Quando precisar use os seguintes valores para constantes: Aceleração da gravidade: 10 m/ s^2. Calor específico da água: 1,0 cal/ g.K. Conversão de unidade: 1,0 cal = 4,2 J. Massa específica da água: 1g/ cm^3. Massa da Terra: $6{,}0 \times 10^{24}$ kg. Raio da Terra: $6{,}4 \times 10^6$ m. Constante de Boltzman: $k_B = 1{,}4 \times 10^{-23}$ J/K. Constante dos gases: $R = 8{,}3$ J/mol.K. Massa atômica de alguns elementos químicos: $M_C = 12$ u, $M_O = 16$ u, $M_N = 14$ u, $M_{Ar} = 40$ u, $M_{Ne} = 20$ u, $M_{He} = 4$ u. Velocidade do som no ar: 340 m/s. Massa específica do mercúrio: 13,6 g/cm^3. Permeabilidade magnética do vácuo: $47\pi \times 10^{-7}$ Tm/ A. Constante de Gravitação universal $G = 6{,}7 \times 10^{-11} m^3/kg.s^2$.

Questão 01

Ondas gravitacionais foram previstas por Einstein em 1916 e diretamente detectadas pela primeira vez em 2015. Sob determinadas condições, um sistema girando com velocidade angular *w* irradia tais ondas com potência proporcional a $Gc^{\beta}Q^{\gamma}w^{\delta}$, em que G é a constante de gravitação universal; c, a velocidade da luz e Q, uma grandeza que tem unidade em $kg.m^2$. Assinale a opção correta.

A) $\beta = -5,\ \gamma = 2,\ \text{e}\ \delta = 6$

B) $\beta = -3/5,\ \gamma = 4/3,\ \text{e}\ \delta = 4$

C) $\beta = -10/3,\ \gamma = 5/3,\ \text{e}\ \delta = 5$

D) $\beta = 0,\ \gamma = 1,\ \text{e}\ \delta = 3$

E) $\beta = -10,\ \gamma = 3,\ \text{e}\ \delta = 9$

Resolução:

A equação fornecida para a potência pode ser escrita da seguinte forma:

$$P \alpha Gc^{\beta}Q^{\gamma}w^{\delta}$$

Por meio da análise dimensional, tem-se dos dois lados da equação o seguinte resultado:

$$w = \left(\frac{N \cdot m^2}{kg^2}\right) \cdot \left(\frac{m}{s}\right)^{\beta} \cdot \left(kg \cdot m^2\right)^{\gamma} \cdot \left(\frac{1}{s}\right)^{\delta}$$

Assim:

$$\frac{N \cdot m}{s} = \frac{N \cdot m^{2+\beta+2\gamma}}{s^{\beta+\delta}} \cdot kg^{-2+\gamma}$$

Portanto:

$$2 + \beta + 2\gamma = 1$$
$$-2 + \gamma = 0$$
$$\beta + \delta = 1$$

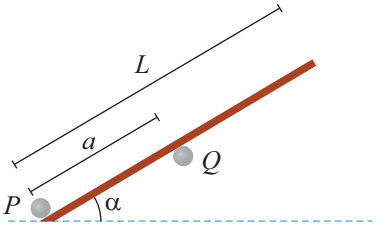
Resultado:

$$\gamma = 2$$
$$\beta = 1 - 2 - 2\gamma = -3$$
$$\delta = 1 - \beta = 6$$

Alternativa A

Questão 02

Um bastão rígido e uniforme, de comprimento *L*, toca os pinos *P* e Q fixados numa parede vertical, interdistantes de *a*, conforme a figura. O coeficiente de atrito entre cada pino e o bastão é μ, e o ângulo deste com a horizontal é α. Assinale a condição em que se torna possível o equilíbrio estático do bastão.



A) $L \geq a(1+\tan\alpha/\mu)$

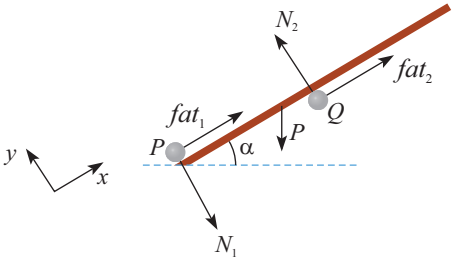
B) $L \geq a(-1+\tan\alpha/\mu)$

C) $L \geq a(1+\tan\alpha/2\mu)$

D) $L \geq a(-1+\tan\alpha/2\mu)$

E) $L \geq a(1+\tan\alpha/\mu)/2$

Resolução:



No equilíbrio, temos:

$$\vec{F_R} = \vec{0} \Rightarrow \begin{cases} \vec{F_R}x = \vec{0} \\ \vec{F_R}y = \vec{0} \end{cases} \begin{cases} fat_1 + fat_2 = P\,\text{sen}\,\alpha & (I) \\ N_2 = N_1 + P\cos\alpha & (II) \end{cases}$$

$$\vec{\tau}_{R_{(P)}} = \vec{0} \Rightarrow P\cdot\cos\alpha\frac{1}{2} - N_2\cdot a = 0 \Rightarrow N_2 = P\cos\frac{\alpha}{2}L \quad (III)$$

Substituindo (III) em (II):

$$P\cos\frac{\alpha}{2a}L = N_1 + P\cos\alpha \Rightarrow N_1 = P\cos\alpha\left(\frac{L}{2a}-1\right)$$

Sabemos pela equação (I) que o equilíbrio será mantido se

$$\mu N_1 + \mu N_2 \geq P\,\text{sen}\,\alpha$$

Substituindo N_1 e N_2 tem-se:

$$\mu\cdot P\cos\alpha\left(\frac{L}{2a}-1\right) + \mu\cdot P\cos\alpha\frac{L}{2a} \geq P\,\text{sen}\,\alpha$$

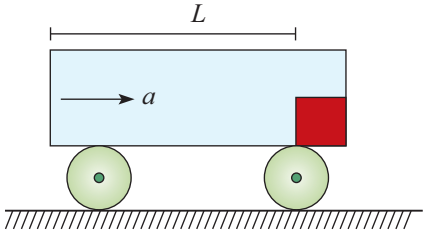
$$\mu\cancel{P}\frac{\cos\alpha}{a}(1-a) \geq \cancel{P}\,\text{sen}\,\alpha$$

$$(L-a) \geq a\frac{\text{tg}\,\alpha}{\mu} \Rightarrow L \geq a\left(1+\frac{\text{tg}\,\alpha}{\mu}\right)$$

Alternativa A

Questão 03

Na figura, o vagão move-se a partir do repouso sob a ação de uma aceleração ***a*** constante. Em decorrência, desliza para trás o pequeno bloco apoiado em seu piso de coeficiente de atrito μ. No instante em que o bloco percorrer a distância *L*, a velocidade do bloco, em relação a um referencial externo, será igual a



A) $g\sqrt{L} / \sqrt{a - \mu g}$

B) $g\sqrt{L} / \sqrt{a + \mu g}$

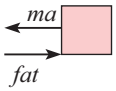
C) $\mu g\sqrt{L} / \sqrt{a - \mu g}$

D) $\mu g\sqrt{2L} / \sqrt{a - \mu g}$

E) $\mu g\sqrt{2L} / \sqrt{a + \mu g}$

Resolução:

Em relação ao vagão, que é um referencial não inercial, tem-se para o bloco:



$$F_{RES} = ma - fat$$
$$\cancel{m} \cdot a_{RES} = \cancel{m} \cdot a - \mu \cancel{m} g$$

Por Torricelli, a velocidade do bloco em relação ao vagão $\left(V_{B_V}\right)$ vale:

$$V_{B_V}{}^2 = 2 \cdot a_{RES} \cdot L$$
$$V_{B_V}{}^2 = 2 \cdot (a - \mu g) \cdot L$$
$$V_{B_V} = \sqrt{2L(a - \mu g)}$$

O instante t, quando o bloco atinge o fundo do vagão, vale:

$$\frac{a_{RES} \cdot t^2}{2} = L$$
$$t = \sqrt{\frac{2L}{a - \mu g}}$$

A velocidade do vagão em relação ao referencial externo $\left(V_{V_o}\right)$ vale:

$$V_{V_o} = a \cdot t$$
$$V_{V_o} = a\sqrt{\frac{2L}{a - \mu g}}$$

Tem-se então que: $\overleftarrow{V_{B_V}}$ $\overrightarrow{V_{V_o}}$

A velocidade do bloco em relação ao referencial externo $\left(V_{B_o}\right)$ é dada por:

$$\overrightarrow{V_{B_o}} = \overrightarrow{V_{B_V}} + \overrightarrow{V_{V_o}} \quad ..$$

Logo, em módulo: $V_{B_o} = V_{V_o} - V_{B_V}$

$$V_{B_o} = a\sqrt{\frac{2L}{a-\mu g}} - \sqrt{2L(a-\mu g)}$$

$$V_{B_o} = \sqrt{\frac{2La^2}{a-\mu g}} - \sqrt{\frac{2L(a-\mu g)^2}{a-\mu g}}$$

$$V_{B_o} = \frac{\mu g\sqrt{2L}}{\sqrt{a-\mu g}}$$

Alternativa D

Questão 04

Carregada com um potencial de 100 V, flutua no ar uma bolha de sabão condutora de eletricidade, de 10 cm de raio e 3,3 x 10^{-6} cm de espessura. Sendo a capacitância de uma esfera condutora no ar proporcional ao seu raio, assinale o potencial elétrico da gota esférica formada após a bolha estourar.

A) 6 kV
B) 7 kV
C) 8 kV
D) 9 kV
E) 10.kV

Resolução:

Podemos escrever o potencial do início na seguinte forma:

$$V_o = k\frac{Q}{R_o} \therefore kQ = (100)\cdot(10)^{-1} = 10$$

Considerando que houve conservação de cargas e que o volume de água é o mesmo até o fim, tem-se para o volume de água:

$$V_o = V_f$$
$$4\pi R_0^2 \cdot e = \frac{4}{3}\pi R_f^3$$

$$\therefore R_f^3 = 3\cdot(10^{-1})^2\cdot(3{,}3\cdot 10^{-8})$$
$$\therefore R_f^3 = 9{,}9\cdot 10^{-10}$$
$$\therefore R_f^3 = 0{,}99\cdot 10^{-3}\,m$$

E, para o potencial final:

$$V = \frac{KQ}{R_f} = \frac{10}{0{,}99\cdot 10^{-3}} = 10kV$$

Alternativa E

Questão 05

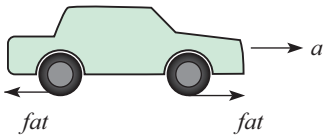
Considere um automóvel com tração dianteira movendo-se aceleradamente para a frente. As rodas dianteiras e traseiras sofrem forças de atrito respectivamente para:

A) frente e frente.
B) frente e trás.
C) trás e frente.
D) trás e trás.
E) frente e não sofrem atrito.

Resolução:

A tração, uma vez que seja dianteira, implica dizer que apenas as rodas da frente impulsionam o movimento. Dessa forma, a força de atrito aplicada nelas possui a mesma direção da aceleração.

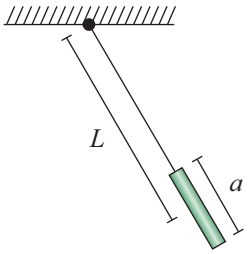
No caso das rodas traseiras, como não são tracionadas, apenas girarão executando um movimento de rolamento para acompanhar o sentido do movimento do automóvel. Para que isso ocorra, a força de atrito deve gerar um torque na direção contrária à da aceleração, conforme ilustrado abaixo.



Alternativa B

Questão 06

Na figura, um tubo fino e muito leve, de área de seção reta *S* e comprimento *a*, encontra-se inicialmente cheio de água de massa *M* e massa específica ρ. Graças a uma haste fina e de peso desprezível, o conjunto forma um pêndulo simples de comprimento *L* medido entre o ponto de suspensão da haste e o centro de massa inicial da água. Posto a oscilar, no instante inicial começa a pingar água pela base do tubo a uma taxa constante $r = -\Delta M/\Delta t$. Assinale a expressão da variação temporal do período do pêndulo.



A) $2\pi\sqrt{L}/\sqrt{g}$

B) $2\pi\sqrt{\rho LS - rt}/\sqrt{\rho Sg}$

C) $2\pi\sqrt{\rho LS + rt}/\sqrt{\rho Sg}$

D) $2\pi\sqrt{2\rho LS - rt}/\sqrt{2\rho Sg}$

E) $2\pi\sqrt{2\rho LS + rt}/\sqrt{2\rho Sg}$

Resolução:

A partir do enunciado, podemos escrever:

$$\rho = \frac{M}{S \cdot a}$$

Para a variação de massa de água (ΔM), podemos escrever:

$$\Delta M = \rho \cdot \Delta V$$
$$\frac{\Delta M}{\Delta t} = \rho \cdot \frac{S \cdot \Delta x}{\Delta t}$$
$$-r = \frac{\rho \cdot S\Delta x}{t}$$
$$\Delta x = -\frac{r \cdot t}{\rho \cdot S}$$

Considerando que o centro de massa desce de $\frac{\Delta x}{2}$, o comprimento do pêndulo L' será dado por:

$$L' = L + \frac{|\Delta x|}{2}$$
$$L' = L + \frac{r \cdot t}{2 \cdot \rho \cdot S}$$

Então:

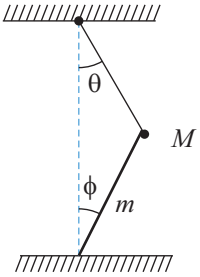
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L'}{g}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{2\rho LS + rt}{2\rho Sg}}$$

Alternativa E

Questão 07

Na figura, a extremidade de uma haste delgada livre, de massa *m* uniformemente distribuída, apoia-se sem atrito sobre a massa *M* do pêndulo simples. Considerando o atrito entre a haste e o piso, assinale a razão *M/m* para que o conjunto permaneça em equilíbrio estático.



A) $\tan\phi / 2\tan\theta$

B) $(1-\tan\phi)/4\,\text{sen}\,\theta\cos\phi$

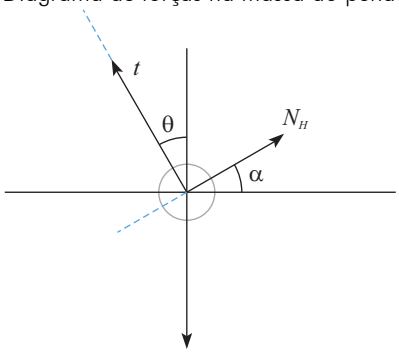
C) $(\text{sen}2\phi\cot\theta - 2\text{sen}^2\theta)/4$

D) $(\text{sen}\phi\cot\theta - 2\text{sen}^2 2\theta)/4$

E) $(\text{sen}2\phi\cot\theta - \text{sen}^2\theta)/4$

Resolução:

Diagrama de forças na massa do pêndulo:

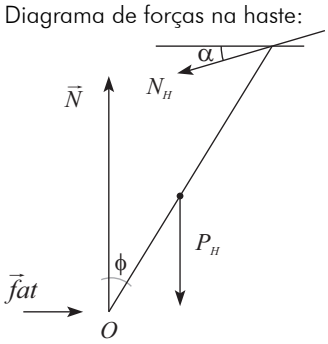


Assim, podemos escrever:

$$T\cos\theta + N_H\text{sen}\alpha = P \ (1)$$

$$N_H\cos\alpha + T\text{sen}\theta = 0 \ (2)$$

Diagrama de forças na haste:



Fazendo a soma dos torques em relação a 0, temos:

$$P_H\left(\frac{L}{2}\right)\cdot \text{sen}\phi + N_H\cdot\cos\alpha(L\cdot\cos\phi) - N_H\text{sen}\alpha(L\text{sen}\phi) = 0 \ (3)$$

Substituindo (2) em (1) temos:

$$\left(\frac{N_H\cos\alpha}{\text{sen}\theta}\right)\cdot\cos\theta + N_H\cdot\text{sen}\alpha = P$$

$$N_H(\cos\alpha\cdot\cot\theta + \text{sen}\alpha) = Mg \ (4)$$

Reescrevendo (3), temos:

$$N_H(\cos\alpha\cdot\cos\phi - \text{sen}\alpha\cdot\text{sen}\phi) = \frac{mg}{2}\text{sen}\phi$$

$$N_H(\cos\alpha\cdot\cot\phi - \text{sen}\alpha) = \frac{mg}{2} \ (5)$$

Dividindo (4) por (5):

$$\left(\frac{M}{m}\right) = \frac{(\cos\alpha\cdot\cot\theta + \text{sen}\alpha)}{2\cdot(\cos\alpha\cdot\cot\phi - \text{sen}\alpha)} = \frac{(\cot\alpha\cdot\cot\theta + 1)}{2\cdot(\cot\alpha\cdot\cot\phi - 1)}$$

$$\left(\frac{M}{m}\right) = \frac{(\cot\theta\cdot\text{tg}\alpha)}{2\cdot(\cot\phi - \text{tg}\alpha)}$$

O que não corresponde às alternativas dadas.
Questão sem alternativa.

Questão sem alternativa

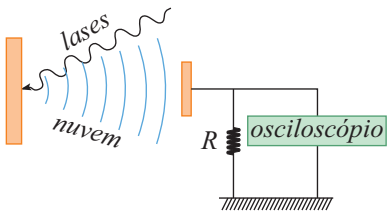
Questão 08

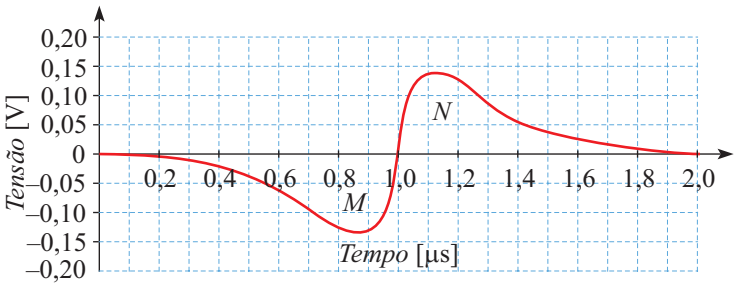
Em um experimento no vácuo, um pulso intenso de laser incide na superfície de um alvo sólido, gerando uma nuvem de cargas positivas, elétrons e átomos neutros. Uma placa metálica, ligada ao terra por um resistor *R* de 50 Ω, é colocada a 10 cm do alvo e intercepta parte da nuvem, sendo observado no osciloscópio o gráfico da variação temporal da tensão sobre o resistor. Considere as seguintes afirmativas:

I. A área indicada por *M* no gráfico é proporcional à carga coletada de elétrons, e a indicada por *N* é proporcional à de cargas positivas coletadas.

II. A carga total de elétrons coletados que atinge a placa é aproximadamente do mesmo valor (em módulo) que a carga total de cargas positivas coletadas, e mede aproximadamente 1 nC.

III. Em qualquer instante a densidade de cargas positivas que atinge a placa é igual à de elétrons.





Esta(ão) correta(as) apenas

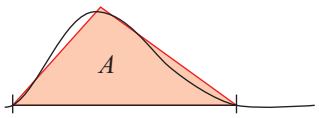
A) I.
B) II.
C) III.
D) I e II.
E) II e III.

Resolução:

I. Verdadeiro. Em um gráfico de corrente por tempo, sabe-se que sua área é numericamente igual à carga elétrica envolvida. Dessa forma, como a resistência R é constante, a tensão e a corrente serão grandezas diretamente proporcionais (U = R . i), o que implica que o gráfico tensão por tempo é proporcional à carga coletada. As partes positiva e negativa do gráfico, por sua vez, caracterizarão respectivamente as cargas positiva e negativa (elétrons).

II. Verdadeiro. Como dito anteriormente, a carga pode ser expressa por: $Q = \int i(t) \cdot dt = \int \frac{U(t)}{R} \cdot dt \Rightarrow Q = \frac{1}{R} \underbrace{\int U(t) \cdot dt}_{\text{área sob a curva (A)}}$

Ao se calcular a área de uma das regiões e dividi-la por R, teremos o valor da carga elétrica. Para isso, vamos aproximar a área da região para um triângulo, conforme representado:



Base: 0,8 μs
Altura: 0,14 v

$$A \cong \frac{0,8 \cdot 0,14}{2} = 0,056 \mu sv$$

$$Q = \frac{1}{R} \cdot A = \frac{1}{50} \cdot 0,056 \cong 1 \text{ nC}$$

III. Falsa. Pelo gráfico podemos verificar que a densidade de cargas varia de acordo com a tensão.

Alternativa D

Questão 09

Uma placa é feita de um metal cuja função trabalho *W* é menor que *hv*, sendo *v* uma frequência no intervalo do espectro eletromagnético visível e *h* a constante de Planck. Deixada exposta, a placa interage com a radiação eletromagnética proveniente do Sol, absorvendo uma potência *P*. Sobre a ejeção de elétrons da placa metálica nessa situação, é correto afirmar que os elétrons

A) não são ejetados instantaneamente, já que precisam de um tempo mínimo para acúmulo de energia.
B) podem ser ejetados instantaneamente com uma mesma energia cinética para qualquer elétron.
C) não podem ser ejetados pois a placa metálica apenas reflete toda a radiação.
D) podem ser ejetados instantaneamente, com energia que depende da frequência da radiação absorvida e da energia do elétron no metal.
E) não podem ser ejetados instantaneamente e a energia cinética após a ejeção depende da frequência da radiação absorvida e da energia do elétron no metal.

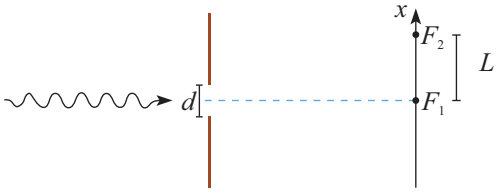
Resolução:

Visto que a função trabalho *W* é menor que a energia proveniente da radiação solar, composta pelo espectro visível e por radiação ultravioleta, haverá ejeção de fotoelétrons instantaneamente, porém com energias cinéticas diferentes, pois para cada frequência, haverá um valor de energia cinética, que também depende da energia potencial do elétron antes de receber a radiação.

Alternativa D

Questão 10

A figura mostra dois anteparos opacos à radiação, sendo um com fenda de tamanho variável **d**, com centro na posição $x = 0$,e o outro com dois fotodetectores de intensidade da radiação, tal que F_1 se situa em $x = 0$ e F_2, em $x = L > 4d$. No sistema incide radiação eletromagnética de comprimento de onda λ constante. Num primeiro experimento, a relação entre **d** e λ é tal que $d \gg \lambda$, e são feitas as seguintes afirmativas: I. Só F_1 detecta radiação. II. F_1 e F_2 detectam radiação. III. F_1 não detecta e F_2 detecta radiação. Num segundo experimento, **d** é reduzido até à ordem do comprimento de λ e, neste caso, são feitas estas afirmativas: IV. F_2 detecta radiação de menor intensidade que a detectada em F_1. V. Só F_1 detecta radiação. VI. Só F_2 detecta radiação. Assinale as afirmativas possíveis para a detecção da radiação em ambos os experimentos.



A) ( ) I, II e IV
B) ( ) I, IV e V
C) ( ) II, IV e V
D) ( ) III, V e VI
E) ( ) I, IV e VI

Resolução:

No primeiro experimento não observamos difração, já que $d \gg \lambda$. Sendo assim:

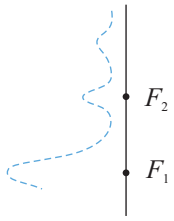
I. (possível) Para valores de $\frac{d}{2} < L$ a radiação incide apenas em F_1.

II. (impossível) Pelo enunciado temos $x = L > 4d$. Para que F_2 detecte radiação é preciso que $L < \frac{d}{2}$.

III. (impossível) Para isso seria necessário que houvesse interferência destrutiva devido à difração. Isso não ocorre já que $d \gg \lambda$.

Para valores de d na ordem de λ, temos: $d\text{sen}\theta = m\lambda \therefore \text{sen}\theta = \frac{m}{d}\lambda \left(m = 1, 2, ...\right)$

Observamos as franjas de forma:



IV. (possível) A franja central detecta a maior intensidade e um segundo máximo menos intenso pode ocorrer em F_2.

V. (possível) A franja central detecta um máximo, e um mínimo pode ocorrer em F_2.

VI. (impossível) F_1 está na franja central e nunca recebe radiação nula (mínimo).

Alternativa B

Questão 11

Um sistema é constituído por uma sequência vertical de *N* molas ideais interligadas, de mesmo comprimento natural ℓ e constante elástica *k*, cada qual acoplada a uma partícula de massa *m*. Sendo o sistema suspenso a partir da mola 1 e estando em equilíbrio estático, pode-se afirmar que o comprimento da

A) mola 1 é igual a $\ell + (N - 1)mg/k$.

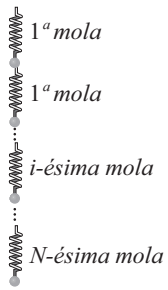
B) mola 2 é igual a $\ell + Nmg/k$.

C) mola 3 é igual a $\ell + (N - 2)mg/k$.

D) mola $N - 1$ é igual a $\ell + mg/k$.

E) mola *N* é igual a ℓ.

Resolução:



Para a i-ésima mola, tem-se $(N+1-i)$ massas penduradas, de forma que:

$$F_{e_i} = P_{(N+1-i)}$$
$$K \cdot \Delta x_i = (N+1-i)mg$$
$$\Delta x_i = \frac{(N+1-i)mg}{K}$$

O comprimento da i-ésima mola é dado por:

$$\ell_i = \ell + \Delta x_i = \ell + \frac{(N+1-i)mg}{K}$$

Analisando as alternativas, temos que para $i = 3$

$$\ell_3 = \ell + \frac{(N-2)mg}{K}$$

Alternativa C

Questão 12

Elétrons com energia cinética inicial de 2 MeV são injetados em um dispositivo (bétatron) que os acelera em uma trajetória circular perpendicular a um campo magnético cujo fluxo varia a uma taxa de 1000 Wb/s. Assinale a energia cinética final alcançada pelos elétrons após 500 000 revoluções.

A) 498 MeV
B) 500 MeV
C) 502 MeV
D) 504 MeV
E) 506 MeV

Resolução:

Pela lei de Faraday, tem-se:

$$|\varepsilon| = \frac{|\Delta\varnothing|}{\Delta t} = 1000\frac{Wb}{s} = 1000V$$

em que ε é a tensão induzida.

Para o elétron, podemos escrever:

$$W_{acelerador} = \Delta E_c$$
$$n \cdot e \cdot |\varepsilon| = \Delta E_c$$
$$5 \cdot 10^5 \cdot 10^3 eV = E_{c_{final}} - 2 \cdot 10^6 eV$$
$$500MeV = E_{c_{final}} - 2MeV$$

$$E_{c_{final}} = 502MeV$$

Alternativa C

Questão 13

Uma carga *q* de massa *m* é solta do repouso num campo gravitacional *g* onde também atua *um* campo de indução magnética uniforme de intensidade *B* na horizontal. Assinale a opção que fornece a altura percorrida pela massa desde o repouso até o ponto mais baixo de sua trajetória, onde ela fica sujeita a uma aceleração igual e oposta à que tinha no início.

A) $g(m/qB)^2$

B) $g(qB/m)^2$

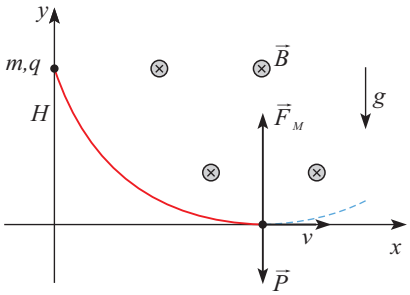
C) $2g(m/qB)^2$

D) $2g(qB/m)^2$

E) $g(m/qB)^2/2$

Resolução:

No ponto mais baixo de sua trajetória, a partícula possui aceleração $a = g$ e velocidade v, assim:



$$F_R = F_M - P$$
$$ma = qvB - mg$$
$$\therefore 2mg = qvB$$
$$\therefore v = 2\frac{mg}{qB}$$

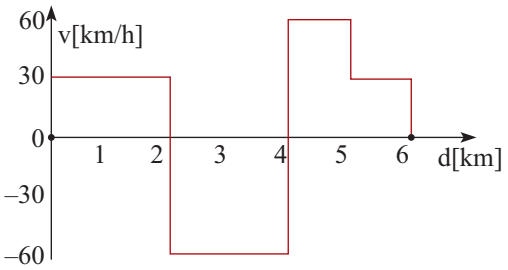
Conservada a energia mecânica:

$$E_{M_o} = E_{M_f}$$
$$mgH = \frac{mV^2}{2}$$
$$\therefore H = \frac{mV^2}{2g} = \frac{1}{2g}\left(\frac{2mg}{qB}\right)^2$$
$$\therefore H = 2g\left(m/qB\right)^2$$

Alternativa C

Questão 14

Um automóvel percorre um trecho retilíneo de uma rodovia. A figura mostra a velocidade do carro em função da distância percorrida, em km, indicada no odômetro. Sabendo que a velocidade escalar média no percurso é de 36 km/h, assinale respectivamente o tempo total dispendido e a distância entre os pontos inicial e final do percurso.



A) 9 min e 2 km.
B) 10 min e 2 km.
C) 15 min e 2 km.
D) 15 min e 3 km.
E) 20 min e 2 km.

Resolução:

A distância total percorrida, que corresponde à indicação do odômetro, é dada pela soma das distâncias percorridas em cada trecho:

$$\Delta S_T = 2\,km + 2\,km + 1\,km + 1\,km = 6\,km.$$

Já para o cálculo da distância entre os pontos inicial e final, deve-se observar o sentido do movimento em cada trecho, ou seja, se o movimento é progressivo ou se ele é retrógrado.

$$d_{i\to f} = 2\,km + (-2\,km) + 1\,km + 1\,km = 2\,km$$

O tempo total é dado por:

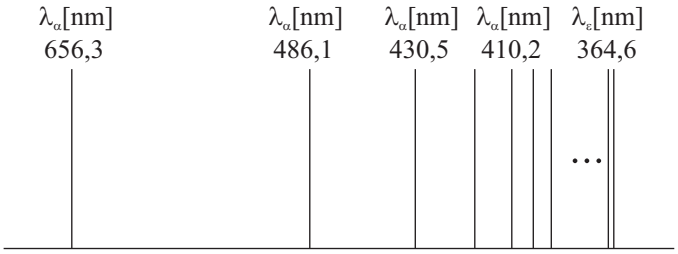
$$\Delta t_T = \frac{\Delta S_T}{V_m} = \frac{6}{90} = \frac{1}{6}h \Rightarrow \Delta t_T = 10\,min$$

Obs.: Se somados os tempos gastos em cada trecho, obtém-se o valor de 9 minutos. Isso permite concluir que o automóvel fica 1 minuto parado ao longo do seu percurso.

Alternativa B

Questão 15

Num experimento que mede o espectro de emissão do átomo de hidrogênio, a radiação eletromagnética emitida pelo gás hidrogênio é colimada por uma fenda, passando a seguir por uma rede de difração. O espectro obtido é registrado em chapa fotográfica, cuja parte visível é mostrada na figura.



Pode-se afirmar que

A) ( ) O modelo de Bohr explica satisfatoriamente as linhas do espectro visível do átomo de Hidrogênio.
B) ( ) Da esquerda para a direita as linhas correspondem a comprimentos de onda do violeta ao vermelho.
C) ( ) O espaçamento entre as linhas adjacentes decresce para um limite próximo ao infravermelho.
D) ( ) As linhas do espectro encontrado são explicadas pelo modelo de Rutherford.
E) ( ) Balmer obteve em 1885 a fórmula empírica para o comprimento de onda: $\lambda = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$, em que n=3,4 ... e R é a constante de Rydberg.

Resolução:

A) Correta, pois os postulados sobre a quantização da energia dos elétrons nas órbitas, os níveis estacionários de energia e a absorção/emissão de energia juntamente com a teoria do fóton de Max Planck possibilitaram a compreensão da relação entre o estado energético do elétron em um nível atômico e o comprimento de onda da radiação emitida.

B) Errada, pois da esquerda para a direita há a diminuição do comprimento de onda, o que deveria acontecer do vermelho para o violeta.

C) Errada, pois para o limite do infravermelho, ou seja, para comprimentos de onda maiores, o espaçamento aumenta.

D) Errada, pois o modelo de Rutherford afirma que um átomo excitado pode emitir energia radiante para todas as frequências, o que não justifica as linhas espectrais.

E) Errada, pois na fórmula empírica de Balmer – Rydberg: $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$

Questão 16

Com os motores desligados, uma nave executa uma trajetória circular com período de 5 400 s próxima à superfície do planeta em que orbita. Assinale a massa específica média desse planeta.

A) $1,0g/cm^3$
B) $1,8g/cm^3$
C) $2,4g/cm^3$
D) $4,8g/cm^3$
E) $20,0g/cm^3$

Resolução:

Adotando o raio de órbita igual ao raio do planeta:

$$F_G = F_{cp}$$

$$G\frac{Mm}{R^2} = mw^2R$$

$$G\frac{M}{R^3} = w^2$$

$$\frac{4\pi}{3}G\frac{M}{\left(\frac{4\pi}{3}R^3\right)} = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$$

$$\therefore \rho = \frac{3\pi}{GT^2} = \frac{3\pi}{\left(6,7\cdot 10^{-11}\right)\left(5400\right)^2}$$

$$\therefore \rho = 4,8\cdot 10^3 \text{kg/m}^3 = 4,8\text{g/cm}^3$$

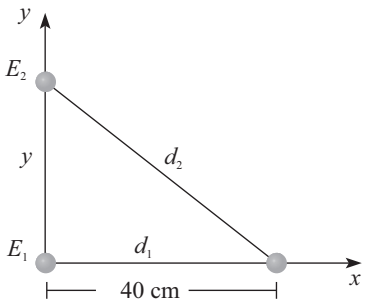
Alternativa D

Questão 17

Um emissor E_1 de ondas sonoras situa-se na origem de um sistema de coordenadas e um emissor E_2, num ponto do seu eixo y, emitindo ambos o mesmo sinal de áudio senoidal de comprimento de onda λ, na frequência de 34 kHz. Mediante um receptor R situado num ponto do eixo x a $40\,cm$ de E_1, observa-se a interferência construtiva resultante da superposição das ondas produzidas por E_1 e E_2. É igual a λ a diferença entre as respectivas distâncias de E_2 e E_1 até R. Variando a posição de E_2 ao longo de y, essa diferença chega a 10λ. As distâncias (em centímetros) entre E_1 e E_2 nos dois casos são

A) 9 e 30.
B) 1 e 10.
C) $12,8$ e $26,4$.
D) 39 e 30.
E) $12,8$ e 128.

Resolução:



Sabendo que $f = 34\text{kHz}$

$$v = \lambda f \Rightarrow 340 = \lambda\cdot 34\cdot 10^3$$

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

Genericamente, podemos escrever

$$d_2 - d_1 = n\lambda \quad \text{e} \quad y^2 + d_1^{\,2} = d_2^{\,2}$$

Logo:

$$y^2 + d_1^{\,2} = \left(d_1 + n\lambda\right)^2 \Rightarrow y^2 + d_1^{\,2} = d_1^{\,2}\left(1 + \frac{n\lambda}{d_1}\right)^2$$

Na primeira situação, tem-se $n = 1$, e o termo $\frac{\lambda}{d_1} << 1$

Nesse caso, podemos utilizar a aproximação de Bernoulli.

$$y_1^2 + d_1^2 = d_1^2\left(1 + \frac{2\lambda}{d_1}\right) \Rightarrow y_1^2 = 2d_1\cdot\lambda$$

$$y_1^2 = 2\cdot 0,4\cdot 0,01$$

$$y_1 \simeq 0,09\text{m}$$

$$y_1 = 9\text{cm}$$

Na segunda situação, com $n = 10$, a aproximação não é mais válida, e y é expresso por:

$$y_2^2 + 0,4^2 = (0,4 + 10 \cdot 0,01)^2 \Rightarrow y_2^2 + 0,4^2 = 0,5^2$$

$$y_2^2 = 0,09 \Rightarrow y_2 = 0,3\,\text{m}$$

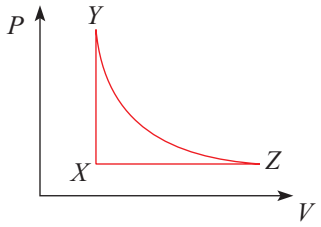
$$y_2 = 30\ \text{cm}$$

Alternativa A

Questão 18

Uma transformação cíclica $XYZX$ de um gás ideal indicada no gráfico $P \times V$ opera entre dois extremos de temperatura, em que YZ é um processo de expansão adiabática reversível. Considere $R = 2,0\,cal/mol.K = 0,082\,atm.\ell/mol.K$, $Py = 20$ atm, $V_z = 4,0\ \ell$, $Vy = 2,0\ \ell$ e a razão entre as capacidades térmicas molar, a pressão e a volume constante, dada por $C_p/C_v = 2,0$. Assinale a razão entre o rendimento deste ciclo e o de uma máquina térmica ideal operando entre os mesmos extremos de temperatura.

A) $0,38$
B) $0,44$
C) $0,55$
D) $0,75$
E) $2,25$



Resolução:

Transformação adiabática YZ:

$$P_y \cdot V_y^{\gamma} = P_z \cdot V_z^{\gamma}$$

$$20 \cdot 2^2 = P_z \cdot 4^2$$

$$20 \cdot 4 = P_z \cdot 16$$

$$P_z = 5\,\text{atm}$$

Transformação isométrica XY, onde $P_x = P_z = 5\,\text{atm}$

$$\frac{P_x}{T_x} = \frac{P_y}{T_y}$$

$$\frac{5}{T_x} = \frac{20}{T_y}$$

$$T_y = 4 \cdot T_x$$

Transformação isobárica ZX, onde $V_x = V_y = 2,0\ell$

$$\frac{V_z}{T_z} = \frac{V_x}{T_x}$$

$$\frac{2}{T_x} = \frac{4}{T_z}$$

$$T_z = 2T_x$$

Para o rendimento do ciclo, temos:

$$Q_{xy} = n \cdot C_V \cdot (T_y - T_x) \quad \text{(Calor que entra do sistema)}$$

$$Q_{xy} = n \cdot C_V \cdot (4T_x - T_x)$$

$$Q_{xy} = n \cdot C_V \cdot 3T_x$$

$$Q_{zx} = n \cdot C_p \cdot (T_x - T_z) \quad \text{(Calor que sai do sistema)}$$

$$Q_{zx} = n \cdot C_p \cdot (T_x - 2T_x)$$

$$Q_{zx} = -n \cdot C_p \cdot T_x$$

$$\eta_{ciclo} = 1 - \frac{|Q_{zx}|}{|Q_{xy}|}$$

$$\eta_{ciclo} = 1 - \frac{\cancel{n} \cdot C_p \cdot \cancel{T_x}}{\cancel{n} \cdot C_V \cdot 3\cancel{T_x}}$$

$$\eta_{ciclo} = 1 - \frac{2}{3}$$

$$\eta_{ciclo} = \frac{1}{3}$$

Considerando a máquina térmica ideal (máquina de Carnot):

$$\eta_{ideal} = 1 - \frac{T_{fria}}{T_{quente}}$$

$T_{fria} \rightarrow$ menor temperatura $\rightarrow T_{fria} = T_x$

$T_{quente} \rightarrow$ maior temperatura $\rightarrow T_{quente} = 4 \cdot T_x$

$$\eta_{ideal} = 1 - \frac{\cancel{T_x}}{4 \cdot \cancel{T_x}}$$

$$\eta_{ideal} = 1 - \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$$

$$\frac{\eta_{ciclo}}{\eta_{ideal}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{4}{3}$$

$$\frac{\eta_{ciclo}}{\eta_{ideal}} = \frac{4}{9} = 0,44$$

Alternativa B

Questão 19

Uma onda harmônica propaga-se para a direita com velocidade constante em uma corda de densidade linear $\mu = 0,4$ g/ cm. A figura mostra duas fotos da corda, uma num instante $t = 0$ s e a outra no instante $t = 0,5$ s. Considere as seguintes afirmativas:

I. A velocidade mínima do ponto P da corda é de 3 m/s.

II. O ponto P realiza um movimento oscilatório com período de 0,4 s.

III. A corda está submetida a uma tensão de 0,36 N.

Assinale a(s) afirmativa(s) possível(possíveis) para o movimento da onda na corda

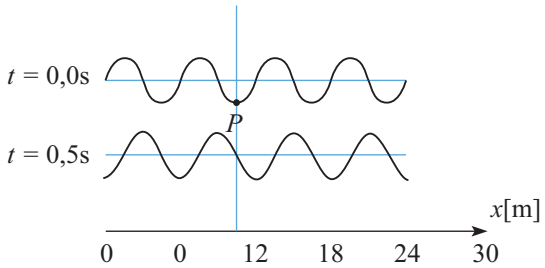
A) I.

B) II.

C) III.

D) I e II.

E) II e III.



Resolução:

I. (Falso) Enquanto a onda passa pela corda, P executa um MHS no eixo vertical com velocidade dada por $v = -(Aw) \cdot sen\, wt$. Assim, a velocidade varia de $-Aw$ até $+Aw$, sendo seu valor mínimo em módulo $|v_{min}| = 0$.

II. (Verdadeiro) Entre as duas fotos P realiza $\frac{1}{4}$ do ciclo completo, ou, de forma geral:

$$\Delta t = \frac{T}{4} + kT\,(k \text{ inteiro})$$

Assim,

$$0,5 = T(k + 0,25)$$

$$\therefore T = \frac{0,5}{k + 0,25}$$

Para $k = 1$:

$$T = \frac{0,5}{1,25} = 0,4\,s \text{ (situação possível)}$$

III. (Falso) Pela figura inferimos que $\lambda = 6\,\text{m}$.

Sendo assim, a velocidade vale:

$$v = \frac{6}{T}$$

E ainda:

$$v = \sqrt{\frac{F}{M}}$$

$$\therefore F = M \cdot v^2 = \left(0,4 \cdot 10^{-1} \frac{kg}{m}\right)\left(\frac{6}{T}\right)^2$$

$$\therefore F = \frac{4 \cdot 36}{\left(\frac{0,5}{k+0,25}\right)^2}$$

Para $F = 0,36N$:

$$\therefore 0,36 = \frac{4 \cdot 36}{\left(\frac{0,5}{k+0,25}\right)^2}$$

$$\therefore \left(\frac{0,5}{k+0,25}\right)^2 = 400$$

$$\therefore \frac{0,5}{k+0,25} = 20$$

$$\therefore k = -0,225(\text{impossível})$$

Alternativa B

Questão 20

Água de um reservatório é usada para girar um moinho de raio R com velocidade angular ω constante graças ao jato que flui do orifício de área S situado a uma profundidade h do seu nível. Com o jato incidindo perpendicularmente em cada pá, com choque totalmente inelástico, calcule o torque das forças de atrito no eixo do moinho, sendo ρ e g, respectivamente, a massa específica da água e a aceleração da gravidade.

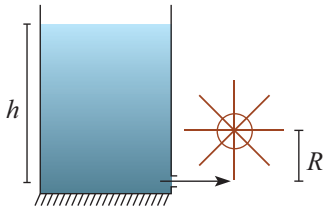
A) $2\rho ghRS$

B) $\rho R^2 S\omega\sqrt{2gh}$

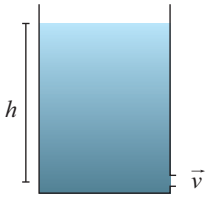
C) $2\rho ghRS\left(1-\sqrt{2gh}/\omega R\right)$

D) $2\rho ghRS\left(1-\omega R/\sqrt{2gh}\right)$

E) $\rho R^2 S\omega\sqrt{2gh}\left(1-\omega R/\sqrt{2gh}\right)$

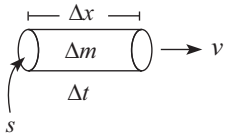


Resolução:



Pela equação de Torricelli, vê-se que a velocidade de saída do jato de d'água é dado por: $v = \sqrt{2gh}$

Considerando que em um intervalo de tempo Δt, uma massa Δm atinja as pás do moinho, teremos uma força F gerada, dada por:



$$F = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{\Delta m \cdot v'}{\Delta t} = \rho \cdot \frac{\Delta x}{\Delta t} \cdot S \cdot v'$$

$$F = \rho \cdot S \cdot v'v$$

Sendo v' a velocidade relativa entre o jato e a pá, expressa por: $v' = (v - \omega R) = \left(\sqrt{2gh} - \omega R\right)$

Como o moinho gira com velocidade constante, o torque das forças de atrito compensa o torque gerado pela força F.

$$\tau_R = 0$$
$$F \cdot R - \tau_{fat} = 0$$
$$\tau_{fat} = \rho \cdot S \cdot v' \cdot v \cdot R = \rho \cdot S \cdot \left(\sqrt{2gh} - \omega R\right) \cdot \sqrt{2gh}\ R$$
$$\tau_{fat} = \rho \cdot S\left(\sqrt{2gh}\right)^2 \left(1 - \frac{\omega R}{\sqrt{2gh}}\right) R$$
$$\tau_{fat} = 2\rho ghRS\left(1 - \frac{\omega R}{\sqrt{2gh}}\right)$$

Alternativa D

Questão 21

Em queda livre a partir do repouso, um imã atravessa longitudinalmente o interior de umtubo de plástico, sem tocar-lhe as paredes, durante um intervalo de tempo Δt. Caso este tubo fosse demetal, o tempo para essa travessia seria maior, igual ou menor que Δt? Justifique sua resposta.

Resolução:

No tubo de plástico, o ímã não sofre força, pois não há corrente de indução sobre o tubo.
No tubo de metal, surge uma corrente induzida, visto que as paredes são condutoras. Dessa forma, atua uma força contrária à velocidade desacelerando o ímã e, consequentemente, aumentando o tempo de travessia.

Questão 22

Suponha que a atmosfera de Vênus seja composta dos gases CO_2, N_2, Ar, Ne e He, em equilíbrio térmico a uma temperatura T = 735 K. a) Determine a razão entre a velocidade quadrática média das moléculas de cada gás e a velocidade de escape nesse planeta. b) Que conclusão pode ser obtida sobre a provável concentração desses gases nessa atmosfera? Obs.: Considere Vênus com o raio igual ao da Terra e a massa igual á $0{,}810$ vezes a desta.

Resolução:

a) para a velocidade quadrática média temos:

$$\frac{m\overline{v}^2}{2} = \frac{3kT}{2}$$
$$\therefore \overline{v} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

Sabendo que:

$$M_{CO_2} = 44 \cdot 10^{-3}\,kg/mol$$
$$M_{N_2} = 28 \cdot 10^{-3}\,kg/mol$$
$$M_{Ar} = 40 \cdot 10^{3}\,kg/mol$$
$$M_{Ne} = 20 \cdot 10^{-3}\,kg/mol$$
$$M_{He} = 4 \cdot 10^{-3}\,kg/mol$$

Portanto:

$$\overline{v}_{CO_2} = \sqrt{3 \cdot \frac{8{,}3 \cdot 735}{44 \cdot 10^{-3}}} = 645\,m/s$$
$$\overline{v}_{N_2} = \sqrt{3 \cdot \frac{8{,}3 \cdot 735}{28 \cdot 10^{-3}}} = 808\,m/s$$
$$\overline{v}_{Ar} = \sqrt{3 \cdot \frac{8{,}3 \cdot 735}{40 \cdot 10^{-3}}} = 676\,m/s$$
$$\overline{v}_{Ne} = \sqrt{3 \cdot \frac{8{,}3 \cdot 735}{20 \cdot 10^{-3}}} = 957\,m/s$$
$$\overline{v}_{He} = \sqrt{3 \cdot \frac{8{,}3 \cdot 735}{4 \cdot 10^{-3}}} = 2139\,m/s$$

Para a velocidade e escape de todos temos:

$$\frac{mv_0^2}{2} - G\frac{M}{R}m = 0$$

$$\therefore v_0 = \sqrt{2\frac{G}{R}M} = \sqrt{2\frac{G}{R_T}(0{,}81M_T)}$$

$$\therefore v_0 = \sqrt{\frac{2\cdot 6{,}7\cdot 10^{-11}\cdot 0{,}81\cdot 6\cdot 10^{24}}{6{,}4\cdot 10^6}} = 10{,}1\cdot 10^3 m/s$$

Sendo assim, as razões ficam:

$$\frac{\overline{v}_{Co2}}{v_0} = 0{,}063$$

$$\frac{\overline{v}_{N2}}{v_0} = 0{,}080$$

$$\frac{\overline{v}_{AR}}{v_0} = 0{,}067$$

$$\frac{\overline{v}_{N2}}{v_0} = 0{,}095$$

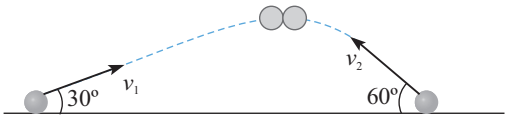
$$\frac{\overline{v}_{\lambda e}}{v_0} = 0{,}212$$

b) Dentre os gases apresentados espera-se que o de maior velocidade quadrática média (He) escape mais facilmente da atmosfera sendo então encontrado em menor concentração.

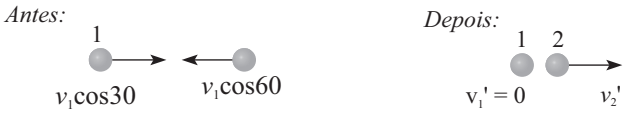
Questão 23

De uma planície horizontal, duas partículas são lançadas de posições opostas perfazendo trajetórias num mesmo plano vertical e se chocando elasticamente no ponto de sua altitude máxima – a mesma para ambas. A primeira partícula é lançada a 30° e aterriza a 90°, também em relação ao solo, a uma distância L de seu lançamento. A segunda é lançada a 60° em relação ao solo. Desprezando a resistência do ar, determine: a) a relação entre as massas das partículas, b) a distância entre os pontos de lançamento e e) a distância horizontal percorrida pela segunda partícula.

Resolução:



a) Representando o movimento horizontal, imediatamente antes e depois do choque, tem-se:



Pelo coeficiente de restituição, tem-se:

$$e = \frac{|v_{R\,afas}|}{|v_{R\,aprox}|} \Rightarrow 1 = \frac{v_2'}{v_1\cos 30^o + v_2\cos 60^o} \qquad v_2' = v_1\frac{\sqrt{3}}{2} + v_2\cdot\frac{1}{2} \qquad (I)$$

Sabendo que eles se encontram no mesmo instante e na mesma altura, pode-se concluir que: $v_{1y} = v_{2y}$

$$v_1\cdot sen30^o = v_2\cdot sen60^o \Rightarrow v_1\cdot\frac{1}{2} = v_2\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow v_1 = v_2\sqrt{3}$$

Substituindo (II) em (I)

$$v_2' = v_2\cdot\sqrt{3}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} + v_2\cdot\frac{1}{2} = 2v_2$$

Fazendo a conservação do momento linear em x:

$$Q_{ox} = Q_{fx}$$

$$m_1 \cdot v_1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - m_2 \cdot v_2 \cdot \frac{1}{2} = m_1 \cdot 0 + m_2 \cdot v_2'$$

$$m_1 \cdot \cancel{v_2} \frac{3}{2} - m_2 \cdot \frac{\cancel{v_2}}{2} = m_2 \cdot 2\cancel{v_2}$$

$$\frac{3}{2} m_1 = \frac{5}{2} m_2 \quad \frac{m_1}{m_2} = \frac{5}{3}$$

b) O tempo gasto pela primeira partícula para percorrer L é dado por $\Delta t = \frac{L}{v_1 \cos 30}$, que é o mesmo da segunda partícula. Sendo x_2 a distância percorrida por ela tem-se:

$$x_2 = v_2 \cdot \cos 60 \cdot \Delta t = v_2 \frac{1}{2} \frac{L}{v_1 \sqrt{3}} 2 \Rightarrow x_2 = \frac{v_2}{v_1 \sqrt{3}} L$$

Como $v_1 / v_2 = \sqrt{3}$, tem-se:

$$d = L + x_2 = L + \frac{L}{3} = \frac{4L}{3}$$

c) Sabendo que o tempo de subida é o mesmo de descida, pode-se escrever:

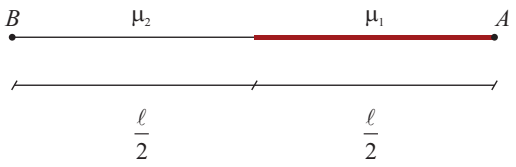
$$x_2' = x_2 + (2 \cdot v_2)\Delta t = \frac{L}{3} + 2 \cdot \frac{\cancel{v_1}}{\sqrt{3}} \cdot \frac{L \cdot 2}{\cancel{v_1} \sqrt{3}} = \frac{L}{3} + \frac{4L}{3}$$

$x_2' = \frac{5L}{3}$ (distância horizontal percorrida pela segunda partícula)

Questão 24

Duas cordas de mesmo comprimento, de densidades lineares μ_1 e μ_2, tendo a primeira o dobro da massa da outra, são interconectadas formando uma corda única afixada em anteparos interdistantes de ℓ. Dois pulsos propagam-se ao mesmo tempo em sentidos opostos nessa corda. Determine o instante e a posição em que os pulsos se encontram sabendo que a corda está submetida a uma tensão T.

Resolução:



Se $m_1 = 2m_2$, então $\mu_1 = 2\mu_2$

Na corda 1: $V_1 = \sqrt{\frac{T}{\mu_1}}$ Na corda 2: $V_2 = \sqrt{\frac{T}{\mu_2}}$

Então:

$$\mu_1 \cdot V_1^2 = \mu_2 \cdot V_2^2$$

$$2\cancel{\mu_2} \cdot V_1^2 = \cancel{\mu_2} \cdot V_2^2$$

$$V_2 = \sqrt{2} \cdot V_1$$

O pulso B gerado na corda 2 se propagará mais rapidamente que o pulso A. Logo:

da 2+ t_B, corda 1 = t_A, corda 1

$$\frac{\ell}{2V_2}+\frac{x}{V_1}=\frac{\frac{\ell}{2}-x}{V_1}$$

$$\frac{\ell-2x}{2V_1}-\frac{x}{V_1}=\frac{\ell}{2V_2}$$

$$\frac{\ell-4x}{\cancel{2}V_1}=\frac{\ell}{\cancel{2}V_2}$$

$$V_2\ell-4xV_2=V_1\ell$$

$$x=\frac{(V_2-V_1)\cdot\ell}{4V_2}$$

t_B, cor

$$x=\frac{\ell}{4\sqrt{2}\cancel{V_1}}\cdot(\sqrt{2}-1)\cdot\cancel{V_1}=\frac{\ell(2-\sqrt{2})}{8}$$

Em que:

x = O deslocamento do pulso que partiu de B, na corda 1, até encontrar-se com o pulso que partiu de A.

O instante t do encontro será:

$$t=\frac{\ell-2x}{2V_1}$$

$$t=\frac{\ell-\frac{\ell}{2}+\frac{\ell\sqrt{2}}{4}}{2V_1}$$

$$t=\frac{\frac{\ell}{2}+\frac{\ell\sqrt{2}}{4}}{2V_1}$$

$$t=\frac{\ell}{4V_1}\left(1+\frac{\sqrt{2}}{2}\right)=\frac{\ell}{4}\sqrt{\frac{\mu_1}{T}}\cdot\left(1+\frac{\sqrt{2}}{2}\right)$$

A posição do encontro será, em relação à extremidade A:

$$S=\frac{\ell}{2}-x$$

$$S=\frac{\ell}{2}-\frac{\ell}{4}+\frac{\ell\sqrt{2}}{8}$$

$$S=\frac{\ell}{4}+\frac{\ell\sqrt{2}}{8}$$

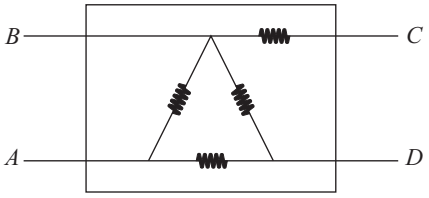
$$S=\frac{\ell}{4}\cdot\left(1+\frac{\sqrt{2}}{2}\right)$$

Questão 25

Dispondo de até 5 resistências R, monte um circuito no interior da caixa da figura, tal que a) com uma bateria de tensão V entre os terminais AB, um voltímetro entre os terminais CD mede uma diferença de potencial V/2, e b) com essa bateria entre os terminais CD, um amperímetro entre os terminais AB mede uma corrente igual a V/3R.

Resolução:

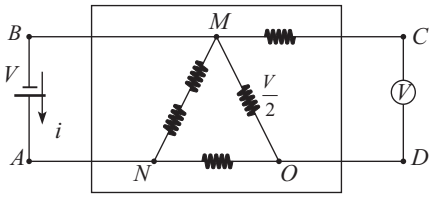
Observe a proposta de circuito da figura:



Têm-se, então, as seguintes montagens possíveis:

a) tensão V entre os terminais AB:

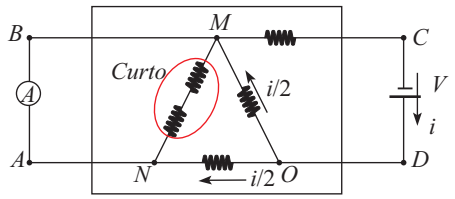
$$V_{MO} = V_{NO} = \frac{V}{2}$$



b) tensão V entre os terminais CD, amperímetro entre AB:

corrente no circuito:

$$i = \frac{V}{R + R/2} = \frac{2V}{3R}$$

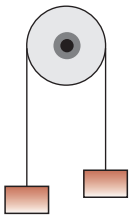


Corrente no amperímetro:

$$i_A = \frac{i}{2} = \frac{V}{3R}$$

Questão 26

Mediante um fio inextensível e de peso desprezível, a polia da figura suporta à esquerda uma massa de $60\,kg$, e à direita, uma massa de $55\,kg$ tendo em cima outra de $5\,kg$, de formato anelar, estando este conjunto a $1\,m$ acima da massa da esquerda. Num dado instante, por um dispositivo interno, a massa de $5\,kg$ é lançada para cima com velocidade $v = 10\,\text{m/s}$, após o que, cai e se choca inelasticamente com a de $55\,kg$. Determine a altura entre a posição do centro de massa de todo o sistema antes do lançamento e a deste centro logo após o choque.



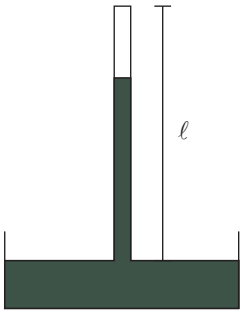
Resolução:

Considerando um sistema composto pelas três massas e sabendo que a força que impulsiona o bloco de $5\,kg$ para cima é uma força interna a este sistema, podemos concluir que não há alteração no centro de massa. Tal alteração poderia ocorrer na presença de agentes externos, o que não acontece nesse caso.

Dessa forma, transcorrido um intervalo de tempo Δt até o momento do choque (ou mesmo inferior a ele) a diferença entre as posições do centro de massa é zero.

Questão 27

Em equilíbrio, o tubo emborcado da figura contém mercúrio e ar aprisionado. Com a pressão atmosférica de 760 mm de Hg a uma temperatura de 27ºC, a altura da coluna de mercúrio é de 750 mm. Se a pressão. atmosférica cai a 740 mm de Hg a uma temperatura de 2ºC, a coluna de mercúrio é de 735 mm. Determine o comprimento ℓ aparente do tubo.



Resolução:

I. $T = 27°C \rightarrow T = 300K$

$$P_{ar} + P_{coluna} = P_{atmosférica}$$
$$P_{ar} + 750 = 760$$
$$P_{ar} = 10\,\text{mmHg}$$

Considerando o ar como um gás ideal:

$$P_{ar} \cdot V = N_{ar} \cdot R \cdot T$$
$$10 \cdot A \cdot h_0 = N_{ar} \cdot R \cdot 300$$
$$\frac{N_{ar} \cdot R}{A} = \frac{1\cancel{0} \cdot h_0}{30\cancel{0}}$$

II. $T' = 2°C \rightarrow T' = 275K$

$$P_{ar}' + P_{coluna}' = P_{atmosférica}'$$
$$P_{ar}' + 735 = 740$$
$$P_{ar}' = 5\ \text{mmHg}$$

Então:

$$\frac{N_{ar} \cdot R}{A} = \frac{P_{ar}' \cdot h'}{T'} = \frac{5 \cdot h'}{275}$$
$$\frac{5 \cdot h'}{275} = \frac{h_0}{30} \rightarrow h' = \frac{11}{6} h_0$$
$$\ell = 750 + h_0 = 735 + h'$$
$$15 + h_0 = \frac{11 h_0}{6} \quad \times 6$$
$$90 + 6h_0 = 11h_0$$
$$5h_0 = 90$$
$$h_0 = 18\text{mm}$$

Logo: $\ell = 750 + h_0 \rightarrow \ell = 768\,\text{mm}$

Questão 28

Deseja-se aquecer uma sala usando uma máquina térmica de potência P operando conforme o ciclo de Carnot, tendo como fonte de calor o ambiente externo à temperatura T_1. A troca de calor através das paredes se dá a uma taxa $k(T_2 - T_1)$, em que T_2 é a temperatura da sala num dado instante e k, uma constante com unidade em J/s.K. Pedem-se: a) A temperatura final de equilíbrio da sala. b) A nova temperatura de equilíbrio caso se troque a máquina térmica por um resistor dissipando a mesma potência P. e) Entre tais equipamentos, indique qual o mais adequado em termos de consumo de energia. Justifique.

Resolução:

A) Devemos tratar essa máquina como um Ciclo de Carnot no sentido anti-horário. A máquina fornece calor para a região de maior temperatura da forma:

$$W = |Q_2| - |Q_1|, \quad W = P \cdot \Delta t$$

Com eficiência dada por:

$$e = \frac{|Q_2|}{W} = \frac{|Q_2|}{|Q_2| - |Q_1|} = \frac{T_2}{T_2 - T_1}$$
$$\therefore |Q_2| = \frac{T_2}{(T_2 - T_1)} \cdot W = \frac{T_2}{(T_2 - T_1)} \cdot P \cdot \Delta t$$

Por fim, a potência útil da máquina é:

$$P_0 = \frac{|Q_2|}{\Delta t} = \frac{T_2}{T_2 - T_1} \cdot P$$

Chegaremos à temperatura de equilíbrio quando entrada e saída de calor se igualarem:

$$K(T_2 - T_1) = \frac{T_2}{T_2 - T_1} \cdot P$$

$$\therefore (T_2 - T_1)^2 = T_2 \frac{P}{K}$$

$$\therefore T_2^2 - T_2\left(\frac{P}{K} - 2T_1\right) + T_1^2 = 0$$

$$\therefore T_2 = \frac{\left(\frac{P}{K} - 2T_1\right) \pm \sqrt{\left(\frac{P}{K} + 2T_1\right)^2 - 4T_1^2}}{2}$$

$$\therefore T_2 = T_1 + \left(\frac{P}{2K}\right) \pm \frac{1}{2}\sqrt{\left(\frac{P}{K}\right)^2 - 4T_1\frac{P}{K} + 4T_1^2 - 4T_1^2}$$

$$\therefore T_2 = T_1 + \left(\frac{P}{2K}\right) \pm \frac{1}{2}\sqrt{\frac{P}{K}\left(\frac{P}{K}\right) - 4T_1}$$

E, para que tenhamos $T_2 > T_1$

$$T_2 = T_1 + \left(\frac{P}{2K}\right) + \frac{1}{2}\sqrt{\frac{P}{K}\left(\frac{P}{K} - 4T_1\right)}$$

B) Substituindo pelo resistor teremos:

$$P_0 = P$$

E, no equilíbrio:

$$K(T_2 - T_1) = P$$

$$\therefore T_2 = \frac{P}{K} + T_1$$

C) Devemos observar que o calor introduzido pela máquina térmica equivale à soma da energia devido à sua potência P e ao calor retirado do meio externo.
O resistor introduz apenas a potência P consumida.
Sendo assim, a máquina térmica é mais adequada por conseguir maior troca de calor com o mesmo consumo.

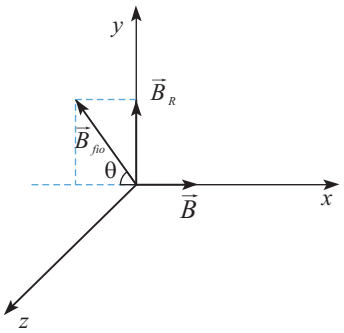
Questão 29

Num ponto de coordenadas (0,0,0) atua na direção x um campo de indução magnética com $2\times10^{-5}T$ de intensidade. No espaço em torno deste ponto coloca-se um fio retilíneo, onde flui uma corrente de 5 A, acarretando nesse ponto um campo de indução magnética resultante de $2\sqrt{3}\times10^{-5}T$ na direção y. Determine o lugar geométrico dos pontos de intersecção do fio com o plano xy.

Resolução:

Considerando inicialmente o campo no sentido de x positivo.

$$\vec{B} = \left(2\cdot10^{-5}T\right)\cdot\hat{i}$$



$$\vec{B}_R = \vec{B}_{fio} + \vec{B}$$
$$\left(2\sqrt{3}\cdot 10^{-5}\right)\cdot \hat{j} = \vec{B}_{fio} + \left(2\cdot 10^{-5}\right)\cdot \hat{i}$$
$$\vec{B}_{fio} = \left(-2\cdot 10^{-5}\right)\cdot \hat{i} + \left(2\sqrt{3}\cdot 10^{-5}\right)\cdot \hat{j}\ \ T$$

Sabendo que $\vec{B}_{fio}$ pode ser escrito na forma:

$$\vec{B}_{fio} = \left(B_{fio\,x}\right)\cdot \hat{i} + \left(B_{fio\,y}\right)\cdot \hat{j}$$
$$tg\,\theta = \frac{\left|B_{fio\,y}\right|}{\left|B_{fio\,x}\right|} = \frac{2\sqrt{3}\cdot 10^{-5}}{2\cdot 10^{-5}} \Rightarrow tg\theta = \sqrt{3} \Rightarrow \theta = 60^{o}$$

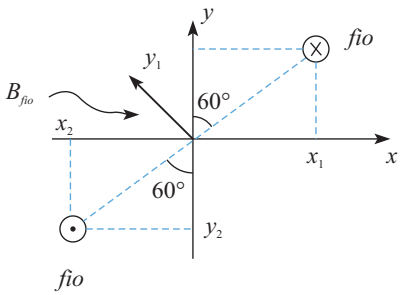
O módulo de $\vec{B}_{fio}$ é dado por:

$$\left|\vec{B}_{fio}\right| = \sqrt{B_{fio}{}^{2}x + B_{fio}{}^{2}y} = 10^{-5}\sqrt{\left(2\sqrt{3}\right)^{2} + 2^{2}}$$
$$\left|\vec{B}_{fio}\right| = 4\cdot 10^{-5}T$$

Como o campo magnético gerado por um fio é dado por $B_{fio} = \frac{M_0 i}{2\pi r}$, a distância r do fio ao ponto (0,0,0) será:

$$4\cdot 10^{-5} = \frac{4\pi 10^{-7}\cdot 5}{2\pi\cdot r} \Rightarrow r = 2{,}5\cdot 10^{-2}m$$

Como as linhas de campo geradas por um fio são circulares, o vetor campo produzido é perpendicular aos eixos que passam pelo fio. Desta forma, conhecendo a direção do vetor campo, podemos localizar as possíveis posições do fio.



Logo:

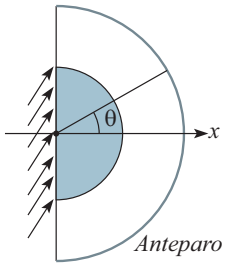
$$\begin{cases} x_1 = r\cdot sen60^{o} = 2{,}5\cdot 10^{-2}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} = 12{,}5\sqrt{3}\cdot 10^{-3}m \\ y_1 = r\cdot \cos 60^{o} = 2{,}5\cdot 10^{-2}\cdot\frac{1}{2} = 12{,}5\cdot 10^{-3}m \end{cases}$$
$$\begin{cases} x_2 = -r\cdot sen60^{o} = -12{,}5\sqrt{3}\cdot 10^{-3}m \\ y_2 = -r\cdot \cos 60^{o} = -12{,}5\cdot 10^{-3}m \end{cases}$$

Caso o campo inicial seja na direção x, mas sentido negativo, temos mais duas soluções, uma no segundo e outra no quarto quadrante.

$$\begin{cases} x_3 = -12{,}5\sqrt{3}\ 10^{-3}m \\ y_3 = 12{,}5\cdot 10^{-3} \end{cases}$$
$$\begin{cases} x_4 = 12{,}5\sqrt{3}\cdot 10^{-3}m \\ y_4 = -12{,}5\cdot 10^{-3}m \end{cases}$$

Questão 30

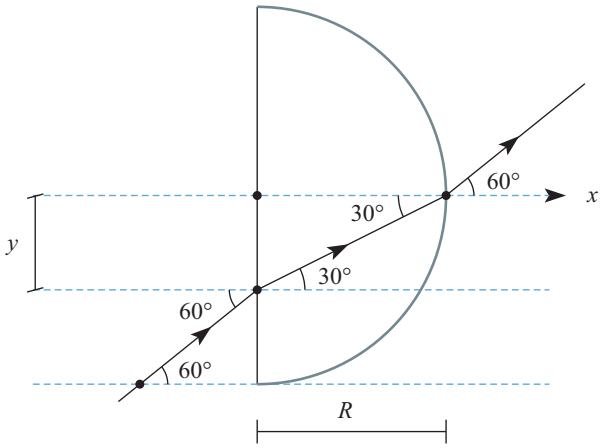
A figura mostra uma lente semiesférica no ar de raio $R = \sqrt{3}/2m$ com índice de refração $n = \sqrt{3}$. Um feixe de luz paralelo incide na superfície plana, formando um ângulo de 60° em relação a x. a) Indique se há raio refratado saindo da lente paralelamente aos incidentes. b) Se houver, ele incide a que distância do centro da lente? c) Para quais ângulos θ será iluminado o anteparo esférico de raio 2R de mesmo centro da lente?



Resolução:

a) e b)

Existe um raio emergente da lente paralelo ao raio incidente na seguinte situação:



Pela lei de Snell-Descartes:

$$1 \cdot \text{sen}\,60° = \sqrt{3} \cdot \text{sen}\,\theta$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} \cdot \text{sen}\,\theta$$

$$\boxed{\theta = 30°}$$

$$y = R \cdot \text{tg}\,30°$$

$$y = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{3}$$

$$\boxed{y = \frac{1}{2}\text{m}}$$

c) Na condição do ângulo limite:

$$\text{sen}L = \frac{1}{n} = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

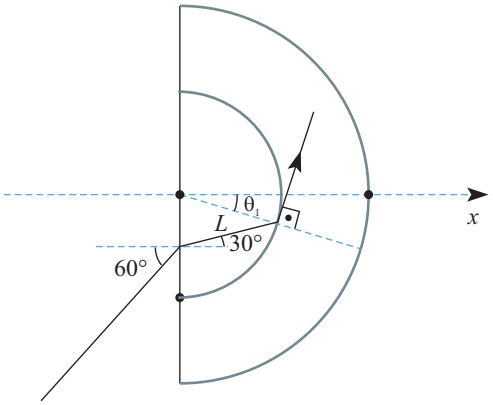


Figura 1

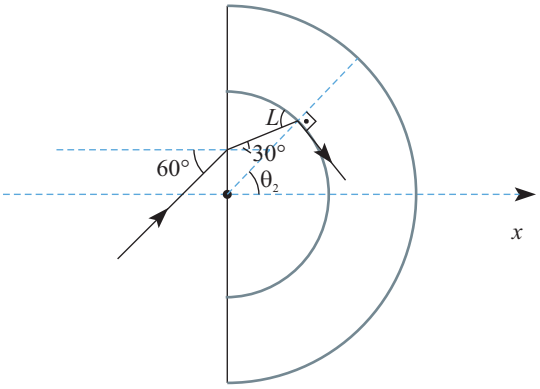


Figura 2

Para que o raio consiga emergir: $\text{sen}(30° + \theta) < \text{sen}L$

Tratando na condição limite como uma equação: $\text{sen}(30° + \theta) = \text{sen}L$

$$\text{sen}30° \cos\theta + \text{sen}\theta \cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{3} \Rightarrow \frac{1}{2}\cos\theta + \frac{\sqrt{3}}{2}\text{sen}\theta = \frac{\sqrt{3}}{3} \Rightarrow \frac{1}{2}\cos\theta = \frac{\sqrt{3}}{3} - \frac{\sqrt{3}}{2}\text{sen}\theta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cos\theta = \sqrt{3}\left(\frac{2}{3} - \text{sen}\theta\right) \Rightarrow \cos^2\theta = 3\left(\frac{2}{3} - \text{sen}\theta\right)^2 \Rightarrow 1 - \text{sen}^2\theta = 3\left(\frac{2}{3} - \text{sen}\theta\right)^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4\text{sen}^2\theta - 4\text{sen}\theta + \frac{1}{3} = 0$$

$$12\text{sen}^2\theta - 12\text{sen}\theta + 1 = 0 \begin{cases} \text{sen}\theta_1 = \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{6}}{6} \rightarrow \theta_1 = 5,26° \\ \text{sen}\theta_2 = \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{6}}{6} \rightarrow \theta_2 = 65,26° \end{cases}$$

No referencial do ciclo trigonométrico $\begin{cases} \theta_1 = -\text{arcsen}\left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{6}}{6}\right) \\ \theta_2 = +\text{arcsen}\left(\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{6}}{6}\right) \end{cases}$

Logo: $-\text{arcsen}\left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{6}}{6}\right) \leq \theta \leq \text{arcsen}\left(\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{6}}{6}\right)$

Física
Anderson
Moisés
Rodrigo Bernadelli

Colaboradores
Aline Alkmin
Daniel Alves
Cristiane Ribeiro
Nathally Cortez
Rodrigo Ramos
Vinicius Ribeiro

Projeto Gráfico
Rodrigo Ramos

Copyright©Olimpo2016

As escolhas que você fez nessa prova, assim como outras escolhas na vida, dependem de conhecimentos, competências, conhecimentos e habilidades específicos. Esteja preparado.

www.grupoolimpo.com.br

opirus
EDITORA

olimpo