



### LISTA 03

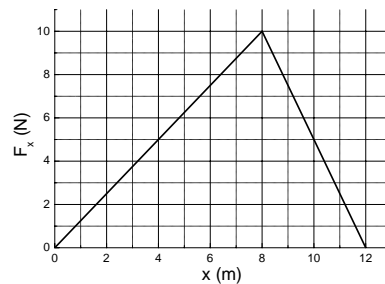
## Trabalho, energia cinética e potencial, conservação da energia

Observe os diferentes graus de dificuldade para as questões: (\*), (\*\*), (\*\*\*)

- (\*) Um saco de farinha de  $5,00 \text{ kg}$  é elevado verticalmente com uma velocidade constante de  $3,5 \text{ m/s}$  até uma altura de  $150 \text{ m}$ .
  - Qual o módulo da força necessária?  
R:  $49 \text{ N}$
  - Qual o trabalho realizado por essa força sobre o saco? Em que se transforma esse trabalho?  
R:  $7350 \text{ J}$ , esse trabalho se transforma em energia potencial.
- (\*) Uma bola de beisebol é lançada do telhado de um edifício de  $22,0 \text{ m}$  de altura com uma velocidade inicial de  $12,0 \text{ m/s}$  dirigida formando um ângulo de  $53,1^\circ$  acima da horizontal.
  - Qual é a velocidade da bola imediatamente antes de colidir com o solo? (Despreze a resistência do ar).  
R:  $24,0 \text{ m/s}$
  - Qual seria a resposta da parte (a) se a velocidade inicial formasse um ângulo de  $53,1^\circ$  abaixo da horizontal?  
R:  $24,0 \text{ m/s}$
  - Se você não desprezar a resistência do ar, a maior velocidade será obtida na parte (a) ou na parte (b)?  
R: Parte (b).
- (\*) Uma pedra com massa de  $0,12 \text{ kg}$  está presa a um fio sem massa e de comprimento igual a  $0,80 \text{ m}$ , formando assim um pêndulo. O pêndulo oscila até um ângulo de  $45^\circ$  com a vertical (despreze a resistência do ar). Qual é a velocidade da pedra quando ela passa pela posição vertical?  
R:  $2,14 \text{ m/s}$

4. (\*) Uma menina aplica uma força  $\vec{F}$  paralela ao eixo  $Ox$  sobre um trenó de  $10,0 \text{ kg}$  que está se deslocando sobre a superfície congelada de um lago pequeno. À medida que ela controla a velocidade do trenó, o componente  $x$  da força que ela aplica varia com a coordenada  $x$  do modo indicado na figura abaixo. Calcule o trabalho realizado pela força  $\vec{F}$  quando o trenó se desloca

- (a) de  $x = 0$  a  $x = 8,0 \text{ m}$  (R:  $40 \text{ J}$ );  
 (b) de  $x = 8,0 \text{ m}$  a  $x = 12,0 \text{ m}$  (R:  $20 \text{ J}$ );  
 (c) de  $x = 0$  a  $x = 12,0 \text{ m}$  (R:  $60 \text{ J}$ ).



5. (\*) Uma força de  $800 \text{ N}$  estica uma certa mola até uma distância de  $0,200 \text{ m}$ .

- (a) Qual é a energia potencial da mola quando ela está esticada  $0,200 \text{ m}$ ?  
 R:  $80,00 \text{ J}$   
 (b) Qual é a energia potencial da mola quando ela é comprimida  $5,0 \text{ cm}$ ?  
 R:  $5,0 \text{ J}$ .

6. (\*) Um queijo de  $1,20 \text{ kg}$  é colocado sobre uma mola de massa desprezível e constante  $k = 1800 \text{ N/m}$  que está comprimida  $15,0 \text{ cm}$ . Até que altura acima da posição inicial o queijo se eleva quando a mola é liberada? (O queijo não está preso a mola).

R:  $1,72 \text{ m}$ .

7. (\*) Tarzan, que pesa  $688 \text{ N}$ , decide usar um cipó de  $18 \text{ m}$  de comprimento para atravessar um abismo. Do ponto de partida até o ponto mais baixo da trajetória ele desce  $3,2 \text{ m}$ . O cipó é capaz de resistir a uma força máxima de  $950 \text{ N}$ . Tarzan consegue chegar ao outro lado?

R: Sim pois  $T = 933 \text{ N}$ .

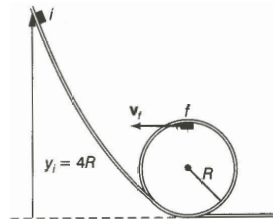
8. (\*) Um pequeno cubo de gelo de massa  $m$  desliza, com atrito desprezível, ao longo de um trilho em laço conforme a figura abaixo. O gelo parte do repouso no ponto  $y_i = 4R$  acima do nível da parte mais baixa do trilho.

(a) Qual a velocidade do cubo de gelo no ponto  $f$ , o ponto mais alto da parte circular do trilho?

R:  $\sqrt{4gR}$

(b) Qual a força normal exercida sobre o gelo nesse ponto?

R:  $3mg$



9. (\*) Um elevador possui massa de  $600 \text{ kg}$ , não incluindo a massa dos passageiros. O elevador foi projetado para subir com velocidade constante uma distância vertical de  $20,0 \text{ m}$  (cinco andares) em  $16,0 \text{ s}$ , sendo impulsionado por um motor que fornece ao elevador uma potência máxima de  $29,84 \text{ kW}$ . Qual é o número máximo de passageiros que o elevador pode transportar? Suponha que cada passageiro possua massa de  $65,0 \text{ kg}$ .

R: 28

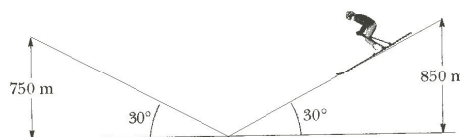
10. (\*) Dois montes têm altitudes de  $850 \text{ m}$  e  $750 \text{ m}$  em relação ao vale que os separa (figura abaixo). Uma pista de esqui vai do alto do monte maior até o alto do monte menor, passando pelo vale. O comprimento total da pista é  $3,2 \text{ km}$  e a inclinação média é  $30^\circ$ .

(a) Um esquiador parte do repouso no alto do monte maior. Com que velocidade chegará ao alto do monte menor sem se impulsionar com os bastões? Ignore o atrito.

R:  $44,3 \text{ m/s}$

(b) Qual deve ser aproximadamente o coeficiente de atrito dinâmico entre a neve e os esquis para que o esquiador pare exatamente no alto do pico menor?

R: 0,0361



11. (\*\*) A corda da figura abaixo tem  $L = 120 \text{ cm}$  de comprimento e a distância  $d$  até o pino fixo  $P$  é de  $75 \text{ cm}$ . Quando a bola é liberada, a partir do repouso na posição indicada na figura, descreve a trajetória indicada pela linha tracejada. Qual é a velocidade da bola

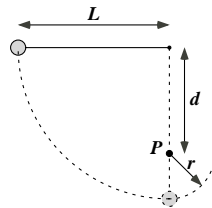
(a) quando está passando pelo ponto mais baixo da trajetória e

R:  $4,8 \text{ m/s}$

(b) quando chega ao ponto mais alto da trajetória depois que a corda toca o pino?

R:  $2,4 \text{ m/s}$

(c) Mostre que para que a bola faça uma volta completa em torno do pino  $d > \frac{3L}{5}$ . (Sugestão: A bola ainda deve estar se movendo quando chegar ao ponto mais alto da trajetória).



12. (\*\*) Um pequeno bloco com massa de  $0,120 \text{ kg}$  está ligado a um fio que passa através de um buraco em uma superfície horizontal sem atrito. O bloco inicialmente gira a uma distância de  $0,40 \text{ m}$  do buraco com uma velocidade de  $0,70 \text{ m/s}$ . A seguir o fio é puxado por baixo, fazendo o raio do círculo se encurtar para  $0,10 \text{ m}$ . Nessa nova distância verifica-se que sua velocidade passa para  $2,80 \text{ m/s}$ .

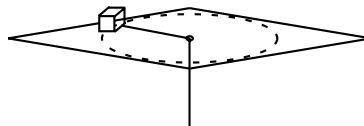
(a) Qual era a tensão no fio quando o bloco possuía velocidade  $0,70 \text{ m/s}$ ?

R:  $0,147 \text{ N}$

(b) Qual é a tensão no fio quando o bloco possui velocidade final de  $2,80 \text{ m/s}$ ?

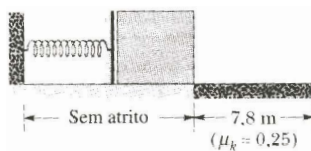
R:  $1,34 \text{ N}$

(c) Qual foi o trabalho realizado pela pessoa que puxou o fio? (R:  $0,441 \text{ J}$ )



13. (\*\*) Um bloco de  $3,5 \text{ kg}$  é empurrado a partir do repouso por uma mola comprimida cuja constante de mola é  $640 \text{ N/m}$  (figura abaixo). Depois que a mola se encontra totalmente relaxada, o bloco viaja por uma superfície horizontal com um coeficiente de atrito dinâmico de  $0,25$ , percorrendo uma distância de  $7,8 \text{ m}$  antes de parar.

- (a) Qual o trabalho realizado pela força de atrito?  
R:  $-67 J$
- (b) Qual a energia cinética máxima possuída pelo bloco?  
R:  $67 J$
- (c) De quanto foi comprimida a mola antes que o bloco fosse liberado?  
R:  $0,46 m$

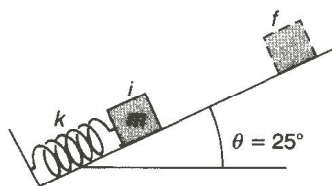


14. (\*\*\*) Uma bala de aço de massa  $m = 5,2 g$  é disparada verticalmente para baixo de uma altura  $h_1 = 18 m$  com uma velocidade inicial  $v_0 = 14 m/s$ . A bala penetra no solo arenoso até uma profundidade  $h_2 = 21 cm$ .

- (a) Qual a variação da energia mecânica da bala?  
R:  $-1,44 J$
- (b) Qual a variação da energia interna do sistema bala-Terra-areia?  
R:  $1,44 J$
- (c) Qual o módulo da força média  $F$  exercida pela areia sobre a bala?  
R:  $6,9 N$

15. (\*\*\*) Um bloco de  $2,1 kg$  é mantido contra uma mola leve (de massa desprezível) cuja constante é  $k = 2400 N/m$  e que sofre uma compressão de  $0,15 m$ . O bloco é liberado do repouso no ponto  $i$  e a mola projeta o bloco por uma rampa ascendente de  $25^\circ$ , conforme a figura abaixo. O bloco entra em repouso momentâneo no ponto  $f$ . Considere o coeficiente de atrito cinético entre o bloco e a rampa igual a  $0,20$ . Admita que o bloco perca o contato com a mola quando esta está relaxada.

- (a) Qual a distância, na rampa, do ponto  $f$  ao ponto  $i$ ? (R:  $2,17 m$ )
- (b) Quando o bloco desliza de volta rampa a baixo, qual a velocidade no ponto médio do caminho entre  $f$  e  $i$ ? (R:  $2,27 m/s$ )



## Momento linear, impulso e colisões

16. (\*) Considere uma colisão frontal perfeitamente inelástica, entre um carro e um caminhão, que estejam se deslocando com uma velocidade de  $8 \text{ m/s}$ . As massas totais dos veículos, incluindo as massas dos motoristas ( $80 \text{ kg}$ ), são  $800 \text{ kg}$  para o carro e  $4000 \text{ kg}$  para o caminhão. Se o tempo de colisão é de  $0,12 \text{ s}$ , qual é a força média exercida pelo cinto de segurança sobre cada motorista?

R:  $1778$  e  $8889 \text{ N}$  (módulo da força sobre o motorista do caminhão e do carro respectivamente).

17. (\*) Uma força exerce um impulso  $J$  sobre um objeto de massa  $m$ , alterando a velocidade deste de  $v$  para  $u$ . A força e o movimento do objeto têm a mesma direção. Mostre que o trabalho realizado pela força é  $J(u + v)/2$ .

18. (\*) Uma força resultante  $\sum F_x(t) = A + Bt^2$  no sentido do eixo  $+Ox$  é aplicada sobre uma garota que está sobre uma prancha de skate. A força começa a atuar no instante  $t_1 = 0$  e continua até  $t_2$ .

- (a) Qual é o impulso  $J_x$  da força?

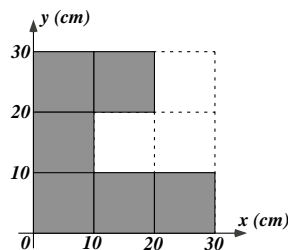
R:  $At_2 + \frac{Bt_2^3}{3}$

- (b) A garota inicialmente está em repouso, qual é a sua velocidade no instante  $t_2$ ?

R:  $\frac{At_2}{m} + \frac{Bt_2^3}{3m}$

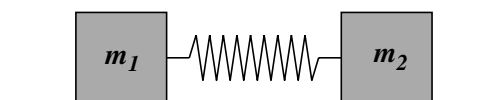
19. (\*) Uma chapa de aço, de densidade uniforme, tem o formato da figura abaixo. Calcule as coordenadas  $x$  e  $y$  do centro de massa da peça.

R:  $(11, 7; 13, 3) \text{ cm}$



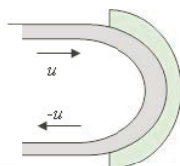
20. (\*) A figura abaixo mostra dois blocos ligados por uma mola e livres para deslizarem sobre uma superfície horizontal sem atrito. Os blocos, cujas massas são  $m_1$  e  $m_2$ , primeiro são afastados um do outro e depois largados a partir do repouso. Que fração da energia cinética total do sistema terá cada bloco, num instante posterior qualquer?

R:  $f_1 = \frac{m_2}{(m_1+m_2)}$  e  $f_2 = \frac{m_1}{(m_1+m_2)}$



21. (\*) Um jato de água incide sobre uma pá côncava de uma turbina imóvel (figura abaixo). O módulo da velocidade da água é  $u$ , tanto antes quanto depois de se chocar com a superfície curva da lâmina e a massa de água que atinge por unidade de tempo a lâmina é  $\mu$ . Calcule a força exercida pela água na lâmina.

R:  $2u\mu$



22. (\*) Qual é o ângulo máximo de espalhamento elástico de uma partícula alfa por um nêutron em repouso? (a massa da partícula alfa é 4 vezes a massa do nêutron). Neste ângulo, que fração da energia cinética incidente vai para o recuo do nêutron?

R:  $14,5^\circ$ ;  $0,4$

23. (\*) Uma mosca paira no ar e dela se aproxima um elefante enraivecido que corre a  $2,1 \text{ m/s}$ . Suponha que a colisão seja elástica; a que velocidade a mosca é lançada?

R:  $4,2 \text{ m/s}$

24. (\*) Um vagão de carga de 35 toneladas choca-se com outro vagão que está parado. Eles engatam e 27% da energia cinética inicial é dissipada como calor, som, vibrações, etc. Determine o peso do segundo vagão.

R: 12,9 toneladas.

25. (\*) Um núcleo de  $Th^{232}$  (Tório) em repouso decai para um núcleo de  $Ra^{228}$  (Rádio) com emissão de uma partícula alfa. A energia cinética total dos fragmentos da desintegração é igual a  $6,54 \times 10^{-13} \text{ J}$ . A massa de uma partícula alfa é 1,76 por cento da massa de um núcleo de  $Ra^{228}$ . Calcule a energia cinética

(a) do núcleo de  $Ra^{228}$  e

R:  $\approx 0,11 \times 10^{-13} \text{ J}$

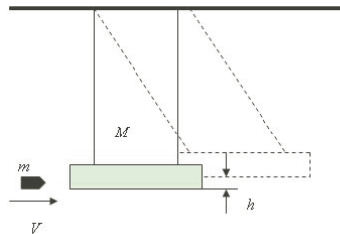
(b) da partícula alfa.

R:  $\approx 6,43 \times 10^{-13} \text{ J}$

26. (\*) Um pêndulo balístico (figura abaixo) é um dispositivo para medir as velocidades de projéteis e foi utilizado quando não existiam aparelhos eletrônicos para esse fim.

Ele consiste em um grande bloco de madeira, de massa  $M$ , suspenso por dois longos pares de fios. Um projétil de massa  $m$  é lançado sobre o bloco, onde fica cravado. O conjunto bloco+projétil, imediatamente após o choque, oscila e seu centro de massa sobe verticalmente uma distância  $h$  antes do pêndulo parar. Suponha  $M = 5,4 \text{ kg}$  e  $m = 9,5 \text{ g}$ . Qual a velocidade inicial do projétil se o bloco se elevar à altura  $h = 6,3 \text{ cm}$ ?

R:  $633 \text{ m/s}$



27. (\*) Um foguete é disparado no espaço sideral, onde a gravidade é desprezível. No primeiro segundo ele emite  $\frac{1}{160}$  da sua massa como gás de exaustão e possui uma aceleração igual a  $15,0 \text{ m/s}^2$ . Qual é o módulo da velocidade do gás de exaustão em relação ao foguete?

R:  $2,4 \text{ km/s}$

28. (\*\*\*) Uma toalha de mesa sobre a qual repousa um bolo, sofre uma força  $\vec{F}$ . A mesa possui um raio  $r = 0,9 \text{ m}$  e o bolo está em repouso sobre a toalha no centro da mesa. Você puxa rapidamente a beirada da toalha. O bolo permanece em contato com a toalha durante um tempo  $t$  depois que você começa a puxar. A seguir o bolo desliza um pouco e pára em virtude do atrito entre a mesa e o bolo. O coeficiente de atrito cinético entre o bolo e a toalha da mesa é  $\mu_{c1} = 0,30$  e o coeficiente de atrito cinético entre a mesa e o bolo é  $\mu_{c2} = 0,40$ . Aplique o teorema do impulso e o teorema do trabalho energia cinética a fim de calcular o valor máximo de  $t$  para que o bolo não caia sobre o solo. (Sugestão: suponha que o bolo percorra uma distância  $d$  quando ainda está sobre a toalha da mesa e, portanto, uma distância  $r - d$  da borda da mesa. Suponha que as forças de atrito sejam independentes da velocidade relativa entre as superfícies em contato).

R:  $0,59 \text{ s}$

29. (\*\*\*) Para um sistema de coordenadas cartesiano  $(x; y)$ , uma partícula (1) encontra-se inicialmente em repouso na origem e outra (2), de  $0,5 \text{ kg}$ , encontra-se na posição  $P = (6; 0) \text{ m}$ , com o centro de massa do sistema na posição  $(2,4; 0) \text{ m}$ . A velocidade do centro de massa é dada por  $V_{cm} = 0,75t^2 \text{ m/s}^3$  ao longo do eixo  $x$ . Determine



(a) a massa da partícula na origem,

R:  $0,75 \text{ kg}$

(b) a aceleração do centro de massa.

R:  $a = 1,5t \text{ m/s}^3$  ao longo do eixo  $x$

(c) Admita que as forças são iguais para as duas partículas. Com base nesta informação, explicita a aceleração de cada uma delas.

R:  $a_1 = \frac{(m_1 + m_2)}{2m_1} a_{cm}$  e  $a_2 = \frac{(m_1 + m_2)}{2m_2} a_{cm}$

30. (\*\*) No fundo de uma mina abandonada, o vilão, levando a mocinha como refém, é perseguido pelo mocinho. O vilão de  $70 \text{ kg}$  leva a mocinha, de  $50 \text{ kg}$ , dentro de um carrinho de minério de  $540 \text{ kg}$ , que corre com atrito desprezível sobre um trilho horizontal, à uma velocidade de  $10 \text{ m/s}$ . O mocinho de  $60 \text{ kg}$  vem logo atrás, num carrinho idêntico, à mesma velocidade. Para salvar a mocinha, o mocinho pula de um carrinho para o outro com uma velocidade de  $6 \text{ m/s}$  em relação ao carrinho que deixa para trás. Calcule a velocidade de cada um dos carrinhos depois que o mocinho já atingiu o carrinho da frente.

R: O de trás:  $9,4 \text{ m/s}$ ; o da frente:  $10,5 \text{ m/s}$

31. (\*\*) Uma partícula de massa  $m$  desloca-se com velocidade  $v$  em direção a duas outras partículas idênticas, de massas  $m'$ , alinhadas em um mesmo eixo, inicialmente separadas e em repouso. As colisões entre as partículas são elásticas.

(a) Mostre que, para  $m \leq m'$  haverá duas colisões, e calcule as velocidades finais das três partículas.

R:  $v_1 = \frac{(m - m')}{(m + m')} v \leq 0$ ;  $v_2 = 0$ ;  $v_3 = \frac{2m}{(m + m')} v$

(b) Mostre que, para  $m > m'$ , haverá três colisões, e calcule as velocidades finais das três partículas.

R:  $v_1 = \left(\frac{m - m'}{m + m'}\right)^2 v < v_2 = \frac{2m(m - m')}{(m + m')^2} v < v_3 = \frac{2m}{(m + m')} v$

(c) Verifique que, no caso (a), o resultado para a primeira e a terceira partícula é o mesmo que se a partícula intermediária não existisse.

## Exercícios Complementares

### Trabalho, energia cinética e potencial, conservação da energia

32. (\*\*) Observa-se que uma certa mola não obedece à Lei de Hooke. A força (em newtons) que ela exerce quando esticada de uma distância  $x$  (em metros) possui uma intensidade igual a  $52,8x + 38,4x^2$  na direção contrária ao alongamento.

(a) Calcule o trabalho necessário para alongar a mola de  $x = 0,50\text{ m}$  até  $1,00\text{ m}$ .

R:  $31,0\text{ J}$

(b) Com uma das extremidades da mola fixa, uma partícula de massa igual a  $2,17\text{ kg}$  é presa à outra extremidade da mola quando esta é esticada de uma distância  $x = 1,00\text{ m}$ . Se a partícula for solta do repouso neste instante, qual será a sua velocidade no instante em que a mola tiver retornado à configuração na qual seu alongamento é de  $x = 0,50\text{ m}$ ?

R:  $5,34\text{ m/s}$

(c) A força exercida pela mola é conservativa ou não-conservativa? Explique.

R: é conservativa

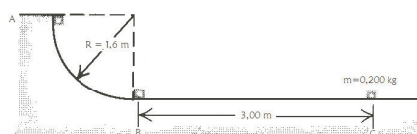
33. (\*\*) Em um posto para carga de caminhões do correio, um pacote de  $0,200\text{ kg}$  é largado do repouso no ponto  $A$  sobre um trilho com a forma de um quarto de circunferência de raio igual a  $1,6\text{ m}$  (figura abaixo). O tamanho do pacote é muito menor do que  $1,6\text{ m}$ , de modo que ele pode ser considerado como uma partícula. Ele desliza para baixo ao longo do trilho e atinge o ponto  $B$  com uma velocidade de  $4,8\text{ m/s}$ . Depois do ponto  $B$  ele desliza uma distância de  $3,00\text{ m}$  sobre uma superfície horizontal até parar no ponto  $C$ .

(a) Qual é o coeficiente de atrito cinético entre o pacote e a superfície horizontal?

R:  $0,392$

(b) Qual é o trabalho realizado pela força de atrito ao longo do arco circular do ponto  $A$  ao ponto  $B$ ?

R:  $-0,832\text{ J}$



34. (\*\*) Uma pedra de peso  $\omega$  é jogada verticalmente para cima com velocidade inicial  $v_0$ . Se uma força constante  $f$  devido a resistência do ar age sobre a pedra durante todo o percurso,

(a) mostre que a altura máxima atingida pela pedra é dada por

$$h = \frac{v_0^2}{2g(1 + f/\omega)}$$

(b) Mostre que a velocidade da pedra ao chegar ao solo é dada por

$$v = v_0 \left( \frac{\omega - f}{\omega + f} \right)^{1/2}$$

35. (\*\*) A energia potencial de uma molécula diatômica ( $H_2$  ou  $O_2$ , por exemplo) é dada por

$$U = \frac{A}{r^{12}} - \frac{B}{r^6}$$

onde  $r$  é a distância entre os átomos que formam a molécula e  $A$  e  $B$  são constantes positivas. Esta energia potencial se deve à força que mantém os átomos unidos.

(a) Calcule a distância de equilíbrio, isto é, a distância entre os átomos para a qual a força a que estão submetidos é zero.

R:  $\left(\frac{2A}{B}\right)^{1/6}$

(b) Verifique se a força é repulsiva (os átomos tendem a se separar) ou atrativa (os átomos tendem a se aproximar) se a distância entre eles é menor que a distância de equilíbrio

R: repulsiva

(c) ou maior que a distância de equilíbrio.

R: atrativa

36. (\*\*) A energia potencial de uma partícula de massa  $m = 0,5 \text{ kg}$  que se move ao longo do eixo  $x$  ( $x > 0$ ) é dada por

$$U(x) = \frac{1}{x^2} - \frac{2}{x}$$

com  $U$  em Joules e  $x$  em metros.

(a) Esboce o gráfico de  $U(x)$ .

(b) Determine a força  $F(x)$  que age sobre a partícula.

R:  $F(x) = \frac{2}{x^3} - \frac{2}{x^2}$

(c) Qual é o valor de  $x_0$  correspondente ao ponto de equilíbrio?

R:  $x_0 = 1 \text{ m}$

(d) Supondo que a partícula seja abandonada na posição  $x_1 = 0,75$  m, qual é o valor máximo  $x_2$  da coordenada  $x$  que ela atingirá.

R:  $x_2 = 1,5$  m

(e) Qual é o valor da velocidade  $v$  da partícula ao passar pelo ponto de equilíbrio.

R:  $v_f = \frac{2}{3}$  m/s

37. (\*\*\*) Um menino está sentado no alto de um monte semi-hemisférico. Ele recebe um pequeno empurrão e começa a escorregar para baixo. Mostre que, se o atrito com o monte puder ser desprezado, ele perde o contato com o monte num ponto cuja altura é  $\frac{2R}{3}$ .

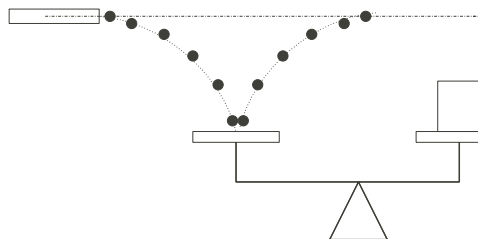
### Momento linear, impulso e colisões

38. (\*\*) Um míssil de massa  $m$  lançado com uma velocidade inicial  $v_0$  formando um ângulo  $\alpha = 45^\circ$  com a horizontal explode no ponto mais alto da trajetória  $O$  em duas partes iguais. Sabendo que uma delas cai embaixo do ponto  $O$  calcule as velocidades dessas partes imediatamente antes de colidir com o solo.

R:  $v_1 = \frac{1}{\sqrt{2}}v_0$  e  $v_2 = \sqrt{\frac{5}{2}}v_0$ .

39. (\*\*) Uma “corrente” de bolinhas de  $0,5$  g cada uma é disparada horizontalmente (como mostrado na figura abaixo) a uma taxa de 100 bolinhas/segundo. Elas caem de uma altura de  $0,5$  m sobre um prato de uma balança e sobem novamente até a altura inicial. Que massa deve ser colocada no outro prato da balança para manter o equilíbrio?

R:  $M = 31,9$  g



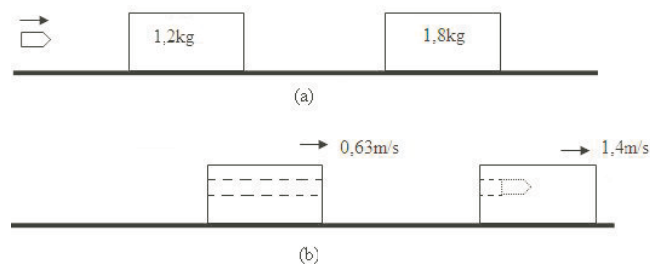
40. (\*\*) Uma bala de  $3,5$  g é atirada contra dois blocos, em repouso, sobre uma mesa lisa, como é mostrado na figura (a) abaixo. A bala passa através do primeiro bloco, de  $1,2$  kg de massa, e incrusta-se no segundo, cuja massa é de  $1,8$  kg. Os blocos adquirem velocidades, respectivamente iguais a  $0,63$  m/s e  $1,4$  m/s como mostra a figura (b). Desprezando a massa removida do primeiro bloco, determine:

(a) a velocidade da bala imediatamente após sair do primeiro bloco e

R:  $721$  m/s

(b) a velocidade inicial da bala.

R:  $937 \text{ m/s}$



41. (\*\*) Um feixe de balas, cada uma de massa  $m$  igual a  $3,8 \text{ g}$ , é disparado com velocidade  $v$  de  $1100 \text{ m/s}$  contra um bloco de madeira, de massa  $M$  igual a  $12 \text{ kg}$ , que está inicialmente em repouso sobre uma mesa horizontal (figura abaixo). Se o bloco pode deslizar sem atrito sobre a mesa, que velocidade terá após ter absorvido 15 balas? (dica: considere uma alta taxa de tiro, de modo que as balas são lançadas antes que a primeira bala atinja o bloco).

R:  $5,2 \text{ m/s}$



42. (\*\*) Um núcleo de  $Bi^{210}$  (Bismuto) em repouso sofre decaimento  $\beta^-$  para o núcleo de  $Po^{210}$  (Polônio). Em um dado evento de decaimento, o elétron é emitido ortogonalmente na direção da emissão do antineutrino. Os módulos dos momentos lineares são  $3,60 \times 10^{-22} \text{ kg m/s}$  para o elétron e  $5,20 \times 10^{-22} \text{ kg m/s}$  para o antineutrino. O núcleo de  $Po^{210}$  possui massa de  $3,50 \times 10^{-25} \text{ kg}$ . Calcule

(a) o módulo do momento linear do núcleo de  $Po^{210}$  que recua e

R:  $\approx 6,32 \times 10^{-22} \text{ kg m/s}$

(b) a energia cinética do núcleo de  $Po^{210}$ . R:  $\approx 5,71 \times 10^{-19} \text{ J}$

43. (\*\*) Um foguete com estágio único é disparado a partir do repouso no espaço sideral, onde a gravidade é desprezível. Sabendo que ele queima seu combustível em  $50,0 \text{ s}$  e que a velocidade relativa do gás de exaustão é dada por  $v_{ex} = 2100 \text{ m/s}$ , qual deve ser a razão  $m_0/m$  para ele atingir uma velocidade final de  $8,00 \text{ km/s}$  (a velocidade orbital aproximada de um satélite artificial da Terra)?

R:  $\approx 45,1$

44. (\*\*\*) Um caminhão-tanque cheio de água, de massa total  $M$ , utilizado para limpar ruas com um jato de água, trafega por uma via horizontal, com coeficiente de atrito cinético  $\mu_c$ . Ao atingir uma velocidade  $v_0$ , o motorista coloca a marcha no ponto morto e liga o jato de água, que é enviada para trás com velocidade  $v_e$  relativa ao caminhão, com uma vazão de  $\lambda$  litros por segundo. Ache a velocidade  $v(t)$  do caminhão depois de um tempo  $t$ .

$$\text{R: } v(t) = v_0 - \mu_c g t + v_e \ln \left( \frac{M}{M - \lambda t} \right)$$

45. (\*\*\*) A equação  $F = -v_{ex} \left( \frac{dm}{dt} \right)$  para a força de propulsão de um foguete também pode ser aplicada para um avião movido a hélice. De fato, existem duas contribuições para a força de propulsão: uma positiva e outra negativa. A contribuição positiva resulta do ar que é empurrado para trás, afastando-o da hélice (logo  $\frac{dm}{dt} < 0$ ), com uma velocidade  $v_{ex}$  relativa à hélice. A contribuição negativa resulta da mesma quantidade de ar que escoo para frente da hélice (logo  $\frac{dm}{dt} > 0$ ), com uma velocidade  $v$  igual à velocidade do avião através do ar.

(a) Escreva uma equação para a força de propulsão resultante desenvolvida pela hélice de um avião em termos de  $v$ ,  $v_{ex}$  e do valor absoluto  $\left| \frac{dm}{dt} \right|$

(b) Para um Cessna 182 (um avião monomotor) voando a  $130 \text{ km/h}$ ,  $150 \text{ kg}$  de ar fluem através da hélice em cada segundo e a hélice desenvolve uma propulsão resultante igual a  $1300 \text{ N}$ . Calcule o incremento do módulo da velocidade (em  $\text{km/h}$ ) que a hélice fornece para o ar.

$$\text{R: } v_{ex} - v = 31,2 \text{ km/h}$$

46. (\*\*\*) No problema da propulsão de um foguete, a massa é variável. Outro problema com massa variável é fornecido por uma gota de chuva caindo no interior de uma nuvem que contém muitas gotas minúsculas. Algumas dessas gotículas aderem sobre a gota que cai, fazendo, portanto, aumentar sua massa à medida que ela cai. A força sobre a gota de chuva é dada por

$$F_{ext} = \frac{dp}{dt} = m \frac{dv}{dt} + v \frac{dm}{dt}$$

Suponha que a massa da gota de chuva dependa da distância  $x$  percorrida durante sua queda. Então,  $m = kx$ , onde  $k$  é uma constante, portanto  $\frac{dm}{dt} = kv$ . Como  $F_{ext} = mg$ , obtemos

$$mg = m \frac{dv}{dt} + v(kv)$$

Ou, dividindo por  $k$

$$xg = x \frac{dv}{dt} + v^2$$

Essa equação diferencial possui uma solução da forma  $v = at$ , onde  $a$  é uma aceleração constante. Considere a velocidade inicial da gota igual a zero.

(a) Usando a solução proposta para  $v$ , determine a aceleração  $a$ .

R:  $g/3$

(b) Calcule a distância percorrida pela gota até o instante  $t = 3,00$  s.

R:  $14,7$  m

(c) Sabendo que  $k = 2,00$  g/m, ache a massa da gota de chuva para  $t = 3,00$  s.

R:  $29,4$  g