

LISTA 2 – LEIS DE NEWTON, TRABALHO E ENERGIA

ENTREGA INDIVIDUAL PARA OS TRABALHOS EM GRUPO

PRAZO: 03/12 – 23:59

SUBMETA UM RELATÓRIO DAS DEMONSTRAÇÕES REALIZADAS PELO GRUPO SOBRE:

- 1) Demonstração experimental envolvendo a força elástica e determinação da força de atrito

DICA: Inclua no relatório: introdução, a metodologia e instrumentos utilizados, os dados obtidos, a análise e gráficos, discussão dos resultados, relato das dificuldades e conclusões.

EXERCÍCIOS PARA ENTREGA (destacados)

CAPÍTULO 5:

Problemas: 5.3, 5.5, 5.8, 5.9, 5.16, 5.17, 5.21 e 5.22

CAPÍTULO 6:

Problemas: 6.3, 6.4, 6.7, 6.8, 6.11, 6.12

CAPÍTULO 7:

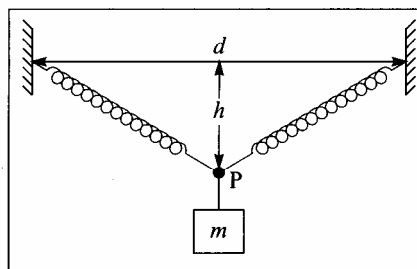
Problemas: 7.7, 7.8, 7.9, 7.9, 7.11, 7.13, 7.14, 7.20

exemplo, o oxigênio existe na natureza como mistura de três isótopos, O^{16} , O^{17} e O^{18}) e medir suas massas com precisão. Como todos os isótopos do mesmo elemento têm as mesmas propriedades químicas, a separação por métodos químicos não é possível. Utilizando em lugar da chapa fotográfica um detetor que meça a corrente de íons, é possível analisar também com precisão a *abundância relativa* dos diferentes isótopos numa amostra.

PROBLEMAS DO CAPÍTULO 5

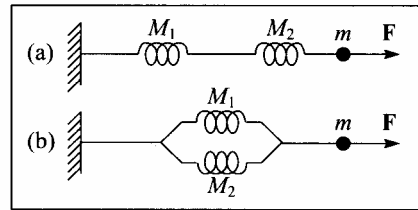
- Um astronauta, vestindo seu traje espacial, consegue pular a uma altura de 60 cm da Terra. A que altura conseguirá pular na Lua? Os raios médios da Terra e da Lua são de 6.371 Km e 1.738 Km, respectivamente; as densidades médias são 5,52 g/cm³ e 3,34 g/cm³, respectivamente.
- Utilizando os dados do problema anterior, calcule que fração da distância Terra-Lua é preciso percorrer para que a atração gravitacional da Terra seja compensada pela da Lua.
- No átomo de hidrogênio, a distância média entre o elétron e o próton é de aproximadamente 0,5 Å. Calcule a razão entre as atrações coulombiana e gravitacional das duas partículas no átomo. A que distância entre o elétron e o próton sua atração coulombiana se tornaria igual à atração gravitacional existente entre eles no átomo? Compare o resultado com a distância Terra-Lua.
- Duas bolinhas de isopor, de 0,5 g cada uma, estão suspensas por fios de 30 cm, amarrados no mesmo ponto. Comunica-se a mesma carga elétrica a cada bolinha; em consequência, os fios se afastam até formar um ângulo de 60° um com o outro. Qual é o valor da carga?
- Leve em conta a resistência do ar, supondo-a proporcional à magnitude da velocidade. Nestas condições, um pedregulho que é lançado verticalmente para cima, a partir de uma certa altura, demora mais, menos ou o mesmo tempo para subir até a altura máxima do que para voltar até a altura do lançamento? Explique.

- O sistema da figura está em equilíbrio. A distância d é de 1 m e o comprimento relaxado de cada uma das duas molas iguais é de 0,5 m. A massa m de 1 Kg faz descer o ponto P de uma distância $h = 15$ cm. A massa das molas é desprezível. Calcule a constante k das molas.



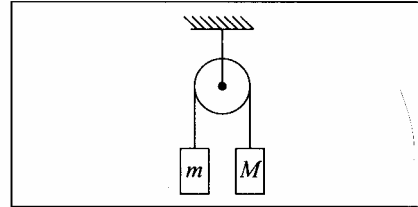
- Um bloco é lançado para cima, com velocidade de 5 m/s, sobre uma rampa de 45° de inclinação. O coeficiente de atrito cinético entre o bloco e a rampa é 0,3. (a) Qual é a distância máxima atingida pelo bloco ao longo da rampa? (b) Quanto tempo leva o bloco para subir a rampa? (c) Quanto tempo leva para descer a rampa? (d) Com que velocidade final chega ao pé da rampa?

8. Na figura, as molas M_1 e M_2 têm massa desprezível, o mesmo comprimento relaxado l_0 e constantes de mola k_1 e k_2 , respectivamente. Mostre que se pode substituir o par de molas por uma mola única equivalente de constante de mola k , e calcule k nos casos (a) e (b).

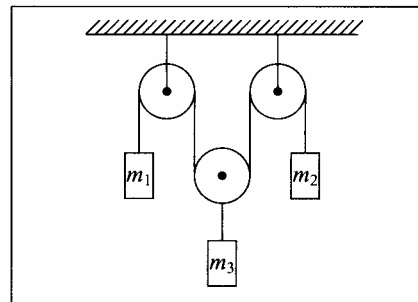


9. No sistema da figura (máquina de Atwood), mostre que a aceleração a da massa M e a tensão T da corda (desprezando as massas da corda e da polia) são dadas por

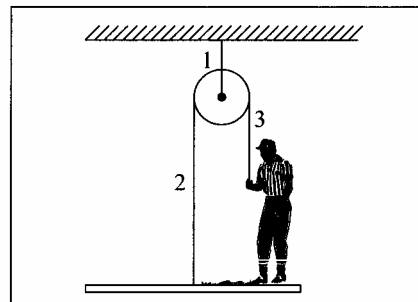
$$a = \left(\frac{M - m}{M + m} \right) g \quad T = \frac{2mM}{(M + m)} g$$



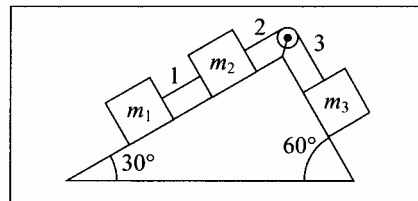
10. No sistema da figura, $m_1 = 1 \text{ Kg}$, $m_2 = 3 \text{ Kg}$ e $m_3 = 2 \text{ Kg}$, e as massas das polias e das cordas são desprezíveis. Calcule as acelerações a_1 , a_2 e a_3 das massas m_1 , m_2 e m_3 e a tensão T da corda.



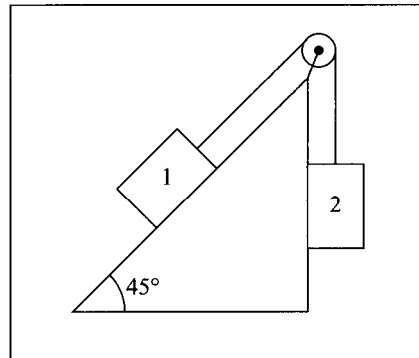
11. Um pintor está sobre uma plataforma suspensa de uma polia (Fig). Puxando a corda em 3, ele faz a plataforma subir com aceleração $g/4$. A massa do pintor é de 80 Kg e a da plataforma é de 40 Kg . Calcule as tensões nas cordas 1, 2 e 3 e a força exercida pelo pintor sobre a plataforma.



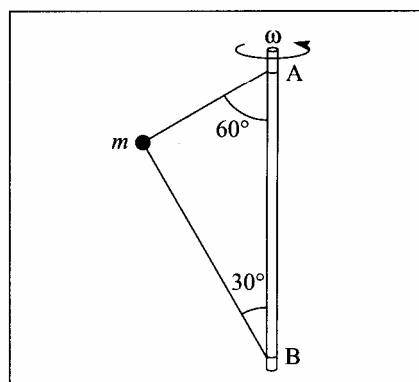
12. No sistema da figura, $m_1 = 20 \text{ Kg}$, $m_2 = 40 \text{ Kg}$ e $m_3 = 60 \text{ Kg}$. Desprezando as massas das polias e dos fios e o atrito, calcule a aceleração do sistema e as tensões nos fios 1, 2 e 3.



13. Um bloco está numa extremidade de uma prancha de 2 m de comprimento. Erguendo-se lentamente essa extremidade, o bloco começa a escorregar quando ela está a 1,03 m de altura, e então leva 2,2 s para deslizar até a outra extremidade, que permaneceu no chão. Qual é o coeficiente de atrito estático entre o bloco e a prancha? Qual é o coeficiente de atrito cinético?
14. Um bloquinho de massa igual a 100 g encontra-se numa extremidade de uma prancha de 2 m de comprimento e massa 0,5 Kg. Os coeficientes de atrito estático e cinético entre o bloquinho e a prancha são, respectivamente, 0,4 e 0,35. A prancha está sobre uma mesa horizontal lisa (atrito desprezível). Com que força máxima podemos empurrar a outra extremidade da prancha para que o bloquinho não deslize sobre ela? Se a empurrarmos com uma força de 3N, depois de quanto tempo o bloquinho cairá da prancha?
15. No sistema da figura, o bloco 1 tem massa de 10 Kg e seu coeficiente de atrito estático com o plano inclinado é 0,5. Entre que valores mínimo e máximo pode variar a massa m do bloco 2 para que o sistema permaneça em equilíbrio?



16. O coeficiente de atrito estático entre as roupas de uma pessoa e a parede cilíndrica de uma centrífuga de parque de diversões de 2 m de raio é 0,5. Qual é a velocidade angular mínima (em rotações por minuto) da centrífuga para que a pessoa permaneça colada à parede, suspensa acima do chão?
17. Uma curva semicircular horizontal numa estrada tem 30 m de raio. Se o coeficiente de atrito estático entre os pneus e o asfalto é 0,6, qual é a velocidade máxima (em Km/h) com que um carro pode fazer a curva sem derrapar?
18. Um trem atravessa uma curva de raio de curvatura igual a 100 m a 30 km/h. A distância entre os trilhos é de 1 m. De que altura é preciso levantar o trilho externo para minimizar a pressão que o trem exerce sobre ele ao passar pela curva?
19. No sistema da figura, a bolinha de massa m está amarrada por fios de massa desprezível ao eixo vertical AB e gira com velocidade angular ω em torno desse eixo. A distância AB vale l . Calcule as tensões nos fios superior e inferior. Para que valor de ω o fio inferior ficaria frouxo?



20. Um feixe de elétrons de velocidade 3×10^6 m/s penetra horizontalmente na região entre um par de placas defletoras de 2 cm de extensão, onde existe um campo elétrico vertical de 1 kV/m. Calcule o ângulo de deflexão e a magnitude da velocidade do feixe ao emergir da região entre as placas.
21. Qual é a frequência de ciclotron de um elétron no campo magnético da Terra, tomando seu valor típico de 0,5 gauss? Se um elétron acelerado através de uma diferença de potencial de 250V se move neste campo, perpendicularmente à direção do campo magnético, qual é o raio de curvatura da sua órbita?
22. Um feixe de prótons, movendo-se ao longo de uma direção tomada como eixo Ox , com velocidade de 10^6 m/s, penetra numa região onde existe um campo magnético uniforme de intensidade 100 gauss, dirigido ao longo do eixo Oz . Calcule a deflexão do feixe na direção y , após penetrar uma distância de 50 cm ao longo da direção x na região onde existe o campo magnético.

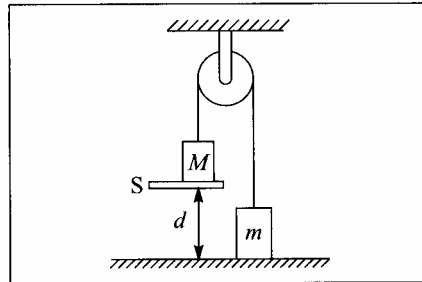
está na posição de equilíbrio e a partícula se move para a direita com velocidade máxima.

A energia é puramente cinética. Para $t = \tau/4$, a distensão da mola é máxima e a velocidade nula (energia puramente potencial). Para $t = \tau/2$, a partícula volta a passar pela posição de equilíbrio com velocidade oposta. Para $t = 3\tau/4$, a compressão da mola é máxima, e em $t = \tau$ voltamos à situação inicial. A energia total E mantém-se constante, oscilando entre a forma cinética e a forma potencial.

PROBLEMAS DO CAPÍTULO 6

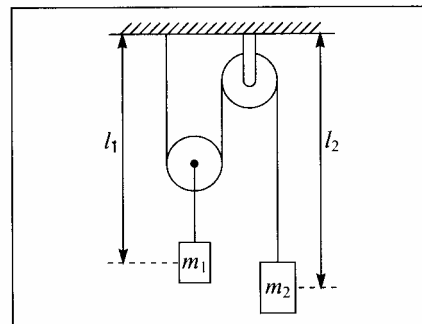
1. Resolva o problema 8 do Capítulo 4 a partir da conservação de energia.

2. No sistema da figura, $M = 3 \text{ kg}$, $m = 1 \text{ kg}$ e $d = 2 \text{ m}$. O suporte S é retirado num dado instante. (a) Usando conservação de energia, ache com que velocidade M chega ao chão. (b) Verifique o resultado, calculando a aceleração do sistema pelas leis de Newton.



3. Uma partícula de massa $m = 1 \text{ kg}$, lançada sobre um trilho retilíneo com velocidade de 3 m/s , está sujeita a uma força $F(x) = -a - bx$, onde $a = 4 \text{ N}$, $b = 1 \text{ N/m}$ e x é o deslocamento, em m , a partir da posição inicial. (a) Em que pontos do trilho a velocidade da partícula se anula? (b) Faça o gráfico da velocidade da partícula entre esses pontos. (c) A que tipo de lei de forças corresponde $F(x)$?

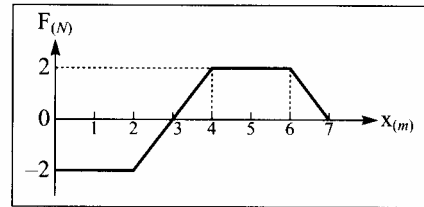
4. No sistema da figura, onde as polias e os fios têm massa desprezível, $m_1 = 1 \text{ kg}$ e $m_2 = 2 \text{ kg}$. (a) O sistema é solto com velocidade inicial nula quando as distâncias ao teto são l_1 e l_2 . Usando conservação da energia, calcule as velocidades de m_1 e m_2 depois que m_2 desceu uma distância x_2 . (b) Calcule a partir daí as acelerações a_1 e a_2 das duas massas. (c) Verifique os resultados usando as leis de Newton.



5. Um garoto quer atirar um pedregulho de massa igual a 50 g num passarinho pousado num galho 5 m a sua frente e 2 m acima do seu braço. Para isso, utiliza um estilingue em que cada elástico se estica de 1 cm para uma força aplicada de 1 N . O garoto aponta numa direção a 30° da horizontal. De que distância deve puxar os elásticos para acertar no passarinho?

6. Uma balança de mola é calibrada de tal forma que o prato desce de 1 cm quando uma massa de $0,5 \text{ kg}$ está em equilíbrio sobre ele. Uma bola de $0,5 \text{ kg}$ de massa fresca de pão, guardada numa prateleira 1 m acima do prato da balança, escorrega da prateleira e cai sobre ele. Não levando em conta as massas do prato e da mola, de quanto desce o prato da balança?

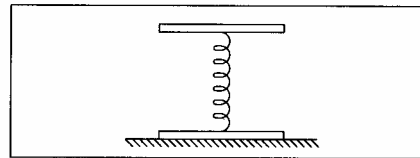
7. Uma partícula de massa igual 2 kg desloca-se ao longo de uma reta. Entre $x = 0$ e $x = 7$ m, ela está sujeita à força $F(x)$ representada no gráfico. Calcule a velocidade da partícula depois de percorrer 2, 3, 4, 6 e 7 m, sabendo que sua velocidade para $x = 0$ é de 3 m/s.



8. Uma partícula move-se ao longo da direção x sob o efeito de uma força $F(x) = -kx + Kx^2$, onde $k = 200$ N/m e $K = 300$ N/m². (a) Calcule a energia potencial $U(x)$ da partícula, tomando $U(0) = 0$, e faça um gráfico de $U(x)$ para $-0,5$ m < x < 1 m. (b) Ache as posições de equilíbrio da partícula e discuta sua estabilidade. (c) Para que domínio de valores de x e da energia total E a partícula pode ter um movimento oscilatório? (d) Discuta qualitativamente a natureza do movimento da partícula nas demais regiões do eixo dos x .

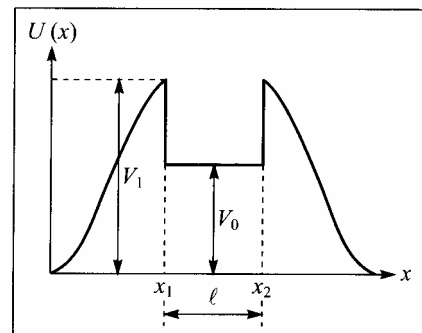
Dado: $\int_0^x x'^n dx' = x^{n+1} / (n+1)$

9. Um sistema formado por duas lâminas delgadas de mesma massa m , presas por uma mola de constante elástica k e massa desprezível, encontra-se sobre uma mesa horizontal (veja a Fig.). (a) De que distância a mola está comprimida na posição de equilíbrio? (b) Comprime-se a lâmina superior, abaixando-a de uma distância adicional x a partir da posição de equilíbrio. De que distância ela subirá acima da posição de equilíbrio, supondo que a lâmina inferior permaneça em contato com a mesa? (c) Qual é o valor mínimo de x no item (b) para que a lâmina inferior salte da mesa?

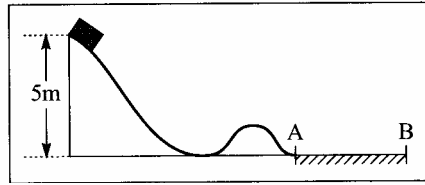


10. Um cabo uniforme, de massa M e comprimento L , está inicialmente equilibrado sobre uma pequena polia de massa desprezível, com a metade do cabo pendente de cada lado da polia. Devido a um pequeno desequilíbrio o cabo começa a deslizar para uma de suas extremidades, com atrito desprezível. Com que velocidade o cabo está-se movendo quando a sua outra extremidade deixa a polia?

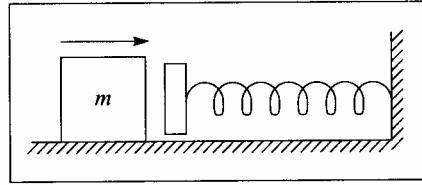
11. Uma partícula de massa m move-se em uma dimensão com energia potencial $U(x)$ representada pela curva da Fig. (as beiradas abruptas são idealizações de um potencial rapidamente variável). Inicialmente, a partícula está dentro do "poço de potencial" (região entre x_1 e x_2) com energia E tal que $V_0 < E < V_1$. Mostre que o movimento subsequente será periódico e calcule o período.



12. Um carrinho desliza do alto de uma montanha russa de 5 m de altura, com atrito desprezível. Chegando ao ponto A, no sopé da montanha, ele é freiado pelo terreno AB coberto de areia (veja a Fig.), parando em 1,25 s. Qual é o coeficiente de atrito cinético entre o carrinho e a areia?



13. Um bloco de massa $m = 5$ kg, deslizando sobre uma mesa horizontal, com coeficientes de atrito cinético e estático 0,5 e 0,6, respectivamente, colide com uma mola de massa desprezível, de constante de mola $k = 250$ N/m, inicialmente na posição relaxada (veja Fig.). O bloco atinge a mola com velocidade de 1 m/s. (a) Qual é a deformação máxima da mola? (b) Que acontece depois que a mola atinge sua deformação máxima? (c) Que fração da energia inicial é dissipada pelo atrito nesse processo?



14. Um pêndulo é afastado da vertical de um ângulo de 60° e solto em repouso. Para que ângulo com a vertical sua velocidade será a metade da velocidade máxima atingida pelo pêndulo?

Ao atingir o ponto B' ($\theta = \pi$) a velocidade $v(\theta)$ passa pelo seu valor mínimo, que, pelas (7.6.16) e (7.6.18), é dada por

$$\frac{1}{2}mv^2(\pi) + 2mgd = mgz_0 \quad \{ \quad v^2(\pi) = 2g(z_0 - 2d) \quad (7.6.19)$$

(Note que $d \leq z_0/2$, conforme foi observado por Galileu, para que o fio se enrosque (pg. 106), de modo que o 2.º membro da (7.6.19) é ≥ 0).

A 2.ª lei de Newton, aplicada ao ponto B' , onde a aceleração é puramente centrípeta (não há forças tangenciais), dá

$$\frac{mv^2(\pi)}{d} = mg + T \quad (7.6.20)$$

onde T é a tensão no fio, dirigida para baixo. Combinando as (7.6.19) e (7.6.20), obtemos:

$$T = \frac{2mg}{d}(z_0 - 2d) - mg = \frac{2mg}{d}\left(z_0 - \frac{5}{2}d\right) \quad (7.6.21)$$

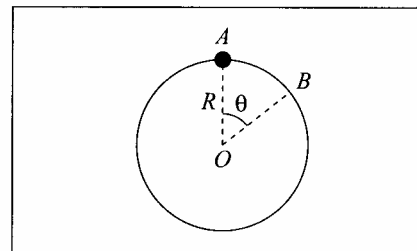
Como o fio não pode exercer uma tensão negativa (ou seja, dirigida para cima), devemos ter $T \geq 0$, o que dá, pela (7.6.21),

$$z_0 - \frac{5}{2}d \geq 0 \quad \left\{ \quad 0 \leq d \leq \frac{2}{5}z_0 \quad (7.6.22)$$

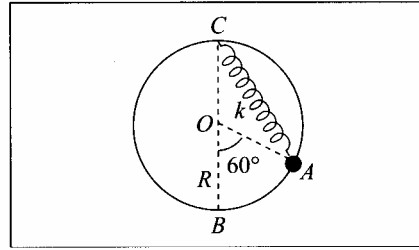
Para $\frac{2}{5}z_0 < d < z_0/2$, o fio não chega até o ponto B' : a tensão se anula para $\theta < \pi$ e fio se dobra, fazendo cair o pêndulo.

PROBLEMAS DO CAPÍTULO 7

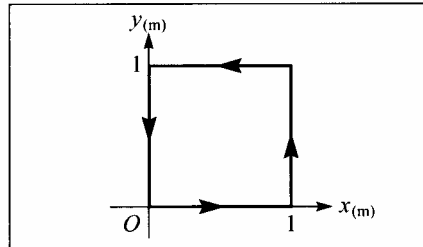
1. No Exemplo 1 da Seç. 5.3, considere a situação em que $|\mathbf{F}|$ tem o valor mínimo necessário para manter o bloco deslizando sobre o plano horizontal com velocidade constante. Para um deslocamento l do bloco, exprima o trabalho W realizado pela força \mathbf{F} em função de P , θ , l e do coeficiente μ_c . Que acontece com esse trabalho?
2. Uma partícula carregada penetra num campo magnético uniforme com velocidade inicial perpendicular à direção do campo magnético. Calcule o trabalho realizado pela força magnética sobre a partícula ao longo de sua trajetória.
3. Dois vetores \mathbf{a} e \mathbf{b} são tais que $|\mathbf{a} + \mathbf{b}| = |\mathbf{a} - \mathbf{b}|$. Qual é o ângulo entre \mathbf{a} e \mathbf{b} ?
4. Calcule o ângulo entre duas diagonais internas (que passam por dentro) de um cubo, utilizando o produto escalar de vetores.
5. Uma conta de massa m , enfiada num aro circular de raio R que está num plano vertical, desliza sem atrito da posição A , no topo do aro, para a posição B , descrevendo um ângulo θ (Fig.). (a) Qual é o trabalho realizado pela força de reação do aro sobre a conta? (b) Qual é a velocidade da conta em B ?



6. Um corpo de massa $m = 300$ g, enfiado num aro circular de raio $R = 1$ m situado num plano vertical, está preso por uma mola de constante $k = 200$ N/m ao ponto C , no topo do aro (Fig.). Na posição relaxada da mola, o corpo está em B , no ponto mais baixo do aro. Se soltarmos o corpo em repouso a partir do ponto A indicado na figura, com que velocidade ele chegará a B ?



7. Uma partícula se move no plano xy sob a ação da força $F_1 = 10(yi - xj)$, onde $|F_1|$ é medido em N, e x e y em m. (a) Calcule o trabalho realizado por F_1 ao longo do quadrado indicado na figura. (b) Faça o mesmo para $F_2 = 10(yi + xj)$. (c) O que você pode concluir a partir de (a) e (b) sobre o caráter conservativo ou não de F_1 e F_2 ? (d) Se uma das duas forças parece ser conservativa, procure obter a energia potencial U associada, tal que $F = -\text{grad } U$.

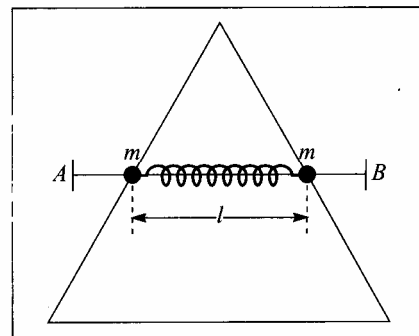


8. Uma partícula está confinada a mover-se no semi-espço $z \geq 0$, sob a ação de forças conservativas, de energia potencial $U(x, y, z) = F_0z + \frac{1}{2}k(x^2 + y^2)$, onde F_0 e k são positivas. (a) Calcule as componentes da força que atua sobre a partícula. (b) Que tipo de força atua ao longo do eixo Oz ? (c) Que tipo de forças atuam no plano xy ? (d) Qual é a forma das superfícies equipotenciais?
9. Um oscilador harmônico tridimensional isotrópico é definido como uma partícula que se move sob a ação de forças associadas à energia potencial

$$U(x, y, z) = \frac{1}{2}k(x^2 + y^2 + z^2)$$

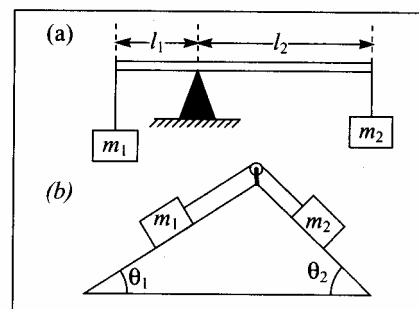
onde k é uma constante positiva. Mostre que a força correspondente é uma força central, e calcule-a. De que tipo é a força obtida?

10. Uma estrutura rígida triangular é construída com três hastes iguais e seu plano é vertical, com a base na horizontal. Nos dois outros lados estão enfiadas duas bolinhas idênticas de massa m , atravessadas por um arame rígido e leve AB , de modo que podem deslizar sobre as hastes com atrito desprezível, mantendo sempre o arame na horizontal. As duas bolinhas também estão ligadas por uma mola leve de constante elástica k e comprimento relaxado l_0 . (a) Mostre que uma expressão para a energia potencial do sistema em função do comprimento l da mola é $U(l) = \frac{1}{2}k(l - l_0)^2 - mg\sqrt{3}l$. (b) Para que valor de l o sistema está em equilíbrio? (c) Se soltamos o sistema na situação em que a mola está relaxada, qual é o menor e qual é o maior valor de l no movimento subsequente? (d) Que tipo de movimento o sistema realiza no caso (c)?

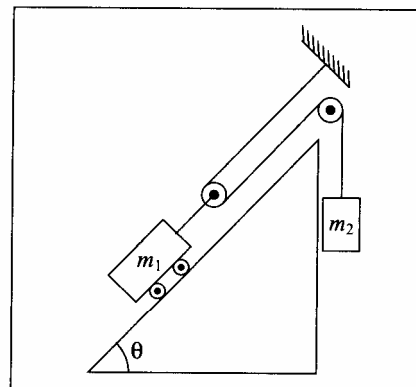


11. Mostre que o trabalho necessário para remover um objeto da atração gravitacional da Terra é o mesmo que seria necessário para elevá-lo ao topo de uma montanha de altura igual ao raio da Terra, caso a força gravitacional permanecesse constante e igual ao seu valor na superfície da Terra, durante a escalada da montanha.
12. Calcule a velocidade de escape de um corpo a partir da superfície da Lua.
13. Um satélite síncrono da Terra é um satélite cujo período de revolução em torno da Terra é de 24 hs, de modo que permanece sempre acima do mesmo ponto da superfície da Terra. (a) Para uma órbita circular, a que distância do centro da Terra (em km e em raios da Terra) precisa ser colocado um satélite para que seja síncrono? (b) Que velocidade mínima seria preciso comunicar a um corpo na superfície da Terra para que atingisse essa órbita (desprezando os efeitos da atmosfera)?

14. Utilize o Princípio dos Trabalhos Virtuais enunciado na Seç. 7.3 para obter as condições de equilíbrio da alavanca [Fig. (a)] e do plano inclinado [Fig. (b)]. Para isto, imagine que um pequeno deslocamento, compatível com os vínculos a que estão sujeitas, é dado às massas, e imponha a condição de que o trabalho realizado nesse deslocamento (trabalho virtual) deve ser nulo.

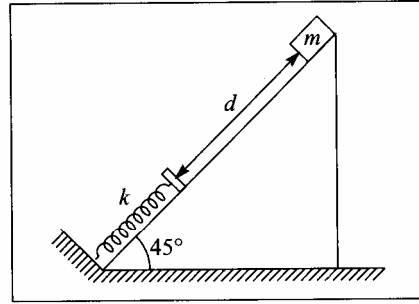


15. Um vagão de massa $m_1 = 4$ toneladas está sobre um plano inclinado de inclinação $\theta = 45^\circ$, ligado a uma massa suspensa $m_2 = 500$ kg pelo sistema de cabo e polias ilustrado na Fig. Supõe-se que o cabo é inextensível e que a massa do cabo e das polias é desprezível em confronto com as demais. O coeficiente de atrito cinético entre o vagão e o plano inclinado é $\mu_c = 0,5$ e o sistema é solto do repouso. (a) Determine as relações entre os deslocamentos s_1 e s_2 e as velocidades v_1 e v_2 das massas m_1 e m_2 , respectivamente. (b) Utilizando a conservação da energia, calcule de que distância o vagão se terá deslocado ao longo do plano inclinado quando sua velocidade atingir 4,5 km/h.

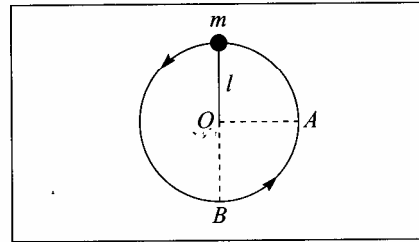


16. Um automóvel de massa m e velocidade inicial v_0 é acelerado utilizando a potência máxima P_M do motor durante um intervalo de tempo T . Calcule a velocidade do automóvel ao fim desse intervalo.

17. Um bloco de massa $m = 10 \text{ kg}$ é solto em repouso do alto de um plano inclinado de 45° em relação ao plano horizontal, com coeficiente de atrito cinético $\mu_c = 0,5$. Depois de percorrer uma distância $d = 2 \text{ m}$ ao longo do plano, o bloco colide com uma mola de constante $k = 800 \text{ N/m}$, de massa desprezível, que se encontrava relaxada. (a) Qual é a compressão sofrida pela mola? (b) Qual é a energia dissipada pelo atrito durante o trajeto do bloco desde o alto do plano até a compressão máxima da mola? Que fração representa da variação total de energia potencial durante o trajeto? (c) Se o coeficiente de atrito estático com o plano é $\mu_e = 0,8$, que acontece com o bloco logo após colidir com a mola?

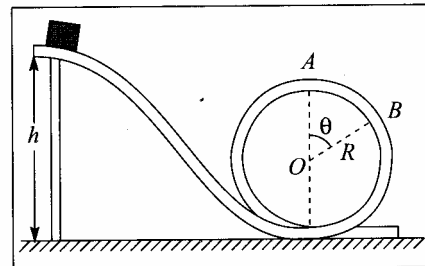


18. Uma bolinha amarrada a um fio de comprimento $l = 1 \text{ m}$ gira num plano vertical. (a) Qual deve ser a velocidade da bolinha no ponto mais baixo B (Fig.) para que ela descreva o círculo completo? (b) A velocidade satisfazendo a esta condição, verifica-se que a tensão do fio quando a bolinha passa por B difere por $4,41 \text{ N}$ da tensão quando ela passa pela posição horizontal A . Qual é a massa da bolinha?



19. Um garotinho esquimó desastrado escorrega do alto do seu iglu, um domo hemisférico de gelo de 3 m de altura. (a) De que altura acima do solo ele cai? (b) A que distância da parede do iglu ele cai?

20. Num parque de diversões, um carrinho desce de uma altura h para dar a volta no "loop" de raio R indicado na figura. (a) Desprezando o atrito do carrinho com o trilho, qual é o menor valor h_1 de h necessário para permitir ao carrinho dar a volta toda? (b) Se $R < h < h_1$, o carrinho cai do trilho num ponto B , quando ainda falta percorrer mais um ângulo θ para chegar até o topo A (Fig.). Calcule θ . (c) Que acontece com o carrinho para $h < R$?



21. Uma escada rolante liga um andar de uma loja com outro situado a $7,5 \text{ m}$ acima. O comprimento da escada é de 12 m e ela se move a $0,60 \text{ m/s}$. (a) Qual deve ser a potência mínima do motor para transportar até 100 pessoas por minuto, sendo a massa média de 70 kg ? (b) Um homem de 70 kg sobe a escada em 10 s . Que trabalho o motor realiza sobre ele? (c) Se o homem, chegando ao meio, põe-se a descer a escada, de tal forma a permanecer sempre no meio dela, isto requer que o motor realize trabalho? Em caso afirmativo, com que potência?