

Física I – Prova 2 – 20/02/2016

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.

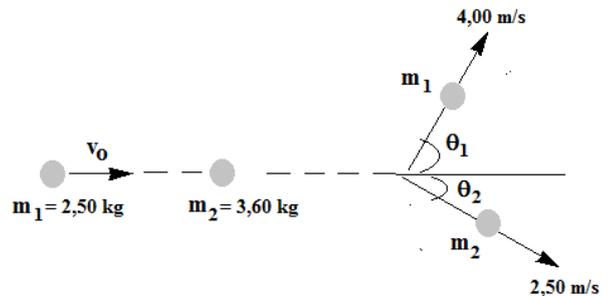
**Utilize:**  $g = 9,80 \text{ m/s}^2$ , exceto se houver alguma indicação em contrário.

**Q1.(2,0 pontos)** Dois objetos se encontram sobre uma superfície horizontal sem atrito. Um objeto de 2,50kg de massa colide elasticamente com outro de 3,60kg que, inicialmente, está em repouso. O objeto mais leve possui, após a colisão, uma rapidez de 4,00 m/s e se move formando um ângulo  $\theta_1$  em relação à sua direção original ; o objeto mais pesado possui uma rapidez de 2,50 m/s e se move formando um ângulo  $\theta_2$ , conforme é mostrado na figura.

(a) (0.5 ponto) Explique se o momentum do objeto mais leve se conserva ou não.

(b) (0.5 ponto) Determine a rapidez inicial do objeto mais leve.

(c) (1.0 ponto) Calcule os ângulos  $\theta_1$  e  $\theta_2$ .



**Resolução:** Os dados da questão são  $m_1 = 2,50 \text{ kg}$ ;  $m_2 = 3,60 \text{ kg}$ ;  $v_1 = 4,00 \text{ m/s}$ ;  $v_2 = 2,50 \text{ m/s}$ .

Encontrar os valores de  $v_0$ ,  $\theta_1$  e  $\theta_2$ .

(a) O momento linear de objeto mais leve antes da colisão é  $\mathbf{p}_i = m_1 \mathbf{v}_0 = 2,50 v_0 \hat{i}$  e, após a colisão,  $\mathbf{p}_f = m_1 v_1 \cos \theta_1 \hat{i} + m_1 v_1 \sin \theta_1 \hat{j}$ . Claramente, os vetores momentos de objeto mais leve antes e após são diferentes e se conclui que o momentum de objeto mais leve **não** se conserva.

(b) A colisão ocorre num sistema isolado e o momentum total é conservado:

$$\mathbf{p}_{i1} + \mathbf{p}_{i2} = \mathbf{p}_{f1} + \mathbf{p}_{f2} . \text{-----} \quad (1)$$

Como a colisão é elástica, a energia cinética se conserva:

$$m_1 v_0^2/2 = m_1 v_1^2/2 + m_2 v_2^2/2 . \text{-----} \quad (2)$$

Escrevemos a eq.(1) para as componentes ao longo do eixo X ,

$$m_1 v_0 = m_1 v_1 \cos \theta_1 + m_2 v_2 \cos \theta_2 , \text{-----} \quad (3)$$

e, ao longo do eixo Y,

$$0 = m_1 v_1 \sin \theta_1 - m_2 v_2 \sin \theta_2 . \quad \text{-----} \quad (4)$$

Da eq.(2) obtém-se

$$v_0^2 = v_1^2 + (m_2/m_1) v_2^2 . \quad \text{-----} \quad (5)$$

Desta equação encontramos a rapidez  $v_0$  do objeto mais leve antes da colisão:

$$v_0^2 = 16 + (3,6/2,5) \times 2,5^2 = 25.$$

A resposta do item (b) é  **$v_0 = 5,00 \text{ m/s}$** .

(c) Os ângulos  $\theta_1$  e  $\theta_2$  são obtidos resolvendo as eqs(3) e (4) e utilizando o valor encontrado de  $v_0$ . Escrevemos

$$m_2 v_2 \cos \theta_2 = m_1 v_0 - m_1 v_1 \cos \theta_1 , \quad \text{-----} \quad (6)$$

$$m_2 v_2 \sin \theta_2 = m_1 v_1 \sin \theta_1 \quad \text{-----} \quad (7)$$

Quadrando as eqs. (6) e (7) e somando obtém-se

$$m_2^2 v_2^2 = m_1^2 v_0^2 + m_1^2 v_1^2 - 2 m_1^2 v_1 v_0 \cos \theta_1 \quad \text{-----} \quad (8)$$

onde foi usada a identidade trigonométrica  $\cos^2 \theta + \sin^2 \theta = 1$ . Portanto,

$$\cos \theta_1 = (m_1^2 v_0^2 + m_1^2 v_1^2 - m_2^2 v_2^2) / (2 m_1^2 v_1 v_0) .$$

Substituindo os valores numéricos obtemos

$$\cos \theta_1 = 175,25/250 = 0,701$$

Assim, o ângulo  $\theta_1$  é determinado:  **$\theta_1 = 45,5^\circ$** .

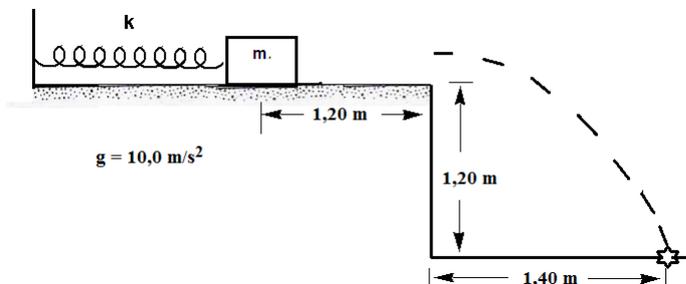
A eq. (7) é utilizada para obter  $\theta_2$ :

$$\sin \theta_2 = (m_1 v_1 / m_2 v_2) \sin \theta_1 = (2,5 \times 4 / 3,6 \times 2,5) \sin 45,5^\circ = 0,793 .$$

Portanto,  **$\theta_2 = 52,4^\circ$** .

**Resp.  $\theta_1 = 45,5^\circ$ .  $\theta_2 = 52,4^\circ$**

**Q2.(2,0 pontos)** Um objeto de 20,0 g de massa é posicionado contra a extremidade livre de uma mola de constante elástica igual a 25,0 N/m que é comprimida de 10,0 cm. Uma vez liberado, o objeto desliza 1,20 m, sobre a mesa, e cai no chão a 1,40 m da borda da mesa, como esquematizado na figura. A distância de deslizamento na mesa inclui os 10,0 cm de compressão da mola e a superfície da mesa está a 1,20 m acima do nível do solo. (Use  $g = 10,0 \text{ m/s}^2$ .)



(a) **(0,5 ponto)** Calcule a rapidez do objeto no instante em que perde contato com a borda da mesa.

(b) **(0,5 ponto)** Mostre que existe atrito entre o objeto e a superfície da mesa.

(c) **(1.0 ponto)** Calcule o coeficiente de atrito cinético.

**Resolução:** Dados da questão são:  $\Delta x = 10,0 \text{ cm} = 0,100 \text{ m}$ ;  $k = 25,0 \text{ N/m}$ ;  $m = 20,0 \text{ g} = 20,0 \times 10^{-3} \text{ kg}$ ;  $d = 1,20 \text{ m}$ ;  $D = 1,40 \text{ m}$ ;  $h = 1,20 \text{ m}$ ;  $g = 10,0 \text{ m/s}^2$ .

(a) Seja  $v_0$  a rapidez do objeto ao alcançar a borda da mesa. As seguintes equações descrevem o movimento do objeto desde o instante ( $t=0$ ) em que abandona a mesa até atingir o solo (o eixo  $x$  está sobre o solo; o eixo  $y$  tem origem no solo e está orientado para cima):

$$v_x = v_0, \quad x = v_0 t, \quad v_y = -g t, \quad y = h - gt^2/2.$$

O instante em que a bola atinge o solo obtém-se fazendo  $y=0$ . Logo,

$$t = (2 h/g)^{1/2} = (2 \times 1,20/10)^{1/2} = 0,490 \text{ s}.$$

O deslocamento horizontal do objeto é  $D = v_0 t$  e, portanto,

$$v_0 = 1,40/0,490 = 2,86 \text{ m/s}.$$

**Resp.  $v_0 = 2,86 \text{ m/s}$ .**

(b) Para verificar se existe atrito entre o objeto e a superfície da mesa, compara-se a energia mecânica,  $E_{\text{mec},0}$ , quando o objeto é liberado, com sua energia mecânica na borda da mesa,  $E_{\text{mec},b}$ . Escrevemos  $E_{\text{mec},0}$  como sendo a soma das energias potenciais elástica da mola e gravitacional do objeto. Tomemos o nível zero da energia potencial na superfície da mesa. Temos

$$E_{\text{mec},0} = k \Delta x^2/2 + 0 = 25 \times (0,10)^2/2 = 0,125 \text{ J}.$$

A energia mecânica do objeto na borda da mesa é a soma das energias cinética e potencial gravitacional:

$$E_{\text{mec},b} = m v_0^2/2 + 0 = 20,0 \times 10^{-3} (2,860)^2/2 = 0,082$$

Verifica-se que  $E_{\text{mec},b} < E_{\text{mec},0}$ , mostrando que **existe** atrito entre as superfícies do objeto e da mesa.

(c) Não havendo uma força externa aplicada ao sistema mola-objeto-mesa-Terra, escrevemos

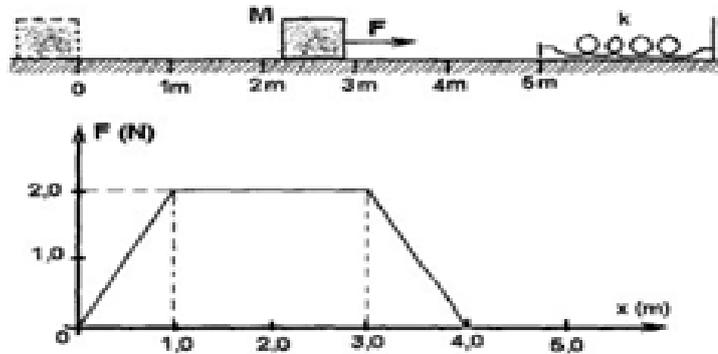
$$\Delta E_{\text{mec}} + \Delta E_{\text{term}} = 0 \quad \text{-----} \quad (9)$$

onde  $\Delta E_{\text{mec}} = E_{\text{mec},b} - E_{\text{mec},0} = 0,082 - 0,125 = -0,043$  e  $\Delta E_{\text{term}} = f_c d$ , onde  $f_c = \mu_C m g$  é a força de atrito cinético. A partir da eq. (9) determina-se o coeficiente de atrito cinético:

$$\mu_C = - \Delta E_{\text{mec}} / (m g d) = 0,043 / (0,020 \times 10 \times 1,20) = 0,179$$

**Resp.  $\mu_C = 0,179$**

**Q3.(2,0 pontos)** Um bloco de massa  $m=3,0$  Kg, partindo do repouso, é puxado sobre uma superfície horizontal sem atrito por uma força  $F$  cuja direção é sempre constante e horizontal. O módulo da força é variável, conforme o gráfico ao lado.



- (a) **(0,5 ponto)** Determine o trabalho realizado pela força desde  $x = 0$  até  $5,0$  m.
- (b) **(0,5 ponto)** Calcule a velocidade do bloco quando ele atinge a posição  $x = 5,0$  m.
- (c) **(1,0 ponto)** Após percorrer toda a superfície mostrada na figura o bloco é freado por uma mola de constante elástica  $k = 300$  N/m. Determine a compressão máxima da mola.

**Resolução:** Dados do problema:  $m = 3,0$  kg;  $k = 300$  N/m.

(A) O trabalho realizado pela força, representada no gráfico, desde  $x = 0$  até  $5,0$  m é

$$W_F = 1,0 \times 2,0 / 2 + (3,0 - 1,0) \times 2,0 + (4,0 - 3,0) \times 2,0 / 2 + 0 = 6,0$$

**Resp.  $W_F = 6,0$  J**

(B) A energia cinética do bloco é obtida utilizando o teorema do trabalho-energia cinética:

$$K_f - K_i = W_F,$$

onde  $K_i = 0$ , pois o bloco inicia o movimento a partir do repouso em  $x = 0$ , e em  $x = 5,0$  m, é

$$K_f = mv^2 / 2 = 6,0 \text{ J} \text{ donde } v = (12/3)^{1/2} = 2,0 \text{ m/s}$$

**Resp.  $v = 2,0 \text{ m/s}$ .**

(C) Como durante a compressão da mola a única força que age sobre o bloco é a força elástica, a energia mecânica do bloco se conserva. Considerando como inicial a situação em que o bloco toca na mola e final a situação em que a compressão máxima foi alcançada, temos

$$(E_{\text{mec}})_i = mv^2/2 = (E_{\text{mec}})_f = k \Delta x^2/2 .$$

Portanto.

$$\Delta x^2 = (m/k) v^2 = (3/300) \times 4 = 0,04$$

e a compressão máxima da mola é

$$|\Delta x| = 0,20\text{m} = 20\text{cm}.$$

**Resp.  $|\Delta x| = 0,20\text{m}$**

## Questões de Múltipla Escolha

1. [0,4] Um rapaz gira uma bola de massa igual a 0,300 kg com um barbante a uma rapidez variável em um círculo vertical de raio igual a 1,20 m. Quais são os trabalhos realizados sobre a bola por uma força de tensão de 10,0 N no barbante e pela força gravitacional durante uma rotação completa da bola?

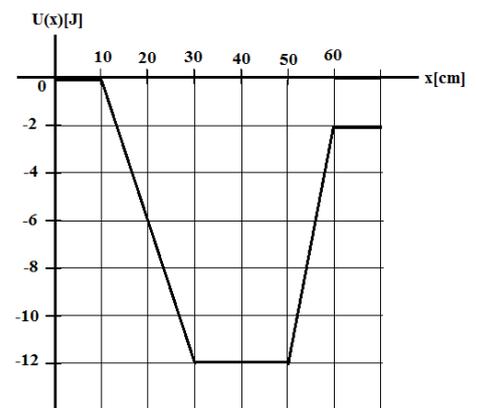
- A) 126 J; 0
- B) 75,0 J; 7,00 J
- C) 30,0 J; 14,0 J
- D) 0; 0**
- E) 75,0 J; 35,0 J

2.[0.4] Três bolas são lançadas de um prédio alto com a mesma rapidez, mas em direções diferentes. A bola A é lançada na direção horizontal; a bola B, a  $45^{\circ}$  acima da horizontal e a bola C, a  $45^{\circ}$  abaixo da horizontal. Desprezando quaisquer efeitos devidos à resistência do ar, qual bola tem a maior rapidez um pouco antes de chocar-se com o solo?

- A) A bola A
- B) A bola B
- C) A bola C
- D) As bolas B e C têm a mesma rapidez, que é maior que a rapidez da bola A.
- E) Todas as bolas têm a mesma rapidez.**

3.[0.4] Uma partícula de massa 1,00 kg move-se ao longo do eixo x na região em que a energia potencial  $U(x)$  varia conforme a figura. Quando a partícula se encontra em  $x = 20,0$  cm, sua velocidade é de  $-2,00$  m/s. Determine o intervalo onde ocorre o movimento da partícula.

- A)  $12 \leq x(\text{cm}) \leq 60$
- B)  $20 \leq x(\text{cm}) \leq 55$
- C)  $16 \leq x(\text{cm}) \leq 24$
- D)  $23 \leq x(\text{cm}) \leq 54$
- E)  $16 \leq x(\text{cm}) \leq 57$**



4. [0,4] Ainda sobre o gráfico da questão anterior, determine o sentido e a intensidade da força sobre a partícula na posição  $x = 20,0$  cm.

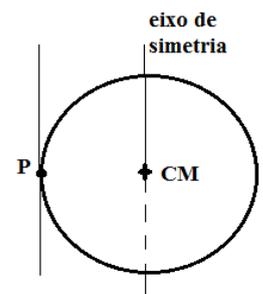
- A) 6 N no sentido negativo.
- B) 60 N no sentido positivo.**
- C) 6 N no sentido positivo.
- D) 60 N no sentido negativo.
- E) 12 N no sentido positivo.

5. [0.4] Um carro de massa  $1,38 \times 10^3$  kg anda numa estrada plana com velocidade constante de 80,0 km/h, quando sobe uma ladeira inclinada de  $5,0^{\circ}$ . Para manter a velocidade constante, o motorista precisa pisar mais fundo no acelerador, gerando uma potência adicional. Quanto vale essa potência em kW ?

- A) 50 kW ; B) 300 kW ; C) 39 kW ; **D) 26 kW ;** E) Zero porque o carro está com velocidade constante.

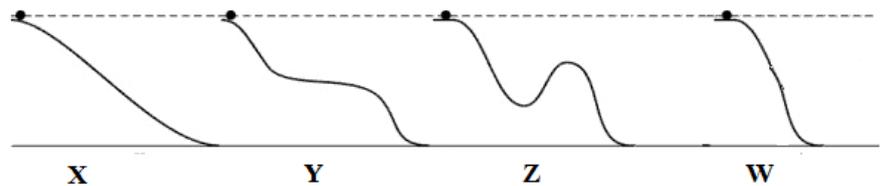
6. [0.4] O momento de inércia de um anel em torno de seu eixo de simetria é  $I_{CM} = M R^2$ . Qual é o momento de inércia em relação ao eixo P paralelo ao eixo de simetria que passa pela borda do anel?

- A)  $5 M R^2$
- B)  $M R^2$
- C)  $2 M R^2$
- D)  $1,5 M R^2$
- E)  $0,5 M R^2$



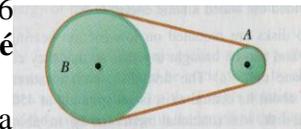
7. [0.4] Uma bola rola a partir do repouso em diferentes rampas com atrito praticamente nulo. Em qual das rampas a bola chega com maior rapidez no final?

- A) A rampa X.
- B) A rampa Y.
- C) A rampa Z.
- D) A rapidez final será a mesma em todas as rampas.
- E) A rampa W.



8. [0.4] O disco A, de 10 cm de raio, é acoplado por uma correia ao disco B, cujo raio vale 25 cm. O disco A aumenta sua velocidade angular, a partir do repouso, a uma taxa uniforme de  $1,6 \text{ rad/s}^2$ . Supondo que a correia não deslize, qual das seguintes afirmações **não** é verdadeira?

- A) A aceleração tangencial na borda de A é igual a aceleração tangencial na borda de B.
- B) A aceleração centrípeta na borda de A é diferente da aceleração centrípeta na borda de B.
- C) A velocidade angular de A é diferente da velocidade angular de B.
- D) A rapidez na borda de A é igual a rapidez na parte reta da correia.
- E) O módulo do vetor aceleração em um ponto na borda de A é igual ao módulo da aceleração em um ponto na borda de B.



9. [0,4] Qual das seguintes afirmações a respeito de uma força conservativa **não** é verdadeira ?

- A) O trabalho por ela realizado sempre pode ser expresso como a diferença entre os valores inicial e final da energia potencial.
- B) O trabalho por ela realizado é independente do caminho percorrido e só depende dos pontos inicial e final.
- C) O trabalho por ela realizado numa trajetória fechada é nulo.
- D) Sob sua ação, a energia mecânica de um corpo se conserva.
- E) Enquanto age sob um corpo, o seu módulo se conserva.

10. [0.4] Um corpo rígido gira em torno de um eixo fixo com energia cinética de rotação constante. Qual das afirmações **não** é verdadeira?

- A) Se o corpo parar de girar, seu momento de inércia se torna nulo.
- B) Em qualquer ponto do corpo, a aceleração angular é nula
- C) Um ponto qualquer do corpo, menos no eixo fixo, possui aceleração radial.
- D) Todos os pontos do corpo têm a mesma velocidade angular.
- E) O momento de inércia é de menor valor se o corpo gira em torno de um eixo que passa pelo seu centro de massa.