

Universidade do Algarve
Faculdade de Ciências e Tecnologia

Física I

Licenciaturas em Engenharia Informática e Bioengenharia
1º ano, 2º semestre

Série de problemas nº 4
Movimento em Duas e Três dimensões
Cap. 4 do Halliday & Resnick, 10ª Ed.

José Mariano
Ano lectivo de 2024/2025

Módulo 4-1 Posição e Deslocamento

- 1 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.
- 2 Uma semente de melancia possui as seguintes coordenadas: $x = -5,0 \text{ m}$, $y = 8,0 \text{ m}$ e $z = 0 \text{ m}$. Determine o vetor posição da semente (a) na notação dos 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 for transportada para as coordenadas $(3,00 \text{ m}, 0 \text{ m}, 0 \text{ m})$, determine o deslocamento (e) na notação dos vetores unitários e como (f) um módulo e (g) um ângulo em relação ao sentido positivo do eixo x .
- 3 Um pósitron sofre um deslocamento $\Delta\vec{r} = 2,0\hat{i} - 3,0\hat{j} + 6,0\hat{k}$ e termina com um vetor posição $\vec{r} = 3,0\hat{j} - 4,0\hat{k}$, em metros. Qual era o vetor posição inicial do pósitron?
- 4 O ponteiro dos minutos de um relógio de parede mede 10 cm da ponta ao eixo de rotação. O módulo e o ângulo do vetor deslocamento da 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.

Módulo 4-2 Velocidade Média e Velocidade Instantânea

- 5 Um trem que viaja a 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° 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 a viagem?
- 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 dos vetores unitários? Quanto vale $\vec{v}(t)$ no instante $t = 2,00 \text{ s}$ (b) na notação dos vetores unitários e como (c) um módulo e (d) um ângulo em relação ao sentido positivo do eixo x ?
- 7 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. Qual é a velocidade média $\vec{v}_{\text{méd}}$ durante os 10 s na notação dos vetores unitários?
- 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 a cidade C, em 1,50 h. Determine, para a viagem inteira, (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 A Fig. 4-30 mostra os movimentos de um esquilo em um terreno plano, do ponto A (no instante $t = 0$) para os pontos B (em $t = 5,00 \text{ min}$), C (em $t = 10,0 \text{ min}$) e, finalmente, D (em $t = 15,0 \text{ min}$). 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.

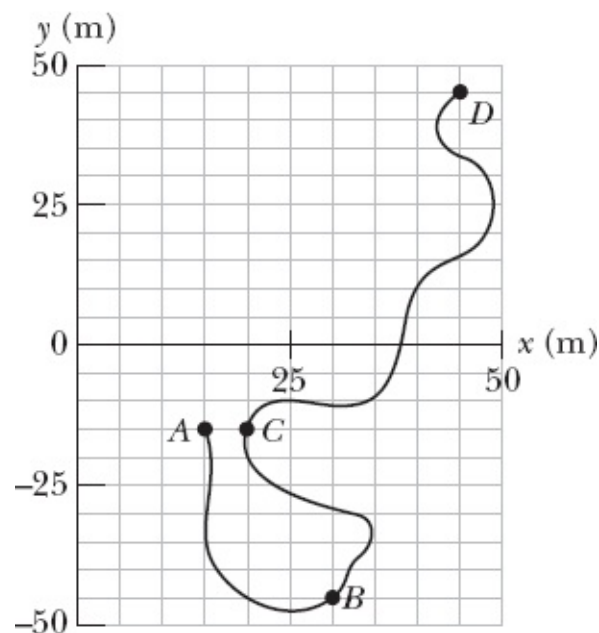


Figura 4-30 Problema 9.

•••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. 4-31 mostra o ângulo θ da direção do movimento da partícula em função de t (θ é medido a partir do semieixo x positivo). Determine (a) e e (b) f , indicando as unidades correspondentes.

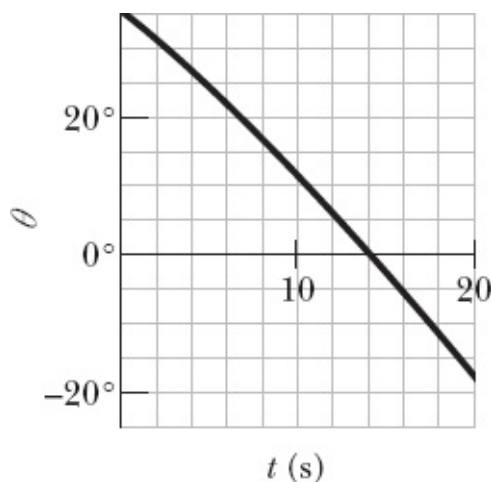


Figura 4-31 Problema 10.

Módulo 4-3 Aceleração Média e Aceleração Instantânea

•11 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 dos 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 semieixo positivo x e uma reta tangente à trajetória da partícula em $t = 2,00$ s?

•12 Em 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 leste

com uma velocidade de 10,0 m/s. Para o ciclista, nesse 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?

•13 Uma partícula se move de tal forma que a 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) a velocidade e (b) a aceleração em função do tempo.

•14 A velocidade inicial de um próton é $\vec{v} = 4,0\hat{i} - 2,0\hat{j} + 3,0\hat{k}$; 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 qual é (a) a aceleração média do próton $\vec{a}_{\text{méd}}$ na notação dos vetores unitários, (b) qual o módulo de $\vec{a}_{\text{méd}}$ e (c) qual o ângulo entre $\vec{a}_{\text{méd}}$ e o semieixo x positivo.

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

•16 A velocidade \vec{v} de uma partícula que se move no plano xy é dada por $\vec{v} = (6,0t - 4,0t^2)\hat{i} + 8,00\hat{j}$, 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?

•17 Um carro se move em 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 $v_{0y} = 12 \text{ m/s}$. Qual é a velocidade do carro, na notação dos vetores unitários, quando atinge a maior coordenada y?

•18 Um vento moderado acelera um seixo em 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?

•19 A aceleração de uma partícula que se move em um plano horizontal xy é dada por $\vec{a} = (3t\hat{i} + 4t\hat{j})$, em que \vec{a} está em metros por segundo ao quadrado e t em segundos. Em $t = 0$, o vetor posição $\vec{r} = (20,00 \text{ m})\hat{i} + (40,0 \text{ m})\hat{j}$ 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 na notação dos vetores unitários e (b) o ângulo entre a direção do movimento e o semieixo x positivo.

•20 Na Fig. 4-32, 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, 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 semieixo y positivo acontece uma colisão?

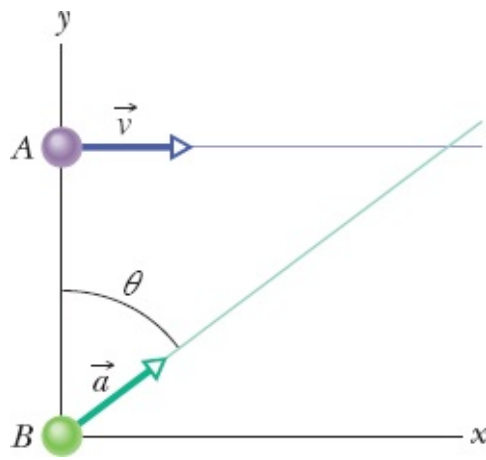




Figura 4-32 Problema 20.

Módulo 4-4 Movimento Balístico

- 21** 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. O dardo 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?
- 22** 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 ela chega à borda da mesa?
- 23** Um projétil é disparado horizontalmente de uma arma que está 45,0 m acima de um terreno plano, saindo 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 o projétil se choca com o solo? (c) Qual é o módulo da componente vertical da velocidade quando o projétil se choca com o solo?
- 24**  No Campeonato Mundial de Atletismo de 1991, em Tóquio, Mike Powell saltou 8,95 m, batendo por 5 cm um recorde de 23 anos estabelecido por Bob Beamon para o salto em distância. Suponha que Powell iniciou o salto com uma velocidade 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.
- 25**  O recorde atual de salto de motocicleta é 77,0 m, estabelecido por Jason Renie. Suponha que Renie tivesse partido da rampa fazendo um ângulo de 12° com a horizontal e que as rampas de subida e de descida tivessem a mesma altura. Determine a velocidade inicial, desprezando a resistência do ar.
- 26** Uma pedra é lançada por uma catapulta no instante $t = 0$, com uma velocidade inicial de módulo 20,0 m/s e ângulo $40,0^\circ$ 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.
- 27** Um avião está mergulhando com um ângulo $\theta = 30,0^\circ$ abaixo da horizontal, a uma velocidade de

290,0 km/h, quando o piloto libera um chamariz (Fig. 4-33). A distância horizontal entre o ponto de lançamento e o ponto no qual 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?

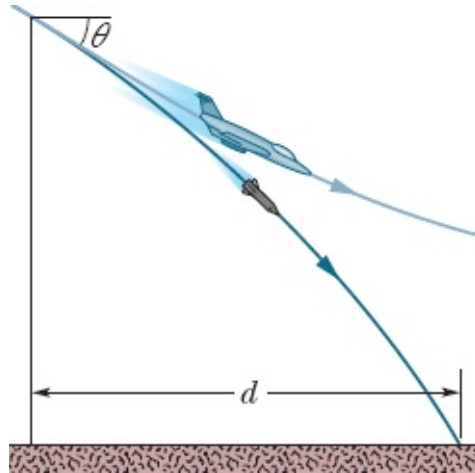


Figura 4-33 Problema 27.

••28 Na Fig. 4-34, uma pedra é lançada para o alto de 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 altura máxima H alcançada acima do solo.

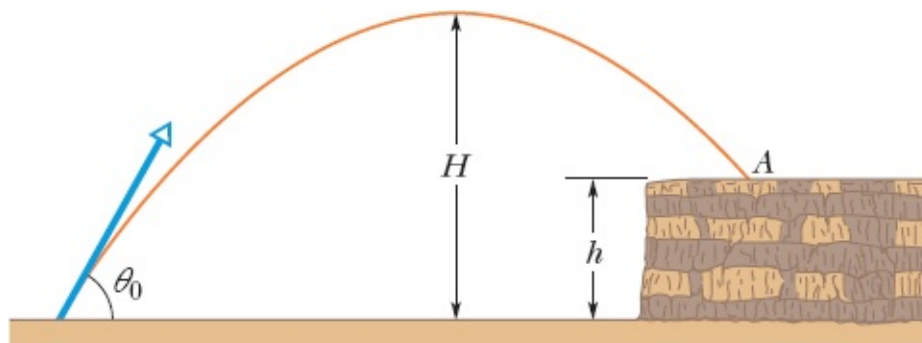



Figura 4-34 Problema 28.

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

••30 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 a velocidade média do jogador para que alcance a bola imediatamente antes de tocar o gramado?

••31  Ao dar 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 da 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?

••32 Você lança uma bola em direção a uma parede com uma velocidade de $25,0 \text{ m/s}$ e um ângulo $\theta_0 = 40,0^\circ$ acima da horizontal (Fig. 4-35). A parede está a uma distância $d = 22,0 \text{ m}$ 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, a bola já passou pelo ponto mais alto da trajetória?

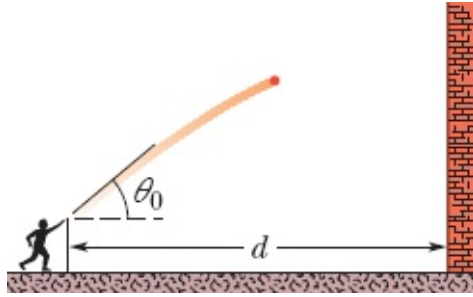



Figura 4-35 Problema 32.

••33 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 $5,00 \text{ s}$ 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 ele chega ao solo?

••34  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 da trajetória. Suponha que uma pedra fosse lançada com uma velocidade $v_0 = 28,0 \text{ m/s}$ e um ângulo $\theta_0 = 40,0^\circ$. Qual seria a velocidade da pedra se ela atingisse a muralha (a) no momento em que chegasse à altura máxima da trajetória parabólica e (b) depois de cair para metade da altura máxima? (c) Qual a diferença percentual entre as respostas dos itens (b) e (a)?

••35 Um rifle que atira balas a 460 m/s é apontado para um alvo situado a $45,7 \text{ m}$ 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?

••36 Durante uma partida de tênis, um jogador saca a $23,6 \text{ m/s}$, com o centro da bola deixando a raquete horizontalmente a $2,37 \text{ m}$ de altura em relação à quadra. A rede está a 12 m de distância e tem $0,90 \text{ m}$ de altura. (a) A bola passa para o outro lado da quadra? (b) Qual é a distância entre o centro da bola e o alto da rede quando a bola chega à 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) Qual é a distância entre o centro da bola e o alto da rede quando a bola chega à rede?

••37 Um mergulhador salta com uma velocidade horizontal de $2,00 \text{ m/s}$ de uma plataforma que está $10,0 \text{ m}$ 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?

••38 Uma bola de golfe recebe uma tacada no solo. A velocidade da bola em função do tempo é mostrada na Fig. 4-36, em que $t = 0$ é o instante em que a bola foi golpeada. A escala vertical do gráfico é definida por $v_a = 19$ m/s e $v_b = 31$ m/s. (a) Que distância horizontal a bola de golfe percorre antes de tocar novamente o solo? (b) Qual é a altura máxima atingida pela bola?

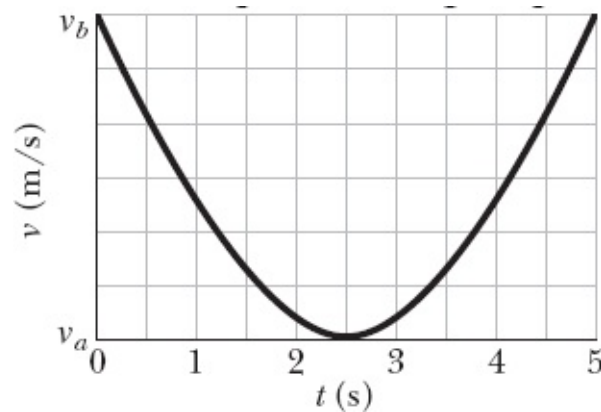


Figura 4-36 Problema 38.

••39 Na Fig. 4-37, uma bola é lançada para a esquerda da borda esquerda do terraço de um edifício. O ponto de lançamento está a uma altura h em relação ao solo, e a bola chega ao solo 1,50 s depois, a uma distância horizontal $d = 25,0$ m do ponto de lançamento 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.) Qual é (b) o módulo e (c) qual o ângulo em relação à horizontal com que a bola foi lançada? (d) O ângulo é para cima ou para baixo em relação à horizontal?

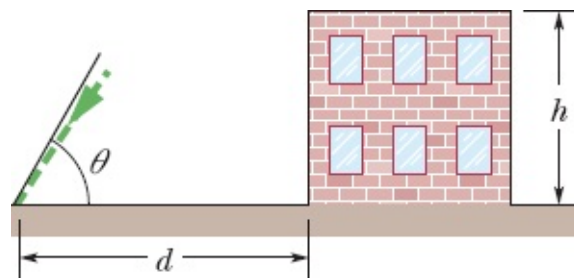



Figura 4-37 Problema 39.

••40  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.

••41 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 d'água na direção do inseto para derrubá-lo na água (Fig. 4-38). 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 o jato atinja o inseto depois de descrever uma trajetória parabólica. 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?

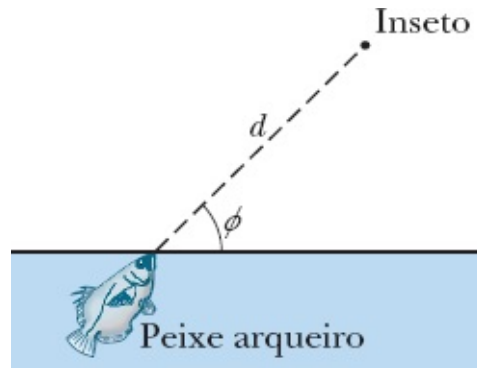


Figura 4-38 Problema 41.

••42 Em 1939, ou 1940, Emanuel Zacchini levou seu número de bala humana a novas alturas: disparado por um canhão, ele passou por cima de três rodas-gigantes antes de cair em uma rede (Fig. 4-39). Suponha que ele tenha sido lançado com uma velocidade de 26,5 m/s e em um ângulo de $53,0^\circ$. (a) Tratando Zacchini como uma partícula, determine a que distância vertical ele passou da primeira roda-gigante. (b) Se Zacchini atingiu a altura máxima quando passou 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)?

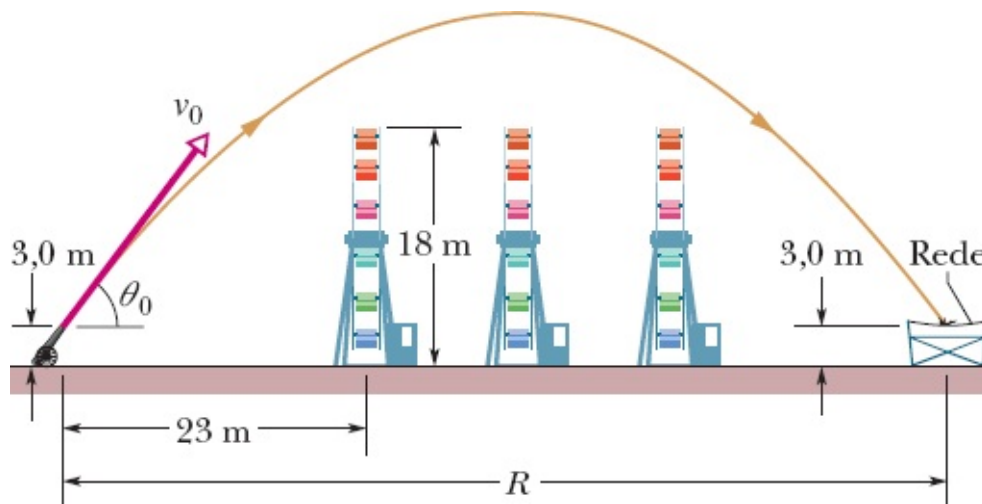


Figura 4-39 Problema 42.

••43 Uma bola é lançada a partir do solo. Quando atinge uma altura de 9,1 m, a 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 ela atinge o solo?

••44 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?

••45 Na Fig. 4-40, 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 alto da rampa existe um estrado horizontal. (a) A bola cai na rampa ou no estrado? No momento em que a bola cai, quais são (b) o módulo e (c) o ângulo do deslocamento da bola em relação ao ponto de lançamento?

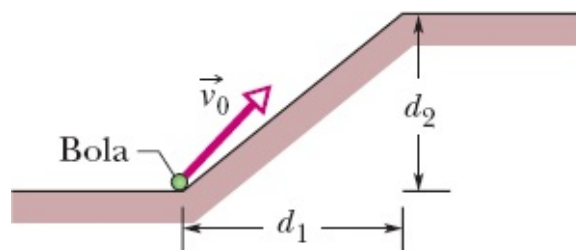



Figura 4-40 Problema 45.

••46  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 metade superior do salto (entre a altura máxima e metade da altura máxima)?

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

••48 Na Fig. 4-41, 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 39.) Quais são (b) o módulo e (c) o ângulo (em relação à horizontal) da velocidade inicial da bola?

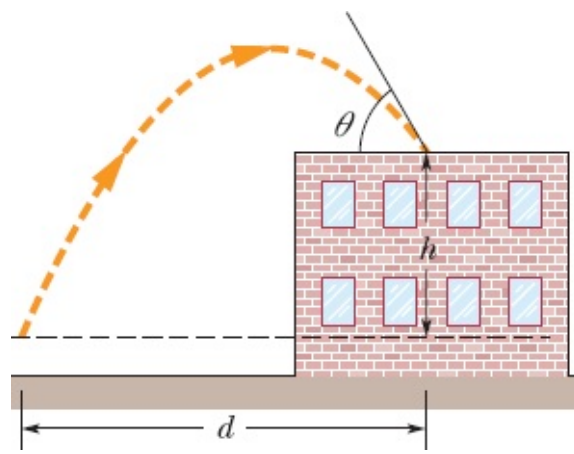


Figura 4-41 Problema 48.

...49 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*¹ a partir de um ponto situado a 50 m da meta, cujo travessão está 3,44 m acima do gramado?

...50 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?


...51  Os esquiadores experientes costumam dar um pequeno salto antes de chegarem a uma encosta descendente. Considere um salto no qual a velocidade inicial é $v_0 = 10$ m/s, o ângulo é $\theta_0 = 11,3^\circ$, a pista antes do salto é aproximadamente plana e a encosta tem uma inclinação de $9,0^\circ$. A Fig. 4-42a mostra um *pré-salto* no qual o esquiador desce no início da encosta. A Fig. 4-42b mostra um salto que começa no momento em que o esquiador está chegando à encosta. Na Fig. 4-42a, 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. 4-42a? Na situação da Fig. 4-42b, (b) o esquiador desce quantos metros abaixo da altura em que começou o salto? (c) Qual é o valor de ϕ ? (A queda maior e o maior valor de ϕ podem fazer o esquiador perder o equilíbrio.)



Figura 4-42 Problema 51.

...52 Uma bola é lançada do solo em direção a uma parede que está a uma distância x (Fig. 4-43a). A Fig. 4-43b mostra a componente v_y da velocidade da bola no instante em que ela alcança a parede em função da distância x . As escalas do gráfico são definidas por $v_{ys} = 5,0$ m/s e $x_s = 20$ m. Qual é o ângulo do lançamento?

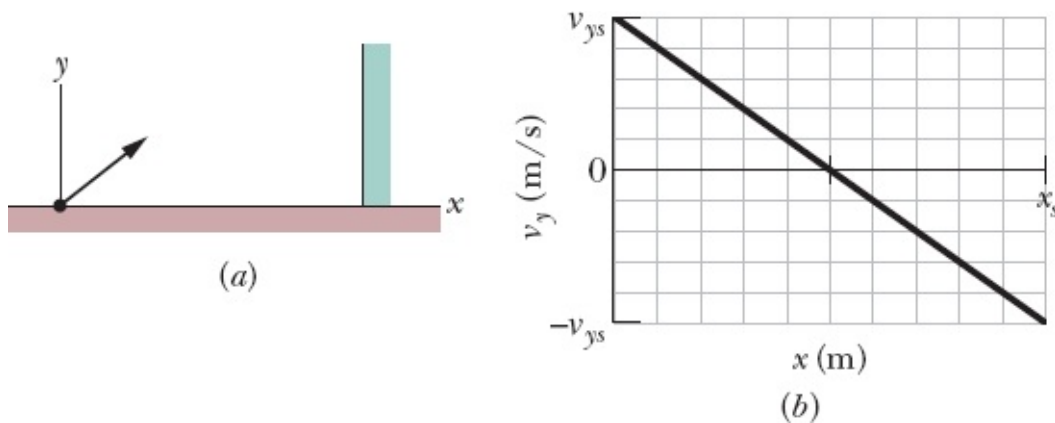


Figura 4-43 Problema 52.

...53 Na Fig. 4-44, uma bola de beisebol é golpeada a uma altura $h = 1,00$ m e apanhada na mesma altura. Deslocando-se paralelamente a um muro, a bola 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?

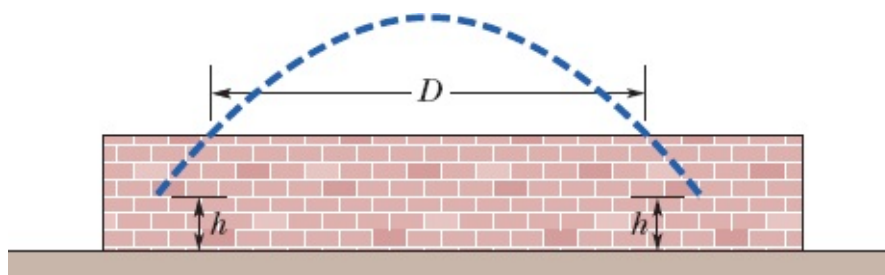


Figura 4-44 Problema 53.

...54 Uma bola é lançada a partir do solo com uma dada velocidade. A Fig. 4-45 mostra o alcance R em função ao ângulo de lançamento θ_0 . O tempo de percurso depende do valor de θ_0 ; seja $t_{\text{máx}}$ 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 seja $0,5t_{\text{máx}}$?

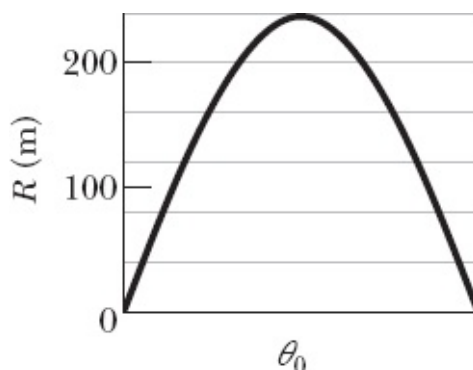


Figura 4-45 Problema 54.

...55 Uma bola rola horizontalmente do alto de uma escada a 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?

Módulo 4-5 Movimento Circular Uniforme

- 56 Um satélite da Terra 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?
- 57 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 a posição do homem 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?
- 58 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 o ponto percorre em uma revolução? Quais são (b) a velocidade do ponto e (c) o módulo da aceleração? (d) Qual é o período do movimento?
- 59 Uma mulher está em uma roda-gigante com 15 m de raio que completa cinco voltas em torno do eixo horizontal a cada minuto. Quais são (a) o período do movimento, (b) o módulo e (c) o sentido da aceleração centrípeta no ponto mais alto, e (d) o módulo e (e) o sentido da aceleração centrípeta da mulher no ponto mais baixo?
- 60 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 , a aceleração é $\vec{a} = (6,00 \text{ m/s}^2)\hat{i} + (-4,00 \text{ m/s}^2)\hat{j}$. Quais são, nesse instante, os valores de (a) $\vec{v} \cdot \vec{a}$ e (b) $\vec{r} \times \vec{a}$?
- 61 Quando uma grande estrela se torna uma *supernova*, o núcleo da estrela 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?
- 62 Qual é o módulo da aceleração de um velocista que corre a 10 m/s ao fazer uma curva com 25 m de raio?
- 63 Em $t_1 = 2,00$ s, a aceleração de uma partícula em movimento circular no sentido anti-horário é $(6,00 \text{ m/s}^2)\hat{i} + (4,00 \text{ m/s}^2)\hat{j}$. A partícula se move com velocidade escalar constante. Em $t_2 = 5,00$ s, a 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 de rotação?
- 64 Uma partícula descreve um movimento circular uniforme em um plano horizontal xy . Em um dado instante, a partícula passa pelo ponto de coordenadas (4,00 m, 4,00 m) com uma velocidade de $-5,00\hat{i}$ m/s e uma aceleração de $+12,5\hat{j}$ m/s². Quais são as coordenadas (a) x e (b) y do centro da trajetória

circular?

••65 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. Os dois objetos estão na mesma linha radial. Em um dado 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, na notação dos vetores unitários?

••66 Uma partícula se move em uma trajetória circular em um sistema de coordenadas xy horizontal, com velocidade escalar constante. No instante $t_1 = 4,00 \text{ s}$, a partícula se encontra 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 $t_2 = 10,0 \text{ s}$, 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 de rotação?

•••67 Um menino faz uma pedra descrever uma circunferência horizontal com 1,5 m de raio 2,0 m acima do chão. A corda arrebenta 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 descreve 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 do gato é $\vec{v}_2 = (-3,00 \text{ m/s})\hat{i} + (-4,00 \text{ m/s})\hat{j}$. Qual é (a) o módulo da aceleração centrípeta do gato e (b) qual é a aceleração média do gato no intervalo de tempo $t_2 - t_1$, que é menor que um período de rotação?

Módulo 4-6 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 para, 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, que está 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 que está 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 depressa que pode por uma esteira rolante, levando 2,5 s para ir de uma extremidade à outra. Os seguranças aparecem e o homem volta ao ponto de partida, correndo o mais depressa que pode e levando 10,0 s. Qual é a razão entre a velocidade do homem e a velocidade da esteira?

Módulo 4-7 Movimento Relativo em Duas Dimensões

•72 Um jogador de rúgbi corre com a bola em direção à meta adversária, 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 a uma velocidade de $4,0 \text{ m/s}$ em relação ao campo quando passa a bola a uma velocidade \vec{v}_{BJ} em relação a ele mesmo. Se o módulo de \vec{v}_{BJ} é $6,0 \text{ m/s}$, qual é o menor ângulo que a bola deve fazer com a direção x para que o passe seja válido?

•73 Duas rodovias se cruzam, como mostra a Fig. 4-46. No instante indicado, um carro de polícia P está a uma distância $d_P = 800 \text{ m}$ do cruzamento, movendo-se a uma velocidade escalar $v_P = 80 \text{ km/h}$. O motorista M está a uma distância $d_M = 600 \text{ m}$ do cruzamento, movendo-se a uma velocidade escalar $v_M = 60 \text{ km/h}$. (a) Qual é a velocidade do motorista em relação ao carro da polícia na notação dos vetores unitários? (b) No instante mostrado na Fig. 4-46, qual é o ângulo entre a velocidade calculada no item (a) e a reta que liga os dois carros? (c) Se os carros mantêm a velocidade, as respostas dos itens (a) e (b) mudam quando os carros se aproximam da interseção?

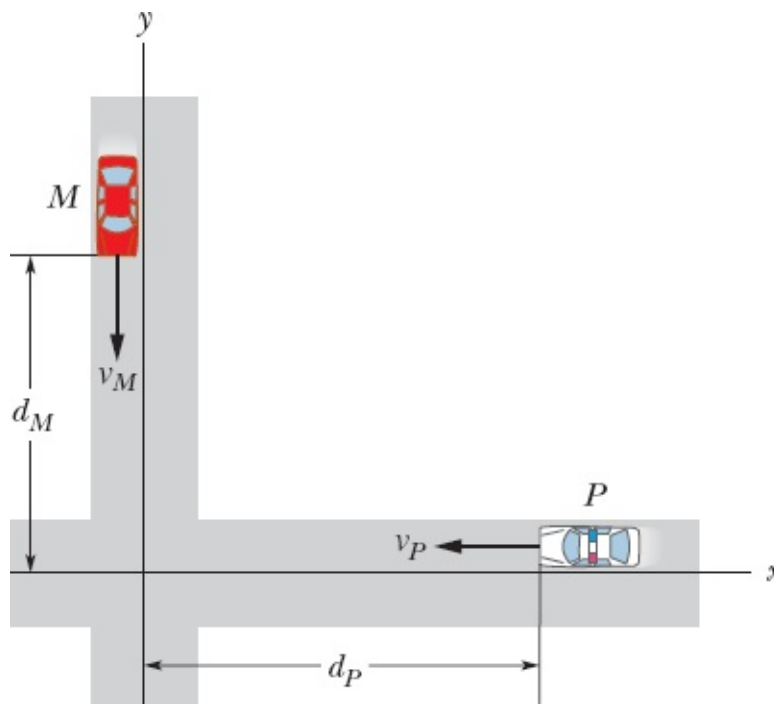


Figura 4-46 Problema 73.

•74 Depois de voar por 15 min em um vento de 42 km/h a um ângulo de 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?

•75 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.

•76 Um avião pequeno 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 o destino. O avião chega em 2,00 h. Quais eram (a) o módulo e (b) a orientação da velocidade do vento?

••77 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?

••78 Na vista superior da Fig. 4-47, os jipes P e B se movem em linha reta em um terreno plano e passam por um guarda de fronteira estacionário A . Em relação ao guarda, o jipe B se move com uma velocidade escalar constante de 20,0 m/s e um ângulo $\theta_2 = 30,0^\circ$. Também em relação ao guarda, P acelerou a partir do repouso a uma taxa constante de $0,400 \text{ m/s}^2$ com um ângulo $\theta_1 = 60,0^\circ$. Em um dado instante durante a aceleração, P possui uma velocidade escalar de 40,0 m/s. Nesse instante, quais são (a) o módulo e (b) a orientação da velocidade de P em relação a B e (c) o módulo e (d) a orientação da aceleração de P em relação a B ?

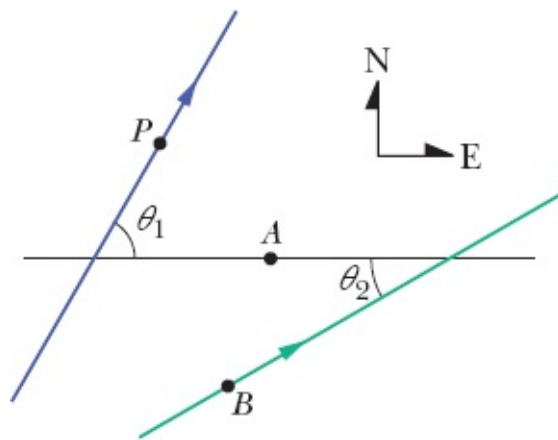


Figura 4-47 Problema 78.

••79 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?

••80 Um rio de 200 m de largura corre para leste a uma velocidade constante de 2,0 m/s. Um barco a 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?

••81 O navio A está 4,0 km ao norte e 2,5 km a leste do navio B . O navio A está viajando a uma velocidade de 22 km/h na direção sul; o navio B , a uma velocidade de 40,0 km/h em uma direção 37° ao norte do leste. (a) Qual é a velocidade de A em relação a B na notação dos vetores unitários, com \hat{i} apontando para o leste? (b) Escreva uma expressão (em termos de \hat{i} e \hat{j}) para a posição de A em relação a B em função do tempo t , tomando $t = 0$ como o instante em que os dois navios estão nas posições

descritas acima. (c) Em que instante a separação entre os navios é mínima? (d) Qual é a separação mínima?

...82 Um rio de 200 m de largura corre a uma velocidade escalar constante de 1,1 m/s em uma floresta, na direção leste. Um explorador deseja sair de uma pequena clareira na margem sul e atravessar o rio em um barco a motor que se move a uma velocidade escalar constante de 4,0 m/s em relação à água. Existe outra clareira na margem norte, 82 m rio acima do ponto de vista de um local da margem sul exatamente em frente à segunda clareira. (a) Em que direção o barco deve ser apontado para viajar em linha reta e chegar à clareira da margem norte? (b) Quanto tempo o barco leva para atravessar o rio e chegar à clareira?

Problemas Adicionais

83 Uma mulher que é capaz de remar um barco a 6,4 km/h em águas paradas se prepara para atravessar um rio retilíneo com 6,4 km de largura e uma correnteza de 3,2 km/h. Tome perpendicular ao rio e apontando rio abaixo. Se a mulher pretende remar até um ponto na outra margem exatamente em frente ao ponto de partida, (a) para que ângulo em relação a ela deve apontar o barco e (b) quanto tempo ela levará para fazer a travessia? (c) Quanto tempo gastaria se, permanecendo na mesma margem, remasse 3,2 km rio abaixo e depois remasse de volta ao ponto de partida? (d) Quanto tempo gastaria se, permanecendo na mesma margem, remasse 3,2 km rio acima e depois remasse de volta ao ponto de partida? (e) Para que ângulo deveria direcionar o barco para atravessar o rio no menor tempo possível? (f) Qual seria esse tempo?

84 Na Fig. 4-48a, um trenó se move no sentido negativo do eixo x a uma velocidade escalar constante v_t quando uma bola de gelo é atirada do trenó a uma velocidade $\vec{v}_0 = \vec{v}_{0x}\hat{i} + \vec{v}_{0y}\hat{j}$ em relação ao trenó. Quando a bola chega ao solo, o deslocamento horizontal Δx_{bs} em relação ao solo (da posição inicial à posição final) é medido. A Fig. 4-48b mostra a variação de Δx_{bs} com v_t . Suponha que a bola chegue ao solo na altura aproximada em que foi lançada. Quais são os valores (a) de v_{0x} e (b) de v_{0y} ? O deslocamento da bola em relação ao trenó, Δx_{bt} , também pode ser medido. Suponha que a velocidade do trenó não mude depois que a bola foi atirada. Quanto é Δx_{bs} para v_t ser igual a (c) 5,0 m/s e (d) 15 m/s?

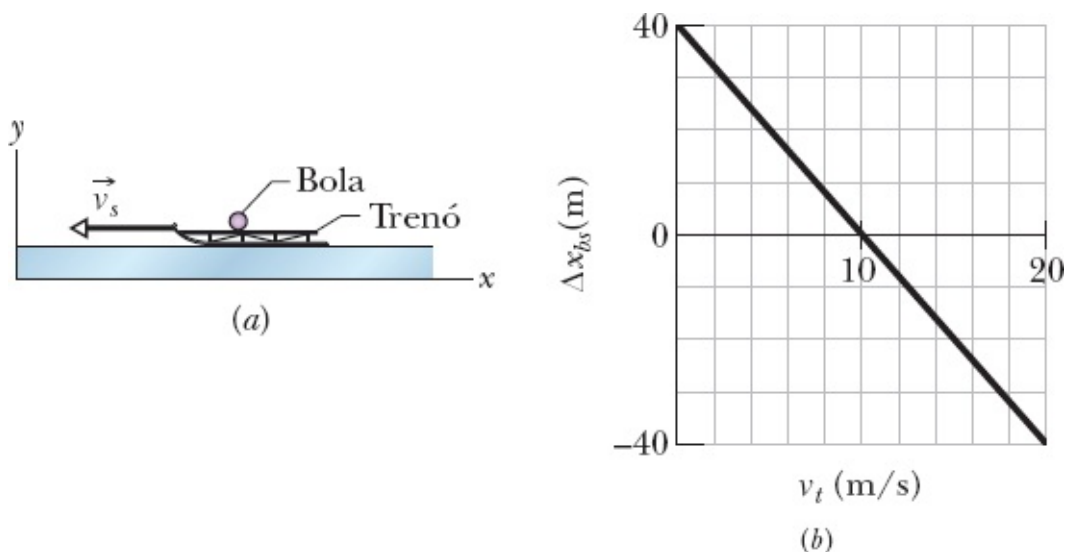


Figura 4-48 Problema 84.

85 Você foi sequestrado por estudantes de ciência política (que estão aborrecidos porque você declarou que ciência política não é ciência de verdade). Embora esteja vendado, você pode estimar a velocidade do carro dos sequestradores (pelo ronco do motor), o tempo de viagem (contando mentalmente os segundos) e a direção da viagem (pelas curvas que o carro fez). A partir dessas pistas, você sabe que foi conduzido ao longo do seguinte percurso: 50 km/h por 2,0 min, curva de 90° para a direita, 20 km/h por 4,0 min, curva de 90° para a direita, 20 km/h por 60 s, curva de 90° para a esquerda, 50 km/h por 60 s, curva 90° para a direita, 20,0 km/h por 2,0 min, curva de 90° para a esquerda, 50 km/h por 30 s. Nesse ponto, (a) a que distância você se encontra do ponto de partida e (b) em que direção em relação à direção inicial você está?

86 Na Fig. 4-49, uma estação de radar detecta um avião que se aproxima, vindo do leste. Quando é observado pela primeira vez, o avião está a uma distância $d_1 = 360$ m da estação e $\theta_1 = 40^\circ$ acima do horizonte. O avião é rastreado durante uma variação angular $\Delta\theta = 123^\circ$ no plano vertical leste-oeste; a distância no final dessa variação é $d_2 = 790$ m. Determine (a) o módulo e (b) a orientação do deslocamento do avião durante este período.

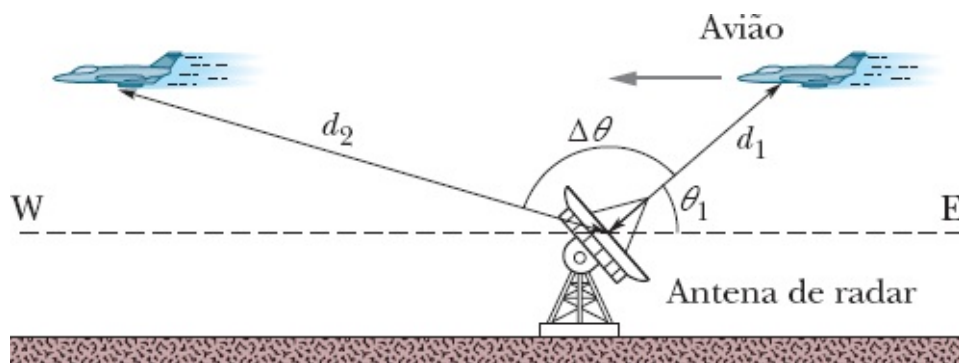


Figura 4-49 Figura 86.

87 Uma bola de beisebol é golpeada junto ao chão. A bola atinge a altura máxima 3,0 s após ter sido golpeada. Em seguida, 2,5 s após ter atingido a altura máxima, a bola passa rente a um alambrado que está a 97,5 m do ponto em que foi golpeada. Suponha que o solo seja plano. (a) Qual é a altura máxima atingida pela bola? (b) Qual é a altura do alambrado? (c) A que distância do alambrado a bola atinge o chão?

88 Voos longos em latitudes médias no hemisfério norte encontram a chamada corrente de jato, um fluxo de ar para leste que pode afetar a velocidade do avião em relação à superfície da Terra. Se o piloto mantém a mesma velocidade em relação ao ar (a chamada *velocidade do ar*), a velocidade em relação ao solo é maior quando o voo é na direção da corrente de jato e menor quando o voo é na direção oposta. Suponha que um voo de ida e volta esteja previsto entre duas cidades separadas por 4000 km, com o voo de ida no sentido da corrente de jato e o voo de volta no sentido oposto. O computador da empresa aérea recomenda uma velocidade do ar de 1000 km/h, para a qual a diferença entre as durações dos voos de ida e de volta é 70,0 min. Qual foi a velocidade da corrente de jato usada nos cálculos?

89 Uma partícula parte da origem no instante $t = 0$ com uma velocidade de $8,0\hat{j}$ m/s e se move no plano xy com uma aceleração constante igual a $(4,0\hat{i} + 2,0\hat{j})$ m/s². Quando a coordenada x da partícula é 29 m, quais são (a) a coordenada y e (b) a velocidade escalar?

90 Com que velocidade inicial o jogador de basquetebol da Fig. 4-50 deve arremessar a bola, com um ângulo $\theta_0 = 55^\circ$ acima da horizontal, para converter o lance livre? As distâncias horizontais são $d_1 = 0,305$ m e $d_2 = 4,27$ m e as alturas são $h_1 = 2,14$ m e $h_2 = 3,05$ m.

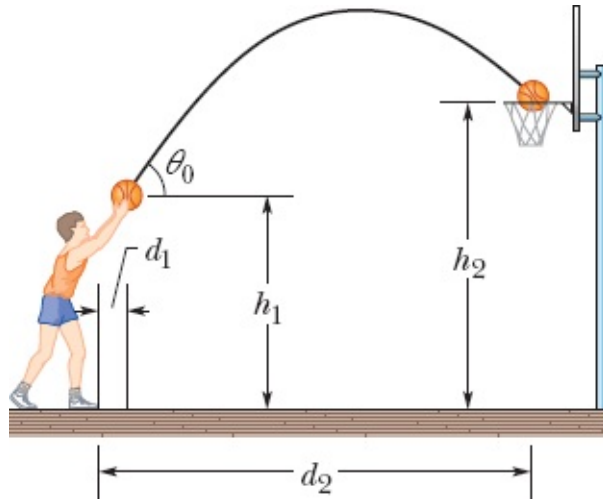


Figura 4-50 Problema 90.

91 Durante as erupções vulcânicas, grandes pedaços de pedra podem ser lançados para fora do vulcão; esses projéteis são conhecidos como *bombas vulcânicas*. A Fig. 4-51 mostra uma seção transversal do Monte Fuji, no Japão. (a) Com que velocidade inicial uma bomba vulcânica teria de ser lançada, com um ângulo $\theta_0 = 35^\circ$ em relação à horizontal, a partir da cratera A , para cair no ponto B , a uma distância vertical $h = 3,30$ km e uma distância horizontal $d = 9,40$ km? Ignore o efeito do ar sobre o movimento do projétil. (b) Qual seria o tempo de percurso? (c) O efeito do ar aumentaria ou diminuiria o valor da velocidade calculada no item (a)?

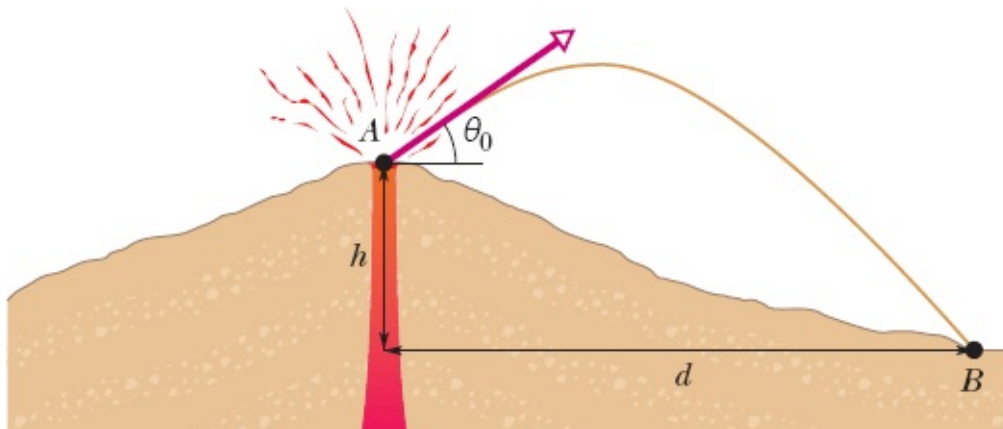



Figura 4-51 Problema 91.

92 Um astronauta é posto em rotação em uma centrífuga horizontal com um raio de 5,0 m. (a) Qual é a velocidade escalar do astronauta se a aceleração centrípeta tem um módulo de $7,0g$? (b) Quantas

revoluções por minuto são necessárias para produzir essa aceleração? (c) Qual é o período do movimento?

93 O oásis *A* está 90 km a oeste do oásis *B*. Um camelo parte de *A* e leva 50 h para caminhar 75 km na direção 37° ao norte do leste. Em seguida, leva 35 h para caminhar 65 km para o sul e descansa por 5,0 h. Quais são (a) o módulo e (b) o sentido do deslocamento do camelo em relação a *A* até o ponto em que ele para a fim de descansar? Do instante em que o camelo parte do ponto *A* até o final do período de descanso, quais são (c) o módulo e (d) o sentido da velocidade média do camelo e (e) a velocidade escalar média do camelo? A última vez que o camelo bebeu água foi em *A*; o animal deve chegar a *B* não mais que 120 h após a partida para beber água novamente. Para que ele chegue a *B* no último momento, quais devem ser (f) o módulo e (g) o sentido da velocidade média após o período de descanso?

94  *Cortina da morte.* Um grande asteroide metálico colide com a Terra e abre uma cratera no material rochoso abaixo do solo, lançando pedras para o alto. A tabela a seguir mostra cinco pares de velocidades e ângulos (em relação à horizontal) para essas pedras, com base em um modelo de formação de crateras. (Outras pedras, com velocidades e ângulos intermediários, também são lançadas.) Suponha que você esteja em $x = 20$ km quando o asteroide chega ao solo no instante $t = 0$ e na posição $x = 0$ (Fig. 4-52). (a) Em $t = 20$ s, quais são as coordenadas x e y das pedras, de *A* a *E*, que foram lançadas na sua direção? (b) Plote essas coordenadas em um gráfico e desenhe uma curva passando pelos pontos para incluir pedras com velocidades e ângulos intermediários. A curva deve dar uma ideia do que você veria ao olhar na direção das pedras e do que os dinossauros devem ter visto durante as colisões de asteroides com a Terra, no passado remoto.

Pedra	Velocidade (m/s)	Ângulo (graus)
<i>A</i>	520	14,0
<i>B</i>	630	16,0
<i>C</i>	750	18,0
<i>D</i>	870	20,0
<i>E</i>	1000	22,0

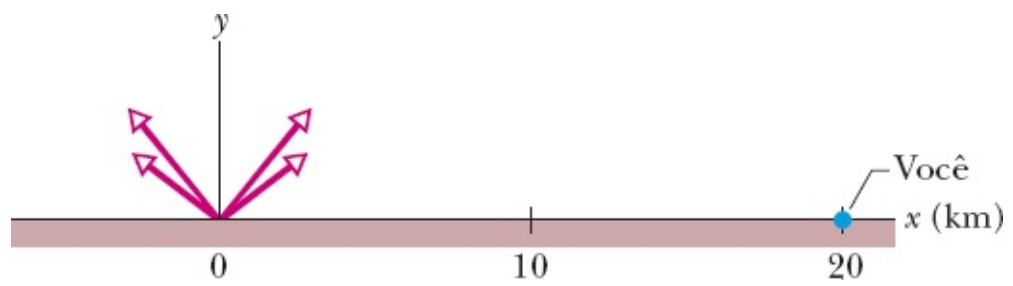


Figura 4-52 Problema 94.

95 A Fig. 4-53 mostra a trajetória retilínea de uma partícula em um sistema de coordenadas xy quando a partícula é acelerada a partir do repouso em um intervalo de tempo Δt_1 . A aceleração é constante. As coordenadas do ponto A são (4,00 m, 6,00 m) e as do ponto B são (12,0 m, 18,0 m). (a) Qual é a razão a_y/a_x entre as componentes da aceleração? (b) Quais são as coordenadas da partícula se o movimento continua durante outro intervalo igual a Δt_1 ?

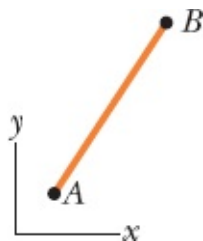


Figura 4-53 Problema 95.

96 No voleibol feminino, o alto da rede está 2,24 m acima do piso, e a quadra mede 9,0 m por 9,0 m de cada lado da rede. Ao dar um saque viagem, uma jogadora bate na bola quando está 3,0 m acima do piso e a uma distância horizontal de 8,0 m da rede. Se a velocidade inicial da bola é horizontal, determine (a) a menor velocidade escalar que a bola deve ter para ultrapassar a rede e (b) a máxima velocidade que pode ter para atingir o piso dentro dos limites da quadra do outro lado da rede.

97 Um rifle é apontado horizontalmente para um alvo a 30 m de distância. A bala atinge o alvo 1,9 cm abaixo do ponto para onde o rifle foi apontado. Determine (a) o tempo de percurso da bala e (b) a velocidade escalar da bala ao sair do rifle.

98 Uma partícula descreve um movimento circular uniforme em torno da origem de um sistema de coordenadas xy , movendo-se no sentido horário com um período de 7,00 s. Em um dado instante, o vetor posição da partícula (em relação à origem) é $\vec{r} = (2,00 \text{ m})\hat{i} - (3,00 \text{ m})\hat{j}$. Qual é a velocidade da partícula nesse instante, na notação dos vetores unitários?

99 Na Fig. 4-54, uma bola de massa de modelar descreve um movimento circular uniforme, com um raio de 20,0 cm, na borda de uma roda que está girando no sentido anti-horário com um período de 5,00 ms. A bola se desprende na posição correspondente a 5 horas (como se estivesse no mostrador de um relógio) e deixa a roda a uma altura $h = 1,20$ m acima do chão e a uma distância $d = 2,50$ m de uma parede. Em que altura a bola bate na parede?

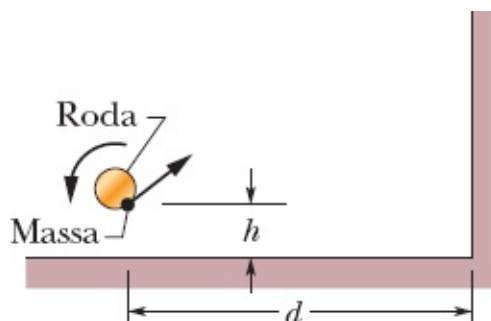


Figura 4-54 Problema 99.

100 Um trenó a vela atravessa um lago gelado, com uma aceleração constante produzida pelo vento. Em certo instante, a velocidade do trenó é $(6,30\hat{i} - 8,42\hat{j})$ m/s. Três segundos depois, uma mudança de direção do vento faz o trenó parar momentaneamente. Qual é a aceleração média do trenó nesse intervalo de 3,00 s?

101 Na Fig. 4-55, uma bola é lançada verticalmente para cima, a partir do solo, com uma velocidade inicial $v_0 = 7,00$ m/s. Ao mesmo tempo, um elevador de serviço começa a subir, a partir do solo, com uma velocidade constante $v_c = 3,00$ m/s. Qual é a altura máxima atingida pela bola (a) em relação ao solo e (b) em relação ao piso do elevador? Qual é a taxa de variação da velocidade da bola (c) em relação ao solo e (d) em relação ao piso do elevador?

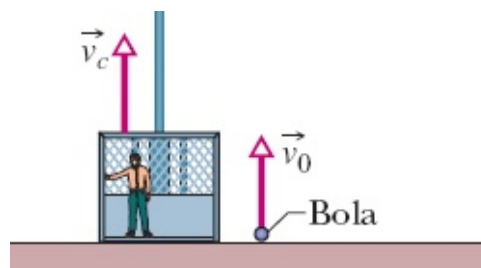


Figura 4-55 Problema 101.

102 Um campo magnético pode forçar uma partícula a descrever uma trajetória circular. Suponha que um elétron que esteja descrevendo uma circunferência sofra uma aceleração radial de módulo $3,0 \times 10^{14}$ m/s² sob o efeito de um campo magnético. (a) Qual é o módulo da velocidade do elétron se o raio da trajetória circular é 15 cm? (b) Qual é o período do movimento?

103 Em 3,50 h, um balão se desloca 21,5 km para o norte, 9,70 km para leste e 2,88 km para cima em relação ao ponto de lançamento. Determine (a) o módulo da velocidade média do balão e (b) o ângulo que a velocidade média faz com a horizontal.

104 Uma bola é lançada horizontalmente de uma altura de 20 m e chega ao solo com uma velocidade três vezes maior que a inicial. Determine a velocidade inicial.

105 Um projétil é lançado com uma velocidade inicial de 30 m/s e um ângulo de 60° acima da horizontal. Determine (a) o módulo e (b) o ângulo da velocidade 2,0 s após o lançamento. (c) O ângulo do item (b) é acima ou abaixo da horizontal? Determine (d) o módulo e (e) o ângulo da velocidade 5,0 s após o lançamento. (f) O ângulo do item (e) é acima ou abaixo da horizontal?

106 O vetor posição de um próton é, inicialmente, $\vec{r} = 5,0\hat{i} - 6,0\hat{j} + 2,0\hat{k}$ e depois se torna $\vec{r} = -2,0\hat{i} + 6,0\hat{j} + 2,0\hat{k}$ com todos os valores em metros. (a) Qual é o vetor deslocamento do próton? (b) Esse vetor é paralelo a que plano?

107 Uma partícula P se move com velocidade escalar constante em uma circunferência de raio $r = 3,00$ m (Fig. 4-56) e completa uma revolução a cada 20,0 s. A partícula passa pelo ponto O no instante $t = 0$. Os

vetores pedidos a seguir devem ser expressos na notação módulo-ângulo (ângulo em relação ao sentido positivo de x). Determine o vetor posição da partícula, em relação a O , nos instantes (a) $t = 5,00$ s, (b) $t = 7,50$ s e (c) $t = 10,0$ s. (d) Determine o deslocamento da partícula no intervalo de 5,00 s entre o fim do quinto segundo e o fim do décimo segundo. Para esse mesmo intervalo, determine (e) a velocidade média e a velocidade (f) no início e (g) no fim do intervalo. Finalmente, determine a aceleração (h) no início e (i) no fim do intervalo.

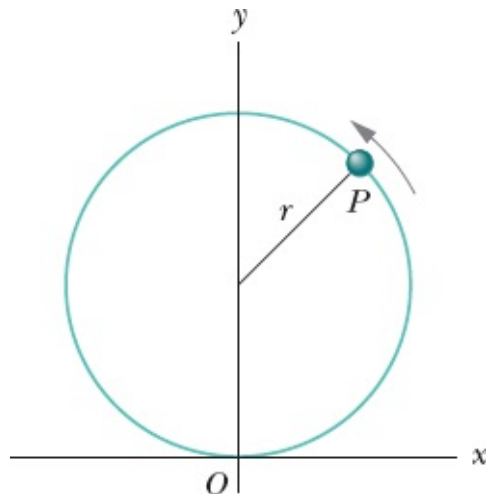



Figura 4-56 Problema 107.

108 Um trem francês de alta velocidade, conhecido como TGV (Train à Grande Vitesse), viaja a uma velocidade média de 216 km/h. (a) Se o trem faz uma curva a essa velocidade e o módulo da aceleração sentida pelos passageiros pode ser no máximo $0,050g$, qual é o menor raio de curvatura dos trilhos que pode ser tolerado? (b) A que velocidade o trem deve fazer uma curva com 1,00 km de raio para que a aceleração esteja no limite permitido?

109 (a) Se um elétron é lançado horizontalmente com uma velocidade de $3,0 \times 10^6$ m/s, quantos metros cai o elétron ao percorrer uma distância horizontal de 1,0 m? (b) A distância calculada no item (a) aumenta, diminui ou permanece a mesma quando a velocidade inicial aumenta?

110 Uma pessoa sobe uma escada rolante enguiçada, de 15 m de comprimento, em 90 s. Ficando parada na mesma escada rolante, depois de consertada, a pessoa sobe em 60 s. Quanto tempo a pessoa leva se subir com a escada em movimento? A resposta depende do comprimento da escada?

111 (a) Qual é o módulo da aceleração centrípeta de um objeto no equador da Terra devido à rotação da Terra? (b) Qual deveria ser o período de rotação da Terra para que um objeto no equador tivesse uma aceleração centrípeta com um módulo de $9,8 \text{ m/s}^2$?

112  O alcance de um projétil depende não só de v_0 e θ_0 , mas também do valor g da aceleração em queda livre, que varia de lugar para lugar. Em 1936, Jesse Owens estabeleceu o recorde mundial de salto em distância de 8,09 m nos Jogos Olímpicos de Berlim, em que $g = 9,8128 \text{ m/s}^2$. Supondo os mesmos valores de v_0 e θ_0 , que distância o atleta teria pulado em 1956, nos Jogos Olímpicos de Melbourne, em que $g = 9,7999 \text{ m/s}^2$?

113 A Fig. 4-57 mostra a trajetória seguida por um gambá bêbado em um terreno plano, de um ponto inicial i até um ponto final f . Os ângulos são $\theta_1 = 30,0^\circ$, $\theta_2 = 50,0^\circ$ e $\theta_3 = 80,0^\circ$; as distâncias são $d_1 = 5,00$ m, $d_2 = 8,00$ m e $d_3 = 12,0$ m. Quais são (a) o módulo e (b) o ângulo do deslocamento do animal bêbado de i até f ?

114 O vetor posição \vec{r} de uma partícula que se move no plano xy é $\vec{r} = 2t\hat{i} + 2 \sin[(\pi/4 \text{ rad/s})t]\hat{j}$, em que \vec{r} está em metros e t em segundos. (a) Calcule o valor das componentes x e y da posição da partícula para $t = 0$; $1,0$; $2,0$; $3,0$ e $4,0$ s e plote a trajetória da partícula no plano xy no intervalo $0 \leq t \leq 4,0$. (b) Calcule o valor das componentes da velocidade da partícula para $t = 1,0$; $2,0$ e $3,0$ s. Mostre que a velocidade é tangente à trajetória da partícula e tem o mesmo sentido que o movimento da partícula em todos esses instantes traçando os vetores velocidade no gráfico da trajetória da partícula, plotado no item (a). (c) Calcule as componentes da aceleração da partícula nos instantes $t = 1,0$; $2,0$; e $3,0$ s.

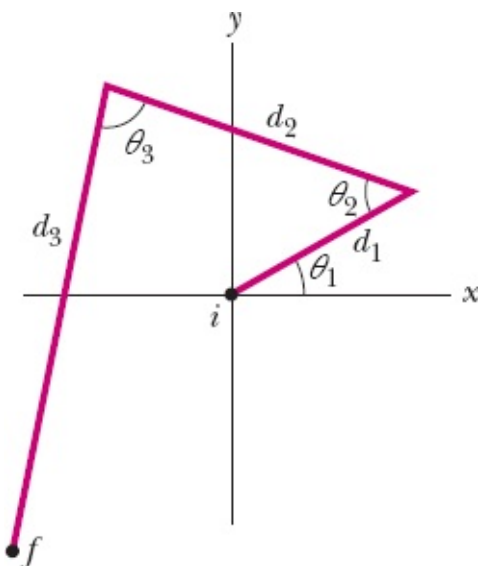


Figura 4-57 Problema 113.

115 Um elétron com uma velocidade horizontal inicial de módulo $1,00 \times 10^9$ cm/s penetra na região entre duas placas de metal horizontais eletricamente carregadas. Nessa região, o elétron percorre uma distância horizontal de $2,00$ cm e sofre uma aceleração constante para baixo de módulo $1,00 \times 10^{17}$ cm/s² devido às placas carregadas. Determine (a) o tempo que o elétron leva para percorrer os $2,00$ cm; (b) a distância vertical que o elétron percorre durante esse tempo, e o módulo da componente (c) horizontal e (d) vertical da velocidade quando o elétron sai da região entre as placas.

116 Um elevador sem teto está subindo a uma velocidade constante de 10 m/s. Um menino que está no elevador arremessa uma bola para cima, na vertical, de uma altura de $2,0$ m acima do piso do elevador, no instante em que o piso do elevador se encontra 28 m acima do solo. A velocidade inicial da bola em relação ao elevador é 20 m/s. (a) Qual é a altura máxima acima do solo atingida pela bola? (b) Quanto tempo a bola leva para cair de volta no piso do elevador?

117 Um jogador de futebol americano chuta uma bola de tal forma que a bola passa $4,5$ s no ar e chega ao solo a 46 m de distância. Se a bola deixou o pé do jogador 150 cm acima do solo, determine (a) o

módulo e (b) o ângulo (em relação à horizontal) da velocidade inicial da bola.

118 Um aeroporto dispõe de uma esteira rolante para ajudar os passageiros a atravessarem um longo corredor. Lauro não usa a esteira rolante e leva 150 s para atravessar o corredor. Cora, que fica parada na esteira rolante, cobre a mesma distância em 70 s. Marta prefere andar na esteira rolante. Quanto tempo leva Marta para atravessar o corredor? Suponha que Lauro e Marta caminhem com a mesma velocidade.

119 Um vagão de madeira está se movendo em uma linha férrea retilínea com velocidade v_1 . Um franco-atirador dispara uma bala (com velocidade inicial v_2) contra o vagão, usando um rifle de alta potência. A bala atravessa as duas paredes laterais e os furos de entrada e saída ficam à mesma distância das extremidades do vagão. De que direção, em relação à linha férrea, a bala foi disparada? Suponha que a bala não foi desviada ao penetrar no vagão, mas a velocidade diminuiu 20%. Suponha ainda que $v_1 = 85$ km/h e $v_2 = 650$ m/s. (Por que não é preciso conhecer a largura do vagão?)

120 Um velocista corre em uma pista circular com uma velocidade constante de 9,20 m/s e uma aceleração centrípeta de $3,80 \text{ m/s}^2$. Determine (a) o raio da pista e (b) o período do movimento circular.

121 Suponha que a aceleração máxima que uma sonda espacial pode suportar seja de $20g$. (a) Qual é o menor raio da curva que a nave pode fazer a uma velocidade igual a um décimo da velocidade da luz? (b) Quanto tempo a nave levaria para completar uma curva de 90° a essa velocidade?

122 Você pretende lançar uma bola com uma velocidade escalar de 12,0 m/s em um alvo que está a uma altura $h = 5,00$ m acima do ponto de lançamento (Fig. 4-58). Você quer que a velocidade da bola seja horizontal no instante em que ela atingir o alvo. (a) Com que ângulo θ acima da horizontal você deve atirar a bola? (b) Qual é a distância horizontal do ponto de lançamento até o alvo? (c) Qual é a velocidade escalar da bola no momento em que ela atinge o alvo?

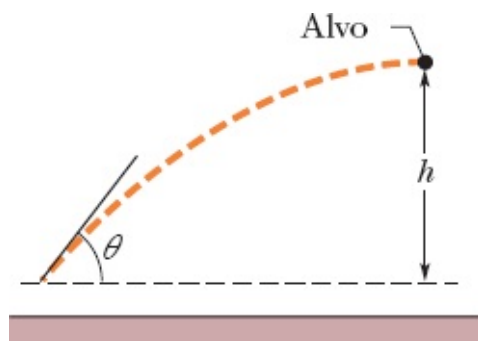


Figura 4-58 Problema 122.

123 Um projétil é disparado com uma velocidade inicial $v_0 = 30,0$ m/s, a partir do solo, com o objetivo de atingir um alvo que está no solo a uma distância $R = 20,0$ m, como mostra a Fig. 4-59. Qual é (a) o menor e (b) qual o maior ângulo de lançamento para o qual o projétil atinge o alvo?

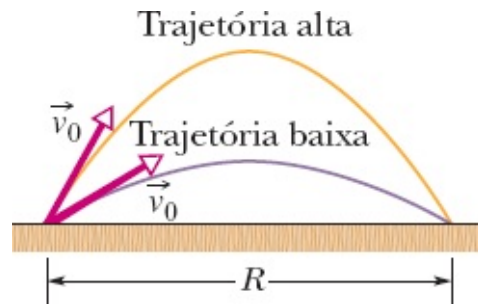


Figura 4-59 Problema 123.

124 Uma surpresa gráfica. No instante $t = 0$, uma bola é lançada a partir do solo plano, com uma velocidade inicial de $16,0 \text{ m/s}$ e um ângulo de lançamento θ_0 . Imagine um vetor posição \vec{r} que ligue o ponto de lançamento à bola durante toda a trajetória. Plote o módulo r do vetor posição em função do tempo para (a) $\theta_0 = 40,0^\circ$ e (b) $\theta_0 = 80,0^\circ$. Para $\theta_0 = 40,0^\circ$, determine (c) em que instante r atinge o valor máximo, (d) qual é esse valor e a que distância (e) horizontal e (f) vertical está a bola em relação ao ponto de lançamento. Para $\theta_0 = 80,0^\circ$, determine (g) em que instante r atinge o valor máximo, (h) qual é esse valor e a que distância (i) horizontal e (j) vertical está a bola em relação ao ponto de lançamento.

125 Uma bala é disparada por um canhão ao nível do mar com uma velocidade inicial de 82 m/s e um ângulo inicial de 45° e atinge uma distância horizontal de 686 m . Qual seria o aumento da distância atingida pela bala se o canhão estivesse a 30 m de altura?

126 O módulo da velocidade de um projétil quando ele atinge a altura máxima é 10 m/s . (a) Qual é o módulo da velocidade do projétil $1,0 \text{ s}$ antes de atingir a altura máxima? (b) Qual é o módulo da velocidade do projétil $1,0 \text{ s}$ depois de atingir a altura máxima? Se tomamos $x = 0$ e $y = 0$ como o ponto de altura máxima e consideramos como sentido positivo do eixo x o sentido da velocidade do projétil nesse ponto, determine (c) a coordenada x e (d) a coordenada y do projétil $1,0 \text{ s}$ antes de atingir a altura máxima e (e) a coordenada x e (f) a coordenada y do projétil $1,0 \text{ s}$ depois de atingir a altura máxima.

127 Um coelho assustado que está se movendo a $6,0 \text{ m/s}$ na direção leste penetra em uma grande área plana de gelo com atrito desprezível. Enquanto o coelho desliza no gelo, a força do vento faz com que ele adquira uma aceleração constante de $1,4 \text{ m/s}^2$ na direção norte. Escolha um sistema de coordenadas com a origem na posição inicial do coelho sobre o gelo e o sentido positivo do eixo x apontando para leste. Na notação dos vetores unitários, qual é (a) a velocidade e (b) qual a posição do coelho após ter deslizado durante $3,0 \text{ s}$?

128 Um avião voa para leste enquanto um vento sopra a 20 km/h na direção sul. Se a velocidade do avião na ausência de vento é 70 km/h , qual é a velocidade do avião em relação ao solo?

129 Em uma partida de softball, o lançador arremessa a bola de um ponto situado $3,0$ pés acima do solo. Um gráfico estroboscópico da posição da bola é mostrado na Fig. 4-60, em que as leituras estão separadas por $0,25 \text{ s}$ e a bola foi lançada em $t = 0$. (a) Qual é o módulo da velocidade inicial da bola? (b) Qual é o módulo da velocidade da bola no instante que atinge a altura máxima em relação ao solo? (c) Qual é a altura máxima?

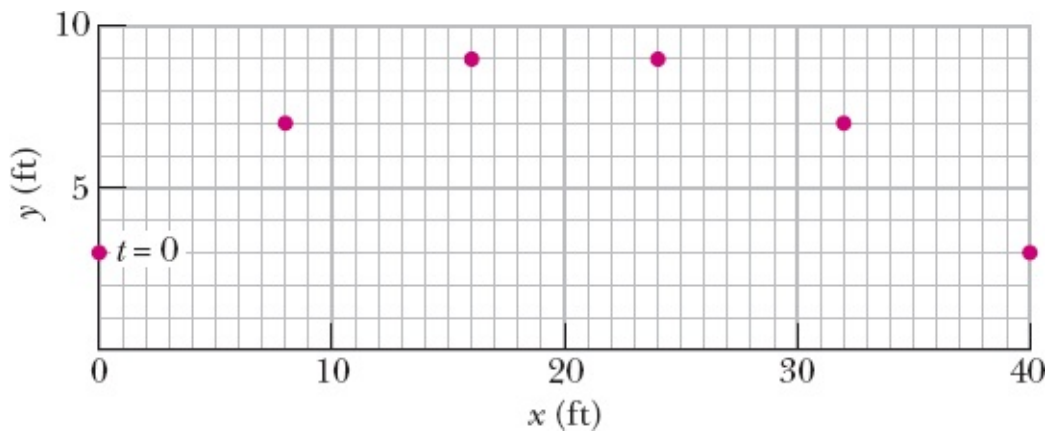


Figura 4-60 Problema 129.

130 Em alguns estados norte-americanos, a polícia rodoviária usa aviões para verificar se o limite de velocidade está sendo respeitado. Suponha que a velocidade de cruzeiro de um dos aviões seja 135 milhas por hora na ausência de vento e que o avião esteja voando para o norte, acompanhando uma rodovia norte-sul. Pelo rádio, um observador no solo informa ao piloto que está soprando um vento de 70,0 mi/h, mas se esquece de informar a direção do vento. O piloto observa que, apesar do vento, o avião consegue voar 135 milhas em 1,00 hora. Em outras palavras, a velocidade do avião em relação ao solo é a mesma que se não houvesse vento. (a) Qual é a direção do vento? (b) Qual é o curso do avião, ou seja, em que direção o nariz do avião está apontado?

131 Um golfista arremessa uma bola a partir de uma elevação, imprimindo à bola uma velocidade inicial de 43 m/s com um ângulo de 30° acima da horizontal. A bola atinge o campo a uma distância horizontal de 180 m do local do lançamento. Suponha que o campo seja plano. (a) Qual era a altura da elevação de onde foi arremessada a bola? (b) Qual foi a velocidade da bola ao tocar o solo?

132 Uma competição de atletismo é realizada em um planeta de um sistema solar distante. Um arremessador de peso lança o peso de um ponto 2,0 m acima do nível do solo. Um gráfico estroboscópico da posição do peso aparece na Fig. 4-61, em que as leituras foram tomadas a cada 0,50 s e o peso foi arremessado no instante $t = 0$. (a) Qual é a velocidade inicial do peso, em termos dos vetores unitários? (b) Qual é o módulo da aceleração de queda livre no planeta? (c) Quanto tempo após ter sido arremessado o peso toca o solo? (d) Se um arremesso de peso for feito na Terra nas mesmas condições, quanto tempo após o lançamento o peso tocará o solo?

133 Um helicóptero está voando em linha reta sobre um terreno plano a uma velocidade constante de 6,20 m/s e a uma altitude constante de 9,50 m. Um engradado é lançado horizontalmente do helicóptero com uma velocidade inicial de 12,0 m/s em relação ao helicóptero, no sentido oposto ao do movimento do helicóptero. (a) Determine a velocidade inicial do engradado em relação ao solo. (b) Qual é a distância horizontal entre o helicóptero e o engradado no instante em que o engradado atinge o solo? (c) Qual é o ângulo entre o vetor velocidade e a horizontal no instante em que o engradado atinge o solo?

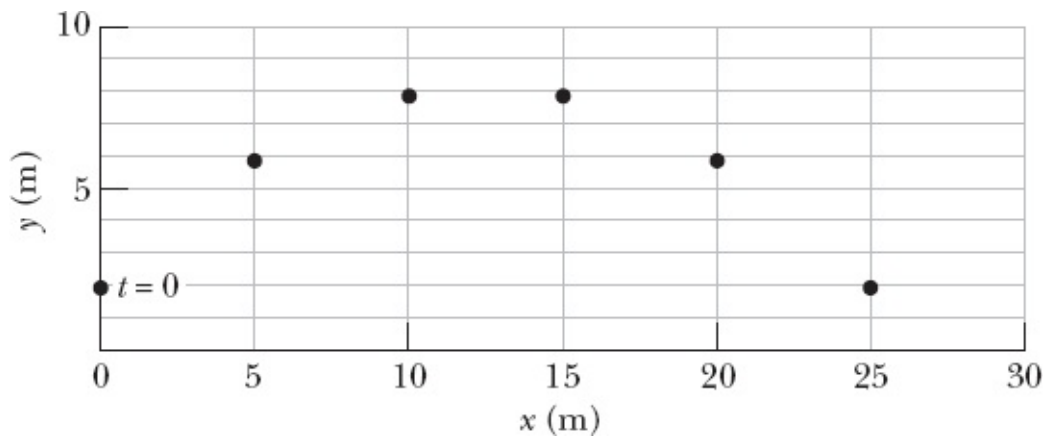


Figura 4-61 Problema 132.

134 Um carro descreve uma circunferência em um terreno plano, a uma velocidade constante de $12,0 \text{ m/s}$. Em um dado instante, o carro tem uma aceleração de $3,00 \text{ m/s}^2$ na direção leste. Determine a distância entre o carro e o centro da circunferência e a direção do vetor velocidade do carro nesse instante (a) se o carro estiver se movendo no sentido horário; (b) se o carro estiver se movendo no sentido anti-horário.

135 Uma pessoa arremessa uma bola de um penhasco com uma velocidade inicial de $15,0 \text{ m/s}$ e com um ângulo de $20,0^\circ$ abaixo da horizontal. Determine (a) o deslocamento horizontal após $2,30 \text{ s}$ e (b) o deslocamento vertical após $2,30 \text{ s}$.

136 No Fenway Park, em Boston, uma bola de beisebol é rebatida $0,762 \text{ m}$ acima da quarta base com uma velocidade inicial de $33,53 \text{ m/s}$ e com um ângulo de $55,0^\circ$ acima da horizontal. A bola passa por um muro de $11,28 \text{ m}$ de altura situado no lado esquerdo do campo (conhecido como “monstro verde”) $5,00 \text{ s}$ após ter sido rebatida, em um ponto ligeiramente à direita do poste que marca o limite esquerdo do campo. Determine (a) a distância horizontal entre a quarta base e o muro, na direção do poste que marca o limite esquerdo do campo; (b) a distância vertical entre a bola e o muro no instante em que a bola passa pelo muro; (c) o deslocamento horizontal e o deslocamento vertical da bola em relação à quarta base $0,500 \text{ s}$ antes de a bola passar pelo muro.

137 O serviço de meteorologia prevê que um voo transcontinental de 4350 km vai durar 50 minutos a mais se o avião estiver voando para oeste do que se o avião estiver voando para leste. A velocidade do avião em relação ao ar é 966 km/h e a direção prevista para a corrente de jato em todo o percurso é de oeste para leste. Qual é a velocidade prevista para a corrente de jato?

138 Uma mulher é capaz de fazer um barco a remo atingir uma velocidade de $6,40 \text{ km/h}$ em água parada. (a) Se a mulher está atravessando um rio no qual a correnteza tem uma velocidade de $3,20 \text{ km/h}$, em que direção deve apontar a proa do barco para chegar em um ponto diretamente oposto ao ponto de partida? (b) Se o rio tem $6,40 \text{ km}$ de largura, quanto tempo a mulher levará para atravessar o rio? (c) Suponha que, em vez de atravessar o rio, a mulher reme $3,20 \text{ km}$ *rio abaixo* e depois reme de volta ao ponto de partida. Quanto tempo ela levará para completar o percurso? (d) Quanto tempo levará para remar $3,20 \text{ km}$ *rio acima* e depois remar de volta ao ponto de partida? (e) Em que direção deve apontar a proa do barco para atravessar o rio no menor tempo possível? Qual será, nesse caso, o tempo de percurso?