

LISTA DE EXERCÍCIOS 2

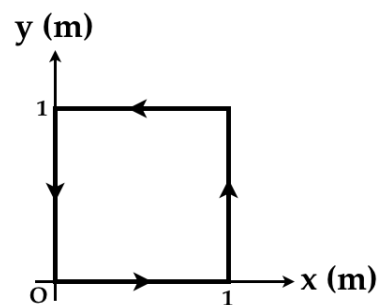
Essa lista trata dos conceitos de **trabalho**, **energia cinética e potencial**, **momento linear**, e **leis de conservação de energia mecânica e momento**. Tais conceitos são abordados nos capítulos 6, 7, 8 e 9 do livro-texto:

- Moysés Nussenzveig, *Curso de Física Básica*, vol. 1. - Mecânica.

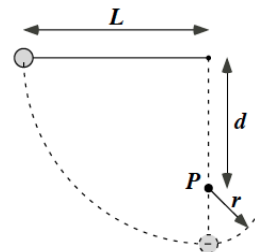
Conservação de energia

1. Uma partícula se move no plano xy sob a ação da força $\vec{F}_1 = 10(y\hat{x} - x\hat{y})$, onde $|\vec{F}_1|$ é medido em Newtons e x e y em m.

- Calcule o trabalho realizado por \vec{F}_1 ao longo do quadrado indicado na figura.
- Faça o mesmo para $\vec{F}_2 = 10(y\hat{x} + x\hat{y})$.
- O que você pode concluir a partir de a) e b) sobre o caráter conservativo ou não de \vec{F}_1 e \vec{F}_2 ?



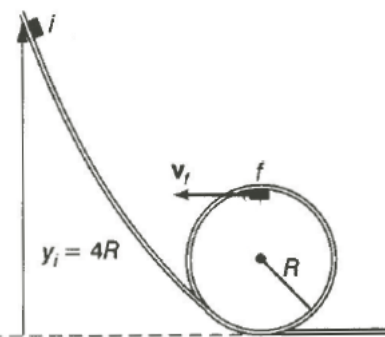
2. A corda da figura tem $L = 120$ cm de comprimento e a distância d até o pino fixo P é de 75 cm. Quando a bola é liberada, a partir do repouso na posição indicada na figura, descreve a trajetória indicada pela linha tracejada. Qual é a velocidade da bola



- quando está passando pelo ponto mais baixo da trajetória e (4,8 m/s)
- quando chega ao ponto mais alto da trajetória depois que a corda toca o pino? (2,4 m/s)
- 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).

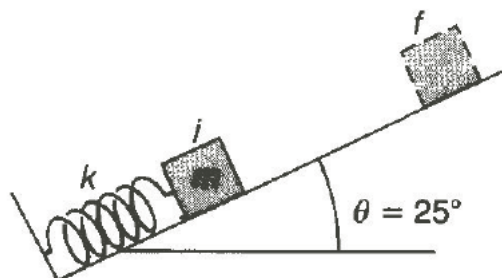
3. Exercício 2 do capítulo 6 do livro-texto.
4. Uma bola de beisebol é lançada do telhado de um edifício de 22,0 m de altura com uma velocidade inicial de magnitude 12,0 m/s e formando um ângulo de $53,1^\circ$ acima da horizontal.
- Qual é a velocidade da bola imediatamente antes de colidir com o solo? (Despreze a resistência do ar). (24,0 m/s)
 - Qual seria a resposta da parte a) se a velocidade inicial formasse um ângulo de $53,1^\circ$ abaixo da horizontal? (Despreze a resistência do ar). (24,0 m/s)
 - Se você não desprezar a resistência do ar, a maior velocidade será obtida na parte (a) ou na parte (b)? (Parte b)
5. Tarzan, que pesa 688 N, decide usar um cipó de 18 m de comprimento para atravessar um abismo. Do ponto de partida até o ponto mais baixo da trajetória ele desce 3,2 m. O cipó é capaz de resistir a uma força máxima de 950 N. Tarzan consegue chegar ao outro lado? (Sim pois $T = 933$ N)

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



- Qual a velocidade do cubo de gelo no ponto f , o ponto mais alto da parte circular do trilho? ($\sqrt{4gR}$)
- Qual a força normal exercida sobre o gelo nesse ponto? ($3mg$)

7. 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° , conforme a figura. 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.



- Qual a distância, na rampa, do ponto f ao ponto i ? (2,17 m)
 - Quando o bloco desliza de volta rampa a baixo, qual a velocidade no ponto médio do caminho entre f e i ? (2,27 m/s)
8. Exercício 2 do capítulo 7 do livro-texto.

9. 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.
- Calcule o trabalho necessário para alongar a mola de $x = 0,50$ m até $1,00$ m. (31,0 J)
 - Com uma das extremidades da mola fixa, uma partícula de massa igual a $2,17$ kg é presa à outra extremidade da mola quando esta é esticada de uma distância $x = 1,00$ 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 $x = 0,50$ m? (5,34 m/s)
 - A força exercida pela mola é conservativa ou não-conservativa? Explique. (conservativa)
10. A energia potencial de uma partícula de massa $m = 0,5$ 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.
- Esboce o gráfico de $U(x)$.
 - Determine a força $F(x)$ que age sobre a partícula. ($F(x) = \frac{2}{x^3} - \frac{2}{x^2}$)
 - Qual o valor de x_0 correspondente ao ponto de equilíbrio? ($x_0 = 1$ m)
 - 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. ($x_2 = 1,5$ m)
 - Qual é o valor da velocidade v da partícula ao passar pelo ponto de equilíbrio. ($v_f = \frac{2}{3}$ m/s)
11. Exercício 12 do capítulo 7 do livro-texto.

Potência

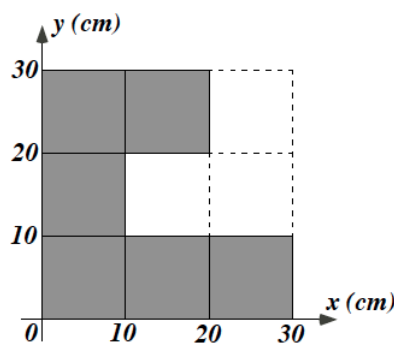
12. Um elevador possui massa de 600 kg, não incluindo a massa dos passageiros. O elevador foi projetado para subir com velocidade constante uma distância vertical de $20,0$ m (cinco andares) em $16,0$ s, sendo impulsionado por um motor que fornece ao elevador uma potência máxima de $29,84$ kW. Qual é o número máximo de passageiros que o elevador pode transportar? Suponha que cada passageiro possua massa de $65,0$ kg. (28)
13. Considere os dados do fabricante de um carro: potência do motor de $57,4$ kW (78 cv), massa de 1 tonelada (com passageiros).
- A aceleração é apresentada em termos do tempo que leva para o carro partir do repouso e chegar a 100 km/h. Para o modelo em questão, em $13,4$ s. Qual a potência média fornecida ao carro neste intervalo? Qual a razão entre esta potência e a potência máxima do motor? (28,6 kW; aprox. 50%).

b) Boa parte da potência fornecida pelo motor é dissipada pelo arrasto aerodinâmico do carro. Esta força é dada por $F_a = \frac{1}{2}\rho C_x A v^2$, onde ρ é a densidade do ar ($1,23 \text{ kg/m}^3$), C_x é o coeficiente aerodinâmico (cerca de $0,35$), e A é a seção reta transversal do veículo ($2,24 \text{ m}^2$). Com estes dados, estime qual a velocidade máxima que o veículo pode atingir. (177 km/h).

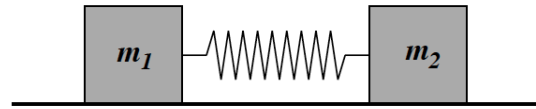
Para referência, os dados correspondem a um Corsa/GM, modelo 2000, cuja velocidade máxima é de 161 km/h . Você pode comparar o desempenho com veículos de diferentes características (esportivos, utilitários, sedan de luxo) quanto a estes parâmetros (potência, massa, coeficiente aerodinâmico e área transversal).

Momento linear

14. 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 $J(u + v)/2$.
15. 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? ($At_2 + Bt_2^3/3$)
 - b) A garota inicialmente está em repouso, qual é a sua velocidade no instante t_2 ? ($At_2/m + Bt_2^3/m$)
16. Considere uma colisão frontal perfeitamente inelástica, entre um carro e um caminhão, que estejam se deslocando com uma velocidade de 8 m/s . As massas totais dos veículos, incluindo as massas dos motoristas (80 kg), são 800 kg para o carro e 4000 kg para o caminhão. Se o tempo de colisão é de $0,12 \text{ s}$, qual a força média exercida pelo cinto de segurança sobre cada motorista? (1778 e 8889 N , módulo da força sobre o motorista do caminhão e do carro, respectivamente.)
17. Uma chapa de aço, de densidade uniforme, tem o formato da figura. Calcule as coordenadas x_{cm} e y_{cm} do centro de massa da peça. ($(11,7; 13,3) \text{ cm}$)



18. Exercício 10 do capítulo 8 do livro-texto.
19. A figura 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? ($f_1 = \frac{m_2}{m_1+m_2}$ e $f_2 = \frac{m_1}{m_1+m_2}$)

20. Uma toalha de mesa sobre a qual repousa um bolo, sofre uma força \vec{F} . A mesa circular possui um raio $r = 0,9$ 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 intervalo de 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). (0,59 s)
21. Para um sistema de coordenadas cartesiano $(x; y)$, uma partícula (1) encontra-se inicialmente em repouso na origem e outra (2), de 0,5 kg, encontra-se na posição $P = (6; 0)$ m, com o centro de massa do sistema na posição $(2,4; 0)$ m. A velocidade do centro de massa é dada por $V_{cm} = 0,75t^2$ m/s (para t em segundos) ao longo do eixo x . Determine:
- a) a massa da partícula na origem, (0,75 kg)
 - b) a aceleração do centro de massa. ($a = 1,5t$ m/s² ao longo do eixo x , para t em segundos)
 - c) Admita que as forças são iguais para as duas partículas. Com base nesta informação, explicita a aceleração de cada uma delas. ($a_1 = \frac{m_1+m_2}{2m_1}a_{cm}$ e $a_2 = \frac{m_1+m_2}{2m_2}a_{cm}$)
22. Um míssil de massa m lançado com uma velocidade inicial v_0 formando um ângulo $\theta = 45^\circ$ 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. ($v_1 = \frac{1}{\sqrt{2}}v_0$ e $v_2 = \sqrt{\frac{5}{2}}v_0$)
23. A posição de três partículas de massas $m_1 = 1$ kg, $m_2 = 1$ kg e $m_3 = 2$ kg são dadas pelos seguintes vetores posição: $\vec{r}_1(t) = (3 - 5t^2)\hat{y}$ m, $\vec{r}_2(t) = 3\hat{x} + (5 - 5t^2)\hat{y}$ m e $\vec{r}_3(t) = (4 + 2t)\hat{x} + (2 - 5t^2)\hat{y}$ m medidos a partir do sistema laboratório.
- Determine a posição de cada partícula e a posição do centro de massa do sistema em $t = 0$.

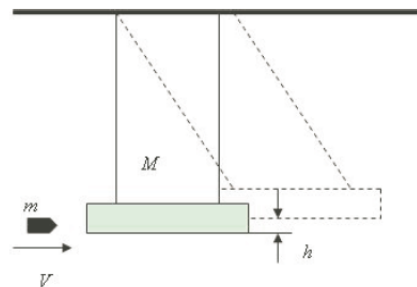
- (b) Faça um esquema cuidadoso no plano cartesiano da situação dos quatro vetores posição do item (a).
- (c) Determine a posição e a aceleração do centro de massa para um instante t qualquer.
- (d) Há forças externas no sistema? Encontre a força externa ou argumente porque não há forças externas.

Sistemas de massa variável

24. Um foguete é disparado no espaço sideral, onde a gravidade é desprezível. No primeiro segundo ele emite $1/160$ 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?
25. 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)? ($\simeq 45,1$)

Colisões, conservação de momento

26. 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 após a colisão? ($4,2 \text{ m/s}$)
27. 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 a massa do segundo vagão. ($12,9$ toneladas).
28. Um pêndulo balístico (ver figura) 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 $h = 6,3 \text{ cm}$? (633 m/s)



29. 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 $m < m'$ haverá duas colisões, e calcule as velocidades finais das três partículas. $(v_1 = \frac{m-m'}{m+m'}v \leq 0; v_2 = 0; v_3 = \frac{2m}{m+m'}v)$
- b) Mostre que, para $m > m'$, haverá três colisões, e calcule as velocidades finais das três partículas. $(v_1 = \frac{m-m'}{m+m'}^2 v < v_2 = \frac{2m(m-m')}{(m+m')^2}v < v_3 = \frac{2m}{m+m'}v)$
- 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.
30. Um núcleo de Th^{232} (Tório) em repouso decai para um núcleo de Ra^{228} (Rádio) com emissão de uma partícula α . A energia cinética total dos fragmentos da desintegração é igual a $6,54 \times 10^{-13}$ J. A massa de uma partícula α é 1,76 por cento da massa de um núcleo de Ra^{228} . Calcule a energia cinética
- a) do núcleo de Ra^{228} ($\simeq 0,11 \times 10^{-13}$ J)
- b) da partícula α . ($\simeq 6,43 \times 10^{-13}$ J)
31. Qual o ângulo máximo de espalhamento elástico de uma partícula α por um nêutron em repouso? (a massa da partícula α é 4 vezes a massa do nêutron). Neste ângulo, que fração da energia cinética incidente vai para o recuo do nêutron? ($14,5^\circ$; 0,4)