

## FAP151-Fundamentos de Mecânica. Junho de 2007

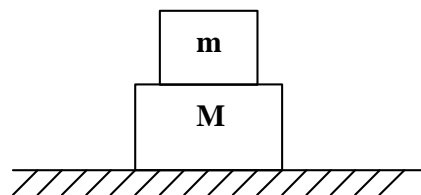
9ª. Lista de Exercícios. **Aplicações das Leis de Newton em sistemas sem atrito.**

**Para entregar: exercícios 13 e 20.**

### Vínculos e a 3ª lei de Newton

1. (Força de contato) Na figura ao lado, o bloco de massa  $m = 1 \text{ kg}$  está apoiado sobre um bloco de massa  $M = 2 \text{ kg}$  que repousa sobre uma mesa horizontal.

- Indique todas as forças que agem em cada um dos blocos e as forças na mesa relacionadas às interações com os blocos.
- Indique os pares de força que correspondem a “ação e reação” no conceito da terceira lei de Newton.
- Se invertermos as posições dos blocos, quais forças serão modificadas?



2. (Halliday, Q.3.15) (Força de tração) Dois estudantes tentam romper uma corda. Primeiro cada um puxa de um lado da corda e falham. Depois, amarram uma das extremidades numa parede e puxam, juntos, pela outra. Este procedimento é melhor que o primeiro? Explique.

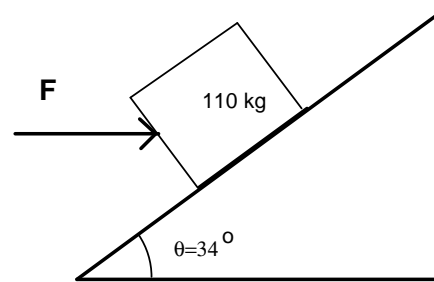
3. (Força de tração, decomposição de forças) Uma esfera de massa  $2,1 \times 10^{-4} \text{ kg}$  e carregada eletricamente está suspensa por uma corda. Uma força elétrica age horizontalmente sobre a esfera, de modo que quando está em repouso a corda faz um ângulo de  $37^\circ$  com a vertical.

- Esboce o diagrama de corpo livre da esfera.
- Determine a intensidade da força elétrica.
- Determine a tração da corda.

4. (Força de tração, decomposição de forças) Em um cabo de guerra, 3 homens puxam uma corda para a esquerda em A e 3 homens puxam para a direita em B com forças de mesmo módulo. Uma massa de  $5 \text{ kg}$  é pendurada verticalmente no centro da corda. Os homens podem manter a corda AB na horizontal? Se não, explique; se sim, calcule o módulo das forças necessárias em A e B.

5. (Força de contato, decomposição de forças) Um caixote de  $110 \text{ kg}$  é empurrado com velocidade constante para cima em uma rampa sem atrito, inclinada em  $34^\circ$  conforma a figura. A partir do diagrama de corpo livre do caixote, determine:

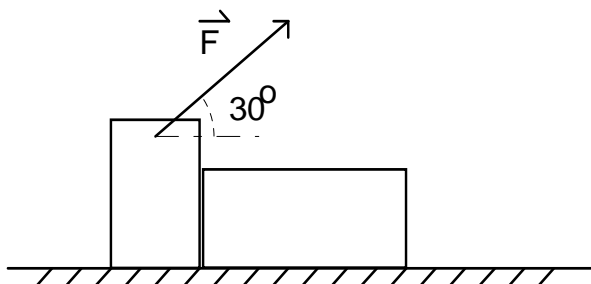
- a força horizontal  $F$  necessária e
- a força exercida pela rampa sobre o caixote.



### Decomposição de forças

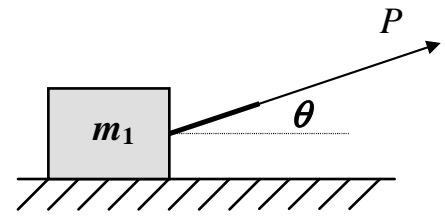
6. Um bloco com  $1 \text{ kg}$  de massa e outro com  $4 \text{ kg}$  estão sobre um plano horizontal liso de maneira que podem se mover sem atrito. Sobre o bloco mais leve, aplica-se uma força de módulo  $5 \text{ N}$ , com direção e sentido conforme ilustrado na figura abaixo.

- Esboce os diagramas de corpo livre dos blocos.
- Determine a força de interação entre os blocos.
- Determine a aceleração do conjunto.
- Determine as forças de contato entre cada um dos blocos e a superfície de apoio.
- Dê uma idéia sucinta do que aconteceria caso o módulo da força fosse  $25 \text{ N}$  ao invés de  $5 \text{ N}$ , mantendo a direção e o sentido da figura.

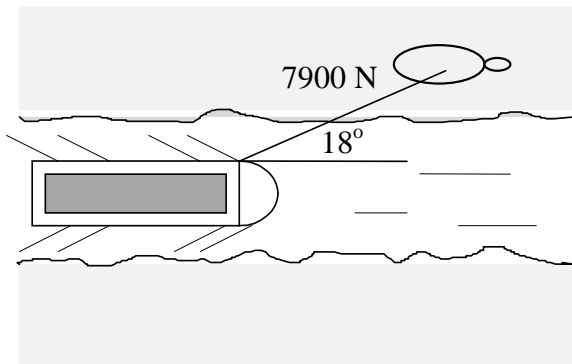


7. Um bloco de 5,1 kg é puxado ao longo de uma superfície sem atrito por uma corda que exerce uma força  $P = 12$  N, cuja direção forma um ângulo  $\theta = 25^\circ$  com a horizontal, como mostra a figura ao lado.

- Esboce o diagrama de corpo livre do bloco.
- Qual é a aceleração do bloco?
- Qual é a velocidade do bloco 2,0 s depois do início do movimento?
- Suponha agora que a força  $P$  é aumentada lentamente. Qual é o valor de  $P$  imediatamente antes do bloco ser levantado da superfície?
- Qual é a aceleração do bloco imediatamente antes dele ser levantado e perder contato com a superfície?



8. Antigamente, cavalos puxavam barcaças por canais, como mostra a figura ao lado. Suponha que o

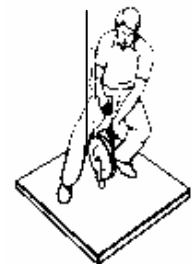


cavalo exerça uma força de 7900 N num ângulo de  $18^\circ$  com a direção do movimento da barcaça, que se desloca ao longo do eixo do canal. A massa da barcaça é 9500 kg e a sua aceleração é  $0,12$  m/s<sup>2</sup>. Esboce o diagrama de corpo livre da barcaça e calcule a força exercida pela água sobre a barcaça. (Note que deve haver algum dispositivo no barco que compensa a força do cavalo na direção perpendicular ao canal, tal como um leme, não mostrado na figura.)

### Dinâmica e cinemática em sistemas de um corpo

9. (Halliday, E.5.8). O homem da figura ao lado pesa 800 N; a plataforma e a polia sem atrito têm peso total de 190 N. Ignore o peso da corda.

- Tratando a plataforma e o homem como um ponto material, deduza a força com que o homem tem de puxar a corda de forma a se levantar junto com a plataforma a  $0,37$  m/s<sup>2</sup>.
- Esboce os diagramas de corpos livres do homem e da plataforma e determine as forças internas.

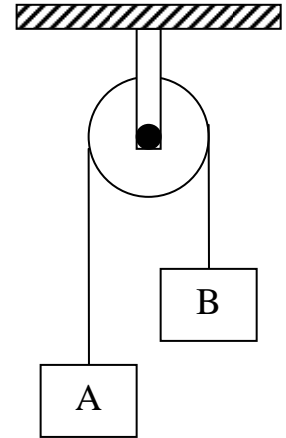


10. Um bloco de massa  $m$  é lançado para cima num plano inclinado, sem atrito, com uma velocidade  $v_0$ . O ângulo de inclinação é  $\theta$ .

- Escolha um sistema de coordenadas adequado para resolver este problema, esboce o diagrama de corpo livre do bloco e determine sua aceleração.
- Deduza a expressão do tempo gasto pelo bloco até parar, em função de  $v_0$ ,  $\theta$  e  $g$ , onde  $g$  é a aceleração da gravidade.
- Deduza a expressão da posição do bloco em função do tempo e de  $v_0$ ,  $\theta$  e  $g$ .
- Qual é a velocidade do bloco quando ele retorna à posição inicial?
- Determine as respostas numéricas para  $v_0 = 2,5$  m/s,  $\theta = 30^\circ$  e  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>.

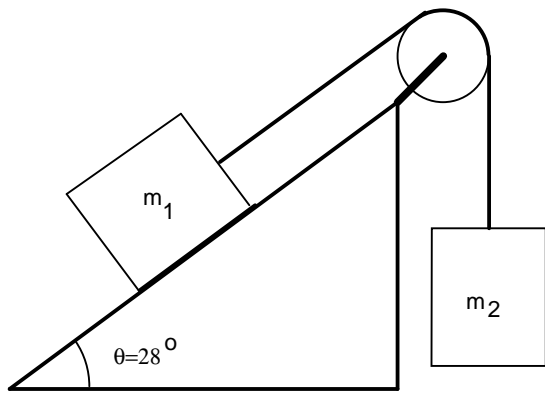
### Dinâmica em sistemas de dois corpos

11. Dois blocos de massas  $m_A$  e  $m_B$  estão suspensos por uma corda de massa desprezível que passa por uma polia sem atrito, conforme mostra a figura ao lado; este dispositivo tem o nome de máquina de Atwood. Considerando a situação após o sistema ser liberado para mover-se a partir do repouso, com a corda esticada, responda às questões abaixo.



- Desenhe diagramas de corpo livre para os blocos.
- Escolha um único sistema de referência para descrever os movimentos dos blocos A e B; escreva as equações de movimento de A e de B e a que relaciona a aceleração do bloco A,  $a_A$ , com a aceleração de B,  $a_B$ , no sistema de referência escolhido.
- Determine o módulo da aceleração dos blocos.
- Determine a tensão na corda durante o movimento.
- Durante quanto tempo os blocos poderão mover-se se o corpo B está inicialmente a 0,50 m de bater na polia e a 1,50 m do chão?

12. Um bloco de massa  $m_1 = 3,7$  kg está sobre um plano inclinado de ângulo  $28^\circ$  e é ligado por uma corda que passa em uma polia pequena e sem atrito a um segundo bloco de massa  $m_2 = 1,86$  kg, que pende verticalmente conforme a figura ao lado.



- Esboce os diagramas de corpo livre dos blocos.
- Escolha um sistema de coordenadas para descrever o movimento de  $m_1$ , outro para  $m_2$  e escreva as equações de movimento e a relação cinemática entre as acelerações.
- Determine a aceleração de cada bloco.
- Determine a tração na corda.
- Durante quanto tempo os blocos poderão mover-se se o corpo B está inicialmente a 1,50 m de bater na polia e a 0,50 m do chão?
- Calcule a massa  $m_{eq}$  que deve ter o corpo 2 para que o sistema fique em equilíbrio. O que ocorre se  $m_2 < m_{eq}$ ? E se  $m_2 > m_{eq}$ ?

13. Um bloco de 15 kg é suspenso pela extremidade de uma corda de massa desprezível que passa por uma polia sem atrito, mas com massa igual a 5 kg. Um contrapeso de 10 kg está preso na outra extremidade da corda, conforme mostra a figura do problema 11. Inicialmente, um mecanismo prende a corda na polia e a polia está travada, de modo que os blocos ficam suspensos pela corda. Use  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>.

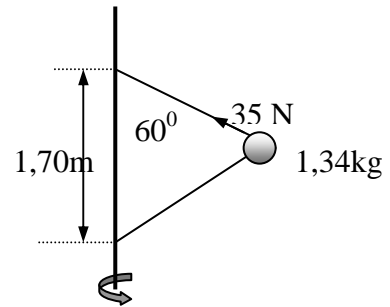
- Qual é a força aplicada no teto pelo sistema?

O sistema é, então, liberado para mover-se a partir do repouso, com a corda esticada. Nessa condição:

- desenhe diagramas de corpo livre para os blocos e a polia;
- escolha um único sistema de referência para descrever os movimentos, escreva as equações de movimento dos blocos e da polia e escreva a relação entre a aceleração dos blocos no sistema de referência escolhido;
- determine o módulo da aceleração dos blocos;
- determine a tensão na corda durante o movimento e
- determine a força aplicada no teto pelo sistema enquanto os blocos estão se movendo.

### Vínculos na dinâmica do movimento circular uniforme

14. (RHK P5.17) Uma bola de 1,34 kg está presa a uma haste rígida vertical por meio de dois fios de massa desprezível, com 1,70 m de comprimento cada. Os fios estão presos à haste em pontos separados também por 1,70 m. O conjunto está girando em volta do eixo da haste com os dois fios esticados formando com a haste um triângulo equilátero, como mostra a figura ao lado. A tensão no fio superior é 35,0 N.



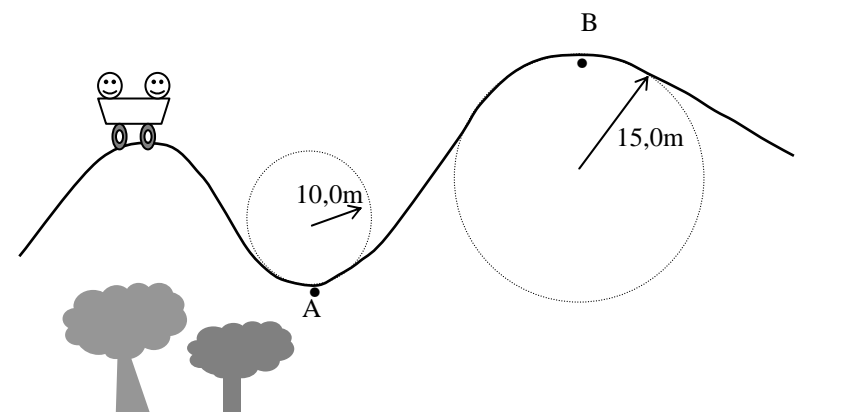
- Esboce o diagrama de corpo livre da bola.
- Encontre a tensão no fio inferior.
- Calcule a força resultante na bola, no instante mostrado na figura.
- Qual é a velocidade da bola?
- Quanto tempo a bola demora em dar uma volta completa em torno da haste? E em torno de um eixo paralelo à haste que passe pelo seu centro?

15. (Halliday 5.35) Um pêndulo cônico é formado por um seixo de massa  $m$  ligado a um fio de comprimento  $l$ . O seixo oscila em volta de um círculo de raio  $R$ .

- Esboce o diagrama de corpo livre do seixo.
- Determine uma expressão para a velocidade do seixo, em função de  $m$ ,  $l$  e  $R$  e  $g$ , onde  $g$  é a aceleração da gravidade.
- Determine uma expressão para a sua aceleração, em função de  $m$ ,  $l$  e  $R$  e  $g$ .
- Determine uma expressão para a tração no barbante, em função de  $m$ ,  $l$  e  $R$  e  $g$ .
- Calcule os valores numéricos da velocidade, aceleração e tração quando  $m = 53$  g;  $l = 1,4$  m;  $R = 25$  cm e  $g = 9,8$  m/s<sup>2</sup>.

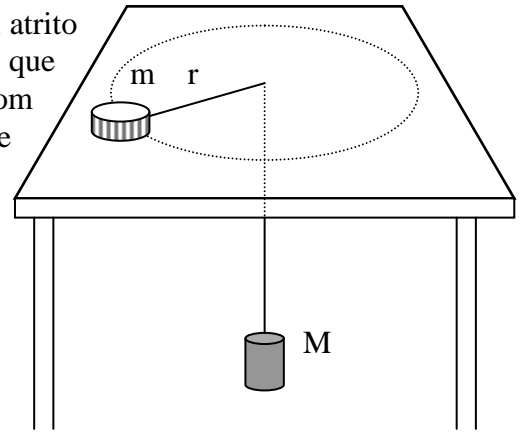
16. Um carro de montanha russa, com sua lotação máxima de passageiros, tem 500 kg de massa e está em movimento numa trajetória conforme a da figura abaixo, em uma pista sem atrito..

- Esboce o diagrama de corpo livre do carro.
- Se o carro está a uma velocidade de 20,0 m/s no ponto A, qual é a força exercida pelos trilhos sobre o carro nesse ponto?
- Qual é a velocidade máxima do carro no ponto B para que ele continue sobre os trilhos?
- O diagrama de corpo livre do carro no ponto A é diferente daquele no ponto B?



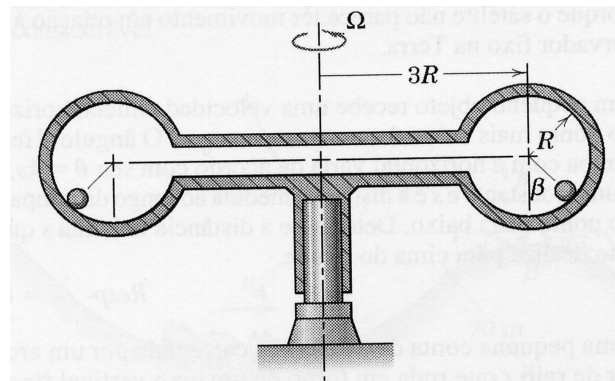
### Dinâmica do movimento circular uniforme

17. (HRK, E5.39) Um disco de massa  $m$  sobre uma mesa sem atrito está ligado a um cilindro de massa  $M$  suspenso por uma corda que passa através de um orifício da mesa. Encontre a velocidade com a qual o disco deve se mover em um círculo de raio  $r$  para que o cilindro permaneça em repouso.



18. No dispositivo representado em corte na figura abaixo, as pequenas esferas movem-se livremente e sem atrito na superfície interna das câmaras esféricas rotativas, onde  $R = 200$  mm. Para determinar a velocidade angular  $\Omega$  do dispositivo ao alcançar o regime permanente, responda às questões abaixo.

- Esboce o diagrama de corpo livre de uma das esferas no regime permanente. Identifique que interação produz cada uma das forças e em que corpos as forças de reação estão aplicadas (3ª lei de Newton).
- Determine a expressão do módulo da aceleração em função de valores genéricos de  $\Omega$ ,  $R$  e  $\beta$  supondo o movimento circular e uniforme. Dê a direção e o sentido dessa aceleração.
- Escreva a equação de movimento da esfera (aquela que descreve como o movimento vai se alterando; corresponde à aplicação da 2ª lei de Newton ao sistema em estudo).
- Determine a velocidade angular  $\Omega$  do dispositivo quando as esferas alcançam uma posição angular  $\beta = 45^\circ$  em regime permanente. Use  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .



19) A pista de um velódromo é inclinada para que a força normal do chão ajude a bicicleta a fazer a curva a alta velocidade. Para calcular o ângulo de inclinação ideal da pista em relação à horizontal,  $\theta$ , considerando que a trajetória do ciclista seja uma circunferência plana e horizontal de raio  $R$ , responda às questões abaixo.

- Esboce o diagrama de corpo livre do ciclista em movimento supondo que tanto a bicicleta como a força da pista sobre ela tem direção perpendicular à superfície da pista; marque o ângulo  $\theta$  no esboço.
- Escreva a equação de movimento e determine a equação que relaciona  $\theta$ ,  $R$ , a velocidade do ciclista,  $v$ , e a aceleração da gravidade,  $g$ , na situação descrita no item anterior – note que a massa do ciclista e da bicicleta não entram nessa equação.
- Determine o ângulo  $\theta$ , quando a velocidade do ciclista é  $50 \text{ km/h}$  e o raio da curva é  $30 \text{ m}$ .

**20)** O avião é sustentado pela força do ar nas asas, que é perpendicular ao plano das asas. Ele é projetado de modo que suas asas possibilitam uma força de sustentação máxima igual a 4 vezes seu peso, rompendo-se a partir desse limite. Um avião pode, então, fazer uma curva simplesmente inclinando as asas em relação à horizontal, mas há uma inclinação máxima possível sem comprometer a segurança.

- a) Calcule em que ângulo em relação à horizontal o piloto deve inclinar a asa para realizar uma curva plana com um raio de 1200 m, quando está voando a uma velocidade constante e igual a 240 km/h em relação ao ar; use  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .
- b) Qual é o ângulo de inclinação máximo que um piloto pode manter em uma curva plana sem que haja ameaça à segurança do avião?
- c) Usando a resposta ao item b), determine o menor raio de uma curva plana realizada por um jato comercial a 900 km/h.
- d) Usando a resposta ao item b), determine a maior velocidade com que um jato comercial pode fazer uma curva plana de 1,0 km de raio.
- e) Os itens c) e d) não faziam parte da formulação original deste problema, mas sim a pergunta: *A resposta ao item b) depende da velocidade do avião? Justifique sua resposta.* Levando em conta suas soluções para os itens c) e d), responda à pergunta original.