

4. DINÂMICA DA PARTÍCULA

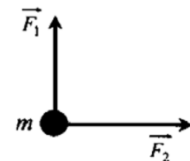
- 4.1.** Em trânsito, de pé num autocarro, porque razão caímos para a frente quando o autocarro trava, e caímos para trás quando acelera? O que acontece quando o autocarro percorre uma curva mesmo que mantenha constante o valor da velocidade?
- 4.2.** Uma força horizontal actua sobre um corpo em condições de se mover livremente. Haverá aceleração se a força for de intensidade inferior ao peso desse corpo?
- 4.3.** A aceleração de um corpo em queda livre depende da sua massa?
- 4.4.** Dois objectos de igual massa repousam nos pratos de uma balança. A balança mantém-se equilibrada dentro de um elevador quando este é acelerado para cima ou para baixo?
- 4.5.** Um corpo está suspenso por um fio do tecto de um elevador. Entre as situações seguintes, indique aquela em que a tensão no fio será maior.
- a) O elevador em repouso.
 - b) O elevador sobe com velocidade uniforme.
 - c) O elevador sobe com velocidade crescente.
 - d) O elevador sobe com velocidade decrescente.
- 4.6.** Por que razão os pingos de chuva caem a uma velocidade constante no estágio final de sua queda?
- 4.7.** Critique a seguinte afirmação: “um corpo em que é nula a resultante das forças aplicadas, encontra-se em repouso”.
- 4.8.** Num jogo de cabo-de-guerra, três homens puxam uma das extremidades do cabo e outros três homens puxam a extremidade oposta. No meio da corda está pendurado um corpo de massa igual a 30 kg. Os homens conseguirão, puxando bastante, fazer com que o cabo fique exactamente rectilíneo? Justifique.
- 4.9.** Considere dois objectos com a mesma forma e volume mas massas diferentes, m_1 e $m_2 \gg m_1$. Se forem largados de uma mesma altura h , qual chega primeiro ao solo e porquê?
- 4.10.** Se um objecto não tiver aceleração num referencial inercial poderemos concluir que não actuam forças sobre ele?

4.11. A Luiza segura um berlinde na mão. O par acção/reacção da força exercida sobre o berlinde pela mão da Luiza é:

- a) a força que a Terra exerce sobre o berlinde.
- b) a força que o berlinde exerce sobre a Terra.
- c) a força que a mão exerce sobre o berlinde.
- d) a força que o berlinde exerce sobre a mão.
- e) a força que a Terra exerce sobre a mão.

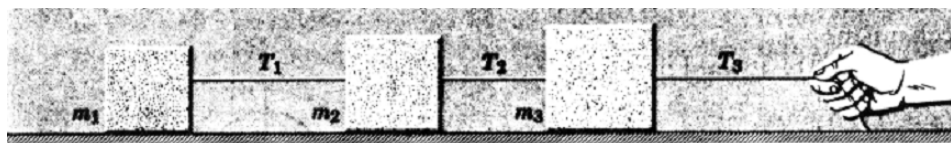
Qual o par acção/reacção da força gravítica que actua sobre o berlinde?

4.12. Um corpo de massa $m = 8,0 \text{ kg}$ está sujeito à acção de duas forças \vec{F}_1 e \vec{F}_2 , de intensidades $4,0 \text{ N}$ e $6,0 \text{ N}$, respectivamente. Determine o vector aceleração do corpo.



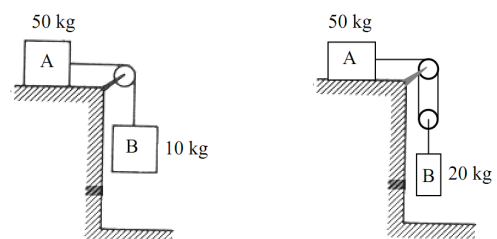
4.13. Três blocos, ligados como mostra a figura, estão sobre uma mesa horizontal sem atrito, e são puxados para a direita por uma força de intensidade $F = 100 \text{ N}$. Sabendo que $m_1 = 10 \text{ kg}$, $m_2 = 15 \text{ kg}$ e $m_3 = 25 \text{ kg}$, determine:

- a) a aceleração do sistema;
- b) os módulos das tensões nas cordas.

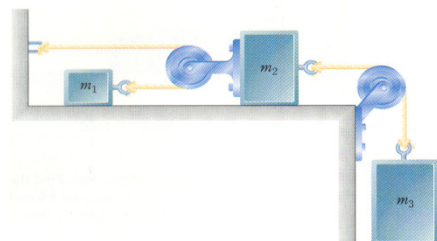


4.14. O bloco A, de 50 kg , desliza sem atrito sobre a superfície horizontal com velocidade inicial de $5,0 \text{ m/s}$ para a esquerda. Determine, para as duas situações ilustradas na figura, o instante t no qual o bloco A tem:

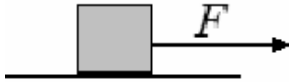
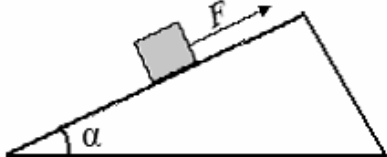
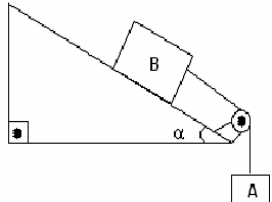
- a) velocidade nula;
- b) uma velocidade de 5 m/s para a direita.



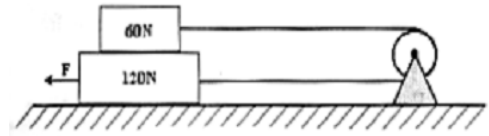
4.15. Considere o sistema esquematizado na figura, onde $m_1 = 215 \text{ g}$, $m_2 = 500 \text{ g}$, $m_3 = 365 \text{ g}$. Considerando que o atrito e a massa das roldanas são desprezáveis, determine a tensão nas cordas e a aceleração dos blocos da figura.



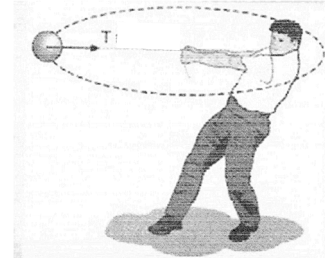
4.16. Um homem cuja massa é de 90 kg está num elevador. Determine a força que o piso exerce sobre o homem quando:

- a) o elevador está parado;
b) o elevador sobe com velocidade constante;
c) o elevador desce com velocidade constante;
d) o elevador desce com aceleração de 3 m/s^2 , para cima;
e) o elevador desce com aceleração de 3 m/s^2 , para baixo;
f) o cabo parte e o elevador cai livremente.
- 4.17.** O bloco de massa a igual a $2,0 \text{ kg}$, mostrado na figura abaixo, encontra-se inicialmente em repouso sobre uma superfície plana e horizontal, quando passa a actuar sobre ele uma força de intensidade F paralela ao plano. Sabendo que os coeficientes de atrito estático e cinético entre o bloco e a superfície de apoio são, respectivamente, $0,4$ e $0,3$, determine a aceleração do bloco,
- a) se F for igual a 7 N ;
b) se F for igual a 12 N .
- 
- 4.18.** Uma caixa de 20 kg sobe um plano inclinado de 60° em MRU sob a ação de uma força de intensidade F . Qual é o valor de F ?
- 4.19.** Um disco ($m = 100 \text{ g}$) desliza por um plano inclinado a 37° , com uma aceleração de $4,4 \text{ m/s}^2$. Determine a intensidade da força de atrito exercida pelo plano no disco. Qual o valor do coeficiente de atrito cinético para as superfícies em contacto?
- 4.20.** Um corpo de peso 10 N é puxado plano acima com velocidade constante por acção de uma força \vec{F} paralela ao plano. O plano faz um ângulo de 53° com a horizontal e o coeficiente de atrito cinético é $\mu = 0,2$. Determine a intensidade da força \vec{F} .
- 
- 4.21.** A figura representa uma situação na qual o bloco B, dez vezes mais pesado que o bloco A, deverá descer pelo plano inclinado com velocidade constante. Considere que o fio e a polia são ideais e há rugosidade no contato entre o bloco B e a superfície do plano. A inclinação do plano é de 75° .
- a) Represente graficamente as forças que actuam nos dois corpos;
b) Indique a força resultante em cada corpo;
c) Determine os valores da força de atrito sobre o bloco B e do coeficiente de atrito entre este bloco e o plano.
- 
- 4.22.** Qual é a aceleração máxima que pode atingir um atleta numa pista horizontal, se o coeficiente de atrito estático entre as suas sapatilhas e o piso for $0,8$?

- 4.23.** Na figura, o coeficiente de atrito cinético entre o bloco de 120 N e a superfície do plano é igual a 0,4, e entre os dois blocos é 0,2. O atrito na polia e a massa da corda que une os dois blocos são desprezáveis. Determine a intensidade da força \vec{F} sobre o bloco inferior que permite o movimento uniforme do sistema.

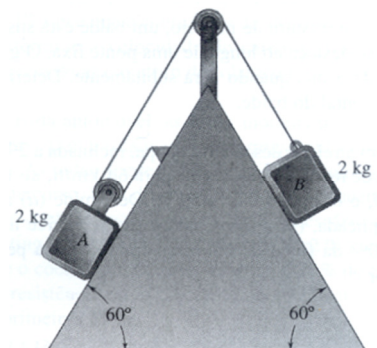


- 4.24.** Um rapaz faz girar uma esfera, de massa $m = 0,20$ kg, presa por um fio, em torno de um ponto fixo. A pedra executa um movimento circular de 1,5 m de raio num plano horizontal, com velocidade escalar $v = 3,0$ m/s.

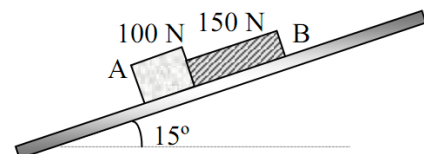


- Determine a tensão no fio.
- A partir de dado instante, o rapaz começa a aumentar a velocidade da esfera, imprimindo-lhe uma aceleração angular de $0,5 \text{ rad/s}^2$. Se a tensão de ruptura do fio for de 30 N,
 - Ao fim de quanto tempo se parte o fio e qual a velocidade da esfera nesse instante?
 - Descreva o movimento da esfera a partir do instante em que o fio se parte.

- 4.25.** Considere os corpos de massa m_A e m_B representados na figura, onde a roldana e os cabos tem massa desprezável e o coeficiente de atrito entre os corpos e o plano inclinado é $\mu = 0,2$.

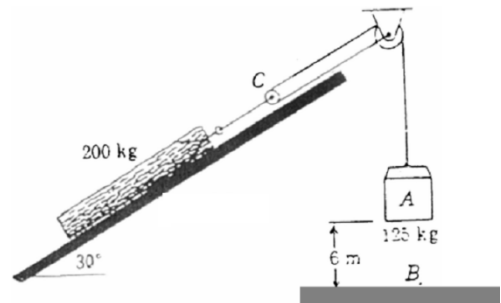


- Represente graficamente as forças envolvidas.
 - Utilizando as equações da dinâmica necessárias calcule as acelerações dos corpos A e B.
 - Determine a tensão no cabo que suporta os corpos.
- 4.26.** Duas caixas são colocadas num plano inclinado como o representado na figura. O coeficiente de atrito entre o plano inclinado e a caixa B é de 0,15 e entre o plano inclinado e a caixa A é de 0,25. Sabendo que as caixas estão em contacto quando libertadas, determine:
- a aceleração de cada caixa;
 - a força exercida pela caixa A sobre a caixa B.
- 4.27.** Resolva o problema anterior supondo que as posições das caixas são trocadas.



4.28. Um caminhão, transportando um baú solto na carroçaria, faz uma curva horizontal, de 125 m de raio. Sendo o coeficiente de atrito estático entre o baú e a carroçaria igual a 0,5, determine, em km/h, qual a velocidade máxima a que o caminhão pode fazer a curva, sem que o baú deslize.

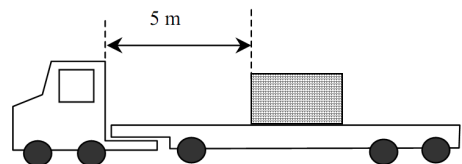
4.29. A figura representa um plano inclinado, sobre o qual se encontra um tronco de 200 kg, ligado a um bloco de 125 kg de massa. O coeficiente de atrito entre o tronco e o plano é de 0,5. O movimento inicia-se a partir da posição indicada na figura, sendo desprezável a massa e o atrito nas roldanas.



Tendo em atenção estas condições, determine:

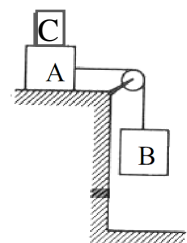
- as acelerações dos movimentos do bloco e do tronco;
 - as velocidades do bloco A e do tronco, no instante em que o bloco atinge o solo.
- 4.30.** Um ponto material de 2,0 kg de massa está sob a acção de uma força variável que, expressa em Newton, é dada por $\vec{F} = (8 - 6t)\hat{i} + (4 - t^2)\hat{j} + (4 + t)\hat{k}$. Sabendo que a velocidade do ponto material é $\vec{v} = 150\hat{i} + 100\hat{j} - 250\hat{k}$ (m/s) quando $t = 0$ s, determine:
- o instante em que a aceleração do ponto material é paralela ao plano Oyz;
 - a velocidade do ponto material nesse instante.

4.31. O coeficiente de atrito entre a carga e o reboque no caminhão indicado na figura é de 0,40. Viajando a 100 km/h, o motorista faz uma travagem de emergência e o caminhão desliza 90 m até parar.



Determine a velocidade da carga em relação ao reboque quando ela atinge a borda da frente do reboque (suponha que a travagem é feita com aceleração constante).

4.32. As massas dos corpos A e B na figura são, respectivamente, 10,0 kg e 5,0 kg. O coeficiente de atrito entre a mesa e o corpo A é de 0,20. Determine:



- O valor mínimo da massa de C que impede o corpo A de se mover;
- aceleração do sistema se o corpo C for removido.

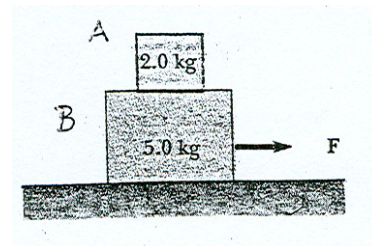
4.33. Um homem faz oscilar um balde cheio de água num plano vertical, numa circunferência de 0,75 m de raio. Qual a menor velocidade que o balde deverá ter no topo da circunferência para que não derrame a água?

4.34. Um bloco A de 2,0 kg repousa sobre o centro de um bloco B de 5,0 kg e 40 cm de comprimento, que está pousado sobre uma mesa, de acordo com a figura. O coeficiente de atrito cinético entre o bloco B e o tampo da mesa é 0,20.

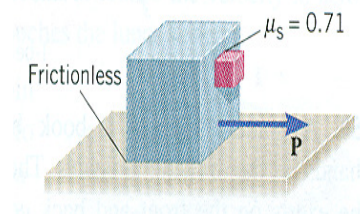
a) Qual deve ser a intensidade da força \vec{F} para que os dois blocos se desloquem em conjunto com uma aceleração de 3,0 m/s?

b) Qual o valor mínimo que pode ter o coeficiente de atrito estático entre os dois blocos para que, no caso da alínea anterior, eles sigam solidários?

c) Se a intensidade da força horizontal \vec{F} for igual ao peso total dos dois blocos e o coeficiente de atrito cinético entre os blocos for 0,20, qual a distância percorrida pelo bloco B antes que o bloco A caia?



4.35. A figura mostra um cubo ($m_1 = 25$ kg) que é acelerado sobre uma superfície sem atrito por uma força horizontal \vec{P} . Um pequeno cubo ($m_2 = 4$ kg) está em contacto com a superfície frontal do cubo grande (ver figura) e, se P não for suficientemente grande, escorrega. O coeficiente de atrito entre os cubos é de 0,71. Qual o menor valor da força \vec{P} que impede o cubo pequeno de cair?



4.36. Uma partícula de poeira encontra-se sobre um disco e roda com ele a uma velocidade de 45 revoluções por minuto (rpm). Se a partícula estiver a 10 cm do eixo de rotação, determine:

a) a sua velocidade linear;

b) o módulo da sua aceleração;

c) a força de atrito que actua sobre a partícula, se a sua massa for de 1,0 g;

d) o coeficiente de atrito estático entre a partícula de poeira e o disco, sabendo que a partícula só escorrega quando estiver a mais de 15 cm do eixo.

4.37. Um prato de gira-discos roda a 33 rpm. Constatou-se que um pequeno objecto colocado sobre o prato fica em repouso em relação a ele se a distância ao centro for menor que 11,5 cm, mas escorrega se a distância for maior.

a) Qual o coeficiente de atrito estático entre o objecto e o prato?

b) A que distância máxima do eixo o objecto pode ser colocado sem escorregar, se o prato girar a 45 rpm?

4.38. Um disco de 1,0 kg de massa está preso à extremidade de um cordão de 1,0 m de comprimento, cuja carga de ruptura é de 500 N; o disco descreve uma circunferência

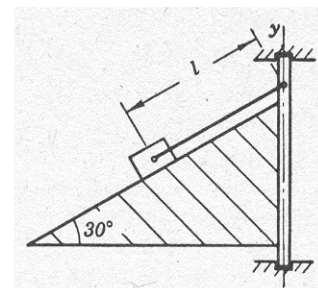
horizontal sobre uma mesa sem atrito. A outra extremidade do cordão é mantida fixa. Determinar a velocidade máxima que o disco pode atingir sem rebentar o cordão.

4.39. Uma curva circular com 100 m de raio está projectada para tráfego que circule a 80 km/h.

- a) Se a estrada não for inclinada qual o coeficiente de atrito necessário para impedir que os carros, a 80 km/h, saiam da estrada?
- b) Qual a inclinação em relação à horizontal que a estrada deveria ter se o coeficiente de atrito fosse de 0,25 ?

4.40. Um bloco com uma massa 10 kg repousa num plano inclinado suspenso por uma corda, como se mostra na figura. Todo o sistema pode rodar em torno do eixo dos y. Não havendo atrito entre o bloco e o plano inclinado e sendo $l = 2$ m o comprimento da corda, determine:

- a) a tensão na corda quando a velocidade de rotação do conjunto for igual a 10 rpm;
- b) a velocidade angular a partir da qual o bloco começa a elevar-se e a abandonar o plano;
- c) a tensão da corda nas condições da alínea anterior.



4.41. Qual é a intensidade da força constante necessária para aumentar a quantidade de movimento de um corpo em movimento rectilíneo, de $2300 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ para $3000 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ em 50 s, sem alterar o sentido do seu movimento?

4.42. Um automóvel de 1500 kg de massa e com velocidade inicial de $120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, trava com aceleração constante, imobilizando-se em 0,2 min. Calcule a intensidade da força aplicada ao carro.

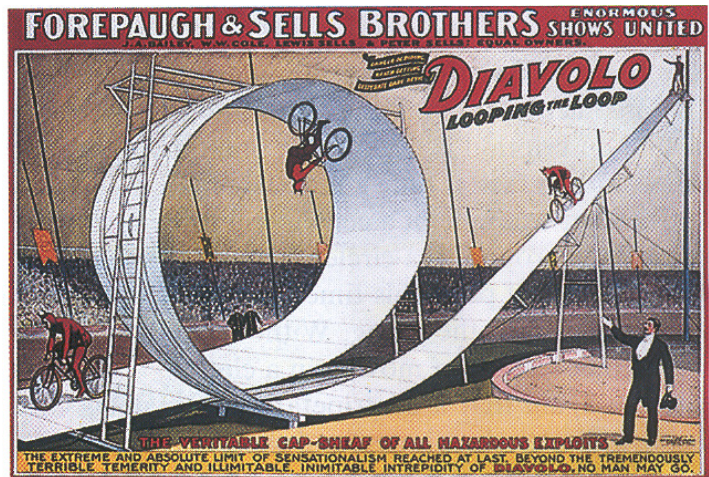
4.43. Durante quanto tempo deve ser aplicada uma força de 80 N a um corpo de 12,5 kg de forma a pará-lo, se a sua velocidade inicial for de $72 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$?

4.44. Uma partícula de massa 3,2 kg move-se para Este com uma velocidade de $6,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, interagindo com outra partícula de massa 1,6 kg que se move para Sul com uma velocidade de $5,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Após 2 s a primeira partícula move-se na direcção N 30° E com uma velocidade de $3,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Calcule:

- a) a magnitude e direcção da velocidade da outra partícula;
- b) a quantidade de movimento total das duas partículas no início e após os 2 s;
- c) a variação da quantidade de movimento de cada partícula.

- 4.45.** Um corpo com uma massa de 10 g cai de uma altura de 3 m sobre um monte de areia. O corpo penetra 3 cm na areia antes de parar. Qual a força média que a areia exerceu sobre o corpo?
- 4.46.** Uma massa de 200 g move-se com velocidade constante $\vec{v} = 50 \hat{i}$ (cm/s). Quando a massa se encontra em $\vec{r} = -10 \hat{i}$ (cm), é-lhe aplicada uma força constante $\vec{F} = -40,0 \hat{i}$ (N). Determine:
- o tempo que a massa leva a parar;
 - a posição da massa no instante em que pára.
- 4.47.** Um corpo de massa m move-se ao longo do eixo dos xx de acordo com a lei $x(t) = A \cdot \cos(\omega t + \varphi)$, em que A , ω e φ são constantes.
- Calcule a força que actua no corpo em função da posição.
 - Qual o sentido da força quando x é positivo? E quando x é negativo?
- 4.48.** Considere um ciclista sobre uma estrada plana e comente as seguintes afirmações:
- Se não existissem forças de atrito entre o solo e os pneus da bicicleta, o ciclista não conseguiria acelerá-la ao pedalar.
 - Quando o ciclista pedala, fazendo aumentar a velocidade da bicicleta, a força de atrito total do solo sobre a bicicleta aponta na direção do movimento.
 - O sentido da força de atrito total do solo sobre a bicicleta é diferente consoante o ciclista acelera ou trava a bicicleta.
- 4.49.** Comente cada uma das seguintes afirmações:
- A mesma força aplicada em dois objetos diferentes, produzirá o mesmo impulso se o tempo de aplicação for também o mesmo.
 - Nas corridas de fórmula 1, nas montanhas-russas dos parques de diversões, em quaisquer movimentos curvilíneos, as forças centrípetas têm um papel crucial.
 - A reação normal de uma superfície nunca pode exercer o papel de força centrípeta.
 - Ao descrever uma curva, a quantidade de movimento de um carro varia sempre em direção e sentido, mas não necessariamente em módulo.
 - Para que um carro faça uma curva de estrada, a resultante das forças que nele atuam é necessariamente não nula.
 - A velocidade mínima, no ponto mais alto de um looping vertical de raio R , para que um carrinho de montanha russa não perca contato com os trilhos, é $\sqrt{5gR}$, em que g é a aceleração da gravidade. (Despreze as forças de atrito e as dimensões do carrinho).

4.50. Nma apresentação de circo, em 1901, Allo Diavolo introduziu a acrobacia de bicicletas em pistas com loops, como mostra a figura ao lado. Diavolo verificou que, se partisse de uma determinada altura mínima, poderia percorrer todo o trajecto, passando inclusive pelo loop, sem cair, num



“desafio” às leis da gravidade, conforme anunciava. A figura II mostra o caminho do centro de massa do sistema acrobata-bicicleta. Nessa figura, h é a altura entre o ponto mais alto — A — e o ponto mais baixo — C — da trajetória, B é o ponto mais alto do loop e R é o raio do loop. Analizando apenas o movimento do centro de massa do sistema acrobata-bicicleta e considerando que não há forças dissipativas e que a bicicleta não é impulsionada pelo acrobata em nenhum instante da trajetória, determine a velocidade mínima que o acrobata deve ter em B para que consiga completar o loop sem cair.

