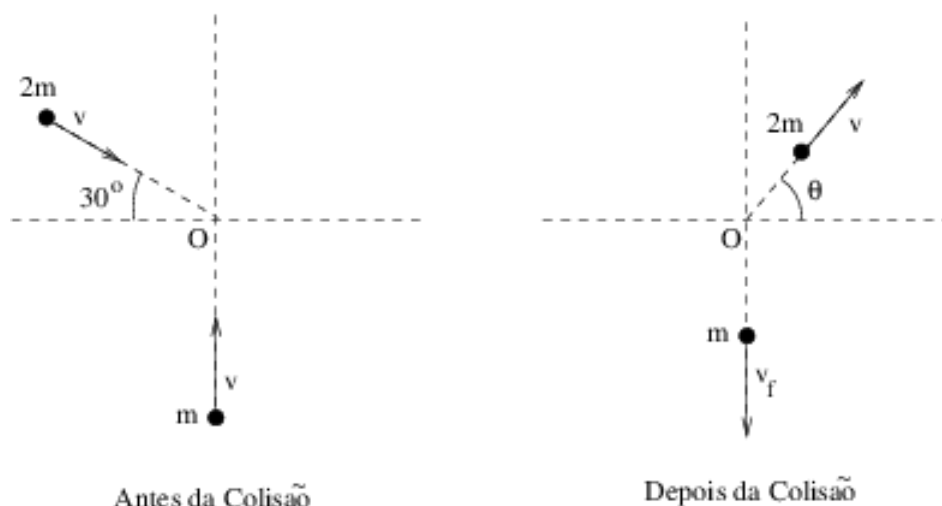


QUESTÕES DISCURSIVAS

Questão 1. (3 pontos) Numa mesa horizontal sem atrito, dois corpos, de massas $2m$ e m , ambos com a mesma rapidez v , colidem no ponto O conforme a figura. A rapidez final do corpo de massa $2m$ também é v .

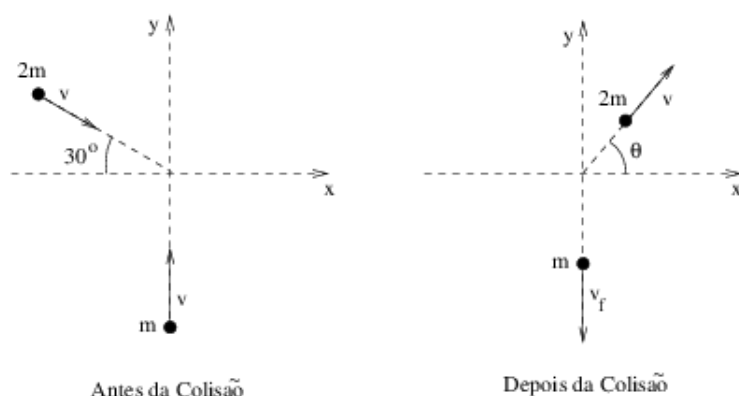


- (a) (0,5 ponto) O momento linear se conserva? De quê? Justifique a resposta.
- (b) (1,5 ponto) Determine o ângulo θ e a rapidez final v_f do corpo de massa m .
- (c) (1,0 ponto) Se $m=1,0\text{kg}$, $v=10\text{m/s}$ e a colisão dura $1,0 \times 10^{-3}\text{ s}$, determine a intensidade da força média sobre o corpo de massa m durante a colisão.

Solução

(a) **(0,5 ponto)** O momento linear do sistema formado pelos dois corpos se conserva porque a resultante das forças externas sobre o sistema é zero: não há forças horizontais e o peso de cada corpo é equilibrado pela força normal exercida pela mesa.

(b)



(b) Com os eixos escolhidos como na figura acima, a conservação do momento linear dá

(0,5 ponto) na direção x: $2mv \cos 30^\circ = 2mv \cos \Theta;$ (1)

(0,5 ponto) na direção y: $mv - 2mv \sin 30^\circ = 2mv \sin \Theta - mv_f.$ (2)

(0,5 ponto pelo restante)

De (1) conclui-se que $\cos \Theta = \cos 30^\circ$. Portanto, $\Theta = 30^\circ$.

Usando este resultado em (2) e $\sin 30^\circ = 1/2$, resulta

$$mv - mv = mv - mv_f \rightarrow v_f = v.$$

(b) Pelo teorema do impulso-momento linear, $\mathbf{J} = \Delta \mathbf{p}$ onde $\Delta \mathbf{p} = m\mathbf{v}_f - m\mathbf{v}_i$, isto é,

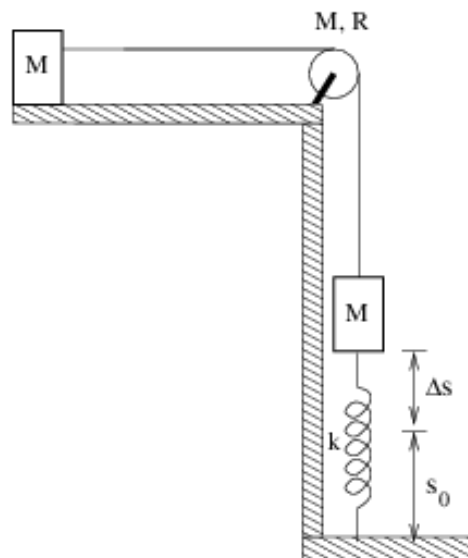
(0,7 ponto) $\mathbf{F} \Delta t = \mathbf{J} = -mv \mathbf{j} - mv \mathbf{j} = -2mv \mathbf{j},$

onde $\mathbf{F}$ é a força média sobre m durante a colisão, Δt é a duração da colisão e $\mathbf{j}$ é o vetor unitário no sentido positivo do eixo y. (Quem não usou notação vetorial mas escreveu corretamente a componente y desta equação também deve ganhar 0,7 ponto.)

Segue-se que

(0,3 ponto) $|\mathbf{F}| = 2mv / \Delta t = 2 \times 1,0 \times 10 / 10^{-3} = 2,0 \times 10^4 \text{ N}.$

Questão 2. (3 pontos) No sistema descrito na figura, os blocos e a polia têm a mesma massa $M=2,0\text{kg}$. A polia é um disco de raio R com momento de inércia $I=MR^2/2$ (em relação a um eixo perpendicular ao plano do disco passando pelo centro). O fio é inextensível, tem massa desprezível e não escorrega sobre a polia. A mola, de comprimento natural s_0 e constante elástica $k=1600\text{N/m}$, está inicialmente esticada de $\Delta s=10\text{cm}$. Não há atrito entre o bloco superior e a mesa horizontal.



(a) (0,5 ponto) Depois que a mola é liberada e começa o movimento, a energia mecânica se conserva? De que sistema? Explique.

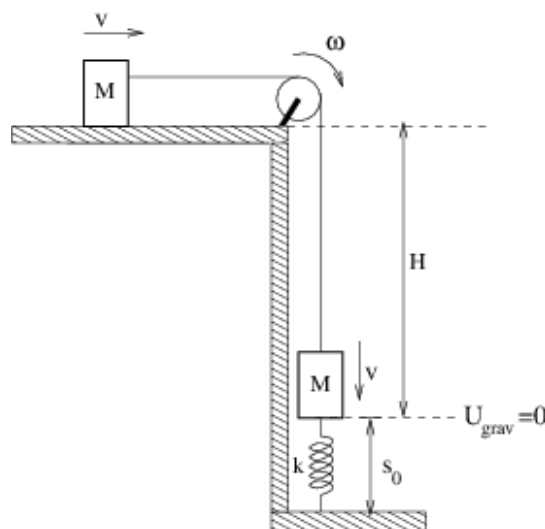
(b) (1,5 ponto) Se o sistema parte do repouso, determine o módulo da velocidade de cada bloco quando a mola passa por sua posição de equilíbrio, em que ela retoma seu comprimento natural. **[Use $g=10\text{m/s}^2$.]**

(c) (1,0 ponto) No momento em que a mola retoma seu comprimento natural, qual é o módulo da aceleração de cada bloco?

Solução

(a) **(0, 5 ponto)** A energia mecânica do sistema (blocos + polia + mola + Terra) se conserva porque não há forças externas nem atrito cinético. **(Se identificar o sistema corretamente e disser apenas que a energia mecânica se conserva porque não há atrito, deve ganhar a pontuação integral.)**

(b) Situação final:



Pelo fato de o fio ser inextensível, os blocos adquirem a mesma rapidez. Portanto, a conservação da energia mecânica $E_{\text{mec},f} = E_{\text{mec},i}$ escreve-se explicitamente

(1,0 ponto)
$$Mv^2/2 + Mv^2/2 + I \omega^2/2 + MgH = Mg\Delta s + k\Delta s^2/2 + MgH.$$
 (1)

Observação: como a energia potencial gravitacional do bloco superior não muda, o termo MgH poderia ter sido omitido em ambos os membros da Eq. (1).

(0,5 ponto pelo restante)

Como o fio não desliza sobre a polia, vale o vínculo $v = \omega R$. Usando $I = MR^2/2$ e este vínculo, a Eq. (1) torna-se (após multiplicação por 2)

$$2Mv^2 + Mv^2/2 = 2Mg\Delta s + k\Delta s^2 \rightarrow (5M/2) v^2 = 2Mg\Delta s + k\Delta s^2$$

Com $g=10\text{m/s}^2$, $M=2,0\text{kg}$, $\Delta s = 0,1\text{m}$ e $k=1600\text{N/m}$, resulta

$$v^2 = (2/5M)[2Mg\Delta s + k\Delta s^2] = (1/5)[4+16]=4 \rightarrow v=2,0\text{m/s}.$$

(c) No instante em que a mola está relaxada, a força por ela exercida é zero. As forças sobre os blocos e a polia estão representadas na figura abaixo, onde cada símbolo representa o módulo da respectiva força. O peso da polia e a força F exercida pelo eixo de rotação (e sustentação) não produzem torque em relação ao eixo de rotação da polia. Como o fio tem massa desprezível, a tensão nas extremidades das partes horizontal e vertical do fio é a mesma. O módulo da aceleração de cada bloco é o mesmo porque o fio é inextensível. Aplicando a segunda lei de Newton aos blocos e $I\alpha = \tau$ à polia, temos (a representa o módulo da aceleração de cada bloco):

(0,7 ponto pelo conjunto de equações abaixo)

bloco superior, direção x :

$$Ma = T_2 ;$$

(2)

bloco inferior, direção y :

$$Ma = Mg - T_1 ;$$

(3)

polia, sentido positivo horário:

$$I\alpha = T_1 R - T_2 R;$$

(4)

vínculo (fio não desliza sobre a polia) :

$$a = \alpha R.$$

(5)

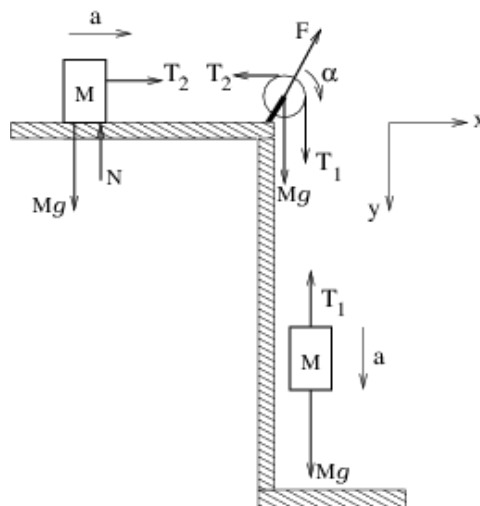
(0,3 ponto pelo restante)

Usando $I=MR^2/2$ e $\alpha = a/R$ em (4) resulta

$$Ma/2 = T_1 - T_2 . \quad (6)$$

Somando as Eqs. (2), (3) e (6) obtém-se

$$5Ma/2 = Mg \rightarrow a = 2g/5 = 4,0 \text{ m/s}^2.$$



Questões de Múltipla Escolha

(Valor de cada uma: 0,4 ponto)

1. Um elevador sustentado por um cabo desce com velocidade constante. As únicas forças agindo sobre o elevador são a tensão no cabo e a força gravitacional. Durante a descida do elevador, qual das seguintes afirmações é verdadeira?

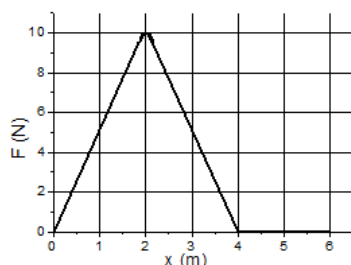
- (a) O trabalho realizado pela tensão é positivo.
- (b) O trabalho realizado pela força gravitacional é negativo.
- (c) O trabalho realizado pela tensão é zero.
- (d) O trabalho realizado pela força gravitacional é zero.
- (e) O trabalho realizado pela força resultante é zero.**

2. Um satélite inativo penetra na atmosfera e cai verticalmente sob a ação da gravidade terrestre e da resistência do ar. O satélite atinge a velocidade terminal (velocidade limite) quando se encontra a uma altura H da superfície da Terra. Durante o restante da queda desta altura até atingir a superfície da Terra, a variação da energia térmica do sistema (satélite + atmosfera + Terra) é

- (a) Zero.
- (b) Igual à variação da energia potencial gravitacional do satélite.
- (c) Igual a menos a variação da energia potencial gravitacional do satélite.**
- (d) Igual à variação da energia cinética do satélite.
- (e) Igual à soma das variações da energia cinética e da energia potencial do satélite.

3. Uma força que age sobre um objeto é dita **conservativa** se

- (a) ela obedece às leis de Newton;
- (b) ela provoca uma mudança na energia cinética do objeto;
- (c) ela sempre age no mesmo sentido do movimento do objeto;
- (d) o trabalho que ela realiza sobre o objeto não depende do caminho seguido pelo objeto;**
- (e) o trabalho que ela realiza sobre o objeto é igual à variação da energia cinética do objeto.



4. Uma partícula move-se para a direita, submetida à força F que varia com a posição conforme mostra o gráfico. Quando está em $x = 0$ m, sua energia cinética é de 10 J. Qual é a energia cinética da partícula quando ela está em $x = 5$ m?

- (a) Nula.
- (b) 10 J
- (c) 20 J
- (d) 30 J**
- (e) 40 J

5. Uma bola de tênis tem velocidade de 12 m/s para baixo imediatamente antes de bater no chão. Ao atingir o solo a bola quica e abandona o chão com velocidade de 12 m/s para cima. Qual das afirmações abaixo a respeito desta situação é verdadeira?

- (a) **O momento linear da bola e o momento linear da Terra mudam.**
- (b) Nem o momento linear da bola nem o momento linear da Terra mudam.
- (c) O momento linear da bola muda; o momento linear da Terra não muda.
- (d) O momento linear da bola não muda; o momento linear da Terra muda.
- (e) Tanto o momento linear quanto a energia cinética da bola mudam por causa da colisão.

6. Um veículo espacial de massa m tem rapidez v . Num certo instante, ele se separa em duas partes, cada uma de massa $m/2$. Uma das partes fica em repouso logo após a separação. Qual das seguintes afirmações a respeito desta situação é verdadeira?

- (a) **A parte que se move tem rapidez $2v$.**
- (b) Neste processo a energia cinética se conserva.
- (c) A parte em repouso possui energia cinética.
- (d) Neste processo a energia total não se conserva.
- (e) Neste processo o momento linear total não se conserva.

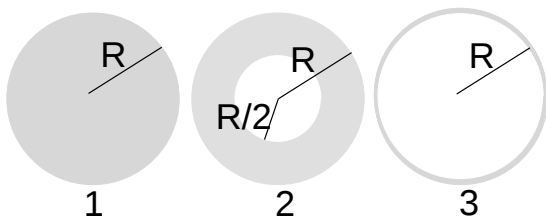
7. A quantidade de trabalho necessário para parar um objeto em movimento é igual

- (a) à velocidade do objeto;
- (b) **à energia cinética do objeto;**
- (c) à massa do objeto vezes sua aceleração;
- (d) à massa do objeto vezes sua velocidade;
- (e) ao quadrado da velocidade do objeto.

8. Um corpo rígido gira em torno de um eixo fixo. Qual das afirmações é sempre verdadeira?

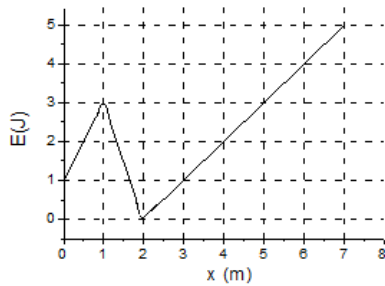
- (a) A velocidade do centro de massa do corpo é zero.
- (b) Todos os pontos do corpo o têm a mesma velocidade linear.
- (c) A aceleração do centro de massa do corpo é zero.
- (d) **Todos os pontos do corpo têm a mesma velocidade angular.**
- (e) Todos os pontos do corpo têm a mesma aceleração tangencial.

9. Os três corpos rígidos mostrados na figura têm a mesma massa, e densidade homogênea. O corpo 1 é um disco, o corpo 2 é um anel e o corpo 3 é um aro fino. Para um eixo de rotação passando pelo centro de massa, e perpendicular ao plano dos corpos, ordene os seus momentos de inércia.



- (a) $I_1 > I_2 > I_3$
- (b) **$I_3 > I_2 > I_1$**
- (c) $I_1 = I_2 = I_3$
- (d) $I_2 > I_3 > I_1$
- (e) $I_3 > I_1 > I_2$

10. No diagrama abaixo, de energia versus posição, está mostrado o gráfico da energia potencial de uma partícula que se move ao longo de uma linha reta. Quando passa pela posição $x=1$ m, a partícula está se movendo para a direita e possui 1 J de energia cinética. Onde se encontra o ponto de retorno desta partícula, ponto em que ela para momentaneamente e o sentido do movimento se inverte?



- (a) Em $x = 1$ m
- (b) Em $x = 2$ m
- (c) Em $x = 6$ m**
- (d) Em $x = 7$ m
- (e) A partícula não tem ponto de retorno.