

9 Um avião que está voando horizontalmente com uma velocidade constante de 350 km/h, sobrevoando um terreno plano, deixa cair um fardo com suprimentos. Ignore o efeito do ar sobre o fardo. Quais são as componentes iniciais (a) vertical e (b) horizontal da velocidade inicial do fardo? (c) Qual é a componente horizontal da velocidade imediatamente antes de o fardo se chocar com o solo? (d) Se a velocidade do avião fosse de 450 km/h, o tempo de queda seria maior, menor ou igual?

10 Uma bola é chutada a partir do chão, em um terreno plano, com uma certa velocidade inicial. A Fig. 4-30 mostra o alcance R da bola em função do ângulo de lançamento θ_0 . Ordene os três pontos identificados no gráfico por letras de acordo (a) com o tempo que a bola permanece no ar e (b) com a velocidade da bola na altura máxima, em ordem decrescente.

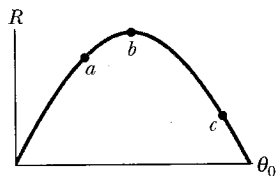


FIG. 4-30 Pergunta 10.

11 Na Fig. 4-31 a partícula P está em movimento circular uniforme em torno da origem de um sistema de coordenadas xy . (a) Para que valores de θ a componente vertical r_y do vetor posição possui maior módulo? (b) Para que valores de θ a componente vertical v_y da velocidade da

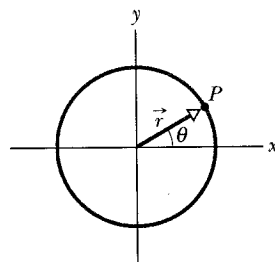


FIG. 4-31 Pergunta 11.

partícula possui maior módulo? (c) Para que valores de θ a componente vertical a_y da aceleração da partícula possui maior módulo?

12 (a) É possível estar acelerando enquanto se viaja com velocidade escalar constante? É possível fazer uma curva (b) com aceleração nula e (c) com uma aceleração de módulo constante?

13 A Fig. 4-32 mostra quatro trilhos (semicírculos ou quartos de círculo) que podem ser usados por um trem que se move com velocidade escalar constante. Ordene os trilhos de acordo com o módulo da aceleração do trem no trecho curvo, em ordem decrescente.

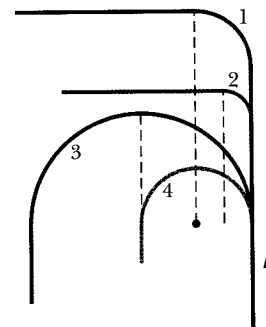


FIG. 4-32 Pergunta 13.

PROBLEMAS

• • • • • O número de pontos indica o grau de dificuldade do problema



Informações adicionais disponíveis em *O Circo Voador da Física*, de Jearl Walker, Rio de Janeiro: LTC, 2008.

seção 4-2 Posição e Deslocamento

•1 Um pósitron sofre um deslocamento $\Delta \vec{r} = 2,0\hat{i} - 3,0\hat{j} + 6,0\hat{k}$ e termina com o vetor posição $\vec{r} = 3,0\hat{j} - 4,0\hat{k}$, em metros. Qual era o vetor posição inicial do pósitron?

•2 Uma semente de melancia possui as seguintes coordenadas: $x = -5,0$ m, $y = 8,0$ m e $z = 0$ m. Determine o vetor posição da semente (a) na notação de vetores unitários e como (b) um módulo e (c) um ângulo em relação ao sentido positivo do eixo x . (d) Desenhe o vetor em um sistema de coordenadas dextrogiro. Se a semente é transportada até as coordenadas (3,00 m, 0 m, 0 m), determine seu deslocamento (e) na notação de vetores unitários e como (f) um módulo e (g) um ângulo em relação ao sentido positivo do eixo x .

•3 O vetor posição de um elétron é $\vec{r} = (5,0 \text{ m})\hat{i} - (3,0 \text{ m})\hat{j} + (2,0 \text{ m})\hat{k}$. (a) Determine o módulo de \vec{r} . (b) Desenhe o vetor em um sistema de coordenadas dextrogiro.

••4 O ponteiro dos minutos de um relógio de parede mede 10 cm da ponta até o eixo de rotação. O módulo e o ângulo do vetor deslocamento da sua ponta devem ser determinados para três intervalos de tempo. Determine (a) o módulo e (b) o ângulo associado ao deslocamento da ponta entre as posições correspondentes a quinze e trinta minutos depois da hora, (c) o módulo e (d) o ângulo correspondente à meia hora seguinte e (e) o módulo e (f) o ângulo correspondente à hora seguinte.

seção 4-3 Velocidade Média e Velocidade Instantânea

•5 O vetor posição de um íon é inicialmente $\vec{r} = 5,0\hat{i} - 6,0\hat{j} + 2,0\hat{k}$ e 10 s, depois passa a ser $\vec{r} = 2,0\hat{i} + 8,0\hat{j} - 2,0\hat{k}$, com todos os valores em metros. Na notação de vetores unitários, qual é a velocidade média $\vec{v}_{\text{méd}}$ durante os 10 s?

•6 A posição de um elétron é dada por $\vec{r} = 3,00t\hat{i} - 4,00t^2\hat{j} + 2,00\hat{k}$, com t em segundos e \vec{r} em metros. (a) Qual é a velocidade $\vec{v}(t)$ do elétron na notação de vetores unitários? Quanto vale $\vec{v}(t)$ no instante $t = 2,00$ s (b) na notação de vetores unitários e como (c) um módulo e (d) um ângulo em relação ao sentido positivo do eixo x ?

•7 Um trem com uma velocidade constante de 60,0 km/h se move na direção leste por 40,0 min, depois em uma direção que faz um ângulo de $50,0^\circ$ a leste com a direção norte por 20,0 min e, finalmente, na direção oeste por mais 50,0 min. Quais são (a) o módulo e (b) o ângulo da velocidade média do trem durante essa viagem?

••8 Um avião voa 483 km para leste, da cidade A para a cidade B , em 45,0 min, e depois 966 km para o sul, da cidade B para uma cidade C , em 1,5 h. Para a viagem inteira, determine (a) o módulo e (b) a direção do deslocamento do avião, (c) o módulo e (d) a direção da velocidade média e (e) a velocidade escalar média.

••9

os me
quilo
do po
 $t = 0$
(em t
 $t = 10$
 D (em
sidere
dias c
A par
três p
veloci
mine (l
ângulo
nor me
e (d) c
sui o m
•••10
+ (et +
ção de
função
 \vec{r} está
em seg
e e f sã
4-34 m
direção
partícu
é medi
eixo x p
(a) e e
unidade

seção 4

•11 U

metros)
 $4t^2\hat{j} + t\hat{k}$
aceleraç

•12 A

4,0 s ma
por segu
média d
dulo de

•13 A

xy é dad
metros e
(a) \vec{r} , (b)
sentido p
tícula em

•14 En

mastro d
10,0 m/s.
dirigindo
o ciclista,
e (b) a di
velocidad
média?

••15 U

da acelera

••9 A Fig. 4-33 mostra os movimentos de um esquilo em um terreno plano, do ponto A (no instante $t = 0$) para os pontos B (em $t = 5,00$ min), C (em $t = 10,0$ min) e, finalmente, D (em $t = 15,0$ min). Considere as velocidades médias do esquilo do ponto A para cada um dos outros três pontos. Entre essas velocidades médias determine (a) o módulo e (b) o ângulo da que possui o menor módulo e (c) o módulo e (d) o ângulo da que possui o maior módulo.

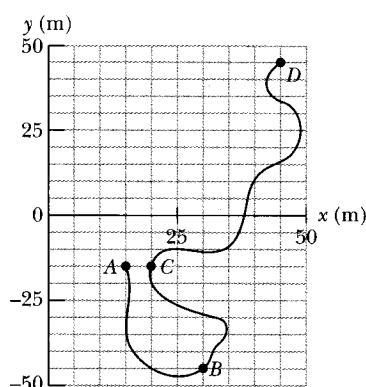


FIG. 4-33 Problema 9.

•••10 O vetor $\vec{r} = 5,00t\hat{i} + (et + ft^2)\hat{j}$ mostra a posição de uma partícula em função do tempo t . O vetor \vec{r} está em metros, t está em segundos e os fatores e e f são constantes. A Fig. 4-34 mostra o ângulo θ da direção do movimento da partícula em função de t (θ é medido a partir do semi-eixo x positivo). Determine (a) e e (b) f , indicando suas unidades.

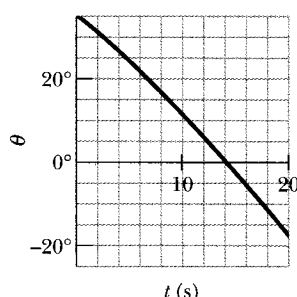


FIG. 4-34 Problema 10.

seção 4-4 Aceleração Média e Aceleração Instantânea

•11 Uma partícula se move de tal forma que sua posição (em metros) em função do tempo (em segundos) é dada por $\vec{r} = \hat{i} + 4t^2\hat{j} + t\hat{k}$. Escreva expressões para (a) sua velocidade e (b) sua aceleração em função do tempo.

•12 A velocidade inicial de um próton é $\vec{v} = 4,0\hat{i} - 2,0\hat{j} + 3,0\hat{k}$; 4,0 s mais tarde, passa a ser $\vec{v} = -2,0\hat{i} - 2,0\hat{j} + 5,0\hat{k}$ (em metros por segundo). Para esses 4,0 s, determine quais são (a) a aceleração média do próton $\vec{a}_{\text{méd}}$ na notação de vetores unitários, (b) o módulo de $\vec{a}_{\text{méd}}$ e (c) o ângulo entre $\vec{a}_{\text{méd}}$ e o semi-eixo x positivo.

•13 A posição \vec{r} de uma partícula que se move em um plano xy é dada por $\vec{r} = (2,00t^3 - 5,00t)\hat{i} + (6,00 - 7,00t^4)\hat{j}$ com \vec{r} em metros e t em segundos. Na notação de vetores unitários, calcule (a) \vec{r} , (b) \vec{v} e (c) \vec{a} para $t = 2,00$ s. (d) Qual é o ângulo entre o sentido positivo do eixo x e uma reta tangente à trajetória da partícula em $t = 2,00$ s?

•14 Em um certo instante um ciclista está 40,0 m a leste do mastro de um parque, indo para o sul com uma velocidade de 10,0 m/s. Após 30,0 s o ciclista está 40,0 m ao norte do mastro, dirigindo-se para o leste com uma velocidade de 10,0 m/s. Para o ciclista, durante esse intervalo de 30,0 s quais são (a) o módulo e (b) a direção do deslocamento, (c) o módulo e (d) a direção da velocidade média e (e) o módulo e (f) a direção da aceleração média?

••15 Um carro se move sobre um plano xy com componentes da aceleração $a_x = 4,0 \text{ m/s}^2$ e $a_y = -2,0 \text{ m/s}^2$. A velocidade inicial

tem componentes $v_{0x} = 8,0 \text{ m/s}$ e $v_{0y} = 12 \text{ m/s}$. Na notação de vetores unitários, qual é a velocidade do carro quando atinge a maior coordenada y ?

••16 Um vento moderado acelera um seixo sobre um plano horizontal xy com uma aceleração constante $\vec{a} = (5,00 \text{ m/s}^2)\hat{i} + (7,00 \text{ m/s}^2)\hat{j}$. No instante $t = 0$, a velocidade é $(4,00 \text{ m/s})\hat{i}$. Quais são (a) o módulo e (b) o ângulo da velocidade do seixo após ter se deslocado 12,0 m paralelamente ao eixo x ?

••17 Uma partícula deixa a origem com uma velocidade inicial $\vec{v} = (3,00\hat{i}) \text{ m/s}$ e uma aceleração constante $\vec{a} = (-1,00\hat{i} - 0,500\hat{j}) \text{ m/s}^2$. Quando ela atinge o máximo valor de sua coordenada x , quais são (a) a sua velocidade e (b) o seu vetor posição?

••18 A velocidade \vec{v} de uma partícula que se move no plano xy é dada por $\vec{v} = (6,0t - 4,0t^2)\hat{i} + 8,0\hat{j}$, com \vec{v} em metros por segundo e t (> 0) em segundos. (a) Qual é a aceleração no instante $t = 3,0$ s? (b) Em que instante (se isso é possível) a aceleração é nula? (c) Em que instante (se isso é possível) a velocidade é nula? (d) Em que instante (se isso é possível) a velocidade escalar da partícula é igual a 10 m/s?

••19 A aceleração de uma partícula que se move apenas em um plano horizontal xy é dada por $\vec{a} = 3t\hat{i} + 4t\hat{j}$, onde \vec{a} está em metros por segundo ao quadrado e t em segundos. Em $t = 0$, o vetor posição $\vec{r} = (20,0 \text{ m})\hat{i} + (40,0 \text{ m})\hat{j}$ indica a localização da partícula, que nesse instante tem uma velocidade $\vec{v} = (5,00 \text{ m/s})\hat{i} + (2,00 \text{ m/s})\hat{j}$. Em $t = 4,00$ s, determine (a) o vetor posição em termos dos vetores unitários e (b) o ângulo entre a direção do movimento e o semi-eixo x positivo.

••20 Na Fig. 4-35 a partícula A se move ao longo da reta $y = 30 \text{ m}$ com uma velocidade constante \vec{v} de módulo 3,0 m/s e paralela ao eixo x . No instante em que a partícula A passa pelo eixo y a partícula B deixa a origem com velocidade inicial zero e aceleração constante \vec{a} de módulo $0,40 \text{ m/s}^2$. Para que valor do ângulo θ entre \vec{a} e o semi-eixo y positivo acontece uma colisão?

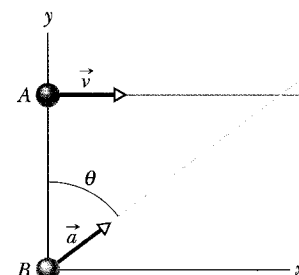


FIG. 4-35 Problema 20.

seção 4-6 Análise do Movimento de um Projétil

•21 Um projétil é disparado horizontalmente de uma arma que está 45,0 m acima de um terreno plano, emergindo da arma com uma velocidade de 250 m/s. (a) Por quanto tempo o projétil permanece no ar? (b) A que distância horizontal do ponto de disparo ele se choca com o solo? (c) Qual é o módulo da componente vertical da velocidade quando o projétil se choca com o solo?

•22 No Campeonato Mundial de Atletismo de 1991, em Tóquio, Mike Powell saltou 8,95 m, batendo por 5 cm um recorde de 23 anos para o salto em distância estabelecido por Bob Beamon. Suponha que a velocidade de Powell no início do salto era de 9,5 m/s (aproximadamente igual à de um velocista) e que $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ em Tóquio. Calcule a diferença entre o alcance de Powell e o máximo alcance possível para uma partícula lançada com a mesma velocidade.

•23 O recorde atual de salto de motocicleta é de 77,0 m, estabelecido por Jason Renie. Suponha que ele parta da rampa fazendo

um ângulo de 12° com a horizontal e que as alturas no início e no final do salto sejam iguais. Determine a velocidade inicial, desprezando a resistência do ar.

•24 Uma pequena bola rola horizontalmente até a borda de uma mesa de 1,20 m de altura e cai no chão. A bola chega ao chão a uma distância horizontal de 1,52 m da borda da mesa. (a) Por quanto tempo a bola fica no ar? (b) Qual é a velocidade da bola no instante em que chega à borda da mesa?

•25 Um dardo é arremessado horizontalmente com uma velocidade inicial de 10 m/s em direção a um ponto P , o centro de um alvo de parede. Ele atinge um ponto Q do alvo, verticalmente abaixo de P , 0,19 s depois do arremesso. (a) Qual é a distância PQ ? (b) A que distância do alvo foi arremessado o dardo?

•26 Na Fig. 4-36, uma pedra é lançada em um rochedo de altura h com uma velocidade inicial de 42,0 m/s e um ângulo $\theta_0 = 60,0^\circ$ com a horizontal. A pedra cai em um ponto A , 5,50 s após o lançamento. Determine (a) a altura h do rochedo, (b) a velocidade da pedra imediatamente antes do impacto em A e (c) a máxima altura H alcançada acima do solo.

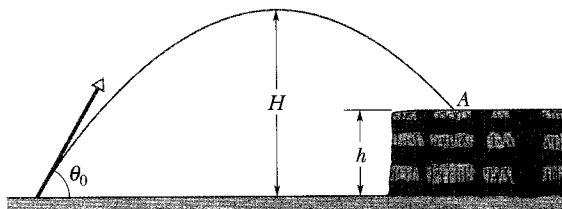


FIG. 4-36 Problema 26.

•27 Um certo avião tem uma velocidade de 290,0 km/h e está mergulhando com um ângulo $\theta = 30,0^\circ$ abaixo da horizontal quando o piloto libera um chamariz (Fig. 4-37). A distância horizontal entre o ponto de lançamento e o ponto onde o chamariz se choca com o solo é $d = 700$ m. (a) Quanto tempo o chamariz passou no ar? (b) De que altura foi lançado?

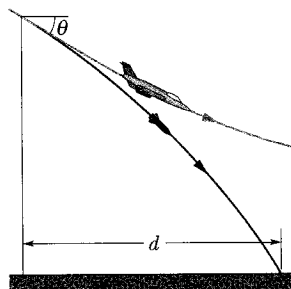


FIG. 4-37 Problema 27.

•28 Uma pedra é lançada de uma catapulta no instante $t = 0$, com uma velocidade inicial de módulo 20,0 m/s e um ângulo de $40,0^\circ$ acima da horizontal. Quais são os módulos das componentes (a) horizontal e (b) vertical do deslocamento da pedra em relação à catapulta em $t = 1,10$ s? Repita os cálculos para as componentes (c) horizontal e (d) vertical em $t = 1,80$ s e para as componentes (e) horizontal e (f) vertical em $t = 5,00$ s.

•29 Um mergulhador salta com uma velocidade horizontal de 2,00 m/s de uma plataforma que está 10,0 m acima da superfície da água. (a) A que distância horizontal da borda da plataforma está o mergulhador 0,800 s após o início do salto? (b) A que distância vertical acima da superfície da água está o mergulhador nesse instante? (c) A que distância horizontal da borda da plataforma o mergulhador atinge a água?

•30 O trebuchet era uma máquina de arremesso construída para atacar as muralhas de um castelo durante um cerco. Uma grande pedra podia ser arremessada contra uma muralha

para derrubá-la. A máquina não era instalada perto da muralha, porque os operadores seriam um alvo fácil para as flechas disparadas do alto das muralhas do castelo. Em vez disso, o trebuchet era posicionado de tal forma que a pedra atingia a muralha na parte descendente de sua trajetória. Suponha que uma pedra seja lançada com uma velocidade $v_0 = 28,0$ m/s e um ângulo $\theta_0 = 40,0^\circ$. Qual é a velocidade da pedra se ela atinge a muralha (a) no momento em que chega à altura máxima de sua trajetória parabólica e (b) depois de cair metade da altura máxima? (c) Qual é a diferença percentual entre as respostas dos itens (b) e (a)?

•31 Um avião, mergulhando com velocidade constante em um ângulo de $53,0^\circ$ com a vertical, lança um projétil a uma altitude de 730 m. O projétil chega ao solo 5,00 s após o lançamento. (a) Qual é a velocidade do avião? (b) Que distância o projétil percorre horizontalmente durante o percurso? Quais são as componentes (c) horizontal e (d) vertical da velocidade do projétil no momento em que chega ao solo?

•32 Durante uma partida de tênis, um jogador saca a 23,6 m/s, com o centro da bola deixando a raquete horizontalmente a 2,37 m de altura em relação à quadra. A rede está a 12 m de distância e tem 0,90 m de altura. (a) A bola passa para o outro lado da quadra? (b) Quando a bola chega à rede, qual é a distância entre o centro da bola e o alto da rede? Suponha que, nas mesmas condições, a bola deixe a raquete fazendo um ângulo $5,00^\circ$ abaixo da horizontal. Nesse caso, (c) a bola passa para o outro lado da quadra? (d) Quando a bola chega à rede, qual é a distância entre o centro da bola e o alto da rede?

•33 Em uma cortada, um jogador de voleibol golpeia a bola com força, de cima para baixo, em direção à quadra adversária. É difícil controlar o ângulo de uma cortada. Suponha que uma bola seja cortada de uma altura de 2,30 m, com uma velocidade inicial de 20,0 m/s e um ângulo para baixo de $18,00^\circ$. Se o ângulo para baixo diminuir para $8,00^\circ$, a que distância adicional a bola atingirá a quadra adversária?

•34 Uma bola de futebol é chutada a partir do chão com uma velocidade inicial de 19,5 m/s e um ângulo para cima de 45° . No mesmo instante um jogador a 55 m de distância, na direção do chute, começa a correr para receber a bola. Qual deve ser sua velocidade média para que alcance a bola imediatamente antes que toque o gramado?

•35 A velocidade de lançamento de um projétil é cinco vezes maior que a velocidade na altura máxima. Determine o ângulo de lançamento θ_0 .

•36 Um arremessador de peso de nível olímpico é capaz de lançar o peso com uma velocidade inicial $v_0 = 15,00$ m/s de uma altura de 2,160 m. Que distância horizontal é coberta pelo peso se o ângulo de lançamento θ_0 é (a) $45,00^\circ$ e (b) $42,00^\circ$? As respostas mostram que o ângulo de 45° , que maximiza o alcance dos projéteis, não maximiza a distância horizontal quando a altura inicial e a altura final são diferentes.

•37 Uma bola é lançada a partir do solo. Quando ela atinge uma altura de 9,1 m sua velocidade é $\vec{v} = (7,6\hat{i} + 6,1\hat{j})$ m/s, com \hat{i} horizontal e \hat{j} para cima. (a) Qual é a altura máxima atingida pela bola? (b) Qual é a distância horizontal coberta pela bola? Quais são (c) o módulo e (d) o ângulo (abaixo da horizontal) da velocidade da bola no instante em que atinge o solo?

•38 Você lança uma bola em direção a uma parede com uma velocidade de 25,0 m/s e um ângulo $\theta_0 = 40,0^\circ$ acima da horizon-

tal (Fig. 4-38). A parede está a uma distância $d = 22,0$ m do ponto de lançamento da bola. (a) A que distância acima do ponto de lançamento a bola atinge a parede? Quais são as componentes (b) horizontal e (c) vertical da velocidade da bola ao atingir a parede? (d) Ao atingir a parede, ela já passou pelo ponto mais alto da trajetória?

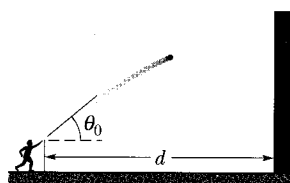


FIG. 4-38 Problema 38.

••39 Um rifle que atira balas a 460 m/s é apontado para um alvo situado a $45,7$ m de distância. Se o centro do alvo está na mesma altura do rifle, para que altura acima do alvo o cano do rifle deve ser apontado para que a bala atinja o centro do alvo?

••40 Uma bola de beisebol deixa a mão do lançador horizontalmente com uma velocidade de 161 km/h. A distância até o rebatedor é $18,3$ m. (a) Quanto tempo a bola leva para percorrer a primeira metade da distância? (b) E a segunda metade? (c) Que distância a bola cai livremente durante a primeira metade? (d) E durante a segunda metade? (e) Por que as respostas dos itens (c) e (d) não são iguais?

••41 Na Fig. 4-39 uma bola é jogada para a esquerda a partir da extremidade esquerda de um terraço, situado a uma altura h acima do solo. A bola chega ao solo $1,50$ s depois, a uma distância $d = 25,0$ m do edifício e fazendo um ângulo $\theta = 60,0^\circ$ com a horizontal. (a) Determine o valor de h . (Sugestão: Uma forma de resolver o problema é inverter o movimento, como se você estivesse vendo um filme de trás para a frente.) Quais são (b) o módulo e (c) o ângulo em relação à horizontal com o qual a bola foi jogada?

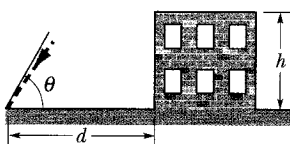


FIG. 4-39 Problema 41.

••42 Uma bola de golfe recebe uma tacada no chão. A velocidade da bola em função do tempo é mostrada na Fig. 4-40, onde $t = 0$ é o instante em que a bola foi golpeada. (a) Que distância a bola de golfe percorre na horizontal antes de voltar ao nível do solo? (b) Qual é a altura máxima atingida pela bola acima do solo?

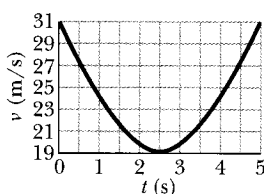


FIG. 4-40 Problema 42.

••43 Na Fig. 4-41 uma bola é lançada com uma velocidade de $10,0$ m/s e um ângulo de $50,0^\circ$ com a horizontal. O ponto de lançamento fica na base de uma rampa de comprimento horizontal $d_1 = 6,00$ m e altura $d_2 = 3,60$ m. No topo da rampa está localizado um platô. (a) A bola aterrissa na rampa ou no platô? No momento em que a bola aterrissa, quais são (b) o módulo e (c) o ângulo do deslocamento da bola em relação ao ponto de lançamento?

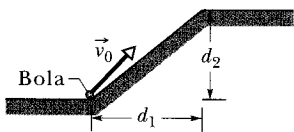


FIG. 4-41 Problema 43.

••44 Em 1939 ou 1940 Emanuel Zacchini levou seu número de bala humana a novas alturas. Depois de ser disparado por um canhão, passou por cima de três rodas-gigantes antes de cair em uma rede (Fig. 4-42). (a) Tratando Zacchini como uma partícula, determine a que distância vertical ele passou da primeira roda-

gigante. (b) Se ele atingiu a altura máxima ao passar pela roda-gigante do meio, a que distância vertical passou dessa roda-gigante? (c) A que distância do canhão devia estar posicionado o centro da rede (desprezando a resistência do ar)?

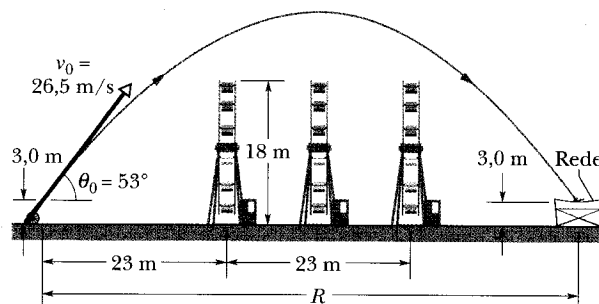


FIG. 4-42 Problema 44.

••45 Quando vê um inseto pousado em uma planta perto da superfície da água, o peixe-arqueiro coloca o focinho para fora e lança um jato de água na direção do inseto para derrubá-lo na água (Fig. 4-43). Embora o peixe veja o inseto na extremidade de um segmento de reta de comprimento d , que faz um ângulo ϕ com a superfície da água, o jato deve ser lançado com um ângulo diferente, θ_0 , para que sua trajetória parabólica intercepte o inseto. Se $\phi = 36,0^\circ$, $d = 0,900$ m e a velocidade de lançamento é $3,56$ m/s, qual deve ser o valor de θ_0 para que o jato esteja no ponto mais alto da trajetória quando atinge o inseto?

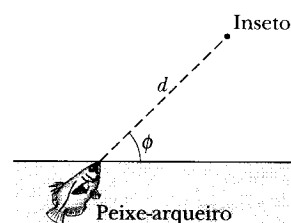


FIG. 4-43 Problema 45.

••46 Na Fig. 4-44 uma bola é arremessada para o alto de um edifício, caindo $4,00$ s depois a uma altura $h = 20,0$ m acima da altura de lançamento. A trajetória da bola no final tem uma inclinação $\theta = 60^\circ$ em relação à horizontal. (a) Determine a distância horizontal d coberta pela bola. (Veja a sugestão do Problema 41.) Quais são (b) o módulo e (c) o ângulo (em relação à horizontal) da velocidade inicial da bola?

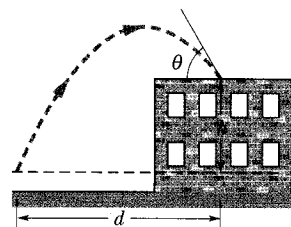


FIG. 4-44 Problema 46.

••47 Um rebatedor golpeia uma bola quando o centro da bola está a $1,22$ m acima do solo. A bola deixa o taco do rebatedor fazendo um ângulo de 45° com o solo. Nesse lançamento a bola tem um alcance horizontal (distância até voltar à altura de lançamento) de 107 m. (a) A bola conseguirá passar por um alambrado de $7,32$ m de altura que está a uma distância horizontal de $97,5$ m do ponto de lançamento? (b) Qual é a distância entre o alto do alambrado e o centro da bola quando a mesma chega ao alambrado?

••48 Alguns jogadores de basquetebol parecem flutuar no ar durante um salto em direção à cesta. A ilusão depende em boa parte da capacidade de um jogador experiente de trocar rapidamente a bola de mão durante o salto, mas pode ser acentuada pelo fato de que o jogador percorre uma distância horizontal maior na parte superior do salto do que na parte inferior. Se um jogador salta com uma velocidade inicial $v_0 = 7,00$ m/s e um ângulo $\theta_0 = 35,0^\circ$, que porcentagem do alcance do salto o jogador

passa na parte superior do salto (entre a altura máxima e metade da altura máxima)?

•••49 Os esquiadores experientes costumam dar um pequeno salto antes de chegar a uma encosta. Considere um salto no qual a velocidade inicial é $v_0 = 10$ m/s, o ângulo é $\theta_0 = 9,0^\circ$, a pista antes do salto é aproximadamente plana e a encosta tem uma inclinação de $11,3^\circ$. A Fig. 4-45a mostra um *pré-salto* no qual o esquiador desce no início da encosta. A Fig. 4-45b mostra um salto que começa no momento em que o esquiador está chegando à encosta. Na Fig. 4-45a o esquiador desce aproximadamente na mesma altura em que começou o salto. (a) Qual é o ângulo ϕ entre a trajetória do esquiador e a encosta na situação da Fig. 4-45a? Na situação da Fig. 4-45b (b) o esquiador desce quantos metros abaixo da altura em que começou o salto e (c) qual é o valor de ϕ ? (A queda maior e o maior valor de ϕ podem fazer o esquiador perder o equilíbrio.)

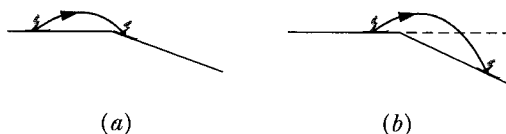


FIG. 4-45 Problema 49.

•••50 Uma bola é lançada a partir do solo em direção a uma parede situada a uma distância x (Fig. 4-46a). A Fig. 4-46b mostra a componente v_y da velocidade da bola ao chegar à parede em função da distância x . Qual é o ângulo de lançamento?

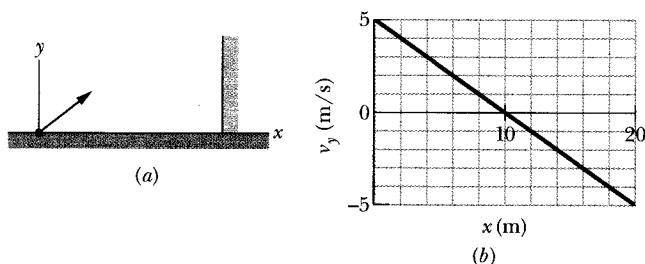


FIG. 4-46 Problema 50.

•••51 O chute de um jogador de futebol americano imprime à bola uma velocidade inicial de 25 m/s. Quais são (a) o menor e (b) o maior ângulo de elevação que ele pode imprimir à bola para marcar um *field goal** a partir de um ponto situado a 50 m da meta, cujo travessão está 3,44 m acima do gramado?

•••52 Uma bola é lançada a partir do solo com uma certa velocidade. A Fig. 4-47 mostra o alcance R em função ao ângulo de lançamento θ_0 . O tempo de percurso depende do valor de θ_0 ; seja t_{\max} o maior valor possível desse tempo. Qual é a menor velocidade que a bola possui durante o percurso se θ_0 é escolhido de tal forma que o tempo de percurso é $0,5t_{\max}$?

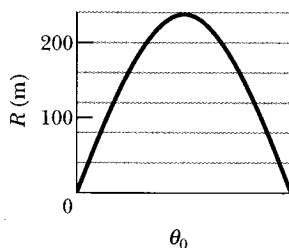


FIG. 4-47 Problema 52.

* Para marcar um *field goal* no futebol americano um jogador tem que fazer a bola passar por cima do travessão e entre as duas traves laterais. (N.T.)

•••53 Uma bola rola horizontalmente do alto de uma escada com uma velocidade de 1,52 m/s. Os degraus têm 20,3 cm de altura e 20,3 cm de largura. Em que degrau a bola bate primeiro?

•••54 Dois segundos após ter sido lançado a partir do solo, um projétil deslocou-se 40 m horizontalmente e 53 m verticalmente em relação ao ponto de lançamento. Quais são as componentes (a) horizontal e (b) vertical da velocidade inicial do projétil? (c) Qual é o deslocamento horizontal em relação ao ponto de lançamento no instante em que o projétil atinge a altura máxima em relação ao solo?

•••55 Na Fig. 4-48 uma bola de beisebol é golpeada a uma altura $h = 1,00$ m e apanhada na mesma altura. Deslocando-se paralelamente a um muro, ela passa pelo alto do muro 1,00 s após ter sido golpeada e, novamente, 4,00 s depois, quando está descendo, em posições separadas por uma distância $D = 50,0$ m. (a) Qual é a distância horizontal percorrida pela bola do instante em que foi golpeada até ser apanhada? Quais são (b) o módulo e (c) o ângulo (em relação à horizontal) da velocidade da bola imediatamente após ter sido golpeada? (d) Qual é a altura do muro?

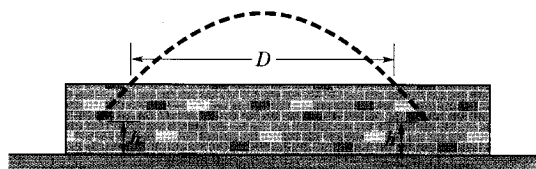


FIG. 4-48 Problema 55.

seção 4-7 Movimento Circular Uniforme

•56 Um viciado em aceleração centrípeta executa um movimento circular uniforme de período $T = 2,0$ s e raio $r = 3,00$ m. No instante t_1 sua aceleração é $\vec{a} = (6,00 \text{ m/s}^2)\hat{i} + (-4,00 \text{ m/s}^2)\hat{j}$. Nesse instante, quais são os valores de (a) $\vec{v} \cdot \vec{a}$ e (b) $\vec{r} \times \vec{a}$?

•57 Em um parque de diversões uma mulher passeia em uma roda-gigante com 15 m de raio, completando cinco voltas em torno do eixo horizontal a cada minuto. Quais são (a) o período do movimento, (b) o módulo e (c) o sentido de sua aceleração centrípeta no ponto mais alto, e (d) o módulo e (e) o sentido de sua aceleração centrípeta no ponto mais baixo?

•58 Qual é o módulo da aceleração de um velocista que corre a 10 m/s ao fazer uma curva com 25 m de raio?

•59 Quando uma grande estrela se torna uma *supernova* seu núcleo pode ser tão comprimido que ela se transforma em uma *estrela de nêutrons*, com um raio de cerca de 20 km. Se uma estrela de nêutrons completa uma revolução a cada segundo, (a) qual é o módulo da velocidade de uma partícula situada no equador da estrela e (b) qual é o módulo da aceleração centrípeta da partícula? (c) Se a estrela de nêutrons gira mais depressa, as respostas dos itens (a) e (b) aumentam, diminuem ou permanecem as mesmas?

•60 Um satélite se move em uma órbita circular, 640 km acima da superfície da Terra, com um período de 98,0 min. Quais são (a) a velocidade e (b) o módulo da aceleração centrípeta do satélite?

•61 Um carrossel de um parque de diversões gira em torno de um eixo vertical com velocidade angular constante. Um homem em pé na borda do carrossel tem uma velocidade escalar constante de 3,66 m/s e uma aceleração centrípeta \vec{a} de módulo 1,83 m/s². O vetor posição \vec{r} indica sua posição em relação ao

eixo do carrossel. (a) Qual é o módulo de \vec{r} ? Qual é o sentido de \vec{r} quando \vec{a} aponta (b) para leste e (c) para o sul?

••62 Um ventilador realiza 1200 revoluções por minuto. Considere um ponto situado na extremidade de uma das pás, que descreve uma circunferência com 0,15 m de raio. (a) Que distância este ponto percorre em uma revolução? Quais são (b) a velocidade do ponto e (c) o módulo de sua aceleração? (d) Qual é o período do movimento?

••63 Uma bolsa a 2,00 m do centro e uma carteira a 3,00 m do centro descrevem um movimento circular uniforme no piso de um carrossel. Elas estão na mesma linha radial. Em um certo instante, a aceleração da bolsa é $(2,00 \text{ m/s}^2)\hat{i} + (4,00 \text{ m/s}^2)\hat{j}$. Qual é a aceleração da carteira nesse instante, em termos dos vetores unitários?

••64 Uma partícula se move em uma trajetória circular em um sistema de coordenadas xy horizontal, com velocidade escalar constante. No instante $t_1 = 4,00 \text{ s}$ ela está no ponto (5,00 m, 6,00 m) com velocidade $(3,00 \text{ m/s})\hat{j}$ e aceleração no sentido positivo de x . No instante $t_2 = 10,0 \text{ s}$ ela tem uma velocidade $(-3,00 \text{ m/s})\hat{i}$ e uma aceleração no sentido positivo de y . Quais são as coordenadas (a) x e (b) y do centro da trajetória circular se a diferença $t_2 - t_1$ é menor que um período?

••65 Em $t_1 = 2,00 \text{ s}$, a aceleração de uma partícula em movimento circular no sentido anti-horário é $(6,00 \text{ m/s}^2)\hat{i} + (4,00 \text{ m/s}^2)\hat{j}$. Ela se move com velocidade escalar constante. Em $t_2 = 5,00 \text{ s}$, sua aceleração é $(4,00 \text{ m/s}^2)\hat{i} + (-6,00 \text{ m/s}^2)\hat{j}$. Qual é o raio da trajetória da partícula se a diferença $t_2 - t_1$ é menor que um período?

••66 Uma partícula descreve um movimento circular uniforme em um plano horizontal xy . Em um certo instante ela passa pelo ponto de coordenadas (4,00 m, 4,00 m) com uma velocidade de $-5,00\hat{i} \text{ m/s}$ e uma aceleração de $+12,5\hat{j} \text{ m/s}$. Quais são as coordenadas (a) x e (b) y do centro da trajetória circular?

••67 Um menino faz uma pedra descrever uma circunferência horizontal com 1,5 m de raio 2,0 m acima do chão. A corda se parte e a pedra é arremessada horizontalmente, chegando ao solo depois de percorrer uma distância horizontal de 10 m. Qual era o módulo da aceleração centrípeta da pedra durante o movimento circular?

••68 Um gato pula em um carrossel que está descrevendo um movimento circular uniforme. No instante $t_1 = 2,00 \text{ s}$ a velocidade do gato é $\vec{v}_1 = (3,00 \text{ m/s})\hat{i} + (4,00 \text{ m/s})\hat{j}$, medida em um sistema de coordenadas horizontal xy . No instante $t_2 = 5,00 \text{ s}$, a velocidade é $\vec{v}_2 = (-3,00 \text{ m/s})\hat{i} + (-4,00 \text{ m/s})\hat{j}$. Quais são (a) o módulo da aceleração centrípeta do gato e (b) a aceleração média do gato no intervalo de tempo $t_2 - t_1$, que é menor que um período?

seção 4-8 Movimento Relativo em Uma Dimensão

•69 Um cinegrafista está em uma picape que se move para oeste a 20 km/h enquanto filma um guepardo que também está se movendo para oeste 30 km/h mais depressa que a picape. De repente, o guepardo pára, dá meia-volta e passa a correr a 45 km/h para leste, de acordo com a estimativa de um membro da equipe, agora nervoso, de pé na margem da estrada, no caminho do guepardo. A mudança de velocidade do animal leva 2,0 s. Quais são (a) o módulo e (b) a orientação da aceleração do animal em relação ao cinegrafista e (c) o módulo e (d) a orientação da aceleração do animal em relação ao membro nervoso da equipe?

•70 Um barco está navegando rio acima, no sentido positivo de um eixo x , a 14 km/h em relação à água do rio. A água do rio

está correndo a 9,0 km/h em relação à margem. Quais são (a) o módulo e (b) a orientação da velocidade do barco em relação à margem? Uma criança no barco caminha da popa para a proa a 6,0 km/h em relação ao barco. Quais são (c) o módulo e (d) a orientação da velocidade da criança em relação à margem?

••71 Um homem de aparência suspeita corre o mais rápido que pode por uma esteira rolante, levando 2,5 s para ir de uma extremidade a outra. Os seguranças aparecem e o homem volta ao ponto de partida, correndo o mais rápido que pode, levando 10,0 s. Qual é a razão entre a velocidade do homem e a velocidade da esteira?

seção 4-9 Movimento Relativo em Duas Dimensões

•72 Um jogador de rúgbi corre com a bola em direção à meta do adversário no sentido positivo de um eixo x . De acordo com as regras do jogo, ele pode passar a bola a um companheiro de equipe desde que a velocidade da bola em relação ao campo não possua uma componente x positiva. Suponha que o jogador esteja correndo com uma velocidade de 4,0 m/s em relação ao campo quando passa a bola com uma velocidade \vec{v}_{BJ} em relação a ele mesmo. Se o módulo de \vec{v}_{BJ} é 6,0 m/s, qual é o menor ângulo que ela deve fazer com a direção x para que o passe seja válido?

••73 Dois navios, A e B , deixam o porto ao mesmo tempo. O navio A navega para noroeste a 24 nós e o navio B navega a 28 nós em uma direção 40° a oeste do sul. (1 nó = 1 milha marítima por hora; veja o Apêndice D.) Quais são (a) o módulo e (b) a orientação da velocidade do navio A em relação ao navio B ? (c) Após quanto tempo os navios estarão separados por 160 milhas marítimas? (d) Qual será o curso de B (orientação do vetor posição de B) em relação a A nesse instante?

••74 Um avião leve atinge uma velocidade do ar de 500 km/h. O piloto pretende chegar a um ponto 800 km ao norte, mas descobre que deve direcionar o avião $20,0^\circ$ a leste do norte para atingir seu destino. O avião chega em 2,00 h. Quais eram (a) o módulo e (b) a orientação da velocidade do vento?

••75 A neve está caindo verticalmente com uma velocidade constante de 8,0 m/s. Com que ângulo, em relação à vertical, os flocos de neve parecem estar caindo do ponto de vista do motorista de um carro que viaja em uma estrada plana e retilínea a uma velocidade de 50 km/h?

••76 Depois de voar por 15 min em um vento de 42 km/h a um ângulo 20° ao sul do leste, o piloto de um avião sobrevoa uma cidade que está a 55 km ao norte do ponto de partida. Qual é a velocidade escalar do avião em relação ao ar?

••77 Um trem viaja para o sul a 30 m/s (em relação ao solo) em meio a uma chuva que é soprada para o sul pelo vento. As trajetórias das gotas de chuva fazem um ângulo de 70° com a vertical quando medidas por um observador estacionário no solo. Um observador no trem, entretanto, vê as gotas caírem exatamente na vertical. Determine a velocidade escalar das gotas de chuva em relação ao solo.

••78 Um rio de 200 m de largura corre para leste com uma velocidade constante de 2,0 m/s. Um barco com uma velocidade de 8,0 m/s em relação à água parte da margem sul em uma direção 30° a oeste do norte. Determine (a) o módulo e (b) a orientação da velocidade do barco em relação à margem. (c) Quanto tempo o barco leva para atravessar o rio?

••79 Duas rodovias se cruzam, como mostra a Fig. 4-49. No instante indicado, um carro de polícia P está a uma distância $d_P = 800 \text{ m}$ do cruzamento, movendo-se com uma velocidade es-