

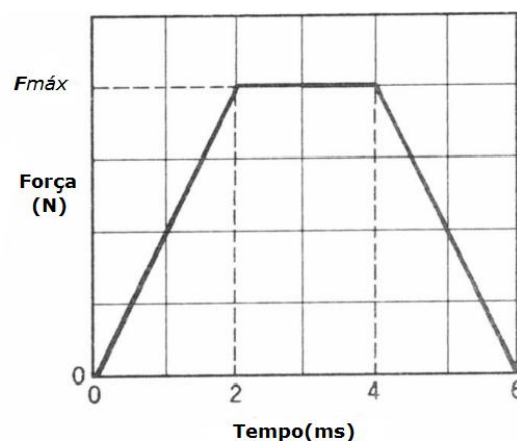
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – CFM**  
**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**  
**FSC 5101 – FÍSICA I - Semestre 2014.2**  
**LISTA DE EXERCÍCIOS 9 - COLISÕES**

1) O módulo da força média exercida pelo pé de um jogador de futebol quando ele chuta uma bola é igual a 100 N. O intervalo de tempo durante o qual o pé permanece em contato com a bola que é igual a 0,005 s. Calcule o módulo da variação do momento linear.

2) Uma bola de pingue-pongue cai verticalmente sobre o solo com velocidade de 10,0 m/s. Ela se choca com o solo e retorna com uma velocidade inicial de 8,0m/s. Suponha que o módulo da força média exercida pela bola sobre o solo seja igual a 180 N e que o tempo em que ela fica em contato com o solo seja igual a 1ms. Calcule a massa da bola.

3) Um jogador de golfe bate com o taco numa bola, comunicando-lhe uma velocidade de 70 m/s numa direção que forma um ângulo de  $30^\circ$  com a horizontal. Suponha que a massa da bola seja igual a 30 g e que o taco esteve em contato com a bola durante um intervalo de tempo de 0,015 s, determine: (a) o impulso comunicado à bola, (b) o impulso comunicado ao taco, (c) o módulo da força média exercida pela bola sobre o taco e (d) o trabalho sobre a bola.

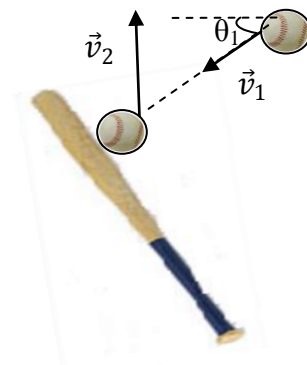
4) A figura ao lado mostra uma representação aproximada da força em função do tempo que atua durante a colisão de uma bola de tênis de 58,0 g com uma parede. A velocidade inicial da bola é de 34,0 m/s perpendicular à parede; ele retrocede com uma velocidade de mesmo módulo, também perpendicular à parede. Qual será o módulo de  $\vec{F}_{\text{máx}}$ , valor máximo da força de contato, durante a colisão?



5) Uma bola cuja massa é de 150 g choca-se contra uma parede com velocidade igual a 5,2 m/s e retrocede com somente 50% de sua energia cinética inicial. (a) Qual é o módulo da velocidade final da bola? (b) Qual foi o impulso comunicado à bola pela parede? (c) Se a bola esteve em contato com a parede durante 7,6 ms qual foi a força média exercida pela parede sobre a bola durante este intervalo de tempo?

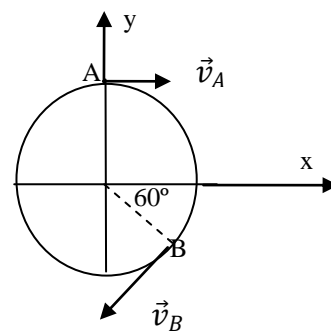
6) O balconista de uma mercearia, para atender a um cliente que pediu 200 g de creme fresco, coloca um recipiente vazio sobre uma balança de mola, acerta o zero e despeja o creme sobre o recipiente de uma altura de 75 cm. Após 2,0 s, com a balança marcando 200 g, o balconista, rapidamente retira o recipiente de creme de leite da balança e o entrega ao cliente. Calcule a massa do creme de leite contida no recipiente.

7) A figura ao lado mostra uma bola de beisebol de 0,300 kg imediatamente antes e imediatamente depois de colidir com um taco. Imediatamente antes a bola tem uma velocidade de módulo  $v_1 = 12,0$  m/s e ângulo  $\theta_1 = 35^\circ$ . Imediatamente depois, a bola se move para cima na vertical com uma velocidade de módulo  $v_2 = 10,0$  m/s. A duração da colisão é de 2,00 ms. Quais são (a) o módulo e (b) a orientação (em relação ao semi-eixo positivo x) do impulso do taco sobre a bola? Quais são (c) o módulo e (d) o sentido da força média que o taco exerce sobre a bola?



8) Duas partes de uma nave espacial separam-se quando os grampos que as mantêm unidas explodem. As massas de cada uma das partes são 1200 kg e 1800 kg; o módulo do impulso comunicado a cada parte é de 300 N.s. Qual o módulo da velocidade relativa de recuo das duas partes?

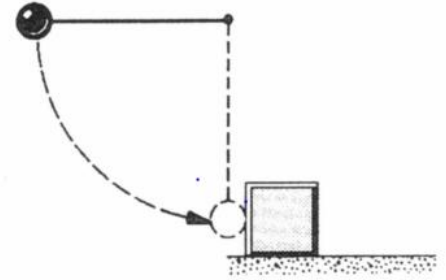
9) A figura mostra o movimento circular de uma partícula de 0,50 kg desde o ponto A até o ponto B. Considerando que  $v_A = 20$  m/s e  $v_B = 60$  m/s, o tempo gasto para ir de A até B é igual a 2,0 s, calcule: (a) A variação do momento linear entre os dois pontos (em módulo, direção e sentido). (b) A força média exercida sobre a partícula neste intervalo de tempo (em módulo, direção e sentido).



10) Um pêndulo balístico é constituído por uma caixa de areia suspensa por um fio. Um projétil de massa  $m_1 = 30 \text{ g}$  penetra na caixa e fica nela encravado. O centro de massa da caixa se eleva até uma altura  $h = 30 \text{ cm}$ . A massa da caixa vale  $m_2 = 3,0 \text{ kg}$ . (a) Deduza uma expressão para o módulo da velocidade do projétil em função destes dados. (b) Calcule o valor numérico da velocidade do projétil quando ele atinge a caixa.

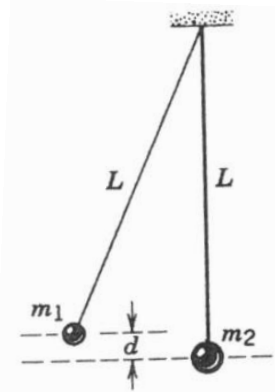
11) Um corpo de massa igual a  $5,0 \text{ kg}$  colide elasticamente com outro que se encontra inicialmente em repouso e continua sua trajetória no mesmo sentido, porém o módulo da velocidade se reduz a um quinto do módulo inicial. Calcule a massa do corpo atingido.

12) Uma bola de aço de massa  $0,50 \text{ kg}$  é amarrada a uma corda de  $70 \text{ cm}$  de comprimento e é largada quando a corda está na horizontal. Na parte mais baixa de sua trajetória, a bola atinge um bloco de aço de massa igual a  $2,5 \text{ kg}$  inicialmente em repouso sobre uma superfície sem atrito (figura ao lado). A colisão é elástica. Determine (a) a velocidade da bola e (b) o módulo da velocidade do bloco logo após a colisão.



13) Uma bala de massa igual a  $30 \text{ g}$  é disparada horizontalmente num bloco de madeira de massa igual  $30 \text{ kg}$  em repouso sobre uma superfície horizontal. O coeficiente de atrito cinético entre o bloco e a superfície vale  $0,20$ . A bala penetra no bloco e fica retida em seu interior. O centro de massa do bloco se desloca de  $1,1 \text{ m}$ . Calcule o módulo da velocidade da bala.

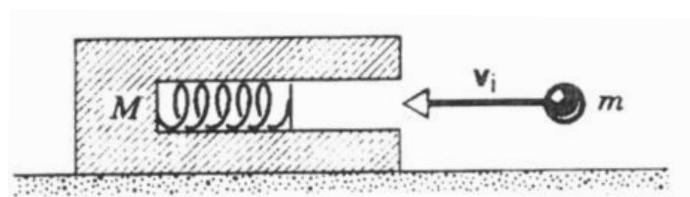
14) Dois pêndulos, cada um de comprimento  $L$ , estão inicialmente posicionados como mostra a figura. O primeiro pêndulo é solto e atinge o segundo. Suponha que a colisão seja completamente inelástica e despreze a massa dos fios e quaisquer resultantes do atrito. Até que altura o centro de massa do sistema sobe após a colisão?



15) Duas partículas, uma tendo o dobro da massa da outra, com uma mola comprimida entre elas, são mantidas juntas. A energia armazenada na mola é de  $60 \text{ J}$ . Que energia cinética tem cada partícula após elas terem sido soltas?

16) Um vagão de carga com massa igual a  $40 \text{ toneladas}$  desloca-se a  $2,5 \text{ m/s}$  e colide com outro que viaja no mesmo sentido com velocidade igual a  $1,5 \text{ m/s}$ . A massa do segundo vagão é igual a  $25 \text{ toneladas}$ . (a) Determine o valor da velocidade dos dois vagões após a colisão e a perda de energia cinética durante a colisão supondo, que os dois vagões passam a se mover juntos. (b) Se a colisão fosse elástica os dois vagões não se uniriam e continuariam separados; quais seriam, neste caso, os valores das velocidades de cada vagão?

17) Uma bola de massa  $m$  e velocidade  $\vec{v}_i$  é arremessada para dentro do cano de uma espingarda de mola de massa  $M$  inicialmente em repouso sobre uma superfície sem atrito (veja a figura). A massa  $m$  adere ao cano no ponto da compressão máxima da mola. Nenhuma energia é perdida em atrito. Que fração da energia cinética inicial da bola fica armazenada na mola?

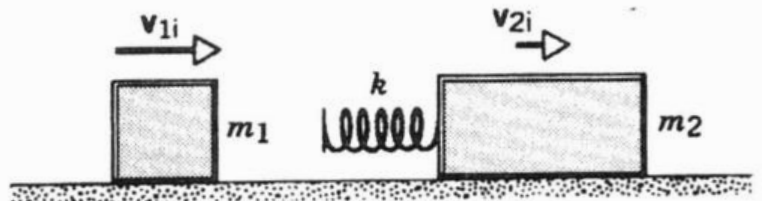


18) Duas esferas de titânio aproximam-se frontalmente com velocidade de mesmo módulo e sofrem colisão elástica. Após a colisão uma das esferas cuja massa é de  $300 \text{ g}$  fica em repouso. Qual é a massa da outra esfera?

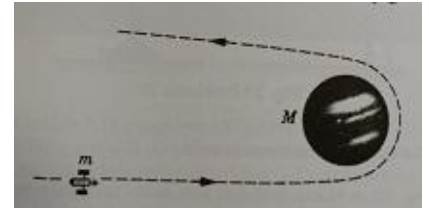
19) Uma bala de 5,2 g movendo-se a 672 m/s colide com um bloco de madeira de 700 g em repouso sobre uma superfície lisa. A bala emerge com sua velocidade reduzida para 428 m/s. Determine a velocidade final do bloco. Considere o problema como unidimensional.

20) Dois veículos A e B estão se deslocando respectivamente para o Oeste e para o Sul em direção ao cruzamento destas vias onde eles devem colidir e engavetar. A massa do veículo A vale 700 kg e a massa do veículo B vale 900 kg. O veículo A se desloca com velocidade de 80,0 km/h e o veículo B se locomove com velocidade de 60,0 km/h. Determine o vetor velocidade (módulo, direção e sentido) de cada veículo após a colisão.

21) Um bloco de massa  $m_1 = 2,0$  kg desliza ao longo de uma mesa sem atrito com velocidade de 10 m/s. Na frente dele e movendo-se na mesma direção e sentido existe um bloco de massa  $m_2 = 5,0$  kg, que se move com velocidade de 3,0 m/s. Uma mola sem massa de constante  $k = 1120$  N/m está presa à traseira de  $m_2$  como é mostrada na figura. Quando os dois blocos colidem qual é a máxima compressão da mola? (Sugestão: No momento de máxima compressão da mola os dois blocos movem-se como se fossem um só bloco; determine o valor da velocidade notando que, neste ponto, a colisão é completamente inelástica.).



22) (10.11E, HR-2ª. edição) A espaçonave Voyager 2 (massa  $m$  e velocidade  $\vec{v}$  em relação ao sol) aproxima-se do planeta Júpiter (massa  $M$  e velocidade  $\vec{V}$  em relação ao Sol, no sentido oposto ao  $\vec{v}$  da espaçonave.). A espaçonave contorna o planeta e parte no sentido oposto. Calcule a sua velocidade em relação ao Sol, depois deste encontro “estilingue” ou “slingshot”. Suponha  $v = 12$  km/s e  $V = 13$  km/s (velocidade orbital do Júpiter). A massa do Júpiter é muito maior que a massa da espaçonave:  $M \gg m$  (referência: “The slingshot effect: explanation and analogies” de Albert A. Barlett e Charles W. Hord, “The Physics Teacher”, Nov. 1985).



23) (9.69, HRW-8ª. Edição) Uma pequena esfera de massa  $m$  está verticalmente acima de uma bola maior de massa  $M = 0,63$  kg ( com uma pequena separação, como no caso das bolas de beisebol e basquete) e as duas bolas são deixadas cair simultaneamente de altura  $h = 1,8$  m. (suponha que os raios das bolas são desprezíveis em relação a  $h$ ). (a) Se a bola maior ricocheteia elasticamente no chão e depois a bola menor ricocheteia elasticamente na maior, que valor de  $m$  faz com que a bola maior pare logo após a colisão com a menor? (b) Nesse caso, que altura atinge a bola menor? Veja no link a discussão relacionando os problemas 22 e 23: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/doubal.html>.

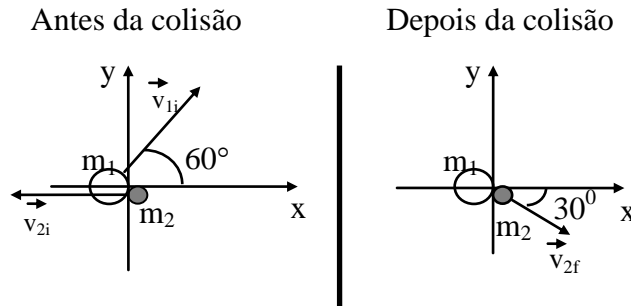
24) Duas bolas A e B, tendo massas diferentes e desconhecidas colidem. A bola A está inicialmente em repouso quando a bola B tem uma velocidade de módulo igual a  $v$ . Após a colisão, a bola B passa a ter uma velocidade de módulo igual a  $v/2$  e se desloca em ângulo reto com a direção de seu movimento original. (a) Determine a direção em que a bola A se desloca após a colisão. (b) Pode-se determinar o módulo da velocidade da bola A a partir do enunciado? Explique.

25) Uma bola de bilhar, deslocando-se com velocidade de 3,0 m/s, atinge outra bola idêntica inicialmente em repouso num choque oblíquo. Após a colisão uma bola desloca-se com uma velocidade de 1,2 m/s numa direção que forma um ângulo de  $60^\circ$  com a direção e sentido originais do movimento. (a) Determine a velocidade da outra bola (módulo, direção e sentido). (b) Levando em conta os dados acima verifique se é possível uma colisão perfeitamente elástica.

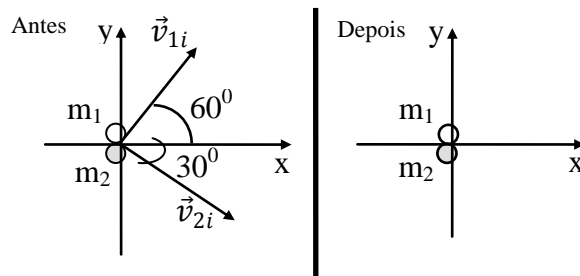
26) Num jogo de sinuca a bola golpeada pelo taco atinge outra bola inicialmente em repouso. Após a colisão a bola golpeada se move a 3,50 m/s numa direção que forma um ângulo de  $65,0^\circ$  com a direção original do movimento. A segunda bola adquire velocidade igual a 6,75 m/s. Usando a conservação do momento linear determine: (a) o ângulo entre a direção do movimento da segunda bola e a direção original de movimento da bola golpeada e (b) o módulo da velocidade inicial da bola golpeada.

27) Um corpo de 20,0 kg move-se na direção positiva do eixo x com velocidade de 200 m/s quando uma explosão interna divide-se em três partes. Uma parte cuja massa é de 10,0 kg afasta-se do local da explosão com velocidade de 100 m/s ao longo do eixo y positivo. Um segundo fragmento de massa 4,00 kg move-se ao longo do eixo x negativo com velocidade de 500 m/s. (a) Qual é a velocidade do terceiro fragmento cuja massa vale 6,00 kg? (b) Que quantidade de energia foi liberada na forma de energia cinética com a explosão? Ignore os efeitos da força da gravidade.

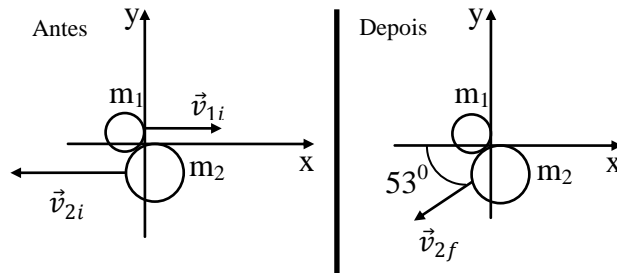
28) Dois corpos,  $m_1=4,0$  kg e  $m_2=2,0$  kg, tem velocidades  $v_{1i}=3,0$  m/s e  $v_{2i}=5,0$  m/s, respectivamente, imediatamente antes da colisão inelástica que efetuam conforme mostra a figura. Sabendo-se que  $v_{2f}=2,0$  m/s, determine o vetor velocidade do corpo  $m_1$  logo após a colisão (módulo, direção e sentido).



29) Dois corpos,  $m_1=2,0$  kg e  $m_2=4,0$  kg, tem velocidades de módulos  $v_{1i}=5,0$  m/s e  $v_{2i}=3,0$  m/s, respectivamente, imediatamente antes da colisão completamente inelástica que efetuam conforme mostra a figura. Determine o vetor velocidade de dos corpos logo após a colisão.



30) Dois discos,  $m_1=5,0$  kg e  $m_2=10,0$  kg, tem velocidades de módulos  $v_{1i}=3,0$  m/s e  $v_{2i}=4,0$  m/s, respectivamente, imediatamente antes da colisão inelástica que efetuam conforme mostra a figura. Sabendo-se que o módulo da velocidade após colisão do disco de massa  $m_2$  é  $v_{2f}=5,0$  m/s, determine a velocidade do disco de massa  $m_1$  logo após a colisão (módulo, direção e sentido).



31) Dois discos A e B, cada um com 0,50 kg, movem-se sobre um plano horizontal com velocidades iniciais  $\vec{v}_{Ai} = -6,00 \frac{m}{s} \hat{i}$  e  $\vec{v}_{Bi} = 2,40 \frac{m}{s} \hat{i} + 3,20 \frac{m}{s} \hat{j}$ . Após a colisão o disco A adquire velocidade  $\vec{v}_{Af} = 1,35 \frac{m}{s} \hat{i}$ . Determine a velocidade final do disco B (módulo, direção e sentido)

## RESPOSTAS – COLISÕES

- 1) 0,5 N.s
- 2) 0,01 kg
- 3) (a) 2,1 N.s a 30° com a horizontal no sentido anti-horário;  
(b) igual e oposto ao da bola; (c) 140 N; (d) 73,5 J.
- 4) 986 N.
- 5) (a) 3,7 m/s; (b) 1,33 kg m/s saindo perpendicularmente da parede;  
(c) 175 N saindo perpendicularmente da parede.
- 6) 167g
- 7) (a) 5,86 kg.m/s; (b) 59,8° ; (c) 2,93 kN; (d) 59,8°
- 8) 0,42 m/s.
- 9) (a) 39 kgm/s, 203° com a horizontal no sentido anti-horário; (b)  $\vec{F} = 19 \text{ N}$  a 203° com a horizontal em sentido anti-horário.
- 10) (a)  $v = \frac{m_1 + m_2}{m_1} \sqrt{2gh}$  ; (b) 245 m/s
- 11) 3,3 kg
- 12) (a) 2,47 m/s no sentido contrário ao da imediatamente antes da colisão; (b) 1,23 m/s.
- 13)  $2,1 \times 10^3 \text{ m/s}$ .
- 14)  $h = d \left( \frac{m_1}{m_1 + m_2} \right)^2$
- 15) 20 J para a partícula mais pesada; 40 J para a mais leve.
- 16) (a) 2,1 m/s;  $-7,7 \times 10^3 \text{ J}$ ; (b)  $v_1 = 1,7 \text{ m/s}$ ;  $v_2 = 2,7 \text{ m/s}$ .
- 17)  $M/(m + M)$
- 18) 100 g
- 19) 1,8 m/s mesmo sentido da velocidade da bola.
- 20)  $v = 48,6 \text{ km/h}$  a 224° com a direção Oeste-Leste no sentido anti-horário.
- 21) 0,25 m
- 22) 38 km/s
- 23) (a) 0,21 kg e (b) 7,2 m
- 24) (a) 117° da direção final de B; (b) Não.
- 25) (a)  $v = 2,6 \text{ m/s}$  a 23,4° com a direção e sentido original do movimento (ou a 83,4° com a direção e sentido da outra bola); (b) Não, a colisão é inelástica.
- 26) (a) 28,0° ; (b) 7,44 m/s.
- 27) (a)  $v = 1,01 \times 10^3 \text{ m/s}$  a 9,46° com o eixo horizontal no sentido horário; (b)  $323 \times 10^4 \text{ J}$ .
- 28)  $v_1' = 3,6 \text{ m/s}$  a 121° com o eixo x positivo em sentido anti-horário
- 29) 2,6 m/s a 9,8° medido no sentido anti-horário a partir do eixo Ox positivo.
- 30) 8,1 m/s a 83° medido no sentido anti-horário a partir do eixo Ox positivo.
- 31) 5,89 m/s a 147° medido no sentido anti-horário a partir do eixo Ox positivo.

Problemas compilados dos livros:

-"Fundamentos da Física - 1"; David Halliday , Robert Resnick e J. Walker; Livros Técnicos e Científicos Editora.

-"Física-Vol.1"; David Halliday, Robert Resnick e K.S. Krane; 4ª Edição; Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.

-"Física-Mecânica", vol. 1, Paul Tipler, 3ª Edição, pag. 111 a 113, LTC Editora S.A.