_P + V_C}$ e $T_2 < T_1$

RESOLUÇÃO:

Consideremos a água como referencial. Neste caso, B_1 , B_2 e P estão parados e, para chegar a B_1 ou a B_2 com velocidade de módulo V_P , o tempo gasto será o mesmo, sendo dado por:

$$V_P = \frac{d}{T} \Rightarrow T = \frac{d}{V_P}$$

Resposta: D

2. (UEPA-MODELO ENEM) – Nas proximidades da belíssima cidade de Santarém, no oeste do Pará, um barco se movimenta nas águas do Rio Tapajós. Para percorrer uma distância de 20km rio acima, em sentido contrário ao da correnteza, o barco leva 2,0h. A velocidade do barco em relação à água é constante e tem módulo igual a 20km/h. Quando ele faz o percurso inverso, a favor da correnteza, o tempo que ele leva para percorrer os 20km será de:

- a) 10min b) 20min c) 30min
d) 40min e) 50min

RESOLUÇÃO:

$$\Delta s = V_R \Delta t$$

1) **Contra a correnteza:** $20 = (V_b - V_c) 2,0$

$$V_b - V_c = 10 \Rightarrow 20 - V_c = 10 \Rightarrow V_c = 10\text{km/h}$$

2) **A favor da correnteza:** $20 = (V_b + V_c) T$

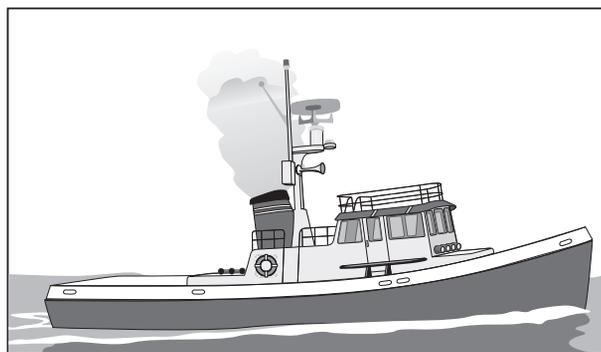
$$20 = (20 + 10) T \Rightarrow T = \frac{20}{30} \text{ h} = \frac{2}{3} \text{ h}$$

$$T = \frac{2}{3} \cdot 60\text{min} \Rightarrow T = 40\text{min}$$

Resposta: D

3. (UNAMA-MODELO ENEM) – Um barco motorizado faz viagens entre duas cidades localizadas às margens de um rio.

Viajando com velocidade constante, em relação às águas, na ida e na volta, ele gasta 50 minutos descendo o rio e 1 hora e 40 minutos subindo o rio.



Com base nas informações acima, pode-se deduzir que, quaisquer que sejam os valores das velocidades da correnteza e do barco relativa às águas,

- a) o módulo da velocidade do barco é o dobro do módulo da velocidade da correnteza.
b) o módulo da velocidade do barco é igual ao módulo da velocidade da correnteza.
c) o módulo da velocidade do barco é menor que o módulo da velocidade da correnteza.
d) na viagem rio abaixo, com motores desligados, o barco gastaria 3 horas e 20 minutos.
e) na viagem rio abaixo, com motores desligados, o barco gastaria 3 horas e 10 minutos.

RESOLUÇÃO:

$$\Delta s = Vt \text{ (MU)}$$

$$d = (V_b + V_c) 50 \quad (1)$$

$$d = (V_b - V_c) 100 \quad (2)$$

$$d = V_c T \quad (3)$$

$$(1) = (2): (V_b + V_c) 50 = (V_b - V_c) 100$$

$$V_b + V_c = 2V_b - 2V_c$$

$$V_b = 3V_c$$

$$(1) = (3):$$

$$(V_b + V_c) 50 = V_c T$$

$$4V_c 50 = V_c T$$

$$T = 200 \text{ min} = 3h + 20\text{min}$$

Resposta: D

4. Uma bola chutada por um jogador move-se em um plano vertical e suas coordenadas cartesianas variam com o tempo segundo as relações:

$$x = 5,0t \text{ (SIU)} \text{ e } y = 20,0t - 5,0t^2 \text{ (SIU)}$$

Pedem-se:

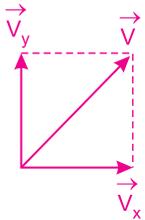
- a) o módulo da velocidade da bola no instante $t = 1,5s$;
- b) a equação e a forma da trajetória.

RESOLUÇÃO:

$$a) \quad V_x = \frac{dx}{dt} = 5,0\text{m/s}$$

$$V_y = \frac{dy}{dt} = 20,0 - 10,0t \text{ (SI)}$$

$$t = 1,5s \quad \begin{cases} V_x = 5,0\text{m/s} \\ V_y = 5,0\text{m/s} \end{cases}$$



$$V^2 = V_x^2 + V_y^2$$

$$V = 5,0\sqrt{2} \text{ m/s}$$

$$b) \quad x = 5,0t \Rightarrow t = \frac{x}{5,0}$$

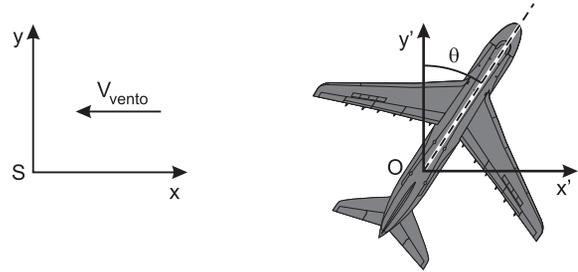
$$y = 20,0t - 5,0t^2$$

$$y = 20,0 \cdot \frac{x}{5,0} - 5,0 \cdot \frac{x^2}{25,0}$$

$$y = 4,0x - 0,2x^2 \text{ (SI)}$$

A trajetória é parabólica.

5. (FUVEST-TRANSFERÊNCIA-2011) – Os aviões, para pousar com vento lateral, devem, enquanto ainda estão no ar, compensar o deslocamento provocado pelo vento, orientando corretamente seu movimento em relação ao ar. Considere um sistema xSy ortogonal, fixo ao solo, em que o eixo Sy está na direção da pista de pouso e que, nesse referencial, o vento sopra com velocidade de módulo $V_{ar \text{ (solo)}} = V_{vento}$ na direção do eixo Sx , mas em sentido oposto. O sistema de referência $x'Oy'$ fixo no ar (ou seja, em que o ar está parado) tem eixos paralelos ao sistema fixo no solo e, nesse referencial, o avião desloca-se com velocidade de módulo $V_{avião(ar)} = V_{avião}$.



Para que o avião se mova na direção do eixo Sy , em relação ao solo, ele deve voar numa direção que forma um ângulo θ , em relação ao eixo Oy' , no sistema fixo no ar. Esse ângulo θ é tal que

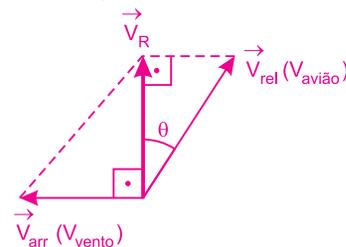
$$a) \quad \text{tg}(\theta) = \frac{V_{avião}}{V_{vento}}$$

$$b) \quad \text{tg}(\theta) = \frac{V_{vento}}{V_{avião}}$$

$$c) \quad \text{cos}(\theta) = \frac{V_{avião}}{V_{vento}}$$

$$d) \quad \text{sen}(\theta) = \frac{V_{avião}}{V_{vento}}$$

$$e) \quad \text{sen}(\theta) = \frac{V_{vento}}{V_{avião}}$$

RESOLUÇÃO:

Da figura:

$$\text{sen} \theta = \frac{|\vec{V}_{arr}|}{|\vec{V}_{rel}|} = \frac{V_{vento}}{V_{avião}}$$

Resposta: E

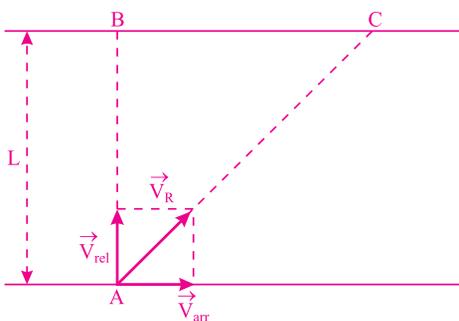
MÓDULO 24

COMPOSIÇÃO DE MOVIMENTOS

1. Um rio tem um leito retilíneo, margens paralelas, largura de 5,0km e correnteza com velocidade constante de módulo igual a 3,0km/h. Um barco motorizado desenvolve, em relação às águas do rio, uma velocidade de módulo constante e igual a 5,0km/h. Em uma 1.^a viagem, o barco atravessa o rio nas condições em que o tempo de travessia é mínimo e o tempo gasto é T_1 . Em uma 2.^a viagem, o barco atravessa o rio de modo que atinge um ponto da outra margem diretamente oposto ao ponto de partida, isto é, nas condições em que a distância percorrida, em relação às margens, é mínima. Nesse caso, o tempo gasto na travessia é T_2 . Determine a razão T_2/T_1 .

RESOLUÇÃO:

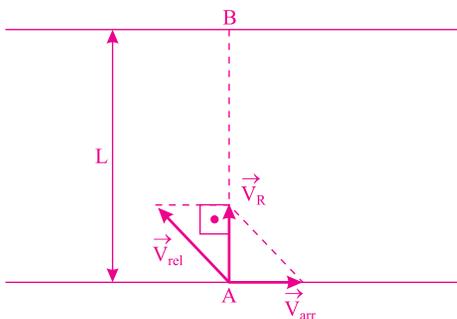
1) Na condição de tempo mínimo, a velocidade relativa é perpendicular às margens (dirigida de A para B).



O tempo de travessia T_1 é calculado com base no movimento relativo (de A para B):

$$V_{rel} = \frac{L}{T_1} \Rightarrow 5,0 = \frac{5,0}{T_1} \Rightarrow T_1 = 1,0h$$

2) Na condição de caminho mínimo, a velocidade resultante é perpendicular às margens (dirigida de A para B).



No triângulo retângulo da figura, temos:

$$V_{rel}^2 = V_R^2 + V_{arr}^2$$

$$(5,0)^2 = V_R^2 + (3,0)^2 \Rightarrow V_R = 4,0km/h$$

O tempo de travessia T_2 é calculado com base no movimento resultante (de A para B):

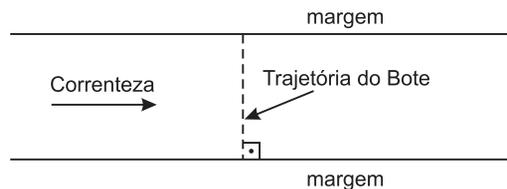
$$V_R = \frac{L}{T_2} \Rightarrow 4,0 = \frac{5,0}{T_2} \Rightarrow T_2 = 1,25h$$

Portanto, a razão $\frac{T_2}{T_1}$ é dada por:

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{1,25}{1,0}$$

Resposta: $\frac{T_2}{T_1} = 1,25$

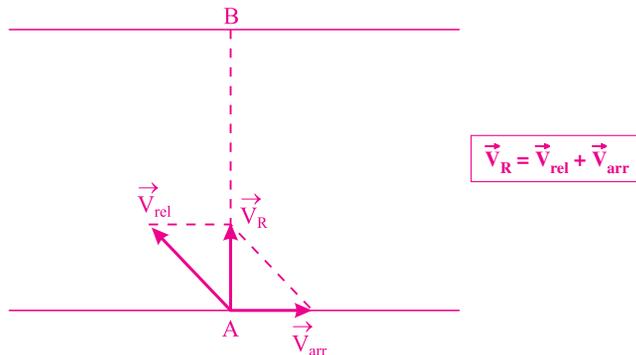
2. (AMAN-2011) – Um bote de assalto deve atravessar um rio de largura igual a 800m, numa trajetória perpendicular à sua margem, num intervalo de tempo de 1 minuto e 40 segundos, com velocidade constante.



Considerando-se o bote como uma partícula, desprezando-se a resistência do ar e sendo constante e com módulo igual a 6,0m/s a velocidade da correnteza do rio em relação à sua margem, o módulo da velocidade do bote em relação à água do rio deverá ser de:

- a) 4,0m/s b) 6,0m/s c) 8,0m/s d) 10,0m/s e) 14,0m/s

RESOLUÇÃO:



1) $V_R = \frac{L}{\Delta t} = \frac{800m}{100s} = 8,0m/s$

2) $V_{rel}^2 = V_R^2 + V_{ARR}^2$
 $V_{rel}^2 = (8,0)^2 + (6,0)^2$

$$V_{rel} = 10,0m/s$$

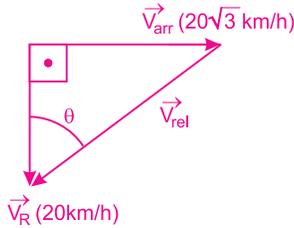
Resposta: D

3. Considere uma chuva caindo verticalmente com velocidade constante de módulo 20km/h, em relação ao solo terrestre. Um carro está movendo-se em um plano horizontal com velocidade constante de módulo $20\sqrt{3}$ km/h, em relação ao solo terrestre.

Para o motorista do carro, as gotas de chuva caem em uma direção, que forma com a direção vertical um ângulo θ dado por:

- a) $\theta = 0^\circ$ b) $\theta = 30^\circ$ c) $\theta = 45^\circ$
 d) $\theta = 60^\circ$ e) $\theta = 90^\circ$

RESOLUÇÃO:



$$\operatorname{tg}\theta = \frac{V_{\text{arr}}}{V_R} = \frac{20\sqrt{3}}{20} = \sqrt{3}$$

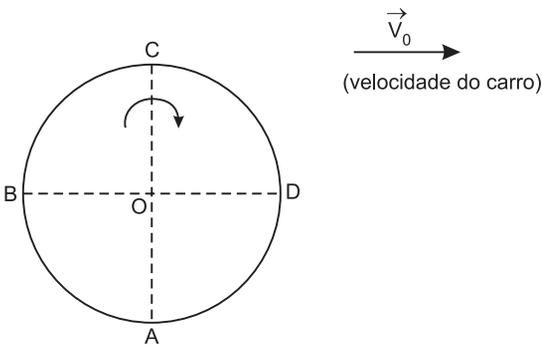
$\theta = 60^\circ$

Resposta: D

4. Uma pedra fica incrustada no pneu de um carro que descreve uma trajetória retilínea, com velocidade constante de módulo V_0 , sem que os pneus derrapem.

Pretende-se estudar o movimento da pedra, em relação ao solo terrestre, denominado **movimento resultante da pedra**.

Considere a pedra passando pelas quatro posições, A, B, C e D, indicadas na figura.



a) Complete as lacunas a seguir:

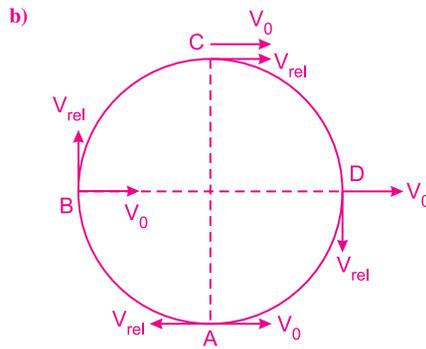
- 1) Movimento relativo: é o movimento da pedra em relação; é do tipo
- 2) Movimento de arrastamento: é o movimento do carro em relação; é do tipo
- 3) Movimento resultante: é o movimento da pedra em relação
- 4) De acordo com o Teorema de Roberval, a velocidade resultante \vec{V}_R é a soma vetorial da velocidade com a velocidade de

$$\vec{V}_R = \vec{V}_{\text{rel}} + \vec{V}_{\text{arr}}$$

- b) Desenhe, na figura, as velocidades relativa e de arrastamento nas quatro posições, A, B, C e D.
- c) Complete as lacunas:
 Para que o pneu não derrape, os pontos de contato entre os pneus e o chão devem ter velocidade resultante e, para tanto, as velocidades e de devem ter módulos iguais.
- d) Calcule em função de V_0 os módulos da velocidade resultante da pedra nas posições A, B, C e D.
- e) Para $V_0 = 100$ km/h, qual o intervalo de variação do módulo da velocidade resultante da pedra?
- f) Desenhe a trajetória descrita pela pedra em relação ao solo e dê o seu nome.

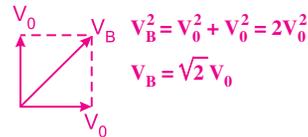
RESOLUÇÃO:

- a) 1) ao carro; circular; uniforme
 2) ao solo; retilíneo; uniforme
 3) ao solo
 4) relativa; arrastamento



c) nula; relativa; arrastamento

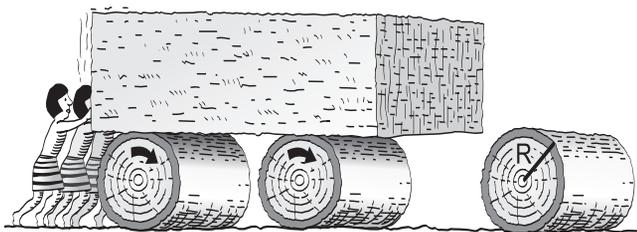
d) $V_A = 0$; $V_C = 2V_0$
 $V_B = V_D = \sqrt{2}V_0$



e) $0 \leq V_R \leq 200$ km/h



5. (ENEM-2010) – A ideia de usar rolos circulares para deslocar objetos pesados provavelmente surgiu com os antigos egípcios ao construírem as pirâmides.

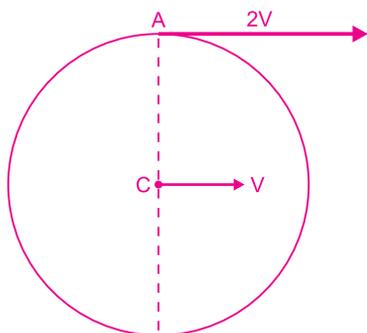


BOLT, Brian. **Atividades matemáticas**. Ed. Gradiva.

Representando por R o raio da base dos rolos cilíndricos, a expressão do deslocamento horizontal x do bloco de pedra em função de R, após o rolo ter dado uma volta completa sem deslizar, é

- a) $x = R$. b) $x = 2R$. c) $x = \pi R$.
 d) $x = 2\pi R$. e) $x = 4\pi R$.

RESOLUÇÃO:



O ponto A, mais alto do rolo cilíndrico, tem velocidade igual ao dobro da velocidade do centro C do rolo cilíndrico. Quando o tambor dá uma volta completa, o seu centro C se desloca $2\pi R$ e o objeto que está em contato com o ponto A vai deslocar-se o dobro, isto é, $4\pi R$.

Resposta: E

MÓDULO 25

BALÍSTICA

1. (UFSE) – Uma esfera de aço é atirada com velocidade de módulo 40m/s, formando ângulo de 37° com a horizontal. Despreze a resistência do ar sobre a esfera.

Adote $g = 10\text{m/s}^2$, $\text{sen } 37^\circ = 0,60$ e $\text{cos } 37^\circ = 0,80$.

Analise as afirmações:

- I. O intervalo de tempo gasto pela esfera até chegar à sua máxima altura é de 4,0s.
 II. No ponto de altura máxima, o módulo da velocidade da esfera é de 32m/s.
 III. A altura máxima atingida é de 24m.
 IV. O alcance horizontal da esfera é de 76m.
 V. No instante em que a esfera toca o solo, sua velocidade tem módulo 40m/s.

RESOLUÇÃO:

I. (F) $V_{0y} = V_0 \text{sen } \theta = 40 \cdot 0,60(\text{m/s}) = 24\text{m/s}$

$$V_y = V_{0y} + \gamma_y t$$

$$0 = 24 - 10 t_s \Rightarrow t_s = 2,4\text{s}$$

II. (V) No ponto mais alto:

$$V_x = V_{0x} = V_0 \text{cos } \theta = 40 \cdot 0,80(\text{m/s}) = 32\text{m/s}$$

III. (F) $V_y^2 = V_{0y}^2 + 2 \gamma_y \Delta s_y$

$$0 = (24)^2 + 2(-10) H$$

$$H = 28,8\text{m}$$

IV. (F) $\Delta s_x = V_x t$

$$D = 32 \cdot 4,8(\text{m}) = 153,6\text{m}$$

V. (V) $V_x = 32\text{m/s}$

$$V_y = -24\text{m/s}$$

$$V^2 = V_x^2 + V_y^2$$

$$|V| = 40\text{m/s}$$

2. (FUVEST-2011) – Uma menina, segurando uma bola de tênis, corre com velocidade constante, de módulo igual a 10,8 km/h, em trajetória retilínea, numa quadra plana e horizontal. Num certo instante, a menina, com o braço esticado horizontalmente ao lado do corpo, sem alterar o seu estado de movimento, solta a bola, que leva 0,5 s para atingir o solo. As distâncias s_m e s_b percorridas, respectivamente, pela menina e pela bola, na direção horizontal, entre o instante em que a menina soltou a bola ($t = 0$ s) e o instante $t = 0,5$ s, valem:

- a) $s_m = 1,25$ m e $s_b = 0$ m.
 b) $s_m = 1,25$ m e $s_b = 1,50$ m.
 c) $s_m = 1,50$ m e $s_b = 0$ m.
 d) $s_m = 1,50$ m e $s_b = 1,25$ m.
 e) $s_m = 1,50$ m e $s_b = 1,50$ m.

NOTE E ADOTE

Desconsiderar efeitos dissipativos.

RESOLUÇÃO:

Na direção horizontal, os movimentos são uniformes:

$$\Delta s_x = v_x t \text{ (MU)}$$

$$s_m = s_b = \frac{10,8}{3,6} \cdot 0,5 \text{ (m)}$$

$$s_m = s_b = 1,50\text{m}$$

Resposta: E

(UERJ-2011) – Utilize as informações a seguir para responder às questões de números 3 e 4.

Um trem em alta velocidade desloca-se ao longo de um trecho retilíneo e horizontal com uma velocidade constante de módulo 108 km/h. Um passageiro em repouso arremessa horizontalmente ao piso do vagão, de uma altura de 1,0m, na mesma direção e sentido do deslocamento do trem, uma bola de borracha que atinge esse piso a uma distância horizontal de 5,0m do ponto de arremesso. Despreze o efeito do ar e adote $g = 10,0\text{m/s}^2$.

3. O intervalo de tempo, em segundos, que a bola leva para atingir o piso é cerca de:
 a) 0,05 b) 0,20 c) 0,45 d) 1,00

RESOLUÇÃO:

Analisando-se o movimento vertical da bola:

$$\Delta s_y = V_{0y} t + \frac{V_y}{2} t^2$$

$$1,0 = 0 + \frac{10,0}{2} T^2 \Rightarrow T^2 = 0,20 \Rightarrow T = \sqrt{0,20} \text{ s} \approx 0,45\text{s}$$

Resposta: C

4. Se a bola fosse arremessada na mesma direção, mas em sentido oposto ao do deslocamento do trem, com velocidade de mesmo módulo em relação ao lançamento anterior, a distância horizontal, em metros, entre o ponto em que a bola atinge o piso e o ponto de arremesso seria igual a que valor?

- a) 0 b) 5,0 c) 10,0 d) 15,0

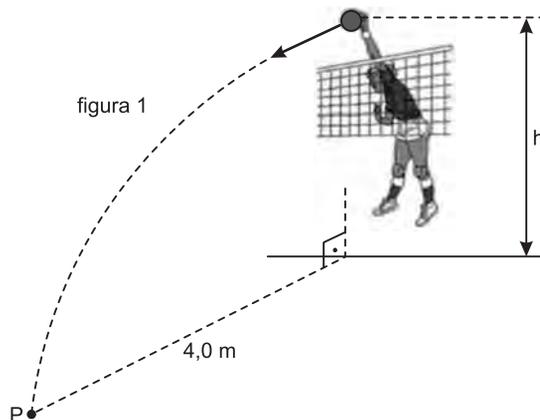
RESOLUÇÃO:

Para uma referencial fixo no trem, a velocidade horizontal da bola é a mesma e como o tempo de queda também é o mesmo, o alcance horizontal será o mesmo:

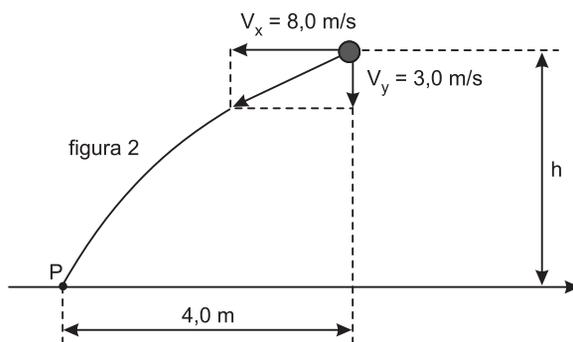
$$D = V_{0x} T = 5,0\text{m}$$

Resposta: B

5. (UFTM-MG-2011-MODELO ENEM) – Num jogo de vôlei, uma atacante acerta uma cortada na bola no instante em que a bola está parada numa altura h acima do solo. Devido à ação da atacante, a bola parte com velocidade inicial \vec{V}_0 , com componentes horizontal e vertical, respectivamente em módulo, $V_x = 8,0\text{m/s}$ e $V_y = 3,0\text{m/s}$, como mostram as figuras 1 e 2.



Após a cortada, a bola percorre uma distância horizontal de 4,0m, tocando o chão no ponto P.



Considerando-se que durante seu movimento a bola ficou sujeita apenas à força gravitacional e adotando-se $g = 10,0\text{m/s}^2$, a altura h , em m, onde ela foi atingida é

- a) 2,25 b) 2,50 c) 2,75 d) 3,00 e) 3,25

RESOLUÇÃO:

1) Analisando-se o movimento horizontal (MU), temos:

$$\Delta s_x = V_x t$$

$$4,0 = 8,0T \Rightarrow T = 0,5\text{s}$$

2) Analisando-se o movimento vertical (MUV), temos:

$$\Delta s_y = V_{0y} t + \frac{V_y}{2} t^2 \downarrow \oplus$$

$$h = 3,0 \cdot 0,5 + \frac{10,0}{2} \cdot (0,5)^2 \text{ (m)}$$

$$h = 1,5 + 1,25 \text{ (m)}$$

$$h = 2,75\text{m}$$

Resposta: C

MÓDULO 26

BALÍSTICA

1. (UFRN-MODELO ENEM) – A experiência ilustrada na figura a seguir é realizada na superfície da Terra. Nessa experiência, uma pessoa lança uma pequena esfera no mesmo instante em que um objeto que estava preso no teto é liberado e cai livremente. A esfera, lançada com velocidade de módulo V_0 , atinge o objeto após um tempo t_g . Se repetirmos, agora, essa mesma experiência num ambiente hipotético, onde a aceleração local da gravidade é nula, o tempo de colisão entre a esfera e o objeto será t_0 .

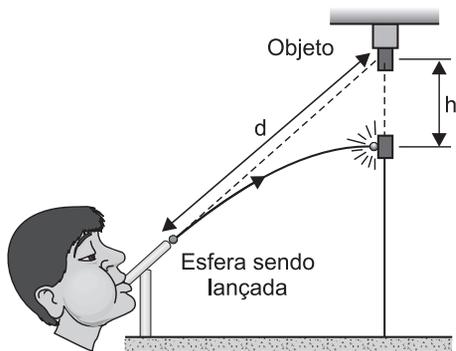


Ilustração do movimento de uma esfera lançada por um instrumento rudimentar (zarabatana).

Considerando-se desprezível a resistência do ar nessas experiências, pode-se afirmar que:

- a) $t_0 = t_g = \frac{d}{V_0}$ b) $t_0 = t_g = \frac{h}{V_0}$
 c) $t_0 > t_g = \frac{d}{V_0}$ d) $t_0 > t_g = \frac{h}{V_0}$

RESOLUÇÃO:

1) Como a esfera e o objeto têm aceleração igual à da gravidade, a aceleração relativa é nula e o movimento relativo é retilíneo e uniforme e, por isso, a esfera atinge o objeto.

O tempo gasto é dado por:

$$\Delta s_{\text{rel}} = V_{\text{rel}} t \text{ (MU)}$$

$$d = V_0 t_g \Rightarrow t_g = \frac{d}{V_0}$$

2) Com ausência de gravidade, o objeto fica parado e a esfera tem MRU com velocidade V_0 e o tempo gasto é o mesmo que com gravidade:

$$t_0 = \frac{d}{V_0}$$

Resposta: A

2. (UFPR-2011) – Na cobrança de uma falta durante uma partida de futebol, a bola, antes do chute, está a uma distância horizontal de 27,0m da linha do gol. Após o chute, ao cruzar a linha do gol, a bola passou a uma altura de 1,35m do chão quando estava em movimento descendente, e levou 0,9s neste movimento. Despreze a resistência do ar e considere $g = 10,0\text{m/s}^2$.

- a) Calcule o módulo da velocidade na direção vertical no instante em que a bola foi chutada.
 b) Calcule o ângulo (por meio de uma função trigonométrica), em relação ao chão, da velocidade inicial \vec{V}_0 que o jogador imprimiu à bola pelo seu chute.
 c) Calcule a altura máxima atingida pela bola em relação ao solo.

RESOLUÇÃO:

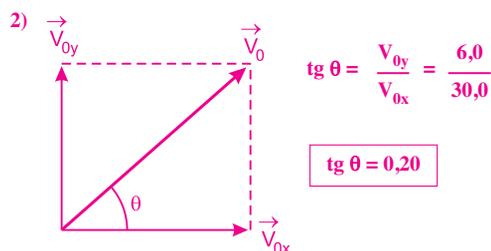
a) $\Delta s_y = V_{0y} t + \frac{a_y}{2} t^2 \quad (\uparrow \oplus)$

$$1,35 = V_{0y} \cdot 0,9 - 5,0 (0,9)^2$$

$$0,9 V_{0y} = 1,35 + 4,05 \Rightarrow V_{0y} = 6,0\text{m/s}$$

b) 1) $\Delta s_x = V_x t \text{ (MU)}$

$$27,0 = V_{0x} \cdot 0,9 \Rightarrow V_{0x} = 30,0\text{m/s}$$



c) $V_y^2 = V_{0y}^2 + 2 \gamma_y \Delta s_y \quad (\uparrow \oplus)$

$$0 = 36,0 + 2 (-10,0) H$$

$$20,0H = 36,0$$

$$H = 1,8\text{m}$$

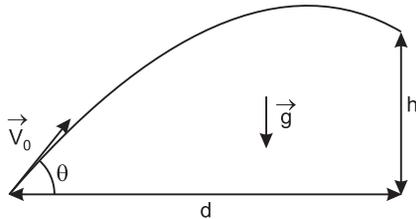
Respostas: a) $V_{0y} = 6,0\text{m/s}$

b) $\text{tg } \theta = 0,20$

c) $H = 1,8\text{m}$

3. (FUVEST-2011-ADAPTADO-MODELO ENEM) – Os modelos permitem-nos fazer previsões sobre situações reais, sendo, em geral, simplificações, válidas em certas condições, de questões complexas. Por exemplo, num jogo de futebol, a trajetória da bola, após o chute, e o débito cardíaco dos jogadores podem ser descritos por modelos.

- Trajetória da bola: quando se despreza a resistência do ar, a trajetória da bola chutada, sob a ação da gravidade ($g = 10 \text{ m/s}^2$), é dada por $h = d \operatorname{tg} \theta - 5 \left(\frac{d^2}{v_0^2} \right) (1 + \operatorname{tg}^2 \theta)$, em que v_0 é a velocidade escalar inicial (em m/s), θ é o ângulo de elevação (em radianos) e h é a altura (em m) da bola a uma distância d (em m), do local do chute, conforme figura abaixo.



Utilize esse modelo para responder a questão a seguir.

Durante uma partida, um jogador de futebol quer fazer um passe para um companheiro a 32 m de distância. Seu chute produz uma velocidade inicial na bola de módulo 72 km/h. Os valores de $\operatorname{tg} \theta$ necessários para que o passe caia exatamente nos pés do companheiro, são:

- a) $\operatorname{tg} \theta = 1$ e $\operatorname{tg} \theta = \frac{1}{2}$ b) $\operatorname{tg} \theta = 1$ e $\operatorname{tg} \theta = \frac{1}{4}$
 c) $\operatorname{tg} \theta = \frac{1}{2}$ e $\operatorname{tg} \theta = 2$ d) $\operatorname{tg} \theta = \frac{1}{4}$ e $\operatorname{tg} \theta = 4$
 e) $\operatorname{tg} \theta = \frac{1}{5}$ e $\operatorname{tg} \theta = 5$

RESOLUÇÃO:

Para que a bola atinja os pés do companheiro, devemos ter, na expressão fornecida, $h = 0$.

Sendo $d = 32\text{m}$ e $V_0 = 72\text{km/h}$ (20m/s), temos:

$$h = d \cdot \operatorname{tg} \theta - 5 \left(\frac{d^2}{V_0^2} \right) (1 + \operatorname{tg}^2 \theta)$$

$$0 = 32 \cdot \operatorname{tg} \theta - 5 \left(\frac{32^2}{20^2} \right) (1 + \operatorname{tg}^2 \theta)$$

$$0 = 32 \cdot \operatorname{tg} \theta - 5 \left(\frac{32}{20} \right)^2 (1 + \operatorname{tg}^2 \theta)$$

$$0 = 32 \cdot \operatorname{tg} \theta - 12,8 (1 + \operatorname{tg}^2 \theta)$$

$$0 = 32\operatorname{tg} \theta - 12,8 + 12,8\operatorname{tg}^2 \theta$$

$$2\operatorname{tg}^2 \theta - 5\operatorname{tg} \theta + 2 = 0$$

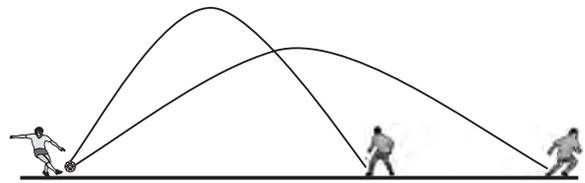
$$\operatorname{tg} \theta = \frac{5 \pm \sqrt{25 - 16}}{4}$$

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{5 \pm 3}{4}$$

$$\operatorname{tg} \theta = 2 \quad \text{ou} \quad \operatorname{tg} \theta = \frac{1}{2}$$

Resposta: C

4. (UFF-RJ-2011-MODELO ENEM) – Após um ataque frustrado do time adversário, o goleiro se prepara para lançar a bola e armar um contra-ataque. Para dificultar a recuperação da defesa adversária, a bola deve chegar aos pés de um atacante no menor tempo possível. O goleiro vai chutar a bola, imprimindo sempre a mesma velocidade escalar, e deve controlar apenas o ângulo de lançamento. A figura mostra as duas trajetórias possíveis da bola num certo momento da partida.



Assinale a alternativa que expressa se é possível ou não determinar qual destes dois jogadores receberia a bola no menor tempo. Despreze o efeito da resistência do ar.

- a) Sim, é possível, e o jogador mais próximo receberia a bola no menor tempo.
 b) Sim, é possível, e o jogador mais distante receberia a bola no menor tempo.
 c) Os dois jogadores receberiam a bola em tempos iguais.
 d) Não, pois é necessário conhecer os valores da velocidade inicial e dos ângulos de lançamento.
 e) Não, pois é necessário conhecer o valor da velocidade inicial.

RESOLUÇÃO:

1) Cálculo do tempo de voo:

$$V_y = V_{0y} + \gamma_y t$$

$$0 = V_{0y} - g t_S \Rightarrow t_S = \frac{V_{0y}}{g}$$

$$T_V = t_S + t_Q = 2t_S \Rightarrow T_V = \frac{2V_{0y}}{g} \Rightarrow V_{0y} = \frac{g T_V}{2} \quad (1)$$

2) Cálculo da altura máxima atingida:

$$V_y^2 = V_{0y}^2 + 2 \gamma_y \Delta s_y$$

$$0 = V_{0y}^2 + 2 (-g) H$$

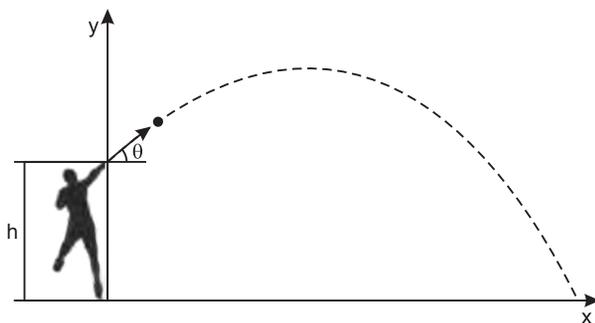
$$H = \frac{V_{0y}^2}{2g} \quad (2)$$

$$(1) \text{ em } (2): H = \frac{1}{2g} \cdot \frac{g^2 T_V^2}{4} \Rightarrow H = \frac{g}{8} T_V^2 \quad (1)$$

A trajetória em que a altura máxima atingida é menor corresponde ao menor tempo de voo.

Resposta: B

5. (UEL-PR-2011) – Numa prova de arremesso de peso, considere que a trajetória do objeto é parabólica.



Arremesso de peso

Dados:

módulo da aceleração da gravidade: g

módulo da velocidade inicial: V_0

ângulo do arremesso: θ

altura inicial do arremesso: h

Nestas condições, a equação da parábola é:

a) $y = h + \frac{\cos \theta}{\sin \theta} x - \frac{gx^2}{2V_0^2 \cos^2 \theta}$

b) $y = h + \frac{\sin \theta}{\cos \theta} x - \frac{gx^2}{2V_0^2 \cos^2 \theta}$

c) $y = h + \frac{\sin \theta}{\cos \theta} x - \frac{gx^2}{2V_0^2 \sin^2 \theta}$

d) $y = h + \frac{\sin \theta}{\cos \theta} x + \frac{gx^2}{2V_0^2 \cos^2 \theta}$

e) $y = h + (\sin \theta)x - \frac{gx^2}{2V_0^2 \cos^2 \theta}$

RESOLUÇÃO:

1) Na direção horizontal, o movimento é uniforme:

$$x = x_0 + V_x t$$

$$x = V_0 \cos \theta t \quad (1)$$

2) Na direção vertical, o movimento é uniformemente variado:

$$y = y_0 + V_{0y} t + \frac{a_y}{2} t^2$$

$$y = h + V_0 \sin \theta t - \frac{g}{2} t^2 \quad (2)$$

$$\text{Em (1): } t = \frac{x}{V_0 \cos \theta}$$

$$\text{Em (2): } y = h + V_0 \sin \theta \cdot \frac{x}{V_0 \cos \theta} - \frac{g}{2} \frac{x^2}{V_0^2 \cos^2 \theta}$$

$$y = h + (\operatorname{tg} \theta) x - \frac{g x^2}{2V_0^2 \cos^2 \theta}$$

Resposta: B

MÓDULO 27

1ª E 2ª LEIS DE NEWTON

1. (UFRN-2011) – Considere um grande navio, tipo transatlântico, movendo-se em linha reta e com velocidade constante (velocidade de cruzeiro). Em seu interior, existe um salão de jogos climatizado e nele uma mesa de pingue-pongue orientada paralelamente ao comprimento do navio. Dois jovens resolvem jogar pingue-pongue, mas discordam sobre quem deve ficar de frente ou de costas para o sentido do deslocamento do navio. Segundo um deles, tal escolha influenciaria no resultado do jogo, pois o movimento do navio afetaria o movimento relativo da bolinha de pingue-pongue.

Nesse contexto, de acordo com as Leis da Física, pode-se afirmar que

- a discussão não é pertinente, pois, no caso, o navio se comporta como um referencial não inercial, não afetando o movimento da bola.
- a discussão é pertinente, pois, no caso, o navio se comporta como um referencial não inercial, não afetando o movimento da bola.
- a discussão é pertinente, pois, no caso, o navio se comporta como um referencial inercial, afetando o movimento da bola.
- a discussão não é pertinente, pois, no caso, o navio se comporta como um referencial inercial, não afetando o movimento da bola.

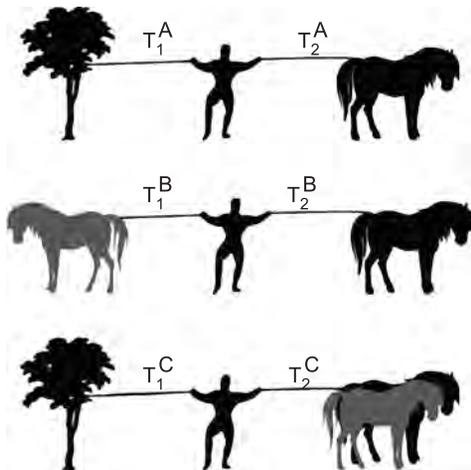
RESOLUÇÃO:

De acordo com o princípio da relatividade, todos os sistemas inerciais são equivalentes, isto é, qualquer experiência realizada identicamente em um sistema inercial, independentemente de sua velocidade em relação ao solo terrestre (suposto ser um sistema de referência inercial), deve dar o mesmo resultado.

Resposta: D

2. (UFF-RJ-2011-MODELO ENEM) – Na preparação para a competição “O Homem mais Forte do Mundo”, um dedicado atleta improvisa seu treinamento, fazendo uso de cordas resistentes, de dois cavalos do mesmo porte e de uma árvore. As modalidades de treinamento são apresentadas nas figuras abaixo, nas quais são indicadas as trações nas cordas que o atleta segura.

Suponha que os cavalos exerçam forças de mesma intensidade em todas as situações, que todas as cordas estejam na horizontal, e considere desprezíveis as massas das cordas e o atrito entre o atleta e o chão.



Assinale, entre as alternativas abaixo, aquela que descreve as relações entre as intensidades das trações nas cordas quando os conjuntos estão em equilíbrio.

- $T_1^A = T_2^A = T_1^B = T_2^B = T_1^C = T_2^C$
- $(T_1^A = T_2^A) < (T_1^B = T_2^B) < (T_1^C = T_2^C)$
- $(T_2^A = T_1^B = T_2^B) < T_2^C < (T_1^A = T_1^C)$
- $(T_1^A = T_2^A = T_1^B = T_2^B) < (T_1^C = T_2^C)$
- $(T_1^A = T_1^C) < (T_2^A = T_2^B = T_1^B) < T_2^C$

RESOLUÇÃO:

Como os cavalos exercem forças de mesma intensidade, temos:

$$T_2^A = T_2^B = \frac{1}{2} T_2^C$$

Para o equilíbrio do atleta, temos:

$$T_1^A = T_2^A = T_1^B = T_2^B$$

$$T_1^C = T_2^C = 2 T_2^A$$

Resposta: D

3. (UNIRIO-MODELO ENEM) – A análise sequencial da tirinha e, especialmente, a do quadro final nos leva imediatamente ao (à)

COISA DE LOUCO

Dana Summers



- princípio da conservação da energia mecânica.
- propriedade geral da matéria denominada inércia.
- princípio da conservação da quantidade de movimento.
- segunda Lei de Newton.
- princípio da independência dos movimentos.

RESOLUÇÃO:

1ª Lei de Newton (princípio da inércia). Todo corpo tende a manter, por inércia, a velocidade que possui.

Resposta: B

4. (VUNESP-CEFET-SP-MODELE ENEM) – O Código de Trânsito Brasileiro (Lei nº 9.503/97) determina:

Art. 64. As crianças com idade inferior a dez anos devem ser transportadas nos bancos traseiros, salvo exceções regulamentadas pelo CONTRAN (Conselho Nacional de Trânsito).

Art. 65. É obrigatório o uso do cinto de segurança para condutor e passageiros em todas as vias do território nacional, salvo em situações regulamentadas pelo CONTRAN.

As orientações desses dois artigos da lei visam minimizar os efeitos de um acidente, pois, em caso de uma breca brusca ou colisão frontal de um automóvel,

- o cinto de segurança reage contra o impulso dado pelo carro aos passageiros.
- as crianças sentadas no banco traseiro automaticamente passam a ter velocidade.
- os passageiros tendem a continuar o movimento que estavam realizando, por inércia.
- os passageiros ganham um impulso, transmitido pelo carro, para fora do veículo.
- as crianças sentadas no banco traseiro, por serem mais leves, não ganham impulso.

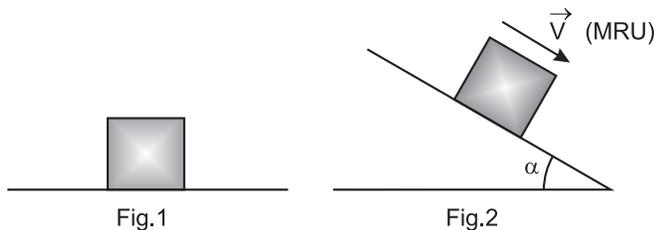
RESOLUÇÃO:

O cinto de segurança é usado para frear a pessoa em uma breca em virtude de sua inércia de movimento (tendência de manter a velocidade vetorial).

Resposta: C

5. (UFRJ) – A figura 1 mostra um bloco em repouso sobre uma superfície plana e horizontal. Nesse caso, a superfície exerce sobre o bloco uma força \vec{F}_1 .

A figura 2 mostra o mesmo bloco deslizando, com movimento retilíneo e uniforme, descendo uma rampa inclinada de α em relação à horizontal, segundo a reta de maior declive. Nesse caso, a rampa exerce sobre o bloco uma força \vec{F}_2 .



Compare \vec{F}_1 com \vec{F}_2 e justifique sua resposta.

RESOLUÇÃO:

Em ambos os casos, o bloco está sob ação exclusiva de seu peso \vec{P} e da força \vec{F} aplicada pelo apoio.

Nos dois casos (repouso e MRU), a força resultante é nula e, portanto, $\vec{F} = -\vec{P}$.

Então, $\vec{F}_1 = \vec{F}_2$.

6. Assinale a opção que está em **desacordo** com o princípio da inércia.

- a) Se a força resultante em uma partícula for nula, ela pode estar em movimento.
- b) Uma partícula eletrizada não cria campo elétrico na posição em que se encontra.
- c) Não pode existir um super-homem que voe graças apenas ao fato de ter grande energia interna.
- d) Quando um carro freia, o corpo do motorista é projetado para frente porque todo corpo tende a manter, por inércia, sua velocidade vetorial. Em virtude desse fato, é obrigatório, nas estradas, o uso de cinto de segurança.
- e) Quando uma nave espacial está gravitando em torno da Lua, seu movimento orbital é mantido por inércia.

RESOLUÇÃO:

- a) De acordo com o princípio da inércia, se a força resultante for nula, a partícula pode estar em movimento retilíneo e uniforme.
- b) Se a partícula criasse campo elétrico na posição onde se encontra, ela se moveria sob ação de seu próprio campo, contrariando o princípio da inércia. “Nenhum corpo pode sozinho alterar sua velocidade.”
- c) De acordo com o princípio da inércia, o super-homem não pode alterar sua velocidade sem receber ação de uma força externa.
- d) O papel do cinto de segurança é aplicar uma força para frear o corpo, que tende a manter a velocidade que possuía.
- e) O movimento orbital não é mantido por inércia, e sim pela força gravitacional que a Lua aplica sobre a nave.

Resposta: E

7. Um carro está-se movendo em um plano horizontal, em linha reta, e seu motorista está pisando no acelerador até o fim.

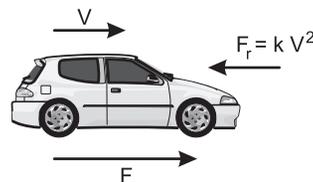
O carro recebe do chão, pelo atrito, uma força para frente, constante e de intensidade F .

A força que se opõe ao movimento e vai limitar a velocidade do carro é a força de resistência do ar, cuja intensidade F_r é dada por:

$$F_r = k V^2.$$

k = coeficiente aerodinâmico que depende da densidade do ar e da geometria do carro.

V = módulo da velocidade do carro.



A força resultante que age no carro tem intensidade F_r dada por:

$$F_r = F - kV^2$$

A velocidade máxima que o carro pode atingir (velocidade limite do carro) é dada por:

a) $V_{lim} = \frac{F}{k}$ b) $V_{lim} = \frac{k}{F}$ c) $V_{lim} = \sqrt{\frac{F}{k}}$

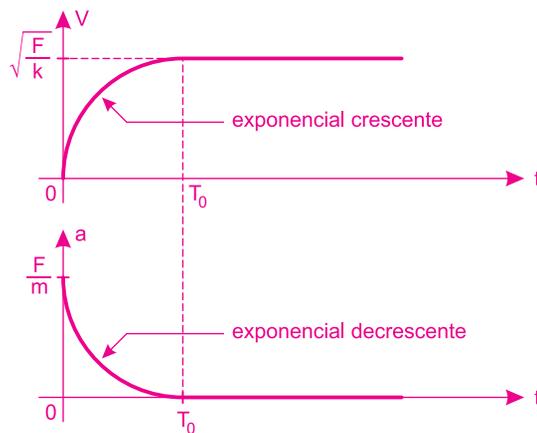
d) $V_{lim} = 3,0 \cdot 10^8 \text{m/s}$ e) $V_{lim} = 340 \text{m/s}$

RESOLUÇÃO:

A velocidade limite é atingida quando a força resultante F_r se anula, isto é, a força de resistência do ar equilibra a força motriz que o carro recebe do chão pelo atrito.

$$F_r = 0 \Rightarrow F = kV_{lim}^2$$

$$V_{lim}^2 = \frac{F}{k} \Rightarrow V_{lim} = \sqrt{\frac{F}{k}}$$

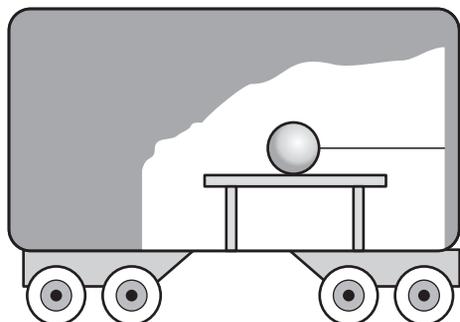


Resposta: C

MÓDULO 28

1ª E 2ª LEIS DE NEWTON

1. (Olimpíada Brasileira de Física-MODELO ENEM) – Na figura abaixo, uma esfera de aço está apoiada sobre o tampo de uma mesa plana e horizontal. A mesa está no interior de um vagão que se move sobre trilhos retilíneos e horizontais.

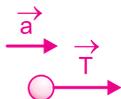


Estando a mesa e a esfera em repouso em relação ao vagão e sabendo-se que o fio que prende a bola ao vagão se encontra tracionado, é correto afirmar:

- O vagão pode estar movendo-se da direita para a esquerda com movimento uniforme.
- O vagão pode estar movendo-se da esquerda para a direita com movimento uniforme.
- O vagão pode estar movendo-se da direita para a esquerda com movimento retardado.
- O vagão pode estar movendo-se da esquerda para a direita com movimento retardado.
- O vagão pode estar movendo-se da direita para a esquerda com movimento acelerado.

RESOLUÇÃO:

Se o fio está tracionado, ele exerce sobre a esfera de aço uma força para a direita (fio sempre puxa):

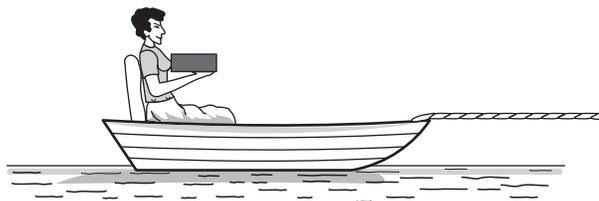


De acordo com a 2ª Lei de Newton (PFD), a esfera e, portanto, o vagão têm uma aceleração \vec{a} dirigida para a direita e o vagão pode estar

- movendo-se para a direita com movimento acelerado;
- movendo-se para a esquerda com movimento retardado.

Resposta: C

2. (UFRJ-MODELO ENEM) – Um sistema é constituído por um barco de 100kg, uma pessoa de 58kg e um pacote de 2,0kg que ela carrega consigo. O barco é puxado por uma corda de modo que a força resultante sobre o sistema seja constante, horizontal e de módulo 240 newtons.



Supondo-se que não haja movimento relativo entre as partes do sistema, o módulo da força horizontal que a pessoa exerce sobre o pacote vale:

- 1,0N
- 2,0N
- 3,0N
- 4,0N
- 5,0N

RESOLUÇÃO:

1) PFD (barco + pessoa + pacote):

$$F_R = (m_B + m_{pe} + m_{pa}) a$$

$$240 = (100 + 58 + 2,0) a$$

$$240 = 160 a \Rightarrow a = 1,5 \text{ m/s}^2$$

2) PFD (pacote):

$$F = m_{pa} \cdot a$$

$$F = 2,0 \cdot 1,5 \text{ (N)}$$

$$F = 3,0 \text{ N}$$

Resposta: C

3. (UFTPR-MODELO ENEM) – Um motorista, trafegando a 72km/h, avista uma barreira eletrônica que permite velocidade máxima de 40km/h. Quando está a 100m da barreira, ele aciona continuamente o freio e passa por ela a 36km/h. Considerando-se que a massa do carro com os passageiros é de $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg}$, qual o módulo da força resultante, suposta constante, sobre o carro ao longo destes 100m?

- 1,0kN
- 1,5kN
- 2,0kN
- 2,5kN
- 3,0kN

RESOLUÇÃO:

1) Cálculo do módulo da aceleração:

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

$$(10)^2 = (20)^2 + 2(-a) 100$$

$$200a = 300 \Rightarrow a = 1,5 \text{ m/s}^2$$

2) Cálculo da força resultante:

$$\text{PFD: } F_r = ma$$

$$F_r = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 1,5 \text{ (N)}$$

$$F_r = 1,5 \text{ kN}$$

Resposta: B

(COLTEC-MG-MODELO ENEM) – Texto para as questões 4 e 5. A distância de frenagem, utilizada como teste em revistas especializadas em automóveis, consiste em medir a distância que o carro percorre até parar, em uma pista horizontal e retilínea, ao se acionar o freio sem travar as rodas.

O quadro a seguir apresenta a velocidade escalar inicial de um carro (V_0) em km/h e em m/s, a distância de frenagem (d) e o cálculo da razão (v^2/d) para 5 testes.

Teste	Velocidade inicial, V_0 (km/h)	Velocidade inicial, V_0 (m/s)	Distância de frenagem, d (m)	Razão v_0^2/d (m/s^2)
1	120	33,3	60	18,5
2	100	27,8	42	18,4
3	80	22,2	27	18,3
4	60	16,7	15	18,5
5	40	11,1	6,7	18,4

4. Suponha que a única força responsável pela parada do carro, nos testes, seja a força de atrito entre os pneus e o solo.

De acordo com os dados da tabela, como se comparam as forças de atrito entre o carro e o solo no teste 1 (f_1) e no teste 4 (f_4)?

- a) $f_1 = f_4/4$ b) $f_1 = f_4/2$ c) $f_1 = f_4$
 d) $f_1 = 2f_4$ e) $f_1 = 4f_4$

RESOLUÇÃO:

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

$0 = V_0^2 + 2(-a) d$

$$a = \frac{V_0^2}{2d}$$

2) PFD: $F_{at} = ma$

$$F_{at} = \frac{mV_0^2}{2d}$$

3) Nos testes 1 e 4:

$$\frac{V_0^2}{d} = 18,5m/s^2$$

Portanto:

$$f_1 = f_4$$

Resposta: C

5. O tempo que um carro leva para parar é igual a 2,0s no teste 5. Assinale o tempo aproximado de parada desse carro no teste 2.

- a) 2,0s b) 4,0s c) 5,0s d) 10,0s e) 15,0s

RESOLUÇÃO:

Nos testes (2) e (5): $a_2 = a_5$

$$\frac{|\Delta V_2|}{\Delta t_2} = \frac{|\Delta V_5|}{\Delta t_5}$$

$$\frac{27,8}{\Delta t_2} = \frac{11,1}{2,0}$$

$$\Delta t_2 = 5,0s$$

Resposta: C

6. (UFCG-PB-2011) – Os núcleos atômicos são compostos por prótons e nêutrons. Esses nucleons estão confinados numa região cujo raio é da ordem de $10^{-15}m$. Com esta distância típica, a intensidade da repulsão entre os prótons devida à interação eletrostática é muito grande. Então por que os núcleos se formam?

- a) Por causa dos nêutrons que mantêm os prótons unidos.
 b) Por causa da força nuclear forte.
 c) Por causa da força nuclear fraca.
 d) Por causa das forças nucleares fraca e forte.
 e) Por causa da blindagem eletrônica devida à primeira camada.

RESOLUÇÃO:

A força nuclear forte entre prótons e nêutrons é responsável por mantê-los unidos no núcleo dos átomos.

Resposta: B

MÓDULO 29

APLICAÇÕES DA 2ª LEI DE NEWTON

1. (FMCA-SP-2011) – Devido a uma pane mecânica, Sr. Fortaleza teve de empurrar seu carro por um estrada reta, fazendo com que ele se deslocasse, a partir do repouso, por 25m em 20s, em movimento uniformemente acelerado.



(<http://pt.dreamstime.com>)

Sabendo-se que a massa do carro é de 800kg e que nesse trajeto ele ficou sujeito a uma força resistiva total constante de intensidade 100N, a intensidade da força constante aplicada pelo Sr. Fortaleza sobre seu carro, em N, foi de

- a) 100. b) 150. c) 200. d) 250. e) 300.

RESOLUÇÃO:

1) Cálculo da aceleração escalar

$$\Delta s = v_0 t + \frac{\gamma}{2} t^2$$

$$25 = 0 + \frac{\gamma}{2} (20)^2 \Rightarrow \gamma = \frac{1}{8} \text{ m/s}^2$$

2) PFD: $F_R = Ma$
 $F - F_r = Ma$

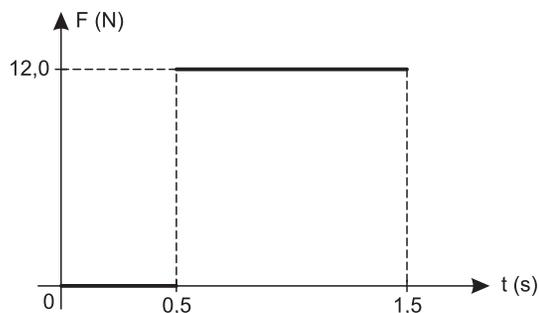
$$F - 100 = 800 \cdot \frac{1}{8}$$

$$F = 200\text{N}$$

Resposta: C

2. (UERJ-2011) – Um corpo de massa igual a 6,0kg move-se com velocidade constante de módulo 0,4m/s, no intervalo de 0s a 0,5s. Considere que, a partir de 0,5s, esse corpo é impulsionado por uma força resultante de módulo constante e de mesmo sentido que a velocidade, durante 1,0s.

O gráfico abaixo ilustra o comportamento da força em função do tempo.



Calcule o módulo da velocidade do corpo no instante $t = 1,5\text{s}$.

RESOLUÇÃO:

PFD: $F_R = ma = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$

$$12,0 = 6,0 \cdot \frac{(v_f - 0,4)}{1,0}$$

$$2,0 = v_f - 0,4$$

$$v_f = 2,4\text{m/s}$$

3. (VUNESP-2011-MODELO ENEM) – Num teste de frenagem de um carro, procede-se do seguinte modo: a partir do repouso e durante 6,0 segundos, acelera-se o carro, fazendo o motor funcionar com toda sua potência imprimindo ao carro uma aceleração escalar de $5,0\text{m/s}^2$. Após esse tempo, o piloto de testes trava as rodas, e o carro se desloca 22,5 metros até parar. Sabendo-se que esse carro tem massa de 840kg e supondo-se que a força de atrito tenha se mantido constante durante todo o processo de frenagem, seu módulo vale:

- a) 12,0kN b) 16,0kN c) 16,8kN
d) 22,0kN e) 26,0kN

Nota: Admite-se que a força de atrito é a força resultante que freou o carro.

RESOLUÇÃO:

1) $V = V_0 + \gamma t$

$$V_1 = 0 + 5,0 \cdot 6,0 \text{ (m/s)} \Rightarrow V_1 = 30,0 \text{ m/s}$$

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

$$0 = 900 + 2(-a) 22,5$$

$$a = 20,0 \text{ m/s}^2$$

3) PFD: $F_R = ma$

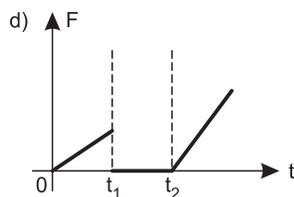
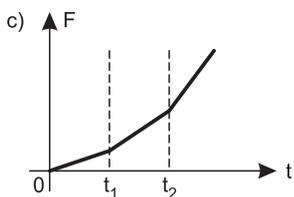
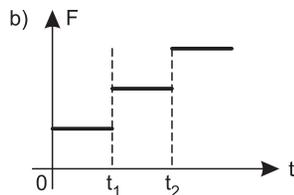
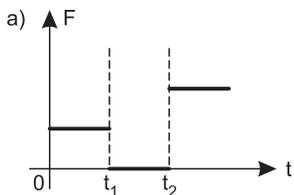
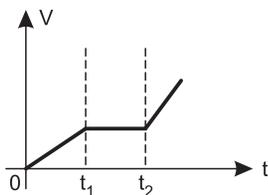
$$F_{at} = 840 \cdot 20,0 \text{ (N)}$$

$$F_{at} = 16,8 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_{at} = 16,8 \text{ kN}$$

Resposta: C

4. (UFV-MG-2011) – A figura abaixo mostra o gráfico do módulo da velocidade V em função do tempo t de uma partícula que viaja em linha reta. Das opções a seguir, aquela que mostra o gráfico correto do módulo da força resultante F que atua nessa partícula em função do tempo t é:

**RESOLUÇÃO:**

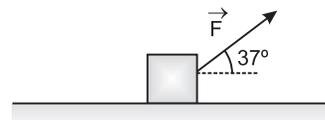
De 0 a t_1 o movimento é retilíneo e uniformemente variado: a força resultante é constante com módulo F_1 .

De t_1 a t_2 o movimento é retilíneo e uniforme e a força resultante é nula.

De t_2 em diante o movimento é retilíneo e uniformemente variado e, como a declividade da reta é maior que de 0 a t_1 , a força resultante é constante e com módulo $F_2 > F_1$.

Resposta: A

5. (VUNESP) – Na figura está representada, esquematicamente, a força \vec{F} arrastando um bloco de massa 2,0kg, com aceleração constante de módulo igual a $0,10 \text{ m/s}^2$, sobre um plano horizontal.



Se $F_A = 0,60 \text{ N}$ o módulo da força de atrito entre o bloco e o plano, pode-se afirmar que o módulo de \vec{F} , em N, é igual a:

- a) 0,50 b) 1,0 c) 1,5 d) 2,0 e) 2,5

(Dados: $\cos 37^\circ = 0,80$; $\sin 37^\circ = 0,60$.)

Nota: Despreze o efeito do ar.

RESOLUÇÃO:

PFD: $F_x - F_A = ma$

$$F \cos 37^\circ - F_A = ma$$

$$F \cdot 0,80 - 0,60 = 2,0 \cdot 0,10$$

$$F \cdot 0,80 = 0,80 \Rightarrow F = 1,0 \text{ N}$$

Resposta: B

6. (UFSC) – O módulo da força sobre um objeto de 5,0kg aumenta uniformemente de zero a 10,0N em 6,0s.

Das alternativas abaixo, qual representa o valor correto para o módulo da velocidade do objeto após esses 6,0s, se ele partiu do repouso?

- a) 3,0m/s b) 5,0m/s c) 6,0m/s
d) 9,0m/s e) 10,0m/s

RESOLUÇÃO:

1) PFD: $F_m = m a_m = m \frac{\Delta V}{\Delta t}$

Como a função $F = f(t)$ é do 1º grau (aumenta uniformemente) vale a relação:

$$F_m = \frac{F_0 + F_f}{2} = \frac{0 + 10,0}{2} \text{ (N)} = 5,0\text{N}$$

$$5,0 = 5,0 \frac{(V_f - 0)}{6,0}$$

$$V_f = 6,0\text{m/s}$$

Resposta: C

MÓDULO 30

PESO DE UM CORPO

1. (UFPR-2011-MODELO ENEM) – No último campeonato mundial de futebol, ocorrido na África do Sul, a bola utilizada nas partidas, apelidada de Jabulani, foi alvo de críticas por parte de jogadores e comentaristas. Mas como a bola era a mesma em todos os jogos, seus efeitos positivos e negativos afetaram todas as seleções. Com relação ao movimento de bolas de futebol em jogos, considere as seguintes afirmativas:

1. Durante seu movimento no ar, após um chute para o alto, uma bola está sob a ação de três forças: a força peso, a força aplicada pelo ar e a força de impulso devido ao chute.
2. Em estádios localizados a grandes altitudes em relação ao nível do mar, a atmosfera é mais rarefeita, e uma bola, ao ser chutada, percorrerá uma distância maior em comparação a um mesmo chute no nível do mar.
3. Em dias chuvosos, ao atingir o gramado encharcado, a bola, sem movimento de rotação, tem sua velocidade aumentada.
4. Uma bola de futebol, ao ser chutada obliquamente em relação ao solo, executa um movimento aproximadamente parabólico, porém, caso nessa região haja vácuo, ela descreverá um movimento retilíneo.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa 1 é verdadeira.
b) Somente a afirmativa 2 é verdadeira.
c) Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.
d) Somente as afirmativas 3 e 4 são verdadeiras.
e) Somente as afirmativas 1, 3 e 4 são verdadeiras.

RESOLUÇÃO:

1. (F) Após o lançamento as únicas forças atuantes na bola são: o seu peso \vec{P} e a força aplicada pelo ar.
2. (V) Em uma atmosfera rarefeita por causa da altitude, a força de resistência do ar é menor e, com a mesma velocidade inicial, a bola percorrerá distância maior.
3. (F) Para aumentar a velocidade do centro de massa da bola é preciso uma força externa no sentido do movimento.
4. (F) O movimento somente terá trajetória parabólica quando desprezarmos o efeito do ar.

Resposta: B

2. (UERJ-2011) – Um patinador cujo peso total é 800N, incluindo os patins, está parado em uma pista de patinação em gelo. Ao receber um empurrão, ele começa a se deslocar.

A força de atrito entre as lâminas dos patins e a pista, durante o deslocamento, é constante e tem módulo igual a 40N.

Calcule o módulo da aceleração do patinador imediatamente após o início do deslocamento.

Adote $g = 10\text{m/s}^2$ e despreze o efeito do ar.

RESOLUÇÃO:

1) $m = \frac{P}{g} = 80\text{kg}$

2) PFD: $F_{at} = m a$
 $40 = 80 \cdot a$

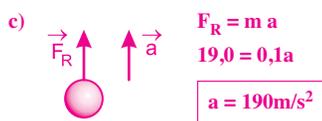
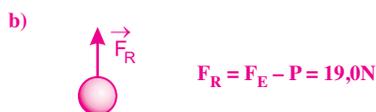
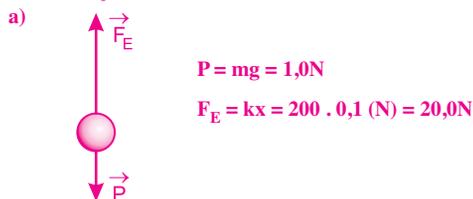
$$a = 0,5\text{m/s}^2$$

Resposta: 0,5m/s²

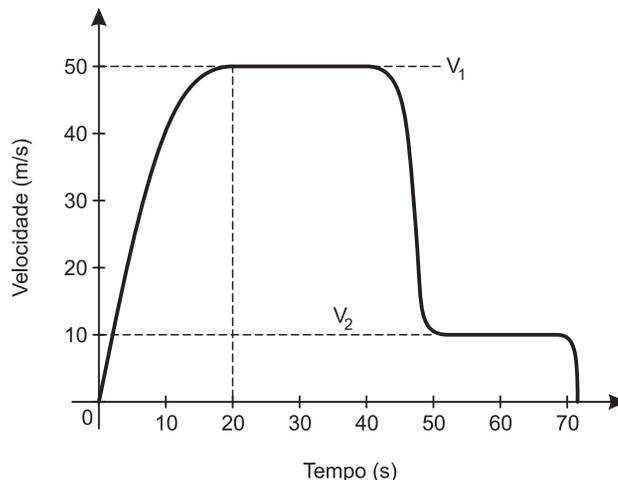
4. (UFPR-2011) – Com o objetivo de analisar a deformação de uma mola, solta-se, a partir do repouso e de uma certa altura, uma esfera de massa $m = 0,1\text{kg}$ sobre essa mola, de constante elástica $k = 200\text{N/m}$, posicionada verticalmente sobre uma superfície. A deformação máxima causada na mola pela queda da esfera foi 10cm . Considere a aceleração da gravidade com módulo igual a 10m/s^2 e despreze a massa da mola e o efeito do ar.

- Determine o módulo e a orientação das forças que atuam sobre a esfera no instante de máxima deformação da mola.
- Determine o módulo e a orientação da força resultante sobre a esfera no instante de máxima deformação da mola.
- Determine o módulo e o sentido da máxima aceleração sofrida pela esfera.

RESOLUÇÃO:



5. (PASUSP-SP-2011-MODELO ENEM) – Em um salto de paraquedas, a resistência do ar desempenha um papel fundamental e permite a seus praticantes saltar de grandes altitudes e chegar com segurança ao solo. O comportamento típico da magnitude da velocidade vertical (v) de um paraquedista, em função do tempo (t), é mostrado na figura.



Após o salto ($t = 0$), a velocidade vertical v do paraquedista aumenta e, depois de aproximadamente 20 segundos, atinge a velocidade escalar limite $V_1 \cong 50\text{m/s}$. Quando o paraquedas é aberto, a velocidade escalar diminui rapidamente, atingindo uma nova velocidade escalar limite $V_2 \cong 10\text{m/s}$.

Considerando-se $g = 10\text{m/s}^2$, analise as seguintes afirmações:

- Desprezando-se a resistência do ar, um corpo qualquer em queda livre, teria velocidade escalar V aproximadamente 4 vezes maior do que a velocidade escalar limite V_1 .
- Quando a velocidade escalar limite V_1 é atingida, o módulo do peso do paraquedista é igual ao módulo da força de resistência viscosa exercida pelo ar.
- A velocidade escalar limite V_2 , com que o paraquedista chega ao solo, é igual à velocidade vertical atingida por uma pessoa após um salto de uma altura de aproximadamente 5,0 metros.

De acordo com o texto e os seus conhecimentos, está correto apenas o que se afirma em

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

RESOLUÇÃO:

I (V) $V = V_0 + \gamma t$
 $V = 0 + 10 \cdot 20 \text{ (m/s)}$
 $V = 200\text{m/s}$
 $V_1 = 50\text{m/s}$
Portanto: $V = 4V_1$

II (V) Quando a velocidade se torna constante a força resultante será nula e teremos:
 $F_{\text{ar}} = P$

III (V) $V^2 = V_0^2 + 2\gamma \Delta s$
 $V_f^2 = 0 + 2 \cdot 10 \cdot 5,0$
 $V_f = 10\text{m/s}$

Resposta: E

6. (UFTM-2011) – No dia 5 de agosto de 2010, um desmoronamento ocorrido na mina de cobre de São José, no norte do Chile, deixou 33 mineiros isolados a 700m de profundidade. O resgate teve início 69 dias depois, por meio de uma cápsula com a forma aproximada de um cilindro que, puxada por um cabo, subia por um túnel aproximadamente na vertical, levando os mineiros, um a um, para a superfície. Cada mineiro foi levado à superfície com uma velocidade constante de módulo 0,7m/s, mas que poderia dobrar ou triplicar em casa de emergência.

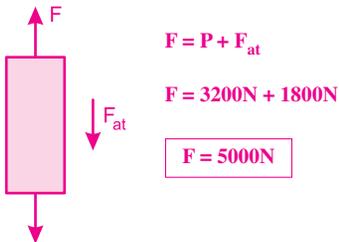


Considere que, em um dos resgates, a massa total da cápsula mais a pessoa transportada era de 320kg e que a intensidade da força de atrito aplicada pela parede lateral do túnel sobre a cápsula enquanto ela subia à superfície foi de 1800N.

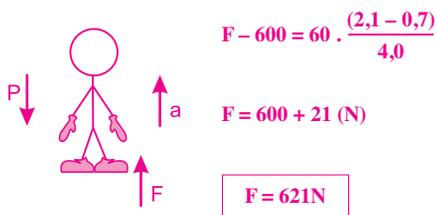
- Determine a intensidade da força de tração aplicada pelo cabo à cápsula, para levá-la à superfície, nas condições do problema.
- Admita que, numa situação de emergência no resgate de um mineiro de 60kg, tenha sido necessário aumentar uniformemente a velocidade escalar de subida da cápsula de 0,7m/s para 2,1m/s, em 4,0s. Determine, nesse intervalo de tempo, qual teria sido a intensidade da força aplicada pelo piso da cápsula sobre os pés do mineiro transportado. Adote $g = 10\text{m/s}^2$.

RESOLUÇÃO:

a) Sendo a velocidade constante a força resultante é nula e teremos:



b) PFD: $F - P = m a = m \frac{\Delta V}{\Delta t}$



Respostas: a) 5000N
b) 621N

1. (OLIMPIADA BRASILEIRA DE FÍSICA) – No clássico problema de um burro puxando uma carroça, um estudante conclui que o burro e a carroça não deveriam se mover, pois a força que a carroça faz no burro é igual em intensidade à força que o burro faz na carroça, mas com sentido oposto. Sob as luzes do conhecimento da Física, pode-se afirmar que a conclusão do estudante está errada porque

- ele esqueceu-se de considerar as forças de atrito das patas do burro e das rodas da carroça com a superfície.
- considerou somente as situações em que a massa da carroça é maior que a massa do burro, pois se a massa fosse menor, ele concluiria que o burro e a carroça poderiam se mover.
- as leis da Física não podem explicar este fato.
- o estudante não considerou que mesmo que as duas forças possuam intensidades iguais e sentidos opostos, elas atuam em corpos diferentes.
- na verdade, as duas forças estão no mesmo sentido, e por isto elas se somam, permitindo o movimento.

RESOLUÇÃO:

Ação e Reação nunca estão aplicadas ao mesmo corpo e nunca se equilibram.

Resposta: D

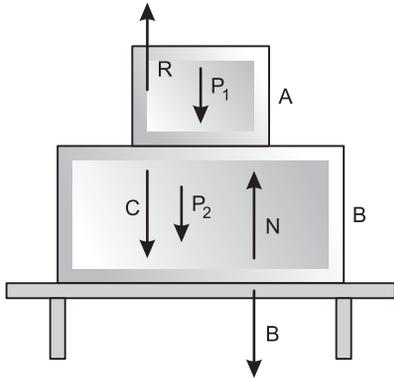
2. (UFTM-MG-2011-MODELO ENEM) – Após a cobrança de uma falta, num jogo de futebol, a bola chutada acerta violentamente o rosto de um zagueiro. A foto mostra o instante em que a bola encontra-se muito deformada devido às forças trocadas entre ela e o rosto do jogador.



A respeito dessa situação são feitas as seguintes afirmações:

- A força aplicada pela bola no rosto e a força aplicada pelo rosto na bola têm direções iguais, sentidos opostos e intensidades iguais, porém, não se anulam.

5. (FUVEST-Transferência-2011) – O diagrama a seguir representa dois blocos, empilhados e apoiados numa mesa, e as forças: peso do bloco de cima, P_1 ; peso do bloco de baixo, P_2 ; reação normal do bloco de baixo sobre o de cima, R ; compressão do bloco de baixo pelo de cima, C ; reação normal da mesa sobre o bloco de baixo, N ; compressão da mesa pelo bloco de baixo, B . As forças que formam um par ação-reação, no sentido da 3.ª Lei de Newton, são



- a) N e B . b) N e C . c) P_1 e N .
d) P_2 e R . e) R e B .

RESOLUÇÃO:

1) Ação e Reação entre o bloco A e o bloco B

$$F_{AB} = C ; F_{BA} = R$$

2) Ação e Reação entre o bloco B e a mesa M

$$F_{MB} = N ; F_{BM} = B$$

As reações de P_1 e P_2 estão aplicadas no centro da Terra.

Resposta: A

6. (UFRJ) – Uma pessoa idosa, de 68 kg, ao se pesar, o faz apoiada em sua bengala como mostra a figura.



Com a pessoa em repouso a leitura da balança é de 650 N. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- a) Determine o módulo, direção e sentido da força que a balança exerce sobre a pessoa.
b) Supondo-se que a força exercida pela bengala sobre a pessoa seja vertical, calcule o seu módulo e determine o seu sentido.

RESOLUÇÃO:

a) A força que a pessoa aplica na balança (que é o que a balança marca) é vertical, para baixo e de módulo 650N.

De acordo com a 3.ª lei de Newton a força que a balança exerce na pessoa é vertical, para cima e de módulo 650N.

b) A pessoa empurra a bengala para baixo e, de acordo com a 3.ª lei de Newton, recebe da bengala uma força F dirigida para cima.

Para o equilíbrio da pessoa:

$$F_{\text{bengala}} + F_{\text{balança}} = P \Rightarrow F + 650 = 680$$

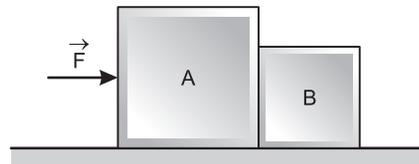
$$F = 30\text{N}$$

Respostas: a) $\uparrow 650\text{N}$ b) $\uparrow 30\text{N}$

MÓDULO 32

APLICAÇÕES DAS LEIS DE NEWTON

1. (UDESC) – A figura abaixo mostra um bloco A de 12,0kg em contato com um bloco B de 3,0kg, ambos em movimento sobre uma superfície horizontal sem atrito, sob a ação de uma força horizontal constante de intensidade $F = 60,0\text{N}$. Despreze o efeito do ar.



- a) A partir dos dados fornecidos e da figura, pode-se concluir que os blocos estão se deslocando para a direita? Justifique.
b) Determine o módulo da aceleração do bloco B.
c) Determine o módulo, em newtons, da força resultante sobre o bloco A.
d) Determine o módulo da força que A aplica em B.

RESOLUÇÃO:

a) Não; o sentido da força resultante é o sentido da aceleração vetorial; o sentido do movimento (velocidade) não está determinado; o bloco pode estar se movendo para a esquerda com movimento retardado.

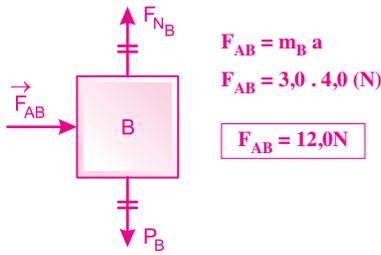
b) PFD (A + B): $F = (m_A + m_B) a$
 $60,0 = 15,0 a$

$$a = 4,0\text{m/s}^2$$

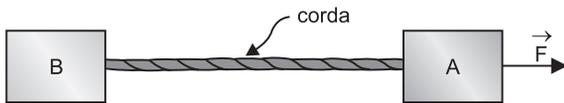
c) $R_A = m_A a = 12,0 \cdot 4,0 \text{ (N)}$

$$R_A = 48,0\text{N}$$

d) PFD (B):



2. Considere dois blocos, A e B, ligados por uma corda homogênea de massa $m_C = 2,0\text{kg}$ em um local isento de gravidade.



Os blocos A e B têm massas respectivamente iguais a $m_A = 3,0\text{kg}$ e $m_B = 1,0\text{kg}$.

Uma força \vec{F} constante e de intensidade $F = 12,0\text{N}$ é aplicada em A, conforme mostra o esquema.

A força tensora no meio da corda tem intensidade igual a:

- a) zero b) 2,0N c) 4,0N d) 6,0N e) 12,0N

RESOLUÇÃO:

Aplicando-se a 2.ª Lei de Newton ao sistema (A + C + B), vem:

$$F = (m_A + m_C + m_B) a$$

$$12,0 = 6,0a \Rightarrow a = 2,0\text{m/s}^2$$



A força tensora T_M no ponto médio da corda vai acelerar o bloco B e metade da corda.

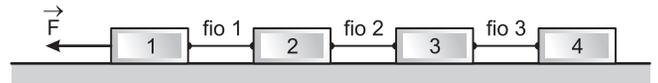
$$\text{PFD} \left(B + \frac{C}{2} \right): T_M = \left(m_B + \frac{m_C}{2} \right) a$$

$$T_M = (1,0 + 1,0) \cdot 2,0 \text{ (N)}$$

$$T_M = 4,0\text{N}$$

Resposta: C

3. (FCC) – Quatro caixas, presas por três fios, são puxadas sobre uma superfície horizontal desprovida de atrito, por meio de uma força \vec{F} horizontal e de intensidade 100N:

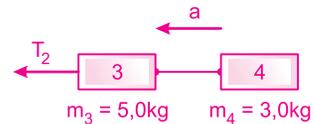


A tração no fio 2 tem intensidade 40,0N e são conhecidas as massas $m_1 = 4,0\text{kg}$, $m_3 = 5,0\text{kg}$ e $m_4 = 3,0\text{kg}$.

Nessas condições, a massa m_2 e o módulo da aceleração das caixas são, respectivamente,

- a) 8,0kg e $5,0\text{m/s}^2$ b) 7,0kg e $4,0\text{m/s}^2$
 c) 6,0kg e $3,0\text{m/s}^2$ d) 2,0kg e $2,0\text{m/s}^2$
 e) 1,0kg e $1,0\text{m/s}^2$

RESOLUÇÃO:



1) PFD (3 + 4): $T_2 = (m_3 + m_4) a$
 $40,0 = 8,0 a$

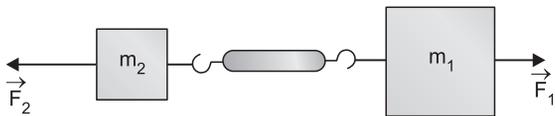
$$a = 5,0\text{m/s}^2$$

2) PFD (1 + 2 + 3 + 4): $F = (m_1 + m_2 + m_3 + m_4) a$
 $100 = (4,0 + m_2 + 5,0 + 3,0) \cdot 5,0$
 $20,0 = 12,0 + m_2$

$$m_2 = 8,0\text{kg}$$

Resposta: A

4. Na situação física da figura seguinte, dois blocos de massas $m_1 = 8,0\text{kg}$ e $m_2 = 2,0\text{kg}$ estão presos a um dinamômetro. Aplica-se uma força \vec{F}_1 de intensidade $10,0\text{N}$ ao bloco de massa m_1 e uma força \vec{F}_2 de intensidade $50,0\text{N}$ ao bloco de massa m_2 . Desprezando-se a massa do dinamômetro, determine
- o módulo da aceleração do sistema.
 - o resultado que deve mostrar o dinamômetro.



Obs.: considere que o sistema esteja livre de ações gravitacionais.

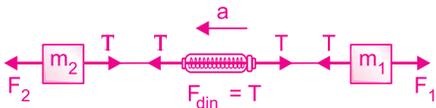
RESOLUÇÃO:

a) PFD (sistema)

$$F_2 - F_1 = (m_1 + m_2) a$$

$$40,0 = 10,0 \cdot a \Rightarrow a = 4,0\text{m/s}^2$$

b)

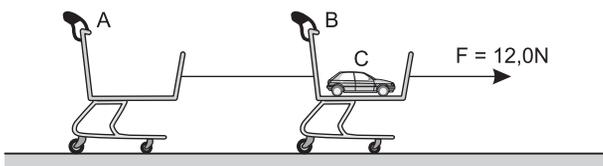


PFD (m_2): $F_2 - T = m_2 a$
 $50,0 - T = 2,0 \cdot 4,0$
 $T = 42,0\text{N}$

A resultante no dinamômetro é sempre nula (massa desprezível) e a força que ele indica é a força aplicada em uma de suas extremidades (força de tração no fio).

- Respostas: a) $4,0\text{m/s}^2$
 b) $42,0\text{N}$

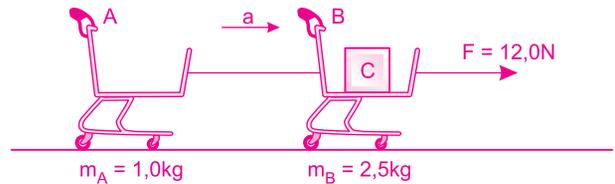
5. (UNESP – MODELO ENEM) – Dois carrinhos de supermercado, A e B, atados por um cabo, com massas $m_A = 1,0\text{kg}$ e $m_B = 2,5\text{kg}$, respectivamente, deslizam sem atrito no solo horizontal sob ação de uma força, também horizontal, de intensidade $12,0\text{N}$ aplicada em B. Sobre este carrinho, há um corpo, C, com massa $m_C = 0,5\text{kg}$, que se desloca com B, sem deslizar sobre ele. A figura ilustra a situação descrita.



Calcule a intensidade da força horizontal que o carrinho B exerce no corpo C.

- a) $1,0\text{N}$ b) $1,5\text{N}$ c) $2,0\text{N}$ d) $2,5\text{N}$ e) $5,0\text{N}$

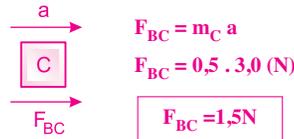
RESOLUÇÃO:



1) PFD (A + B + C):
 $F = (m_A + m_B + m_C) a$
 $12,0 = (1,0 + 2,5 + 0,5) a$

$a = 3,0\text{m/s}^2$

2) PFD (C):



Resposta: B

MÓDULO 33

APLICAÇÕES DAS LEIS DE NEWTON

1. (FATEC-SP) – Uma pequena corrente, formada por três elos de 50g cada um, é puxada para cima com movimento acelerado e aceleração de módulo igual a $2,0\text{m/s}^2$. Adote $g = 10,0\text{m/s}^2$ e despreze o efeito do ar. A força \vec{F} , com que o primeiro elo é puxado para cima, e a força de interação entre o segundo elo e o terceiro elo têm intensidades respectivas, em newtons, iguais a
- a) $1,8$ e $0,60$ b) $1,8$ e $1,2$ c) $1,8$ e $1,8$
 d) $1,2$ e $1,2$ e) $0,60$ e $0,60$



RESOLUÇÃO:

1) PFD (conjunto):

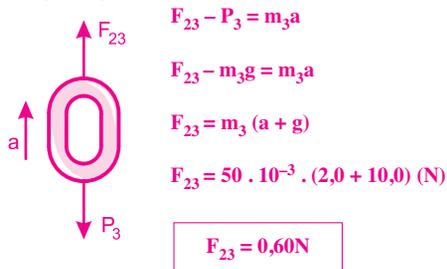
$$F - P_{\text{total}} = m_{\text{total}} a$$

$$F - m_{\text{total}} g = m_{\text{total}} a$$

$$F = m_{\text{total}} (a + g)$$

$F = 150 \cdot 10^{-3} (2,0 + 10,0) (\text{N}) \Rightarrow F = 1,8\text{N}$

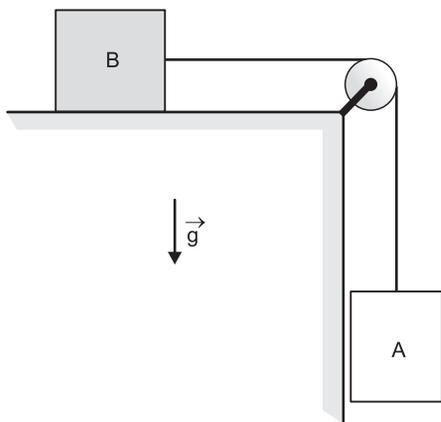
2) PFD (3.º elo):



Resposta: A

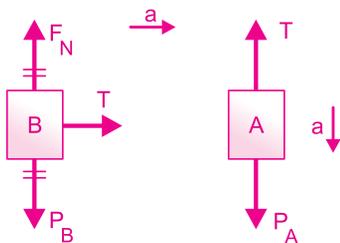
2. Na figura, o bloco **B** tem massa **M**, o bloco **A** tem massa **m** e ambos estão ligados por um fio ideal. Despreze os atritos, o efeito do ar e a inércia da polia. O plano de apoio do bloco **B** é horizontal. Nas condições especificadas, a aceleração dos blocos tem módulo igual a **a** e a força que traciona o fio tem intensidade **T**. Se duplicarmos as massas de **A** e **B**, o módulo da aceleração dos blocos e a intensidade da força que traciona o fio serão iguais, respectivamente, a:

- a) a e T b) 2a e 2T c) a e 2T
 d) 2a e T e) $\frac{a}{2}$ e $\frac{T}{2}$



RESOLUÇÃO:

1)



PFD (A): $P_A - T = m_A a$ (1)

PFD (B): $T = m_B a$ (2)

PFD (A + B): $P_A = (m_A + m_B) a$

$mg = (M + m) a$

$$a = \frac{mg}{M + m}$$

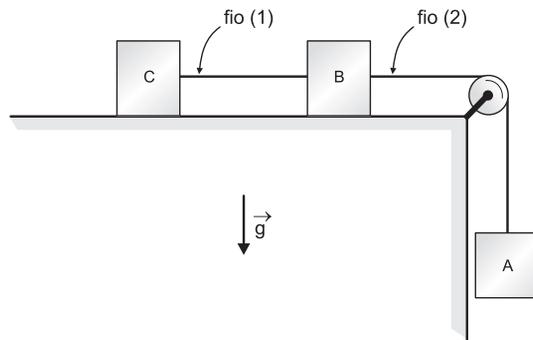
2) Em (2): $T = \frac{Mmg}{M + m}$

3) $a' = \frac{2mg}{2M + 2m} = a$

4) $T' = \frac{2M2mg}{2M + 2m} = 2T$

Resposta: C

3. No esquema da figura, os fios e a polia são ideais. Despreza-se qualquer tipo de força de resistência passiva (atrito e resistência do ar) e adota-se $g = 10,0\text{m/s}^2$.



As massas dos blocos A, B e C são dadas respectivamente por:

$m_A = 2,0\text{kg}$; $m_B = 4,0\text{kg}$; $m_C = 4,0\text{kg}$.

Sendo o sistema abandonado do repouso, da situação indicada na figura, calcule, antes que o bloco B colida com a polia

- a) o módulo da aceleração dos blocos.
 b) a intensidade da força que traciona o fio (1).
 c) a intensidade da força que traciona o fio (2).

RESOLUÇÃO:

a) PFD (A + B + C):

$P_A = (m_A + m_B + m_C) a$

$20,0 = 10,0 a \Rightarrow a = 2,0\text{m/s}^2$

b) PFD (C):

$$T_1 = m_C a$$

$$T_1 = 4,0 \cdot 2,0 \text{ (N)} \Rightarrow T_1 = 8,0\text{N}$$

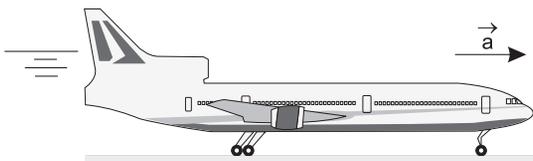
c) PFD (A):

$$P_A - T_2 = m_A a$$

$$20,0 - T_2 = 2,0 \cdot 2,0 \Rightarrow T_2 = 16,0\text{N}$$

Respostas: a) $2,0\text{m/s}^2$ b) $8,0\text{N}$ c) $16,0\text{N}$

4. (UNESP-MODELO ENEM) – Num jato que se desloca sobre uma pista horizontal, em movimento retilíneo uniformemente acelerado, um passageiro decide estimar a aceleração do avião. Para isto, improvisa um pêndulo que, quando suspenso, seu fio fica aproximadamente estável, formando um ângulo $\theta = 25^\circ$ com a vertical e em repouso em relação ao avião. Considere que o módulo da aceleração da gravidade no local vale 10 m/s^2 , e que $\sin 25^\circ \approx 0,42$; $\cos 25^\circ \approx 0,90$; $\tan 25^\circ \approx 0,47$. Das alternativas, qual fornece o módulo aproximado da aceleração do avião e melhor representa a inclinação do pêndulo?



a) $4,7\text{m/s}^2$

b) $9,0\text{m/s}^2$

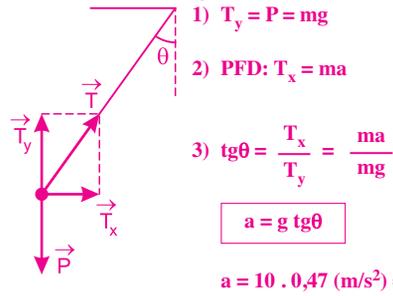
c) $4,2\text{m/s}^2$

d) $4,7\text{m/s}^2$

e) $4,2\text{m/s}^2$

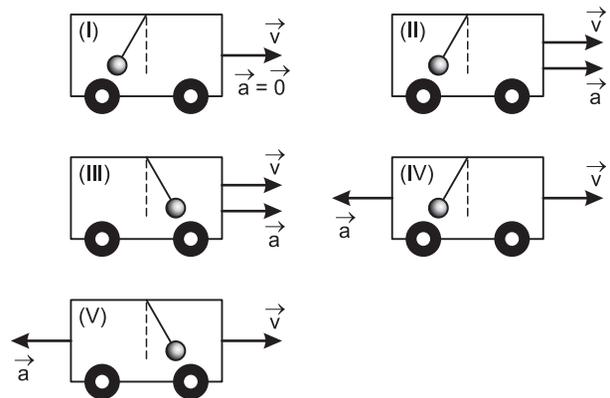
RESOLUÇÃO:

Quando o avião acelera para a direita, o fio se desloca para a esquerda, conforme indicado na figura.



Resposta: A

5. (UFPA-2011-MODELO ENEM) – Belém tem sofrido com a carga de tráfego em suas vias de trânsito. Os motoristas de ônibus fazem frequentemente verdadeiros malabarismos, que impõem desconforto aos usuários devido às forças inerciais. Se fixarmos um pêndulo no teto do ônibus, podemos observar a presença de tais forças. Sem levar em conta os efeitos do ar em todas as situações hipotéticas, ilustradas abaixo, considere que o pêndulo está em repouso com relação ao ônibus e que o ônibus move-se horizontalmente.



Sendo \vec{V} a velocidade do ônibus e \vec{a} sua aceleração, a posição do pêndulo está ilustrada corretamente

- a) na situação (I).
- b) nas situações (II) e (V).
- c) nas situações (II) e (IV).
- d) nas situações (III) e (V).
- e) nas situações (III) e (IV).

RESOLUÇÃO:

Quando o ônibus acelera \vec{V} e \vec{a} têm o mesmo sentido e o pêndulo se inclina no sentido oposto ao de \vec{a} (figura II).

Quando o ônibus freia \vec{V} e \vec{a} têm sentidos opostos e o pêndulo continua se inclinando em sentido oposto ao de \vec{a} (figura V).

Resposta: B

1. (OPF-2010) – Luciana está em uma balança dentro de um elevador. Quando o elevador permanece parado, ela mostra que a massa da Luciana é de 62kg. Sabendo-se que peso aparente é o valor do peso calculado com a massa informada pela balança em movimento, considere as seguintes situações:

- I. O elevador sobe com velocidade constante.
- II. O elevador desce com aceleração dirigida para baixo e de módulo $2,0\text{m/s}^2$.
- III. O elevador desce com aceleração dirigida para cima e de módulo $2,0\text{m/s}^2$.
- IV. O elevador sobe com aceleração dirigida para cima e de módulo $2,0\text{m/s}^2$.

Considere a aceleração da gravidade com módulo $g = 10,0\text{m/s}^2$.

- a) O peso aparente em I é maior que em III.
- b) O peso aparente nos casos II e IV valem 508,4N.
- c) A balança marca 49,6kg no caso IV.
- d) O peso aparente em IV é 620N.
- e) O peso aparente em III é 744N.

RESOLUÇÃO:

I) Sendo a velocidade constante, a gravidade aparente é igual à real e o peso aparente vale 620N.

II) $\downarrow \vec{a} \Leftrightarrow g_{ap} = g - a = 10,0 - 2,0 \text{ (m/s}^2\text{)} = 8,0\text{m/s}^2$

$P_{ap} = m \cdot g_{ap} = 62 \cdot 8,0 \text{ (N)} = 496\text{N}$

A balança marca 49,6kg

III) $\uparrow \vec{a} \Leftrightarrow g_{ap} = g + a = 12,0\text{m/s}^2$

$P_{ap} = m \cdot g_{ap} = 62 \cdot 12,0 \text{ (N)} = 744\text{N}$

A balança marca 74,4kg

IV) $\uparrow \vec{a} \Leftrightarrow g_{ap} = g + a = 12,0\text{m/s}^2$

$P_{ap} = 744\text{N}$

a) (F) $P_{apI} = 620\text{N}$ e $P_{apIII} = 744\text{N}$

b) (F) $P_{apII} = 496\text{N}$ e $P_{apIV} = 744\text{N}$

c) (F) A balança marca 74,4kg

d) (F) $P_{apIV} = 744\text{N}$

e) (V) $P_{apIII} = 744\text{N}$

Resposta: E

2. (UFAC-2011-MODELO ENEM) – Na subida do elevador panorâmico de um shopping, Maria segura sua sacola de compras.

Em certo instante (t_0), de forma distraída, deixa suas compras caírem e faz uma análise do acontecido, uma vez que é aluna do 1.º período do curso de Física. No mesmo momento, Ana, aluna do último ano do mesmo curso, observa o que aconteceu do lado de fora (isto é, em relação a um referencial fixo no solo terrestre) e também decide analisar a situação. Sabendo-se que a aceleração do elevador é \vec{a} e sua velocidade no instante t_0 é \vec{v}_0 , elas chegaram às seguintes deduções:

I. Ana – “A sacola subiu primeiramente até certa altura e, depois, desceu até atingir o chão do elevador, tendo este último uma altura maior do que no instante em que deixaram-na cair”.

II. Ana – “Pensando melhor, a sacola caiu exatamente da mesma forma como foi observada por uma pessoa dentro do elevador”.

III. Maria – “A aceleração da sacola foi a aceleração da gravidade”.

IV. Ana – “No instante t_0 , a sacola estava subindo com velocidade \vec{v}_0 ”.

V. Ana – “Pensando bem, a sacola ficou flutuando por alguns instantes, antes de cair no chão do elevador”.

Em relação às conclusões das alunas, pode-se dizer que:

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

RESOLUÇÃO:

I. (V)

Em relação ao solo terrestre como o elevador estava subindo no instante t_0 então a sacola continua subindo durante um certo intervalo de tempo. Como o elevador está subindo sua altura relativa ao solo está sempre aumentando.

II. (F)

Em relação ao elevador a aceleração da sacola será a gravidade aparente dentro do elevador:

$\uparrow \vec{a} \Leftrightarrow g_{ap} = g + a$

$\downarrow \vec{a} \Leftrightarrow g_{ap} = g - a$

Em relação ao solo terrestre a aceleração da sacola é a aceleração da gravidade.

III. (F)

Para Maria (referencial no elevador) a aceleração da sacola é a gravidade aparente.

IV. (V)

A sacola tinha a mesma velocidade do elevador.

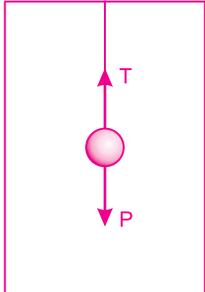
V. (F)

Resposta: B

3. (FUVEST-2010) – Um corpo, de peso P , está suspenso por uma corda inextensível, presa ao teto de um elevador. A intensidade máxima T da tração, suportada pela corda, é igual à intensidade do peso P do corpo. Nessas condições, a corda deverá romper-se quando o elevador estiver

- subindo, com aceleração nula.
- descendo, com velocidade de módulo crescente.
- subindo, com velocidade do módulo decrescente.
- descendo, com aceleração nula.
- subindo, com velocidade de módulo crescente.

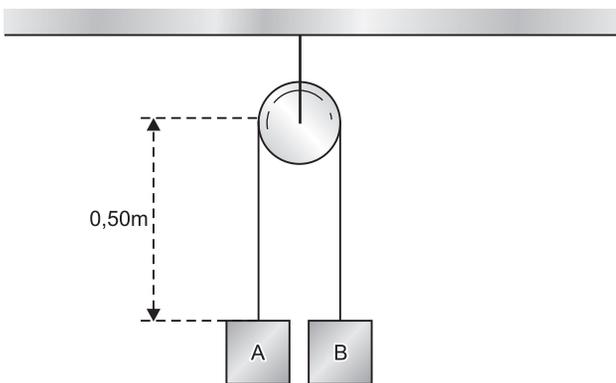
RESOLUÇÃO:



- A corda vai se romper quando $T > P$.
- Se $T > P$ a força resultante no corpo é dirigida para cima e a aceleração do elevador será dirigida para cima:
 $T > P \Leftrightarrow \uparrow \vec{F}_R \stackrel{\text{PFD}}{\Leftrightarrow} \uparrow \vec{a}$
 $\uparrow \vec{a} \begin{cases} 1) \uparrow \vec{V} \text{ subindo com movimento acelerado} \\ 2) \downarrow \vec{V} \text{ descendo com movimento retardado} \end{cases}$

Resposta: E

4. (UNIFOR-CE) – Dois corpos, A e B, estão ligados por um fio de massa desprezível que passa por uma roldana ideal, conforme esquema abaixo.



Dado: $g = 10,0\text{m/s}^2$ e despreza-se o efeito do ar.
 As massas dos corpos A e B são, respectivamente, $1,0\text{kg}$ e $1,5\text{kg}$. O conjunto é mantido inicialmente em repouso na posição indicada no esquema e quando abandonado inicia o movimento.
 Determine
 a) a distância percorrida por um dos blocos, em $0,50\text{s}$ de movimento.
 b) a intensidade da força que traciona o fio, enquanto os blocos estiverem em movimento.

RESOLUÇÃO:

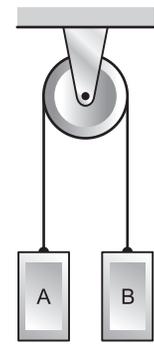
a) 1) PFD (A): $T - P_A = m_A a$
 PFD (B): $P_B - T = m_B a$
 PFD (A + B): $P_B - P_A = (m_A + m_B) a$
 $15,0 - 10,0 = 2,5 \cdot a \Rightarrow a = 2,0\text{m/s}^2$

2) $\Delta s = v_0 t + \frac{\gamma}{2} t^2$
 $\Delta s = 0 + \frac{2,0}{2} (0,50)^2 \text{ (m)} \Rightarrow \Delta s = 0,25\text{m}$

b) $T - 10,0 = 1,0 \cdot 2,0 \Rightarrow T = 12,0\text{N}$

Respostas: a) $0,25\text{m}$
 b) $12,0\text{N}$

5. (CEFET-MG-2011) – Dois blocos A e B, de massas $m_A = 2,0\text{kg}$ e $m_B = 3,0\text{kg}$, estão acoplados através de uma corda inextensível e de peso desprezível que passa por uma polia conforme figura.



Esses blocos foram abandonados, e, após mover-se por $1,0\text{m}$, o bloco B encontrava-se a $3,0\text{m}$ do solo quando se soltou da corda. Desprezando-se a massa da polia e quaisquer formas de atrito, o tempo necessário, em segundos, para que B chegue ao chão é igual a
 a) $0,20$ b) $0,40$ c) $0,60$ d) $0,80$ e) $1,0$
 Adote $g = 10,0\text{m/s}^2$ e despreze o efeito do ar.

RESOLUÇÃO:

1) Cálculo da aceleração inicial do bloco B:
 $P_B - P_A = (m_A + m_B) a$
 $30,0 - 20,0 = 5,0 \cdot a$
 $a = 2,0\text{m/s}^2$

2) Cálculo da velocidade do bloco B no instante em que se solta da corda:

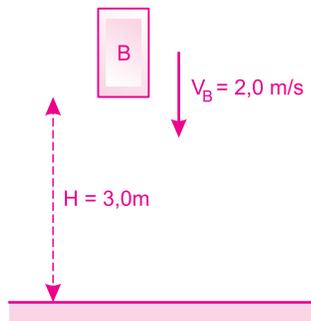
$$V^2 = V_0^2 + 2 \gamma \Delta s$$

$$V_B^2 = 0 + 2 \cdot 2,0 \cdot 1,0$$

$$V_B^2 = 4,0$$

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

3) Cálculo do tempo para atingir o solo



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

$$3,0 = 2,0t + 5,0t^2$$

$$5,0t^2 + 2,0t - 3,0 = 0$$

$$t = \frac{-2,0 \pm \sqrt{4,0 + 60,0}}{10,0} \quad (\text{s})$$

$$t = \frac{-2,0 + 8,0}{10,0} \quad (\text{s})$$

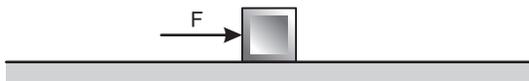
$$t = 0,60 \text{ s}$$

Resposta: C

MÓDULO 35

ATRITO

1. Um objeto de peso 20N está em repouso em um plano horizontal quando recebe a ação de uma força motriz de intensidade F.



Os coeficientes de atrito estático e dinâmico entre o objeto e o plano horizontal valem, respectivamente, 0,60 e 0,50. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$ e não considere o efeito do ar.

- Calcule as intensidades da força de atrito de destaque e da força de atrito dinâmica.
- Preencha a tabela a seguir com os valores da intensidade da força de atrito que o bloco recebe do plano horizontal e do módulo da aceleração adquirida pelo bloco.

F(N)	F _{at} (N)	a(m/s ²)
10		
12		
20		

RESOLUÇÃO:

a) $F_{\text{destaque}} = \mu_E F_N = 0,60 \cdot 20 \text{ (N)} = 12 \text{ N}$

$$F_{\text{at,din}} = \mu_D F_N = 0,50 \cdot 20 \text{ (N)} = 10 \text{ N}$$

F(N)	F _{at} (N)	a(m/s ²)
10	10	zero
12	12	zero
20	10	5,0m/s ²

PFD: $F - F_{\text{at}} = m a$

$$20 - 10 = \frac{20}{10} \cdot a \Rightarrow a = 5,0 \text{ m/s}^2$$

- Respostas: a) 12N e 10N
b) ver tabela

2. (UNICAMP-2011 – MODELO ENEM) – Acidentes de trânsito causam milhares de mortes todos os anos nas estradas do país. Pneus desgastados (“carecas”), freios em péssimas condições e excesso de velocidade são fatores que contribuem para elevar o número de acidentes de trânsito.

O sistema de freios ABS (do alemão “Antiblockier- Bremssystem”) impede o travamento das rodas do veículo, de forma que elas não deslizem no chão, o que leva a um menor desgaste do pneu. Não havendo deslizamento, a distância percorrida pelo veículo até a parada completa é reduzida, pois a força de atrito aplicada pelo chão nas rodas é estática, e seu valor máximo é sempre maior que a força de atrito cinético. O coeficiente de atrito estático entre os pneus e a pista é $\mu_e = 0,80$ e o cinético vale $\mu_c = 0,60$. Sendo $g = 10 \text{ m/s}^2$ e a massa do carro $m = 1,2 \cdot 10^3 \text{ kg}$, o módulo da força de atrito estático máxima e a da força de atrito cinético são, respectivamente, iguais a

- $1,2 \cdot 10^3 \text{ N}$ e $1,2 \cdot 10^4 \text{ N}$.
- $1,2 \cdot 10^4 \text{ N}$ e $1,2 \cdot 10^2 \text{ N}$.
- $2,0 \cdot 10^4 \text{ N}$ e $1,5 \cdot 10^4 \text{ N}$.
- $9,6 \cdot 10^3 \text{ N}$ e $7,2 \cdot 10^3 \text{ N}$.

Nota: Admita que o carro se desloque em um plano horizontal.

RESOLUÇÃO:

1) $F_{\text{at,estático(máx)}} = \mu_E F_N = \mu_E m g$

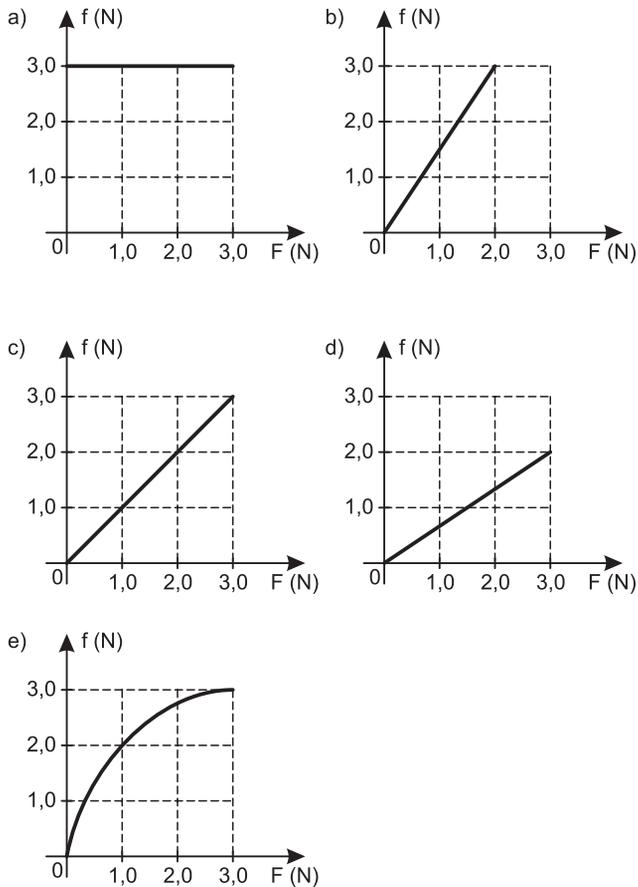
$$F_{\text{at,estático(máx)}} = 0,80 \cdot 1,2 \cdot 10^3 \cdot 10 \text{ (N)} = 9,6 \cdot 10^3 \text{ N}$$

2) $F_{\text{at,cin}} = \mu_C F_N = \mu_C m g$

$$F_{\text{at,cin}} = 0,60 \cdot 1,2 \cdot 10^3 \cdot 10 \text{ (N)} = 7,2 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Resposta: D

3. (UFRGS-2011) – Um cubo maciço e homogêneo, cuja massa é de 1,0kg, está em repouso sobre uma superfície plana horizontal. O coeficiente de atrito estático entre o cubo e a superfície vale 0,30. Uma força F , horizontal, é então aplicada sobre o centro de massa do cubo. (Considere o módulo da aceleração da gravidade igual a 10m/s^2 .) Assinale o gráfico que melhor representa a intensidade f da força de atrito estático em função da intensidade F da força aplicada.



RESOLUÇÃO:

A força de atrito de destaque é dada por:

$$F_{\text{destaque}} = \mu_E F_N = \mu_E mg$$

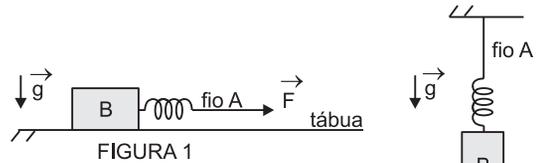
$$F_{\text{destaque}} = 0,3 \cdot 10\text{N} = 3,0\text{N}$$

Para $F \leq 3,0\text{N}$ o atrito será estático e, conseqüentemente:

$$f = F \quad (\text{bloco em repouso})$$

Resposta: C

4. (UNESP-2011) – As figuras 1 e 2 representam dois esquemas experimentais utilizados para a determinação do coeficiente de atrito estático entre um bloco B e uma tábua plana, horizontal.

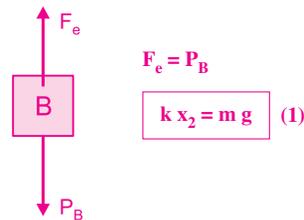


No esquema da figura 1, um aluno exerceu uma força horizontal no fio A e mediu o valor 2,0 cm para a deformação da mola, quando a força atingiu seu máximo valor possível, imediatamente antes que o bloco B se movesse. Para determinar a massa do bloco B, este foi suspenso verticalmente, com o fio A fixo no teto, conforme indicado na figura 2, e o aluno mediu a deformação da mola igual a 10,0 cm, quando o sistema estava em equilíbrio. Nas condições descritas, desprezando-se a resistência do ar, o coeficiente de atrito estático entre o bloco e a tábua vale

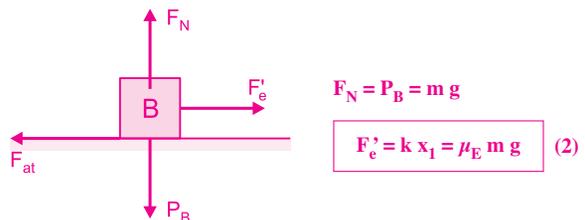
- a) 0,1 b) 0,2 c) 0,3 d) 0,4 e) 0,5

RESOLUÇÃO:

No esquema da figura (2), temos:



No esquema da figura (1), temos:



$$(1) \text{ em } (2): k x_1 = \mu_E \cdot k x_2$$

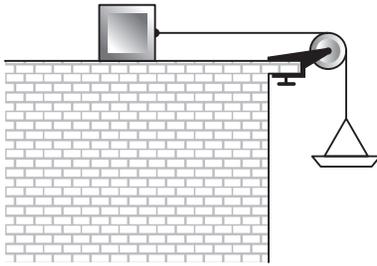
$$\mu_E = \frac{x_1}{x_2}$$

$$\mu_E = \frac{2,0}{10,0}$$

$$\mu_E = 0,2$$

Resposta: B

5. (CESGRANRIO-UNIFICADO-RJ-2011) – A figura abaixo ilustra um bloco de massa igual a 8,0kg, em repouso, apoiado sobre um plano horizontal. Um prato de balança, com massa desprezível, está ligado ao bloco por um fio ideal. O fio passa pela polia sem atrito.



O coeficiente de atrito estático entre o bloco e a superfície é $\mu = 0,20$. Dispõe-se de 4 pequenos blocos cujas massas são:

$$m_1 = 0,30\text{kg}; \quad m_2 = 0,60\text{kg}; \quad m_3 = 0,90\text{kg}; \quad m_4 = 1,2\text{kg}$$

Cada bloco pode ou não ser colocado no prato, de modo que o prato pode conter um, dois, três ou até todos os quatro blocos. Considerando-se a aceleração da gravidade com módulo igual a 10m/s^2 , de quantas maneiras distintas é possível colocar pesos no prato, a fim de que o bloco entre em movimento?

RESOLUÇÃO:

Para o bloco se mover devemos ter:

$$P_{\text{suspensão}} > F_{\text{at, destaque}}$$

$$Mg > \mu_E mg$$

$$M > \mu_E m \Rightarrow M > 0,20 \cdot 8,0\text{kg}$$

$$M > 1,6\text{kg}$$

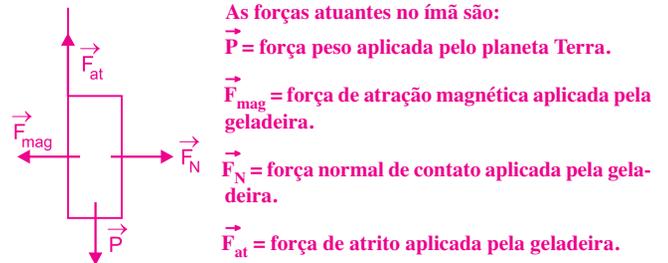
Possibilidades: (1) + (2) + (3): 1,8kg

$$(4) + (2): 1,8\text{kg}$$

$$(4) + (3): 2,1\text{kg}$$

1. (UNIFESP – MODELO ENEM) – Uma bonequinha está presa, por um ímã a ela colado, à porta vertical de uma geladeira. Sendo $m = 20\text{g}$ a massa total da bonequinha com o ímã e $\mu = 0,50$ o coeficiente de atrito estático entre o ímã e a porta da geladeira, qual deve ser o menor valor da força magnética entre o ímã e a geladeira para que a bonequinha não caia?
 a) 0,10 b) 0,20 c) 0,30 d) 0,40 e) 0,50
 Dado: $g = 10,0\text{m/s}^2$.

RESOLUÇÃO:



Observação: a força total que a geladeira aplica no ímã é a resultante entre \vec{F}_N , \vec{F}_{mag} , e \vec{F}_{at} e vai equilibrar o peso do ímã.

Para a bonequinha não cair, devemos ter:

$$F_{\text{at}} = P \text{ e } F_N = F_{\text{mag}}$$

Sendo o atrito estático, temos:

$$F_{\text{at}} \leq \mu_E F_N$$

$$mg \leq \mu_E F_{\text{mag}}$$

$$F_{\text{mag}} \geq \frac{mg}{\mu_E}$$

$$F_{\text{mag}} \geq \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{0,50} \text{ (N)}$$

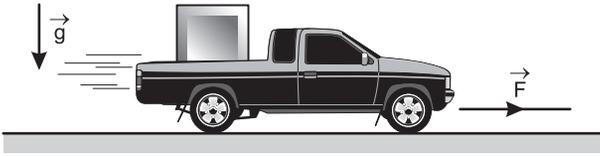
$$F_{\text{mag}} \geq 0,40\text{N}$$

$$F_{\text{mag}(\text{mín})} = 0,40\text{N}$$

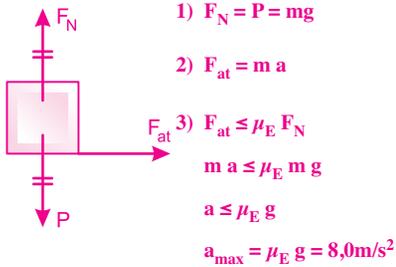
Resposta: D

2. (UESPI-2011) – Um menino puxa através de uma corda ideal o seu caminhão de brinquedo, de massa 200g, com uma força horizontal de módulo constante, F (ver figura). Um bloco de massa 100g encontra-se inicialmente em repouso sobre a carroceria do caminhão. O coeficiente de atrito estático entre o bloco e a carroceria vale 0,8. A resistência do ar e o atrito entre o caminhão e o solo são desprezíveis. Considere a aceleração da gravidade com módulo igual a 10m/s^2 . Qual o valor máximo de F tal que o bloco não deslize sobre a carroceria do caminhão?

- a) 0,8N b) 1,6N c) 2,4N d) 3,2N e) 4,6N



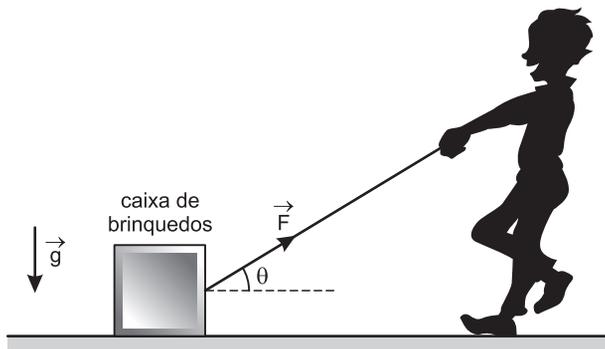
RESOLUÇÃO:



4) PFD: $F = (M + m) a$
 $F_{max} = (M + m) a_{max}$
 $F_{max} = 0,30 \cdot 8,0 \text{ (N)}$
 $F_{max} = 2,4\text{N}$

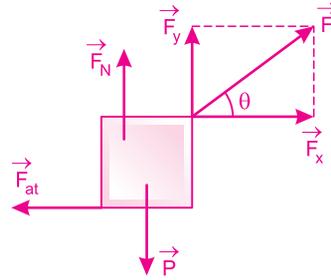
Resposta: C

3. (UFAL-2011) – Uma criança tenta puxar a sua caixa de brinquedos, de peso P , exercendo uma força de tração numa corda ideal, de módulo F e direção fazendo um ângulo θ com a horizontal (ver figura). O coeficiente de atrito estático entre a caixa e o solo horizontal é denotado por μ . Assinale a expressão para o máximo valor de F de modo que a caixa ainda permaneça em repouso. (Para efeito de cálculo, considere a caixa como uma partícula)



- a) $\mu P / [\cos(\theta) + \mu \sin(\theta)]$ b) $\mu P / [\sin(\theta) + \mu \cos(\theta)]$
 c) $\mu P / [\cos(\theta) - \mu \sin(\theta)]$ b) $\mu P / [\sin(\theta) - \mu \cos(\theta)]$
 e) $\mu P / [\tan(\theta) - \mu \cos(\theta)]$

RESOLUÇÃO:

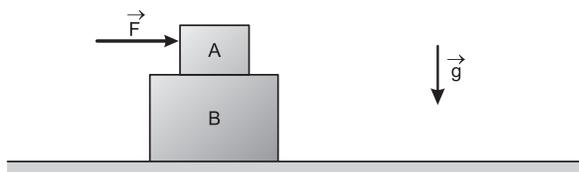


- 1) Componentes de F :
 $F_x = F \cos \theta$ e $F_y = F \sin \theta$
- 2) Resultante vertical nula:
 $F_N + F_y = P$
 $F_N + F \sin \theta = P \Rightarrow F_N = P - F \sin \theta$
- 3) Iminência de escorregar ($F = F_{max}$):
 $F_{at_{max}} = \mu F_N = \mu (P - F \sin \theta)$
- 4) Resultante horizontal nula:
 $F_x = F_{at_{max}}$
 $F \cos \theta = \mu (P - F \sin \theta)$
 $F \cos \theta = \mu P - \mu F \sin \theta$
 $F (\cos \theta + \mu \sin \theta) = \mu P$
 $F = \frac{\mu P}{\cos \theta + \mu \sin \theta}$

Resposta: A

4. Considere um bloco A de massa m apoiado sobre um bloco B de massa M .

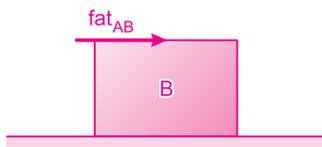
Inicialmente o sistema está em repouso sobre um plano horizontal. Uma força horizontal constante, de intensidade F , é aplicada ao bloco A.



A aceleração da gravidade é constante e tem módulo igual a g . O coeficiente de atrito estático entre A e B vale μ e não há atrito entre o bloco B e o plano horizontal de apoio. Despreze o efeito do ar. Para que não haja escorregamento entre A e B, o máximo valor possível para F é dado por:

- a) $F = \frac{M}{m} (M + m) \mu g$ b) $F = M \mu g$
 c) $F = m \mu g$ d) $F = \frac{M}{m} \mu g$
 e) $F = \frac{(M + m)m}{M} \mu g$

RESOLUÇÃO:



O bloco B é acelerado pela força de atrito aplicada por A:

PFD (B): $fat_{AB} = Ma$

Sendo o atrito estático, vem:

$fat_{AB} \leq \mu mg$

$$Ma \leq \mu mg \Rightarrow a \leq \mu \frac{m}{M} g$$

$$a_{\text{máx}} = \mu \frac{m}{M} g$$

Aplicando a 2.ª lei de Newton ao sistema (A + B), vem:

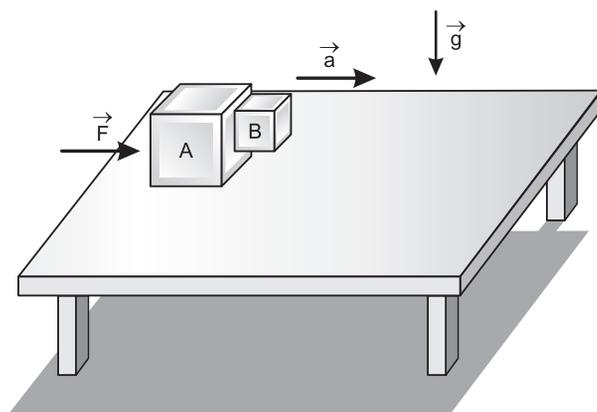
$F = (M + m) a$

$$F_{\text{máx}} = (M + m) \mu \frac{m}{M} g$$

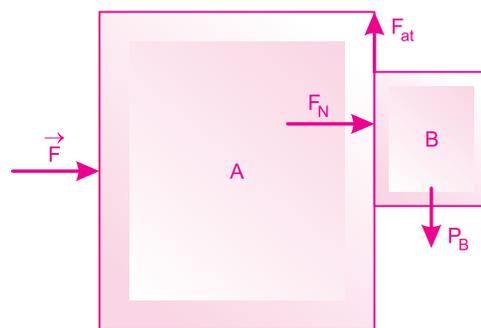
Resposta: E

5. (UFPE) – O coeficiente de atrito estático entre as superfícies dos blocos A e B da figura abaixo é $\mu = 0,5$. A mesa é perfeitamente lisa. Qual deve ser o módulo da aceleração mínima do sistema para que o bloco B não deslize verticalmente?

Adote $g = 10\text{m/s}^2$ e não considere o efeito do ar.



RESOLUÇÃO:



1) $F_{at} = P_B = m_B g$

2) PFD (B): $F_N = m_B a$

3) $F_{at} \leq \mu_E F_N$ (atrito estático)

$$m_B g \leq \mu_E m_B a$$

$$a \geq \frac{g}{\mu_E}$$

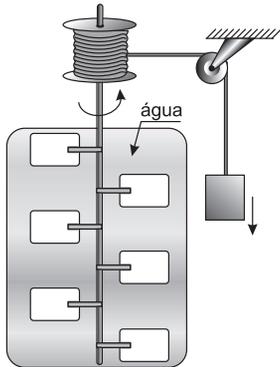
$$a_{\text{mín}} = \frac{g}{\mu_E} = \frac{10}{0,5} \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$a_{\text{mín}} = 20\text{m/s}^2$$

MÓDULO 11

TERMODINÂMICA II

1. (UNISA-SP) – Numa repetição da célebre experiência de Joule, que contribuiu fortemente para estabelecer as bases da termodinâmica, um peso de massa 2,5kg, preso por uma fita, desce 8,0m com velocidade constante promovendo o movimento de 0,50kg de água.



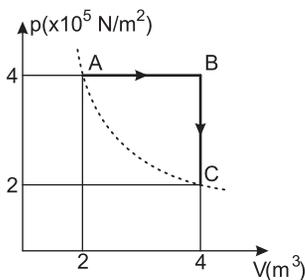
A elevação da temperatura da água pode ser estimada em
 a) 4°C b) 2°C c) 1°C d) 0,5°C e) 0,1°C
 Dados: $g = 10\text{m/s}^2$
 $c_{\text{água}} = 4 \cdot 10^3 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$

RESOLUÇÃO:

$\tau_p = Q$
 $m_p g h = m_a c \Delta\theta \Rightarrow 2,5 \cdot 10 \cdot 8,0 = 0,50 \cdot 4 \cdot 10^3 \cdot \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = 0,1^\circ\text{C}$

Resposta: E

2. (UFRRJ) – A figura abaixo representa o gráfico p-V de um gás, suposto ideal, que sofre primeiramente um processo isobárico, partindo do ponto A para o ponto B, e depois um processo isovolumétrico, atingindo o ponto C, que se situa sobre a mesma isoterma que A.



Calcule
 a) o trabalho realizado pelo gás ao final do processo ABC;
 b) o calor recebido pelo gás ao final do processo ABC.

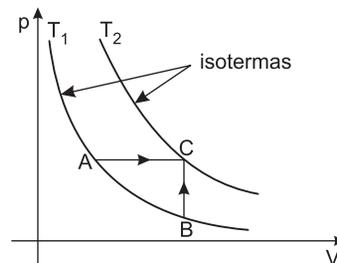
RESOLUÇÃO:

a) $\tau_{ABC} = \tau_{AB} + \tau_{BC}$
 $\tau_{ABC} = [\text{área}]_A^B + 0$
 Atenção que a transformação BC é isovolumétrica, assim $\tau_{BC} = 0$
 $\tau_{ABC} = (4 - 2) \cdot 10^5 \cdot (4 - 2) \text{ (J)}$
 $\tau_{ABC} = 4 \cdot 10^5 \text{ J}$

b) Como a situação inicial A e a final C pertencem à mesma isoterma, temos:
 $T_A = T_C \Rightarrow \Delta U_{AC} = 0$
 Assim, aplicando-se a 1ª lei da termodinâmica, temos:
 $Q_{ABC} = \tau_{ABC} = 4 \cdot 10^5 \text{ J}$

Respostas: a) $4 \cdot 10^5 \text{ J}$ b) $4 \cdot 10^5 \text{ J}$

3. (EN-RJ) – Observe o gráfico abaixo.



Considere as afirmativas a seguir, relativas às transformações de um gás ideal mostradas no gráfico acima.

- (I) Na transformação AC, o sistema realiza trabalho e recebe calor.
- (II) As transformações AC e BC têm a mesma variação de energia interna.
- (III) Na transformação BC, o trabalho é nulo e o sistema cede calor à vizinhança.

Assinale a opção correta.

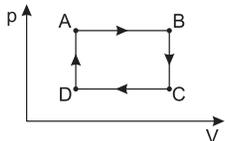
- a) somente a afirmativa I é verdadeira.
- b) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- c) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- e) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.

RESOLUÇÃO:

- I) **CORRETA.** De A para C, o volume aumenta e o sistema realiza τ . Como a temperatura aumenta ($T_2 > T_1$) e o gás realiza τ , então receberá calor.
 $Q = \tau + \Delta U$
- II) **CORRETA.** Nas transformações AC e BC, o gás parte de uma mesma temperatura T_1 e vai para T_2 . Assim, a variação de energia interna é igual nas duas transformações.
- III) **FALSA.** Na transformação BC, o volume do gás permanece constante e o trabalho trocado é nulo.
 De B para C, a temperatura do gás aumenta (vai de T_1 para T_2 , com $T_2 > T_1$), então a energia interna aumenta e o gás precisará receber energia em forma de calor.

Resposta: D

4. (UFV-MG) – Um sistema é levado do estado A para o estado C passando pelo caminho ABC, retornando para o estado A pelo caminho CDA, como mostrado no diagrama de pressão versus volume da figura ao lado.



A respeito da variação da energia interna ΔU do sistema, do trabalho W e da quantidade de calor Q no processo ABCDA, é correto afirmar que:

- a) $\Delta U > 0$, $W = 0$ e $Q > 0$ b) $\Delta U = 0$ e $W = Q$
 c) $\Delta U = W = Q = 0$ d) $\Delta U < 0$, $W > 0$ e $Q = 0$

RESOLUÇÃO:

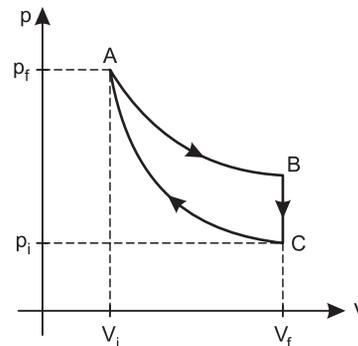
Num ciclo, a temperatura inicial e final são iguais, assim: $\Delta U_{\text{ciclo}} = 0$

Na 1ª lei da termodinâmica, temos: $Q = W + \Delta U$

Portanto: $Q = W$

Resposta: B

5. (UFU-MG-2010) – Um gás ideal passa por três processos termodinâmicos, conforme mostra o gráfico abaixo, da variação da pressão (p) em função do volume (V). No processo do estado A para o estado B (processo AB), o gás se expande isotermicamente, absorvendo 500J de calor. No processo BC ocorre uma variação na sua energia interna de -200J e no processo CA ocorre uma compressão adiabática.



Faça o que se pede:

- a) No processo BC, o gás recebeu ou perdeu calor?
 b) Calcule o módulo da variação da energia interna no processo CA.
 c) Calcule o módulo do trabalho no processo AB.
 d) Calcule o módulo do trabalho total no ciclo.

RESOLUÇÃO:

- a) Na transformação BC, o volume permanece constante e o trabalho trocado é nulo ($\tau = 0$). A temperatura do gás em B é maior do que em C. Assim, a temperatura do gás diminui e a sua energia interna também diminui. Dessa forma, em BC o gás *perdeu calor*.
- b) A variação de energia interna no ciclo ABCA é dado por:

$$\Delta U_{\text{CICLO}} = \Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} + \Delta U_{CA}$$

Como:

$$\Delta U_{\text{CICLO}} = 0$$

$$\Delta U_{AB} = 0 \text{ (transformação isotérmica)}$$

$$\Delta U_{BC} = -200 \text{ J}$$

Assim:

$$0 = 0 - 200 + \Delta U_{CA}$$

$$\Delta U_{CA} = 200 \text{ J}$$

- c) 1.ª lei da termodinâmica:

$$Q = \tau + \Delta U_{CA}$$

Como:

$$Q_{AB} = 500 \text{ J}$$

$$\Delta U_{AB} = 0$$

Vem:

$$500 = \tau_{AB} + 0$$

$$\tau_{AB} = 500 \text{ J}$$

- d) Trabalho total no ciclo:

$$\tau_{\text{CICLO}} = \tau_{AB} + \tau_{BC} + \tau_{CA}$$

$$\tau_{\text{CICLO}} = (500 + 0 - 200) \text{ (J)}$$

$$\tau_{\text{CICLO}} = 300 \text{ J}$$

- Respostas: a) *perdeu calor* b) 200 J
 c) 500 J d) 300 J

MÓDULO 12

TERMODINÂMICA III

1. (UEM-PR) – Do século XV ao século XVIII, na Europa, as máquinas eram movidas ou pela força da água ou pela força dos ventos. A partir do final do século XVIII, a Grã-Bretanha passou a utilizar as máquinas térmicas, inicialmente para o desenvolvimento das indústrias de mineração. Sobre essa revolução industrial, é correto afirmar que
- a primeira máquina térmica foi inventada por James Watt e possuía um rendimento térmico de aproximadamente 90%.
 - as máquinas térmicas foram amplamente utilizadas durante os primeiros dez anos de sua invenção e depois foram substituídas pelas máquinas antigas (movidas a água ou vento) devido ao problema crônico da falta de carvão na Europa.
 - a máquina térmica funciona absorvendo calor da fonte quente (caldeira), realizando trabalho e cedendo o calor não utilizado na produção de trabalho útil para a fonte fria.
 - o Ciclo de Carnot permite que uma máquina térmica transforme 100% do calor gerado em trabalho mecânico.
 - o moto-perpétuo foi inventado por Carnot para uso nos teares britânicos.

RESOLUÇÃO:

Toda máquina térmica retira energia (térmica) de uma fonte quente, transforma parte dela em energia mecânica e rejeita o restante para uma fonte fria.

Resposta: C

2. (UFRS)– Analise as seguintes afirmações, referentes à 2.ª lei da termodinâmica.
- Se uma máquina térmica, operando em ciclos, retira 100 joules de calor de uma fonte quente, então ela pode produzir até 100 joules de trabalho.
 - Uma máquina térmica que opera em um Ciclo de Carnot tem um rendimento de 100%.
 - O rendimento de uma máquina térmica será máximo quando ela operar em um ciclo de Carnot.

Estão corretas

- apenas a I.
- apenas a II.
- apenas a III.
- apenas a I e a II.
- apenas a II e a III.

RESOLUÇÃO:

I. FALSA

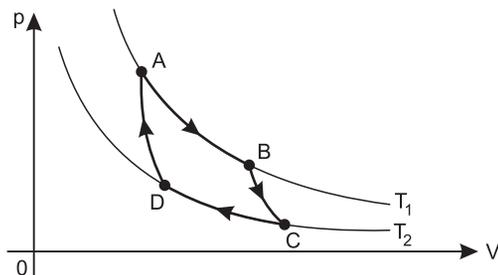
O rendimento de uma máquina térmica não pode ser de 100%.

II. FALSA

III. VERDADEIRA

Resposta: C

3. (UFBA) – A figura abaixo representa o Ciclo de Carnot realizado por um gás ideal que sofre transformações numa máquina térmica. Considere-se que o trabalho útil fornecido pela máquina, em cada ciclo, é igual a 1000 J e, ainda, que $\theta_1 = 127^\circ\text{C}$, $\theta_2 = 27^\circ\text{C}$, $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$



Nessas condições, conclui-se corretamente que

- de A até B o gás é expandido isobaricamente.
- de B até C o gás sofre uma expansão isotérmica.
- de C até D o gás é comprimido isotermicamente.
- de D até A o gás sofre compressão sem trocar calor com o meio externo.
- o rendimento da máquina depende da substância utilizada.
- a quantidade de calor retirado da fonte quente é aproximadamente igual a 952 cal.

RESOLUÇÃO:

O Ciclo de Carnot é formado por duas isothermas, AB e CD, e duas adiabáticas, BC e DA.

(01) FALSA

De A até B o gás sofre expansão isotérmica.

(02) FALSA

De B até C o gás sofre expansão adiabática.

(04) VERDADEIRA

(08) VERDADEIRA

(16) FALSA

O rendimento da máquina ideal de Carnot é máximo, operando entre duas temperaturas, independentemente da substância usada como fluido operante.

(32) VERDADEIRA

Na máquina de Carnot, vale

$$\frac{Q_Q}{Q_F} = \frac{T_Q}{T_F}$$

$$\frac{Q_Q}{Q_Q - \tau} = \frac{T_Q}{T_F}$$

$$\frac{Q_Q}{Q_Q - 1000} = \frac{(127 + 273)}{(27 + 273)}$$

$$Q_Q \cdot 300 = (Q_Q - 1000) \cdot 400$$

$$3Q_Q = 4Q_Q - 4000$$

$$Q_Q = 4000 \text{ J} = \frac{4000}{4,2} \text{ cal}$$

$$Q_Q \cong 952 \text{ cal}$$

Resposta: 44

4. (UFMT) – Um cientista afirma ter construído uma máquina térmica que trabalha entre as temperaturas $T_1 = 400 \text{ K}$ e $T_2 = 600 \text{ K}$ e que produz trabalho a uma taxa de 200 W . A quantidade de calor fornecida pela fonte quente à máquina a cada ciclo é $Q_2 = 100 \text{ J}$ e sua frequência de trabalho é 4 ciclos por segundo.

Considere:

O rendimento de uma máquina térmica é dado por $\eta = \frac{\tau}{Q_2}$, sendo

τ o trabalho produzido pela máquina no ciclo. O rendimento máximo de uma máquina térmica é dado quando esta opera em um Ciclo de Carnot e é igual a $\eta_c = 1 - \frac{T_1}{T_2}$.

Levando em conta as informações dadas, pode-se concluir:

- Esse feito não poderia ter ocorrido, pois contraria a segunda lei da termodinâmica.
- Esse feito não poderia ter ocorrido, pois contraria a primeira e a segunda lei da termodinâmica.
- Esse feito não poderia ter ocorrido, pois contraria a primeira lei da termodinâmica.
- Essa máquina térmica poderia funcionar, pois não contraria as leis da termodinâmica.
- Essa máquina térmica poderia funcionar, pois não contraria o princípio de conservação de energia.

RESOLUÇÃO:

O rendimento máximo ocorre quando a máquina térmica opera segundo um Ciclo de Carnot, sendo calculado por:

$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

$$\text{Assim: } \eta = 1 - \frac{400}{600} = 1 - \frac{2}{3} \Rightarrow \eta = \frac{1}{3} \approx 33\%$$

Em cada segundo, essa máquina realiza 4 ciclos.

$$Q_2 = 4 \cdot 100 \text{ (J)} \Rightarrow Q_2 = 400 \text{ J}$$

Portanto:

$$\eta = \frac{\tau}{Q_2}$$

$$\frac{1}{3} = \frac{\tau}{400} \Rightarrow \tau \approx 133 \text{ J}$$

A potência dessa máquina poderia ser, no máximo:

$$\text{Pot}_{\text{máx}} = 133 \text{ W}$$

O exposto ($\text{Pot} = 200 \text{ W}$) não é possível porque contraria a 2ª lei da termodinâmica.

Resposta: A

5. (VUNESP) – Uma usina termoeétrica opera com um sistema de circulação de água. A água, sob alta pressão, vaporiza-se a uma temperatura de 200° C . Este vapor, após passar por uma turbina, é condensado na temperatura de 50° C . Sabendo-se que esta usina trabalha com 50% da eficiência teórica máxima e que o calor fornecido pela queima do carvão é de $50\,000 \text{ joules}$ a cada segundo, a potência útil desse gerador, em kW, é

- a) 1585 b) 795 c) 158,5 d) 31,7 e) 7,95

RESOLUÇÃO:

1) Eficiência teórica máxima (Carnot):

$$\eta = 1 - \frac{T_F}{T_Q}$$

$$\eta = 1 - \frac{(50 + 273)}{(200 + 273)} = 1 - \frac{323}{473} \Rightarrow \eta \approx 0,317 \approx 31,7\%$$

2) Eficiência útil:

$$\eta_u = \frac{\eta}{2} = \frac{31,7}{2}\% \Rightarrow \eta = 15,8\%$$

$$3) \text{ Assim: } \eta = \frac{\text{Pot}_u}{\text{Pot}_Q} \Rightarrow 0,158 = \frac{\text{Pot}_u}{50\,000} \Rightarrow \text{Pot}_u \approx 7\,900 \text{ W} \approx 7,9 \text{ kW}$$

$$\text{Pot}_u \approx 7,9 \text{ kW}$$

Resposta: E

MÓDULO 13

DILATAÇÃO TÉRMICA DOS SÓLIDOS E DOS LÍQUIDOS

1. (UFPB) – Um fio fino de cobre, de comprimento $L = 30 \text{ cm}$, encontra-se a uma temperatura $T = 40^\circ \text{ C}$. A que temperatura se deve aquecer o fio para que seu comprimento aumente $2,4 \times 10^{-3} \text{ cm}$, sabendo-se que o coeficiente de dilatação linear do cobre vale $1,6 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$?

RESOLUÇÃO:

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

$$\text{Assim: } 2,4 \cdot 10^{-3} = 30 \cdot 1,6 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta \theta$$

$$\Delta \theta = 5^\circ \text{ C}$$

$$\text{Mas: } \theta - 40 = 5$$

$$\theta = 45^\circ \text{ C}$$

Resposta: 45° C

2. (FEI-2010) – Uma barra metálica a 30 °C possui comprimento $\ell = 2,0$ m. Sabendo-se que o coeficiente de dilatação linear da barra é $\alpha = 2 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, em qual temperatura o comprimento da barra terá variado 2%?

- a) 33 °C b) 10 °C c) 28 °C
d) 30 °C e) 40 °C

RESOLUÇÃO:

Cálculo do percentual:

$$L_0 \rightarrow 100\%$$

$$\Delta L \rightarrow x\%$$

$$\Delta L = \frac{L_0 x}{100}$$

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

Vem: $\frac{L_0 x}{100} = L_0 \alpha \Delta \theta$

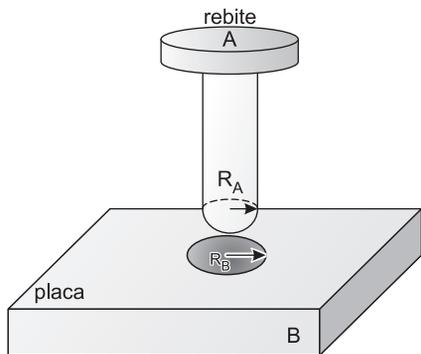
$$x = 100 \alpha \Delta \theta$$

Portanto: $2 = 100 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot (\theta_f - 30)$

$$\theta_f = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Resposta: E

3. (UFSC) – Um aluno de ensino médio está projetando um experimento sobre a dilatação dos sólidos. Ele utiliza um rebite de material A e uma placa de material B, de coeficientes de dilatação térmica, respectivamente, iguais a α_A e α_B . A placa contém um orifício em seu centro, conforme indicado na figura. O raio R_A do rebite é menor que o raio R_B do orifício e ambos os corpos se encontram em equilíbrio térmico com o meio.



Assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

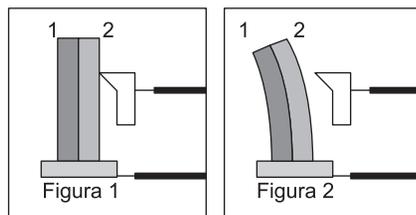
01. Se $\alpha_A > \alpha_B$, a folga irá aumentar se ambos forem igualmente resfriados.
02. Se $\alpha_A > \alpha_B$, a folga ficará inalterada se ambos forem igualmente aquecidos.
04. Se $\alpha_A < \alpha_B$ e aquecermos apenas o rebite, a folga aumentará.
08. Se $\alpha_A = \alpha_B$, a folga ficará inalterada se ambos forem igualmente aquecidos.
16. Se $\alpha_A = \alpha_B$, e aquecermos somente a placa, a folga aumentará.
32. Se $\alpha_A > \alpha_B$, a folga aumentará se apenas a placa for aquecida.

RESOLUÇÃO:

- (01) CORRETA. Se $\alpha_A > \alpha_B$, o raio R_A do rebite aumentará mais do que o raio R_B do orifício se a temperatura aumentar e diminuirá mais se a temperatura diminuir. Assim, resfriando-se o conjunto, o rebite passará com mais folga no orifício.
(02) FALSA.
(04) FALSA. Aquecendo-se apenas o rebite, seu raio aumentará. A placa não é aquecida. A folga diminuirá.
(08) FALSA. Como $R_B > R_A$, sendo $\alpha_A = \alpha_B$, a folga irá aumentar.
(16) CORRETA. Aquecendo-se somente a placa, o orifício irá aumentar. O rebite, permanecendo o mesmo, deverá passar com maior folga.
(32) CORRETA.

Resposta: 49

4. (PUC-RS) – Um termostato é um dispositivo utilizado para controlar a temperatura em diversos equipamentos elétricos. Um dos tipos de termostato é construído com duas lâminas metálicas, 1 e 2, firmemente ligadas, conforme a figura 1.



Quando a temperatura aumenta, o conjunto se curva em forma de arco (figura 2), fazendo com que, a partir de certa temperatura, o circuito seja aberto, interrompendo a passagem de corrente elétrica. Supondo que a lâmina seja constituída de ferro e cobre, cujos coeficientes de dilatação linear médios são, respectivamente, $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ e $1,7 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, para produzir-se o efeito descrito, a lâmina _____ deve ter coeficiente de dilatação _____ do que a outra, correspondendo, portanto, ao _____.

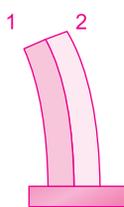
As informações que preenchem correta e respectivamente as lacunas estão reunidas em

- a) 1, menor e ferro b) 1, menor e cobre c) 1, maior e cobre
d) 2, menor e ferro e) 2, maior e ferro

RESOLUÇÃO:

Numa lâmina bimetalica, no aquecimento, a de maior coeficiente de dilatação linear dilatar-se-á mais do que a outra (observe que os comprimentos iniciais são iguais).

Assim, na curvatura da lâmina, a de maior coeficiente de dilatação ficará na face convexa.



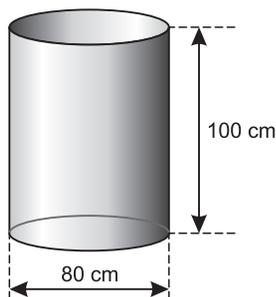
No aquecimento, temos: $\alpha_2 > \alpha_1$

Portanto, temos:

- 1) Lâmina 1, coeficiente de dilatação menor, correspondendo ao ferro.
2) Lâmina 2, coeficiente de dilatação maior, correspondendo ao cobre.

Resposta: A

5. (UNIRIO-RJ) – A figura abaixo ilustra um cilindro de ferro sem tampa completamente cheio de mercúrio. O conjunto é aquecido de 20°C a 70°C.



Devido a esse aquecimento, há transbordamento de parte do mercúrio. Se o coeficiente de dilatação linear do ferro é $12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ e o coeficiente de dilatação volumétrica do mercúrio é $180 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, qual o volume aproximado, em litros, de mercúrio derramado devido ao aquecimento? (Considere $\pi = 3$.)

- a) 3,5 b) 3,8 c) 4,0 d) 4,3 e) 4,5

RESOLUÇÃO:

O volume derramado expressa a dilatação aparente do mercúrio.

Assim: $\Delta V_{ap} = V_0 \gamma_{ap} \Delta \theta$

mas: $\gamma_{ap} = \gamma_r - \gamma_f$

então: $\Delta V_{ap} = V_0 (\gamma_r - \gamma_f) \Delta \theta$

$\Delta V_{ap} = V_0 (\gamma_r - 3\alpha_f) \Delta \theta$

Sendo: $V_0 = A \cdot h = \pi R^2 \cdot h$

$V_0 = 3 \cdot (40)^2 \cdot 100 \text{ (cm}^3\text{)}$

$V_0 = 480\,000 \text{ cm}^3$

$V_0 = 480 \text{ dm}^3 = 480 \ell$

Temos: $\Delta V_{ap} = 480 \cdot (180 \cdot 10^{-6} - 3 \cdot 12 \cdot 10^{-6}) (70 - 20) \text{ (}\ell\text{)}$

$\Delta V_{ap} = 480 \cdot 144 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \text{ (}\ell\text{)}$

$\Delta V_{ap} = 3,546 \ell \approx 3,5 \ell$

Resposta: A

MÓDULO 14

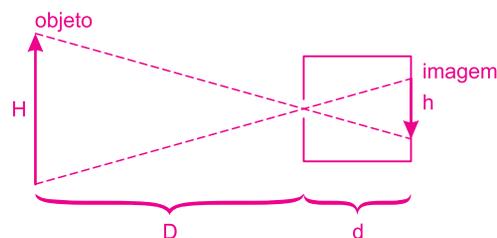
PRINCÍPIO DA ÓPTICA GEOMÉTRICA

1. (VUNESP-UFTM-MG-2010) – Para medir distâncias utilizando-se das propriedades geométricas da luz, um estudante providencia uma caixa cúbica, de aresta 16 cm. Após pintar o interior com tinta preta, faz um orifício no centro de uma das faces e substitui a face oposta ao orifício por uma folha de papel vegetal. Feito isso, aponta o orifício para uma porta iluminada, obtendo dela uma imagem nítida, invertida e reduzida, projetada sobre a folha de papel vegetal. Sabendo-se que a altura da imagem observada da porta é 14 cm e que a altura da porta é 2,15 m, conclui-se que a distância aproximada, em metros, entre o orifício da caixa e a porta é:

- a) 0,9 b) 1,8 c) 2,5 d) 3,5 e) 4,8

RESOLUÇÃO:

Usando-se semelhança de triângulos no esquema a seguir, temos:



$\frac{H}{h} = \frac{D}{d}$

Assim: $\frac{215 \text{ cm}}{14 \text{ cm}} = \frac{D}{16 \text{ cm}}$

$D = 245,7 \text{ cm}$

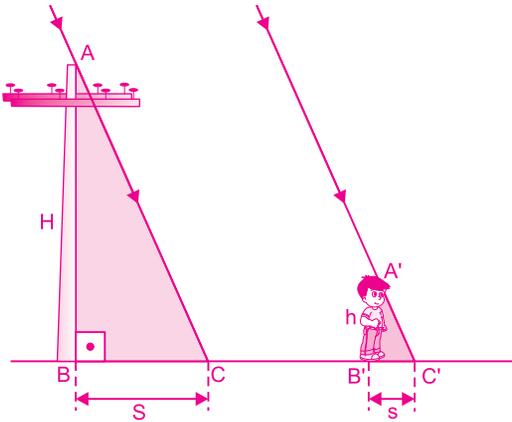
$D \approx 2,5 \text{ m}$

Resposta: C

2. (PUC-MG) – Num dia ensolarado, um aluno de 1,7m mede a sua sombra, encontrando 1,2m. Se, naquele instante, a sombra de um poste nas proximidades mede 4,8m, qual é a altura do poste?

- a) 3,4m b) 4,3m c) 7,2m d) 6,8m e) 5,3m

RESOLUÇÃO:



Como os raios de luz, provenientes do Sol, são considerados paralelos, os triângulos ABC e A'B'C' são semelhantes, valendo:

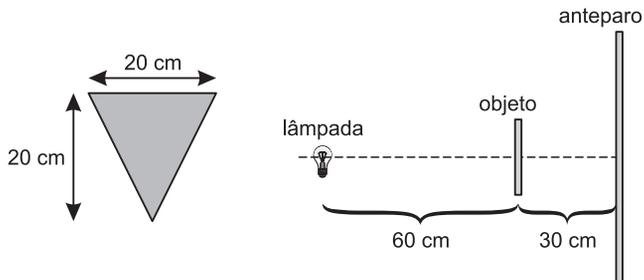
$$\frac{H}{h} = \frac{S}{s}$$

$$\frac{H}{1,7} = \frac{4,8}{1,2}$$

$$H = 6,8m$$

Resposta: D

3. (UFRJ-2010) – Corta-se, num pedaço de papel cartão, um objeto com a forma de um triângulo, como na figura. Uma lâmpada, pequena o suficiente para poder ser considerada uma fonte pontual, é colocada atrás do objeto, com um anteparo à sua frente, alinhados como na figura à direita. Numa sala escura, acende-se a lâmpada e observa-se o anteparo.

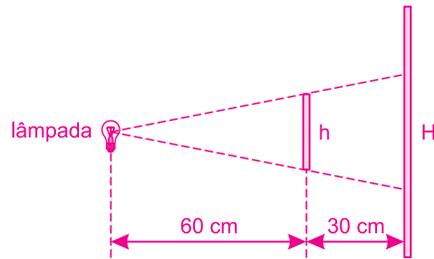


Escolha entre as figuras a seguir qual a que melhor representa a sombra que será formada no anteparo. (Atenção, pois as figuras não estão em escala.)

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

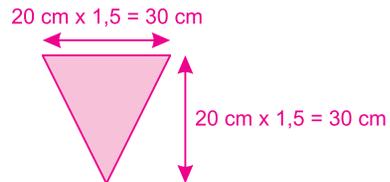
RESOLUÇÃO:

Utilizando a semelhança de triângulos, temos:



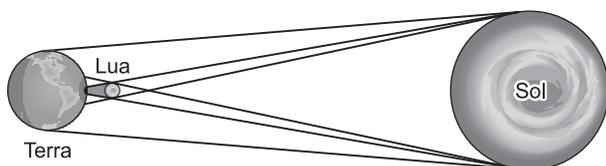
$$\frac{H}{h} = \frac{(60 + 30) \text{ cm}}{60 \text{ cm}} = 1,5$$

Assim, concluímos que a sombra do triângulo, no anteparo, tem suas dimensões multiplicadas por 1,5, em relação ao objeto.



Resposta: E

4. (UEL-PR) – Durante um eclipse solar, um observador,
- no cone de sombra, vê um eclipse parcial.
 - na região de penumbra, vê um eclipse total.
 - na região plenamente iluminada, vê a Lua eclipsada.
 - na região da sombra própria da Terra, vê somente a Lua.
 - na região plenamente iluminada, não vê o eclipse solar



RESOLUÇÃO:

Uma pessoa, estando

- no cone de sombra, não verá o Sol, portanto estará presenciando um *eclipse total do Sol*;
- na região de penumbra, verá apenas uma parte do Sol, portanto estará presenciando um *eclipse parcial do Sol*;
- na região plenamente iluminada, verá toda a parte do Sol voltada para ela, portanto não estará presenciando eclipse solar.

Resposta: E

Para o professor: Explicar também como ocorre o eclipse lunar.

5. (OLIMPÍADA PAULISTA DE FÍSICA) – O mundo não seria tão alegre se a luz solar não fosse constituída de diversas cores. Com relação à luz e às cores, considere as afirmações:

- A luz solar pode ser decomposta nas cores: vermelha, alaranjada, amarela, verde, azul, anil e violeta, como fez Isaac Newton cerca de 400 anos atrás.
 - Sob a luz do Sol, uma blusa é vista como verde porque ela absorve o verde, refletindo todas as outras cores que compõe a luz solar.
 - Uma blusa que à luz solar é vista como amarela, quando iluminada com luz azul, será vista como uma blusa escura.
- As afirmações I e II são corretas.
 - Apenas a afirmação I é correta.
 - As afirmações I e III são corretas.
 - Todas as afirmações são corretas.
 - Nenhuma das afirmações é correta.

RESOLUÇÃO:

I. VERDADEIRA.

luz branca	{	violeta
		anil
		azul
		verde
		amarelo
		alaranjado
		vermelho

II. FALSA.

A blusa verde absorve todas as outras radiações, refletindo apenas a radiação correspondente à cor verde.

III. VERDADEIRA.

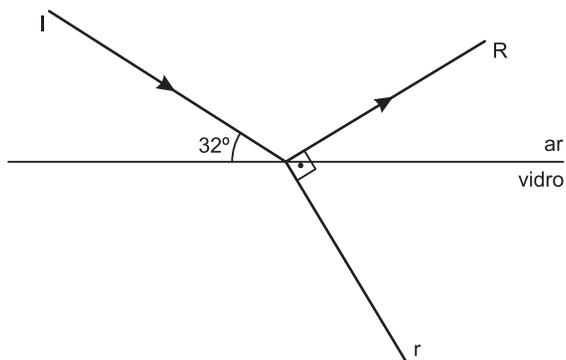
A luz azul incidente é absorvida pelos pigmentos amarelos (que refletem apenas a luz correspondente à cor amarela), tomando o aspecto escuro.

Resposta: C

MÓDULO 15

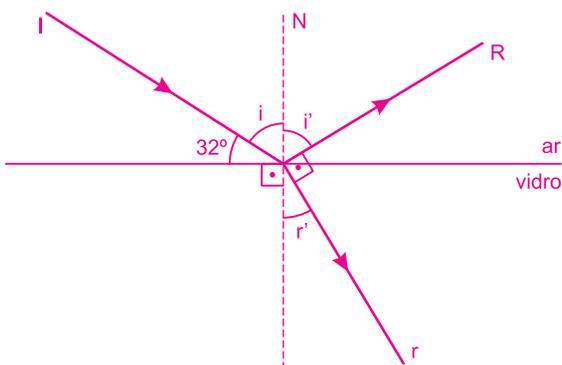
IMAGEM DE UM OBJETO, ESPELHO PLANO E CAMPO VISUAL

1. (UNESP-SP) – Um raio de luz monocromática incide sobre a superfície plana de um bloco de vidro de tal modo que o raio refletido R forma um ângulo de 90° com o raio refratado r. O ângulo entre o raio incidente I e a superfície de separação dos dois meios mede 32° , como mostra a figura.



Os ângulos de incidência e de refração medem, respectivamente,
 a) 62° e 38° . b) 58° e 32° . c) 90° e 38° .
 d) 32° e 90° . e) 58° e 45° .

RESOLUÇÃO:



1) Cálculo do ângulo de incidência i:

$$i + 32^\circ = 90^\circ \Rightarrow \boxed{i = 58^\circ}$$

2) Cálculo do ângulo de refração r' :

Pela 2ª lei da reflexão, sabemos que $i = i'$ e, portanto, temos:

$$i' + 90^\circ + r' = 180^\circ$$

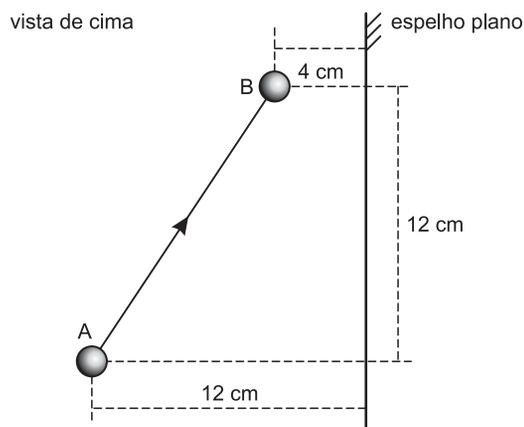
$$i' + r' = 90^\circ$$

$$58^\circ + r' = 90^\circ$$

$$\boxed{r' = 32^\circ}$$

Resposta: B

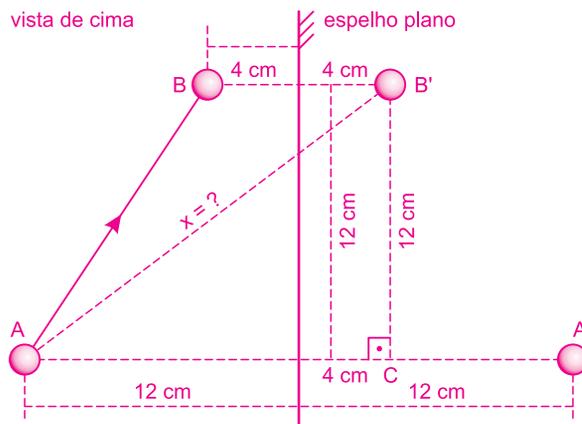
2. (UESPI-2011) – Uma bola vai do ponto A ao ponto B sobre uma mesa horizontal, segundo a trajetória mostrada na figura a seguir.



Perpendicularmente à superfície da mesa, existe um espelho plano. Pode-se afirmar que a distância do ponto A à imagem da bola quando ela se encontra no ponto B é igual a:

- a) 8cm b) 12cm c) 16cm d) 20cm e) 32cm

RESOLUÇÃO:



Aplicando-se a relação de Pitágoras no triângulo $AB'C$, temos:

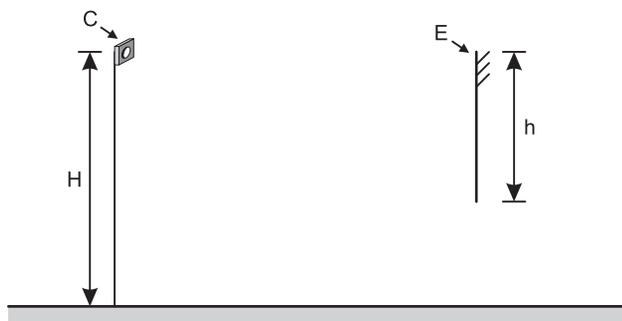
$$x^2 = 12^2 + 16^2$$

$$x^2 = 144 + 256 = 400$$

$$\boxed{x = 20\text{cm}}$$

Resposta: D

3. (UFPR-2011) – Uma haste de comprimento H está em frente a um espelho plano de comprimento h , conforme a figura abaixo. Suponha que na ponta superior dessa haste haja uma microcâmera C . Suponha também que a pessoa que montou esse sistema deseja observar em seu monitor a imagem completa da haste que contém a câmera refletida no espelho E .



Para que isso seja possível, a relação mínima entre H e h deve ser:

- a) $h = H$. b) $h = 2H$. c) $h = H/2$.
 d) $h = H/3$. e) $h = H/4$.

RESOLUÇÃO:

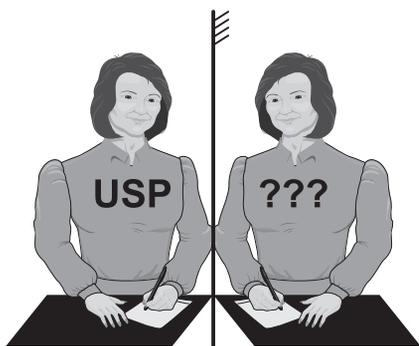
O tamanho mínimo de um espelho plano é a metade do tamanho do objeto, se quisermos observar todo o objeto no espelho.

$$h = \frac{H}{2}$$

Atenção: este assunto deve ser explicado com mais detalhes. Fazer o esquema na lousa e explicar.

Resposta: C

4. Uma jovem entrou na universidade. No primeiro dia de aula, comprou uma camiseta na qual está inscrita a sigla da universidade. Ela corre a um espelho plano e observa a imagem formada.



Qual a imagem da sigla observada no espelho?

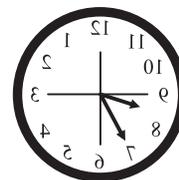
- a) USP b) PSU c) ƆSU d) ƆZU e) ΩZb

RESOLUÇÃO:

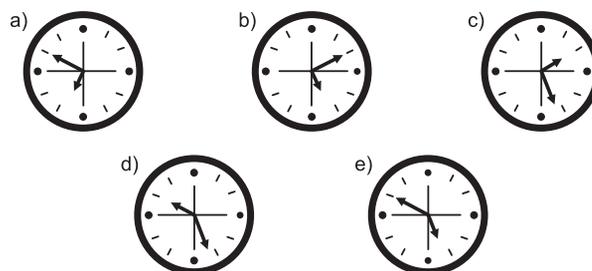
A imagem observada é a enantiomorfa de USP: ƆZU

Resposta: D

5. (MACKENZIE-SP) – Com o objetivo de proporcionar maior conforto aos seus clientes, o proprietário de um salão de cabeleireiros colocou na parede oposta à dos espelhos (planos) um relógio semelhante ao da figura, que aponta 8h35min. Desta forma, uma pessoa que está sendo atendida pode saber, por reflexão num dos espelhos, a hora certa.

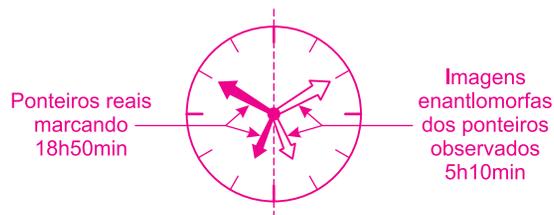


Quando forem 18h50min, os ponteiros do referido relógio deverão ocupar as posições da figura:



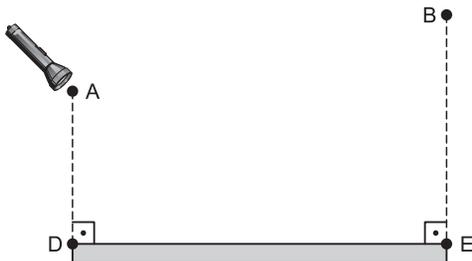
RESOLUÇÃO:

O espelho plano apresentará uma imagem enantiomorfa do objeto, isto é, uma imagem que apresentará uma inversão lateral.



Resposta: B

6. (UEL-PR) – Um raio de luz de uma fonte luminosa em A ilumina o ponto B, ao ser refletido por um espelho horizontal sobre uma semirreta DE como esquematizado na figura a seguir:



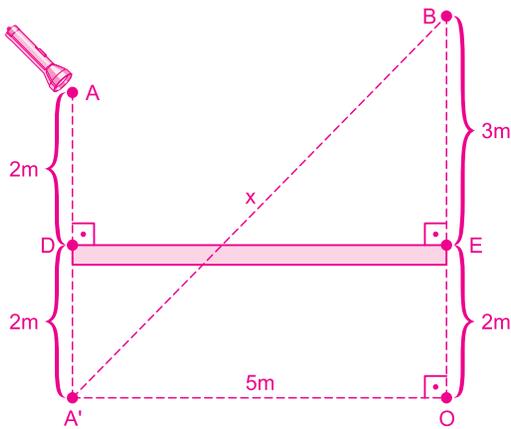
Todos os pontos estão no mesmo plano vertical.

Considere $AD = 2\text{m}$, $BE = 3\text{m}$ e $DE = 5\text{m}$. A distância entre a imagem virtual da fonte e o ponto B, em metros, será:

- a) 5 b) $5\sqrt{2}$ c) $5\sqrt{3}$ d) $6\sqrt{2}$ e) $6\sqrt{3}$

RESOLUÇÃO:

1) A primeira coisa a ser feita é localizar a imagem A' do objeto A. Observe que A' é simétrico a A, em relação à superfície refletora do espelho.



2) Em seguida deve-se traçar o seguimento que une A' e B.

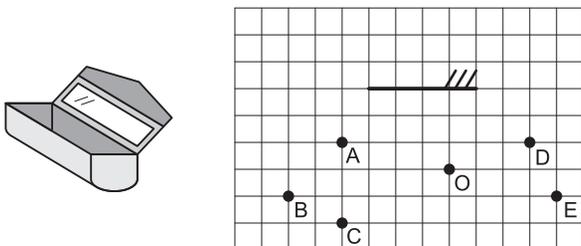
3) Aplicando-se Pitágoras no triângulo $A'BO$, vem:

$$x^2 = 5^2 + (3 + 2)^2$$

$$x^2 = 2 \cdot 5^2 \Rightarrow x = 5\sqrt{2}\text{ m}$$

Resposta: B

7. (VUNESP) – Para motivar as vendas de seus batons, uma empresa de cosméticos lançou um brinde que acompanha o batom e que, além da função de guardá-lo, traz um pequeno espelho plano.

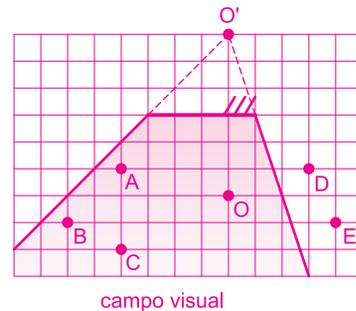


Aproveitando-se desse espelho, uma moça fecha um dos olhos para observar com o outro (ponto O) o estado da pintura de sua pálpebra. Além de enxergar o outro olho, dos pontos indicados na figura, ela é capaz de ver os designados por

- a) C, apenas. b) A e D, apenas. c) A, B e C, apenas.
d) C, D e E, apenas. e) A, B, C, D e E.

RESOLUÇÃO:

A forma prática de se obter o campo visível de um espelho plano, para a posição do observador, é expressa na figura a seguir.



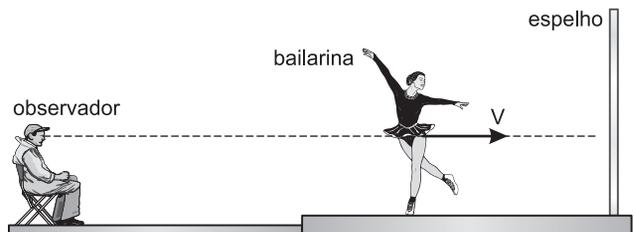
No campo visual do espelho, para a situação específica, encontramos os pontos: A, B e C.

Resposta: C

MÓDULO 16

TRANSLAÇÃO E ROTAÇÃO DE UM ESPELHO PLANO – ASSOCIAÇÃO DE ESPELHOS PLANOS

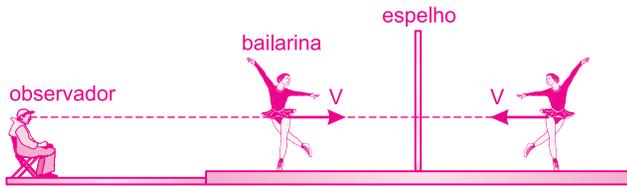
1. (UFMS) – Um grande espelho plano serve como pano de fundo em um palco de teatro, durante a apresentação de uma dança. A bailarina se coloca entre o espelho e o público, que assiste à dança. Um observador do público está em uma posição da qual, num dado momento, vê a imagem refletida da bailarina no espelho e vê também a bailarina na mesma linha de seus olhos (veja a figura).



Nesse momento, a bailarina se aproxima do espelho com velocidade V com relação ao palco. Se a bailarina vê sua própria imagem e também a do observador refletida no espelho, é correto afirmar que

- a) o observador percebe que a imagem da bailarina, refletida no espelho, aproxima-se dele com velocidade $2V$.
b) a bailarina percebe que a imagem do observador, refletida no espelho, aproxima-se dela com velocidade $2V$.
c) a bailarina percebe que sua própria imagem, refletida no espelho, aproxima-se dela com velocidade $2V$.
d) a imagem refletida da bailarina no espelho é uma imagem real.
e) a distância da bailarina até o espelho é o dobro da distância da bailarina até sua imagem refletida.

RESOLUÇÃO:



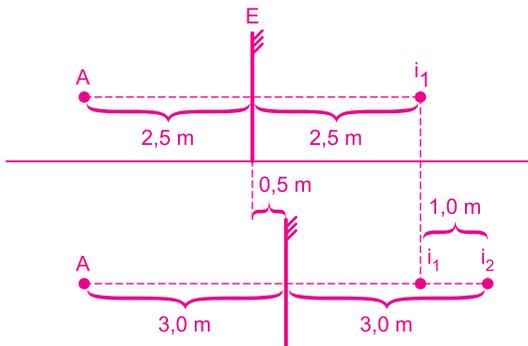
Em relação ao espelho e ao observador a imagem da bailarina move-se com velocidade V . Em relação à própria bailarina, sua imagem aproxima-se com velocidade $2V$. A imagem do observador “aproxima-se” da bailarina com velocidade V .

Resposta: C

2. (AFA-RJ) – Um objeto A, fixo, está inicialmente a uma distância de 2,5m de um espelho plano. O espelho é deslocado paralelamente à sua posição inicial, afastando-se mais 0,5m do objeto A. Pode-se afirmar que o deslocamento da imagem em relação ao objeto e a distância da imagem ao espelho valem, respectivamente

- a) 0,5m e 6,0m b) 1,0m e 6,0m c) 1,0m e 3,0m
d) 0,5m e 3,0m e) 0,5m e 2,5m

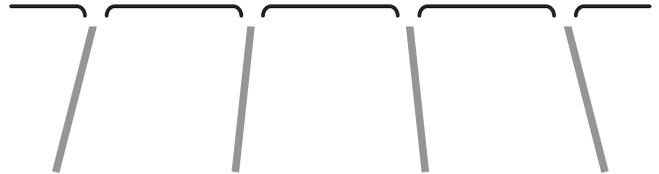
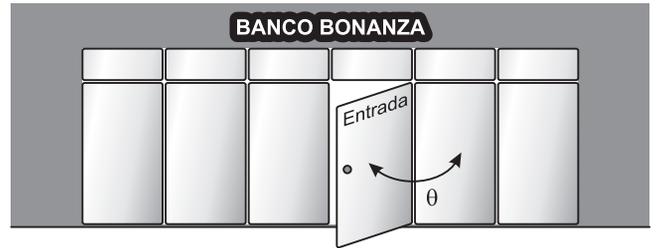
RESOLUÇÃO:



- 1) Deslocamento da imagem em relação ao objeto: 1,0m
2) Distância da imagem ao espelho: 3,0m

Resposta: C

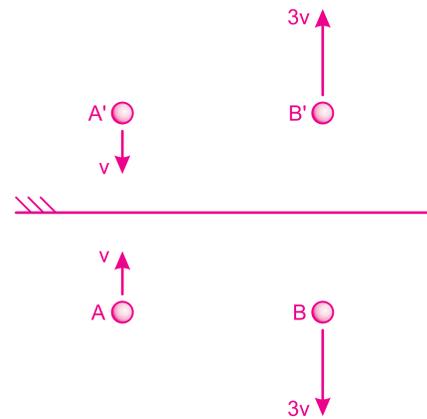
3. (VUNESP-2011) – A fachada de uma agência bancária é toda em vidro. Originalmente, os vidros eram transparentes, contudo, com o tempo, viu-se a necessidade de aplicar um filme plástico sobre os vidros, capaz de refletir toda a radiação que neles incidia. Assim, onde se tinham originalmente placas de vidro, hoje, têm-se espelhos.



Para os clientes da agência estacionarem seus carros, foram criadas vagas perpendiculares à fachada. Suponha que, no mesmo momento em que um carro está estacionando, movendo-se de encontro à fachada do banco com velocidade V , outro carro está saindo de sua vaga, com velocidade $3V$. Relativamente à imagem do carro que está estacionando, a velocidade da imagem daquele que está saindo da agência tem valor, em módulo,

- a) $1.V$ b) $\frac{1}{2} V$ c) $2.V$ d) $4.V$ e) $6.V$

RESOLUÇÃO:



As velocidades relativas V e $3V$ possuem sentidos opostos.

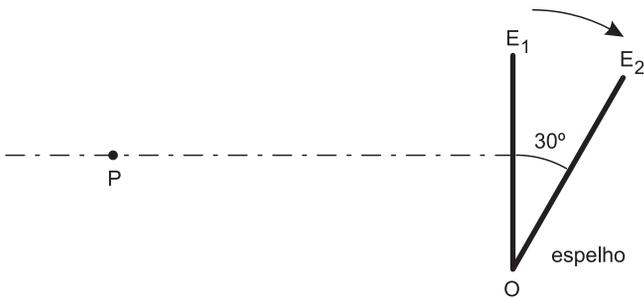
Assim:

$$V_{rel} = V + 3V$$

$$V_{rel} = 4V$$

Resposta: D

4. (UNESP-2011) – Considere um objeto luminoso pontual, fixo no ponto P, inicialmente alinhado com o centro de um espelho plano E. O espelho gira, da posição E₁ para a posição E₂, em torno da aresta cujo eixo passa pelo ponto O, perpendicularmente ao plano da figura, com um deslocamento angular de 30°, como indicado



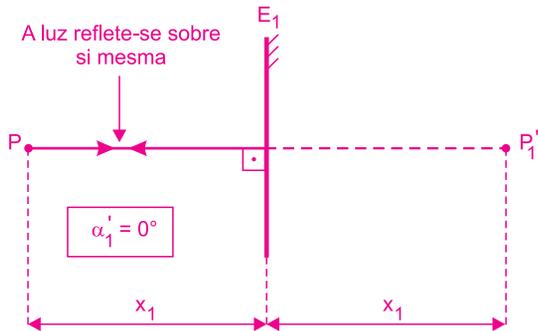
Copie no espaço específico para Resolução e Resposta, o ponto P, o espelho em E₁ e em E₂ e desenhe a imagem do ponto P quando o espelho está em E₁ (P₁') e quando o espelho está em E₂ (P₂'). Considerando um raio de luz perpendicular a E₁, emitido pelo objeto luminoso em P, determine os ângulos de reflexão desse raio quando o espelho está em E₁ (α₁') e quando o espelho está em E₂ (α₂').

RESOLUÇÃO:

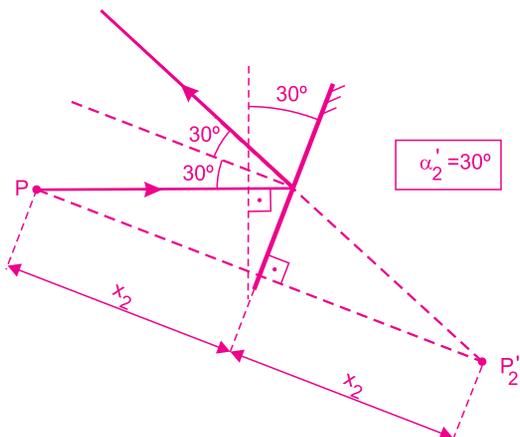
As respostas baseiam-se nas propriedades da reflexão da luz em espelhos planos:

- (I) O ângulo de reflexão é igual ao ângulo de incidência.
- (II) No espelho plano, a imagem é simétrica do objeto em relação à superfície refletora.

Espelho na posição E₁



Espelho na posição E₂



Respostas: α₁' = 0° e α₂' = 30°; ver esquemas

5. (UFPR-2011) – Dois espelhos planos estão unidos e formam um ângulo de 60° entre si. Um objeto é colocado em frente a eles. Assinale a alternativa correta para o número de imagens formadas.

- a) 2 b) 3 c) 4 d) 5 e) 7.

RESOLUÇÃO:

Equação para o número de imagens:

$$N = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$$

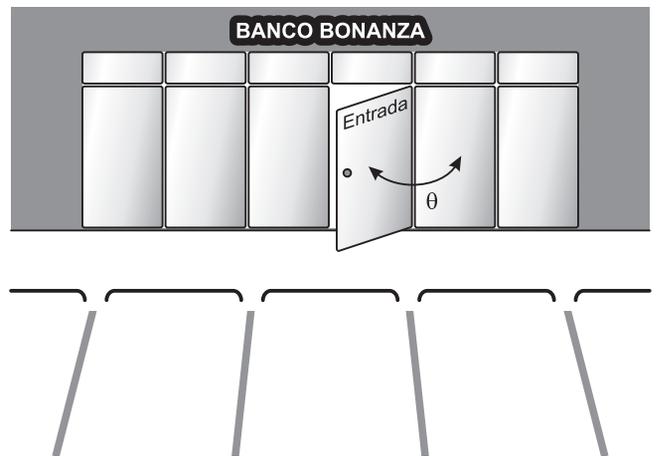
Assim:

$$N = \frac{360^\circ}{60^\circ} - 1$$

N = 5 imagens

Resposta: D

6. (VUNESP-2011) – A fachada de uma agência bancária é toda em vidro. Originalmente, os vidros eram transparentes, contudo, com o tempo, viu-se a necessidade de aplicar um filme plástico sobre os vidros, capaz de refletir toda a radiação que neles incidia. Assim, onde se tinham originalmente placas de vidro, hoje, têm-se espelhos.



Um grande vidro faz o papel da porta de entrada e, de acordo com o ângulo θ que se obtém relativamente às placas de vidro da fachada, percebe-se a reprodução de várias imagens de um mesmo vaso colocado à frente da agência. Em certo momento, observam-se 4 imagens desse vaso. A partir dessa situação, para se observarem 5 imagens, é preciso variar o ângulo de abertura da porta em

- a) 12° b) 24° c) 36° d) 48° e) 60°

RESOLUÇÃO:

$$N = \frac{360^\circ}{\theta} - 1$$

Para 4 imagens:

$$4 = \frac{360^\circ}{\theta_1} - 1 \Rightarrow \theta_1 = 72^\circ$$

Para 5 imagens:

$$5 = \frac{360^\circ}{\theta_2} - 1 \Rightarrow \theta_2 = 60^\circ$$

Assim:

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$$

$$\Delta\theta = 60^\circ - 72^\circ$$

$$\Delta\theta = -12^\circ$$

O sinal negativo indica diminuição do ângulo.

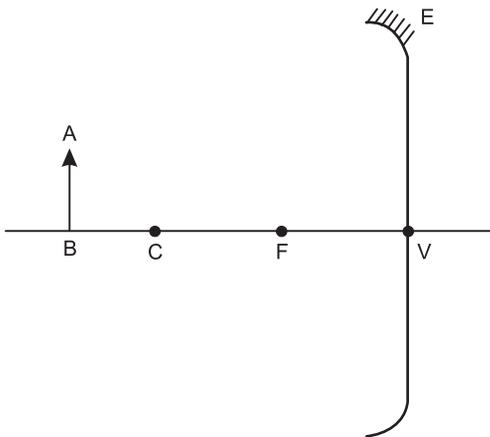
Resposta: A

MÓDULO 17

RAIOS NOTÁVEIS E CONSTRUÇÃO DE IMAGENS NOS ESPELHOS ESFÉRICOS

Nas questões de 1 a 6, o ponto F representa o foco principal do espelho esférico, C o centro de curvatura e V o vértice. Obtenha, graficamente, a posição da imagem do objeto AB. Classifique-a quanto à sua natureza (real ou virtual), tamanho (maior, menor ou igual) e orientação (direita ou invertida) em relação ao objeto.

1.



real invertida maior
virtual direita menor
igual

RESOLUÇÃO:

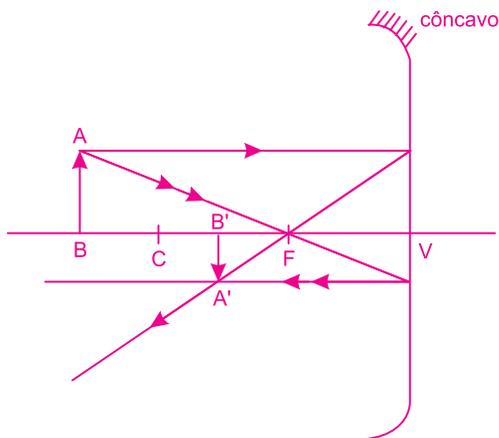
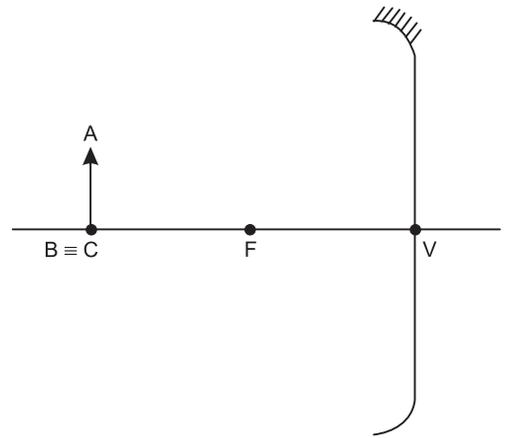


Imagem real, invertida e menor.

2.



real invertida maior
virtual direita menor
igual

RESOLUÇÃO:

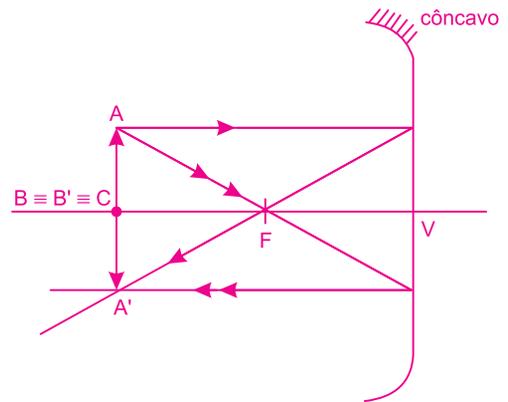
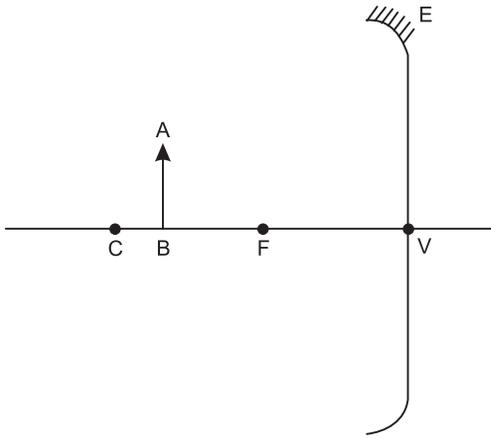


Imagem real, invertida e igual.

3.



- | | | | | | |
|---------|--------------------------|-----------|--------------------------|-------|--------------------------|
| real | <input type="checkbox"/> | invertida | <input type="checkbox"/> | maior | <input type="checkbox"/> |
| virtual | <input type="checkbox"/> | direita | <input type="checkbox"/> | menor | <input type="checkbox"/> |
| | | | | igual | <input type="checkbox"/> |

RESOLUÇÃO:

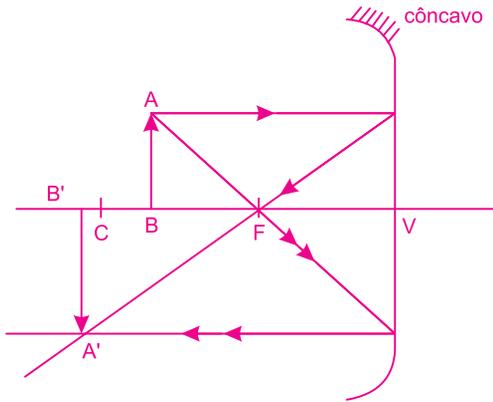
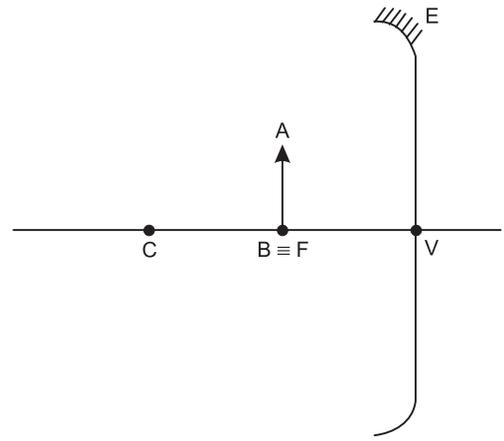
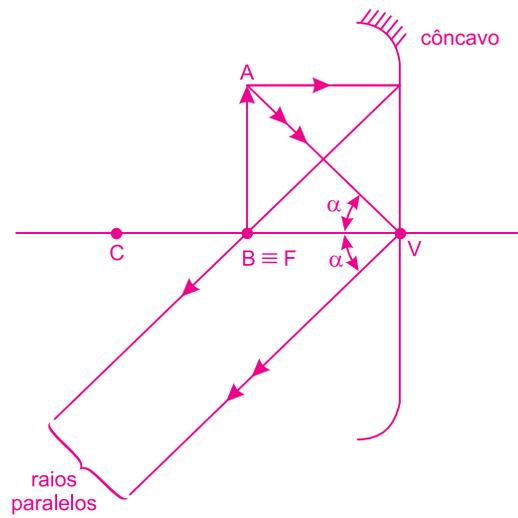


Imagem real, invertida e maior.

4.

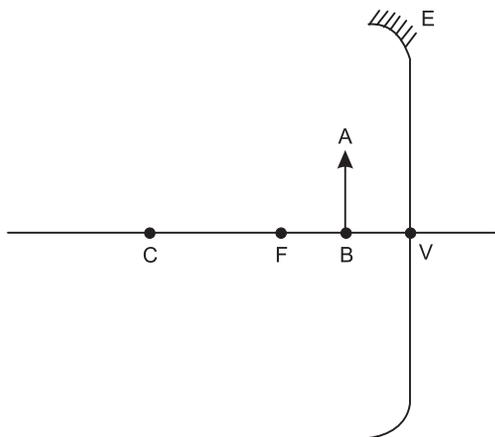


RESOLUÇÃO:



Portanto, a imagem estará no infinito e será denominada imagem imprópria.

5.



- | | | | | | |
|---------|--------------------------|-----------|--------------------------|-------|--------------------------|
| real | <input type="checkbox"/> | invertida | <input type="checkbox"/> | maior | <input type="checkbox"/> |
| virtual | <input type="checkbox"/> | direita | <input type="checkbox"/> | menor | <input type="checkbox"/> |
| | | | | igual | <input type="checkbox"/> |

RESOLUÇÃO:

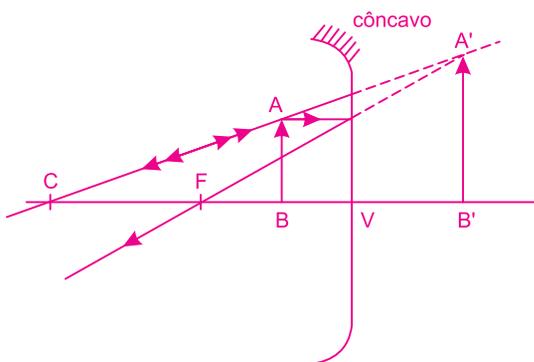
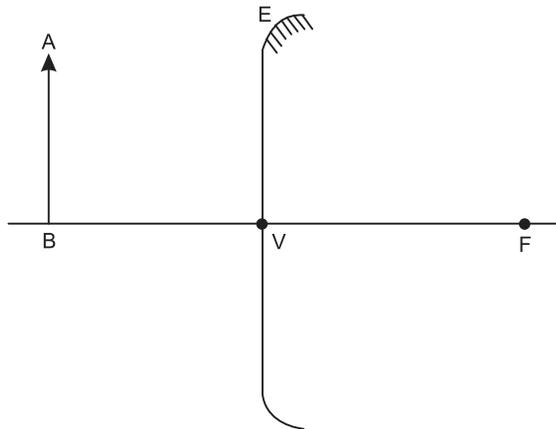


Imagem virtual, direita e maior.

6.



- | | | | | | |
|---------|--------------------------|-----------|--------------------------|-------|--------------------------|
| real | <input type="checkbox"/> | invertida | <input type="checkbox"/> | maior | <input type="checkbox"/> |
| virtual | <input type="checkbox"/> | direita | <input type="checkbox"/> | menor | <input type="checkbox"/> |
| | | | | igual | <input type="checkbox"/> |

RESOLUÇÃO:

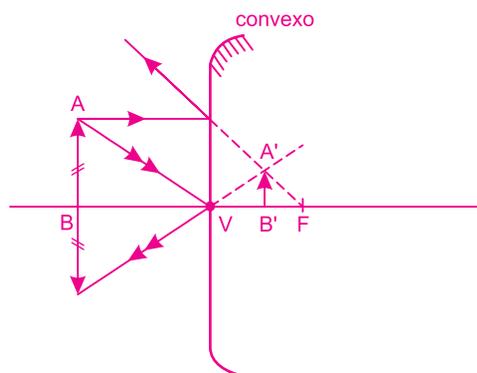


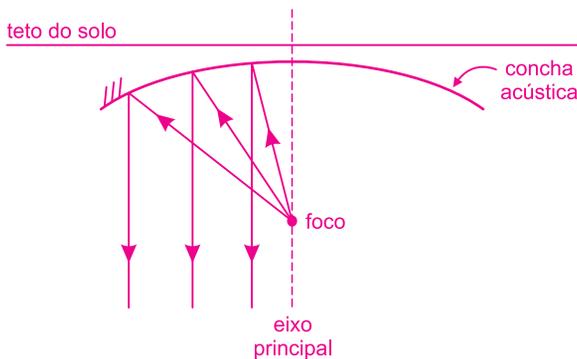
Imagem virtual, direita e menor.

7. (VUNESP-2011) – Você já visitou a “Estação Ciência” localizada no bairro da Lapa? Além de temas da matemática, geologia e biologia, esse museu, um tanto diferente, tem como tema a Física... O mais interessante é que em determinado ponto do museu, para que a explicação de um experimento seja ouvida com a mesma intensidade sonora por todos que integram o grupo de visitação, o guia se posiciona sob o centro de uma grande concha acústica presa ao teto. Apesar de a concha acústica servir para refletir ondas sonoras, é possível traçar uma perfeita analogia com os espelhos esféricos côncavos. Desse modo, para que sons produzidos sob o centro da concha, quando refletidos, sejam igualmente distribuídos pelo ambiente abaixo da concha, a fonte do som deve localizar-se, relativamente à superfície refletora,

- entre o vértice e o foco.
- sobre o foco.
- entre o foco e o centro de curvatura.
- sobre o centro de curvatura.
- além do centro de curvatura.

RESOLUÇÃO:

Observe o esquema a seguir:



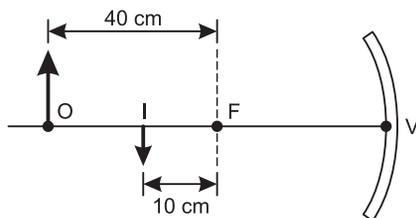
A distribuição, praticamente uniforme, do som será obtida se o professor estiver posicionado no foco do “espelho esférico”.

Resposta: B

MÓDULO 18

ESTUDO ANALÍTICO DOS ESPELHOS ESFÉRICOS

1. (UFPA-2011) – A figura abaixo mostra um objeto O e sua correspondente imagem I fornecida por um espelho côncavo.



Se F representa o foco do espelho e V o seu vértice, então, a distância focal do espelho, em cm, é

- 8
- 10
- 20
- 25
- 30

RESOLUÇÃO:

Observando-se a figura obtemos:

$$p = (f + 40)\text{cm}$$

$$p' = (f + 10)\text{cm}$$

Assim, aplicando-se a Equação de Gauss, temos:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{(f + 40)} + \frac{1}{(f + 10)} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{f + 10 + f + 40}{(f + 40)(f + 10)} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{2f + 50}{f^2 + 50f + 400} = \frac{1}{f}$$

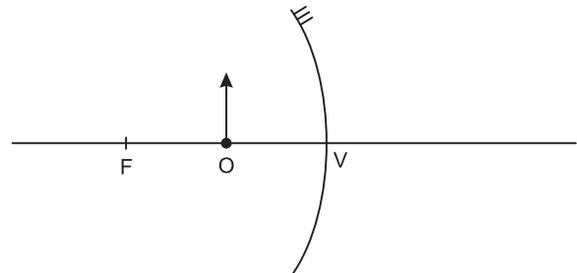
$$2f^2 + 50f = f^2 + 50f + 400$$

$$f^2 = 400$$

$$f = 20\text{cm}$$

Resposta: C

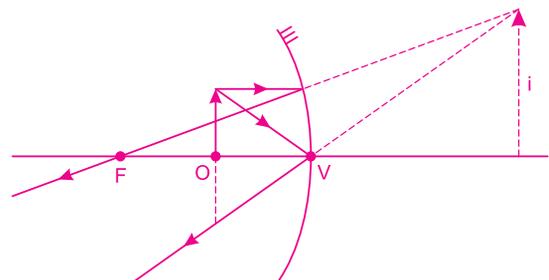
2. (UEM-PR) – A figura abaixo ilustra um espelho esférico côncavo de distância focal igual a 30 cm. Um objeto de 5 cm de altura é colocado a 15cm do vértice do espelho.



- Obtenha a localização da imagem, usando, no mínimo, dois raios luminosos incidentes no espelho.
- Classifique a imagem (real ou virtual; direita ou invertida; maior, menor ou igual ao tamanho do objeto).
- Determine a posição da imagem em relação ao vértice do espelho.
- Determine o aumento linear transversal do objeto.

RESOLUÇÃO:

a)



b) Imagem:

- 1 – Virtual (atrás do espelho)
- 2 – Direita (imagem virtual)
- 3 – Maior (ampliada)

c) Usando-se a Equação de Gauss, temos:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{15} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{30}$$

$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{30} - \frac{1}{15} = -\frac{1}{30}$$

$$p' = -30\text{cm}$$

Imagem colocada a 30cm do espelho, atrás do mesmo.

$$d) A = \frac{i}{o} = \frac{-p'}{p}$$

$$A = \frac{-(-30)}{15} \Rightarrow A = +2$$

Imagem direita e duas vezes maior do que o objeto.

Respostas: a) figura b) Virtual, direita e maior
c) -30cm d) +2

3. (UNISA-SP) – Um objeto de altura h está localizado sobre o eixo principal de um espelho esférico, cuja distância focal é 9cm, e a uma distância x cm desse espelho. Para que a imagem produzida pelo espelho seja direita e tenha o triplo do tamanho do objeto, o valor de x , em cm, deve ser igual a

- a) 2 b) 4 c) 6 d) 8 e) 10

RESOLUÇÃO:

Após a leitura do texto, podemos concluir que:

$f = +9\text{cm}$ (imagem direita e ampliada \rightarrow espelho côncavo)

$$p = +x$$

$$A = +3$$

Assim

$$A = \frac{f}{f - p}$$

$$+3 = \frac{9}{9 - x}$$

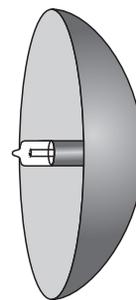
$$9 = 27 - 3x$$

$$3x = 18$$

$$x = +6\text{cm}$$

Resposta: C

4. (FGV-SP-2011) – Ao estacionar seu carro, o motorista percebeu a projeção da imagem da pequena lâmpada acesa de um dos faroletes, ampliada em 5 vezes, sobre a parede vertical adiante do carro. Em princípio, o farolete deveria projetar raios de luz paralelos, já que se tratava de um farol de longo alcance.



Percebeu, então, que o conjunto lâmpada-soquete tinha se deslocado da posição original, que mantinha a lâmpada a 10,0 cm da superfície espelhada do espelho esférico côncavo existente no farol. Considerando que o foco ocupa uma posição adiante do vértice do espelho, sobre o eixo principal, é possível concluir que, agora, a lâmpada se encontra a

- a) 2,0 cm atrás do foco. b) 1,0 cm atrás do foco.
c) 0,5 cm atrás do foco. d) 0,5 cm adiante do foco.
e) 2,0 cm adiante do foco.

RESOLUÇÃO:

Sendo $f = 10,0$ cm, $A = -5$ (a imagem projetada na parede é invertida), determinemos a distância p da lâmpada ao vértice do espelho.

$$A = \frac{f}{f - p} \Rightarrow -5 = \frac{10,0}{10,0 - p}$$

$$-50,0 + 5p = 10,0 \Rightarrow 5p = 60,0$$

$$p = 12,0 \text{ cm}$$

Logo, a lâmpada foi deslocada para uma posição adiante do foco (entenda-se além do foco). Sendo Δx o deslocamento da lâmpada, tem-se:

$$\Delta x = p - f \Rightarrow \Delta x = 12,0 - 10,0 \text{ (cm)}$$

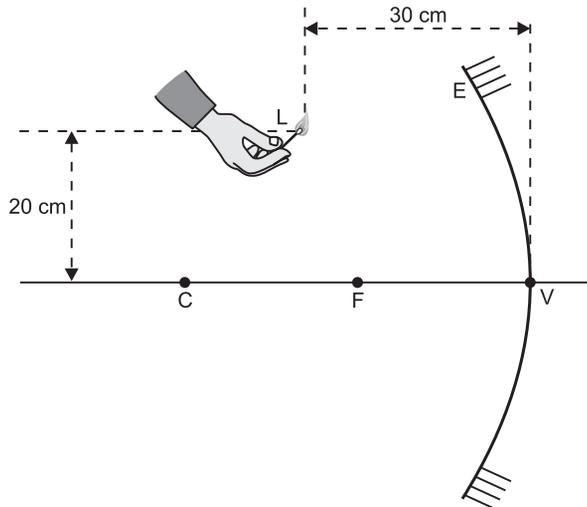
$$\Delta x = 2,0 \text{ cm}$$

Resposta: E

5. (FUVESTÃO) – Embora menos utilizados que os espelhos planos, os espelhos esféricos são empregados em finalidades específicas, como em sistemas de iluminação e telescópios, no caso dos espelhos côncavos, e retrovisão, no caso dos espelhos convexos.

Na situação esquematizada, E é um espelho esférico côncavo que opera de acordo com as condições de estigmatismo de Gauss. C é o centro da curvatura, F é o foco principal e V é o vértice do espelho.

Uma chama de dimensões desprezíveis, L, é colocada diante da superfície refletora de E, distante 30cm do espelho e a uma altura de 20cm em relação ao eixo principal, conforme indicado na figura.



Sendo $R = 45\text{cm}$ o raio de curvatura do espelho, pode-se concluir que a distância entre L e sua respectiva imagem é:

- a) 60cm;
- b) 70cm;
- c) 80cm;
- d) 90cm;
- e) 100cm.

RESOLUÇÃO:

Primeiramente vamos determinar a posição da imagem da chama.

1) Aplicando-se a Equação de Gauss, vem:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{30} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} = \frac{2}{R}$$

$$\frac{1}{p'} = \frac{2}{45} - \frac{1}{30} = \frac{4-3}{90}$$

$$p' = 90\text{cm}$$

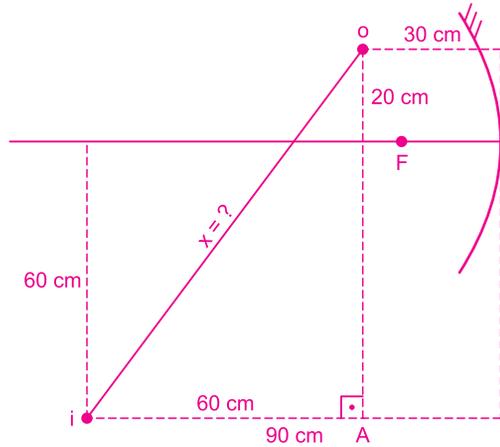
2) Aplicando-se a relação do aumento linear, temos:

$$A = \frac{i}{o} = \frac{f}{f-p}$$

$$\frac{i}{20} = \frac{22,5}{22,5-30} = -3$$

$$i = -60\text{cm}$$

Fazendo-se a representação esquemática, vem:



Aplicando-se Pitágoras no triângulo ioA , temos:

$$x^2 = 60^2 + 30^2$$

$$x^2 = 3600 + 900 = 4500$$

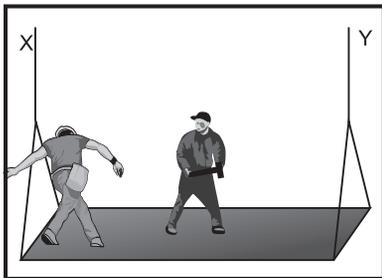
$$x = 100\text{cm}$$

Resposta: E

MÓDULO 21

ESTÁTICA DO CORPO EXTENSO

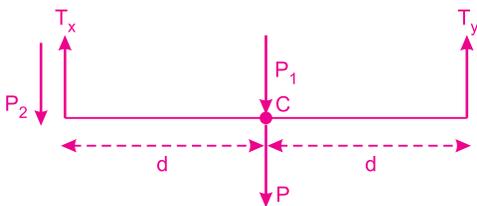
1. (UFRN-2011-MODELO ENEM) – É muito comum observarmos nas fachadas de edifícios em construção andaimes constituídos por uma tábua horizontal sustentada por cordas que passam por roldanas presas no topo da edificação. O fato de um dos operários se deslocar sobre o andaime em direção ao outro, por exemplo, quando vai entregar alguma ferramenta ao companheiro, afeta a distribuição de forças sobre as cordas. Nesse sentido, considere a situação mostrada na Figura abaixo. Nela, um dos operários se encontra na extremidade esquerda do andaime, enquanto o outro, após ter caminhado em direção a ele, conduzindo uma marreta, encontra-se parado no meio do andaime.



- Considerando-se a situação mostrada na Figura, pode-se afirmar que a
- força resultante sobre o andaime é diferente de zero e a força de tração na corda Y é maior que na corda X.
 - força resultante sobre o andaime é igual a zero e a força de tração na corda Y é maior que na corda X.
 - força resultante sobre o andaime é diferente de zero e a força de tração na corda X é maior que na corda Y.
 - força resultante sobre o andaime é igual a zero e a força de tração na corda X é maior que na corda Y.

RESOLUÇÃO:

- 1) Como o sistema está em equilíbrio a força resultante é nula.
2)



Para o equilíbrio o somatório dos torques em relação ao ponto C deve ser nulo:

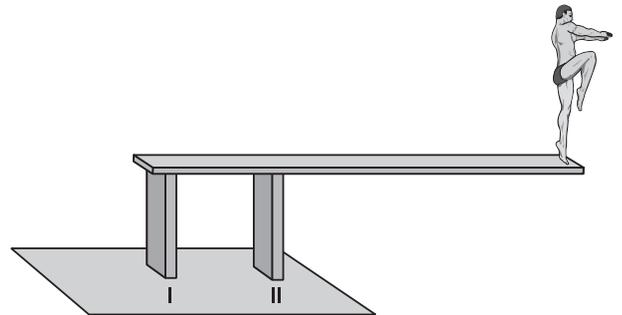
$$T_x \cdot d = T_y \cdot d + P_2 \cdot d$$

$$T_x = T_y + P_2$$

$$T_x > T_y$$

Resposta: D

2. (UFMG) – Gabriel está na ponta de um trampolim homogêneo, que está fixo em duas estacas – I e II –, como representado nesta figura:

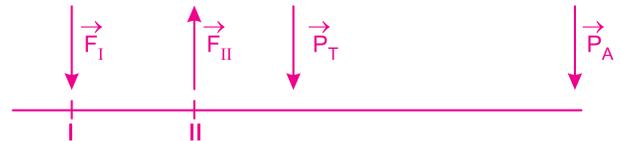


Sejam \vec{F}_I e \vec{F}_II as forças que as estacas I e II fazem, respectivamente, no trampolim.

Com base nessas informações, é correto afirmar que essas forças estão na direção vertical e

- têm sentido contrário: \vec{F}_I para cima e \vec{F}_{II} para baixo.
- ambas têm sentido para baixo.
- têm sentido contrário: \vec{F}_I para baixo e \vec{F}_{II} para cima.
- ambas têm sentido para cima.

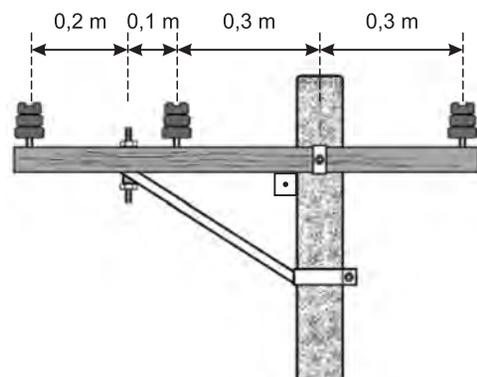
RESOLUÇÃO:



- Se considerarmos nulo o somatório dos torques, em relação ao apoio II, verificaremos que a força \vec{F}_I deve ter torque no sentido anti-horário e, portanto, deve ser dirigida para baixo.
- Se considerarmos nulo o somatório dos torques, em relação ao apoio I, verificaremos que a força \vec{F}_{II} deve ter torque no sentido anti-horário e, portanto, deve ser dirigida para cima.

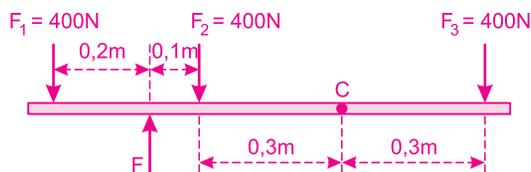
Resposta: C

3. (FGV-2011-MODELO ENEM) – Em um poste, uma trave horizontal feita de madeira serve de suporte para os três isoladores de alta tensão, responsáveis, também, por manter os fios sobrelevados.



Os pesos da trave e dos isoladores podem ser considerados desprezíveis. Cada fio exerce sobre seu isolador uma força vertical dirigida para baixo e de intensidade 400 N e, por essa razão, além da trave ser presa diretamente ao poste, uma haste inclinada exerce um esforço vertical adicional para cima, em newtons, de intensidade

RESOLUÇÃO:



Para o equilíbrio da trave, o somatório dos torques em relação ao ponto C (onde a trave se prende ao poste) deve ser nulo:

$$F \cdot d_F + F_3 d_3 = F_1 d_1 + F_2 d_2$$

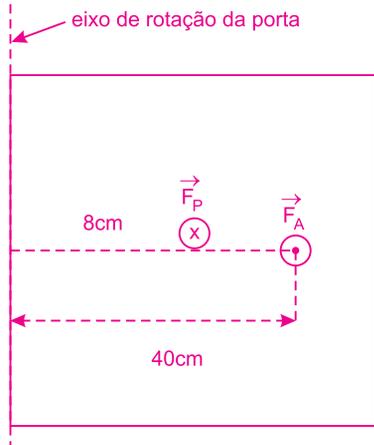
$$F \cdot 0,4 + 400 \cdot 0,3 = 400 \cdot 0,6 + 400 \cdot 0,3$$

$$F = 600\text{N}$$

Resposta: E

4. (FUVEST-TRANSFERÊNCIA-2011-MODELO ENEM) – Pedro e Ana estão um de cada lado de uma porta entreaberta, inicialmente parada. Simultaneamente, Pedro aplica uma força de intensidade 100N para fechar a porta e Ana, uma força de intensidade 25N para abri-la em pontos a 8cm e 40cm do eixo de rotação da porta, respectivamente. Ambas as forças são perpendiculares à porta, mas têm sentidos opostos. Nessas condições, a porta
- a) não se move. b) fecha. c) abre.
d) fecha e em seguida abre. e) abre e em seguida fecha.

RESOLUÇÃO:



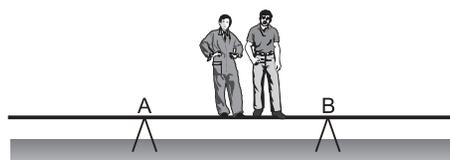
Torque para fechar a porta:
 $|T_p| = F_p \cdot d_p = 100\text{N} \cdot 8\text{cm} = 800\text{N} \cdot \text{cm}$

Torque para abrir a porta:
 $|T_A| = F_A \cdot d_A = 25\text{N} \cdot 40\text{cm} = 1000\text{N} \cdot \text{cm}$

Como $|T_A| > |T_p|$, a porta vai abrir.

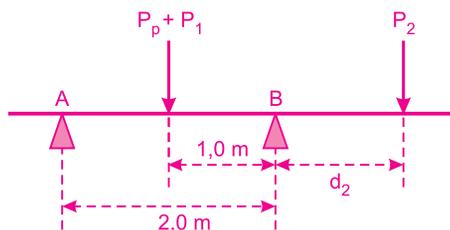
Resposta: C

5. (UERJ-2011) – Uma prancha homogênea de comprimento igual a 5,0 m e massa igual a 10,0kg encontra-se apoiada nos pontos A e B, distantes 2,0m entre si e equidistantes do ponto médio da prancha. Sobre a prancha estão duas pessoas, cada uma delas com massa igual a 50,0kg. Observe a ilustração:



Admita que uma dessas pessoas permaneça sobre o ponto médio da prancha. Nessas condições, calcule a distância máxima, em metros, que pode separar as duas pessoas sobre a prancha, mantendo o equilíbrio.

RESOLUÇÃO:



A distância entre as pessoas será máxima quando a prancha estiver na iminência de girar em torno de B o que ocorre quando a força no apoio A for nula. Impondo, para o equilíbrio da prancha, que o somatório das forças em relação ao ponto B seja nulo, temos:

$$(P_p + P_1) d_1 = P_2 d_2$$

$$60,0\text{g} \cdot 1,0 = 50,0\text{g} \cdot d_2$$

$$d_2 = 1,2\text{m}$$

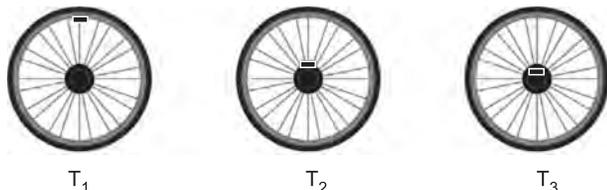
$$x = d_2 + 1,0\text{m} \Rightarrow x = 2,2\text{m}$$

Resposta: 2,2m

MÓDULO 22

ESTÁTICA DO CORPO EXTENSO

1. (UFF-RJ-2011-MODELO ENEM) – Medidas para facilitar o uso de bicicletas como meio de transporte individual estão entre aquelas frequentemente tomadas para diminuir a produção de poluentes pelo trânsito urbano. Numa bicicleta, o freio é constituído por sapatas de borracha que, quando acionadas, comprimem as rodas. Analise as três possibilidades de posicionamento das sapatas, indicadas em preto nas figuras abaixo. Chame de T_1 , T_2 e T_3 o tempo necessário para a parada total das rodas da bicicleta com cada um desses arranjos.



Supondo-se que a velocidade inicial das bicicletas seja a mesma e que a força feita pelas sapatas é igual nos três casos, é correto, então, afirmar que

- a) $T_1 = T_2 = T_3$ b) $T_1 > T_2 > T_3$ c) $T_1 > T_2 = T_3$
 d) $T_1 < T_2 = T_3$ e) $T_1 < T_2 < T_3$

RESOLUÇÃO:

Para parar a bicicleta, é preciso reduzir a velocidade angular das rodas e isto é feito pelo torque da força de atrito aplicada pelas sapatas.

Como a força de atrito terá intensidade constante, o torque dependerá do “braço” da força de atrito, isto é, da distância até o eixo de rotação.

Esta distância é máxima no esquema (1) e mínima no esquema (3).

Quanto maior o torque, menor será o tempo de freada da bicicleta.

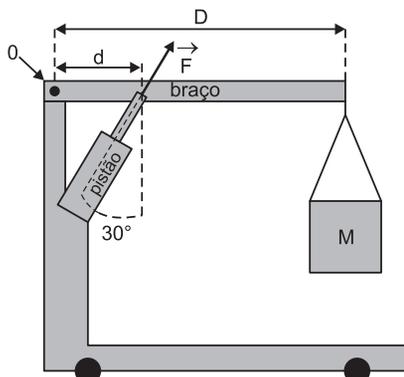
Assim: $T_1 < T_2 < T_3$

Resposta E

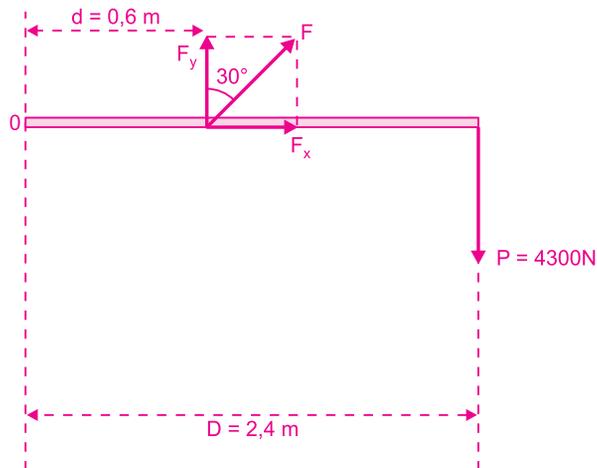
2. (UNICAMP-SP-2011) – O homem tem criado diversas ferramentas especializadas, sendo que para a execução de quase todas as suas tarefas há uma ferramenta própria.

Uma das tarefas enfrentadas usualmente é a de levantar massas cujo peso excede as nossas forças. Uma ferramenta usada em alguns desses casos é o guincho girafa, representado na figura adiante. Um braço móvel é movido por um pistão e gira em torno do ponto O para levantar uma massa M. Na situação da figura, o braço encontra-se na posição horizontal, sendo $D = 2,4$ m e $d = 0,6$ m. Calcule o módulo da força \vec{F} exercida pelo pistão para equilibrar uma massa $M = 430$ kg. Despreze o peso do braço.

Dados: $\cos 30^\circ = 0,86$ e $\sin 30^\circ = 0,50$.



RESOLUÇÃO:



$$1) F_y = F \cos 30^\circ = F \cdot 0,86$$

2) O somatório dos torques, em relação ao ponto O, deve ser nulo:

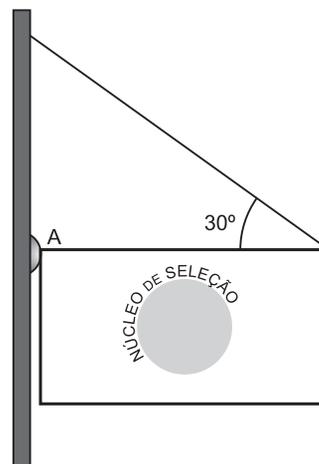
$$F_y \cdot d = P \cdot D$$

$$F \cdot 0,86 \cdot 0,6 = 4300 \cdot 2,4$$

$$F = 2,0 \cdot 10^4 \text{ N}$$

Resposta: $2,0 \cdot 10^4 \text{ N}$

3. (UEG-2011) – A direção do Núcleo de Seleção da UEG decidiu construir uma placa com o seu logo para ser fixada na nova unidade. A placa possui dimensões de 1,20m x 0,80m e massa de 40,0kg distribuída uniformemente, conforme a figura abaixo. Adote $g = 10,0 \text{ m/s}^2$.



A tração no fio e as reações horizontal e vertical do apoio A têm módulos, em N, respectivamente:

- a) 400; $200\sqrt{3}$; 200 b) 200; $400\sqrt{3}$; 400
 c) $400\sqrt{3}$; 400; 200 d) 400; 400; $200\sqrt{3}$

RESOLUÇÃO:

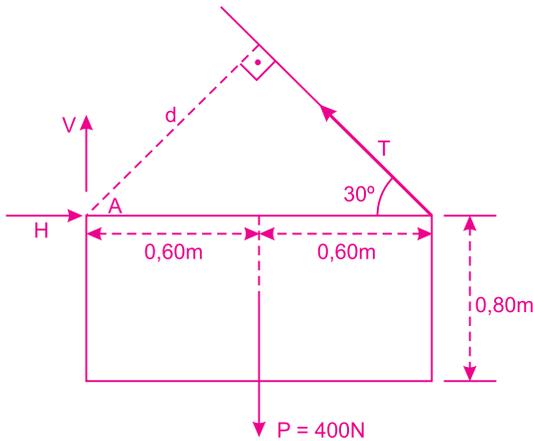
$$1) \sin 30^\circ = \frac{d}{1,20} = \frac{1}{2} \Rightarrow d = 0,60 \text{ m}$$

2) $\Sigma \text{ torques (A)} = 0$

$P \cdot d_p = T \cdot d$

$400 \cdot 0,60 = T \cdot 0,60$

$T = 400\text{N}$



3) $H = T \cos 30^\circ$

$H = 400 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ N} \Rightarrow H = 200\sqrt{3} \text{ N}$

4) $V + T \sin 30^\circ = P$

$V + 400 \cdot \frac{1}{2} = 400$

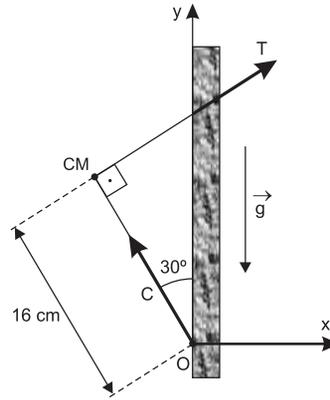
$V = 200\text{N}$

Resposta: A

4. (FUVEST-2011) – Para manter-se equilibrado em um tronco de árvore vertical, um pica-pau agarra-se pelos pés, puxando-se contra o tronco, e apoia sobre ele sua cauda, constituída de penas muito rígidas, conforme figura abaixo. No esquema impresso na folha de respostas estão indicadas as direções das forças nos pés (T) e na cauda (C) do pica-pau – que passam pelo seu centro de massa (CM) – e a distância da extremidade da cauda ao CM do pica-pau, que tem 1,0 N de peso (P).

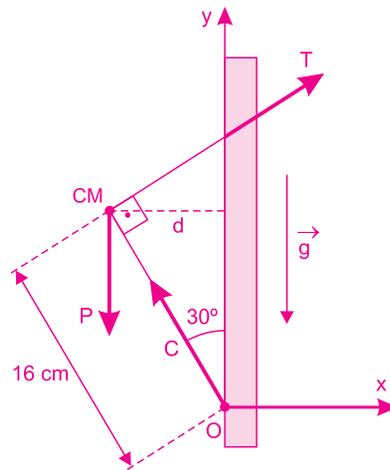


a) Calcule os módulos dos momentos das forças P e C em relação ao ponto O indicado no esquema impresso na folha de respostas.



- b) Escreva a expressão para o módulo do momento da força T em relação ao ponto O e determine o módulo dessa força.
c) Determine o módulo da força C na cauda do pica-pau.

RESOLUÇÃO:



a) 1) O momento da força C , em relação ao ponto O , é nulo porque sua linha de ação passa por O .

2) Da figura: $\sin 30^\circ = \frac{d}{16} = \frac{1}{2}$

$d = 8,0\text{cm}$

3) O momento de P (peso) em relação ao ponto O tem módulo dado por:

$|M_P| = P \cdot d$

$|M_P| = 1,0 \cdot 8,0 \cdot 10^{-2} \text{ (N.m)}$

$|M_P| = 8,0 \cdot 10^{-2} \text{ N.m}$

b) 1) O somatório dos momentos em relação ponto O deve ser nulo e, portanto:

$M_T + M_P + M_C = 0$

$M_T = -M_P$

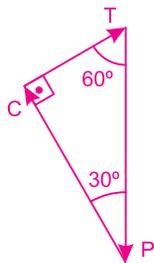
$|M_T| = |M_P| = 8,0 \cdot 10^{-2} \text{ N.m}$

2) $|M_T| = T \cdot d_T$

$8,0 \cdot 10^{-2} = T \cdot 16 \cdot 10^{-2}$

$T = 0,50\text{N}$

c) A força resultante deve ser nula:



Da figura:

$$\cos 30^\circ = \frac{C}{P} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$C = P \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$C = \frac{\sqrt{3}}{2} N \approx 0,87N$$

Respostas: a) $|M_C| = 0$

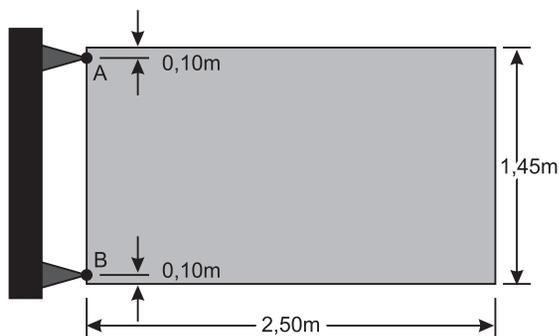
$$|M_P| = 8,0 \cdot 10^{-2} \text{ N.m}$$

b) $T = 5,0 \cdot 10^{-1} \text{ N}$

$$|M_T| = 8,0 \cdot 10^{-2} \text{ N.m}$$

c) $C = \frac{\sqrt{3}}{2} N \approx 8,7 \cdot 10^{-1} \text{ N}$

5. (UFRJ-2011) – Um portão retangular de massa igual a 50,0kg tem 2,50m de comprimento, 1,45m de altura e está preso a duas dobradiças, A e B. O vértice da dobradiça A dista 0,10m do topo do portão, e o vértice da dobradiça B, 0,10m da base, como indica a figura a seguir. Suponha que o sistema esteja em repouso, que o peso do portão esteja aplicado em seu centro geométrico e que a aceleração g da gravidade local tenha módulo $10,0\text{m/s}^2$.



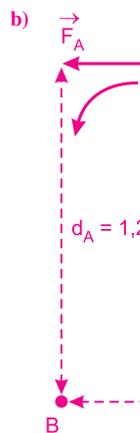
- Calcule o módulo da força resultante exercida pelas duas dobradiças sobre o portão.
- Calcule o módulo da componente horizontal da força exercida pela dobradiça A sobre o portão e determine seu sentido.

RESOLUÇÃO:

a) A força resultante das duas dobradiças deverá equilibrar o peso do portão:

$$\vec{F}_A + \vec{F}_B + \vec{P} = \vec{0}$$

$$|\vec{F}_A + \vec{F}_B| = |\vec{P}| = 50,0 \cdot 10,0 \text{ (N)} = 5,00 \cdot 10^2 \text{ N}$$



O somatório dos torques em relação ao ponto B deve ser nulo:

$$F_A \cdot d_A = P \cdot d_P$$

Como $d_A = d_P$, vem:

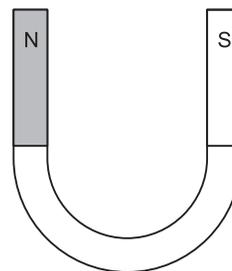
$$F_A = P = 5,00 \cdot 10^2 \text{ N}$$

O sentido de \vec{F}_A está indicado na figura.

MÓDULO 23

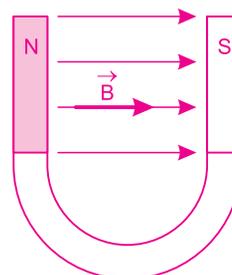
ÍMÃS E CAMPO MAGNÉTICO

1. (MODELO ENEM) – Na figura temos um ímã em forma de U. Você deverá identificar o seu campo magnético, desenhando as linhas de indução e indicando ainda um vetor \vec{B} no seu entreferro (abertura do ímã). Que nome recebe esse campo magnético interno de linhas retilíneas?

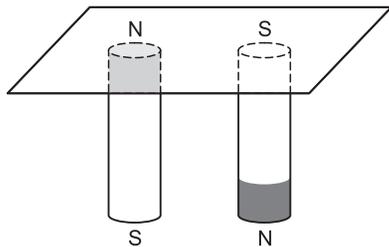


RESOLUÇÃO:

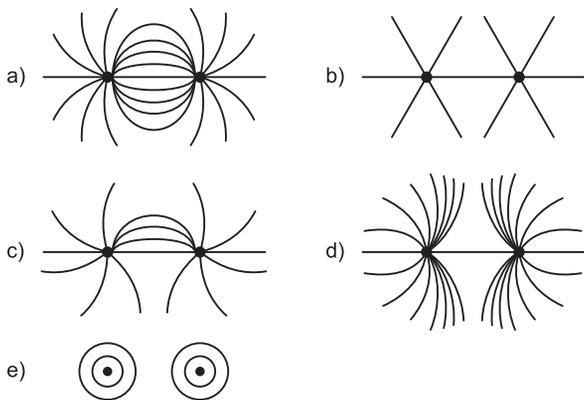
As linhas de campo no interior do ímã nascem no norte e morrem no sul. Para o desenho de um vetor \vec{B} (vetor que indica o sentido do campo magnético num determinado ponto), devemos seguir a orientação das linhas de campo. Esse campo magnético entre os dois polos é uniforme.



2. (VUNESP-2010) – Duas barras magnéticas muito longas são colocadas debaixo de um pedaço de papel que é coberto com limalhas de ferro, como na figura.



Se o polo norte de uma das barras e o sul da outra barra tocam o papel e estão separados por uma pequena distância, das situações, a que melhor descreve a configuração das linhas de campo magnético que se forma devido à disposição das limalhas de ferro é



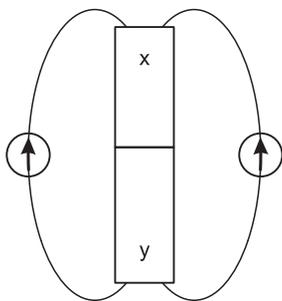
RESOLUÇÃO:

O campo magnético formado pelos dois polos dos ímãs nasce no norte e morre no sul. As limalhas de ferro sobre o papel vão orientar-se segundo as linhas de indução. Este experimento funciona com limalhas de ferro porque este é um material ferromagnético.

Resposta: A

3. (MODELO ENEM) – Na figura que se segue, temos um ímã em forma retangular e duas linhas de seu campo magnético. Para pesquisar os polos magnéticos do ímã, identificando o norte e o sul, foram usadas duas bússolas. Os polos magnéticos da agulha da bússola estão identificados na figura dentro da caixa.

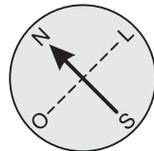
Da leitura do experimento, podemos concluir que



- a) X é o polo norte.
- b) Y é o polo sul.
- c) X e Y são polos norte.
- d) X é o polo norte e Y é o polo sul.
- e) X é o polo sul e Y é o polo norte.

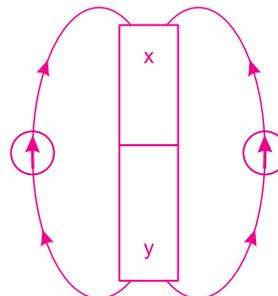
NOTE E ADOTE

O ponteiro da agulha magnética de uma bússola tem polaridade norte e, o outro lado, polaridade sul.



RESOLUÇÃO:

A agulha magnética da bússola indica o sentido do campo magnético. Assim sendo, as linhas de campo (linhas de indução) são orientadas tal como na figura a seguir.



Ora, o campo magnético nasce no norte e morre no sul. y é o polo norte x é o polo sul
Resposta: E

4. Um ímã em forma de barra é serrado ao meio “separando” a metade norte da metade sul. Podemos afirmar que foram obtidos:

- a) um polo norte separado do polo sul.
- b) dois novos ímãs.
- c) um ímã e um pedaço de ferro desmagnetizado.
- d) dois pedaços de ferro desmagnetizados.

RESOLUÇÃO:



Resposta: B

5. (UFAM-modificada) – Três barras de ferro, aparentemente idênticas, denotadas por AB, CD e EF, em correspondência com as extremidades de cada uma, podem ou não estar imantadas, formando então ímãs retos.



Realiza-se uma série de experiências isoladas nas quais se verifica que:

- (1) a extremidade C atrai as extremidades A e B;
- (2) a extremidade D atrai as extremidades A e B;
- (3) a extremidade C atrai a extremidade E e repele a extremidade F.

Assinale verdadeira (V) ou falsa (F) para cada afirmativa que se segue:

- I. A barra AB não está imantada.
- II. A barra CD não está imantada.
- III. A extremidade E atrai as extremidades A e B.
- IV. A extremidade D atrai a extremidade F e repele E.

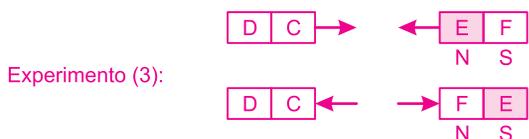
Portanto, temos:

- a) V, V, V, V b) V, F, V, V c) F, V, F, F
 d) F, V, F, V e) V, F, V, F

RESOLUÇÃO:



Os experimentos (1) e (2) nos revelam que uma das duas barras não está imantada e a outra está.



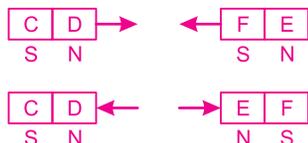
A experiência (3) nos revela que C e F são polos iguais (polo N), pois se repelem. Logo, AB não está imantada.

- I. VERDADEIRA
 II. FALSA
 III. VERDADEIRA

Como AB é uma barra de ferro não imantada, ela é atraída, tanto pelo polo magnético (E) como pelo (F).

IV. VERDADEIRA

Como C e F são dois polos norte, então D e E também são polos magnéticos do mesmo nome, ou seja, polo sul.

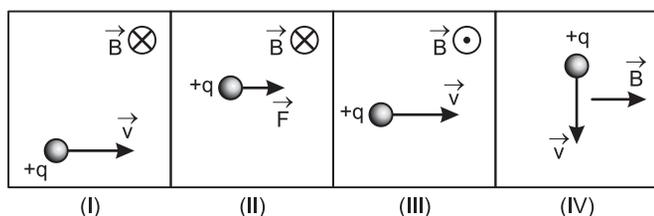


Resposta: B

MÓDULO 24

FORÇA MAGNÉTICA DE LORENTZ

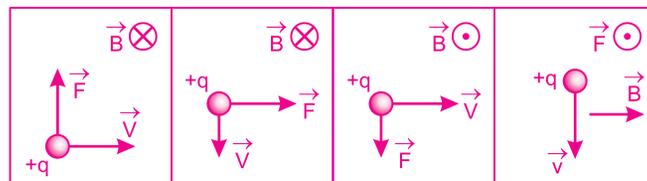
1. Uma partícula de carga positiva (+q) e massa m é lançada perpendicularmente às linhas de indução de um campo magnético uniforme \vec{B} . Nas figuras I, II, III e IV, são mostradas quatro situações em que não aparece a força magnética (\vec{F}) ou a velocidade de lançamento (\vec{V}). Complete as figuras, usando a regra da mão esquerda.



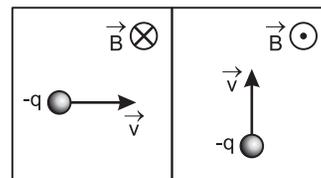
RESOLUÇÃO

O objetivo desta questão é ensinar ao aluno a R.M.E., em que os três vetores \vec{F} , \vec{B} e \vec{V} ficam previamente determinados quando dois deles forem conhecidos. Assim, dados \vec{B} e \vec{V} , determina-se \vec{F} .

Dados \vec{B} e \vec{F} , determina-se \vec{V} .

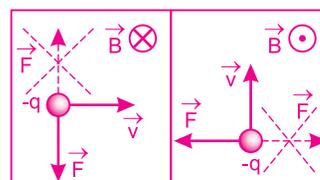


2. (MODELO ENEM) – Quando lançamos no campo magnético uma carga negativa, a força magnética pode ser obtida pela regra da mão esquerda, mas seu sentido deverá ser invertido. Nas figuras abaixo, determine \vec{F} , sabendo que a carga (-q) é negativa.



RESOLUÇÃO

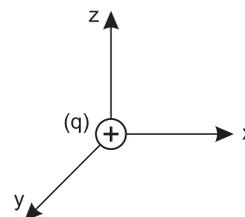
Mostre ao aluno o que diz a regra do enunciado.



Os vetores cancelados seriam válidos para uma carga positiva.

3. (MODELO ENEM) – Na figura, temos uma partícula dotada de carga elétrica positiva (q) colocada na origem de um sistema de eixos triortogonais (xyz). Sabe-se que

- o campo magnético \vec{B} tem direção e sentido do eixo Z
- a velocidade (\vec{v}) da partícula tem a direção e o sentido do eixo X.

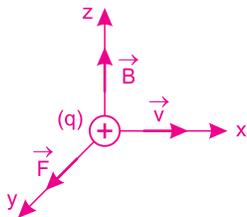


Podemos concluir que a força magnética tem

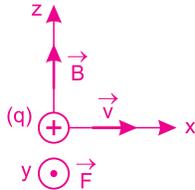
- a direção do eixo Y e o sentido oposto à sua orientação.
- a direção e o sentido do eixo Y.
- a direção e o sentido do eixo Z.
- a direção e o sentido do eixo X.
- a direção e o sentido da bissetriz dos eixos X e Y.

RESOLUÇÃO:

Esta questão tem a finalidade de ensinar ao aluno a usar a regra da mão esquerda em figura espacial. Muitos deles terão dificuldade de enxergar e intuir a figura.

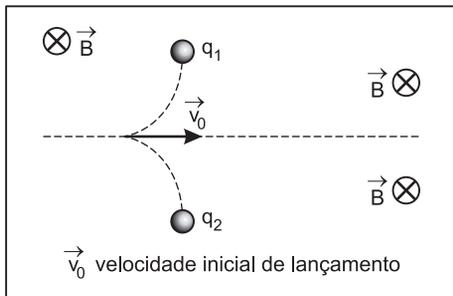


Mostre, em seguida, como ficará a mesma figura usando as convenções de entrar e sair do papel.



Resposta: B

4. Duas partículas, (1) e (2), foram lançadas num campo magnético uniforme \vec{B} e, devido exclusivamente à força magnética, saíram de sua trajetória, como mostra a figura a seguir.

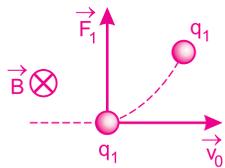


Podemos afirmar que

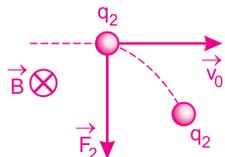
- a) $q_1 > 0$ e $q_2 < 0$
- b) $q_1 > 0$ e $q_2 > 0$
- c) $q_1 < 0$ e $q_2 < 0$
- d) $q_1 < 0$ e $q_2 > 0$
- e) $q_1 = 0$ e $q_2 > 0$

RESOLUÇÃO:

Em cada partícula, temos o seguinte esquema:



A partícula (1) obedeceu à regra da mão esquerda e, portanto, é **positiva**.



Na partícula (2), a força magnética (\vec{F}_2) está invertida e, portanto, é **negativa**.

Observação: em ambas as figuras \vec{F}_1 e \vec{F}_2 são forças magnéticas.

Resposta: A

5. (UFAC) – Uma partícula com carga $1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ é lançada no interior de um campo magnético uniforme de $2,0 \text{T}$ com velocidade de 20m/s , perpendicular às linhas do campo magnético. Nestas condições, a partícula fica submetida a uma força magnética de:

- a) $64 \cdot 10^{-19} \text{N}$
- b) $64 \cdot 10^{19} \text{N}$
- c) $6,4 \cdot 10^{-19} \text{N}$
- d) $6,4 \cdot 10^{19} \text{N}$
- e) 640N

RESOLUÇÃO:

$$F = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \theta \quad \textcircled{1}$$

Temos:

$$q = e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$$

$$B = 2,0 \text{T}$$

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

Como a partícula é lançada perpendicularmente às linhas do campo magnético \vec{B} , o ângulo entre \vec{B} e \vec{v} é de 90° :

$$\theta = 90^\circ \Rightarrow \sin \theta = \sin 90^\circ = 1$$

Substituindo em $\textcircled{1}$ vem:

$$F = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 20 \cdot 2,0 \cdot 1 \text{ (N)}$$

$$F = 64 \cdot 10^{-19} \text{N} \Leftrightarrow F = 6,4 \cdot 10^{-18} \text{N}$$

Resposta: A

6. (UFMS-2010) – Num dado referencial e num dado instante de tempo, uma partícula com carga q tem velocidade \vec{v} num ponto do espaço onde o campo magnético é \vec{B} , de direção não paralela a \vec{v} .

Com base nessa informação, analise as afirmativas:

- I. Sobre a partícula, existe uma força magnética paralela a \vec{v} .
- II. O sentido da força magnética sobre a partícula depende de q .
- III. A intensidade da força magnética sobre a partícula depende do ângulo entre \vec{v} e \vec{B} .

Está(ão) correta(s)

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

RESOLUÇÃO:

I. ERRADA

A força magnética é perpendicular a \vec{v} .

II. CORRETA

Para cargas positivas, vale a regra da mão esquerda e para cargas negativas a força tem o seu sentido invertido.

III. CORRETA

$$F = |q| \cdot v \cdot B \cdot \sin \theta$$

Resposta: E

MÓDULO 25

MOVIMENTO DE UMA PARTÍCULA ELETRIZADA EM UM CAMPO MAGNÉTICO UNIFORME

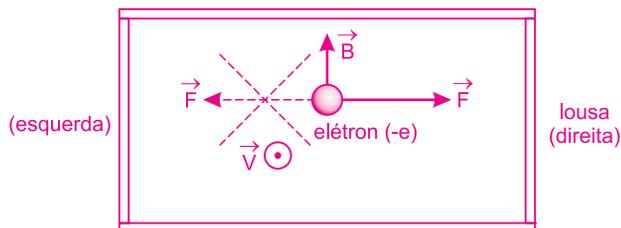
1. (VUNESP-2011) – Considere a seguinte situação: imagine que você está sentado em uma sala de aula, de frente para o quadro, do qual emerge um feixe de elétrons. Os elétrons se deslocam na direção horizontal, perpendicularmente ao quadro, e penetram em um campo magnético uniforme de direção vertical e sentido de baixo para cima.

Podemos afirmar que o feixe de elétrons

- não se desvia.
- desvia-se para cima.
- desvia-se para baixo.
- desvia-se para a sua direita.
- desvia-se para a sua esquerda.

RESOLUÇÃO:

Usamos a regra da mão esquerda e invertemos \vec{F} :



Os elétrons desviam-se para a direita.

Resposta: D

2. (UNESP-2010-MODELO ENEM) – Uma tecnologia capaz de fornecer altas energias para partículas elementares pode ser encontrada nos aceleradores de partículas, como, por exemplo, nos cíclotrons. O princípio básico dessa tecnologia consiste no movimento de partículas eletricamente carregadas submetidas a um campo magnético perpendicular à sua trajetória. Um cíclotron foi construído de maneira a utilizar um campo magnético uniforme, \vec{B} , de módulo constante igual a 1,6T, capaz de gerar uma força magnética, \vec{F} , sempre perpendicular à velocidade da partícula. Considere que esse campo magnético, ao atuar sobre uma partícula positiva de massa igual a $1,7 \times 10^{-27}$ kg e carga igual a $1,6 \times 10^{-19}$ C, faça com que a partícula se movimente em uma trajetória que, a cada volta, pode ser considerada circular e uniforme, com velocidade igual a $3,0 \times 10^4$ m/s. Nessas condições, o raio dessa trajetória circular seria aproximadamente

- 1×10^{-4} m
- 2×10^{-4} m
- 3×10^{-4} m
- 4×10^{-4} m
- 5×10^{-4} m

RESOLUÇÃO:

Na situação descrita, a força magnética \vec{F} atua como resultante centrípeta, assim:

$$F = F_{cp}$$

$$|q| v B = \frac{m v^2}{R}$$

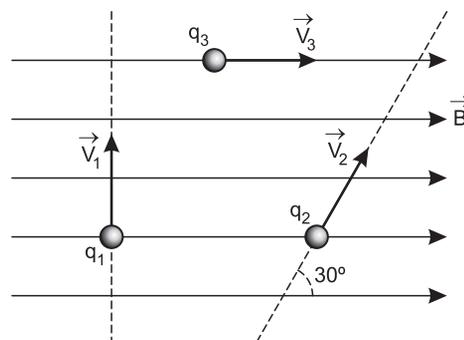
$$R = \frac{m v}{|q| B}$$

$$R = \frac{1,7 \cdot 10^{-27} \cdot 3,0 \cdot 10^4}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,6} \text{ (m)}$$

$$R \cong 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

Resposta: B

3. Na figura abaixo, temos um campo magnético \vec{B} , uniforme, representado por suas linhas de campo.



As três partículas lançadas no campo têm a mesma carga:

$$q_1 = q_2 = q_3 = q > 0$$

Sendo \vec{F}_1 , \vec{F}_2 e \vec{F}_3 as forças magnéticas que nelas atuam e sabendo que $V_1 = V_2 = V_3 = V$, assinale falso ou verdadeiro:

I. $F_1 = q \cdot V \cdot B$

II. $F_2 = \frac{1}{2} F_1$

III. $F_3 = 0$

Está correto apenas o que se disse em:

- I
- II
- III
- I e II
- I, II e III

RESOLUÇÃO:

I. Correta: $F_1 = q_1 \cdot V_1 \cdot B \cdot \text{sen } 90^\circ$. Sendo $q_1 = q$ e $V_1 = V$, vem:

$$F_1 = q \cdot V \cdot B$$

II. Correta: $F_2 = q_2 \cdot V_2 \cdot B \cdot \text{sen } 30^\circ$

$$\text{sen } 30^\circ = \frac{1}{2}$$

$$F_2 = \underbrace{q \cdot V \cdot B}_{F_1} \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow F_2 = \frac{1}{2} F_1$$

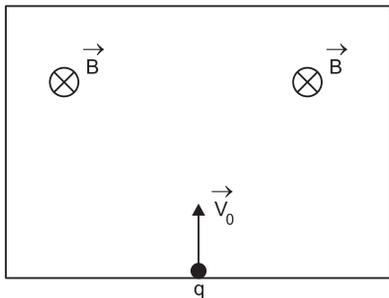
III. Correta: $F_3 = q_3 \cdot V_3 \cdot B \cdot \text{sen } 0^\circ$

$$\text{sen } 0^\circ = 0$$

$$F_3 = 0$$

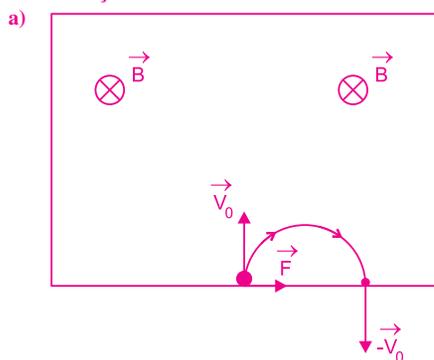
Resposta: E

4. Uma partícula de carga elétrica $q = -5e$ e massa $m = 8,0 \cdot 10^{-20} \text{kg}$ foi lançada num campo magnético uniforme de intensidade $B = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{T}$, como mostra a figura. Dado $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$.



- Esboce a sua trajetória e admita que ela tenha deixado o campo após completar uma semicircunferência.
- Sendo a velocidade de lançamento $V_0 = 2,5 \cdot 10^2 \text{m/s}$, determine o raio R da trajetória.
- Determine o tempo de permanência no campo magnético. Adote $\pi = 3$.

RESOLUÇÃO:



$$b) R = \frac{m \cdot V_0}{|q| \cdot B}$$

Temos: $|q| = 5e = 5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C} = 8,0 \cdot 10^{-19} \text{C}$

$$m = 8,0 \cdot 10^{-20} \text{kg}$$

$$V_0 = 2,5 \cdot 10^2 \text{m/s}$$

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

Substituindo-se:

$$R = \frac{(8,0 \cdot 10^{-20}) \cdot (2,5 \cdot 10^2)}{(8,0 \cdot 10^{-19}) \cdot (5,0 \cdot 10^{-2})} \text{ (m)}$$

$$R = 5,0 \cdot 10^2 \text{m}$$

$$c) V = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta s}{V}$$

$$\Delta s = \pi R$$

$$\Delta t = \frac{\pi R}{V}$$

Sendo: $\pi = 3$

$$R = 5,0 \cdot 10^2 \text{m}$$

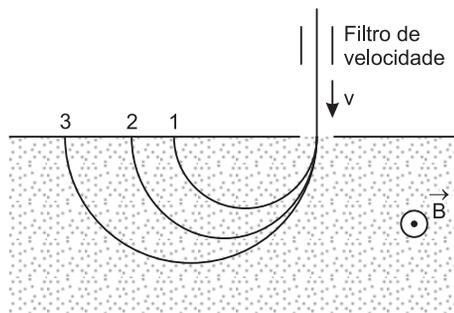
$$V = 2,5 \cdot 10^2 \text{m/s}$$

Temos:

$$\Delta t = \frac{3 \cdot (5,0 \cdot 10^2)}{2,5 \cdot 10^2} \text{ (s)} \Rightarrow \Delta t = 6,0 \text{s} \text{ (Resposta)}$$

Respostas: a) ver figura b) $5,0 \cdot 10^2 \text{m}$ c) 6,0s

5. (CEFET-PI-2010) – Três espécies de partículas que se propagam em linha reta têm a mesma velocidade e a mesma carga elétrica, porém as massas são diferentes. Quando essas partículas penetram num campo magnético uniforme, saindo do plano da página, com velocidade perpendicular ao campo, observa-se a formação de três trajetórias circulares de raios diferentes, como mostra a figura.



Marque a alternativa correta.

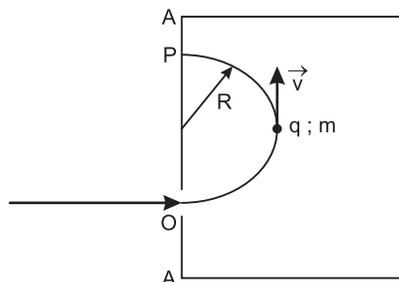
- As partículas têm cargas negativas
- A partícula de maior massa descreve a trajetória de menor raio, trajetória 3.
- A partícula de maior massa descreve a trajetória de raio intermediário, trajetória 2.
- A partícula de menor massa descreve a trajetória de maior raio, trajetória 3.
- As partículas têm cargas positivas.

Resposta: E

MÓDULO 26

MOVIMENTO DE UMA PARTÍCULA ELETRIZADA EM UM CAMPO MAGNÉTICO UNIFORME

1. (FMCA-2010) – O espectrômetro de massa é um aparelho de grande utilidade nas análises clínicas, pois consegue separar isótopos de um mesmo elemento químico. Na medicina, o uso dessa técnica permite separar células sadias de células doentes. No interior de um campo magnético uniforme \vec{B} , um íon positivo de carga q e massa m descreve um movimento uniforme semicircular de raio R , penetrando na região do campo pelo orifício O , com velocidade \vec{v} , perpendicular ao anteparo A , atingindo-o no ponto P , situado a uma distância $2R$ de O , conforme mostra a figura.

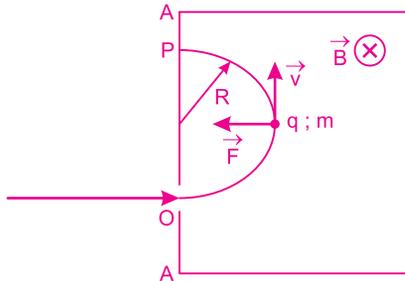


- Determine o sentido da força magnética \vec{F} e do campo magnético \vec{B} , indicando-os na figura.

b) Deduza, em função dos dados apresentados, a expressão do intervalo de tempo (Δt) gasto pelo íon para se deslocar de O até P.

RESOLUÇÃO:

a)



A força magnética é centrípeta. O sentido de \vec{B} se obtém com a regra da mão esquerda.

$$b) \left. \begin{aligned} F &= q \cdot v \cdot B \\ F_{cp} &= \frac{mv^2}{R} \end{aligned} \right\} q \cdot v \cdot B = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow mv = q \cdot R \cdot B \quad \textcircled{1}$$

No entanto, temos: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{\pi R}{\Delta t} \quad \textcircled{2}$

$\textcircled{2}$ em $\textcircled{1}$:

$$\frac{m\pi R}{\Delta t} = q \cdot R \cdot B \Rightarrow \Delta t = \frac{\pi m}{q B}$$

2. Uma partícula realiza um MCU no interior de um campo magnético uniforme de intensidade B. Sabe-se que o raio da trajetória é R, o período é T e a velocidade escalar é V.

Dobrando-se a velocidade de lançamento e quadruplicando-se a intensidade do campo magnético, o novo raio e o novo período passam a ser:

- a) $2R$ e $4T$ b) R e $\frac{T}{2}$ c) $\frac{R}{2}$ e $\frac{T}{4}$
 d) $2R$ e T e) $\frac{R}{2}$ e $2T$

RESOLUÇÃO:

O raio R é dado por:

$$R = \frac{mv}{qB}$$

Dobrou-se a velocidade e quadruplicou-se o campo B:

$$R' = \frac{m(2V)}{q(4B)} = \frac{1}{2} \frac{mV}{qB} \Rightarrow R' = \frac{R}{2}$$

O período T é dado por:

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

Quadruplicando B:

$$T' = \frac{2\pi m}{q \cdot (4B)} = \frac{1}{4} \left(\frac{2\pi m}{qB} \right) \Rightarrow T' = \frac{T}{4}$$

Resposta: C

3. (ITA-2010-modificada) – Um elétron é acelerado do repouso por uma diferença de potencial V e entra numa região na qual atua um campo magnético, onde ele inicia um movimento ciclotônico, movendo-se num círculo de raio R_E com período T_E . Se um próton fosse acelerado do repouso por uma diferença de potencial de mesma magnitude e entrasse na mesma região em que atua o campo magnético, poderíamos afirmar sobre seu raio R_p e período T_p que

- a) $R_p = R_E$ e $T_p = T_E$.
 b) $R_p > R_E$ e $T_p > T_E$.
 c) $R_p > R_E$ e $T_p = T_E$.
 d) $R_p < R_E$ e $T_p = T_E$.
 e) $R_p = R_E$ e $T_p < T_E$.

Note e Adote:
 O elétron e o próton adquiriram a mesma energia cinética antes de penetrar no campo magnético. A energia cinética é dada por

$$E_{cin} = \frac{mv^2}{2}$$

RESOLUÇÃO

Como o elétron e o próton adquiriram a mesma energia cinética, antes de penetrar no campo \vec{B} , vamos admitir que eles penetram ainda com essa mesma energia:

$$E_{cin}(\text{elétron}) = E_{cin}(\text{próton})$$

Sendo $R = \frac{mv}{|q| \cdot B}$ e $E_{cin} = \frac{mv^2}{2}$, vem $v = \sqrt{\frac{2E_{cin}}{m}}$

$$R = \frac{m \sqrt{\frac{2E_{cin}}{m}}}{|q| B}$$

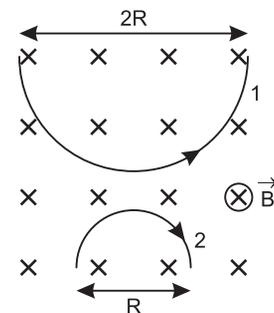
$$R = \frac{\sqrt{2mE_{cin}}}{|q| B}; \text{ sendo } m_p > m_e, \text{ vem } R_p > R_E$$

O período é dado por $T = \frac{2\pi m}{|q| B}$

Para $m_p > m_e$, vem $T_p > T_E$

Resposta: B

4. (VUNESP-2010-MODELO ENEM) – Duas partículas elementares, ao passar por uma região em que há um campo magnético homogêneo, descrevem as trajetórias que estão esboçadas na figura. A seu respeito, pode-se afirmar que



- a) caso tenham massas e velocidades escalares iguais, as suas cargas obedecerão à relação $q_1 = -2q_2$.
 b) com certeza podem formar um átomo neutro.

- c) caso tenham massas e velocidades escalares iguais, as suas cargas obedecerão à relação $q_1 = 2q_2$.
- d) caso tenham massas e velocidades escalares iguais, as suas cargas obedecerão à relação $q_1 = q_2/2$.
- e) caso tenham massas e velocidades escalares iguais, as suas cargas obedecerão à relação $q_1 = -q_2/2$.

RESOLUÇÃO:

O raio da trajetória de uma partícula de massa m e carga q , lançada perpendicularmente a \vec{B} , é dada por:

$$R = \frac{m V}{q B}$$

Então:

$$R_1 = 2R = \frac{m_1 \cdot V_1}{q_1 \cdot B}$$

$$R_2 = R = \frac{m_2 \cdot V_2}{q_2 \cdot B}$$

Para que se obtenha uma relação entre q_1 e q_2 , devemos fixar as massas e as duas velocidades.

Fazendo: $m_1 = m_2 = m$
 $V_1 = V_2 = V$

e sendo: $R_1 = 2R_2$:

$$\frac{m \cdot V}{q_1 \cdot B} = 2 \frac{m V}{q_2 \cdot B} \Rightarrow q_2 = 2q_1$$

Resposta: D

MÓDULO 27

FORÇA MAGNÉTICA EM CONDUTOR RETILÍNEO

1. Temos um campo magnético uniforme representado pelas suas linhas de indução. Em cada uma das figuras, mostra-se um fio retilíneo, de comprimento infinito, imerso no campo.

- a) Indique o sentido da força magnética em cada fio.
- b) Determine o módulo da força magnética que atua em um pedaço de 2,0m do fio da figura 3, sabendo que $i = 10 \text{ A}$ e $B = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ T}$

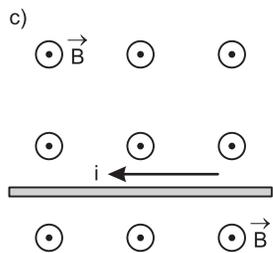
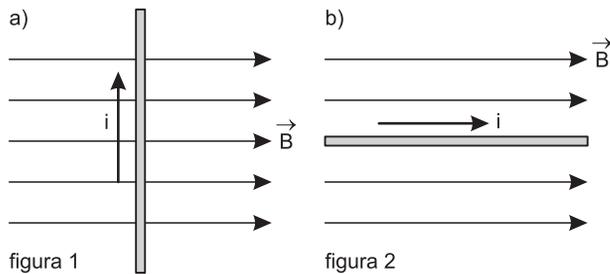


figura 3

RESOLUÇÃO:

a) Basta usar a regra da mão esquerda:

fig. 1

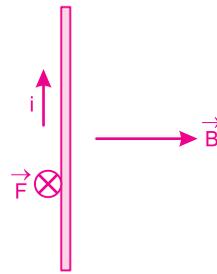


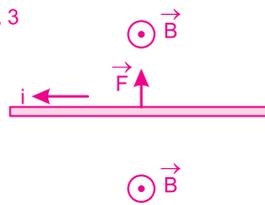
fig 2

Como o fio é paralelo ao campo, a força magnética é nula.

$$F = B \cdot i \cdot \ell \cdot \underbrace{\text{sen } 0^\circ}_{\text{zero}}$$

$$F = 0$$

fig. 3



b) $F = B \cdot i \cdot \ell$

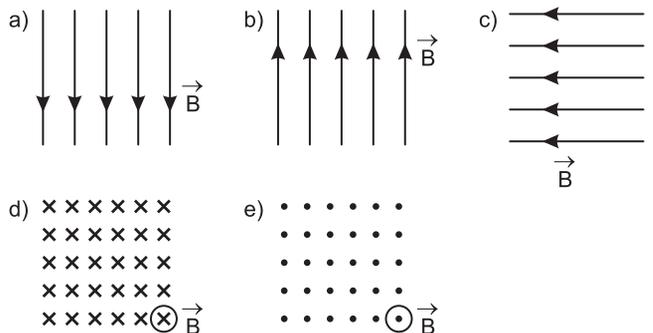
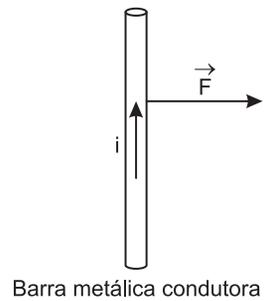
$$F = 2,0 \cdot 10^{-5} \cdot 10 \cdot 2,0$$

$$F = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

2. (FMTM-2010) – Uma corrente elétrica i percorre uma barra metálica que está imersa no campo magnético uniforme \vec{B} , como está indicado na figura. Observa-se que a barra sofre a ação de uma força magnética horizontal, com sentido para a direita. Nesse local, as linhas de força do campo magnético \vec{B} estão corretamente representadas na alternativa

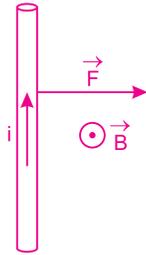
Considere:

- ⊙ Campo perpendicular ao plano do papel e saindo dele.
- ⊗ Campo perpendicular ao plano do papel e entrando nele.



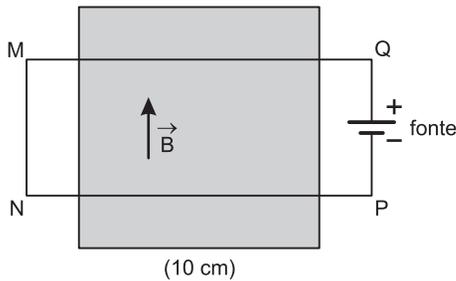
RESOLUÇÃO:

Basta usar a regra da mão esquerda e obteremos o sentido do campo magnético \vec{B} .



Resposta: E

3. Na região sombreada, há um campo magnético de intensidade $B = 1,5T$, de direção paralela a um dos lados e sentido indicado pelo vetor \vec{B} . A região é um quadrado de lado 10cm. O retângulo MNPQ é constituído por fio de cobre e uma fonte produz uma corrente elétrica de 2,0 A que nele circula.

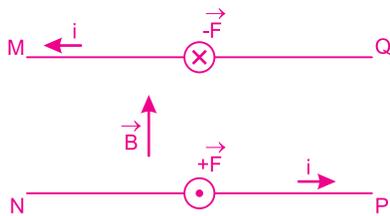


Note e adote
 $\overline{MN} = \overline{PQ} = 6 \text{ cm}$
 $\overline{QM} = \overline{PN} = 12 \text{ cm}$

- Determine o sentido e a direção da força magnética nos quatro lados da “espira” MNPQ.
- Determine a intensidade da força magnética em \overline{QM} e em \overline{NP}

RESOLUÇÃO:

a) Em \overline{MN} e em \overline{PQ} , não há força magnética, pois estão fora do campo magnético e também por terem a mesma direção do campo (se estivessem dentro dele).
 Em \overline{MQ} e em \overline{NP} , haverá força, dada pela regra da mão esquerda:



- b) A força magnética atua somente no trecho do fio imerso no campo.
- $$F = B \cdot i \cdot L$$
- $L = 10\text{cm}$ (não é o comprimento total do fio, e apenas o lado do quadrado sombreado onde atua um campo \vec{B}).
- $B = 1,5T$
 $i = 2,0 \text{ A}$
 $|\vec{+F}| = |\vec{-F}| = F$

$$F = 1,5 \cdot 2,0 \cdot 0,10 \text{ (N)}$$

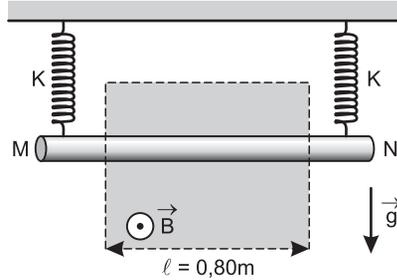
$$F = 0,30\text{N} = 3,0 \cdot 10^{-1} \text{ N}$$

Professor: comente o binário de forças $+\vec{F}$ e $-\vec{F}$ e sua ação sobre a espira. Comente ainda que esta propriedade é o princípio de funcionamento de um motor elétrico.

$$M = F \cdot d$$

$$d = \overline{MN} = \overline{PQ}$$

4. Observe o sistema da figura:



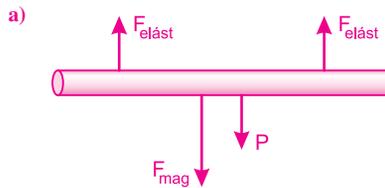
Tem-se duas molas idênticas ($k = 2,0\text{N/cm}$), um condutor retilíneo \overline{MN} bastante extenso e uma região sombreada onde há um campo magnético ($B = 0,50T$).

- Sendo $m = 0,80\text{kg}$ a massa do condutor e $g = 10\text{m/s}^2$, determine
- as intensidades das forças que agem no condutor sabendo que as molas estão distendidas em 10cm e o sistema está em equilíbrio;
 - o sentido e a intensidade da corrente elétrica no condutor.

Observação: A força elástica se calcula por:

$F_{\text{elást}} = k \cdot x$, em que x é o alongamento da mola e k a constante elástica da mola.

RESOLUÇÃO:



$$F_{\text{elást}} = kx = 2,0 \frac{\text{N}}{\text{cm}} \cdot 10 \text{ cm} = 20\text{N}$$

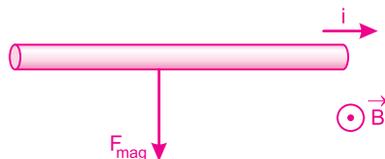
$$P = m \cdot g = 0,80\text{kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 8,0\text{N}$$

Concluimos que a força magnética tem o sentido de P:

$$F_{\text{mag}} + P = 2 F_{\text{elást}}$$

$$F_{\text{mag}} + 8,0 = 40 \Rightarrow F_{\text{mag}} = 32\text{N}$$

b) Sentido de i : regra da mão esquerda

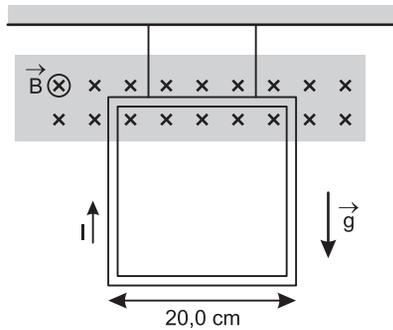


$$F_{\text{mag}} = B \cdot i \cdot \ell$$

$$32 = 0,50 \cdot i \cdot 0,80$$

$$i = 80\text{A}$$

5. (UNESP) – Um dos lados de uma espira retangular rígida com massa $m = 8,0$ g, na qual circula uma corrente I , é atado ao teto por dois fios não condutores de comprimentos iguais. Sobre esse lado da espira, medindo $20,0$ cm, atua um campo magnético uniforme de $0,05$ T, perpendicular ao plano da espira. O sentido do campo magnético é representado por uma seta vista por trás, penetrando o papel, conforme é ilustrado na figura.



Considerando $g = 10,0$ m/s², o menor valor da corrente que anula as trações nos fios é

- a) 8,0 A b) 7,0 A c) 6,0 A
d) 5,0 A e) 4,0 A

RESOLUÇÃO:

Para que tenhamos o anulamento das forças de tração nos fios, a força magnética sobre o ramo do condutor imerso no campo deve equilibrar a ação da força peso, assim:

$$i \vec{F}_{\text{mag}} = i \vec{P}$$

$$B i \ell \sin \theta = m g$$

$$B i \ell \sin 90^\circ = m g$$

$$0,05 \cdot i \cdot 0,20 \cdot 1 = 8,0 \cdot 10^{-3} \cdot 10,0$$

$$i = 8,0 \text{ A}$$

Resposta: A

MÓDULO 28

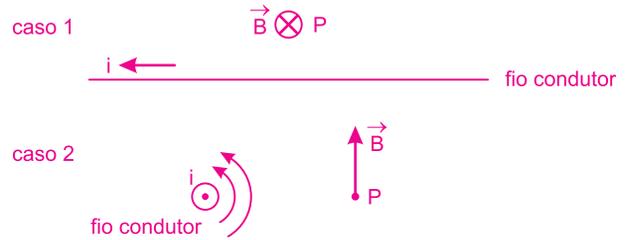
CAMPO MAGNÉTICO GERADO POR CONDUTOR RETILÍNEO

1. Determine a direção e o sentido do campo magnético em **P** nos dois casos que se seguem:

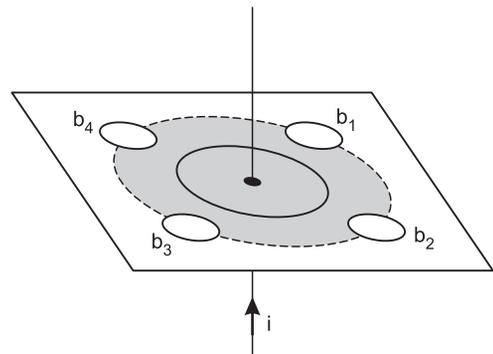


RESOLUÇÃO:

Usando a regra da mão direita em ambos:

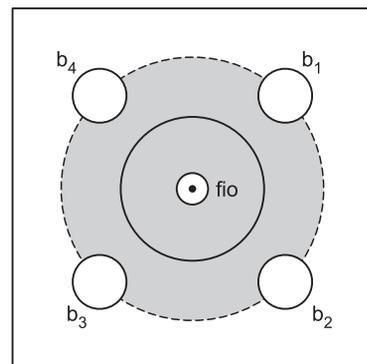


2. (MODELO ENEM) – Na figura, temos uma mesa furada por onde passa um fio muito longo, retilíneo. Equidistantemente desse orifício, foram colocadas quatro bússolas (b_1, b_2, b_3 e b_4).



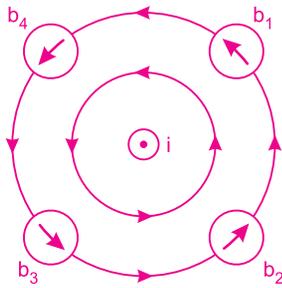
Uma corrente elétrica passa a percorrer o fio, o que gera um campo magnético em seu entorno e mexe nas agulhas magnéticas. Você está vendo o experimento de cima para baixo e deverá indicar no desenho a seguir:

- o sentido da corrente elétrica;
- o sentido das linhas de indução do campo magnético;
- a posição das quatro agulhas.



RESOLUÇÃO:

Usando a regra da mão direita, obtemos o sentido do campo magnético. As linhas de indução serão orientadas no sentido anti-horário. As agulhas se posicionam tangencialmente à linha tracejada e apontam o sentido do campo magnético.



3. (CESUPA-PA) – Quando um condutor retilíneo é percorrido por certa corrente elétrica, a intensidade do campo magnético a 10cm deste vale $1,0 \cdot 10^{-4}$ T. Logo, a intensidade de corrente que flui através do condutor vale:

- a) 10A b) 20A c) 30A d) 40A e) 50A

Note e adote:
A permeabilidade magnética do meio é igual à do vácuo e vale $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ T . m/A

RESOLUÇÃO:

Sendo $B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi d}$, teremos:

$$2\pi d B = \mu_0 \cdot i$$

$$i = \frac{2\pi d B}{\mu_0}$$

Sendo: $d = 10\text{cm} = 1,0 \cdot 10^{-1}\text{m}$

$$B = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ T}$$

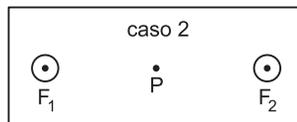
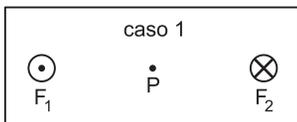
$$i = \frac{2\pi \cdot 1,0 \cdot 10^{-1} \cdot 1,0 \cdot 10^{-4}}{4\pi \cdot 10^{-7}} \text{ (A)}$$

$$i = 0,50 \cdot 10^2 \text{ A} \Rightarrow \boxed{i = 50 \text{ A}}$$

Resposta: E

4. (UFPB) – Nas figuras abaixo, estão representadas as seções transversais de dois fios condutores longos e paralelos, F_1 e F_2 . As correntes nos condutores têm sentidos opostos no caso 1, e mesmo sentido no caso 2. Os condutores são percorridos por correntes de 5,0A e o ponto P está 0,20m distante de cada um deles.

Dado: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ T . m/A.



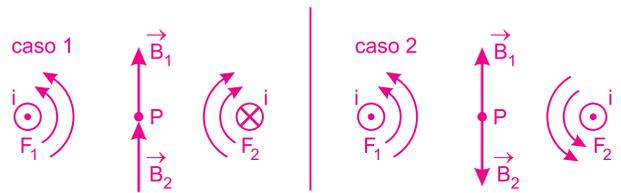
Para cada caso,

a) represente as linhas de campo da indução magnética devidas às correntes nos condutores.

b) determine a intensidade do vetor indução magnética resultante no ponto P. Aproveite a figura anterior e indique os respectivos vetores \vec{B}_1 e \vec{B}_2 gerados por cada fio em P.

RESOLUÇÃO:

a) Basta usar a regra da mão em cada fio



$$b) B = \frac{\mu i}{2\pi d}$$

$$|\vec{B}_1| = |\vec{B}_2| = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 5,0}{2\pi \cdot 0,20} \Rightarrow B_1 = B_2 = 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ T}$$

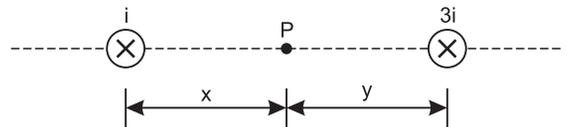
Caso 1

$$B_{\text{res}} = B_1 + B_2 = 10 \cdot 10^{-6} \text{ T}$$

Caso 2

$$B_{\text{res}} = B_1 - B_2 \Rightarrow \boxed{\vec{B}_{\text{res}} = \vec{0}}$$

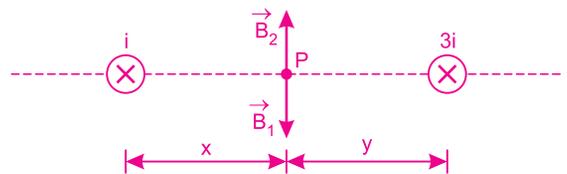
5. (FATEC-SP) – Dois fios metálicos retos, paralelos e longos, são percorridos por correntes i e $3i$ de sentidos iguais (entrando no papel, no esquema). O ambiente é vácuo. O campo magnético resultante, produzido por essas correntes, é nulo em um ponto P tal que:



- a) $\frac{y}{x} = 3$ b) $\frac{y}{x} = \frac{1}{3}$ c) $\frac{y}{x} = 9$ d) $\frac{y}{x} = \frac{1}{9}$

RESOLUÇÃO:

Usando a regra da mão direita sobre cada fio, determinamos os vetores \vec{B}_1 e \vec{B}_2 dos campos magnéticos gerados pelos fios da esquerda e da direita, respectivamente.



Sendo $B = \frac{\mu \cdot i}{2\pi d}$, teremos:

$$B_1 = \frac{\mu \cdot i}{2\pi x} \text{ e } B_2 = \frac{\mu \cdot (3i)}{2\pi y}$$

Fazendo-se $B_1 = B_2$:

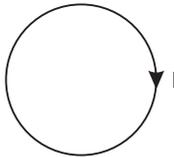
$$\frac{\mu \cdot i}{2\pi x} = \frac{3\mu \cdot i}{2\pi y} \Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{3}{y}$$

$$\boxed{\frac{y}{x} = 3}$$

Resposta: A

CAMPO DE ESPIRA E SOLENOIDE

1. (VUNESP) – Uma espira circular de raio R é percorrida por uma corrente elétrica de intensidade I e sentido horário, como se vê na figura dada. O campo magnético que essa corrente produz no centro da espira tem intensidade B ; dobrando-se a intensidade da corrente elétrica, reduzindo-se o raio da espira à metade ($R/2$) e invertendo-se o sentido da corrente, o novo campo magnético terá intensidade



- a) $B/2$ e sentido oposto ao inicial.
- b) B e o mesmo sentido que o inicial.
- c) $2B$ e sentido oposto ao inicial.
- d) $4B$ e sentido oposto ao inicial.
- e) $4B$ e sentido oposto ao inicial.

RESOLUÇÃO:

Inicialmente temos, no centro da espira:

$$B_1 = B = \frac{\mu I}{2R}$$

- Dobra-se a corrente: $2I$ (invertendo-se o sentido).
- Reduz-se à metade o raio da espira: $R/2$.

Teremos:

$$B_2 = \frac{\mu \cdot (2I)}{2(R/2)} = \frac{2\mu I}{R}$$

Comparando as duas expressões:

$$B_2 = 4B_1$$

$$B_2 = 4B$$

Resposta: D

2. (UFV-2010) – Uma partícula de carga $q > 0$ é colocada em repouso próxima de uma espira circular, a uma distância L do centro da espira, sobre o eixo ortogonal ao plano da espira que passa pelo seu centro. A espira possui raio R e é percorrida por uma corrente I (constante). O módulo da força magnética na partícula é:

- a) $\frac{qI}{LR}$
- b) $\frac{q \cdot I \cdot L}{R^2}$
- c) nulo
- d) $\frac{qIR}{L^2}$

RESOLUÇÃO:

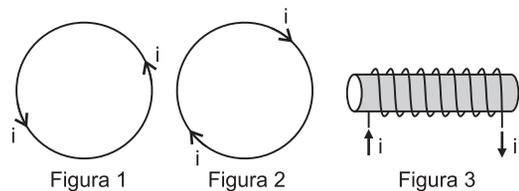
Como a intensidade da corrente elétrica na espira é constante, o campo magnético B tem também intensidade constante. No entanto, não há força magnética sobre a partícula, pois ela está em repouso.

$$F_m = q \cdot v \cdot B$$

$$v = 0 \Rightarrow F_m = 0$$

Resposta: C

3. (MODELO ENEM) – Indicar o sentido do campo magnético e a polaridade magnética em cada um dos anéis e nos extremos do solenoide das figuras 1, 2 e 3. O sentido da corrente elétrica está na própria figura.



RESOLUÇÃO:

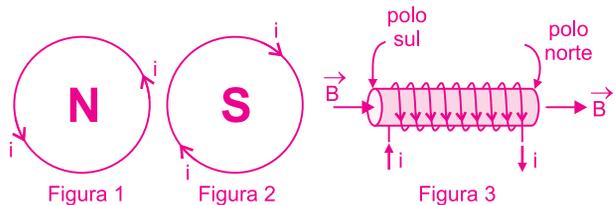
Usando a regra da mão direita, determinamos o sentido do campo magnético \vec{B} em cada elemento.

A polaridade magnética tem a seguinte resolução:

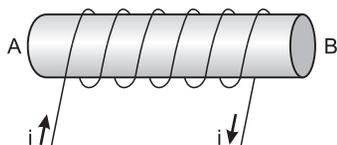
Anel 1: corrente no sentido anti-horário gera um polo norte.

Anel 2: corrente no sentido horário gera um polo sul.

Solenóide: visto pelo seu lado externo, vale: onde nasce o campo é o norte e onde ele morre é o sul.



4. (FCC-2011) – A figura apresenta um solenoide, constituído por um fio condutor enrolado em torno de um tubo de papelão. O solenoide é percorrido por uma corrente contínua, i , no sentido indicado na figura.



Considerando a situação descrita, analise as afirmações seguintes:

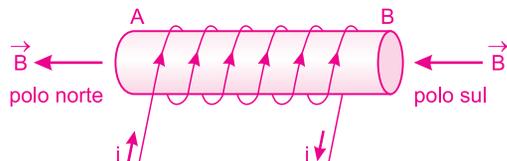
- I. O solenoide se constituirá em um ímã e a extremidade A se comportará como polo norte magnético.
- II. O solenoide se constituirá em um ímã e a extremidade B se comportará como polo norte magnético.
- III. Se aproximarmos o polo sul de um ímã, da extremidade B do solenoide, ele será repellido.

Assinale a alternativa que indica todas as afirmativas corretas.

- a) Somente a afirmativa I está correta.
- b) Somente a afirmativa II está correta.
- c) Somente a afirmativa III está correta.
- d) Somente as afirmativas I e III estão corretas.
- e) Nenhuma afirmativa está correta.

RESOLUÇÃO:

Usando-se a regra da mão direita no solenoide:



A é polo norte
B é polo sul

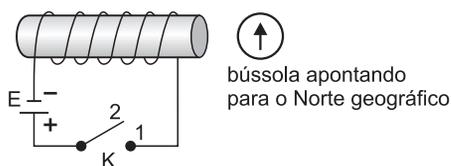
- I. Correta II. Errada III. Correta

Resposta: D

MÓDULO 30

APLICAÇÕES DE CONDUTOR RETILÍNEO E FIOS PARALELOS

1. (MODELO ENEM) – A figura mostra uma bobina (fio enrolado em torno de um cilindro de ferro), cuja corrente elétrica é controlada pela chave K. Próximo do núcleo de ferro, encontra-se uma bússola, cuja posição da agulha corresponde ao da corrente elétrica desligada (posição 2).



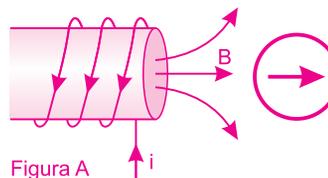
A chave (K) é ligada (posição 1) e, a seguir, desligada (volta para 2). Observe a polaridade do gerador.

Assinale a alternativa que mostra as duas possíveis posições da agulha na sequência dos eventos propostos:

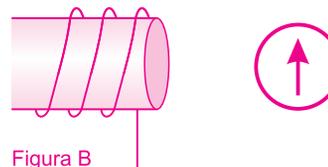
- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

RESOLUÇÃO:

Na figura dada, a posição indicada pela agulha magnética corresponde ao polo Norte da Terra, pois não há corrente passando na bobina. Quando a chave for posicionada na posição (1), a corrente na bobina gera um campo magnético em seu núcleo de ferro e formam-se os dois polos no eletroímã. A agulha magnética se posiciona na direção e no sentido desse campo (fig. A).

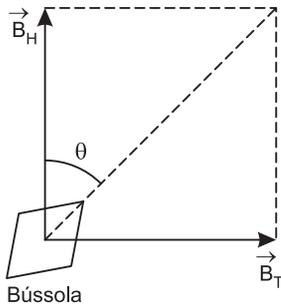


Voltando-se a chave à posição 2, desligamos a corrente elétrica e o campo magnético desaparece. A agulha volta a indicar o campo magnético da Terra (fig. B).



Resposta: B

2. (UFAC-2011) – Em laboratório, é possível medir o valor do campo magnético da Terra (\vec{B}_T), uma vez determinada a sua direção. Contudo, isso não é uma tarefa fácil, já que seu valor é muito pequeno em comparação ao campo magnético produzido por fontes usuais, tais como ímãs de alto-falantes, bobinas de motores ou geradores elétricos. A medição pode ser feita utilizando uma bússola colocada no centro do eixo das chamadas bobinas de Helmholtz. Nessas bobinas, é aplicada uma corrente elétrica conhecida e calibrada, que gera um campo magnético mensurável e, ainda, perpendicular e da mesma ordem de grandeza do campo da Terra. Sendo assim, é possível calcular o valor (módulo) de \vec{B}_T medindo o ângulo (θ) entre o campo das bobinas e a resultante dos campos, a qual terá direção e sentido dados pela bússola. Para ilustração, a figura a seguir mostra os campos produzidos pela Terra (\vec{B}_T), pelas bobinas (\vec{B}_H) e a orientação da bússola, definida pelo ângulo θ , na presença desses campos.



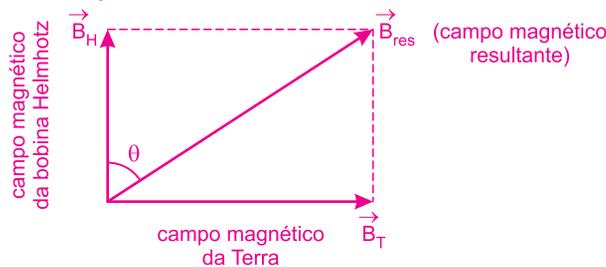
Considerando o texto e a figura apresentada, analise as afirmações:

- (I) O valor do campo magnético da Terra é dado por $B_H \cdot \text{sen } \theta$.
- (II) Se $\theta = 45^\circ$, então o valor (módulo) de \vec{B}_T é igual ao de \vec{B}_H .
- (III) Se $\theta = 45^\circ$, então o valor de \vec{B}_T é igual à metade do valor de \vec{B}_H .
- (IV) O módulo de \vec{B}_T é igual a $B_H \cdot \text{tg } \theta$.
- (V) O módulo de \vec{B}_T é igual ao de \vec{B}_H para qualquer valor de θ .

Estão corretas apenas as afirmações:

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

RESOLUÇÃO:



I (Errada)

$$\text{tg } \theta = \frac{B_T}{B_H} \Rightarrow B_T = B_H \cdot \text{tg } \theta$$

II (Correta)

$$\text{Se } \theta = 45^\circ \Rightarrow B_T = B_H \cdot \text{tg } 45^\circ \Rightarrow B_T = B_H$$

A figura vira um quadrado.

III (Errada)

IV (Correta)

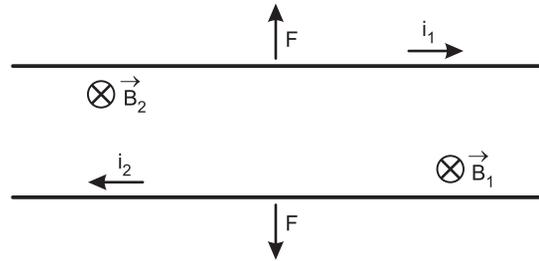
Vide a I

V (Errada)

Vide a I

Resposta: A

3. (MODELO ENEM) – Quando dois condutores retilíneos, de comprimento infinito, estiverem alinhados em paralelo, haverá uma atração ou repulsão entre eles, a qual dependerá do sentido das duas correntes elétricas. Usando-se as regras da mão direita e da esquerda, é possível determinar-se as forças magnéticas, como se observa no exemplo abaixo.



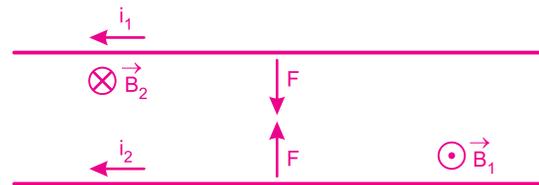
Analise as três proposições e classifique-as em falsa ou verdadeira. Tomando como referência a figura dada:

- I. se invertemos o sentido de i_1 , mantendo o de i_2 , as forças serão de atração.
 - II. se invertemos o sentido de i_2 , mantendo o de i_1 , as forças serão de repulsão.
 - III. se invertemos os sentidos de i_1 e de i_2 , o sentido das forças não se altera e continua a haver repulsão.
- a) é verdadeira apenas a I
 - b) é verdadeira apenas a II
 - c) é verdadeira apenas a III
 - d) são verdadeiras apenas I e III
 - e) são todas verdadeiras

RESOLUÇÃO:

I. VERDADEIRA

Se invertemos i_1 , as correntes passaram a ter o mesmo sentido e ocorre atração.



II. FALSA

Se invertemos i_2 , novamente haverá atração, pois as duas correntes passam a ter o mesmo sentido.

III. VERDADEIRA

Se as duas correntes forem invertidas, elas continuam em sentidos opostos e os fios se repelem.

Resposta: D

4. (UEA-2010) – Dois fios condutores retilíneos e de comprimento muito longo estão dispostos paralelamente e separados por uma distância d . Os fios são percorridos por correntes elétricas. Assinale a alternativa correta sobre a força magnética de interação entre eles.

- A força magnética é de atração quando as correntes têm sentidos opostos, e seu módulo é inversamente proporcional a d .
- A força magnética entre os condutores é sempre repulsiva, qualquer que seja o sentido das correntes.
- A intensidade da força magnética entre os condutores não depende da distância entre os fios.
- A força magnética é repulsiva quando as correntes têm sentidos opostos, e sua intensidade é inversamente proporcional a d .
- A força magnética é de repulsão quando os fios são percorridos por correntes de mesmo sentido.

RESOLUÇÃO:

1. Para correntes paralelas e do mesmo sentido, surge entre os fios uma força de atração.

2. Para correntes paralelas e de sentidos opostos, a força é de repulsão e será de atração para correntes do mesmo sentido.

3. Temos:

$$\left. \begin{aligned} F &= B \cdot i \cdot L \\ B_1 &= \frac{\mu \cdot i}{2\pi d} \end{aligned} \right\} F = \frac{\mu \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot L}{2\pi d}$$

Resposta: D

5. (CEFET-MG-2011) – Analise as afirmações que seguem, sobre campo magnético.

- A força magnética que age sobre uma carga elétrica é sempre paralela ao vetor campo magnético.
- O campo magnético terrestre possui seu polo sul magnético que coincide com o polo sul geográfico da Terra.
- Toda corrente elétrica gera ao redor de si um campo magnético.
- No interior de um solenoide percorrido por corrente elétrica, o campo magnético é paralelo ao eixo do solenoide.
- Dois fios longos e paralelos, percorridos por correntes elétricas de mesmo sentido, se repelem.

RESOLUÇÃO:

(0) – Errada

\vec{F} é sempre perpendicular a \vec{B} e a \vec{V}

(1) – Errada

A Terra é um ímã de ponta cabeça, isto é, no polo Norte há um polo sul magnético e vice-versa.

(2) – Correta

Experiência de Oersted.

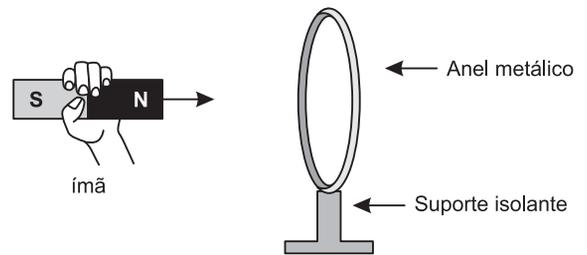
(3) – Correta

Admita solenoide ideal. Nesse caso, o campo magnético interno é paralelo ao seu eixo geométrico.

(4) – Errada

Correntes do mesmo sentido atraem-se.

1. (FUVEST-2010) – Aproxima-se um ímã de um anel metálico fixo em um suporte isolante, como mostra a figura.



O movimento do ímã, em direção ao anel,

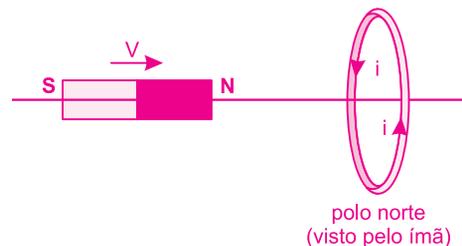
- não causa efeitos no anel.
- produz corrente alternada no anel.
- faz com que o polo sul do ímã vire polo norte e vice-versa.
- produz corrente elétrica no anel, causando uma força de atração entre anel e ímã.
- produz corrente elétrica no anel, causando uma força de repulsão entre anel e ímã.

RESOLUÇÃO:

Quando o ímã é aproximado do anel, ocorre indução eletromagnética e surge no anel uma corrente elétrica induzida (Lei de Faraday).

De acordo com a Lei de Lenz, surge uma força magnética de repulsão, isto é, opondo-se ao movimento do ímã.

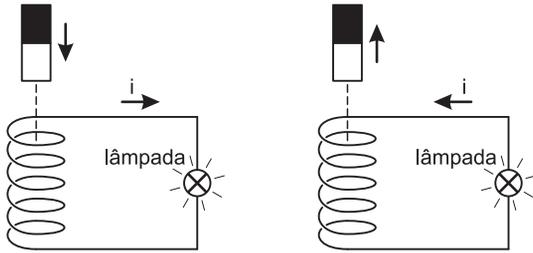
A figura ilustra a corrente induzida e a polaridade magnética no anel.



A corrente induzida não vai mudar de sentido, pois o ímã somente foi aproximado do anel. Para se gerar uma corrente alternada, deveríamos produzir no ímã um movimento de vai e vem, como, por exemplo, um MHS.

Resposta: E

2. (MODELO ENEM) – Michael Faraday descobriu o fenômeno, da indução magnética ao realizar alguns experimentos usando um ímã e uma bobina.



Percebeu ele que fazendo variar o fluxo magnético no interior da bobina, surgia uma corrente elétrica induzida, acendendo momentaneamente a lâmpada.

O fenômeno da indução magnética

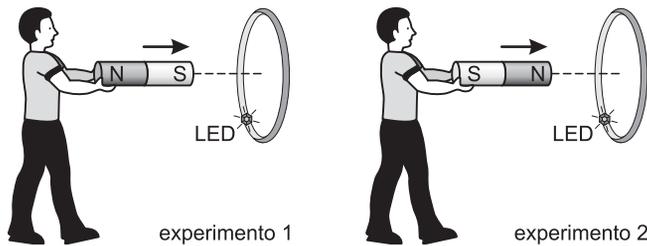
- obedece ao princípio da conservação da energia, pois ocorre apenas uma conversão de energia.
- não obedece ao princípio da conservação da energia, pois a lâmpada se acendeu sem que se usasse alguma pilha.
- foi explicado matematicamente pela Lei de Lenz, sem que se mencionasse a lei da conservação da energia.
- não obedece ao princípio da conservação da energia, pois, conforme a Lei de Lenz, trata-se apenas do surgimento de um contrafluxo magnético na bobina.
- obedece ao princípio da conservação de energia, havendo conversão de energia elétrica em mecânica.

RESOLUÇÃO:

Evidentemente que o fenômeno da indução magnética é uma simples conversão de energia mecânica (ímã em movimento) em energia elétrica e, portanto, vale o princípio da conservação da energia.

Resposta: A

3. (MODELO ENEM) – Na figura, mostra-se um experimento de indução eletromagnética: um ímã, na mão de um operador, é aproximado de uma espira fixa, acendendo uma pequena lâmpada de LED. A finalidade, no entanto é verificar a Lei de Lenz.



Em cada experimento:

- Identifique se ocorrerá atração ou repulsão entre a espira e o ímã. A seguir, identifique o polo magnético formado na espira, visto pelo operador durante sua aproximação.
- Indique o sentido da corrente elétrica, vista pelo operador.
- Se, porventura o operador voltar de costas, afastando o ímã da espira, sem contudo invertê-lo, como será a força entre o ímã e a espira?

RESOLUÇÃO:

a) A força é de repulsão, pois está havendo uma aproximação forçada entre o ímã e a espira.

No experimento 1, forma-se um polo S, visto pelo operador.

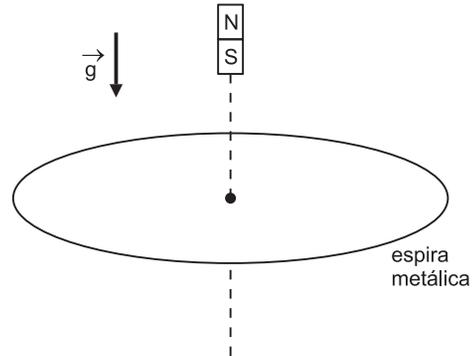
No experimento 2, forma-se um polo N, visto pelo operador.

b) No experimento 1, tendo-se formado um polo S, o sentido é horário.

No experimento 2, tendo-se formado um polo N, o sentido é anti-horário.

c) Se o operador afastar o ímã, voltando de costas, a força entre o ímã e a espira passa a ser de atração, invertendo-se os sentidos das correntes elétricas.

4. (UFAM-2010) – O ímã da figura cai atravessando uma espira circular. Admitindo-se que o ímã permaneça na posição vertical durante seu movimento para uma pessoa vendo de cima, pode-se afirmar que



- não surge corrente induzida na espira.
- o sentido da corrente induzida na espira é horário.
- o sentido da corrente induzida na espira é anti-horário.
- o sentido da corrente induzida muda de horário para anti-horário.
- o sentido da corrente induzida muda de anti-horário para horário.

RESOLUÇÃO:

1) Enquanto o ímã estiver acima do plano da espira, caindo em direção ao seu centro, o seu polo sul estará aproximando-se e a corrente induzida gera outro polo sul. O sentido é horário.

2) Tendo atravessado o plano da espira, vai interessar o polo norte do ímã, o qual estará afastando-se. A corrente induzida gera, na “face oculta” da espira, um polo sul e na “face visível”, superior, um polo norte. O sentido é anti-horário.

Resposta: D

5. (UFT-2011) – De quanto deverá ser a magnitude do choque elétrico (f. e. m. induzida) se segurarmos as extremidades de uma bobina composta por 10 espiras de área $A=1 \text{ [m}^2\text{]}$ e deixarmos passar ortogonalmente por esta bobina uma densidade de fluxo magnético constante com módulo dado por $B=11 \text{ [T]}$?

- 0 [volt]
- 10 [volts]
- 110 [volts]
- 220 [volts]
- 100 [volts]

RESOLUÇÃO:

Fluxo constante $\Rightarrow \Delta\Phi = 0$

Não haverá indução e a força eletromotriz induzida é nula.

Resposta: A

1. (MODELO ENEM) – Faraday, em seus primeiros experimentos, buscou uma relação entre o fluxo magnético e o fenômeno da indução magnética. Concluído seu trabalho, passou a buscar uma equação matemática para relacionar as grandezas envolvidas e chegou à segunda lei da indução:

$$E = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}$$

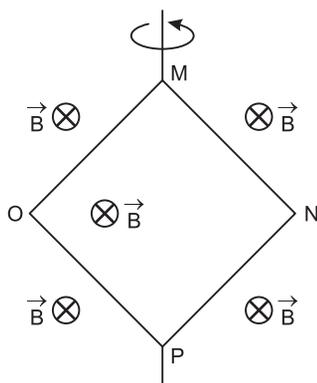
Nessa equação, temos:

E = módulo da f.e.m. induzida

$|\Delta\Phi|$ = módulo da variação do fluxo magnético na bobina

Δt = tempo decorrido na variação de fluxo

Um espira quadrada, de lado $L = 10$ cm, imersa no campo magnético de um ímã, de intensidade $B = 0,50$ T, dá 1/4 de volta em torno de seu eixo diagonal (ver figura) em 5,0 centésimos de segundo.



A fem induzida é:

- a) $0,50 \cdot 10^{-1}$ V b) $1,0 \cdot 10^{-1}$ V c) 1,0 V
 d) 2,0 V e) $2,0 \cdot 10^{-2}$

RESOLUÇÃO:

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

$$B = 0,50 \text{ T} = 5,0 \cdot 10^{-1} \text{ T}$$

$$A = L^2 = (0,10)^2 \text{ m}^2 = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \alpha$$

Para $\alpha = 0^\circ$:

$$\Phi_0 = 5,0 \cdot 10^{-1} \cdot 10^{-2} = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$$

Para $\alpha = 90^\circ$:

$$\Phi_0 = 0$$

$$\Delta\Phi = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$$

A f.e.m. induzida é:

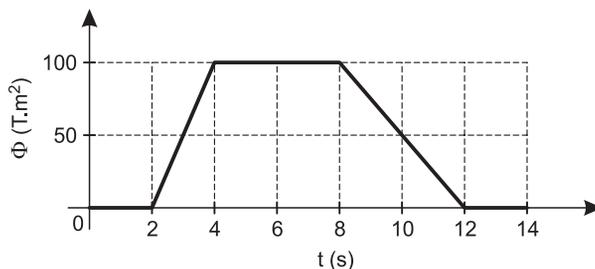
$$E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow E = \frac{5,0 \cdot 10^{-3}}{5,0 \cdot 10^{-2}} \text{ (V)}$$

$$E = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ V}$$

Resposta: B

2. (UFPR-MODELO ENEM) – O desenvolvimento do eletromagnetismo contou com a colaboração de vários cientistas, como Faraday, por exemplo, que verificou a existência da indução eletromagnética. Para demonstrar a lei de indução de Faraday, um professor idealizou uma experiência simples.

Construiu um circuito condutor retangular, formado por um fio com resistência total $R = 5\Omega$, e aplicou através dele um fluxo magnético Φ cujo comportamento em função do tempo t é descrito pelo gráfico abaixo. O fluxo magnético cruza perpendicularmente o plano do circuito. Em relação a esse experimento, considere as seguintes afirmativas:



1. A força eletromotriz induzida entre $t = 2$ s e $t = 4$ s vale 50V.
2. A corrente que circula no circuito entre $t = 2$ s e $t = 4$ s tem o mesmo sentido que a corrente que passa por ele entre $t = 8$ s e $t = 12$ s.
3. A corrente que circula pelo circuito entre $t = 4$ s e $t = 8$ s vale 25A.
4. A potência elétrica dissipada no circuito entre $t = 8$ s e $t = 12$ s vale 125W.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas 2 e 4 são verdadeiras.
- b) Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.
- c) Somente as afirmativas 1, 3 e 4 são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas 1 e 4 são verdadeiras.
- e) As afirmativas 1, 2, 3 e 4 são verdadeiras.

RESOLUÇÃO:

1) VERDADEIRA

$$\varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = \frac{(100 - 0) \text{ (Wb)}}{(4 - 2) \text{ (s)}} \Rightarrow \varepsilon = 50\text{V}$$

2) INCORRETA

O fluxo entre 2s e 4s é crescente, ao passo que entre 8s e 12s é decrescente. Logo, as correntes são invertidas.

3) INCORRETA

A corrente induzida é nula entre 4s e 8s, pois não há variação de fluxo magnético.

4) CORRETA

$$\varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{100}{4} \text{ (V)} = 25\text{V}$$

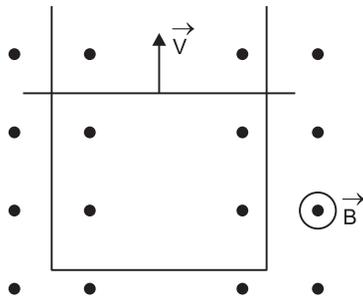
$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{(25)^2}{5} \text{ (W)}$$

$$P = 125\text{W}$$

Resposta: D

3. Na figura, temos uma espira retangular de área variável (haste móvel). A seta ao lado de \vec{v} indica o sentido em que a haste está sendo movida por ação de forças externas.

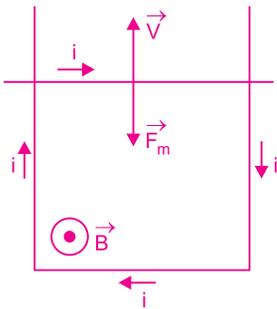
Indique o sentido da corrente induzida.



RESOLUÇÃO:

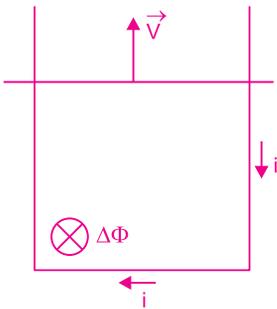
1º modo

A força magnética \vec{F}_m que surge na haste móvel se opõe ao deslocamento da haste, de acordo com a Lei de Lenz. Assim, conhecidos os sentidos de \vec{B} e \vec{F}_m , determinamos, pela regra da mão esquerda, o sentido de i na haste móvel.



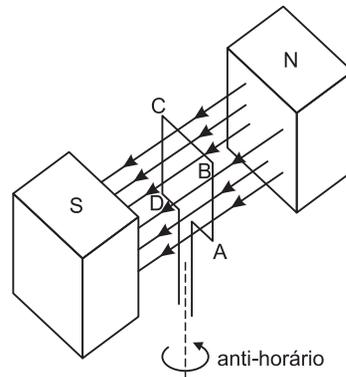
2º modo

Ao deslocar a haste no sentido indicado, ocorre aumento do fluxo interno à espira fechada retangular. Logo, pela Lei de Lenz, deverá haver uma compensação de fluxo e a corrente induzida é o resultado de um $\Delta\Phi$ penetrando na espira. A corrente terá o sentido horário. Observemos que $\Delta\Phi$ e $\Delta\vec{B}$ têm o mesmo sentido.



Resposta: sentido horário

4. (CEFET-VUNESP-2010-modificada) – A produção de energia elétrica em usinas hidroelétricas baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética. Esse fenômeno ocorre quando uma bobina se encontra mergulhada em um campo magnético. Um gerador transforma energia mecânica devida à queda d'água em energia elétrica por meio do movimento relativo entre o campo magnético e a bobina. A figura a seguir ilustra esse processo.



Na figura, uma espira retangular ABCD de área constante está imersa, em repouso, num campo magnético uniforme horizontal criado entre os polos norte e sul de um ímã, perpendicularmente às linhas de indução desse campo. Essa espira pode rodar ao redor de um eixo vertical, no sentido horário ou anti-horário (indicando na figura) ou mover-se, mantendo seu plano sempre perpendicular às linhas de indução, aproximando-se do polo norte ou do polo sul do ímã. Pode-se afirmar corretamente que surgirá na espira uma corrente induzida

- a) se a espira girar até 90° , apenas no sentido horário.
- b) se a espira girar até 90° no sentido horário ou anti-horário.
- c) se a espira girar até 90° , apenas no sentido anti-horário.
- d) se a espira se aproximar do polo norte.
- e) se a espira se aproximar do polo sul.

RESOLUÇÃO:

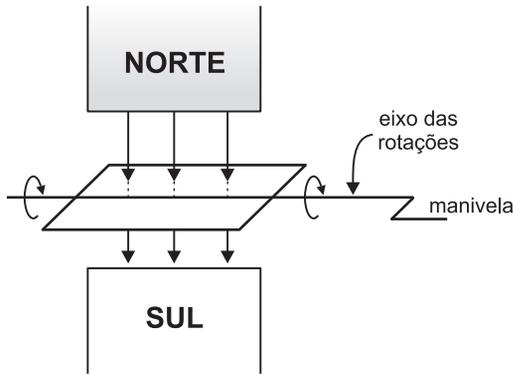
Qualquer variação do fluxo magnético na espira vai proporcionar o surgimento da corrente induzida. Com a rotação, teremos corrente induzida.

No entanto, o sentido da corrente induzida não vai depender do sentido de rotação da espira, até 90° .

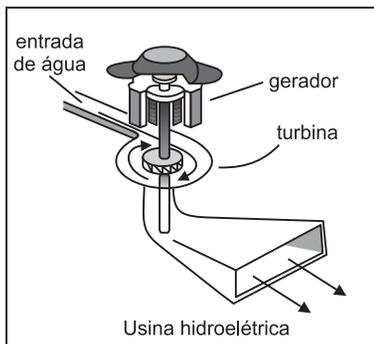
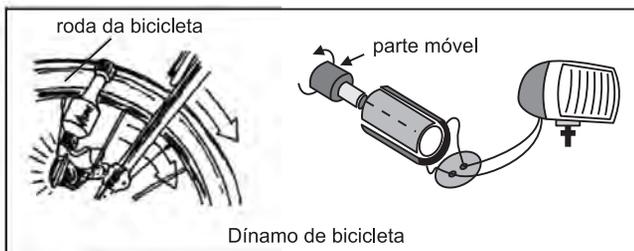
Se a espira se aproximar, ou se afastar do polo norte, em translação, não haverá mudança de fluxo magnético e a corrente será nula.

Resposta: B

5. (PASUSP-Modificado) – Dínamos de bicicleta, que são geradores de pequeno porte, e usinas hidroelétricas funcionam com base no processo de indução eletromagnética, descoberto por Faraday. A figura abaixo ilustra o princípio de funcionamento de um gerador elétrico: uma espira é colocada em rotação no interior do campo magnético.



As figuras abaixo representam esquematicamente o funcionamento desses geradores.



Nesses dois tipos de geradores, a produção de corrente elétrica ocorre devido a transformações de energia

- a) mecânica em energia elétrica.
- b) potencial gravitacional em energia elétrica.
- c) luminosa em energia elétrica.
- d) potencial elástica em energia elétrica.
- e) eólica em energia elétrica.

RESOLUÇÃO:

No gerador eletrodinâmico, alguma coisa deve fazer girar o seu eixo de rotação. É por ele que entra a energia mecânica. A Lei de Faraday faz a conversão dessa energia mecânica em elétrica (é a indução eletromagnética). Deste modo, devemos procurar nos dois geradores do exemplo o fornecedor da energia mecânica.

No dínamo de bicicleta, a energia mecânica é transmitida da roda para o rotor do dínamo, ocorrendo, a seguir, a conversão dessa energia em elétrica por indução eletromagnética.

Nos geradores de usinas hidroelétricas, a energia mecânica é proveniente da água que aciona a turbina, fazendo girar o rotor do gerador.

Resposta: A

1. Considere uma espira aberta em forma de U, mergulhada numa região em que existe um campo magnético uniforme e constante representado pelo vetor \vec{B} , perpendicular ao papel (penetrando), como se indica na figura 1. Observe que entre M e N há um resistor de resistência R.

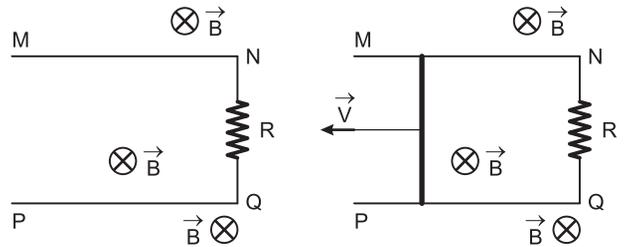


figura 1

figura 2

Uma barra metálica, de comprimento L, é deslocada sobre os lados \overline{MN} e \overline{PQ} dessa espira, como indica a figura 2. Ela está sendo puxada por um operador que mantém constante a sua velocidade \vec{V} .

a) Deduza, em função de V, de L e de B a expressão do módulo da força eletromotriz induzida, partindo da Lei de Faraday:

$$|\varepsilon| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

b) Determine, em função de V, de L, de B e de R, a intensidade de corrente que circula e determine o sentido dela.

RESOLUÇÃO:

a) $\Phi = B \cdot A$ ①

Com o movimento da haste, a área aumenta.

$\Delta A = L \cdot \Delta s$ ②

Usando-se as duas equações acima:

$\Delta\Phi = B \cdot (\Delta A) = B \cdot L \Delta s$ ③

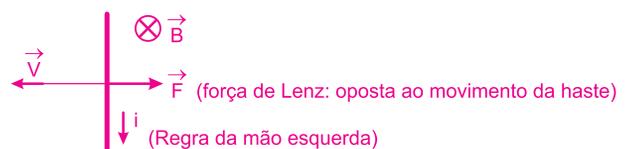
O módulo da fem induzida é calculado por:

$$|\varepsilon| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$
 ④

De ③ em ④:

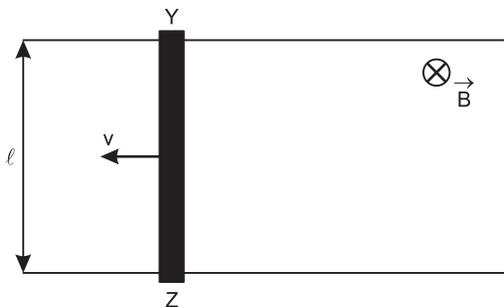
$$|\varepsilon| = \frac{B \cdot L \cdot \Delta s}{\Delta t} \Rightarrow |\varepsilon| = B \cdot L \cdot V \quad \text{(Resposta)}$$

b) $i = \frac{|\varepsilon|}{R} \Rightarrow i = \frac{B \cdot L \cdot V}{R}$ (Resposta)



Logo, a corrente circulará no sentido anti-horário.

2. (UPE-2011) – Na figura a seguir, observa-se uma barra metálica YZ de resistência $R = 0,10\Omega$, apoiada sobre uma espira em forma de U, de resistência desprezível e largura $\ell = 0,50\text{m}$. Esse conjunto é submetido a um campo de indução magnética de $B = 0,20\text{ T}$, perpendicular ao papel e orientado para dentro dele. A barra metálica YZ desloca-se com uma velocidade constante de intensidade $v = 10\text{m/s}$. O atrito entre a barra metálica e a espira é desprezível.



Em relação ao valor absoluto da força eletromotriz induzida e à corrente elétrica induzida que percorre o circuito, é correto afirmar que

- $E = 1,0\text{ V}$; $i = 5\text{ A}$ no sentido horário.
- $E = 1,0\text{ V}$; $i = 0\text{ A}$.
- $E = 2,0\text{ V}$; $i = 20\text{ A}$ no sentido anti-horário.
- $E = 1,0\text{ V}$; $i = 10\text{ A}$ no sentido anti-horário.
- $E = 0\text{ V}$, pois a velocidade é constante; $i = 0\text{ A}$.

RESOLUÇÃO:

A fem vale:

$$\epsilon = B \cdot \ell \cdot v \Rightarrow \epsilon = 0,20 \cdot 0,50 \cdot 10 \text{ (V)}$$

$$\epsilon = 1,0\text{V}$$

A intensidade de corrente é dada por:

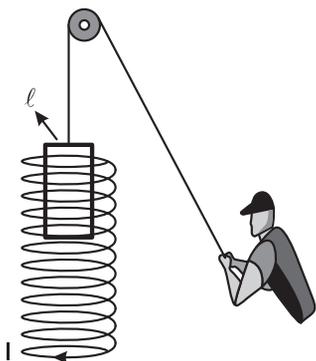
$$i = \frac{\epsilon}{R}$$

$$i = \frac{1,0\text{V}}{0,10\Omega} \Rightarrow i = 10\text{A}$$

Pelas regras da mão esquerda e direita e pela Lei de Lenz, verificamos que a corrente terá sentido *anti-horário*.

Resposta: D

3. (ITA-2010)



Considere um aparato experimental composto de um solenoide com n voltas por unidade de comprimento, pelo qual passa uma corrente I , e uma espira retangular de largura ℓ , resistência R e massa m presa por um de seus lados a uma corda inextensível, não condutora, a qual passa por uma polia de massa desprezível e sem atrito, conforme a figura. Se alguém puxar a corda com velocidade constante v , podemos afirmar que a força exercida por esta pessoa é igual a

- $(\mu_0 n I \ell)^2 v / R + mg$ com a espira dentro do solenoide.
- $(\mu_0 n I \ell)^2 v / R + mg$ com a espira saindo do solenoide.
- $(\mu_0 n I \ell)^2 v / R + mg$ com a espira entrando no solenoide.
- $\mu_0 n I^2 \ell + mg$ com a espira dentro do solenoide.
- mg e independe da posição da espira com relação ao solenoide.

RESOLUÇÃO:

O campo magnético no interior do solenoide tem a direção de seu eixo, ou seja, suas linhas de campo são paralelas ao eixo do solenoide.

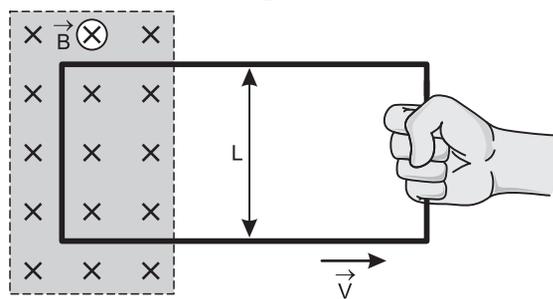
O movimento da espira retangular também tem a direção do eixo do solenoide e, portanto, não há variação do fluxo magnético. Não ocorre indução magnética e não surgem forças magnéticas na espira.

Temos apenas:



Resposta: E

4. (UPE-2011) – A figura abaixo mostra uma espira retangular de largura $L = 2,0\text{ m}$ e de resistência elétrica $R = 8,0\Omega$ que está parcialmente imersa em um campo magnético externo uniforme e perpendicular ao plano da espira $B = 4,0\text{ T}$. As retas tracejadas da figura mostram os limites do campo magnético.



Suponha que a espira seja puxada para a direita, por uma mão com velocidade constante $v = 5,0\text{m/s}$. Considere desprezível o efeito de borda. Analise as proposições a seguir e conclua.

I	II	
0	0	O valor absoluto da força eletromotriz induzida na espira é $E_{\text{ind}} = 40\text{V}$.
1	1	O sentido da corrente induzida na espira é anti-horário.
2	2	O valor da corrente induzida na espira é $i = 5,0\text{ A}$.
3	3	A intensidade da força aplicada pela mão para manter a velocidade constante é $F = 40\text{ N}$.

RESOLUÇÃO:**(0) Correta**

$$|\varepsilon| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = B \cdot L \cdot v$$

$$|\varepsilon| = 4,0 \cdot 2,0 \cdot 5,0 \text{ (V)}$$

$$|\varepsilon| = 40\text{V}$$

(1) Errada

Usando a regra da mão esquerda e a Força de Lorentz, a corrente tem sentido horário.

(2) Correta

$$i = \frac{B \cdot L \cdot v}{R} \Rightarrow i = \frac{4,0 \cdot 2,0 \cdot 5,0}{8,0} \text{ (A)} \Rightarrow i = 5,0\text{A}$$

(3) Correta

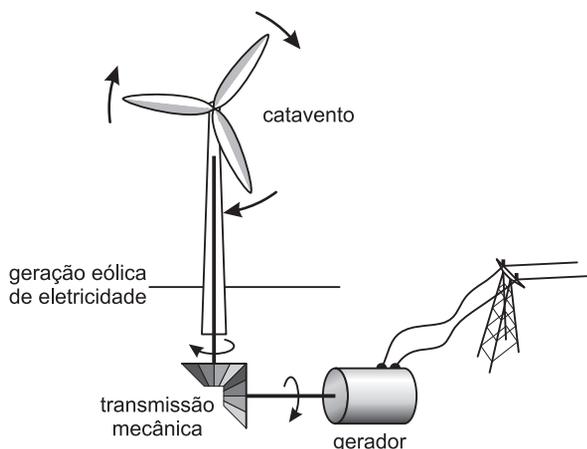
$$F = B \cdot i \cdot L$$

$$F = 4,0 \cdot 5,0 \cdot 2,0 \text{ (N)}$$

$$F = 40\text{N}$$

(MODELO ENEM) – Texto para as questões 5 e 6.

Numa usina eólica, um “catavento” gira com o fluxo eólico. Nesse processo, adquire energia mecânica, a qual transmite para um gerador elétrico. A figura ilustra um processo de transmissão mecânica.



5. Admitindo que a potência de um catavento seja de 10kW, que na transmissão mecânica o rendimento seja de 90% e que no processo de conversão de energia mecânica em elétrica haja uma perda de 3%, a potência elétrica gerada será:

- a) 10kW b) 9,0kW c) 8,73kW d) 8,73kW e) 80kW

RESOLUÇÃO:

O rendimento no processo de conversão de energia mecânica em elétrica é 97%. O rendimento total do processo é dado pelo produto dos dois rendimentos:

$$\eta = 0,90 \cdot 0,97 = 0,873$$

A potência elétrica gerada será:

$$P_{el} = 0,873 \cdot 10 \text{ (kW)}$$

$$P_{el} = 8,73 \text{ kW}$$

Resposta: C

6. Na geração eólica, o processo de conversão da energia mecânica em elétrica no interior do gerador obedece à

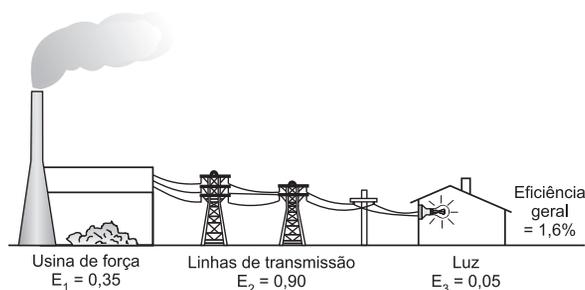
- a) Lei de Faraday. b) Lei de Joule. c) Lei de Coulomb.
d) lei da inércia. e) Lei de Ohm-Pouillet.

RESOLUÇÃO:

A Lei de Faraday explica o processo de conversão de energia mecânica em elétrica.

Resposta: A

7. (ENEM-2010) – A eficiência de um processo de conversão de energia é definida como a razão entre a produção de energia ou trabalho útil e o total de entrada de energia no processo. A figura mostra um processo com diversas etapas. Nesse caso, a eficiência geral será igual ao produto das eficiências das etapas individuais. A entrada de energia que não se transforma em trabalho útil é perdida sob formas não utilizáveis (como resíduos de calor).



$$\text{Eficiência geral da conversão de energia química em energia luminosa} = E_1 \times E_2 \times E_3 = 0,35 \times 0,90 \times 0,05 = 0,016$$

HINRICHS, R.A. Energia e Meio Ambiente.

São Paulo: Pioneira. Thomson Learning, 2003 (adaptado).

Aumentar a eficiência dos processos de conversão de energia implica economizar recursos e combustíveis. Das propostas seguintes, qual resultará em maior aumento da eficiência geral do processo?

- a) Aumentar a quantidade de combustível para queima na usina de força.
b) Utilizar lâmpadas incandescentes, que geram pouco calor e muita luminosidade.
c) Manter o menor número possível de aparelhos elétricos em funcionamento nas moradias.
d) Utilizar cabos com menor diâmetro nas linhas de transmissão a fim de economizar o material condutor.
e) Utilizar materiais com melhores propriedades condutoras nas linhas de transmissão e lâmpadas fluorescentes nas moradias.

RESOLUÇÃO:

Se o material for melhor condutor de eletricidade, reduzimos as perdas de energia elétrica por Efeito Joule na linha de transmissão. No entanto, o gargalo da produção está na baixa eficiência das lâmpadas incandescentes. É fundamental a sua troca por fluorescentes.

Resposta: E

MÓDULO 34

ELETRIZAÇÃO POR ATRITO E CONTATO

1. (MODELO ENEM) – Verificou-se, experimentalmente, que ao se atritar o vidro com qualquer outra substância, ele fica eletrizado positivamente. Então:

- I. Se atritarmos vidro e lã, ambos se eletrizam positivamente.
- II. Se atritarmos vidro e pelo de gato, este fica eletrizado negativamente.
- III. No atrito, o vidro cede elétrons ao outro corpo.

Estão corretas:

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

RESOLUÇÃO:

I. Errada: A lã fica negativa.

II. Correta: No atrito, um corpo (o vidro) cede elétrons para o outro (pelo de gato).

III. Correta.

Resposta: C

2. (MACKENZIE) – Têm-se 4 esferas idênticas, a primeira eletrizada com cargas positivas $+Q$ e as demais neutras. Colocando-se separadamente a primeira em contato com cada uma das outras três, sua carga elétrica final será:

- a) $\frac{Q}{4}$ b) $\frac{Q}{8}$ c) $\frac{Q}{16}$ d) $\frac{Q}{32}$ e) $\frac{Q}{64}$

RESOLUÇÃO:

Inicialmente, temos:



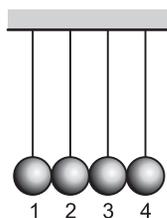
1º contato $\Rightarrow Q'_1 = Q'_2 = \frac{+Q}{2}$

2º contato $\Rightarrow Q''_1 = Q''_3 = \frac{+Q}{4}$

3º contato $\Rightarrow Q'''_1 = Q'_4 = \frac{+Q}{8}$

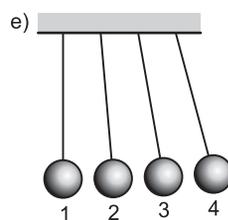
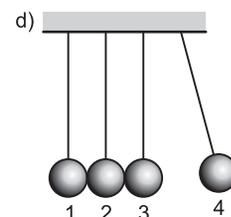
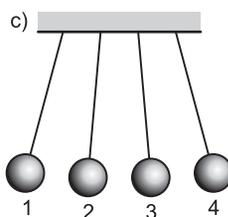
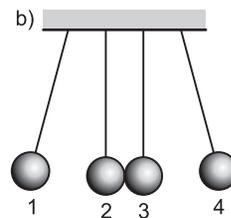
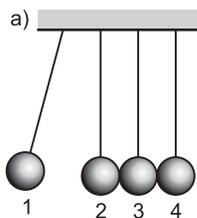
Resposta: B

3. (UFF) – A figura representa quatro esferas metálicas idênticas penduradas por fios isolantes elétricos.



O arranjo está num ambiente seco e as esferas estão inicialmente em contato umas com as outras. A esfera 1 é carregada com uma carga elétrica $+Q$.

Escolha a opção que representa a configuração do sistema depois de atingido o equilíbrio.



RESOLUÇÃO:

Como as quatro esferas são idênticas, elas vão adquirir no contato a mesma carga elétrica ($Q/4$).

Elas se repelem e teremos uma figura de simetria.

Resposta: C

4. (UFLA-MODIFICADO) – Considere três esferas, 1, 2 e 3, condutoras, idênticas e elaboradas de um mesmo material. Inicialmente, a esfera 1 está carregada com carga $Q = 24e$ (e representa a carga elétrica elementar), e as esferas 2 e 3 estão descarregadas. Coloca-se a esfera 1 em contato com a esfera 2, eletrizando-a, e, em seguida, elas são separadas. Posteriormente, coloca-se a esfera 2 em contato com a esfera 3, eletrizando-a, e separando-as também. Finalmente, a esfera 3 é colocada em contato com a esfera 1, sendo depois separadas. Determine as cargas finais de 1, 2 e 3.

RESOLUÇÃO:
Inicialmente, temos:



1º contato $\begin{matrix} \textcircled{1} & \textcircled{2} \\ (24e) & (n) \end{matrix} \Rightarrow Q'_1 = Q'_2 = \frac{24e}{2} = 12e$

2º contato $\begin{matrix} \textcircled{2} & \textcircled{3} \\ (12e) & (n) \end{matrix} \Rightarrow Q''_2 = Q''_3 = \frac{12e}{2} = 6e$

3º contato $\begin{matrix} \textcircled{3} & \textcircled{1} \\ (6e) & (12e) \end{matrix} \Rightarrow Q'''_3 = Q'''_1 = \frac{6e + 12e}{2} = 9e$

Respostas: $Q'''_1 = 9e$
 $Q'''_2 = 6e$
 $Q'''_3 = 9e$

 $Q_{TOT} = 24e$

Observe que a carga elétrica total se manteve; é o princípio da conservação das cargas elétricas.

1. Desenhe as cargas elétricas induzidas na esfera neutra. Considere o bastão como corpo indutor.

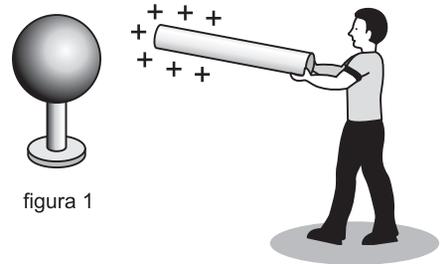


figura 1

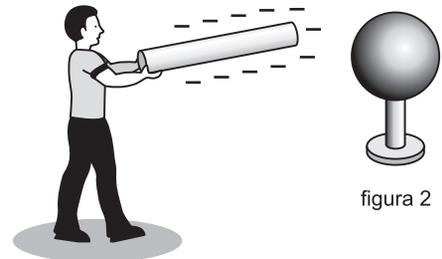
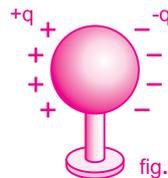


figura 2

RESOLUÇÃO:



As cargas positivas do bastão atraíram os elétrons da esfera.

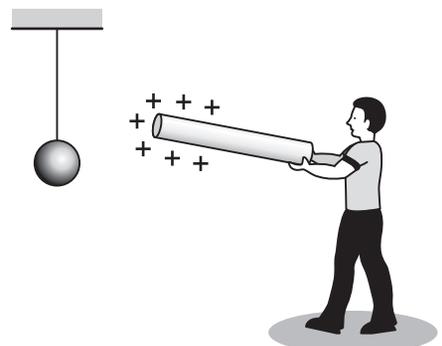


As cargas negativas do bastão repeliram os elétrons da esfera.

5. Quando um corpo neutro fica eletrizado, sem alteração do núcleo de seus átomos, pode-se supor que esse corpo possui
- carga elétrica positiva, pois recebeu elétrons.
 - carga elétrica negativa, pois recebeu elétrons.
 - carga elétrica positiva, pois recebeu prótons.
 - carga elétrica positiva, pois perdeu elétrons.
 - uma carga elétrica que pode ser positiva ou negativa, ficando com quantidade diferente de prótons e elétrons.

RESOLUÇÃO:
O corpo recebeu ou cedeu elétrons e a quantidade de elétrons ficou diferente da quantidade de prótons.
Resposta: E

2. Aproximamos um bastão eletrizado de um pêndulo eletrostático. O que ocorrerá?



RESOLUÇÃO:

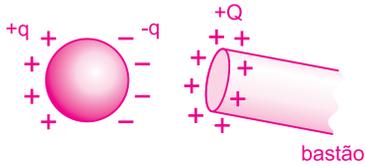
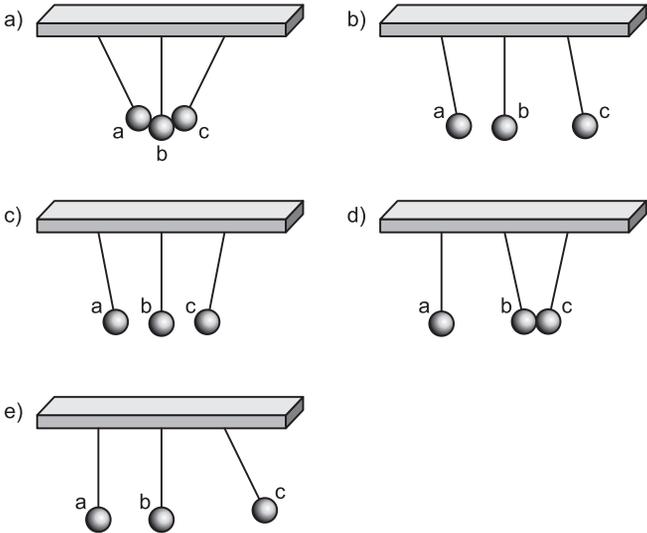
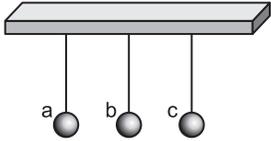


fig. b

Sob o ponto de vista microscópico, teremos a seguinte configuração de cargas induzidas (fig b).

A carga negativa (-q) e a positiva (+ Q) estão próximas e se atraem. Isso atrai a esfera para as proximidades do bastão. Há também uma força repulsiva entre (+q) e (+Q), mas devido à distância, sua intensidade é muito pequena.

3. (UDESC) – Três pequenas esferas metálicas idênticas, eletricamente neutras, são suspensas por fios flexíveis e isolantes, presas a um suporte não condutor, conforme mostra a figura ao lado. A figura abaixo que representa uma possível situação de equilíbrio, após a esfera **b** receber certa quantidade de carga elétrica, é:

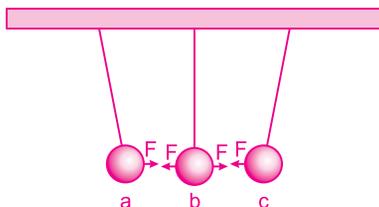


RESOLUÇÃO:

Eletrizando-se a esfera do meio (b), ocorre indução em a e em c.



Verificamos então que entre a e b surgem forças de atração. Do mesmo modo, entre b e c também haverá forças de atração. A esfera b permanece em seu lugar, enquanto a e c são deslocadas, como na figura a seguir.



Resposta: C

Observação: Se as três esferas metálicas chegassem a se tocar, como sugere a alternativa (a), a esfera do meio cederia cargas às outras duas e haveria uma repulsão.

4. (MODELO ENEM) – Duas esferas metálicas, A e B, inicialmente neutras, encontram-se suspensas por fios isolantes, presas a um suporte horizontal (Figura 1). Aproxima-se das esferas, sem tocá-las, um bastão eletrizado positivamente (Figura 2) e, mantendo o bastão próximo, toca-se rapidamente uma das esferas com uma das mãos (Figura 3). A mão é, então, afastada, e logo depois, afasta-se o bastão (Figura 4).

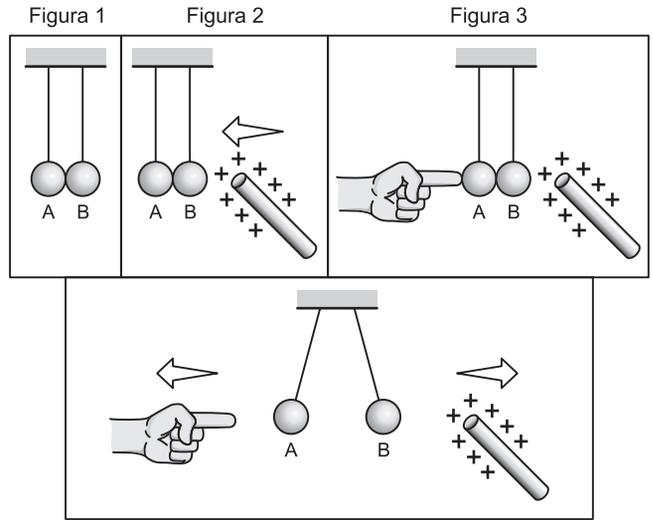


Figura 4

Ao final desse processo, as esferas estarão

- a) A e B negativas.
- b) A e B positivas.
- c) A negativa e B positiva.
- d) A neutra e B negativa.
- e) A negativa e B neutra.

RESOLUÇÃO:

Na figura 2, temos a seguinte distribuição de cargas:

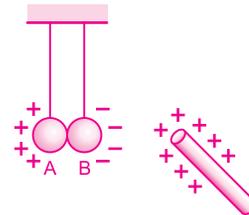


Figura 2

Ao tocar o dedo na esfera (A), esta fica descarregada e a figura 3 fica:

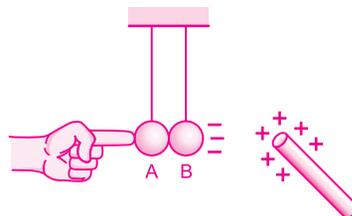


Figura 3

Ao afastar a mão e o bastão, as cargas de B se distribuem e ambas ficam negativas. A figura 4 fica:

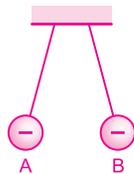


Figura 4

Resposta: A

MÓDULO 36

FORÇA ELETROSTÁTICA

1. (VUNESP) – Considere duas pequenas esferas eletrizadas, separadas pela distância $d = 3,0 \cdot 10^{-1} \text{m}$, em que uma delas possui carga elétrica $Q_1 = 1,0 \text{nC}$ e a outra, $Q_2 = -5,0 \text{nC}$. Utilizando-se a constante eletrostática $K_0 = 9,0 \cdot 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$,

- calcule o módulo da força eletrostática entre elas.
- determine novamente o módulo da força eletrostática, porém para uma nova distância $D = 6,0 \cdot 10^{-1} \text{m}$ (o dobro da anterior).

RESOLUÇÃO:

a) Lei de Coulomb:

$$F = K_0 \cdot \frac{Q_1 \cdot |Q_2|}{d^2} \Rightarrow F = \frac{9,0 \cdot 10^9 \cdot 1,0 \cdot 10^{-9} \cdot 5,0 \cdot 10^{-9}}{(3,0)^2 \cdot (10^{-1})^2} \text{ (N)}$$

$$F = 5,0 \cdot 10^{-7} \text{N}$$

$$\text{b) } F' = K_0 \frac{Q_1 \cdot |Q_2|}{D^2} = K_0 \frac{Q_1 \cdot |Q_2|}{(2d)^2} = \left(\frac{1}{4}\right) \cdot \left(K_0 \frac{Q_1 \cdot |Q_2|}{d^2}\right)$$

$$F' = \frac{F}{4} \Rightarrow F' = 1,25 \cdot 10^{-7} \text{N}$$

2. (FATEC) – A força de interação entre duas cargas puntiformes, Q_1 e Q_2 , afastadas de uma distância d entre si, no vácuo, é dada pela Lei de Coulomb:

$$F = k_0 \frac{Q_1 Q_2}{d^2}, \text{ na qual } k_0 \text{ é uma constante de valor } 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2.$$

As cargas $Q_1 = 2Q$ e $Q_2 = 3Q$ se repelem no vácuo com força de $0,6 \text{N}$ quando afastadas de 3m .

O valor de Q , em C , é

- $12 \cdot 10^{-6}$
- $10 \cdot 10^{-6}$
- $8 \cdot 10^{-6}$
- $6 \cdot 10^{-6}$
- $4 \cdot 10^{-6}$

RESOLUÇÃO:

Da Lei de Coulomb, temos:

$$F = \frac{k_0 Q_1 Q_2}{d^2}$$

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

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

$$Q^2 = 1,0 \cdot 10^{-10} \text{ (C}^2\text{)}$$

$$Q = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ C ou } Q = 10 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

Resposta: B

3. Duas partículas idênticas estão eletrizadas com a mesma carga elétrica Q . Estando afastadas de $4,0 \text{mm}$, a força repulsiva tem intensidade de $9,0 \cdot 10^{-3} \text{N}$. Dado: $K_0 = 9,0 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$, determine o valor da carga Q .

- $Q = +4,0 \text{nC}$
- $Q = -4,0 \text{nC}$
- $Q = \pm 4,0 \text{nC}$
- $Q = \pm 16 \text{nC}$
- $Q = +16 \text{nC}$

RESOLUÇÃO:

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

$$d^2 F = K_0 \cdot Q^2$$

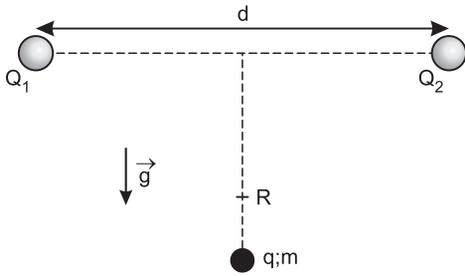
$$Q^2 = \frac{d^2 \cdot F}{K_0}$$

$$Q^2 = \frac{(4,0 \cdot 10^{-3})^2 \cdot (9,0 \cdot 10^{-3})}{9,0 \cdot 10^9} = 16 \cdot 10^{-18}$$

$$Q = \pm 4,0 \cdot 10^{-9} \text{C} = \pm 4,0 \text{nC}$$

Resposta: C

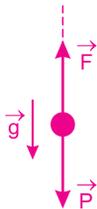
4. (FAMECA-2010) – Duas cargas, Q_1 e Q_2 , de mesmo módulo, estão fixas, separadas de uma distância horizontal d uma da outra. Observa-se que uma terceira carga de prova, q , de massa m , fica em equilíbrio num ponto da mediatriz de d , abaixo de d , num mesmo plano vertical. No local do experimento, há um campo gravitacional g .



- a) Se $q < 0$, quais são os sinais das cargas Q_1 e Q_2 ?
 b) Se a carga $q < 0$ for deslocada ligeiramente para cima, até o ponto R, e abandonada, que alteração sofrerá a força resultante sobre ela? Justifique.

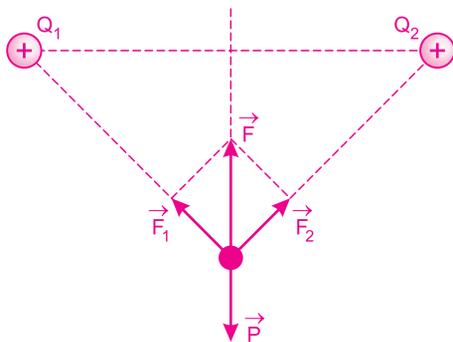
RESOLUÇÃO:

- a) A terceira carga de prova (q, m) está em equilíbrio, o que nos leva à figura 1. Concluímos que Q_1 e Q_2 têm sinais contrários ao de q .
 $q < 0 \Rightarrow Q_1 > 0$ e $Q_2 > 0$



- b) Se deslocarmos a carga de prova para o ponto R, diminuiremos a distância entre q e Q_1 e entre q e Q_2 , aumentando a intensidade da força elétrica \vec{F} resultante.

Observação: a carga de prova será lançada verticalmente para cima.



5. (MACKENZIE-2011) – Duas cargas elétricas pontiformes, quando separadas pela distância D , se repelem com uma força de intensidade F . Afastando-se essas cargas, de forma a duplicar a distância entre elas, a intensidade da força de repulsão será igual a

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

RESOLUÇÃO:



$$I) F = \frac{K_0 \cdot |Q_1| \cdot |Q_2|}{D^2}$$



$$II) F' = \frac{K_0 \cdot |Q_1| \cdot |Q_2|}{(2D)^2} = \frac{K_0 \cdot |Q_1| \cdot |Q_2|}{4D^2}$$

$$\frac{F'}{F} = \frac{1}{4} \Rightarrow F' = \frac{F}{4}$$

Resposta: D