

20. Qual é a diferença entre referenciais inerciais e os que diferem, apenas, por uma translação ou rotação dos eixos?

SEÇÃO 6-2

problemas

1. Um bloco de 10 kg desliza sobre uma pista de gelo e percorre 10 m até parar. A velocidade inicial com que ele é lançado sobre a pista vale 8 m/s. Calcule: (a) o módulo da força de atrito, (b) o coeficiente de atrito cinético.
2. Um bloco de massa $m = 5$ kg escorrega ao longo de um plano inclinado de 30° em relação à horizontal. O coeficiente de atrito cinético vale 0,35. Calcule o módulo da força de atrito.
Resposta: 14,87 N.
3. Suponha que apenas as rodas traseiras de um automóvel possam acelerá-lo, e que metade do peso total do carro seja sustentado por estas rodas. (a) Admitindo que o coeficiente de atrito estático entre os pneus e a estrada seja μ_e calcule a aceleração máxima que se pode atingir. (b) Considerando $\mu_e = 0,40$, obtenha um valor numérico para esta aceleração.
4. Um bloco apoiado sobre um plano inclinado, conforme indicado na Fig. 6-4, está na iminência de escorregar. (a) Sendo o ângulo do plano inclinado igual a 30° qual seria o coeficiente de atrito estático deste bloco? (b) Obtenha uma expressão para a determinação do coeficiente de atrito cinético em função da aceleração do bloco e do ângulo que o plano forma com a horizontal. (c) Determine o coeficiente de atrito cinético sabendo que $a = 3 \text{ m/s}^2$ e $\theta = 35^\circ$.
Resposta: (a) 0,58. (b) $\mu_c = \tan \theta - (a/g \cos \theta)$. (c) 0,33.
5. Um bombeiro pesa 750 N. Quando ele desce de um mastro vertical com aceleração de $3,5 \text{ m/s}^2$, o coeficiente de atrito cinético vale 0,40. Determine: (a) a força de atrito média entre o bombeiro e o mastro, (b) a força média perpendicular ao mastro exercida pelo bombeiro sobre o mastro.
6. Um engradado possui massa $m = 10$ kg. Um homem puxa o engradado por meio de uma corda que faz um ângulo de 30° acima da horizontal. (a) Se o coeficiente de atrito estático vale 0,50, qual a tensão necessária na corda para que o engradado comece a se mover? (b) Se $\mu_c = 0,35$, qual será a aceleração do engradado? (c) Qual a tensão na corda durante uma aceleração igual a g ?
Resposta: (a) 44 N. (b) $1,15 \text{ m/s}^2$. (c) 127 N.
7. Um cubo de massa m repousa sobre um plano inclinado rugoso, o qual forma um ângulo θ com a horizontal. (a) Determine a força mínima paralela ao plano inclinado necessária para iniciar o movimento do cubo para *baixo* do plano. (b) Ache a força mínima paralela ao plano inclinado necessária para iniciar o movimento do cubo para *cima* do plano. (c) Calcule a força mínima paralela ao plano da base necessária para iniciar o movimento do cubo para *cima* do plano inclinado. (d) Determine a força mínima paralela ao plano da base necessária para iniciar o movimento do cubo para *baixo* do plano inclinado.
8. O cabo de um escovão de massa m forma um ângulo θ com o sentido vertical. Seja μ_c o coeficiente de atrito cinético entre o escovão e o assoalho e o coeficiente de atrito estático é μ_e . Despreze a massa do cabo. (a) Ache o módulo da força F , dirigida ao longo do cabo, necessária para que o escovão passe a deslizar com velocidade constante ao longo do assoalho. (b) Calcule o ângulo limite θ_0 tal que se o ângulo θ for menor do que θ_0 o escovão não poderá deslizar sobre o assoalho, por maior que seja a força aplicada ao longo do cabo.
Resposta: (a) $\mu_c mg / (\sin \theta - \mu_c \cos \theta)$. (b) $\theta_0 = \tan^{-1} \mu_e$.
9. Um bloco de gelo escorrega ao longo de um plano inclinado de 60° no dobro do tempo que levaria para escorregar sobre o mesmo plano caso não houvesse atrito. Calcule o tempo que o bloco de gelo leva para escorregar ao longo deste plano.
10. Um bloco de massa m_1 está ligado a um bloco de massa m_2 por meio de uma corda de massa desprezível. Os dois blocos estão apoiados sobre um plano horizontal. O coeficiente de atrito cinético entre o plano e o bloco de massa m_1 vale μ_1 e para o bloco m_2 o coeficiente vale μ_2 . Sobre o bloco m_1 atua uma força F que forma um ângulo θ com a horizontal. Determine o módulo da aceleração dos blocos.
Resposta: $a = (F \cos \theta - \mu_1 m_1 g - \mu_2 m_2 g) / (m_1 + m_2)$.
11. Um estudante deseja encontrar o coeficiente de atrito estático e o coeficiente de atrito cinético entre uma caixa e uma prancha. Ele coloca a caixa sobre a prancha e começa a levantá-la lentamente. Para um ângulo de inclinação igual a 30° a caixa começa a escorregar e desce 4 m ao longo da prancha em 3 s. Calcule o valor do coeficiente de atrito estático e o valor do coeficiente de atrito cinético.

12. Uma força horizontal $F = 70 \text{ N}$ empurra um bloco que pesa 30 N contra uma parede vertical, conforme indicado na Fig. 6-10. O coeficiente de atrito estático entre a parede e o bloco vale $0,55$ e o coeficiente de atrito cinético vale $0,35$. Suponha que inicialmente o bloco esteja em repouso. (a) Com a força aplicada acima mencionada o corpo começará a se mover? (b) Qual é neste caso a força exercida pela parede sobre o bloco? (c) Qual seria o valor de F máximo necessário para começar o movimento? (d) Determine o valor de F necessário para que o corpo escorregue contra a parede com velocidade constante. (e) Obtenha o valor de F para que o bloco escorregue contra a parede com uma aceleração igual a 4 m/s^2 .

Resposta: (a) Não. (b) Uma força de 70 N para a esquerda e outra força de 30 N para cima. (c) $54,5 \text{ N}$. (d) $85,7 \text{ N}$ (depois de iniciado o movimento). (e) $50,8 \text{ N}$.

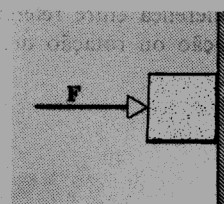


figura 6-10

13. Um bloco de aço de 90 N está em repouso sobre uma mesa horizontal. O coeficiente de atrito estático entre o bloco e a mesa vale $0,60$. (a) Calcule o módulo da força horizontal necessária para que o bloco inicie o movimento. (b) Determine o módulo de uma força que, atuando a um ângulo de 60° para cima da horizontal, faz iniciar o movimento do bloco. (c) Se a força atua para baixo, a 60° com a horizontal, que valor máximo ela pode atingir sem que ocorra o movimento do bloco?

14. O bloco B da Fig. 6-11 possui massa igual a 75 kg . O coeficiente de atrito estático entre ele e a mesa vale $0,35$. Determine o peso máximo do bloco A para que o sistema fique em equilíbrio.

Resposta: 184 N .

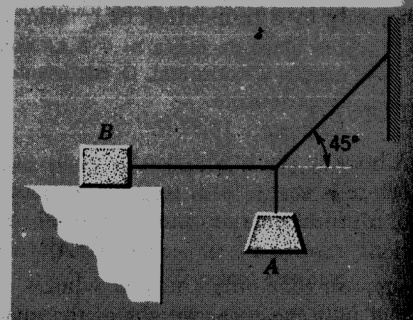


figura 6-11

15. Observe a Fig. 6-12. Considere $m_1 = 2,5 \text{ kg}$, $m_2 = 3,5 \text{ kg}$, $\theta = 30^\circ$. O coeficiente de atrito cinético entre m_1 e o plano vale $\mu_1 = 0,20$ e o coeficiente correspondente a m_2 vale $\mu_2 = 0,12$. A barra que liga os dois blocos possui massa desprezível. Determine: (a) a tensão na barra que liga os dois blocos, (b) a aceleração comum do sistema, (c) a reação total exercida pelo plano sobre o bloco de massa m_1 , (d) Se você inverter as posições das massas m_1 e m_2 , as respostas dos itens (a) e (b) se alteram?

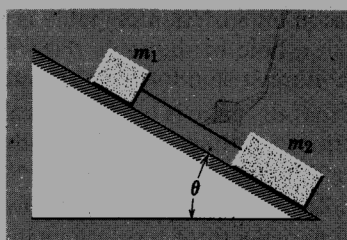


figura 6-12

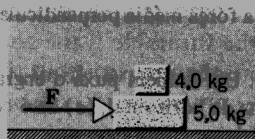


figura 6-13

16. Um bloco de $4,0 \text{ kg}$ é colocado sobre outro de $5,0 \text{ kg}$. Mantendo-se o bloco inferior fixo, para fazer o bloco de cima escorregar sobre o bloco inferior é necessário aplicar uma força horizontal de 15 N sobre o bloco superior. Os blocos são agora colocados sobre uma horizontal sem atrito, conforme indicado na Fig. 6-13. Determine: (a) a força F horizontal máxima que pode ser aplicada ao bloco inferior para que os blocos se movam permanecendo juntos, (b) a aceleração do sistema.

Resposta: (a) $33,75 \text{ N}$. (b) $3,75 \text{ m/s}^2$.

17. Um vagão ferroviário aberto está carregado de engradados e o coeficiente de atrito estático entre os engradados e o piso do vagão é igual a $0,35$. Suponha que o trem esteja viajando com uma velocidade constante de 60 km/h . Calcule a distância mínima para a qual o trem pode parar sem que os engradados escorreguem.

18. Tome como referência a Fig. 6-14. Uma prancha de 40 kg de massa repousa sobre um assoalho sem atrito. Sobre a prancha existe um bloco de 10 kg de massa. O coeficiente de atrito estático entre o bloco e a prancha vale $0,55$ enquanto o coeficiente de atrito cinético vale $0,35$. O bloco de 10 kg sofre a ação de uma força horizontal de 100 N . Determine o módulo da aceleração: (a) do bloco, (b) da prancha. (c) Qual seria a força máxima necessária para movimentar os blocos de modo que não existisse movimento relativo entre o bloco e a prancha? (d) Suponha $F = 10 \text{ N}$; calcule a aceleração do sistema para este caso.

Resposta: (a) $6,57 \text{ m/s}^2$. (b) $0,86 \text{ m/s}^2$. (c) $53,95 \text{ N}$. (d) $0,20 \text{ m/s}^2$.

19. Na Fig. 6-15, A é um bloco de massa igual a 50 kg e B é um bloco de peso igual a 200 N . (a) Determine o peso mínimo do bloco C que deve ser colocado sobre o bloco A para impedi-lo de deslizar sobre a mesa, sabendo que o coeficiente de atrito estático entre o bloco A e a mesa vale $0,35$. (b) Supondo que o coeficiente de atrito cinético entre o bloco A e a mesa seja de $0,20$, calcule a aceleração de A quando repentinamente retiramos o bloco C de cima do bloco A .

20. Considere uma plataforma móvel de massa M e um bloco de massa m apoiado sobre a plataforma, conforme o esquema indicado na Fig. 6-14. Despreze o atrito entre a

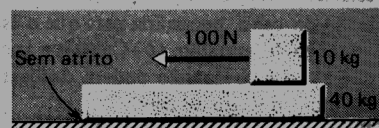


figura 6-14

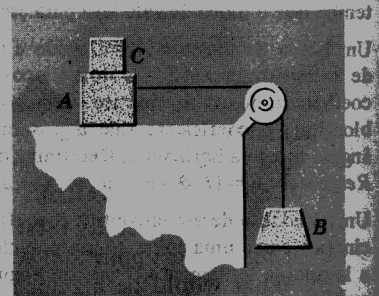


figura 6-15

plataforma e o plano horizontal. O coeficiente de atrito entre o bloco e a plataforma vale μ . Suponha que o coeficiente de atrito estático seja igual ao coeficiente de atrito cinético. Em vez de se aplicar uma força horizontal sobre o bloco, como no caso do Probl. 17, a força horizontal F é aplicada sobre a plataforma. Seja L a distância entre o centro de massa do corpo e a extremidade esquerda da plataforma. A força F é orientada da direita para a esquerda. (a) Obtenha uma expressão para a força máxima que pode ser aplicada para que o bloco não deslize sobre a plataforma. (b) Suponha que a plataforma seja submetida a uma força F maior do que $F_{\text{máx.}}$ calculada no item anterior; determine o tempo que o bloco leva para cair da extremidade da plataforma.

Resposta: (a) $F_{\text{máx.}} = \mu g(m + M)$. (b) $t = \sqrt{2LM/(F - \mu mg - \mu Mg)}$

21. Considere a Fig. 6-16. O corpo B possui massa de 4,0 kg e o corpo A pesa 20 N. Dados $\mu_e = 0,60$, $\mu_c = 0,30$, determine: (a) a aceleração do sistema supondo B inicialmente em repouso, (b) a aceleração supondo que B já esteja em movimento.

22. Observe a Fig. 6-17. Um bloco de massa m escorrega sobre a calha que forma um ângulo de 90° , conforme indicado. O coeficiente de atrito cinético entre o bloco e a calha vale μ_c . (a) Obtenha uma expressão para a aceleração do bloco. (b) No instante $t = 5$ s sua velocidade vale 22 m/s; supondo $\theta = 30^\circ$ e levando em conta que o bloco parte do repouso, determine o valor do coeficiente de atrito cinético.

Resposta: (a) $g(\sin \theta - 2^{1/2} \mu_c \cos \theta)$. (b) 0,41.

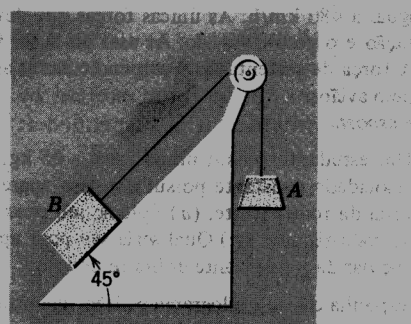


figura 6-16

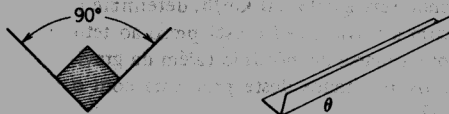


figura 6-17

SEÇÃO 6-3

23. Mostre que a velocidade angular de um satélite que gira numa órbita circular em torno da Terra é dada por $(GM/r^3)^{1/2}$, onde G é a constante da gravitação universal, M é a massa da Terra e r é a distância do satélite ao centro da Terra.

24. Considere a Fig. 6-18. A massa m está apoiada sobre a mesa sem atrito. Uma corda de massa desprezível liga a massa m com a massa M . Determine a velocidade angular de m para que M permaneça em repouso.

Resposta: $\omega = \sqrt{Mg/mr}$

25. Considere a Fig. 6-7. (a) Determine a velocidade angular do pêndulo cônico em função de R , de L e de g . (b) Se um pêndulo cônico gira com velocidade angular ω , qual é o ângulo θ formado entre o fio e a vertical?

26. Uma pequena moeda é colocada sobre uma plataforma circular horizontal que gira executando 4 rotações completas em 2,5 segundos. (a) Calcule o módulo da velocidade da moeda supondo que ela esteja situada a uma distância de 6 cm do centro de rotação da plataforma, sem deslizar sobre a plataforma. (b) Sendo a massa da moeda igual a 10 g calcule a força centrípeta que atua sobre a moeda neste instante. (c) Qual é o valor da força de atrito que atua sobre a moeda nas condições do item (a)? (d) Qual deveria ser a distância entre a moeda e o centro de rotação para que a moeda comece a deslizar sobre a plataforma, supondo que o coeficiente de atrito estático seja igual a 0,40.

Resposta: (a) 60 cm/s. (b) 0,06 N. (c) 0,06 N. (d) 3,9 cm.

27. Um bloco pequeno de massa m , preso à extremidade de uma corda, gira com velocidade angular constante num círculo vertical de raio R . Determine a velocidade crítica, abaixo da qual a corda ficaria frouxa no ponto mais alto da trajetória.

28. Uma curva circular de raio R é projetada para uma velocidade máxima de 60 km/h. (a) Se o raio da curva for $R = 140$ m, qual deve ser o ângulo correto de inclinação da estrada na curva? (b) Caso a curva não seja inclinada, qual deve ser o menor coeficiente de atrito entre os pneus e a estrada para evitar a derrapagem para a velocidade de 60 km/h?

Resposta: (a) $11,4^\circ$. (b) 0,20.

29. Um manual de motorista estabelece que quando se viaja a 50 km/h e se deseja parar tão rápido quanto possível, percorre-se 10 m antes que a ação do freio comece a se fazer sentir. Depois que o freio começa a atuar o carro ainda percorre 20 m até parar. (a) Calcule o coeficiente de atrito para estas condições. (b) Determine o raio mínimo de uma curva circular que pode ser completada com 50 km/h sem que o carro derrape na curva.

30. Considere um grande avião a jato efetuando uma curva circular, a uma altitude constante, nas vizinhanças da superfície terrestre, com uma velocidade de módulo constante

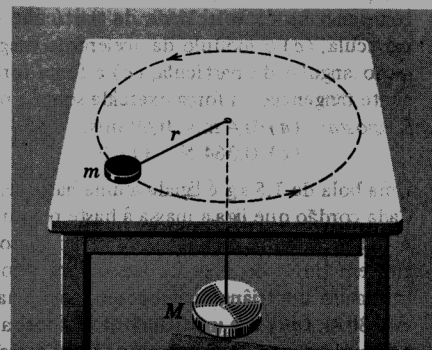


figura 6-18

igual a 480 km/h. As únicas forças que devem ser consideradas são a força de sustentação e o peso do avião. As asas do avião fazem um ângulo de 60° com a horizontal. A força de sustentação é perpendicular às asas. Calcule o raio da circunferência descrita pelo avião.

Resposta: 1 km.

31. Um estudante possui massa igual a 65 kg. Ao andar numa roda-gigante que gira com velocidade constante possui um peso aparente de 530 N, no ponto mais alto da trajetória da roda-gigante. (a) Calcule seu peso aparente no ponto mais baixo da trajetória da roda-gigante. (b) Qual seria seu peso aparente, no ponto mais alto, se a velocidade angular da roda-gigante dobrasse de valor?

32. Suponha que o quilograma-padrão seja atraído pela Terra com uma força exatamente igual a 9,81 N ao nível do mar no equador terrestre. Como a Terra gira com velocidade angular constante, concluímos que toda massa no equador descreve uma circunferência de raio igual ao raio da Terra ($6,4 \times 10^6$ m) com uma velocidade constante de 465 m/s. (a) Determine a força centrípeta necessária para manter o quilograma-padrão girando com velocidade constante ao longo de um círculo de raio igual ao raio da Terra. (b) Determine o peso do quilograma-padrão determinado por um dinamômetro ou por uma balança de molas no equador terrestre.

Resposta: (a) 0,0338 N. (b) 9,78 N.

33. Um bonde faz uma curva sobre trilhos não inclinados. (a) Supondo que o raio dos trilhos seja de 15 m e que a velocidade do bonde seja igual a 20 km/h, determine o ângulo que o fio de um pêndulo simples faz com a vertical (o fio está preso ao teto do bonde). (b) Determine a força que atua sobre a massa do pêndulo (além da gravidade). (c) Calcule a tensão no fio. Compare os resultados deste problema com o Probl. do acelerômetro (ver o Probl. 30 do Cap. 5).

34. Observe a Fig. 6-19. Uma partícula de massa $M = 200$ g se move no sentido anti-horário ao longo de uma circunferência horizontal de raio $r = 2,0$ m. O módulo da velocidade da partícula é constante e dado por $v = 0,8$ m/s. Determine para o instante em que $\theta = 330^\circ$ (ângulo medido no sentido anti-horário) as seguintes grandezas: (a) os componentes da velocidade da partícula, (b) os componentes da aceleração total da partícula, (c) o módulo da aceleração tangencial da partícula, (d) o módulo da aceleração angular da partícula, (e) a força total exercida sobre a partícula, (f) o componente tangencial da força exercida sobre a partícula.

Resposta: (a) 0,4 m/s; 0,69 m/s. (b) $-0,277$; $-0,16$. (c) 0. (d) 0. (e) 0,064 N. (f) 0.

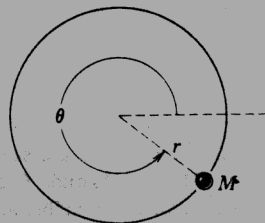


figura 6-19

35. Uma bola de 1,5 kg é ligada a uma haste vertical rígida, conforme indicado na Fig. 6-20. Cada cordão que liga a massa à haste possui comprimento de 1,0 m e massa desprezível. A distância entre os pontos de conexão dos cordões com a haste é de 1,0 m. O sistema gira em torno do eixo da haste com velocidade angular constante e ficam esticados formando um triângulo equilátero com a haste. O módulo da tração no cordão superior vale 30 N. (a) Faça um diagrama de todas as forças que atuam sobre a bola. (b) Calcule a tração no cordão inferior. (c) Qual é, neste caso, a força resultante exercida sobre a bola? (d) Qual é a velocidade da bola?

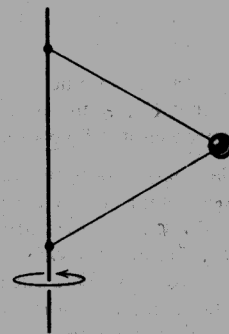


figura 6-20

36. Uma garota está no interior de um elevador que sobe com aceleração a . Ela gira um balde contendo água num círculo vertical de raio R . Calcule o menor módulo da velocidade do balde para que a água não caia do balde na parte superior da circunferência.

Resposta: $v = \sqrt{R(g + a)}$.

37. Em virtude da rotação da Terra, um fio de prumo pode não pender exatamente numa direção vertical no local em que se encontra. Determine o desvio da vertical do local: (a) no equador, (b) numa latitude de 30° , (c) numa latitude de 60° , (d) nos pólos.

38. Imagine que o disco da Fig. 6-6 esteja ligado a uma mola, e não a um cordão como nesta figura. O comprimento da mola não distendida vale L_0 e a tração na mola aumenta na razão direta do seu alongamento, sendo k a tensão por unidade de alongamento. Seja f a frequência (número de rotações por unidade de tempo). Determine: (a) o raio R do movimento circular uniforme, (b) a tração T na mola.

Resposta: (a) $R = kL_0 / (k - 4\pi^2 mf^2)$, (b) $T = 4\pi^2 mkL_0 f^2 / (k - 4\pi^2 mf^2)$.

39. Observe a Fig. 6-21. Um cubo muito pequeno, de massa m , é colocado no interior de um funil que gira em torno de um eixo vertical com uma frequência f rev./s. A parede do funil forma um ângulo θ com a horizontal. O coeficiente de atrito estático entre o cubo e o funil vale μ e o centro do cubo está situado a uma distância r do eixo de rotação. Determine o valor (a) máximo e o valor (b) mínimo de f para que o cubo permaneça em repouso em relação ao funil.

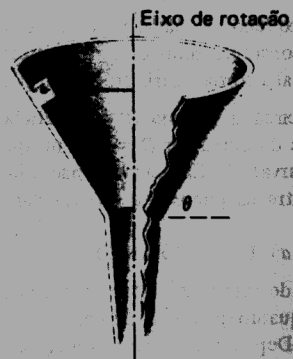


figura 6-21