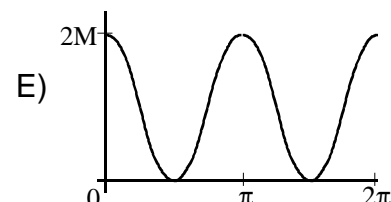
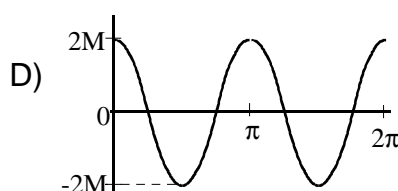
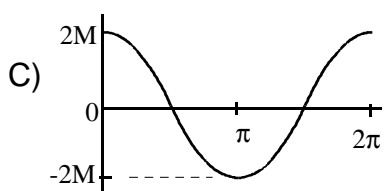
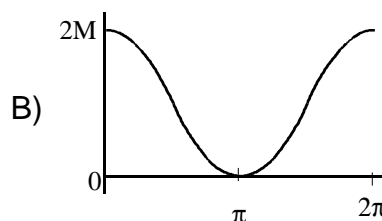
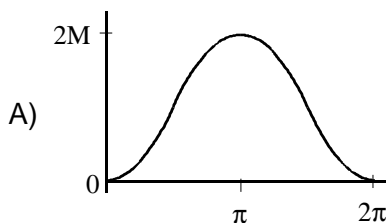
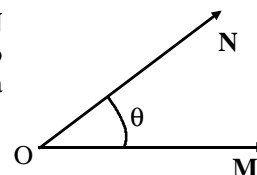


01. M e N são vetores de módulos iguais ($|M| = |N| = M$). O vetor M é fixo e o vetor N pode girar em torno do ponto O (veja figura) no plano formado por M e N . Sendo $R = M + N$, indique, entre os gráficos abaixo, aquele que pode representar a variação de $|R|$ como função do ângulo θ entre M e N .

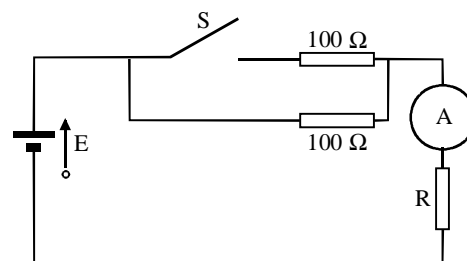


Questão 01, alternativa B

O módulo do vetor $R = M + N$ é dado por $R = \sqrt{M^2 + N^2 + 2MN\cos\theta}$ que tem valor máximo dado por $M + N = 2M$. Isso ocorre quando o ângulo θ , entre M e N , é igual a zero ou 2π radianos. O módulo de R tem valor mínimo igual a $M - N = 0$, o que corresponde a um ângulo $\theta = \pi$ radianos. O gráfico mostrado na alternativa B é o único em que ocorrem as duas condições acima mencionadas sobre o módulo de R .

02. No circuito mostrado ao lado, a fonte de força eletromotriz E e o amperímetro A têm, ambos, resistência interna desprezível. Com a chave S aberta, a corrente no amperímetro mede $0,5$ A. Com a chave S fechada, essa corrente salta para $0,75$ A. O valor correto da resistência R é:

- A) 125Ω
- B) 100Ω
- C) 75Ω
- D) 50Ω
- E) 25Ω



Questão 02, alternativa D

Quando a chave S está aberta, é satisfeita a relação

$$E = 100 \cdot 0,5 + 0,5R, \text{ ou } E = 50 + \frac{1}{2}R. \quad (1)$$

Com a chave S fechada, os dois resistores de 100Ω têm uma resistência equivalente de 50Ω e é satisfeita a relação

$$E = 50 \cdot 0,75 + 0,75R, \text{ ou } E = 37,5 + \frac{3}{4}R. \quad (2)$$

Subtraindo (2) de (1) obtemos

$$\frac{1}{4}R = 12,5, \text{ ou } R = 50 \Omega, \text{ alternativa D.}$$

03. A energia cinética de um elétron relativístico é N vezes a sua energia de repouso. A energia cinética relativística é $K = Mc^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - 1 \right)$ (c é a velocidade da luz no vácuo, M , a massa de repouso do elétron no referencial em

que sua velocidade é v). Se a razão $\frac{v}{c} = \sqrt{\frac{15}{16}}$, o valor de N é:

- A) 1.
- B) 2.
- C) 3.
- D) 4.
- E) 5.

Questão 03, alternativa C

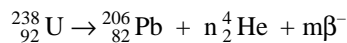
Conforme o enunciado, a razão $\frac{v^2}{c^2} = \frac{15}{16}$. Substituindo esse valor na expressão da energia cinética obtemos $K = 3Mc^2$. A expressão Mc^2 é justamente a energia de repouso do elétron. Portanto, $N = 3$, alternativa C.

04. O urânio-238 $\{ {}_{92}^{238}\text{U}$, número de massa $A = 238$ e número atômico $Z = 92$ $\}$ é conhecido, entre outros aspectos, pela sua radioatividade natural. Ele inicia um processo de transformações nucleares, gerando uma série de elementos intermediários, todos radioativos, até resultar no chumbo-206 $\{ {}_{82}^{206}\text{Pb} \}$ que encerra o processo por ser estável. Essas transformações acontecem pela emissão de partículas α {núcleos de hélio, ${}^4_2\text{He}$ } e de partículas β^- (a carga da partícula β^- é a carga de um elétron). Na emissão α , o número de massa A é modificado, e na emissão β^- , o número atômico Z é modificado, enquanto A permanece o mesmo. Assim, podemos afirmar que em todo o processo foram emitidas:

- A) 32 partículas α e 10 partículas β^- .
- B) 24 partículas α e 10 partículas β^- .
- C) 16 partículas α e 8 partículas β^- .
- D) 8 partículas α e 6 partículas β^- .
- E) 4 partículas α e 8 partículas β^- .

Questão 04, alternativa D

As transformações que levam ${}_{92}^{238}\text{U}$ ao produto final ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ podem ser representadas, de modo simplificado, pela reação:



Na reação acima, n e m são, respectivamente, o número de partículas α e de partículas β^- produzidas. Nela, se conservam: a carga elétrica e a massa. As partículas α têm 4 unidades atômicas de massa e 2 unidades positivas de carga. As partículas β^- (elétrons) têm massa desprezível, se comparada à unidade atômica de massa, e uma unidade negativa de carga. Então,

$$238 = 206 + 4n \quad (\text{massa inicial} = \text{massa final})$$

$$92 = 82 + 2n - m \quad (\text{carga elétrica inicial} = \text{carga elétrica final})$$

A primeira das relações acima nos dá $n = 8$ e a segunda fornece $m = 6$. É correta a alternativa D.

05. Analise as assertivas abaixo e a seguir assinale a alternativa correta.

- I – Elétrons em movimento vibratório podem fazer surgir ondas de rádio e ondas de luz.
- II – Ondas de rádio e ondas de luz são ondas eletromagnéticas.
- III – Ondas de luz são ondas eletromagnéticas e ondas de rádio são mecânicas.

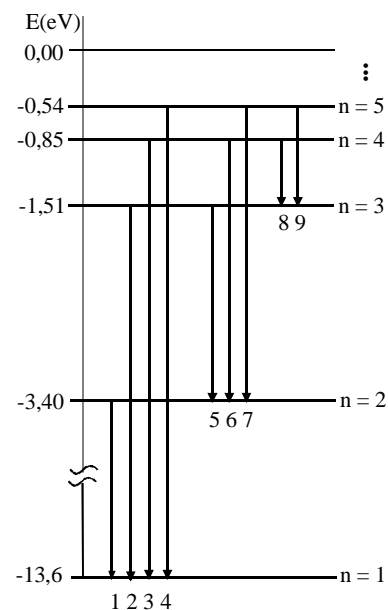
- A) Somente I é verdadeira.
- B) Somente II é verdadeira.
- C) Somente III é verdadeira.
- D) Somente I e II são verdadeiras.
- E) Somente I e III são verdadeiras.

Questão 05, alternativa D

Cargas elétricas aceleradas originam campos eletromagnéticos. É o caso de elétrons em movimento vibratório. Ondas de rádio e ondas de luz são exemplos de ondas eletromagnéticas, convencionalmente diferenciadas entre si em função da frequência (ou do comprimento de onda) com que se propagam. Assim, são verdadeiras as declarações I e II, alternativa D.

06. Na figura ao lado, as flechas numeradas de 1 até 9 representam transições possíveis de ocorrer entre alguns níveis de energia do átomo de hidrogênio, de acordo com o modelo de Bohr. Para ocorrer uma transição, o átomo emite (ou absorve) um fóton cuja energia $\frac{hc}{\lambda}$ é igual a $|\Delta E|$ (h é a constante de Planck, c é a velocidade da luz no vácuo, λ é o comprimento de onda do fóton e ΔE é a diferença de energia entre os dois níveis envolvidos na transição). Suponha que o átomo emite os fótons X e Y, cujos comprimentos de onda são, respectivamente, $\lambda_X = 1,03 \times 10^{-7}$ m e $\lambda_Y = 4,85 \times 10^{-7}$ m. As transições corretamente associadas às emissões desses dois fótons são (use $h = 4,13 \times 10^{-15}$ eV·s e $c = 3,0 \times 10^8$ m/s):

- A) 4 e 8
- B) 2 e 6
- C) 3 e 9
- D) 5 e 7
- E) 1 e 7

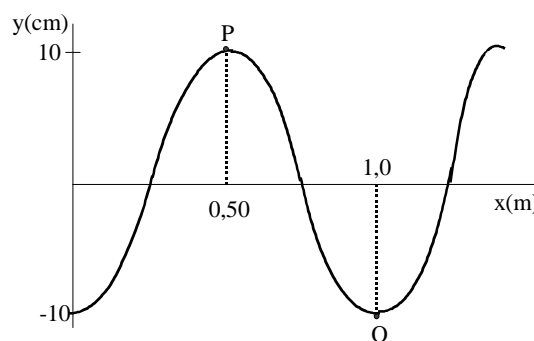


Questão 06, alternativa B

A partir da relação $\frac{hc}{\lambda} = |\Delta E|$, calculamos os valores de ΔE , correspondentes aos comprimentos de onda λ_X e λ_Y . Esses valores são $\Delta E_X = 12,03$ eV e $\Delta E_Y = 2,55$ eV. Inspecionando os dados exibidos na figura, encontramos que ΔE_X corresponde à transição 2 e ΔE_Y , à transição 6, alternativa B.

07. A figura ao lado representa a fotografia, tirada no tempo $t = 0$, de uma corda longa em que uma onda transversal se propaga com velocidade igual a 5,0 m/s. Podemos afirmar corretamente que a distância entre os pontos P e Q, situados sobre a corda, será mínima no tempo t igual a:

- A) 0,01 s.
- B) 0,03 s.
- C) 0,05 s.
- D) 0,07 s.
- E) 0,09 s.



Questão 07, alternativa C

A menor distância possível entre os pontos P e Q ocorre quando ambos os pontos se localizam sobre o eixo x. Essa configuração acontece no instante de tempo correspondente a um quarto do período de propagação da onda. De acordo com a figura, vemos que o comprimento de onda da onda é $\lambda = 1,0$ m. O período é expresso pela razão entre o comprimento de onda e a velocidade de propagação da onda, isto é, $T = \frac{\lambda}{v} = \frac{1}{5}$ s. Portanto, após $t = 0$, os pontos P e Q estarão a primeira vez sobre o eixo x no tempo $t = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{5} = \frac{1}{20} = 0,05$ s, como indicado na alternativa C.

08. A eficiência de uma máquina de Carnot que opera entre a fonte de temperatura alta (T_1) e a fonte de temperatura baixa (T_2) é dada pela expressão

$$\eta = 1 - (T_2/T_1),$$

em que T_1 e T_2 são medidas na escala absoluta ou de Kelvin.

Suponha que você dispõe de uma máquina dessas com uma eficiência $\eta = 30\%$. Se você dobrar o valor da temperatura da fonte quente, a eficiência da máquina passará a ser igual a:

- A) 40%
- B) 45%
- C) 50%
- D) 60%
- E) 65%

Questão 08, alternativa E

Ao duplicarmos a temperatura T_1 , reduzimos a fração T_2/T_1 à metade de seu valor original. A eficiência original é $\eta = 0,30 = 1 - (T_2/T_1)$, ou seja, $T_2/T_1 = 0,70$. Após duplicarmos a temperatura T_1 , teremos, assim, $T_2/2T_1 = 0,35$. Portanto, a nova eficiência passa a ser

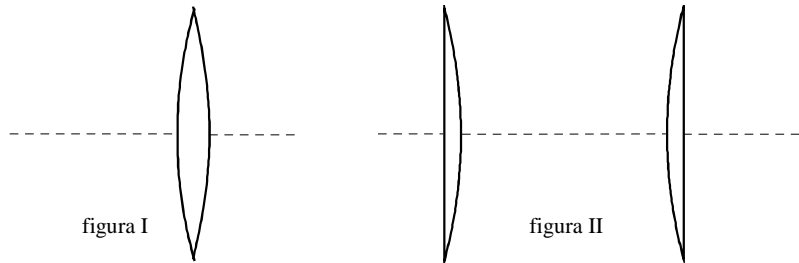
$$\eta' = 1 - 0,35, \text{ ou } \eta' = 0,65 \text{ ou } \eta' = 65\%, \text{ alternativa E}$$

09. Uma lente esférica delgada, construída de um material de índice de refração n está imersa no ar ($n_{\text{ar}} = 1,00$). A lente tem distância focal f e suas superfícies esféricas têm raios de curvatura R_1 e R_2 . Esses parâmetros obedecem a uma relação, conhecida como "equação dos fabricantes", expressa por

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right).$$

Suponha uma lente biconvexa de raios de curvatura iguais ($R_1 = R_2 = R$), distância focal f_0 e índice de refração $n = 1,8$ (figura I). Essa lente é partida dando origem a duas lentes plano-convexas iguais (figura II). A distância focal de cada uma das novas lentes é:

- A) $\frac{1}{2} f_0$.
- B) $\frac{4}{5} f_0$.
- C) f_0 .
- D) $\frac{9}{5} f_0$.
- E) $2f_0$.



Questão 09, alternativa E

A equação dos fabricantes nos fornece o valor de f_0 , a distância focal da lente biconvexa:

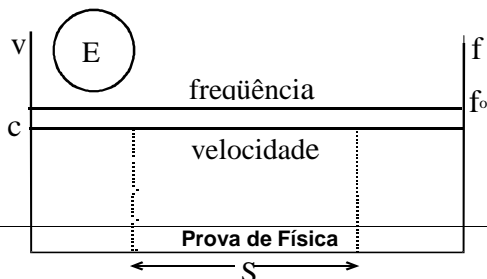
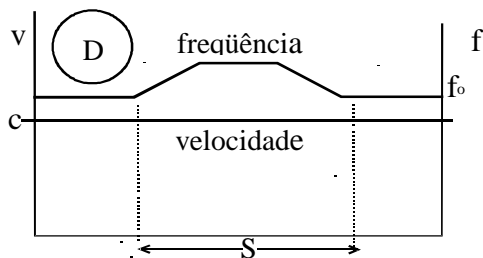
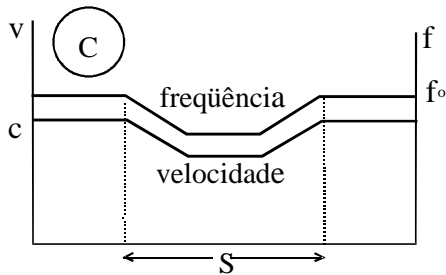
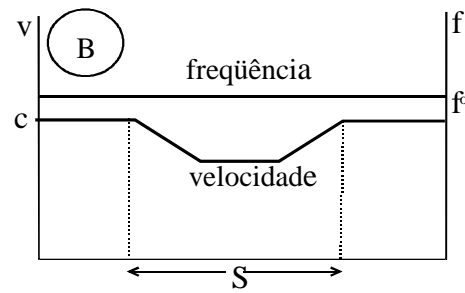
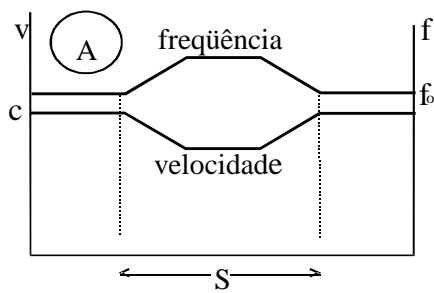
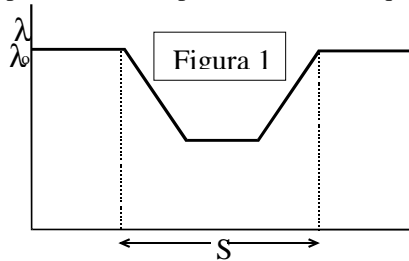
$$f_0 = \frac{1}{2} \cdot \frac{R}{0,8}$$

A equação dos fabricantes é igualmente aplicável às duas lentes plano-convexas. Elas são iguais e têm raios $R_1 = R$ e $R_2 = \infty$. Assim, podemos escrever

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = (1,8-1) \frac{1}{R}, \text{ ou } f = \frac{R}{0,8}.$$

Portanto, $f = 2f_0$, alternativa E

10. Um feixe de luz, de comprimento de onda λ_0 e frequência f_0 , que se propaga no vácuo com velocidade c , penetra em uma região de largura S e, à medida que avança, seu comprimento de onda varia como mostrado na figura 1. Assinale a opção que melhor representa os comportamentos da frequência f e da velocidade v do feixe de luz ao longo do percurso S .



Questão 10, alternativa B

A frequência de uma onda depende exclusivamente da fonte que a emite. Uma onda, emitida com frequência f_0 , propaga-se, espaço a fora, com essa frequência, que satisfaz a relação

$$f_0 = \frac{v}{\lambda},$$

em que v e λ são, respectivamente, a velocidade de propagação e o comprimento de onda. Assim, a razão $\frac{v}{\lambda}$ é constante e, se λ diminui, o mesmo acontece com v . Quando λ aumenta, v aumenta também. Por isso, está correta a alternativa B.

11. No modelo do *Universo em Expansão*, há um instante de tempo no passado em que toda a matéria e toda a radiação, que hoje constituem o Universo, estiveram espetacularmente concentradas, formando um estado termodinâmico de altíssima temperatura ($T \rightarrow \infty$), conhecido como *Big Bang*. De acordo com o físico russo G. Gamov, nesse estado inicial, a densidade de energia eletromagnética (radiação) teria sido muito superior à densidade de matéria. Em consequência disso, a temperatura média do Universo, $\langle T \rangle$, em um instante de tempo t após o *Big Bang* satisfaria a relação

$$\langle T \rangle = \frac{2,1 \cdot 10^9}{\sqrt{t}},$$

sendo o tempo t medido em segundos (s) e a temperatura T , em kelvins (K). Um ano equivale a $3,2 \times 10^7$ segundos e atualmente a temperatura média do Universo é $\langle T \rangle = 3,0$ K. Assim, de acordo com Gamov, podemos afirmar corretamente que a idade aproximada do Universo é:

- A) 700 bilhões de anos.
- B) 210 bilhões de anos.
- C) 15 bilhões de anos.
- D) 1 bilhão de anos.
- E) 350 milhões de anos.

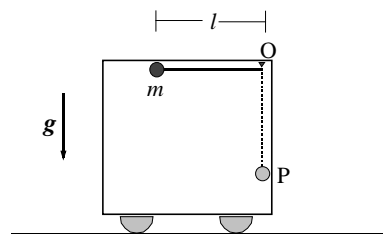
Questão 11, alternativa C

Para resolver a presente questão, basta reescrever a relação fornecida no enunciado.

$$\sqrt{t} = \frac{2,1 \cdot 10^9}{\langle T \rangle} \rightarrow t = \left(\frac{2,1 \cdot 10^9}{\langle T \rangle} \right)^2, \text{ ou } t = \frac{4,41}{9} \cdot 10^{18} \text{ segundos}$$

Dividindo por $3,2 \cdot 10^7$ o valor de t , acima encontrado, obtemos a idade do Universo, em anos. Essa idade é $15 \cdot 10^9$ anos ou 15 bilhões de anos, alternativa C.

12. O carrinho da figura ao lado repousa sobre uma superfície horizontal lisa e no seu interior há um pêndulo simples, situado inicialmente em posição horizontal. O pêndulo é liberado e sua massa m se move até colidir com a parede do carrinho no ponto P, onde fica colada. A respeito desse fato, considere as seguintes afirmações.



- I. A lei de conservação da quantidade de movimento assegura que, cessada a colisão, o carrinho estará se movendo para a direita com velocidade constante.
- II. A ausência de forças externas horizontais atuando sobre o sistema (carrinho+pêndulo), assegura que, cessada a colisão, o carrinho estará em repouso à esquerda de sua posição inicial.
- III. A energia mecânica ($mg l$) é quase totalmente transformada em energia térmica.

Assinale a alternativa correta.

- A) Apenas I é verdadeira.
- B) Apenas II é verdadeira.
- C) Apenas III é verdadeira.
- D) Apenas I e III são verdadeiras.
- E) Apenas II e III são verdadeiras.

Questão 12, alternativa E

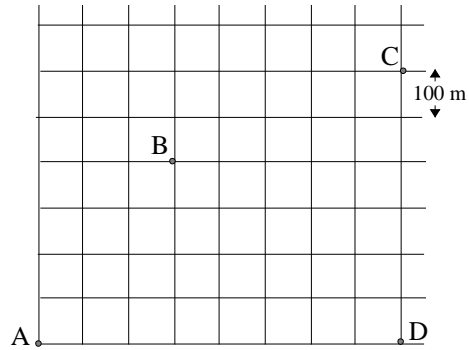
A afirmação I é claramente falsa. Não há forças externas horizontais. A lei de conservação da quantidade de movimento assegura que o sistema, inicialmente em repouso, assim deverá permanecer após o fim do processo de colisão.

A afirmação II é verdadeira. Na ausência de forças externas horizontais, o centro de massa do sistema permanece imóvel. Para que isso aconteça, um movimento do pêndulo para a direita de sua posição inicial é acompanhado de um movimento do carrinho para a esquerda de sua posição inicial.

A afirmação III é igualmente verdadeira. O movimento do pêndulo provoca uma redução igual a $mg l$ na energia mecânica do sistema. Esse valor corresponde à energia potencial gravitacional perdida pelo pêndulo. A colisão inelástica foi responsável pela transformação dessa energia em energia térmica, dissipada pelas paredes do carrinho e pela massa do pêndulo.

É correta a alternativa E.

13. A figura ao lado mostra o mapa de uma cidade em que as ruas retilíneas se cruzam perpendicularmente e cada quarteirão mede 100 m. Você caminha pelas ruas a partir de sua casa, na esquina A, até a casa de sua avó, na esquina B. Dali segue até sua escola, situada na esquina C. A menor distância que você caminha e a distância em linha reta entre sua casa e a escola são, respectivamente:



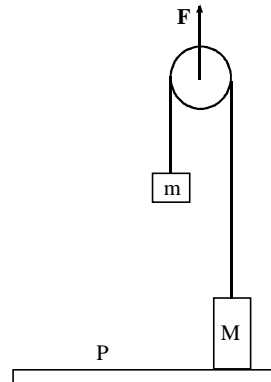
- A) 1800 m e 1400 m.
- B) 1600 m e 1200 m.
- C) 1400 m e 1000 m.
- D) 1200 m e 800 m.
- E) 1000 m e 600 m.

Questão 13, alternativa C

A menor distância, em linha reta, entre A e C é a hipotenusa do triângulo cujos catetos são $AD = 800$ m e $DC = 600$ m. Portanto, $AC = 1000$ m.

A menor caminhada pelas ruas da cidade, necessária para levar alguém de A até C, consiste de qualquer combinação de caminhadas parciais que somem 600 m em uma direção e 800 m na perpendicular. A soma dessas duas caminhadas em direções perpendiculares é 1.400 m. É correta a alternativa C.

14. A figura ao lado mostra dois blocos de massas $m = 2,5$ kg e $M = 6,5$ kg, ligados por um fio que passa sem atrito por uma roldana. Despreze as massas do fio e da roldana e suponha que a aceleração da gravidade vale $g = 10$ m/s². O bloco de massa M está apoiado sobre a plataforma P e a força F aplicada sobre a roldana é suficiente apenas para manter o bloco de massa m em equilíbrio estático na posição indicada. Sendo F a intensidade dessa força e R, a intensidade da força que a plataforma exerce sobre M, é correto afirmar que:



- A) $F = 50$ N e $R = 65$ N.
- B) $F = 25$ N e $R = 65$ N.
- C) $F = 25$ N e $R = 40$ N.
- D) $F = 50$ N e $R = 40$ N.
- E) $F = 90$ N e $R = 65$ N.

Questão 14, alternativa D

Conforme o enunciado da questão, podemos considerar nulas as massas do fio e da roldana. A condição de equilíbrio estático do bloco de massa m nos permite escrever

$$T = mg,$$

em que T é a força de tração que a corda exerce sobre esse bloco. A roldana está em equilíbrio, submetida à ação da força F, para cima, e à ação da força 2T, exercida sobre ela pela corda, para baixo. Assim,

$$F = 2T = 2 \times 2,5 \times 10 = 50 \text{ N.}$$

Finalmente, analisando o sistema como um todo (roldana + fio + m + M), obtemos a relação

$$F + R = Mg + mg.$$

$$R = Mg + mg - F = Mg + mg - 2mg = (M - m)g = (6,5 - 2,5)10 = 40 \text{ N.}$$

Está correta, pois, a alternativa D.

15. Uma amostra de n mols de um gás ideal monoatômico é levada do estado de equilíbrio termodinâmico inicial de temperatura T_i até o estado final de equilíbrio de temperatura T_f mediante dois diferentes processos: no primeiro, o volume da amostra permanece constante e ela absorve uma quantidade de calor Q_V ; no segundo, a pressão da amostra permanece constante e ela absorve uma quantidade de calor Q_P . Use a Primeira Lei da Termodinâmica, $\Delta U = Q - W$, sendo $\Delta U = (3/2)nR\Delta T$, para determinar que se Q_P for igual a 100 J então o valor de Q_V será igual a:

- A) 200 J.
- B) 160 J.
- C) 100 J.
- D) 80 J.
- E) 60 J.

Questão 15, alternativa E

Consideremos o processo 1, representado no diagrama ao lado. Não há realização de trabalho. Assim,

$$Q_V = \Delta U = (3/2)nR\Delta T, \text{ ou}$$

$$nR\Delta T = (2/3)Q_V. \quad (1)$$

O processo 2 se realiza a pressão constante, por isso há realização de trabalho,

$$W = P_i\Delta V = nR\Delta T, \text{ pois o gás é ideal e } PV = nRT.$$

Para o processo 2, podemos escrever

$$\Delta U = Q_P - W = Q_P - nR\Delta T.$$

Mas, pelo processo 1, $\Delta U = Q_V$. Assim temos, usando a eq. (1):

$$Q_V = Q_P - (2/3)Q_V \rightarrow (5/3)Q_V = Q_P \rightarrow Q_V = (3/5)Q_P = (3/5) \times 100, \text{ ou}$$

$$Q_V = 60 \text{ joules, alternativa E.}$$

