



INSTITUTO DE FÍSICA
Universidade Federal Fluminense

Instituto de Física - UFF
Física Geral e Experimental I/XVIII
Prof. Hisataki Shigueoka

Colisões

1

1. A variação da força no tempo durante o contato entre a bola de tênis e raquete é apresentada na Fig.(1). A partir do gráfico, determine (a) o impulso sofrido pela bola, força média exercida sobre a bola e (c) a força máxima exercida na bola. *Resp.: (a) 1,39 Ns; (b) 9,00 kN; (c) 18,0 kN*

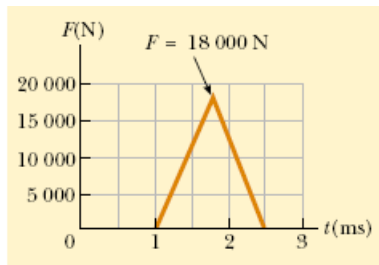


Fig. 1: Problema 1.

2. Uma bola de golfe de $0,0450 \text{ kg}$ que estava inicialmente em repouso passa a se deslocar a $25,0 \text{ m/s}$ depois de receber um impulso do taco. Se o taco e a bola permaneceram em contato durante $2,0 \text{ ms}$, qual é a força média do taco sobre a bola? O efeito do peso da bola durante seu contato com o taco é importante? Por que sim ou por que não? *Resp.: 562 N; não.*
3. A massa de uma bola de futebol é igual a $0,40 \text{ kg}$. Inicialmente ela se desloca da direita para a esquerda a $20,0 \text{ m/s}$, a seguir é chutada deslocando-se com uma velocidade a 45° para cima e para a direita, com módulo igual a $30,0 \text{ m/s}$. Calcule o impulso da força resultante e a força resultante média, supondo um intervalo de tempo da colisão $\Delta t = 0,01 \text{ s}$.

Solução: Faça um esquema do fenômeno descrito. As velocidades inicial e final não estão na mesma linha e devemos considerar o impulso e momento linear como vetores, usando suas componentes x e y . Orientando o eixo x horizontalmente para direita e o eixo y verticalmente para cima, escreva as seguintes expressões para as velocidades iniciais v_{ix} e é sabido que $v_{iy} = 0$; e após a colisão: v_{fx} e v_{fy} . Expresse os impulsos I_x e I_y . Mostre que as componentes da força média que atua sobre a bola são: $\langle F \rangle_x = 1650 \text{ N s}$ e $\langle F \rangle_y = 8,5 \text{ N s}$.

Mostre que o módulo e a direção da força média são dadas por $\langle F \rangle = 1,9 \times 10^3 \text{ N}$ e $\theta = 27^\circ$, onde θ é o ângulo medido para cima do eixo x .

Explique por que a velocidade final (direção 45°) não possui direção (27°) igual à força média que atua sobre ela.

Explique se a força gravitacional (peso) influe no valor da força média que atua durante a colisão.

4. Uma bola de gude de $10,0 \text{ g}$ se desloca com velocidade de $0,40 \text{ m/s}$ da direita para a esquerda sobre uma superfície horizontal sem atrito. Ela colide frontalmente com outra bola de gude de $30,0 \text{ g}$ que se desloca com velocidade de $0,20 \text{ m/s}$ da esquerda para direita, Fig.(2). (a) Explique por que o momento linear se conserva. (b) Determine o módulo e o sentido de cada bola de gude depois da colisão. A lei de conservação da energia cinética é utilizada. Por quê?

Observações . Não usar fórmulas decoradas. Um dos objetivos de resolver o problema é exercitar as aplicações dos conceitos (leis) físicas e as suas respectivas equações.

Resolução: Como a colisão é frontal, todos os movimentos ocorrem ao longo da mesma linha reta. Aplicando as leis de conservação do momento linear e da energia cinética, calculam-se as velocidades das bolas de gude após a colisão.

5. Um corpo de 4 kg , deslocando-se a 5 m/s sobre uma superfície lisa, efetua uma colisão elástica com um outro corpo de 1 kg , inicialmente em repouso. (a) Determine o momento linear total do sistema e a velocidade do centro de massa do sistema. (b) Explique se estas duas quantidades obtidas se conservam durante a colisão. (c) Determinar as velocidades finais de cada corpo. (d) De-

¹File: LISTA10_Colisões_2020.TPX

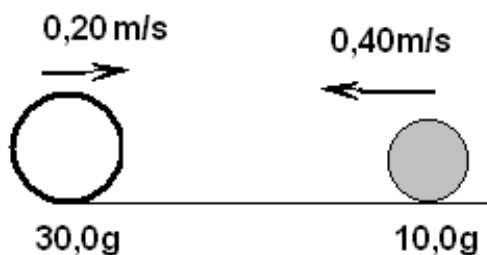


Fig. 2: Probl. (4).

terminar a energia transferida para o corpo de massa de 1 kg .

6. Em uma colisão na qual as forças externas sejam desprezíveis, o momento linear total se conserva, ou seja, é igual antes e depois da colisão; somente no caso de a colisão ser elástica, a energia cinética antes da colisão é igual à energia cinética depois da colisão. Na Fig.(3) é representada uma colisão entre dois corpos que se movem sobre uma superfície horizontal sem atrito. O corpo m_2 , inicialmente, está em repouso. Os ângulos θ_1 e θ_2 são os ângulos de espalhamentos após a colisão dos corpos, respectivamente, de massas m_1 e m_2 .

(a) Escreva a lei da conservação do momento linear para as componentes x e y . (b) Escreva as expressões das energias cinéticas antes da colisão, K_i , e após a colisão K_f . (c) Mostre que a energia cinética pode ser escrita como $K = p^2/2m$, onde p é o momento linear e m a massa do corpo. E, responda: como é possível existir um evento para o qual o momento linear do sistema seja constante, porém a energia cinética total do sistema seja variável?

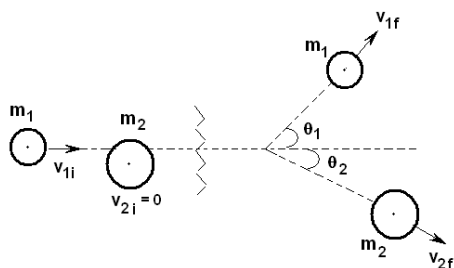


Fig. 3: Colisão bidimensional entre duas bolas.

7. Escreva a relação, K_i/K_f , entre as energias cinéticas antes da colisão, K_i , e após a colisão, K_f , para os três

tipos de colisões:

- (a) Colisão elástica;
- (b) Colisão em que há perda de energia;
- (c) Colisão em que há ganho de energia.

8. Considere a colisão descrita na Fig.(3) e supõe-se que $m_1 = m_2$. Mostre que, se a colisão for elástica, então $\theta_1 + \theta_2 = \pi/2$.

9. Seja uma colisão elástica entre dois discos que se movem sobre uma mesa sem atrito, Fig.(3). O disco 1, incidente, possui massa $m_1 = 0,50\text{ kg}$ e o disco 2, alvo, possui massa $m_2 = 0,30\text{ kg}$. O disco 1 possui velocidade inicial de $4,00\text{ m/s}$ e uma velocidade final de $2,00\text{ m/s}$ cuja direção é desconhecida. O disco 2 está inicialmente em repouso.

(a) Calcule a velocidade final do disco 2. (b) Calcule os ângulos θ_1 e θ_2 indicados na figura. *Resp.: (a) $v_{2f} = 4,47\text{ m/s}$; (b) $\theta_1 = 36,9^\circ$ e $\theta_2 = 26,6^\circ$.*

10. Uma bola de aço de $0,50\text{ kg}$ está amarrada a um fio de 70 cm e é solta quando este está na horizontal. No fim do arco de 90° descrito pela bola, ela tinge um bloco de aço de $2,50\text{ kg}$ que está em repouso em uma superfície sem atrito e a colisão é elástica. (a) No instante da colisão quais as forças que atuam sobre cada corpo? (b) Determine, imediatamente antes do choque, o momento linear total do sistema e a velocidade do centro de massa do sistema. (c) Explique se estas duas quantidades obtidas se conservam durante a colisão.

Determine (d) a velocidade da bola e (e) a velocidade do bloco, ambas imediatamente após o choque. (c) Suponha agora que na colisão metade da energia cinética seja convertida em energia interna e energia sonora. Determine as velocidades finais.

11. Um pêndulo balístico é constituído por um corpo de $1,5\text{ kg}$ suspensa a um fio de 1 m . Uma bala de massa 10 kg tem uma velocidade escalar inicial de 400 m/s e passa através do corpo. Depois da colisão, o pêndulo oscila até o ângulo máximo de 30° . Determinar a velocidade escalar da bala ao emergir do corpo e a energia perdida nesta colisão. *Resp.: 205 m/s ; 589 J .*

12. Os blocos de massa $m_1 = 1,00\text{ kg}$ e $m_2 = 3,00\text{ kg}$ estão indicados na Fig.(4). Os dois blocos se aproximam, comprimindo a mola ideal de constante elástica k entre eles; a

seguir o sistema é liberado a partir do repouso sobre uma superfície horizontal sem atrito. A mola possui massa desprezível, não está presa a nenhum dos blocos e cai sobre a mesa depois que ela se expande. O bloco 2 adquire uma velocidade de $1,20 \text{ m/s}$. (a) Responda as seguintes perguntas, antes de resolver os itens abaixo. Por que o momento linear do sistema se conserva? E a energia cinética do sistema se conserva? Por quê? (b) Qual a velocidade final do bloco 1? (c) Qual foi a energia potencial armazenada na mola comprimida? *Resp.:* (b) $3,60 \text{ m/s}$; (c) $8,64 \text{ J}$.

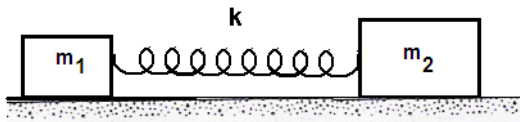


Fig. 4: Probl. (12).

13. Um disco de hóquei B está em repouso sobre uma superfície lisa de gelo quando é atingido por outro de hóquei A que estava inicialmente se movendo a $40,0 \text{ m/s}$ e que passa a se mover sofrendo um desvio de $30,0^\circ$ da sua direção original, Fig.(5). O disco de hóquei B passa a se mover com velocidade formando um ângulo de $45,0^\circ$ com a direção original de A . As massas dos discos são iguais. (a) Responda as seguintes perguntas, antes de resolver os itens abaixo. Explique se o momento linear do sistema se conserva. E a energia cinética do sistema se conserva? Por quê? (b) Calcule o módulo da velocidade de cada discos de hóquei depois da colisão. (c) Qual a fração da energia cinética inicial do disco de hóquei A que foi dissipada durante a colisão? *Resp.:* (b) $v_A = 29,3 \text{ m/s}$, $v_B = 20,7 \text{ m/s}$; (c) $0,196$.

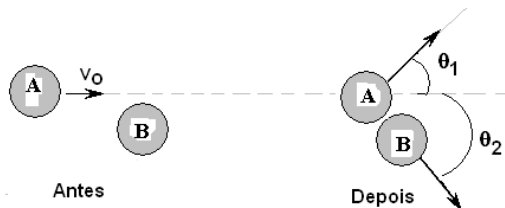


Fig. 5: Probl. (13).

14. Dois objetos A e B se movem sobre uma superfície lisa e se chocam. A massa de A é de $2,0 \text{ kg}$ e a de B, $3,0 \text{ kg}$;

suas velocidades antes da colisão eram, respectivamente, $\vec{v}_{iA} = 15\hat{i} + 30\hat{j}$ e $\vec{v}_{iB} = 10\hat{i} + 5,0\hat{j}$. Após o choque, $\vec{v}_{fA} = -6,0\hat{i} + 30\hat{j}$; todas as velocidades são em m/s . (a) Determine a velocidade do centro de massa do sistema. Ela se conserva? Por quê? (b) Qual a velocidade final de B? (c) Quanta energia cinética foi ganha ou perdida na colisão? *Resp.:* (b) $4,0\hat{i} + 5,0\hat{j}$ (c) 700 J , foi ganha.

15. Uma bola com velocidade inicial de $10,0 \text{ m/s}$ colide elasticamente com duas outras idênticas, cujos centros de massa estão em uma direção perpendicular à velocidade inicial e que estão inicialmente em contato, Fig.(6). A primeira bola está na linha de direção do ponto de contato e não há atrito entre elas. Determine a velocidade das três bolas após a colisão. (*Sugestão.* Na ausência de atrito, cada impulso está dirigido ao longo da linha dos centros das bolas, normal às superfícies.) *Resp.:* $v_1 = -2,0 \text{ m/s}$; $v_2 = v_3 = 6,9 \text{ m/s}$.

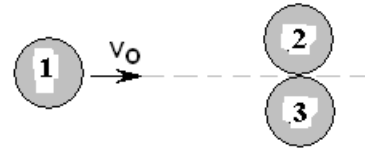


Fig. 6: Probl. (15).

16. Um tenista profissional pode sacar a bola a 50 m/s (igual a 180 km/h !). A massa de uma bola de tênis é 57 g . (a) Qual é o impulso fornecido a uma bola de tênis quando ela é sacada? (b) Estime a duração de contato entre a raquete de tênis e a bola. Para fazer isto, estime (ou procure se informar) o diâmetro de uma bola de tênis e admita que ela (temporariamente) comprimida à metade deste valor pela raquete. E, na expansão, atinge qual valor? (c) Use seus resultados das partes (a) e (b) para obter estimativas para a força de contato entre a bola e a raquete e para a taxa de aumento de energia cinética da bola durante o saque. Expresse sua resposta em quilowatts. *Resp.:* (a) $2,85 \text{ kg m/s}$; (b) $4 \times 10^{-3} \text{ s}$; (c) $17,8 \text{ kW}$.