

Física 1 - 2020-1 - Noturno

Lista 5

Professores: Valentina Martelli e Gabriel Landi

Data de entrega: 07/06 (domingo)

Para a resolução da lista, deixe bem claro o ponto de partida; diga explicitamente como você interpretou do enunciado e/ou faça diagramas. Especifique sua escolha de referencial. Na hora de escrever a resposta, não se esqueça das unidades. E use algarismos significativos. Incentivamos que você discuta os problemas com seus colegas. Mas lembre-se: a redação final é *individual*. A entrega das listas (digitalizadas) é realizada diretamente enviando ao Professor/Professora responsável da sua turma.

1. (1 ponto) **Centro de massa:** Considere os sistemas da figura 1.

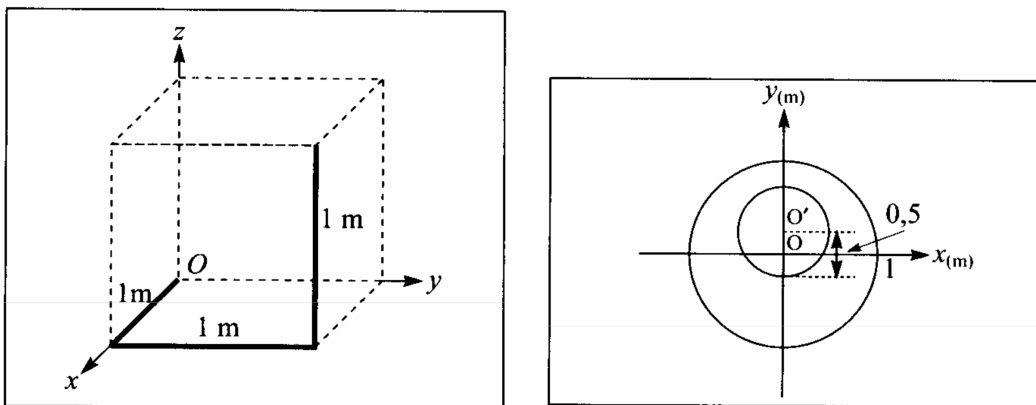


Figura 1

- (a) Calcule o centro de massa do sistema da figura da esquerda, composto de uma barra de densidade de massa uniforme e comprimento 3 m, dividido igualmente em três partes de 1 m cada.
- (b) Calcule o CM da figura da direita, composto de um disco maciço homogêneo circular, de raio 1 m, na qual foi removido um disquinho de 0,5 m de raio com uma separação de 0,25 m entre os centros O e O' .
2. (1 ponto) **Impulso:** Um jogador de futebol chuta uma bola de massa 0.45 kg, que estava inicialmente em repouso. O pé do jogador está em contato com a bola por $3.0 \cdot 10^{-3}$ s e a força do chute pode ser descrita por:

$$\vec{F}(t) = [(6.0 \cdot 10^6)t - (2.0 \cdot 10^9)t^2]\hat{i}$$

expresso em unidades do SI, onde \hat{i} é o versor do eixo x paralelo ao solo. Determine:

- (a) O impulso do pé sobre a bola devido ao chute;
- (b) a força média exercida pelo jogador sobre a bola durante o contato;
- (c) a força máxima exercida pelo jogador sobre a bola durante o contato;

- (d) a velocidade da bola logo após perder contacto com o pé do jogador.
3. **(1 ponto) Explosão:** Uma mina explode em três fragmentos de 100 g cada, que se deslocam num plano horizontal. Um deles para o oeste, um a 60° ao norte da direção leste e o outro a 30° ao sul da direção leste. A energia cinética total liberada pela explosão foi de 4000 J. Encontre a magnitude das velocidades iniciais dos três fragmentos imediatamente após a explosão.
4. **(1 ponto) Troca de momento entre dois patinadores:** Um patinador e uma patinadora estão se aproximando um do outro, deslizando sobre uma pista de gelo com atrito desprezível. Os dois patinadores se aproximam um do outro. Ela vem com velocidade $\mathbf{v}_1 = v_0(\sin\theta\hat{i} + \cos\theta\hat{j})$ e ele com $\mathbf{v} = v_0(-\sin\theta\hat{i} + \cos\theta\hat{j})$ onde $v_0 = 0.5$ m/s e $\theta = 10^\circ$ (vide Fig. 2). A patinadora pesa 50 kg e carrega consigo uma bola de 1 kg, ao passo que o patinador pesa 51 kg. Antes de colidirem, ela joga a bola para ele, que a apanha. Em consequência, eles passam a se afastar um do outro. Observa-se que ela passa a se mover com velocidade $\mathbf{v}'_1 = v'_1(-\sin\theta\hat{i} + \cos\theta\hat{j})$ onde $\theta = 10^\circ$, permanece o mesmo, mas $v'_1 = 0.51$ m/s.

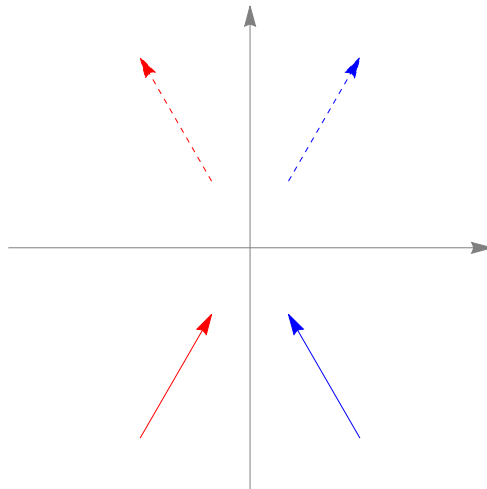


Figura 2

- (a) Calcule o vetor velocidade do patinador depois de apanhar a bola.
- (b) Calcule o momento total transferido da patinadora ao patinador ao arremessar a bola.
- (c) Calcule o vetor velocidade com que a bola foi lançada.

O interessante desse problema é que, como você vai descobrir, o ato de arremessar a bola se comporta como uma força repulsiva entre os patinadores. É assim que as interações fundamentais na física de partícula são interpretadas: duas partículas interagem trocando uma terceira partícula entre elas.

5. **(1 ponto) Colisões múltiplas:** Uma partícula de massa m desloca-se com velocidade v em direção a duas outras partículas idênticas, com massas m' , em repouso e ligeiramente separadas. O arranjo é tal que as três estão alinhadas num mesmo eixo. Todas as colisões são elásticas.
- (a) Mostre que para $m \leq m'$ haverá duas colisões e calcule as velocidades finais das três partículas.

- (b) Mostre que para $m > m'$ haverá três colisões e calcule as velocidades finais das três partículas.
- (c) Verifique que, no caso (a), o resultado para a primeira e a terceira partícula é o mesmo que se a partícula do meio não existisse.
6. **(0,5 ponto) Balança dinâmica:** Uma arma dispara horizontalmente uma sequência de bolinhas, cada uma de 0,5 g, a uma taxa de 100 bolinhas/segundo (figura 3). Elas caem de uma altura de 0,5 m sobre um prato de uma balança, onde elas colidem elasticamente e sobem novamente até a altura inicial. Qual massa deve ser colocada no outro prato da balança para manter o equilíbrio?

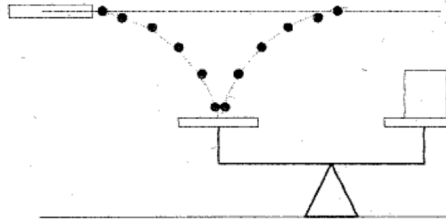


Figura 3

7. **(0,5 ponto) :** Um bloco sobre um piso horizontal explode em dois pedaços que se movem ao longo do eixo x . Suponha que o bloco e os dois pedaços formem um sistema fechado e isolado. A figura 4 mostra seis possibilidades para o gráfico dos momentos do bloco e dos pedaços em função do tempo t . Quais dos gráficos pode representar corretamente a situação? Justifique a sua resposta.

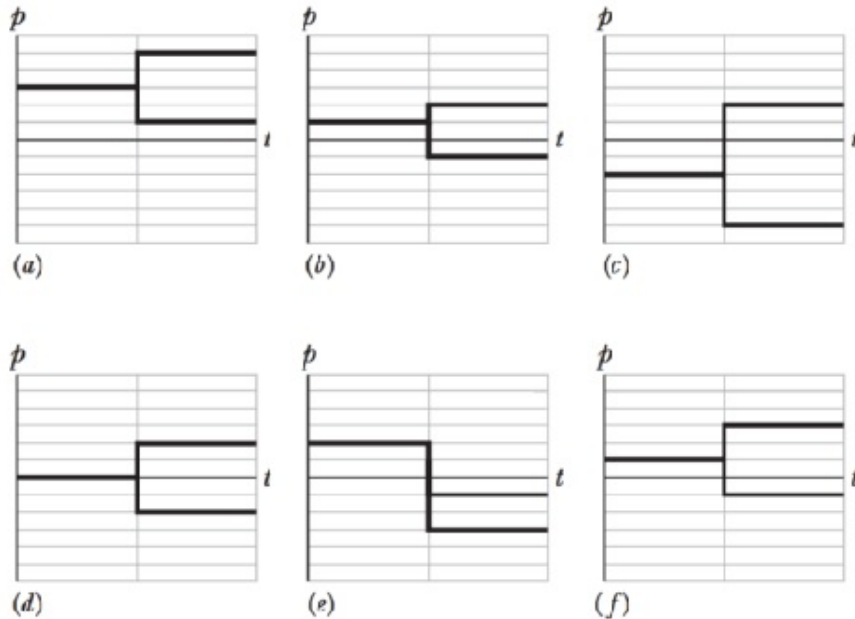


Figura 4

8. **(1 ponto) Coeficiente de restituição e :**

- (a) O coeficiente de restituição e de aço com aço pode ser medido deixando uma esfera de aço cair sobre uma placa de aço fixada rigidamente à terra. Se a bola cai de uma altura de 3m e em seguida sobe 2,5 m, qual o coeficiente de restituição?
- (b) De acordo com as regras do squash, uma bola aceitável para o torneio deve recuar entre 173 e 183 cm quando solta de uma altura de 254 cm. Calcule o range de valores aceitáveis para o coeficiente de restituição dessa bola.
- (c) Um objeto de 2 kg se movendo a 6 m/s colide com um objeto de 4 kg inicialmente em repouso. Na colisão o objeto de 2 kg é refletido e depois passa a se mover para trás com 1 m/s. Calcule a energia cinética perdida no processo e o coeficiente de restituição.
9. **(1 ponto) Lançamento de foguetes:** Um foguete tem massa inicial de 30000 kg, da qual 80% é combustível. O combustível é queimado a uma taxa de 200 kg/s e expõe o seu gás uma velocidade relativa de 1,8 km/s. Encontre:
- (a) A força de empuxo produzida sob o foguete.
- (b) O tempo até o combustível acabar.
- (c) A velocidade do foguete no instante em que o combustível acaba (assumindo que o movimento é puramente vertical e a aceleração da gravidade é constante, $g = 9,8 \text{ m/s}^2$).
- (d) Calcule a *razão empuxo/peso* definida como $\tau_0 = F_{\text{em}}/M_0g$, onde F_{em} é a força de empuxo do item (a) e M_0 é a massa do foguete no instante $t = 0$.
- (e) Mostre, sem substituir os valores numéricos dados no enunciado, que $\tau_0 = 1 + a_0/g$, onde a_0 é a aceleração inicial do foguete. O peso que um astronauta sente no instante inicial do lançamento será $mg + ma_0 = mg\tau_0$, onde m é a massa do astronauta. É por esse motivo que τ_0 é importante. Não é possível, por exemplo, usar um valor de τ_0 muito maior do que 4 para garantir a segurança dos astronautas.

Solução: (a) A força de empuxo será

$$F_{\text{em}} = Rv_{\text{ex}} = (200 \text{ kg/s}) \times (1,8 \text{ km/s}) = 3,6 \times 10^5 \text{ N.}$$

(b) A massa em função do tempo é dada por $M = M_0 - Rt$. Da massa total, 80% é combustível. Portanto, o combustível vai acabar quando $Rt = 0,8M_0$. Ou seja,

$$t_{\text{até acabar}} = \frac{0,8M_0}{R} = 120 \text{ s.}$$

(c) A velocidade do foguete em função do tempo ao longo do eixo y é dada pela equação:

$$v_y = v_{\text{ex}} \ln \left(\frac{M_0}{M_0 - Rt} \right) - gt,$$

Usando o resultando do item (b) obtemos então

$$v(t_{\text{até acabar}}) = 1721 \text{ m/s.}$$

(d) Usando o resultados do item (a) obtemos

$$\tau_0 = \frac{F_{\text{em}}}{M_0g} = 1,22.$$

(e) Partimos da equação diferencial para a componente y da velocidade,

$$M(t) \frac{dv_y}{dt} = F_{\text{em}} - M(t)g,$$

Definimos $a_0 = \frac{dv_y}{dt}$ no instante t_0 . Nesse caso $M(t) = M_0$ e portanto obtemos

$$M_0 a_0 = F_{em} - M_0 g = M_0 g \tau_0 - M_0 g.$$

Portanto, resolvendo para τ_0 obtemos

$$\tau_0 = 1 + a_0/g.$$

10. **(1 ponto) Colisão 2D:** Um partícula de velocidade inicial v_0 colide com outra, de mesma massa, inicialmente em repouso. Devido à colisão, a primeira partícula é defletida de um ângulo ϕ e sai com velocidade final v . Já a segunda partícula é defletida de um ângulo θ . A colisão não necessariamente é elástica.

(a) Mostre que

$$\tan \theta = \frac{v \sin \phi}{v_0 - v \cos \phi}.$$

- (b) Como as massas são iguais, quando a colisão for elástica o ângulo formado entre as velocidades finais será de 90° . Ou seja, $\phi + \theta = \pi/2$. Mostre, usando os resultados do item (a), que isso implica na relação $v = v_0 \cos \phi$.
- (c) Suponha agora que $m = 5\text{kg}$ e $v_0 = 2\text{ m/s}$. Além disso, suponha que a 1ª partícula é defletida de um ângulo $\phi = 30^\circ$ e a segunda de $\theta = 60^\circ$. A colisão foi elástica?

11. **(1 ponto):** Um carrinho brinquedo de massa 5 kg move se ao longo do eixo x ; a figura 5 representa a força atuando sobre o carrinho, que começa a se mover do repouso no instante $t = 0$. O valor F_{xs} no gráfico corresponde à 5.0 N .

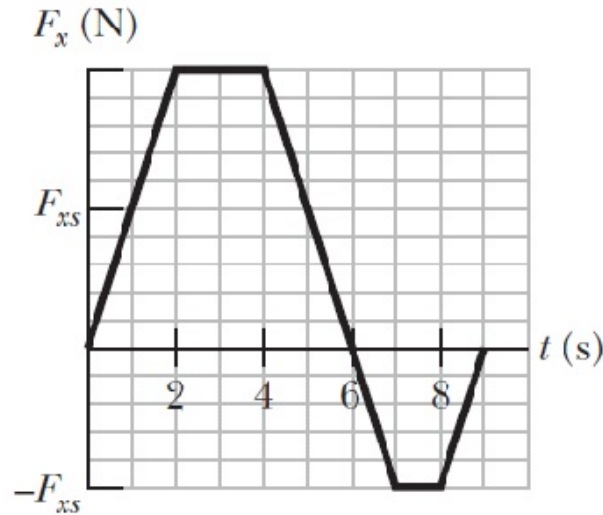


Figura 5

- (a) Determine o momento linear \vec{p} no instante 4.0 s ;
- (b) Determine o momento linear \vec{p} no instante 7.0 s ;
- (c) Determine a velocidade \vec{v} no instante 9.0 s ;