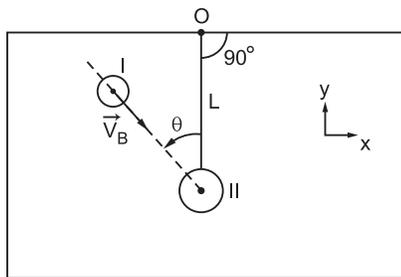


Caso necessário, use os seguintes dados:

$\pi = 3,14$. **Aceleração da gravidade** = $9,8 \text{ m/s}^2$. **Velocidade do som no ar** = 340 m/s . **1 atm** = $1,0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$. **1 cal** = $4,2 \text{ J}$.

Questão 1

Sobre um plano liso e horizontal repousa um sistema constituído de duas partículas, **I** e **II**, de massas **M** e **m**, respectivamente. A partícula **II** é conectada a uma articulação **O** sobre o plano por meio de uma haste que inicialmente é disposta na posição indicada na figura. Considere a haste rígida de comprimento **L**, inextensível e de massa desprezível. A seguir, a partícula **I** desloca-se na direção de **II** com velocidade uniforme \vec{V}_B , que forma um ângulo θ com a haste. Desprezando qualquer tipo de resistência ou atrito, pode-se afirmar que, imediatamente após a colisão (elástica) das partículas,



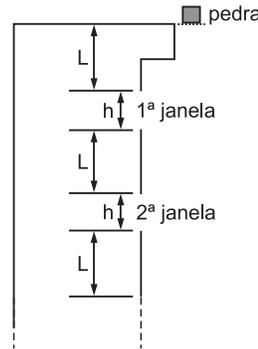
- a partícula **II** se movimentará na direção definida pelo vetor \vec{V}_B .
- o componente **y** do momento linear do sistema é conservado.
- o componente **x** do momento linear do sistema é conservado.
- a energia cinética do sistema é diferente do seu valor inicial.
- n.d.a.

alternativa C

Considerando o sistema formado pelas partículas **I** e **II**, a resultante externa atuante nesse sistema é a tração **T** ao longo da haste. Como a haste está inicialmente na direção **y**, apenas o componente **x** do momento linear (quantidade de movimento) do sistema é conservado.

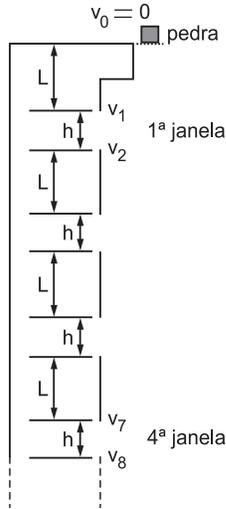
Questão 2

A partir do repouso, uma pedra é deixada cair da borda no alto de um edifício. A figura mostra a disposição das janelas, com as pertinentes alturas **h** e distâncias **L** que se repetem igualmente para as demais janelas, até o térreo. Se a pedra percorre a altura **h** da primeira janela em **t** segundos, quanto tempo levará para percorrer, em segundos, a mesma altura **h** da quarta janela? (Despreze a resistência do ar).



- $[(\sqrt{L+h} - \sqrt{L}) / (\sqrt{2L+2h} - \sqrt{2L+h})]t$.
- $[(\sqrt{2L+2h} - \sqrt{2L+h}) / (\sqrt{L+h} - \sqrt{L})]t$.
- $[(\sqrt{4(L+h)} - \sqrt{3(L+h)+L}) / (\sqrt{L+h} - \sqrt{L})]t$.
- $[(\sqrt{4(L+h)} - \sqrt{3(L+h)+L}) / (\sqrt{2L+2h} - \sqrt{2L+h})]t$.
- $[(\sqrt{3(L+h)} - \sqrt{2(L+h)+L}) / (\sqrt{L+h} - \sqrt{L})]t$.

alternativa C



Sabendo que a pedra partiu do repouso ($v_0 = 0$) e que ela descreve um MUV, a velocidade v_1 é dada por

$$v_1^2 = v_0^2 + 2gL \Rightarrow v_1 = \sqrt{2gL}$$

Da mesma maneira, a velocidade v_2 da pedra após ter percorrido a altura h da primeira janela é:

$$v_2^2 = v_0^2 + 2g(L + h) \Rightarrow v_2 = \sqrt{2g(L + h)}$$

Da equação da velocidade no MUV e sabendo que t é o tempo gasto pela pedra para percorrer a altura h da primeira janela, temos:

$$v_2 = v_1 + gt \Rightarrow \sqrt{2g(L + h)} = \sqrt{2gL} + gt \Rightarrow$$

$$\Rightarrow g = \frac{\sqrt{2g(L + h)} - \sqrt{2gL}}{t} \quad (I)$$

A velocidade v_7 da pedra ao atingir o início da quarta janela é dada por:

$$v_7^2 = v_0^2 + 2g[3(L + h) + L] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_7 = \sqrt{2g[3(L + h) + L]}$$

Analogamente, a velocidade v_8 da pedra ao atingir o final da quarta janela é:

$$v_8^2 = v_0^2 + 2g[4(L + h)] \Rightarrow v_8 = \sqrt{8g(L + h)}$$

Logo, o tempo t' que a pedra levará para percorrer a mesma altura h da quarta janela é dado por:

$$v_8 = v_7 + gt' \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sqrt{8g(L + h)} = \sqrt{2g[3(L + h) + L]} + gt' \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t' = \frac{\sqrt{8g(L + h)} - \sqrt{2g[3(L + h) + L]}}{g} \quad (II)$$

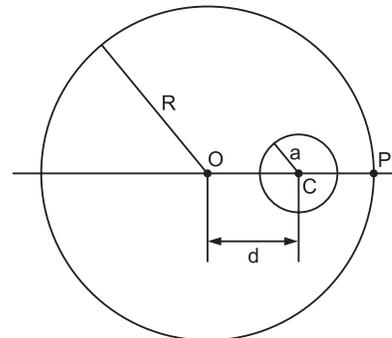
Substituindo I em II, temos:

$$t' = \frac{\sqrt{8g(L + h)} - \sqrt{2g[3(L + h) + L]}}{\frac{\sqrt{2g(L + h)} - \sqrt{2gL}}{t}}$$

$$t' = \left[\frac{\sqrt{4(L + h)} - \sqrt{3(L + h) + L}}{\sqrt{L + h} - \sqrt{L}} \right] \cdot t$$

Questão 3

Variações no campo gravitacional na superfície da Terra podem advir de irregularidades na distribuição de sua massa. Considere a Terra como uma esfera de raio R e de densidade ρ , uniforme, com uma cavidade esférica de raio a , inteiramente contida no seu interior. A distância entre os centros O , da Terra, e C , da cavidade, é d , que pode variar de 0 (zero) até $R - a$, causando, assim, uma variação do campo gravitacional em um ponto P , sobre a superfície da Terra, alinhado com O e C . (Veja a figura). Seja G_1 a intensidade do campo gravitacional em P sem a existência da cavidade na Terra, e G_2 , a intensidade do campo no mesmo ponto, considerando a existência da cavidade. Então, o valor máximo da variação relativa: $(G_1 - G_2)/G_1$, que se obtém ao deslocar a posição da cavidade, é



- a) $a^3/[(R - a)^2 R]$. b) $(a/R)^3$. c) $(a/R)^2$.
d) a/R . e) nulo.

alternativa D

A intensidade do campo gravitacional G_1 é dada por:

$$G_1 = \frac{G \cdot \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{R^2} \Rightarrow G_1 = G \rho \frac{4}{3} \pi R$$

A intensidade do campo gravitacional G' gerado por uma esfera de raio a e densidade ρ , a uma distância de P igual a $(R - d)$, é dada por:

$$G' = \frac{G \cdot \rho \cdot \frac{4}{3} \pi a^3}{(R - d)^2}$$

A intensidade do campo gravitacional G_2 é dada por:

$$G_2 = G_1 - G' = G\rho \frac{4}{3} \pi \left[R - \frac{a^3}{(R - d)^2} \right]$$

Assim, a variação relativa $\frac{G_1 - G_2}{G_1}$ é dada por:

$$\begin{aligned} \frac{G_1 - G_2}{G_1} &= \frac{G\rho \frac{4}{3} \pi R - G\rho \frac{4}{3} \pi \left[R - \frac{a^3}{(R - d)^2} \right]}{G\rho \frac{4}{3} \pi R} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{G_1 - G_2}{G_1} = \frac{a^3}{R(R - d)^2} = X \end{aligned}$$

Assim, a variação relativa X é máxima quando $(R - d)$ é mínimo e isto ocorre para $d = R - a$. Logo, $R - d = R - (R - a) = a$.

Assim, temos:

$$X_{\text{máx.}} = \frac{a^3}{R(a)^2} \Rightarrow X_{\text{máx.}} = \frac{a}{R}$$

Questão 4

Considerando um buraco negro como um sistema termodinâmico, sua energia interna U varia com a sua massa M de acordo com a famosa relação de Einstein: $\Delta U = \Delta M c^2$. Stephen Hawking propôs que a entropia S de um buraco negro depende apenas de sua massa e de algumas constantes fundamentais da natureza. Desta forma, sabe-se que uma variação de massa acarreta uma variação de entropia dada por: $\Delta S / \Delta M = 8\pi G M k_B / \hbar c$. Supondo que não haja realização de trabalho com a variação de massa, assinale a alternativa que melhor representa a temperatura absoluta T do buraco negro.

a) $T = \hbar c^3 / G M k_B$.

b) $T = 8\pi M c^2 / k_B$.

c) $T = M c^2 / 8\pi k_B$.

d) $T = \hbar c^3 / 8\pi G M k_B$.

e) $T = 8\pi \hbar c^3 / G M k_B$.

alternativa D

Para um processo reversível, utilizando a expressão da variação da entropia (ΔS) e o 1º Princípio da Termodinâmica, temos:

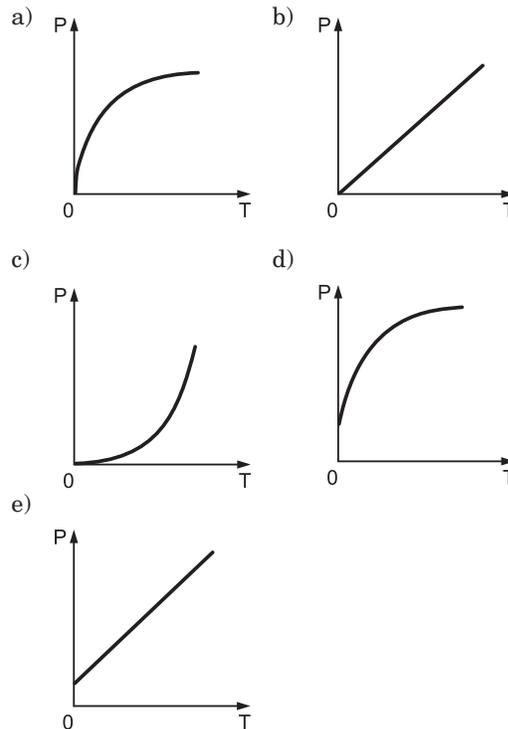
$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{\Delta U}{T} \Rightarrow \Delta S = \frac{\Delta M c^2}{T}$$

Sendo $\frac{\Delta S}{\Delta M} = \frac{8\pi G M k_B}{\hbar c}$, temos:

$$\frac{\Delta M c^2}{\Delta M T} = \frac{8\pi G M k_B}{\hbar c} \Rightarrow T = \frac{\hbar c^3}{8\pi G M k_B}$$

Questão 5

Qual dos gráficos abaixo melhor representa a taxa P de calor emitido por um corpo aquecido, em função de sua temperatura absoluta T ?

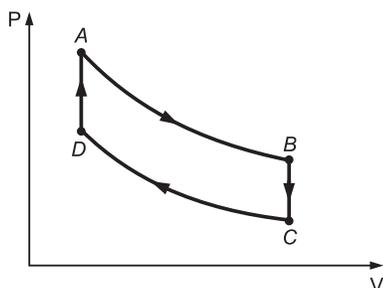


alternativa C

Sendo o poder emissivo de um corpo proporcional à quarta potência da sua temperatura absoluta, o gráfico que melhor representa a taxa P de calor emitido por um corpo aquecido em função de sua temperatura absoluta é o que consta na alternativa C.

Questão 6

Uma certa massa de gás ideal realiza o ciclo $ABCD$ de transformações, como mostrado no diagrama pressão-volume da figura. As curvas AB e CD são isotermas. Pode-se afirmar que



- o ciclo $ABCD$ corresponde a um ciclo de Carnot.
- o gás converte trabalho em calor ao realizar o ciclo.
- nas transformações AB e CD o gás recebe calor.
- nas transformações AB e BC a variação da energia interna do gás é negativa.
- na transformação DA o gás recebe calor, cujo valor é igual à variação da energia interna.

alternativa E

Na transformação DA temos variação de volume nula e conseqüentemente trabalho $\tau = 0$, com variação de temperatura positiva e portanto variação da energia interna (ΔU) positiva.

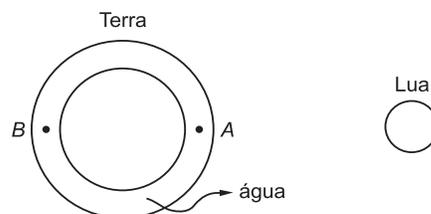
Utilizando o 1º Princípio da Termodinâmica ($Q = \tau + \Delta U$), temos $Q = \Delta U > 0$, ou seja, o gás recebe calor.

Assim, na transformação DA o gás recebe calor, cujo valor é igual à variação da energia interna.

Questão 7

Sabe-se que a atração gravitacional da lua sobre a camada de água é a principal responsável pelo aparecimento de marés oceânicas na Terra. A figura mostra a Terra, supostamente esférica, homogeneamente recoberta por uma camada de água. Nessas condições, considere as seguintes afirmativas:

- As massas de água próximas das regiões A e B experimentam marés altas simultaneamente.
- As massas de água próximas das regiões A e B experimentam marés opostas, isto é, quando A tem maré alta, B tem maré baixa e vice-versa.
- Durante o intervalo de tempo de um dia ocorrem duas marés altas e duas marés baixas.

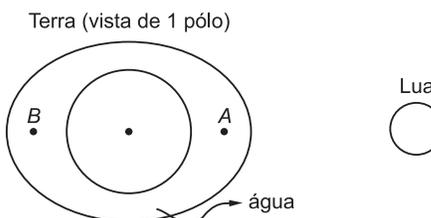


Então, está(ão) **correta(s)**, apenas

- a afirmativa I.
- a afirmativa II.
- a afirmativa III.
- as afirmativas I e II.
- as afirmativas I e III.

alternativa E

Considerando somente a influência da Lua, que é praticamente 2,5 vezes a do Sol, e a inércia da massa de água, temos a seguinte distribuição de marés:

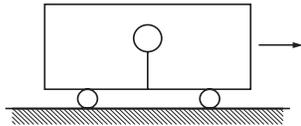


Assim, as massas de água próximas das regiões A e B experimentam marés altas simultaneamente e durante o intervalo de tempo de um dia (uma rotação completa) ocorrem duas marés altas e duas marés baixas.

Obs.: é importante lembrar que somente nas marés de sizígia (lua cheia e lua nova) temos duas marés altas e duas marés baixas bem definidas. Nas marés de quadratura (lua crescente e lua minguante) ocorrem praticamente quatro marés altas e quatro marés baixas, com pouca variação, diariamente. Isso ocorre devido à influência solar.

Questão 8

Um balão contendo gás hélio é fixado, por meio de um fio leve, ao piso de um vagão completamente fechado. O fio permanece na vertical enquanto o vagão se movimenta com velocidade constante, como mostra a figura. Se o vagão é acelerado para frente, pode-se afirmar que, em relação a ele, o balão



- se movimenta para trás e a tração no fio aumenta.
- se movimenta para trás e a tração no fio não muda.
- se movimenta para frente e a tração no fio aumenta.
- se movimenta para frente e a tração no fio não muda.
- permanece na posição vertical.

alternativa C

Enquanto o vagão se move com velocidade constante, temos a figura a seguir:



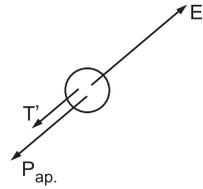
Do equilíbrio, vem:

$$E = T + P \Rightarrow \mu_{ar} \cdot V \cdot g = T + mg \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = (\mu_{ar}V - m)g \quad (I)$$

Quando o vagão possui uma aceleração (a) para frente, surge um gradiente de pressão que desloca o balão no mesmo sentido. Tomando o vagão como referencial (acelerado), temos o surgimento de um campo gravitacional aparente ($g_{ap.}$) cujo módulo é dado por $g_{ap.} = \sqrt{g^2 + a^2}$.

Nessa situação, as forças em relação ao referencial do vagão (acelerado) são dadas por:



No referencial acelerado, há o equilíbrio de forças, como segue:

$$E' = T' + P_{ap.} \Rightarrow \mu_{ar} \cdot V \cdot g_{ap.} = T' + M \cdot g_{ap.} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T' = (\mu_{ar}V - m)\sqrt{g^2 + a^2} \quad (II)$$

Comparando as equações I e II, temos que $T' > T$. Assim, o balão se movimenta para frente e a tração no fio aumenta.

Questão 9

Durante uma tempestade, Maria fecha as janelas do seu apartamento e ouve o zumbido do vento lá fora. Subitamente o vidro de uma janela se quebra. Considerando que o vento tenha soprado tangencialmente à janela, o acidente pode ser melhor explicado pelo(a)

- princípio de conservação da massa.
- equação de Bernoulli.
- princípio de Arquimedes.
- princípio de Pascal.
- princípio de Stevin.

alternativa B

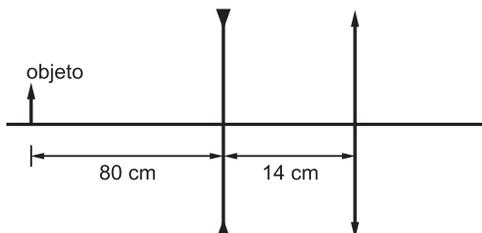
O vento soprando tangencialmente à janela representa um aumento de velocidade do ar sobre a superfície externa do vidro. De acordo com a Equação de Bernoulli, haverá uma diminuição da pressão na superfície externa do vidro.

Esse diferencial de pressão entre as superfícies externa e interna do vidro pode causar seu rompimento.

Questão 10

A figura mostra um sistema óptico constituído de uma lente divergente, com distância focal $f_1 = -20$ cm, distante 14 cm de uma lente convergente com distância focal $f_2 = 20$ cm.

Se um objeto linear é posicionado a 80 cm à esquerda da lente divergente, pode-se afirmar que a imagem definitiva formada pelo sistema



- é real e o fator de ampliação linear do sistema é $-0,4$.
- é virtual, menor e direita em relação ao objeto.
- é real, maior e invertida em relação ao objeto.
- é real e o fator de ampliação linear do sistema é $-0,2$.
- é virtual, maior e invertida em relação ao objeto.

alternativa A

Pela Equação dos Pontos Conjugados, temos:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

- Para a lente divergente:

$$-\frac{1}{20} = \frac{1}{80} + \frac{1}{p_1'} \Rightarrow p_1' = -16 \text{ cm}$$

- Para a lente convergente, e sendo $p_2 = |-16| + 14 = 30 \text{ cm}$, temos:

$$\frac{1}{20} = \frac{1}{30} + \frac{1}{p_2'} \Rightarrow p_2' = 60 \text{ cm}$$

Sendo $p_2' > 0$, a imagem definitiva formada pelo sistema é real.

A ampliação do sistema (A) é dada por:

$$A = A_1 \cdot A_2 = \left(-\frac{p_1'}{p_1}\right) \cdot \left(-\frac{p_2'}{p_2}\right) =$$

$$= A = \left(-\frac{-16}{80}\right) \left(-\frac{60}{30}\right) \Rightarrow \boxed{A = -0,4}$$

Questão 11

Num oftalmologista, constata-se que um certo paciente tem uma distância máxima e uma distância mínima de visão distinta de 5,0 m e 8,0 cm, respectivamente. Sua visão

deve ser corrigida pelo uso de uma lente que lhe permita ver com clareza objetos no “infinito”. Qual das afirmações é verdadeira?

- O paciente é míope e deve usar lentes divergentes cuja vergência é 0,2 dioptrias.
- O paciente é míope e deve usar lentes convergentes cuja vergência é 0,2 dioptrias.
- O paciente é hipermetrópe e deve usar lentes convergentes cuja vergência é 0,2 dioptrias.
- O paciente é hipermetrópe e deve usar lentes divergentes cuja vergência é $-0,2$ dioptrias.
- A lente corretora de defeito visual desloca a distância mínima de visão distinta para 8,1 cm.

alternativa E

Para o paciente ver com clareza objetos no infinito, a lente deve ser divergente e apresentar a seguinte vergência (V):

$$V = -\frac{1}{p_{pr}} \Rightarrow V = -\frac{1}{5,0} \Rightarrow V = -0,2 \text{ di}$$

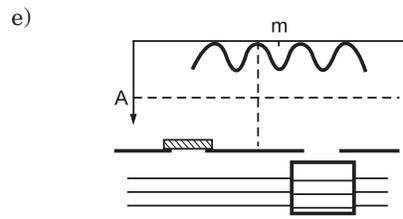
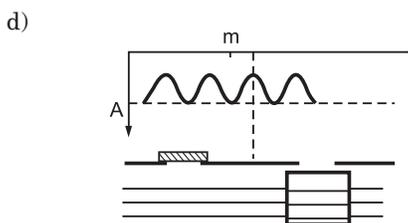
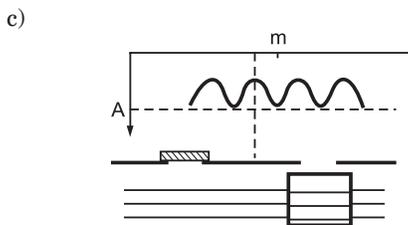
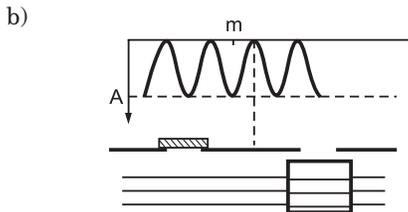
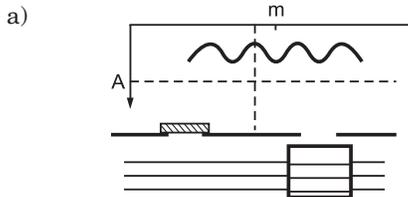
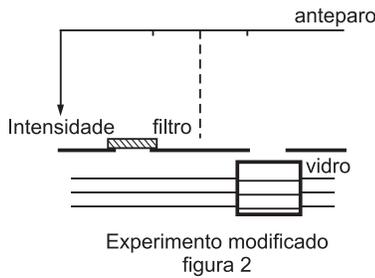
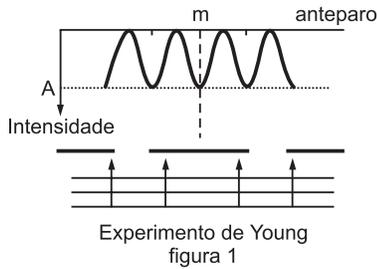
A posição do ponto próximo (p_{pp}), que é a distância mínima de visão distinta, é dada pela equação de Gauss, como segue:

$$V = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow -0,2 = \frac{1}{p_{pp}} + \frac{1}{(-0,08)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{p_{pp} = 8,1 \text{ cm}}$$

Questão 12

A figura 1 mostra o Experimento típico de Young, de duas fendas, com luz monocromática, em que **m** indica a posição do máximo central. A seguir, esse experimento é modificado, inserindo uma pequena peça de vidro de faces paralelas em frente à fenda do lado direito, e inserindo um filtro sobre a fenda do lado esquerdo, como mostra a figura 2. Suponha que o único efeito da peça de vidro é alterar a fase da onda emitida pela fenda, e o único efeito do filtro é reduzir a intensidade da luz emitida pela respectiva fenda. Após essas modificações, a nova figura da variação da intensidade luminosa em função da posição das franjas de interferência é melhor representada por

**alternativa A**

Devido ao filtro, a intensidade de luz será reduzida, gerando uma diminuição na amplitude de interferência construtiva e a não-possibilidade nem de interferência completamente destrutiva (amplitude nula), nem de interferência construtiva com amplitude A . A peça de vidro é responsável por alterar a fase da onda provocando o deslocamento de m . Portanto, nessas condições, a única figura que pode demonstrar o experimento modificado é a mostrada na alternativa A.

Questão 13

Quando em repouso, uma corneta elétrica emite um som de frequência 512 Hz. Numa experiência acústica, um estudante deixa cair a corneta do alto de um edifício. Qual a distância percorrida pela corneta, durante a queda, até o instante em que o estudante detecta o som na frequência de 485 Hz? (Despreze a resistência do ar).

- a) 13,2 m b) 15,2 m c) 16,1 m
d) 18,3 m e) 19,3 m

alternativa E

Da equação do efeito Doppler e orientando a trajetória do observador para a fonte, temos:

$$\frac{f_o}{f_F} = \frac{v + v_o}{v + v_F} \Rightarrow \frac{485}{512} = \frac{340 + 0}{340 + v_F} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_F = 18,9 \text{ m/s}$$

No instante em que a fonte atinge essa velocidade, ela já percorreu uma distância (S_0), dada pela equação de Torricelli, como segue:

$$v_F^2 = v_0^2 + 2gS_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 18,9^2 = 2 \cdot 9,8 \cdot S_0 \Rightarrow S_0 = 18,3 \text{ m}$$

O som emitido pela corneta leva um certo tempo (t) para chegar ao observador, dado por:

$$v = \frac{S_0}{t} \Rightarrow 340 = \frac{18,3}{t} \Rightarrow t = 0,0538 \text{ s}$$

Nesse intervalo de tempo, a corneta continua caindo. Assim, a distância final (S) até o observador é dada por:

$$S = S_0 + v_F \cdot t + g \frac{t^2}{2} =$$

$$= 18,3 + 18,9 \cdot 0,0538 + \frac{9,8 \cdot 0,0538^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{S = 19,3 \text{ m}}$$

Questão 14

Considere as afirmativas:

- I. Os fenômenos de interferência, difração e polarização ocorrem com todos os tipos de onda.
- II. Os fenômenos de interferência e difração ocorrem apenas com ondas transversais.
- III. As ondas eletromagnéticas apresentam o fenômeno de polarização, pois são ondas longitudinais.
- IV. Um polarizador transmite os componentes da luz incidente não polarizada, cujo vetor campo elétrico \vec{E} é perpendicular à direção de transmissão do polarizador.

Então, está(ão) **correta(s)**

- a) nenhuma das afirmativas.
- b) apenas a afirmativa I.
- c) apenas a afirmativa II.
- d) apenas as afirmativas I e II.
- e) apenas as afirmativas I e IV.

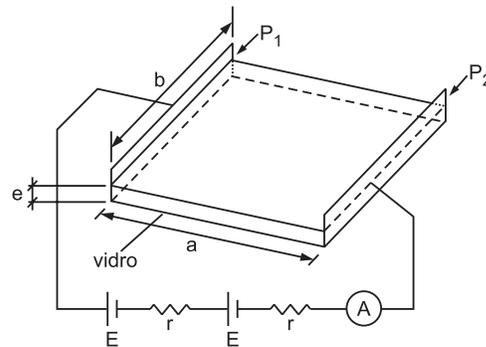
alternativa A

- I. Falso, a polarização ocorre somente em ondas transversais.
- II. Falso, interferência e difração ocorrem também em ondas longitudinais, como as sonoras, por exemplo.
- III. Falso, as ondas eletromagnéticas apresentam o fenômeno de polarização, pois são ondas transversais.
- IV. Falso, o polarizador transmite apenas os componentes da luz cujos vetores do campo elétrico vibram paralelamente à direção de transmissão do polarizador.

Questão 15

No Laboratório de Plasmas Frios do ITA é possível obter filmes metálicos finos, vaporizando o metal e depositando-o por condensação sobre uma placa de vidro. Com o auxílio

do dispositivo mostrado na figura, é possível medir a espessura e de cada filme. Na figura, os dois geradores são idênticos, de f.e.m. $E = 1,0\text{V}$ e resistência $r = 1,0\Omega$, estando ligados a dois eletrodos retangulares e paralelos, P_1 e P_2 , de largura $b = 1,0\text{cm}$ e separados por uma distância $a = 3,0\text{cm}$. Um amperímetro ideal A é inserido no circuito, como indicado. Supondo que após certo tempo de deposição é formada sobre o vidro uma camada uniforme de alumínio entre os eletrodos, e que o amperímetro acusa uma corrente $i = 0,10\text{A}$, qual deve ser a espessura e do filme? (resistividade do alumínio $\rho = 2,6 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$).



- a) $4,1 \times 10^{-9} \text{ cm}$
- b) $4,1 \times 10^{-9} \text{ m}$
- c) $4,3 \times 10^{-9} \text{ m}$
- d) $9,7 \times 10^{-9} \text{ m}$
- e) n.d.a.

alternativa C

Sendo R a resistência elétrica do filme, da Lei de Ohm-Pouillet temos:

$$i = \frac{2E}{2r + R} \Rightarrow 0,10 = \frac{2 \cdot 1,0}{2 \cdot 1,0 + R} \Rightarrow R = 18 \Omega$$

Assim, a espessura (e) é dada por:

$$R = \rho \frac{a}{A} \Rightarrow R = \frac{\rho \cdot a}{b \cdot e} \Rightarrow$$

$$A = b \cdot e$$

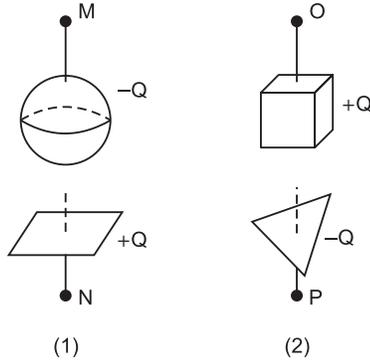
$$\Rightarrow e = \frac{\rho \cdot a}{b \cdot R} = \frac{2,6 \cdot 10^{-8} \cdot 3,0 \cdot 10^{-2}}{1,0 \cdot 10^{-2} \cdot 18} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{e = 4,3 \cdot 10^{-9} \text{ m}}$$

Questão 16

A figura mostra dois capacitores, 1 e 2, inicialmente isolados um do outro, carregados com uma mesma carga Q . A diferença de po-

tencial (ddp) do capacitor **2** é a metade da ddp do capacitor **1**. Em seguida, as placas negativas dos capacitores são ligadas à Terra e, as positivas, ligadas uma a outra por um fio metálico, longo e fino. Pode-se afirmar que



- antes das ligações, a capacitância do capacitor **1** é maior do que a do capacitor **2**.
- após as ligações, as capacitâncias dos dois capacitores aumentam.
- após as ligações, o potencial final em **N** é maior do que o potencial em **O**.
- a ddp do arranjo final entre **O** e **P** é igual a $\frac{2}{3}$ da ddp inicial do capacitor **1**.
- a capacitância equivalente do arranjo final é igual a duas vezes à capacitância do capacitor **1**.

alternativa D

Sendo que os dois capacitores têm a mesma carga e que a ddp do capacitor **2** é metade da ddp do capacitor **1**, da definição de capacitância, temos:

$$\begin{cases} Q = C_1 \cdot U \\ Q = C_2 \cdot \frac{U}{2} \Rightarrow C_1 \cdot U = C_2 \cdot \frac{U}{2} \Rightarrow C_2 = 2C_1 \end{cases}$$

Em seguida os dois capacitores são ligados em paralelo e o valor da capacitância equivalente ($C_{eq.}$) vem de:

$$C_{eq.} = C_1 + C_2 = C_1 + 2 \cdot C_1 \Rightarrow C_{eq.} = 3C_1$$

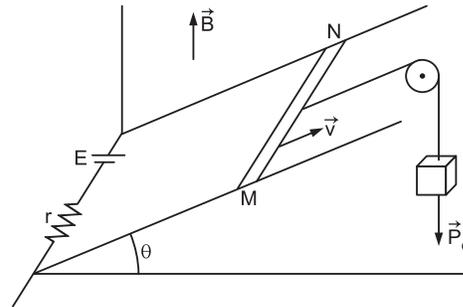
Do Princípio da Conservação da Carga Elétrica, temos que a carga do conjunto é $2Q$ e o valor da ddp do mesmo ($U_{eq.}$) é dada por:

$$\begin{aligned} 2Q &= C_{eq.} \cdot U_{eq.} \Rightarrow 2Q = 3C_1 \cdot U_{eq.} \Rightarrow \\ \Rightarrow U_{eq.} &= \frac{2}{3} \cdot \frac{Q}{C_1} \Rightarrow U_{eq.} = \frac{2}{3} U \end{aligned}$$

Podemos afirmar então que a ddp do arranjo final é igual a $\frac{2}{3}$ da ddp inicial do capacitor **1**.

Questão 17

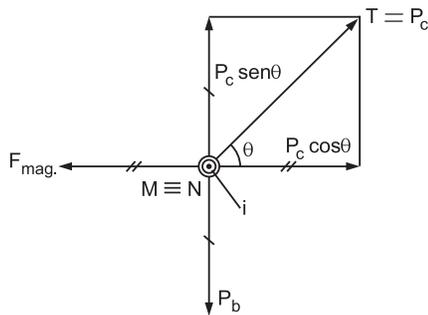
Na figura, uma barra condutora **MN** (de comprimento ℓ , resistência desprezível e peso \vec{P}_b) puxada por um peso \vec{P}_c , desloca-se com velocidade constante \vec{v} , apoiada em dois trilhos condutores retos, paralelos e de resistência desprezível, que formam um ângulo θ com o plano horizontal. Nas extremidades dos trilhos está ligado um gerador de força eletromotriz **E** com resistência **r**. Desprezando possíveis atritos, e considerando que o sistema está imerso em um campo de indução magnética constante, vertical e uniforme \vec{B} , pode-se afirmar que



- o módulo da força eletromotriz induzida é $\varepsilon = B\ell v \sin\theta$.
- a intensidade **i** da corrente no circuito é dada por $P_c \sin\theta / (B\ell)$.
- nas condições dadas, o condutor descola dos trilhos quando $i \geq P_b / (B\ell \tan\theta)$.
- a força eletromotriz do gerador é dada por $E = rP_c \sin\theta / (B\ell) - B\ell v \cos\theta$.
- o sentido da corrente na barra é de **M** para **N**.

alternativa C

Na iminência de perda de contato entre a barra e os trilhos, a força de reação normal entre eles é nula. Então, as forças atuantes sobre a barra são as indicadas na figura a seguir:



Do cálculo da força magnética ($F_{mag.}$) e do equilíbrio das forças, temos:

$$\begin{aligned} F_{mag.} &= P_c \cos \theta \\ P_b &= P_c \sin \theta \quad \Rightarrow \\ F_{mag.} &= Bil \sin 90^\circ \end{aligned}$$

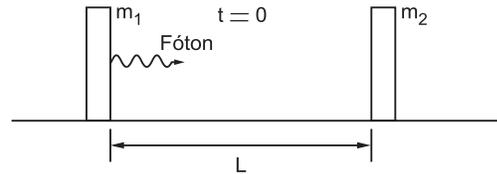
$$\Rightarrow Bil = \frac{P_b \cdot \cos \theta}{\sin \theta} \Rightarrow i = \frac{P_b}{Bl \operatorname{tg} \theta}$$

Pode-se afirmar então que o condutor "descola" dos trilhos quando:

$$i \geq \frac{P_b}{Bl \operatorname{tg} \theta}$$

Questão 18

Experimentos de absorção de radiação mostram que a relação entre a energia E e a quantidade de movimento p de um fóton é $E = pc$. Considere um sistema isolado formado por dois blocos de massas m_1 e m_2 , respectivamente, colocados no vácuo, e separados entre si de uma distância L . No instante $t = 0$, o bloco de massa m_1 emite um fóton que é posteriormente absorvido inteiramente por m_2 , não havendo qualquer outro tipo de interação entre os blocos. (Ver figura). Suponha que m_1 se torne m_1' em razão da emissão do fóton e, analogamente, m_2 se torne m_2' devido à absorção desse fóton. Lembrando que esta questão também pode ser resolvida com recursos da Mecânica Clássica, assinale a opção que apresenta a relação correta entre a energia do fóton e as massas dos blocos.



- a) $E = (m_2 - m_1)c^2$. b) $E = (m_1' - m_2')c^2$.
 c) $E = (m_2' - m_2)c^2/2$. d) $E = (m_2' - m_2)c^2$.
 e) $E = (m_1 + m_1')c^2$.

alternativa D

A energia do fóton é equivalente à variação de massa (m) das placas. Assim, para a placa 2, temos:

$$\begin{aligned} E &= p \cdot c \\ p &= m \cdot c \quad \Rightarrow E = (m \cdot c) \cdot c \Rightarrow \\ m &= m_2' - m_2 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow E = (m_2' - m_2) \cdot c^2$$

Questão 19

Considere as seguintes afirmações:

- I. No efeito fotoelétrico, quando um metal é iluminado por um feixe de luz monocromática, a quantidade de elétrons emitidos pelo metal é diretamente proporcional à intensidade do feixe incidente, independentemente da frequência da luz.
 II. As órbitas permitidas ao elétron em um átomo são aquelas em que o momento angular orbital é $nh/2\pi$, sendo $n = 1, 3, 5, \dots$.
 III. Os aspectos corpuscular e ondulatório são necessários para a descrição completa de um sistema quântico.
 IV. A natureza complementar do mundo quântico é expressa, no formalismo da Mecânica Quântica, pelo princípio de incerteza de Heisenberg.

Quais estão corretas?

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

alternativa E

I. Incorreta. O efeito fotoelétrico só ocorre a partir de uma determinada frequência (limiar fotoelétrico). A partir do momento em que o fenômeno começa a acontecer, a quantidade de elétrons emitidos

dos pelo metal é proporcional à intensidade da luz incidente. Para outras frequências abaixo do limiar, o efeito inexistente, qualquer que seja a intensidade da luz incidente.

II. Incorreta. De acordo com o modelo de Bohr, as órbitas permitidas ao elétron em um átomo são aquelas em que o momento angular é $\frac{nh}{2\pi}$, sendo

do $n = 1, 2, 3, \dots$

III. Correta. A teoria quântica especifica quais as leis do movimento que as partículas de qualquer sistema microscópico obedecem. Para isso, cada sistema tem especificada a equação que controla o comportamento da função de onda, e também a relação entre esse comportamento e o comportamento da partícula. A teoria é uma extensão do postulado de De Broglie (dualidade onda-partícula).

IV. Correta. O princípio da incerteza nos permite compreender como é possível que a radiação e a matéria tenham uma natureza dual (onda-partícula). Se tentarmos determinar experimentalmente se radiação é onda ou partícula, por exemplo, veremos que uma experiência que force a radiação a revelar seu caráter ondulatório, suprime fortemente seu caráter corpuscular, e vice-versa. Esta é a essência do princípio da complementaridade de Bohr: as idéias de onda e partícula se complementam em vez de se contradizem.

Questão 20

Utilizando o modelo de Bohr para o átomo, calcule o número aproximado de revoluções efetuadas por um elétron no primeiro estado excitado do átomo de hidrogênio, se o tempo de vida do elétron, nesse estado excitado, é de 10^{-8} s. São dados: o raio da órbita do estado fundamental é de $5,3 \times 10^{-11}$ m e a velocidade do elétron nesta órbita é de $2,2 \times 10^6$ m/s.

- a) 1×10^6 revoluções. b) 4×10^7 revoluções.
c) 5×10^7 revoluções. d) 8×10^6 revoluções.
e) 9×10^6 revoluções.

alternativa D

Sendo $r_1 = 5,3 \cdot 10^{-11}$ m o raio da órbita do estado fundamental (Raio de Bohr) e sabendo que, de acordo com o modelo de Bohr, os elétrons podem ocupar apenas órbitas permitidas (estados estacionários) cujos raios são $r_n = n^2 \cdot r_1$, para um elétron no primeiro estado excitado ($n = 2$) do átomo de hidrogênio, temos que $r_2 = 2^2 \cdot 5,3 \cdot 10^{-11} = 2,1 \cdot 10^{-10}$ m.

Por outro lado, ainda de acordo com o modelo de Bohr, em vez da infinidade de órbitas que seriam possíveis segundo a Mecânica clássica, um elétron só pode se mover em órbita na qual seu momento angular orbital ($L = mvr$) é um múltiplo inteiro de $\frac{h}{2\pi}$, ou seja, L deve ser uma constante, pois a força que atua sobre o elétron é central. Assim temos:

$$mv_n r_n = n \frac{h}{2\pi}$$

Dessa forma obtemos:

$$\frac{v_n r_n}{n} = \frac{h}{2\pi m}$$

Supondo a massa M do núcleo infinitamente grande comparada à massa m do elétron de forma que o núcleo permaneça fixo no espaço, temos que $\frac{h}{2\pi m}$ é uma constante de forma que:

$$\frac{v_1 r_1}{1} = \frac{v_2 r_2}{2} \Rightarrow v_2 = \frac{2v_1 r_1}{r_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_2 = \frac{2 \cdot 2,2 \cdot 10^6 \cdot 5,3 \cdot 10^{-11}}{2,1 \cdot 10^{-10}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_2 = 1,1 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

Sendo v_2 a velocidade do elétron no primeiro estado excitado, temos:

$$v_2 = \frac{2\pi r_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{2\pi \cdot 2,1 \cdot 10^{-10}}{1,1 \cdot 10^6} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_2 = 1,2 \cdot 10^{-15} \text{ s}$$

Assim, o número aproximado de revoluções efetuadas por um elétron no primeiro estado excitado do átomo de hidrogênio se o tempo de vida do elétron nesse estado excitado é $t = 10^{-8}$ s é

$$N = \frac{t}{T} = \frac{10^{-8}}{1,2 \cdot 10^{-15}} \Rightarrow$$

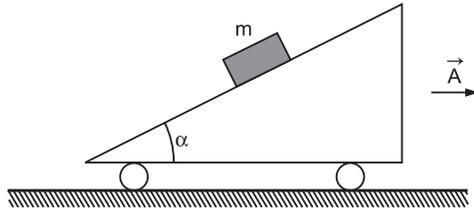
$$\Rightarrow N = 8 \cdot 10^6 \text{ revoluções}$$

As questões dissertativas, numeradas de 21 a 30, devem ser respondidas no caderno de soluções.

Questão 21

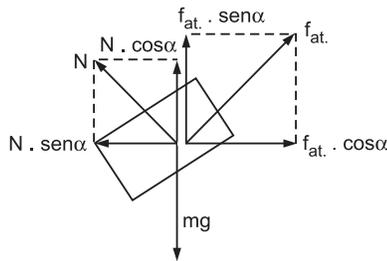
Na figura, o carrinho com rampa movimentar-se com uma aceleração constante \vec{A} . Sobre a rampa repousa um bloco de massa m . Se

μ é o coeficiente de atrito estático entre o bloco e a rampa, determine o intervalo para o módulo de \vec{A} , no qual o bloco permanecerá em repouso sobre a rampa.



Resposta

As forças que atuam sobre o bloco são dadas por:



Enquanto o bloco estiver em repouso em relação à rampa, temos:

Na horizontal: $f_{at} \cdot \cos\alpha - N \cdot \sin\alpha = mA$ (I)

Na vertical: $f_{at} \cdot \sin\alpha + N \cdot \cos\alpha = mg$ (II)

Na situação limite ($A_{m\acute{a}x.}$), temos que

$f_{at} = f_{at.e}^{m\acute{a}x.} = \mu \cdot N$.

Dividindo-se I por II, vem:

$$\frac{\mu N \cos\alpha - N \sin\alpha}{\mu N \sin\alpha + N \cos\alpha} = \frac{A_{m\acute{a}x.}}{g} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_{m\acute{a}x.} = g \left(\frac{\mu \cos\alpha - \sin\alpha}{\mu \sin\alpha + \cos\alpha} \right)$$

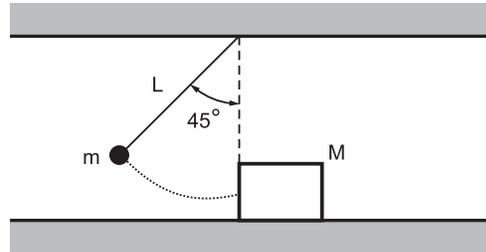
Assim, o intervalo para o módulo de \vec{A} , no qual o bloco permanecerá em repouso sobre a rampa, sendo $\mu \geq \tan\alpha$, é dado por:

$$0 \leq A \leq g \left(\frac{\mu \cos\alpha - \sin\alpha}{\mu \sin\alpha + \cos\alpha} \right)$$

Questão 22

Quando solto na posição angular de 45° (mostrada na figura), um pêndulo simples de massa m e comprimento L colide com um bloco

de massa M . Após a colisão, o bloco desliza sobre uma superfície rugosa, cujo coeficiente de atrito dinâmico é igual a 0,3. Considere que após a colisão, ao retornar, o pêndulo alcança uma posição angular máxima de 30° . Determine a distância percorrida pelo bloco em função de m , M e L .



Resposta

Sendo $H = L(1 - \cos 45^\circ)$ e $h = L(1 - \cos 30^\circ)$ as alturas das quais o pêndulo cai e sobe, respectivamente, na situação descrita, do Princípio da Conservação da Energia, as velocidades do pêndulo imediatamente antes e após o choque são dadas respectivamente por $v = \sqrt{2gH} = \sqrt{gL(2 - \sqrt{2})}$

e $v' = \sqrt{2gh} = \sqrt{gL(2 - \sqrt{3})}$.

Orientando positivamente o sentido dado pela velocidade v , do Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento, vem:

$\vec{Q}_i = \vec{Q}_F \Rightarrow mv = MV' - mv' \Rightarrow$

$\Rightarrow V' = \frac{m}{M} (v + v') \Rightarrow$

$\Rightarrow V' = \frac{m}{M} (\sqrt{gL(2 - \sqrt{2})} + \sqrt{gL(2 - \sqrt{3})})$ (I)

Sendo d o deslocamento do bloco após a colisão, aplicando o Teorema da Energia Cinética para o movimento do bloco, temos:

$\vec{R}\tau = \Delta E_c \Rightarrow \vec{f}_{at}\tau = E_c^{F^0} - E_c^i \Rightarrow$

$\Rightarrow -fat \cdot d = -\frac{MV'^2}{2} \Rightarrow \mu Mgd = \frac{MV'^2}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow d = \frac{V'^2}{2\mu g}$ (II)

Das equações I e II, obtemos:

$d = \frac{m^2}{2\mu M^2 g} (\sqrt{gL(2 - \sqrt{2})} + \sqrt{gL(2 - \sqrt{3})})^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow d = \frac{m^2 L}{2 \cdot 0,3 \cdot M^2} (\sqrt{2 - \sqrt{2}} + \sqrt{2 - \sqrt{3}})^2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow d = \frac{5}{3} \frac{m^2 L}{M^2} (\sqrt{2 - \sqrt{2}} + \sqrt{2 - \sqrt{3}})^2$$

Questão 23

Calcule a variação de entropia quando, num processo à pressão constante de 1,0 atm, se transforma integralmente em vapor 3,0 kg de água que se encontra inicialmente no estado líquido, à temperatura de 100°C.

Dado: calor de vaporização da água:

$$L_v = 5,4 \times 10^5 \text{ cal/kg.}$$

Resposta

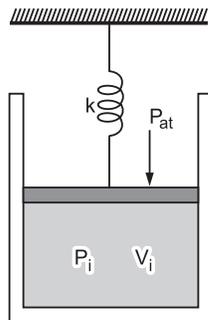
Sendo o processo reversível, a variação de entropia (ΔS) é dada por:

$$\Delta S = \frac{Q}{T} \Rightarrow \Delta S = \frac{m \cdot L_v}{T}$$

$$\Rightarrow \Delta S = \frac{3,0 \cdot 5,4 \cdot 10^5}{(100 + 273)} \Rightarrow \Delta S = 4,3 \cdot 10^3 \text{ cal/K}$$

Questão 24

A figura mostra um recipiente, com êmbolo, contendo um volume inicial V_i de gás ideal, inicialmente sob uma pressão P_i igual à pressão atmosférica, P_{at} . Uma mola não deformada é fixada no êmbolo e num anteparo fixo. Em seguida, de algum modo é fornecida ao gás uma certa quantidade de calor Q . Sabendo que a energia interna do gás é $U = (3/2)PV$, a constante da mola é k e a área da seção transversal do recipiente é A , determine a variação do comprimento da mola em função dos parâmetros intervenientes. Despreze os atritos e considere o êmbolo sem massa, bem como sendo adiabáticas as paredes que confinam o gás.

**Resposta**

O trabalho (τ) realizado pelo gás é dado por:

$$\begin{aligned} \tau &= \vec{F}_{el.} \cdot \vec{\tau} + \vec{F}_{at.} \cdot \vec{\tau} = \frac{kx^2}{2} + p_{at.} \Delta V = \\ &= \frac{kx^2}{2} + p_{at.} Ax \end{aligned}$$

A variação da energia interna (ΔU) do gás é dada por:

$$\begin{aligned} \Delta U &= U_f - U_i = \frac{3}{2} (p_f V_f - p_i V_i) \Rightarrow \\ \Rightarrow \Delta U &= \frac{3}{2} \left[\left(p_{at.} + \frac{kx}{A} \right) \cdot (V_i + Ax) - p_{at.} V_i \right] \Rightarrow \\ \Rightarrow \Delta U &= \frac{3}{2} \left[p_{at.} V_i + p_{at.} Ax + \frac{kx}{A} V_i + \right. \\ &\left. + \frac{kx}{A} Ax \right] - p_{at.} V_i \Rightarrow \\ \Rightarrow \Delta U &= \frac{3}{2} \left(p_{at.} Ax + \frac{kx}{A} V_i + kx^2 \right) \Rightarrow \\ \Rightarrow \Delta U &= \frac{3}{2} kx^2 + \frac{3}{2} p_{at.} Ax + \frac{3}{2} \frac{kV_i}{A} x \end{aligned}$$

Utilizando o 1º Princípio da Termodinâmica, temos:

$$\begin{aligned} Q = \tau + \Delta U &\Rightarrow Q = p_{at.} Ax + \frac{kx^2}{2} + \frac{3}{2} kx^2 + \\ &+ \frac{3}{2} p_{at.} Ax + \frac{3}{2} \frac{kV_i x}{A} \Rightarrow \\ \Rightarrow Q &= 2kx^2 + \frac{5}{2} p_{at.} Ax + \frac{3}{2} \frac{kV_i x}{A} \Rightarrow \\ \Rightarrow 2kx^2 &+ \left(\frac{5}{2} p_{at.} A + \frac{3}{2} \frac{kV_i}{A} \right) x - Q = 0 \Rightarrow \\ \Rightarrow 4kx^2 &+ \left(5p_{at.} A + \frac{3kV_i}{A} \right) x - 2Q = 0 \end{aligned}$$

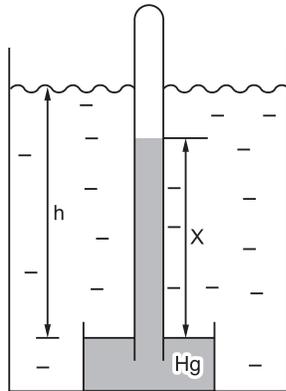
$$x = \frac{-\left(5p_{at.} A + \frac{3kV_i}{A} \right) \pm \sqrt{\left(5p_{at.} A + \frac{3kV_i}{A} \right)^2 + 32kQ}}{2 \cdot 4k}$$

Como $x > 0$, temos:

$$x = \frac{-\left(5p_{at.} A + \frac{3kV_i}{A} \right) + \sqrt{\left(5p_{at.} A + \frac{3kV_i}{A} \right)^2 + 32kQ}}{8k}$$

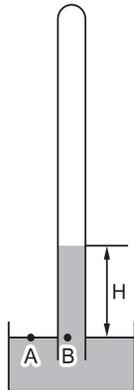
Questão 25

Num barômetro elementar de Torricelli, a coluna de mercúrio possui uma altura H , que se altera para X quando este barômetro é mergulhado num líquido de densidade D , cujo nível se eleva a uma altura h , como mostra a figura. Sendo d a densidade do mercúrio, determine em função de H , D e d a altura do líquido, no caso de esta coincidir com a altura X da coluna de mercúrio.

**Resposta**

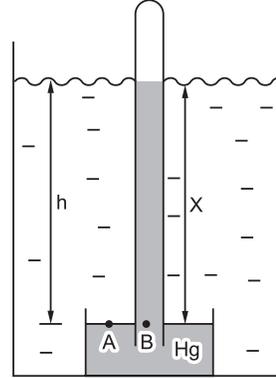
Sendo g a aceleração da gravidade, utilizando a Lei de Stevin, temos:

i) Antes do barômetro ser mergulhado no líquido:



$$p_A = p_B \Rightarrow p_{atm} = dgH \quad (I)$$

ii) Para o barômetro mergulhado no líquido com $X = h$:



$$p_A = p_B \Rightarrow p_{atm} + Dgh = dgh \quad (II)$$

Substituindo I em II, vem:

$$dgH + Dgh = dgh \Rightarrow h(d - D) = dH \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h = \frac{dH}{(d - D)}$$

Questão 26

Uma onda acústica plana de 6,0 kHz, propagando-se no ar a uma velocidade de 340 m/s, atinge uma película plana com um ângulo de incidência de 60° . Suponha que a película separe o ar de uma região que contém o gás CO_2 , no qual a velocidade de propagação do som é de 280 m/s. Calcule o valor aproximado do ângulo de refração e indique o valor da frequência do som no CO_2 .

Resposta

Da 2ª Lei da Refração, temos:

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{\sin 60^\circ}{\sin i_2} = \frac{340}{280} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{0,86}{\sin i_2} = \frac{340}{280} \Rightarrow \sin i_2 = 0,71 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow i_2 = 45^\circ \quad (\text{ângulo de refração})$$

Na refração não ocorre mudança da frequência, portanto a frequência do som no CO_2 é 6 kHz.

Questão 27

Uma flauta doce, de 33 cm de comprimento, à temperatura ambiente de 0°C, emite sua nota mais grave numa frequência de 251 Hz. Verifica-se experimentalmente que a velocidade do som no ar aumenta de 0,60 m/s para cada 1°C de elevação da temperatura. Calcule qual deveria ser o comprimento da flauta a 30°C para que ela emitisse a mesma frequência de 251 Hz.

Resposta

Considerando que o som mais grave possível é obtido com $\lambda = 4L$, a velocidade do som (v) a 0°C é dada por:

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow v = 4 \cdot 0,33 \cdot 251 \Rightarrow v = 331 \text{ m/s.}$$

Para 30°C, a sua velocidade (v') é dada por:

$$v' = v + 30 \cdot 0,60 = 331 + 18 \Rightarrow v' = 349 \text{ m/s.}$$

Supondo a flauta emitindo no modo fundamental a 30°C, seu comprimento (L') é dado por:

$$v' = \lambda' \cdot f \Rightarrow 349 = 4 \cdot L' \cdot 251 \Rightarrow L' = 0,348 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L' = 34,8 \text{ cm}$$

Questão 28

Em sua aventura pela Amazônia, João porta um rádio para comunicar-se. Em caso de necessidade, pretende utilizar células solares de silício, capazes de converter a energia solar em energia elétrica, com eficiência de 10%. Considere que cada célula tenha 10 cm² de área coletora, sendo capaz de gerar uma tensão de 0,70 V, e que o fluxo de energia solar médio incidente é da ordem de $1,0 \times 10^3 \text{ W/m}^2$. Projete um circuito que deverá ser montado com as células solares para obter uma tensão de 2,8 V e corrente mínima de 0,35 A, necessárias para operar o rádio.

Resposta

A corrente elétrica i em uma célula solar é dada por:

$$P = \varepsilon i \Rightarrow \eta \phi A = \varepsilon i$$

$$\Rightarrow 0,1 \cdot 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-4} = 0,7 \cdot i \Rightarrow i = \frac{1}{7} \text{ A}$$

O número n de células solares associadas em paralelo para obtermos uma corrente mínima $I = 0,35 \text{ A}$ é dado por:

$$\frac{I}{i} = \frac{0,35}{\frac{1}{7}} = 2,45 \Rightarrow n = 3 \text{ células.}$$

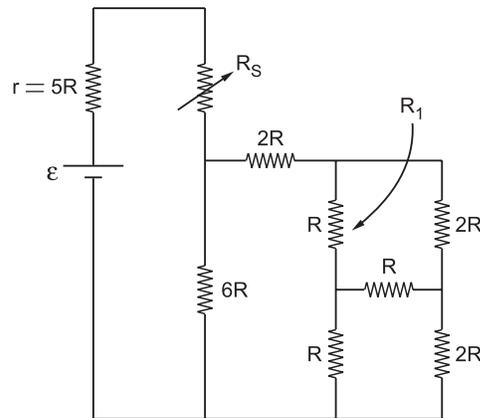
O número N de células solares que devemos associar em série para obtermos uma tensão total $U = 2,8 \text{ V}$ vale:

$$\frac{U}{\varepsilon} = \frac{2,8}{0,7} = 4 \Rightarrow N = 4 \text{ células.}$$

Assim, podemos associar em série 4 conjuntos de 3 células solares associadas em paralelo ou, de modo equivalente, associar em paralelo 3 conjuntos de 4 células solares associadas em série.

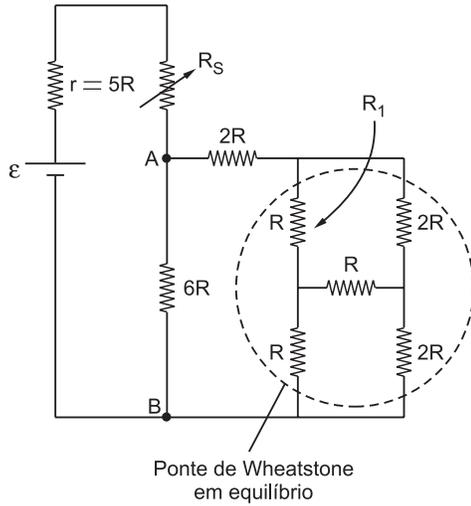
Questão 29

Um gerador de força eletromotriz ε e resistência interna $r = 5R$ está ligado a um circuito conforme mostra a figura. O elemento R_s é um reostato, com resistência ajustada para que o gerador transfira máxima potência. Em um dado momento o resistor R_1 é rompido, devendo a resistência do reostato ser novamente ajustada para que o gerador continue transferindo máxima potência. Determine a variação da resistência do reostato, em termos de R .

**Resposta**

Para que o gerador transfira máxima potência é necessário que a resistência elétrica do circuito ($R_s + R_{AB}$) tenha valor idêntico ao da resistência interna do gerador ($r = 5R$).

O cálculo de R_{AB} antes do rompimento de R_1 vem do circuito a seguir:



A resistência (R_p) da ponte de Wheatstone em equilíbrio é dada por:

$$R_p = \frac{(2R + 2R) \cdot (R + R)}{(2R + 2R) + (R + R)} \Rightarrow R_p = \frac{4R}{3}$$

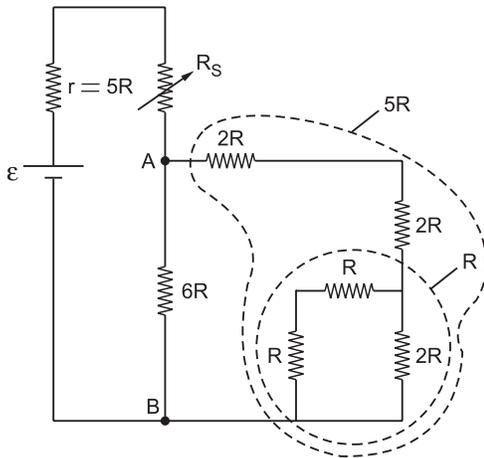
Assim, R_{AB} é dada por:

$$R_{AB} = \frac{\left(2R + \frac{4R}{3}\right) \cdot 6R}{\left(2R + \frac{4R}{3}\right) + 6R} \Rightarrow R_{AB} = \frac{15R}{7}$$

Para a potência máxima transferida pelo gerador, temos:

$$r = 5R = R_S + R_{AB} \Rightarrow 5R = R_S + \frac{15R}{7} \Rightarrow R_S = \frac{20R}{7}$$

Após o rompimento de R_1 temos o seguinte circuito:



Assim, R_{AB}' é dado por:

$$R_{AB}' = \frac{5R \cdot 6R}{5R + 6R} = \frac{30R}{11}$$

Então, o novo valor da resistência do reostato (R_S') é dado por:

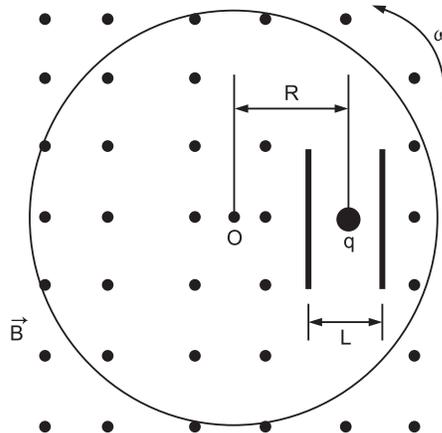
$$r = 5R = R_S' + R_{AB}' \Rightarrow 5R = R_S' + \frac{30R}{11} \Rightarrow R_S' = \frac{25R}{11}$$

Portanto, a variação da resistência do reostato (ΔR_S) pode ser calculada por:

$$\Delta R_S = R_S' - R_S = \frac{25R}{11} - \frac{20R}{7} \Rightarrow \Delta R_S = -0,58R$$

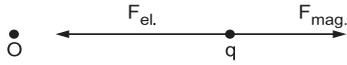
Questão 30

Situado num plano horizontal, um disco gira com velocidade angular ω constante, em torno de um eixo que passa pelo seu centro O . O disco encontra-se imerso numa região do espaço onde existe um campo magnético constante \vec{B} , orientado para cima, paralelamente ao eixo vertical de rotação. A figura mostra um capacitor preso ao disco (com placas metálicas planas, paralelas, separadas entre si de uma distância L) onde, na posição indicada, se encontra uma partícula de massa m e carga $q > 0$, em repouso em relação ao disco, a uma distância R do centro. Determine a diferença de potencial elétrico entre as placas do capacitor, em função dos parâmetros intervenientes.



Resposta

Da regra da mão esquerda e desprezando os atritos, as forças que atuam sobre a carga q , no plano horizontal são mostradas a seguir:



Como a carga realiza um MCU devemos ter uma resultante centrípeta dada por:

$$R_{cp} = F_{el.} - F_{mag.}$$

$$R_{cp} = m\omega^2 R$$

$$F_{mag.} = q \cdot \omega \cdot R \cdot B \Rightarrow$$

$$F_{el.} = q \cdot E$$

$$E = U/L$$

$$m\omega^2 R = q \cdot \frac{U}{L} - q \cdot \omega \cdot R \cdot B \Rightarrow$$

$$\Rightarrow U = \left(\frac{m\omega}{q} + B \right) \cdot \omega \cdot R \cdot L$$