01. Duas pessoas pegam simultaneamente escadas rolantes, paralelas, de mesmo comprimento l, em uma loja, sendo que uma delas desce e a outra sobe. A escada que desce tem velocidade $V_A = 1\ m/s$ e a que sobe é V_B. Considere o tempo de descida da escada igual a 12 s. Sabendo-se que as pessoas se cruzam a 1/3 do caminho percorrido pela pessoa que sobe, determine:

A) a velocidade V_B da escada que sobe.

B) o comprimento das escadas.

C) a razão entre os tempos gastos na descida e na subida das pessoas.

Questão 01
Comentários:
A) Os espaços percorridos por cada pessoa são dados por:
$\frac{2}{3} l = V_A t$ e $\frac{1}{3} l = V_B t$, sendo l o comprimento das escadas e t o tempo gasto pelas pessoas em seus percursos até se cruzarem. Daí, conclui-se que $\frac{V_B}{V_A} = \frac{1}{2}$, o que resulta em $V_B = 0{,}5\ m/s$.

B) O comprimento das escadas será dado por $l = V_A t_d$, onde t_d é o tempo de descida, que resulta em $l = 12\ m$.

C) Como $l = V_A t_d$ e $l = V_B t_s$, temos que $\frac{t_d}{t_s} = \frac{1}{2}$.

Pontuação: Os itens A e B valem três pontos cada; o item C vale quatro pontos.

02. Uma partícula de massa m e carga elétrica q é largada do repouso de uma altura $9H$, acima do solo. Do solo até uma altura $h' = 5H$, existe um campo elétrico horizontal de módulo constante E. Considere a gravidade local de módulo constante g, a superfície do solo horizontal e despreze quaisquer efeitos de dissipação de energia. Determine:

A) o tempo gasto pela partícula para atingir a altura h'.

B) o tempo gasto pela partícula para atingir o solo.

C) o tempo gasto pela partícula sob ação do campo elétrico.

D) o módulo do deslocamento horizontal da partícula, desde o instante em que a partícula é largada até o instante em que a partícula atinge o solo.

Questão 02
Comentários:

A) O tempo para chegar à altura $h' = 5H$ é $t' = \sqrt{\frac{8H}{g}}$.

B) O tempo total para a partícula atingir o solo é $t_t = \sqrt{\frac{18H}{g}}$.

C) Logo, o tempo que a partícula permanece sob a ação do campo elétrico será $t = t_t - t' = \sqrt{\frac{18H}{g}} - \sqrt{\frac{8H}{g}} = \sqrt{\frac{2H}{g}}$.

D) Como o campo elétrico tem módulo constante, a aceleração horizontal é $a_x = \frac{qE}{m}$. Portanto, $\Delta x = \frac{1}{2} a_x t^2 = \frac{qEH}{mg}$.

Pontuação: Os itens A e B valem dois pontos cada; os itens C e D valem três pontos cada.

03. Uma força constante, horizontal, de módulo F é aplicada a um corpo de peso 10 N, que está sob uma mesa horizontal e preso a uma mola de constante elástica de 2 N/m. Inicialmente a mola não está deformada e a força F está na direção de deformação da mola. Os coeficientes de atrito estático e cinético entre o corpo e a mesa são, respectivamente, $\mu_e = 0{,}5$ e $\mu_c = 0{,}4$. Considere que o módulo da aceleração da gravidade local é g = 10 m/s^2 e que, durante o movimento, o corpo não muda o sentido da sua velocidade. Determine:

A) o valor da força F mínima para colocar o corpo em movimento.

B) o espaço percorrido pelo corpo, em função de F, até parar.

C) o valor máximo de F para que ocorra este movimento.

Questão 03
Comentários:
A) Como o bloco está sob uma mesa horizontal, a força de atrito estático máxima é $f_e = \mu_e mg = 0{,}5\text{x}10 = 5\text{N}$. Portanto, para sair do repouso, o módulo da força F deve ser maior que $5N$.
B) Ao iniciar o movimento na horizontal, as forças que agem no bloco são F, a força de atrito cinético e a força da mola. A força de atrito cinético é $f_c = \mu_c mg = 0{,}4\text{x}10 = 4\text{N}$. Aplicando o teorema trabalho e energia cinética quando o bloco para pela primeira vez, tem-se que $\frac{1}{2}kA^2 = (F-4)A$, onde A é o deslocamento sofrido pelo bloco até parar pela primeira vez. Substituindo o valor da constante da mola, obtemos $A = F - 4$.
C) Após parar, o bloco estará sujeito à força F, à força de atrito estático e à força da mola. No equilíbrio, devemos ter $-kA + F + f_e = 0$. Substituindo então o valor da constante da mola, obtemos $-2(F-4) + F + f_e = 0$ ou $f_e = F - 8$. Como $f_e \leq 5N$, resulta que $F \leq 13N$. Portanto, o valor máximo de F é 13N.
Pontuação: Os itens A e B valem três pontos cada; o item C vale quatro pontos.

04. Um triângulo retângulo isósceles é montado com arames de materiais distintos, de modo que nos catetos o material possui coeficiente de dilatação térmica linear $A\sqrt{2}\ {}^\circ C^{-1}$, enquanto na hipotenusa o material possui coeficiente de dilatação térmica linear $A/\sqrt{2}\ {}^\circ C^{-1}$. Determine a variação de temperatura para que o triângulo torne-se equilátero.

Questão 04
Comentários:
Como o triângulo no início é retângulo e isósceles, os catetos possuem inicialmente o comprimento l_0 e a hipotenusa $l_0\sqrt{2}$. Após a dilatação térmica, o triângulo torna-se equilátero. Logo, devemos ter

$$l_0\left(1 + A\sqrt{2}\Delta T\right) = l_0\sqrt{2}\left(1 + \frac{A}{\sqrt{2}}\Delta T\right),$$

o que resulta em $\Delta T = \frac{1}{A}{}^\circ C.$

Pontuação: A questão vale até dez pontos.

05. Um cilindro de área de seção reta *S* e comprimento *L*, completamente isolado, é dividido em partições *A* e *B*, ambas de volumes iguais, por uma parede diatérmica, móvel e impermeável. Cada partição é preenchida com um gás ideal, de modo que a partição *A* possui o dobro do número de mols da partição *B*. Ambas as partições encontram-se em uma mesma temperatura *T* durante o processo. Despreze quaisquer efeitos de atrito e, quando o sistema estiver em equilíbrio, determine:

A) os volumes das partições *A* e *B* em função de *S* e *L*.

B) o módulo do deslocamento da parede em função de *L*.

Questão 05
Comentários:
A) Uma parte tem *n* mols e outra *2n* mols. Como os gases são ideais, podemos escrever $P_A V_A = 2nRT$ e $P_B V_B = nRT$, para as partições *A* e *B*, respectivamente. Daí resulta que $P_B V_B = \frac{P_A V_A}{2}$. No equilíbrio, como a área da parede é igual para os dois gases, obtém-se $P_A = P_B$. Isto implica que $x_A = 2x_B$, onde x_A e x_B são os comprimentos ocupados pelos gases em cada partição do cilindro no equilíbrio. Como $x_A + x_B = L$, tem-se que $3x_B = L$, ou seja $x_B = \frac{L}{3}$. Logo o volume da partição A vale $V_A = \frac{2}{3}SL$ e de B vale $V_B = \frac{1}{3}SL$.

B) O módulo do deslocamento da parede será dado por $\Delta x = \frac{L}{2} - \frac{L}{3} = \frac{L}{6}$.

Pontuação: O item A vale seis pontos; o item B vale quatro pontos.

06. Considere um conjunto de *N* resistores, cada um com resistência *R*. Os resistores estão conectados sobre um plano, formando um polígono de *N* lados. De que maneira deve-se medir a resistência equivalente, para que se obtenha o maior valor possível dela?

Questão 06
Comentários:
Se medirmos entre dois pontos que compreendam *k* resistências, então a resistência equivalente será

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{kR} + \frac{1}{(N-k)R},$$

de modo que $R_{eq} = \left(Nk - k^2\right)\frac{R}{N}$. Note-se que o termo entre parênteses é um polinômio de segundo grau em k. O máximo de um polinômio do segundo grau $ax^2 + bx + c$, com $a < 0$, é $x = -b/2a$. Como $a = -1$ e $b = N$ no polinômio entre parênteses, temos que a resistência equivalente máxima será quando $k = \frac{N}{2}$ para N par, e $k = \frac{N+1}{2}$ ou $k = \frac{N-1}{2}$ para N ímpar.

Pontuação: A questão vale até dez pontos.

07. Considere dois resistores, $R_1 = R$ e $R_2 = 3R$, e uma bateria de força eletromotriz ε de resistência interna nula. Quando esses elementos de circuito são ligados em série, a potência fornecida pela bateria à associação de resistores é P_s, enquanto, na associação em paralelo a potência fornecida pela bateria aos resistores é P_P. Determine a razão P_s / P_P.

Questão 07
Comentários:
No circuito em série, a corrente é dada por

$$i_s = \frac{\varepsilon}{(R + 3R)} = \frac{\varepsilon}{4R} \qquad (1).$$

A potência fornecida pela bateria para o circuito no qual os resistores estão ligados em série é

$$P_s = i_s\varepsilon = \frac{\varepsilon^2}{4R} \qquad (2).$$

No circuito em paralelo, a corrente é dada por

$$i_p = \frac{\varepsilon}{\left(\frac{3R}{4}\right)} = \frac{4\varepsilon}{3R} \qquad (3).$$

A potência fornecida pela bateria para o circuito no qual os resistores estão ligados em paralelo é

$$P_p = i_p\varepsilon = \frac{4\varepsilon^2}{3R} \qquad (4).$$

Das equações (2) e (4), obtemos que

$$\frac{P_s}{P_p} = \frac{\left(\frac{\varepsilon^2}{4R}\right)}{\left(\frac{4\varepsilon^2}{3R}\right)} = \frac{3}{16}.$$

Pontuação: A questão vale até dez pontos.

08. Em um dado instante de tempo, uma partícula X (massa *m* e carga elétrica nula) e uma partícula Y (massa *m* e carga elétrica positiva *q*) entram com velocidades iguais e de módulo *v*, em uma região na qual está presente um campo magnético uniforme de intensidade B. As partículas são lançadas em um mesmo plano perpendicular ao campo magnético.

A) Determine o intervalo de tempo Δt para o qual as partículas terão suas velocidades em sentidos opostos.

B) Determine a variação da energia cinética total do sistema no intervalo de tempo encontrado no item anterior.

Desconsidere quaisquer efeitos gravitacionais e de dissipação de energia.

Questão 08
Comentários:
A partícula sem carga movimenta-se na região de campo magnético sem qualquer alteração na direção e no módulo de sua velocidade. Por outro lado, a partícula com carga q sofre a ação do campo magnético uniforme, de modo a descrever uma trajetória circular. Sabendo que o campo magnético não é capaz de alterar o módulo da velocidade da carga, a variação de energia cinética do sistema é nula em qualquer instante de tempo.

(a) A) As partículas terão suas velocidades em sentidos opostos quando a partícula com carga q percorrer metade da trajetória circular. Logo, o intervalo de tempo será de meio período. O período do movimento de uma partícula carregada em um campo magnético uniforme é

$$T = 2\pi \frac{m}{qB}.$$

Logo, o intervalo de tempo de meio período é

$$\Delta t = \frac{\pi m}{qB}.$$

B) Pelo exposto no texto acima, a variação de energia cinética é zero.

Pontuação: O item A vale seis pontos; o item B vale quatro pontos.