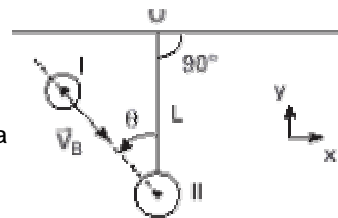


ITA FÍSICA 2003

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 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) a partícula II se movimenta na direção definida pelo vetor V_B .

B) o componente y do momento linear do sistema é conservado.

C) o componente x do momento linear do sistema é conservado.

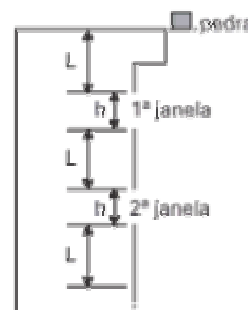
D) a energia cinética do sistema é diferente do seu valor inicial.

E) n.d.a.

Solução: No momento da colisão uma força externa passa a agir sobre a partícula II. Esta força é a tração na corda cuja direção é a do eixo y . Não há componente de força externa no sentido x . Como há força externa no sentido do eixo y , a componente y da quantidade de movimento (momento linear) sofre variação enquanto a componente x permanece constante. Sendo elástica a colisão, a energia cinética é conservada. Resposta: letra (c).

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).



A) $\left[\left(\sqrt{L+h} - \sqrt{L} \right) / \left(\sqrt{2L+2h} - \sqrt{2L+h} \right) \right] t$.

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

B) $\left[\left(\sqrt{2L+2h} - \sqrt{2L+h} \right) / \left(\sqrt{L+h} - \sqrt{L} \right) \right] t$.

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

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

Solução: Seja t_1 o tempo gasto para percorrer a primeira distância L e t_2 para percorrer a primeira distância $L + h$. De $h = (1/2)gt^2$, temos $t_1 = (2L/g)^{1/2}$ e $t_2 = [2.(L + h)/g]^{1/2}$. Para percorrer a primeira janela, o tempo é então $t = t_2 - t_1 = [2.(L + h)/g]^{1/2} - (2L/g)^{1/2}$.

O tempo gasto para atingir o topo da quarta é $t_4 = [2.(4L + 3h)/g]^{1/2}$ e para atingir a base da mesma janela será $t_4' = [2.(4L + 4h)/g]^{1/2}$. Para percorrer o vão da quarta janela, o tempo será:

$$\rightarrow t' = t_4' - t_4 = [2.(4L + 4h)/g]^{1/2} - [2.(4L + 3h)/g]^{1/2}.$$

Calculando t'/t , temos:

$$t'/t = \{ [2.(4L + 4h)/g]^{1/2} - [2.(4L + 3h)/g]^{1/2} \} / \{ [2.(L + h)/g]^{1/2} - [2L/g]^{1/2} \} \rightarrow$$

$$\rightarrow t = \{ [2.(4L + 4h)/g]^{1/2} - [2.(4L + 3h)/g]^{1/2} \} / \{ [2.(L + h)/g]^{1/2} - (2L/g)^{1/2} \} t' =$$

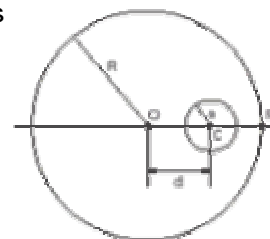
$$= (2/g)^{1/2} \cdot \{ [(4L + 4h)]^{1/2} - [(4L + 3h)]^{1/2} \} / \{ [(L + h)]^{1/2} - L^{1/2} \} t' =$$

$$= \{ [(4L + 4h)]^{1/2} - [(4L + 3h)]^{1/2} \} / \{ [(L + h)]^{1/2} - L^{1/2} \} t' =$$

$$= \{ [4.(L + 4h)]^{1/2} - [3.(L + h) + L]^{1/2} \} / \{ [(L + h)]^{1/2} - L^{1/2} \} t' =$$

$$= \left[\sqrt{4.(L + 4h)} - \sqrt{3.(L + h) + L} \right] / \left[\sqrt{(L + h)} - \sqrt{L} \right] t'. \text{ Resposta: letra (c)}$$

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) $a^3/[(R - a)^2R]$ B) $(a/R)^3$ C) $(a/R)^2$ D) a/R E) nulo.

Solução: A aceleração da gravidade em P, sem a cavidade é $G_1 = GM/R^2$.

Sendo $M = V \cdot \rho = (4/3)\pi R^3 \rho$, resulta: $G_1 = G \cdot (4/3)\pi R^3 / R^2 = 4\pi GR/3$, dirigida para o centro da Terra. (1).

Consideremos a cavidade como um corpo de massa $m = V \cdot \rho = (4/3)\pi a^3 \rho$. A aceleração da gravidade devido a esse corpo, no ponto P será: $g' = Gm/(R - d)^2 = G \cdot (4/3)\pi a^3 \rho / (R - d)^2$.

Como não há massa no interior da cavidade, a aceleração em P, para a Terra com a cavidade, a aceleração da gravidade em P será $G_2 = G_1 - g' = (4\pi GR/3) - G \cdot (4/3)\pi a^3 \rho / (R - d)^2$.

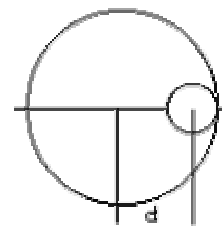
A variação $G_1 - G_2$ é então $G_1 - G_2 = g' = G \cdot (4/3)\pi a^3 \rho / (R - d)^2$. Esta variação é máxima quando o denominador for mínimo, ou seja quando $R - d$ for mínimo, ou seja quando "d" for máximo.

Neste caso teremos a situação indicada na figura ao lado.

Portanto, $G_1 - G_2$ é máximo para $R - d = a$.

Portanto $\text{Max}(G_1 - G_2) = G \cdot (4/3)\pi a^3 \rho / (a^2) = 4\pi Ga/3$.

Para $(G_1 - G_2)/G_1$ temos: $(4\pi Ga/3)/(4\pi GR/3) = a/R$. Resposta: letra (D).



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: $\Delta U = \Delta Mc^2$. 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: $\Delta S/\Delta M = 8\pi GMk_B/hc$. 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) $T = hc^3/GMk_B$. C) $T = Mc^2/8\pi k_B$. E) $T = 8\pi hc^3/GMk_B$.
 B) $T = 8\pi Mc^2/k_B$. D) $T = hc^3/8\pi GMk_B$.

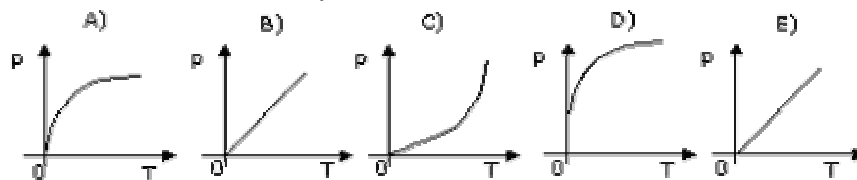
Solução:- A variação da entropia é dada por $\Delta S = \Delta U/T$, sendo T a temperatura absoluta \rightarrow
 $\rightarrow \Delta S \cdot T = \Delta U$ (1)

Da expressão dada para ΔS , tira-se $\Delta S = [8\pi GMk_B/hc] \cdot \Delta M$. (2)

Substituindo os valores de ΔS de (2) e de ΔU da igualdade $\Delta U = \Delta Mc^2$ na igualdade (1), resulta:

$$[8\pi GMk_B/hc] \cdot \Delta M \cdot T = \Delta Mc^2 \rightarrow T = c^2/(8\pi GMk_B/hc) = hc^3/8\pi GMk_B. \text{ Resposta: letra (D)}$$

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

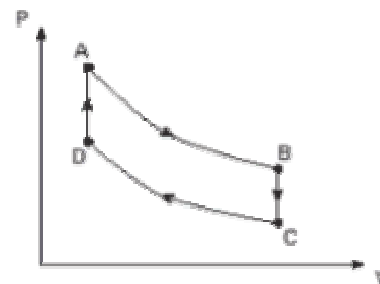


Justificativa: a lei de Stefan Boltzmann fornece a relação entre a taxa P do calor emitido por um corpo aquecido em função da temperatura absoluta T, expressa por $P = k \cdot T^4$. O gráfico característico de uma curva desse tipo é o indicado em (C). Resposta: letra (C).

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

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



Justificativa por opção:

Opção (A) – incorreta pois no ciclo de Carnot, BC e DA são transformações adiabáticas e não isométricas.

Opção (B) – incorreta. O trabalho realizado pelo gás equivale à área limitada pela curva AB (expansão) e o eixo horizontal. A área limitada pela curva CD (compressão) equivale ao trabalho realizado sobre o gás. Portanto, o trabalho realizado pelo gás é maior que o realizado sobre ele. Como no ciclo a variação interna é nula, o gás está recebendo calor e transformando-o em trabalho.

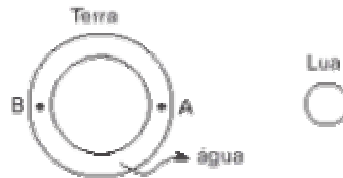
Opção (C) – incorreta. Em AB ele recebe calor e realiza trabalho, enquanto que em CD ele recebe trabalho e cede calor.

Opção (D) – incorreta. Como as transformações AB e CD são isotérmicas, a energia interna permanece constante.

Opção (E) – correta. Na transformação DA o trabalho é nulo pois a mesma é isométrica (mesmo volume). Da primeira lei da Termodinâmica $\Delta U = \Delta Q - W$, conclui-se $\Delta U = \Delta Q$.

Resposta: letra (E)

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:

I. As massas de água próximas das regiões A e B experimentam marés altas simultaneamente.

II. 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.

III. Durante o intervalo de tempo de um dia ocorrem duas marés altas e duas marés baixas.

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

A) a afirmativa I.

B) a afirmativa II.

C) a afirmativa III.

D) as afirmativas I e II.

E) as afirmativas I e III.

Justificativa:- Estando a Lua próximo ao lado A teremos uma maior atração da Lua sobre a água o que implica em maré alta em A. No ponto B, a atração da Lua é bem menor. Devido a rotação da Terra, a tendência é a água sair pela tangente, (que não o faz devido a ação gravitacional da Terra) e em consequência, aumentar o raio de rotação.

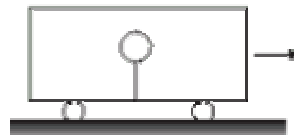
Assim, teremos maré alta em B.

A cada 12 horas (aproximadamente) a Terra completa meia volta. Deste modo, 12 horas depois teremos a Lua mais próxima de B que de A, repetindo o fenômeno da maré alta.

Portanto teremos duas marés altas por dia.

Assim, são corretas as afirmativas I e III. Resposta: letra (E).

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



A) se movimenta para trás e a tração no fio aumenta.

B) se movimenta para trás e a tração no fio não muda.

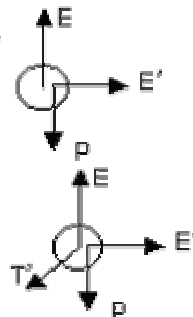
C) se movimenta para frente e a tração no fio aumenta.

D) se movimenta para frente e a tração no fio não muda.

E) permanece na posição vertical.

Solução: Quando o vagão está com velocidade constante, as forças que agem sobre o balão são: o seu peso P , o empuxo E e a tração no fio T , sendo nula a resultante das três forças. Como a massa específica do hélio é menor que a do ar, $E > P$ e $P + T = E$.

Ao acelerar o vagão, o ar, inicialmente movendo com a mesma velocidade do vagão tende a se concentrar na parte traseira do vagão, de modo que a pressão aumenta no sentido do movimento do vagão. Isto fará surgir um empuxo E' na direção do movimento do vagão. Teremos então o conjunto de forças sobre o balão, sem a representação da tração.



Para que ocorra o equilíbrio do balão em relação ao vagão, a resultante das forças deverá ser nula, o que implica ser a tração apresentando o sentido da figura ao lado.

A componente vertical de T' é igual à T (tração quando o vagão movia-se com velocidade constante). Além da componente vertical T' tem uma componente horizontal de módulo igual a E' .

Portanto, $T' > T$. Como T' tem a direção do cordão, o balão se posicionará como na figura ao lado.



Assim, se movimenta para frente e a tração no fio aumenta. Resposta: letra (C).

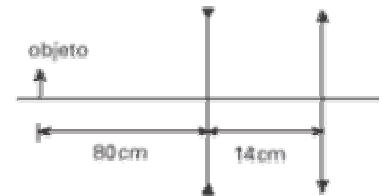
9. Durante uma tempestade, Maria fecha as janelas do seu apartamento e ouve o zumbido do vento lá fora.

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)

- A) princípio de conservação da massa. B) equação de Bernoulli.
 C) princípio de Arquimedes. D) princípio de Pascal.
 E) princípio de Stevin.

Justificativa: Quando o vento sopra tangencialmente à janela, a pressão externa torna-se menor, criando assim, uma diferença de pressão entre as faces do vidro. Esta diferença de pressão é a responsável pela quebra do vidro. Aplicável à situação temos a equação de Bernoulli que apresenta a relação entre a velocidade de escoamento e a pressão. Resposta: letra (B).

10. A figura mostra um sistema óptico constituído de uma lente divergente, com distância focal $f_1 = -20\text{cm}$, distante 14cm de uma lente convergente com distância focal $f_2 = 20\text{cm}$. Se um objeto linear é posicionado a 80cm à esquerda da lente divergente, pode-se afirmar que a imagem definitiva formada pelo sistema



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

Solução: a posição da imagem formada pela lente convergente é $(1/f = 1/p + 1/p') \rightarrow 1/20 = 1/80 + 1/p' \rightarrow 1/p' = 1/20 - 1/80 = 3/80 \rightarrow p' = 80/3 \approx 26,7\text{cm}$.

Como p' é positivo, a imagem é real e está a $26,7\text{cm}$ à direita da lente convergente.

Esta imagem funciona como objeto real para a lente divergente, sendo então $p = 26,7 + 14 = 40,7\text{cm}$.

A imagem formada pela lente divergente estará a uma distância p' da lente divergente, tal que $1/f = 1/p + 1/p' \rightarrow 1/20 = 1/40,7 + 1/p' \rightarrow 1/p' = 1/20 - 1/40,7 = 1/407 \rightarrow p' = 407\text{cm}$.

Sendo p' positivo, a imagem será real e está localizada a 407cm à direita da lente divergente.

Calculando a ampliação teremos: (1) na lente divergente $A = -p'/p = -407/40,7 = -10$ e (2) na lente convergente $A = -p/p' = -40,7/26,7 = -1,52$. A ampliação do sistema é $(-10) \cdot (-1,52) = 15,2$.

Temos então uma imagem real, maior que o objeto, invertida, com ampliação igual a $15,2$.

Resposta: letra (A).

11. Num oftalmologista, constata-se que um certo paciente tem uma distância máxima e uma distância mínima de visão distinta de $5,0\text{m}$ e $8,0\text{cm}$, 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?

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

Justificativa: o ponto remoto, ponto mais afastado de um olho normal deve ser no infinito. Como o ponto remoto está mais próximo o paciente é míope.

Sua lente deve ser divergente, de modo que um objeto no infinito tenha sua imagem (virtual) a 5m de distância.

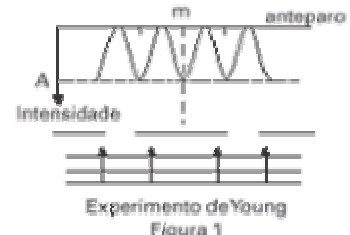
Assim, a distância focal da lente deve ser $1/f = 1/\infty + 1/5 \rightarrow f = -5\text{m}$.

Como a vergência C é $C = 1/f$, temos $C = 1/5 = 0,2$ dioptrias.

Observando as opções apresentadas vê-se que (A), (B), (C) e (D) não são corretas.

Na lente, objetos situados a uma distância p devem ter sua imagem no ponto próximo, ou seja, a $8,0\text{cm}$ da lente, imagem esta virtual. Fazendo $f = -5\text{m} = -500\text{cm}$, resulta, de $1/f = 1/p + 1/p'$ que, $1/500 = 1/p + 1/8 \rightarrow 1/p = 1/500 - 1/8 = -0,002 = 1/p - 0,125 \rightarrow 1/p = 0,123 \rightarrow p \approx 8,1\text{cm}$. Resposta: letra (E).

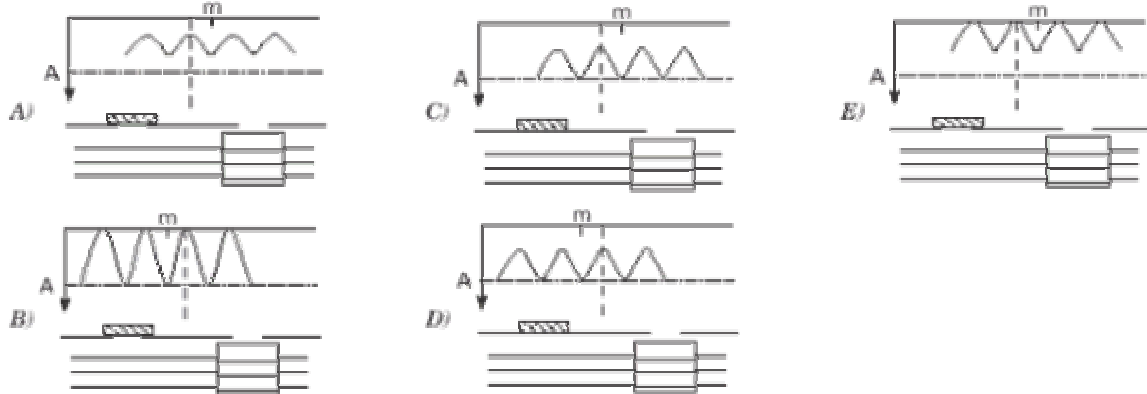
12. A figura 1 mostra o Experimento típico de Young, de duas fendas, com luz monocromática, em que m indica a posição do máximo central. A seguir, esse experimento é modificado, inserindo uma pequena peça de vidro de faces paralelas em frente à fenda do lado direito, e inserindo um filtro sobre a fenda 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



Justificativa: o filtro reduz a intensidade da luz e assim reduz a intensidade das franjas claras (regiões de interferência construtiva). Como as intensidades da luz que passa pelo vidro e pela placa são diferentes, não há anulação completa na franjas escuras. As ondas que passam pelo vidro sofrem um atraso em relação às ondas que passam pelo vidro produzindo um deslocamento da figura para a direita.

Observando o deslocamento nas figuras (A), (C) e (E) temos o deslocamento para a direita.

Nas figuras (B) e (D) o deslocamento é para a esquerda. Não satisfazem todas as condições do enunciado.

Na figura (C) o mínimo de intensidade é zero o que contraria a diferença de intensidades.

Na figura (E) o máximo de intensidade permanece em relação à experiência sem o vidro e o filtro. Assim, somente (A) satisfaz os efeitos de deslocamento, redução da intensidade máxima e não anulação completa das ondas na região de interferência destrutiva. Resposta: letra (A).

13. Quando em repouso, uma corneta elétrica emite um som de frequência 512Hz. 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 485Hz? (Despreze a resistência do ar).

A) 13,2m B) 15,2m C) 16,1m D) 18,3m E) 19,3m

Solução: As frequências do som para observadores e fontes em movimento são diferentes (efeito Doppler). A relação entre a frequência real do som e a frequência recebida estão relacionadas pela equação:

$$f' = f \cdot \frac{v_s \pm v_{ob}}{v_s \pm v_f}$$

Os sinais (+) e (-) são usados de acordo com a convenção: quando o observado se desloca no sentido da fonte usa-se o sinal (+) no numerador pois a frequência aumenta; quando a fonte se desloca no sentido do observador usa-se o sinal (-) no denominador pois também nesse caso a frequência aumenta.

Para a situação descrita no enunciado, o observador está em repouso $v_{ob} = 0$ e a fonte está se afastando, sinal (-) no denominador. Considerando $v_s = 340$ m/s, temos

$$485 = 512 \cdot 340 / (340 + v_f) \rightarrow 340 + v_f = 512 \cdot 340 / 485 \rightarrow 340 + v_f = 359 \rightarrow v_f = 19 \text{ m/s.}$$

$$\text{De } v^2 = 2gh, \quad 19^2 = 2 \cdot 10 \cdot h \rightarrow h = 18 \text{ m. Resposta: letra (D).}$$

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 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.

Justificativa:

Afirmativa I – a polarização ocorrem apenas com transversais. Incorreto.

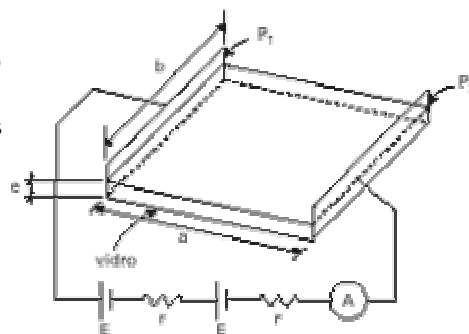
Afirmativa II – interferência e difração ocorrem com qualquer tipo de onda. Incorreto.

Afirmativa III – quanto à polarização a afirmativa é correta, porém as ondas eletromagnética são transversais e não longitudinais. Incorreto.

Afirmativa IV – ondas perpendiculares à direção de transmissão do polarizador são absorvidas pelo polarizador. Incorreto.

Portanto, todas são incorretas. Resposta: letra (A).

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. $E = 1,0V$ e resistência $r = 1,0 \Omega$, estando ligados a dois eletrodos retangulares e paralelos, P_1 e P_2 , de largura $b = 1,0cm$ e separados por uma distância $a = 3,0cm$. 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 $i = 0,10A$, qual deve ser a espessura e do filme? (resistividade do alumínio $\rho = 2,6 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$).

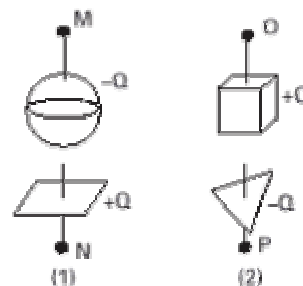
- A) $4,1 \times 10^{-9} cm$ B) $4,1 \times 10^{-9} m$ C) $4,3 \times 10^{-9} m$ D) $9,7 \times 10^{-9} m$ E) n.d.a.

Solução: Seja R a resistência equivalente à placa.

Aplicando a lei das malhas $\Sigma E = (\Sigma R) \cdot i$, teremos: $(E + E) = (R + r + r)i \rightarrow 1 + 1 = (R + 1 + 1) \cdot 0,1 \rightarrow 20 = R + 2 \rightarrow R = 18 \Omega$.

Sendo $R = \rho L/A$, onde $L = a$ e $A = e \cdot b$, resulta $R = \rho a / (e \cdot b) \rightarrow 18 = 2,6 \cdot 10^{-8} \cdot 3 \cdot 10^{-2} / (e \cdot 1 \cdot 10^{-2}) \rightarrow e = 2,6 \cdot 10^{-8} \cdot 3 \cdot 10^{-2} / 18 \cdot 1 \cdot 10^{-2} = 7,8 \cdot 10^{-10} / 1,8 \cdot 10^{-1} = 4,3 \cdot 10^{-9} m$. Resposta: letra (C).

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

- A) antes das ligações, a capacitância do capacitor 1 é maior que a do capacitor 2.
B) após as ligações, as capacitâncias dos dois capacitores aumentam.

C) após as ligações, o potencial final em N é maior do que o potencial em O.

D) a ddp do arranjo final entre O e P é igual a 2/3 da ddp inicial do capacitor 1.

E) a capacitância equivalente do arranjo final é igual a duas vezes à capacitância do capacitor 1.

Análise das opções:

- (A) Como os dois têm a mesma carga, podemos escrever $Q = C_1 V_1 = C_2 V_2$. Sendo $V_2 = (1/2)V_1$, resulta $C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot (1/2) \cdot V_1 \rightarrow C_1 = C_2/2 \rightarrow C_1 < C_2$. Opção incorreta.
(B) A capacitância independe da carga. Depende apenas da forma dos condutores (placas) e do material dielétrico entre eles. Como a forma e o material não modificam, as capacitâncias permanecem. Opção incorreta.
(C) Quando se liga dois condutores com potenciais diferentes cargas de um passa para o outro até que os potenciais se tornem iguais. Opção incorreta.
(D) Ao se ligar as placas positivas entre si e as placas negativas à Terra, teremos um conjunto de capacitores ligados em paralelo. A carga do conjunto é $2Q$.

Na ligação em paralelo a capacitância do conjunto é igual à soma das capacitância.

Assim, $C' = C_1 + C_2 = C_1 + 2C_1 = 3C_1$.

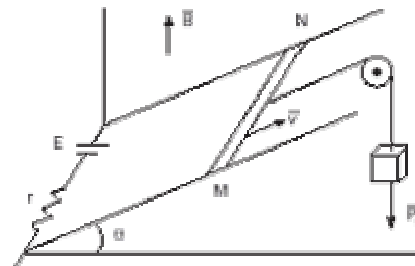
A carga do conjunto é a soma das cargas associadas. Portanto, $Q' = 2Q$.

A ddp é então $V' = Q'/C' = 2Q/3C_1 = (2/3)(Q/C_1) = (2/3) \cdot V$. Opção correta.

(E) Conforme visto em (D), a capacitância do arranjo é igual a $3C_1$ e não $2C_1$. Opção incorreta.

Resposta: letra (D).

17. Na figura, uma barra condutora MN (de comprimento L , resistância desprezível e peso P_b) puxada por um peso P_c , desloca-se com velocidade constante v , apoiada em dois trilhos condutores retos, paralelos e de resistância 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 B , pode-se afirmar que

- A) o módulo da força eletromotriz induzida é $\varepsilon = B \cdot L \cdot v \cdot \sin \theta$.
B) a intensidade i da corrente no circuito é dada por $P_c \cdot \sin \theta / (BL)$.

- C) nas condições dadas, o condutor descola dos trilhos quando $i \geq Pb/(B.L.tg \theta)$.
 D) a força eletromotriz do gerador é dada por $E = r.P_c.sen \theta/(B.L) - B.L.v.cos \theta$.
 E) o sentido da corrente na barra é de M para N.

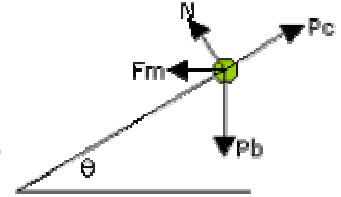
Solução:

Opção (A). B e v formam um ângulo igual a $90^\circ - \theta$. Assim, a fem induzida é $B.v.L.sen(90^\circ - \theta) = BvLcos \theta$ e não $BvLsen \theta$. Incorreta.

Opção (B). Aplicando a regra da mão direita aberta, polegar no sentido oposto a v, demais dedos no sentido de B, a palma da mão indicará o sentido da força sobre os eletros de MN. Assim, os elétrons de MN se deslocam de M para N, o que implica em uma corrente no sentido de N para M, mesmo sentido

da corrente gerada por E. Desta forma, a corrente será $i = (E + \epsilon)/r$.

Temos também que a força magnética atuante sobre a corrente em MN vale $F = B.i.L$ (o ângulo entre "i" e B é 90°). Aplicando a regra da mão direita, polegar no sentido de "i" (N para M) e demais dedos no sentido de B, teremos uma força (indicada pela palma da mão) horizontal para a esquerda. Assim, as forças sobre o condutor são:



Para $i = Pc.sen\theta/BL$, a força magnética $B.i.L$ deveria anular a componente horizontal de Pc que vale $Pc.sen \theta$. Neste caso, a componente horizontal de N deveria ser nula para que ocorresse o movimento com velocidade constante.

Incorreta.

Opção (C). Para que o condutor descole da rampa, devemos ter $N = 0$.

Utilizando as componentes das demais forças perpendicular ao plano teremos:

$$F_m.sen \theta = P_b.cos \theta \rightarrow B.i.L.sen \theta = P_b.cos \theta \rightarrow i = P_b.cos \theta / B.L.sen \theta = P_b / [B.L.sen \theta / cos \theta]$$

$\rightarrow i = P_b / B.L.tg \theta$. Esta é a condição limite para $N = 0$. Para valores maiores de i a componente de F_m perpendicular ao plano será maior que a componente de P_b perpendicular ao plano.

Assim, $i \geq P_b / B.L.tg \theta$. **Correta.**

Opção (D). Conforme justificativa para a opção (A), a fem induzida é $\epsilon = B.L.v.cos \theta$, tendo a corrente devido à fem induzida o mesmo sentido que a gerada por E.

Assim, $E + \epsilon = ri \rightarrow E = ri - B.L.v.cos \theta$.

A corrente vale $P_c.sen \theta / BL$ somente quando N for nula. Portanto, a igualdade $E = r.P_c.sen \theta / (B.L) - B.L.v.cos \theta$ implicaria em N nula. Portanto a igualdade somente é válida em um caso especial. Incorreta.

(E) Conforme visto em (A) a corrente, na barra MN, tem sentido de N para M e não de M para N. Incorreta.

Resposta: letra (C).

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) $E = (m_1 + m'_1)c^2$.

Solução: De $E = pc$ tira-se $E = (m.c)c = mc^2$. Seja m_f a massa associada ao fóton. Com relação à m_1 , teríamos $m_1 - m_f = m'_1 \rightarrow m_1 - E/c^2 = m'_1 \rightarrow E = (m_1 - m'_1).c^2$. Para m_2 , $m_2 + m_f = m'_2 \rightarrow m_2 + E/c^2 = m'_2 \rightarrow E = (m'_2 - m_2).c^2$. Resposta: letra (D)

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.

Análise das afirmativas:

- I. O efeito fotoelétrico depende apenas da frequência da luz, ou seja da energia do fóton ($E = hf$). Afirmativa incorreta.
- II. Com relação à expressão $nh/2\pi$ a afirmativa está correta. Porém n não são apenas valores ímpares. " n " é qualquer inteiro positivo. Afirmativa incorreta.
- III. O sistema quântico é uma associação de ondas e partículas (fótons) associadas. Afirmativa correta.
- IV. O princípio da incerteza (probabilidade) de Heisenberg complementa a teoria quântica. Afirmativa correta. Portanto, estão corretas as afirmativas III e IV. Resposta: letra (E).

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.

Solução: o momento angular do elétron é dado por $r.m.v = nh/2\pi$ onde n é o nível de energia.

Para o primeiro nível (estado fundamental), $n = 1$ e para o primeiro estado excitado (segundo nível), $n = 2$.

Sendo r e v o raio e a velocidade para $n = 1$ e R e V o raio e a velocidade para $n = 2$, podemos escrever: (1) $r.m.v = h/2\pi$ e (2) $R.m.V = 2h/2\pi$.

Dividindo membro a membro temos: $rv/RV = 1/2 \rightarrow RV = 2rv$ (3)

A força que mantém o elétron em órbita é a força elétrica ($F = Ke^2/d^2$). Esta é a resultante centrípeta. Portanto:

$$ke^2/r^2 = mv^2/r \rightarrow v^2r = ke^2/m = V^2R \quad (4)$$

De (4) $v.(vr) = V.(VR)$ combinando com (3) $v.(rv) = V.(2rv) \rightarrow v = 2V \rightarrow$ no primeiro estado excitado a velocidade é igual à metade da velocidade no estado fundamental.

Levando este valor em (3), $R.V = 2r(2V) \rightarrow R = 4r$.

Assim, no primeiro estado excitado, $R = 4 \cdot 5,3 \times 10^{-11} = 21,2 \times 10^{-11}$ e $V = 2,2 \times 10^6/2 = 1,1 \cdot 10^6$.

Aplicando $V = 2\pi Rf$, $f = 1,1 \times 10^6 / (2 \times 21,2 \times 10^{-11}) = 8,3 \times 10^{14}$ Hz. (rotações por segundo).

Em 10^{-8} s serão efetuadas, $10^{-8} \times 8,3 \times 10^{14} = 8,3 \times 10^6$ revoluções. Resposta: letra (D).