

Física I: Prova de Reposição – 26/03/2016

NOME _____

MATRÍCULA _____ TURMA _____ PROF. _____

Lembrete:

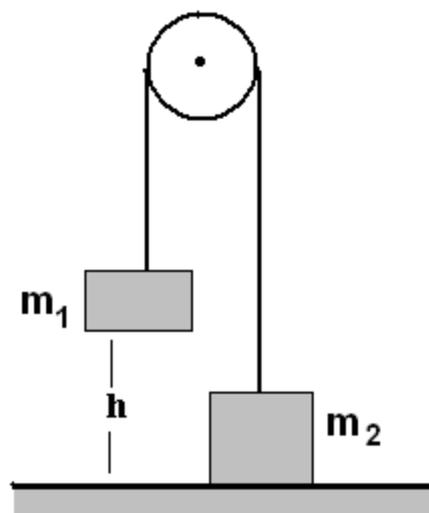
A prova consta de **3 questões discursivas** (que deverão ter respostas **justificadas**, desenvolvidas e demonstradas matematicamente) e **10 questões de múltipla escolha**. As questões discursivas valem 2,0 pontos e as de múltipla escolha valem 0,4 ponto cada.

Utilize: $g = 9,80 \text{ m/s}^2$, exceto se houver alguma indicação em contrário.

1. [2,0pontos] Dois blocos estão conectados por uma corda leve que passa por uma polia, cujo raio é 0,50 m, e montada em um eixo horizontal fixo que passa pelo centro da polia, como é mostrado na figura. O momento de inércia da polia em relação ao eixo de rotação é $4,50 \times 10^{-2} \text{ kg m}^2$. Quando a polia gira, o atrito com o eixo exerce um torque de módulo igual a 1,60 N m. O bloco de massa $m_1 = 5,00 \text{ kg}$ está suspenso a uma altura $h = 4,00 \text{ m}$ do solo e é mantido em repouso. O segundo bloco de massa $m_2 = 3,00 \text{ kg}$ se encontra no solo. O bloco m_1 é liberado a partir do repouso e a corda se desenrola sem escorregar na polia.

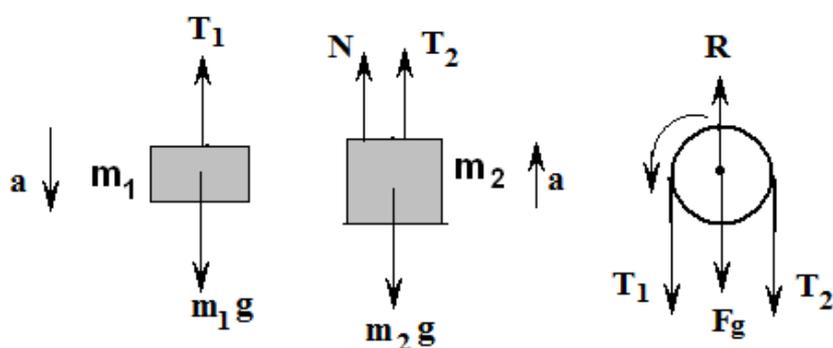
(a) [1,0ponto] Desenhe os diagramas de corpo livre para os blocos e polia.

(b) [1,0ponto] Calcule a velocidade angular da polia no instante em que o bloco de massa m_1 toca o solo.



Solução

(a) Diagramas de corpo livre



(b) Utilizando a segunda lei de Newton e o diagrama de corpo livre nos blocos, escrevemos, em termos das forças sobre os blocos, durante o movimento, na direção vertical positiva para cima,

$$T_1 - m_1 g = -m_1 a \quad \text{-----} \quad (1)$$

$$T_2 - m_2 g = m_2 a \quad \text{-----} \quad (2)$$

A força normal \mathbf{N} , exercida pelo solo sobre o bloco m_2 , é nula durante seu movimento. Os torques devido às forças \mathbf{R} (reação do eixo sobre a polia) e a \mathbf{F}_g (ação da Terra sobre a polia) em relação ao eixo de rotação da polia localizado no centro da polia são nulos, pois a linha de ação das forças passa pelo eixo de rotação. As tensões \mathbf{T}_1 e \mathbf{T}_2 exercem torques na polia:

$$RT_1 - RT_2 - \tau_{atr} = I\alpha \quad \text{-----} \quad (3)$$

O fio desenrola sem escorregar à medida que o bloco m_1 desce provocando na polia uma rotação no sentido anti-horário, considerando este positivo. O atrito no eixo de rotação produz um torque, τ_{atr} , no sentido contrário ao da rotação, sentido horário. Substituindo as expressões de T_1 e T_2 das eqs.(1) e (2) na eq.(3) e usando a condição em que a corda não escorrega na polia, $a = R\alpha$, resolvemos para a aceleração angular da polia

$$\alpha = \frac{(m_1 - m_2)gR - \tau_{atr}}{(m_1 + m_2)R^2 + I}$$

Utilizando os valores apresentados no enunciado, a aceleração angular é calculada,

$$\alpha = \frac{(5,00 - 3,00)9,80 \times 0,50 - 1,60}{(5,00 + 3,00)(0,50)^2 + 4,50 \times 10^{-2}}$$

$$\alpha = 4,00 \text{ rad} / \text{s}^2.$$

Um ponto da polia apresenta o deslocamento angular $\Delta\theta = h/R$, desde o início de seu movimento de rotação até no instante em que o bloco m_1 toca o solo. Usando a equação cinemática rotacional, com $\omega_i = 0$, para calcular a velocidade angular da polia,

$$\omega_f^2 = 2\alpha\Delta\theta \Rightarrow \omega_f = \sqrt{2\alpha\Delta\theta} = \sqrt{2\alpha \frac{h}{R}},$$

obtemos

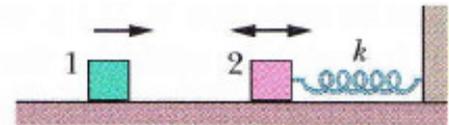
$$\omega_f = \sqrt{2 \times 4,00 \times \frac{4,00}{0,50}} \Rightarrow \omega_f = 8,00 \text{ rad} / \text{s}.$$

2. [2,0pontos] Na figura, o bloco 2 de massa 2,00kg presa na extremidade de uma mola de massa desprezível é colocado sobre uma superfície horizontal sem atrito. Este bloco oscila com período de 20ms e a posição é dada por $x(t) = 1,00\cos(\omega t + \pi/2)$ em centímetros, com eixo x orientado para a direita. O bloco 1 de massa 4,00 kg desliza em direção ao bloco 2 com uma velocidade de módulo 6,00 m/s, dirigida ao longo do comprimento da mola. Os dois blocos efetuam uma colisão perfeitamente inelástica no instante $t = 10,00$ ms. A duração da colisão é muito menor que o período do movimento.

(a) [0,5ponto] Calcule a constante elástica k da mola.

(b) [1,0ponto] Qual é o módulo da velocidade do bloco 2 imediatamente antes da colisão?

(c) [0,5ponto] Calcule as energias cinética e potencial elástica do sistema massa+mola imediatamente após a colisão



(a) A constante elástica k da mola é determinada a partir da expressão da frequência angular ω ,

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m_2}} = \frac{2\pi}{T} \text{ ----- (1)}$$

e obtemos

$$k = \frac{4\pi^2 m_2}{T^2} \text{ ----- (2)}$$

Utilizando os valores conhecidos, a massa do bloco 2, $m_2 = 2,00$ kg, e o período da oscilação, $T = 20 \times 10^{-3}$ s, encontramos o valor da constante elástica da mola,

$$k = 1,97 \times 10^5 \text{ N/m.}$$

(b) Dada a equação da posição do bloco 2 em função do tempo, $x(t) = 1,00 \cos(2\pi t/T + \pi/2)$, sua velocidade, $v(t) = dx(t)/dt$, é em cm/s

$$v_2(t) = -\frac{2\pi}{T} \text{sen}\left(\frac{2\pi}{T}t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ ----- (3)}$$

Verifica-se que no instante inicial, $t = 0$, o bloco passa pela posição de equilíbrio da mola, $x(0) = 0$, e com velocidade, $v_2(0) = -314$ cm/s, em direção ao eixo x negativo. No instante da colisão, $t = 10\text{ms} = T/2$, a velocidade do bloco é

$$v_2(T/2) = 314 \text{ cm/s} = 3,14\text{m/s}$$

e está movendo para a direita.

(c) No momento da colisão perfeitamente inelástica, o bloco 2 está passando pela posição de equilíbrio da mola, ou seja, a força elástica sobre o bloco 2 é nula. O momento linear na direção horizontal se conserva na colisão, pois não há nenhuma força atuando nos blocos nesta direção:

$$P_{\text{apos}} = P_{\text{antes}}$$

$$(m_1 + m_2)v_{\text{apos}} = m_1v_1 + m_2v_2$$

Resolvendo para a velocidade após a colisão, v_{apos} ,

$$v_{\text{apos}} = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{m_1 + m_2}$$

e substituindo os valores numéricos,

$$v_{\text{apos}} = \frac{4,00 \times 6,00 + 2,00 \times 3,14}{6,00}$$

$$v_{\text{apos}} = 5,05 \text{ m/s}$$

A energia cinética dos blocos colados, após a colisão, é

$$K_{\text{apos}} = \frac{(m_1 + m_2)v_{\text{apos}}^2}{2} = 76,5 \text{ J}$$

e a energia potencial elástica é nula

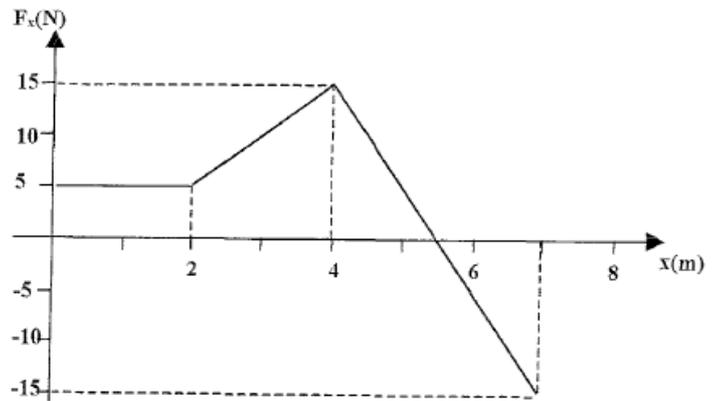
$$U_{\text{el}} = 0$$

por que a colisão ocorre na posição de equilíbrio da mola.

3. [2,0pontos] Um corpo de massa 3,0 kg desloca-se em linha reta sobre uma superfície horizontal sem atrito. É aplicada uma força $F_x(x)$, na direção horizontal que varia com a posição conforme apresentada na figura.

(a) [1,0ponto] Se o corpo parte do repouso em $x = 0$, determine a velocidade do corpo ao atingir a posição $x = 7,0\text{m}$.

(b) [1,0ponto] Agora suponha que além da força $F_x(x)$ atue, sobre a partícula, uma força de atrito. Determine o módulo da força de atrito entre o corpo e a superfície se o corpo parte do repouso em $x = 0$ e volta ao repouso em $x = 7,0\text{m}$.



(a) Podemos usar o teorema do trabalho-energia cinética a um corpo que parte do repouso, $v_i = 0$ em $x_i = 0$, para determinar o módulo da velocidade do corpo ao chegar na posição $x_7 = 7,0\text{m}$,

$$\Delta K = \frac{mv_7^2}{2} - 0 = W_{res} \quad (1)$$

e

$$W_{res} = W_F \quad (2)$$

O trabalho realizado pela força $F_x(x)$ sobre o corpo, tendo partido de $x_i = 0$, é

$$W_F = \int_0^{x_7} F_x(x) dx.$$

Este trabalho é determinado calculando-se a área sob a curva do gráfico de $F_x(x)$ em função do deslocamento x do corpo desde 0 até $x_7 = 7,0\text{ m}$.

$$W_F = 2 \times 5 + \frac{2 \times (5 + 15)}{2} + \frac{1,5 \times 15}{2} - \frac{1,5 \times 15}{2}$$

$$W_F = 30\text{J} \quad (3)$$

O teorema do trabalho-energia cinética, eq.(1), fornece

$$v_7 = \sqrt{\frac{2W_F}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 30}{3}} = \sqrt{20}$$

E a velocidade do bloco em $x = 7,0\text{ m}$ é

$$v_7 = 4,5\text{m/s}.$$

(b) Devemos incluir na eq.(1), o trabalho realizado pela força de atrito cinético, W_{atr} . A força de atrito, f_c , se opõe ao deslocamento, logo o trabalho realizado por esta força é

$$W_{atr} = -f_c \Delta x$$

e o trabalho total é

$$W_{res} = W_F + W_{atr} = W_F - f_c \Delta x \quad (4)$$

O deslocamento do bloco é $\Delta x = 7,0$ m. Como o bloco parte do repouso e volta ao repouso, então a variação da energia cinética é nula,

$$\Delta K = 0. \quad (5)$$

Utilizando as eqs.(4) e (5), o teorema do trabalho- energia cinética, eq.(1), se torna

$$W_F - f_c \Delta x = 0$$

e a força de atrito cinético é determinado

$$f_c = \frac{W_F}{\Delta x} = \frac{30}{7}$$

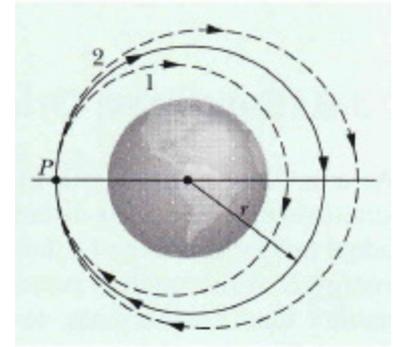
$$f_c = 4,3N.$$

Questões de Múltipla Escolha

1. [0,4] Um pêndulo é montado em um elevador que está descendo desacelerado. Comparando com o período num elevador em repouso, o período do pêndulo

- (A) é maior;
- (B) é menor;**
- (C) é o mesmo;
- (D) é zero;
- (E) é impossível determinar.

2. [0,4] Na figura, um ônibus espacial está inicialmente em uma órbita circular de raio r em torno da Terra. No ponto P, o piloto aciona por alguns instantes os motores propulsores, ejetando gases para a frente, a fim de reduzir a energia cinética K e a energia mecânica E do ônibus espacial. Qual das órbitas elípticas tracejadas mostradas na figura o ônibus espacial irá seguir? O período orbital T do ônibus espacial será maior, menor ou o mesmo da órbita circular?



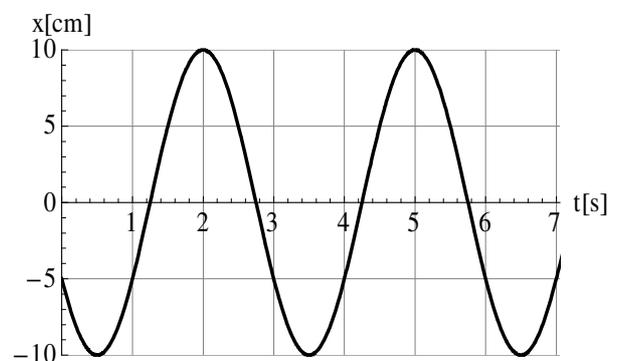
- (A) órbita 1; T maior.
- (B) órbita 2; T menor.
- (C) órbita 1; T menor.**
- (D) órbita 2; T maior.
- (E) órbita 1; T inalterado

3. [0,4] Um amigo lança uma bola pesada em direção a você enquanto você está de pé sobre uma superfície lisa de gelo. O que você faria de modo a maximizar sua velocidade imediatamente após sua interação com a bola?

- (A) Você pegaria a bola.
- (B) Você rebateria a bola na direção de seu amigo à mesma velocidade com que ela atingiu sua mão.**
- (C) Você deixaria a bola passar por você sem tocar nela.
- (D) Não importa – sua velocidade é a mesma independentemente do que você faria.
- (E) São necessárias mais informações para se determinar como maximizar sua velocidade.

4. [0,4] Um corpo oscila periodicamente e sua posição em função do tempo é mostrada no gráfico A função $x(t) = A \cos(\omega t + \phi_0)$ que descreve este movimento é

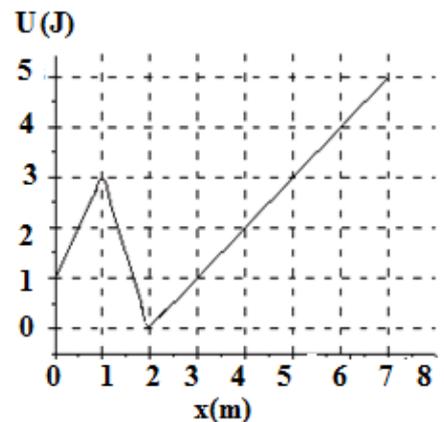
- (A) $10 \cos[(2\pi/3)t - 2\pi/3]$
- (B) $-5 \cos[(2\pi/3)t + 2\pi]$
- (C) $10 \cos[(\pi)t - 2\pi/3]$
- (D) $10 \cos[(2\pi/3)t + 2\pi/3]$**
- (E) $-5 \cos[(2\pi/3)t]$



5. [0,4] Uma estrela de neutrons esférica de massa M e raio R ($I=2MR^2/5$) gira com uma velocidade angular ω . A intensa atração gravitacional faz a estrela encolher com o tempo. Se o seu raio diminuir pela metade, Qual será a razão entre a energia cinética inicial K_0 e final K_f ?

- (A) $K_0/K_f = 1$
- (B) $K_0/K_f = 2$
- (C) $K_0/K_f = 4$
- (D) $K_0/K_f = 1/2$
- (E) $K_0/K_f = 1/4$

6. [0,4] Uma partícula com a energia potencial mostrada no gráfico está se movendo para a direita. Ela possui 1 J de energia cinética na posição $x=1$ m. 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.

7. [0,4] Um dublê de cinema salta do terraço de um edifício alto mas não se machuca porque cai sobre um colchão cheio de ar. Qual das seguintes afirmações melhor descreve por que o dublê não sofre nenhum ferimento?

- (A) O colchão fornece a força necessária para parar a pessoa.
- (B) O colchão reduz o impulso da pessoa.
- (C) O colchão aumenta o tempo durante o qual a força age sobre a pessoa e reduz a variação do seu momento linear.
- (D) O colchão diminui o tempo durante o qual o momento linear da pessoa varia e reduz a força média sobre a pessoa.
- (E) O colchão aumenta o tempo durante o qual o momento linear da pessoa varia e reduz a força média sobre a pessoa.

8. [0,4] Um bloco de massa m , descendo um plano inclinado de ângulo θ acima da superfície horizontal a velocidade constante, está inicialmente a uma altura h sobre a base do plano. O coeficiente de atrito cinético entre o bloco e o plano é μ . Se o bloco continua a descer a velocidade constante, quanta energia é dissipada por atrito quando o bloco chega a base?

- (A) mgh/μ
- (B) mgh
- (C) $\mu mgh/\sin \theta$
- (D) $mgh \sin \theta$
- (E) 0

9. [0,4]Um objeto colide com uma mola, a qual está conectada a outra massa no extremo oposto, que está inicialmente em repouso numa superfície sem atrito. No ponto de máxima compressão da mola, ambas as massas estão com o mesmo módulo da velocidade. Pode-se afirmar que no sistema das duas massas e a mola se conserva:

- (A) o momentum e a energia mecânica
- (B) somente o momentum
- (C) somente a energia cinética
- (D) o momentum e a energia cinética
- (E) o momentum e a energia potencial

10. [0,4]Uma menina movendo-se sobre patins com velocidade de 8,0 m/s está se aproximando de um menino que se move a 5,0 m/s à frente dela, enquanto os dois percorrem o mesmo caminho reto. O menino joga uma bola com velocidade 12 m/s em relação a ele para trás, na direção da menina. Qual é a velocidade da bola com relação à menina que apanha a bola?

- (A) 25 m/s;
- (B) -9,0 m/s;
- (C) 1,0 m/s;
- (D) 15 m/s;
- (E) -15 m/s;