(*d*) 180° + 31°
(*e*) 90° − 31°

• 13 A componente x de um vetor velocidade é +5,5 m/s e a componente y é −3,5 m/s. Que gráfico, entre os da Fig. 3-32, dá a direção do vetor?

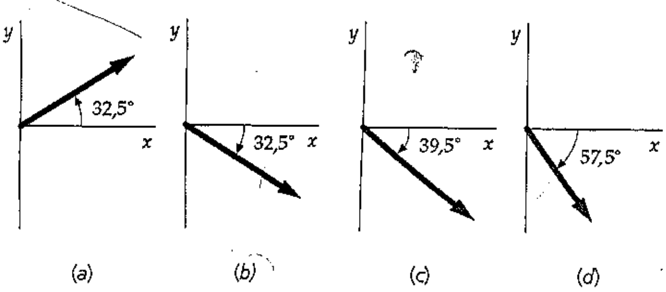


Figura 3-32 Problema 13

(*e*) Nenhum dos gráficos.

• 14 Os três vetores $\vec{A}$, $\vec{B}$ e $\vec{C}$ têm as seguintes componentes x e y

	$\vec{A}$	$\vec{B}$	$\vec{C}$
componente x	+6	−3	+2
componente y	−3	+4	+5

O módulo de $\vec{A}+\vec{B}+\vec{C}$ é __________.
(*a*) 3,3
(*b*) 5,0
(*c*) 11
(*d*) 7,8
(*e*) 14

• 15 Determinar as componentes cartesianas de cada vetor $\vec{A}$ seguinte, que está no plano xy e faz um ângulo θ com o eixo dos x (Fig. 3-33). (*a*) A = 10 m, θ = 30°; (*b*) A = 5 m, θ = 45°; (*c*) A = 7 km, θ = 60°; (*d*) A = 5 km, θ = 90°; (*e*) A = 15 km/s, θ = 150°; (*f*) A = 10 m/s, θ = 240°; e (*g*) A = 8 m/s², θ = 270°.

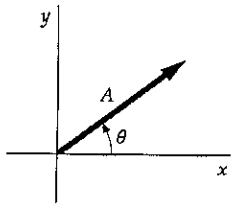


Figura 3-33 Problema 15

• 16 O módulo do vetor $\vec{A}$ é de 8 m e o vetor faz um ângulo de 37° com o eixo dos x. O vetor $\vec{B}$ é 3 m $\hat{i}$ − 5 m $\hat{j}$ e o vetor $\vec{C}$ = −6 m $\hat{i}$ + 3 m $\hat{j}$. Determinar os seguintes vetores: (*a*) $\vec{D}=\vec{A}+\vec{C}$; (*b*) $\vec{E}=\vec{B}-\vec{A}$; (*c*) $\vec{F}=\vec{A}-2\vec{B}+3\vec{C}$; (*d*) O vetor $\vec{G}$ tal que $\vec{G}-\vec{B}=\vec{A}+2\vec{C}+3\vec{G}$.

Vetores Unitários

• 17 Determinar o módulo e direção de cada vetor seguinte: (*a*) $\vec{A}=5\hat{i}+3\hat{j}$; (*b*) $\vec{B}=10\hat{i}-7\hat{j}$; (*c*) $\vec{C}=-2\hat{i}-3\hat{j}+4\hat{k}$.

• 18 Determinar o módulo e a direção de $\vec{A}$, $\vec{B}$ e $\vec{A}+\vec{B}$ se (*a*) $\vec{A}=-4\hat{i}-7\hat{j}$, $\vec{B}=3\hat{i}-2\hat{j}$, e (*b*) $\vec{A}=1\hat{i}-4\hat{j}$, $\vec{B}=2\hat{i}+6\hat{j}$.

• 19 Descreva, com os vetores unitários $\hat{i}$ e $\hat{j}$, os seguintes vetores: (*a*) velocidade de 10 m/s com ângulo de elevação de 60°; (*b*) vetor $\vec{A}$ de módulo A = 5 m e θ = 225°; (*c*) deslocamento da origem até o ponto x = 14 m, y = −6 m.

• 20 Dado o vetor $\vec{A}=3\hat{i}+4\hat{j}$, determinar três outros vetores $\vec{B}$ do plano xy tais que se tenha $A = B$ mas $\vec{A} \neq \vec{B}$. Dar os vetores em termos das componentes e exibi-los num gráfico.

• 21 Se $\vec{A}=-5\hat{i}-4\hat{j}$ e $\vec{B}=-7{,}5\hat{i}+6\hat{j}$, dar a equação que relaciona $\vec{A}$ a $\vec{B}$.

• • 22 As faces de um cubo cuja aresta é de 3 m são paralelas aos planos de um sistema de coordenadas cartesiano com um vértice na origem. Uma mosca caminha pelas arestas do cubo, partindo da origem até chegar ao vértice mais afastado. Dar o vetor deslocamento da mosca em termos dos vetores unitários $\hat{i}$, $\hat{j}$ e $\hat{k}$ e determinar o módulo do deslocamento.

Vetores Velocidade e Aceleração

• 23 Dado um movimento arbitrário de uma partícula, a direção do vetor velocidade tem uma certa relação com a direção do vetor posição?

• 24 Dê exemplos de movimento em que as direções dos vetores velocidade e as dos vetores posição sejam (*a*) opostas, (*b*) coincidentes e (*c*) mutuamente perpendiculares.

• 25 Como é possível que uma partícula que tenha o módulo da velocidade constante sofra uma aceleração? É possível que uma partícula com vetor velocidade constante tenha aceleração?

• 26 Se um corpo estiver se deslocando na direção oeste, qual a direção da sua aceleração?
(*a*) norte
(*b*) leste
(*c*) oeste
(*d*) sul
(*e*) pode ser qualquer direção.

• • 27 Seja dada a trajetória de uma partícula que se desloca no espaço. (*a*) Que relação geométrica há entre o vetor velocidade e a trajetória da partícula? (*b*) Trace uma trajetória curva e em diversas posições da partícula mostre o vetor velocidade.

• • 28 Um dardo é arremessado na vertical. Logo que sai da mão do jogador, perde velocidade à medida que sobe no ar até que se aloja no teto da sala de jogos. Represente graficamente o vetor velocidade do dardo nos instantes t_1 e t_2, com $\Delta t = t_2 - t_1$ pequeno. Pelo desenho, determine a variação da velocidade $\Delta\vec{v}=\vec{v}_2-\vec{v}_1$ e a direção do vetor aceleração.

• • 29 Na brincadeira do pula-pula preso a elásticos, a velocidade do pulador diminui à medida que se aproxima do ponto mais baixo do pulo. Faça o gráfico do vetor velocidade nos instantes t_1 e t_2, com $\Delta t = t_2 - t_1$ pequeno. Pelo desenho, determine a variação de velocidade $\Delta\vec{v}=\vec{v}_2-\vec{v}_1$ e depois a direção do vetor aceleração.

• • 30 Depois de atingir o ponto mais baixo do pulo na brincadeira mencionada no problema anterior, no instante $t_{mín}$, a velocidade da pessoa aumenta durante certo intervalo de tempo até que a gravidade domina outra vez o movimento. Represente os vetores velocidade nos instantes t_1 e t_2, com $\Delta t = t_2 - t_1$ pequeno e $t_1 < t_{mín} < t_2$. Pelo desenho, determine a direção da mudança de velocidade $\Delta\vec{v}=\vec{v}_2-\vec{v}_1$ e daí a direção do vetor aceleração.

• 31 O operador de um radar estacionário determina que um navio está 10 km ao sul da sua posição. Uma hora depois o mesmo navio está a 20 km, no rumo sudeste. Se a velocidade do navio for constante em módulo e direção, qual é o vetor velocidade do navio?

• **32** As coordenadas da posição de uma partícula, (x, y), são (2 m, 3 m) no instante $t = 0$; (6 m, 7 m) em $t = 2$ s; e (13 m, 14 m) em $t = 5$ s. (*a*) Calcular a velocidade média $v_{méd}$ entre $t = 0$ e $t = 2$ s. (*b*) Calcular $v_{méd}$ entre $t = 0$ e $t = 5$ s.

• **33** Uma partícula move-se a 4,0 m/s na direção dos x positivos e recebe, durante 2,0 s, uma aceleração de 3,0 m/s² na direção dos y positivos. A velocidade final da partícula é ________.

(*a*) −2,0 m/s
(*b*) 7,2 m/s
(*c*) 6,0 m/s
(*d*) 10 m/s
(*e*) Nenhuma das respostas anteriores.

• **34** Uma bola é lançada na vertical, para cima. Seja o intervalo de tempo de 2 s, $\Delta t = t_2 - t_1$, em que t_1 é o instante 1 s anterior ao instante de a bola estar no ponto mais elevado, e t_2 o instante 1 s posterior àquele instante. Neste intervalo de tempo Δt, calcular (*a*) a variação do módulo da velocidade, (*b*) a variação do vetor velocidade e (*c*) a aceleração média.

• **35** Uma partícula move-se no rumo oeste com a velocidade de 40 m/s. Depois de 5 s move-se no rumo norte com a velocidade de 30 m/s. (*a*) Qual a variação do módulo da velocidade da partícula no intervalo de tempo mencionado? (*b*) Qual a variação da direção da velocidade da partícula? (*c*) Quais o módulo e direção de $\Delta\vec{v}$ neste intervalo de tempo? (*d*) Quais o módulo e direção de $\vec{a}_{méd}$ neste intervalo?

• **36** No instante $t = 0$ uma partícula está na origem com a velocidade de 40 m/s e $\theta = 45°$. No instante $t = 3$ s, a partícula está em $x = 100$ m, $y = 80$ m, com a velocidade de 30 m/s e $\theta = 50°$. Calcular (*a*) a velocidade média e (*b*) a aceleração média da partícula no intervalo de tempo mencionado.

• • **37** Uma partícula desloca-se no plano xy com a aceleração constante. No instante inicial ($t = 0$) a partícula está em $x = 4$ m, $y = 3$ m e tem a velocidade $\vec{v} = 2\text{ m/s}\,\hat{i} - 9\text{ m/s}\,\hat{j}$. A aceleração é dada por $\vec{a} = 4\text{ m/s}^2\,\hat{i} + 3\text{ m/s}^2\,\hat{j}$. (*a*) Calcular o vetor velocidade no instante $t = 2$ s. (*b*) Calcular o vetor posição no instante $t = 4$ s. Dar o módulo e a direção do vetor posição.

• • **38** Uma partícula tem o vetor posição $\vec{r} = 30t\hat{i} + (40t - 5t^2)\hat{j}$, com r em metros e t em segundos. Determinar, em função de t, os vetores velocidade instantânea e aceleração instantânea.

• • **39** A aceleração constante de uma partícula é dada por $\vec{a} = (6\hat{i} + 4\hat{j})\text{m/s}^2$. No instante $t = 0$, a velocidade é nula e o vetor posição é $\vec{r}_0 = (10\text{ m})\hat{i}$. (*a*) Determinar os vetores velocidade e posição em qualquer instante t. (*b*) Determinar a equação da trajetória da partícula no plano xy e desenhar esta trajetória.

• • • **40** Mary e Robert combinam um passeio num grande lago. Mary parte de uma marina às 9 h da manhã e navega no rumo norte a 8 mi/h. Robert parte de outra marina, a 26 mi da primeira, no rumo 30° oeste do norte, começando a navegar às 10 h da manhã a 6 mi/h. Qual deve ser o rumo tomado por Robert para encontrar Mary? Quando e em que ponto se dá o encontro?

Velocidade Relativa

• **41** A largura de um rio é de 0,76 km. As margens do rio são retilíneas e paralelas (Fig. 3-34). A corrente flui a 5,0 km/h e é paralela às margens. Uma embarcação tem a velocidade máxima de 3 km/h na água parada. O piloto da embarcação deseja cruzar o rio, na perpendicular, de A para B. O rumo da embarcação deve ser:

(*a*) perpendicular às margens do rio.
(*b*) a 68° da perpendicular AB, a montante do rio.
(*c*) a 22° da perpendicular AB, a jusante do rio.
(*d*) nenhum deles, pois a embarcação não pode efetuar a travessia de A até B.
(*e*) nenhuma das respostas anteriores.

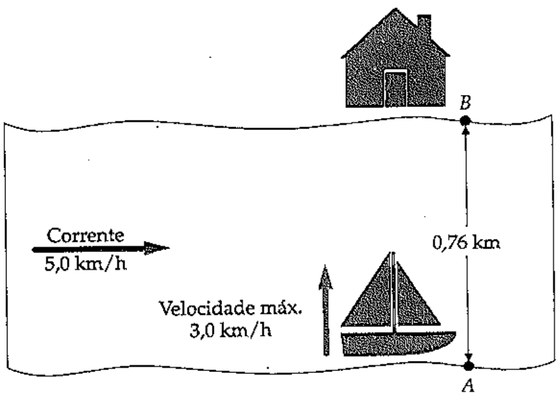


Figura 3-34 Problema 41

• • **42** Um aeroplano voa a 250 km/h em relação ao ar parado. Há um vento de 80 km/h soprando para nordeste, exatamente no rumo de 45° a leste do norte. (*a*) Que direção deve tomar o aeroplano de modo a voar no rumo do norte? (*b*) Qual a velocidade do aeroplano em relação ao solo?

• • **43** Uma nadadora atravessa um rio avançando a 1,6 m/s em relação à água. Atinge um ponto 40 m a jusante da perpendicular ao ponto de partida. A largura do rio é de 80 m. (*a*) Qual a velocidade da corrente do rio? (*b*) Qual a velocidade da nadadora em relação às margens do rio? (*c*) Em que direção deveria avançar a nadadora de modo a cruzar o rio na perpendicular?

• • **44** Um pequeno avião decola do ponto A e ruma para um aeroporto B, 520 km ao norte. A velocidade do avião, em relação ao ar, é de 240 km/h e há um vento constante de 50 km/h soprando de noroeste para sudeste. Determinar o rumo apropriado do avião e o tempo de vôo entre os dois aeroportos.

• • **45** Dois embarcadouros estão a 2 km de distância um do outro, numa mesma margem do rio cuja corrente flui a 1,4 km/h. Uma embarcação faz, em 50 min, a viagem de ida e volta entre os dois embarcadouros. Qual a velocidade da embarcação em relação à água?

• • **46** As regras de uma competição aeronáutica são as seguintes: cada competidor deve voar do ponto de partida até outro a 1 km de distância e voltar. O vencedor é o que fizer a viagem de ida e volta no menor tempo. O rumo do vôo de cada competidor é arbitrário, mas a distância de 1 km deve ser exatamente coberta na viagem de ida. No dia da competição, o vento soprava continuamente, do norte, a 5 m/s. O avião com que você compete tem uma velocidade em relação ao ar de 15 m/s. Vamos imaginar que os tempos de decolagem, aterrissagem e de volta para retornar sejam desprezíveis. O problema: vale a pena voar a favor do vento na ida e contra o vento na volta, ou voar transversalmente ao vento, de leste para oeste? Faça a escolha calculando os tempos de vôo nas seguintes circunstâncias: (1) O avião avança 1 km para o norte e retorna. (2) O avião vai até um ponto a 1 km no rumo leste da partida e retorna.

• • **47** O carro A avança para o leste a 20 m/s. Quando este carro passa pelo cruzamento que aparece na Fig. 3-35, o carro B principia a se mover, na direção sul, com a aceleração constante

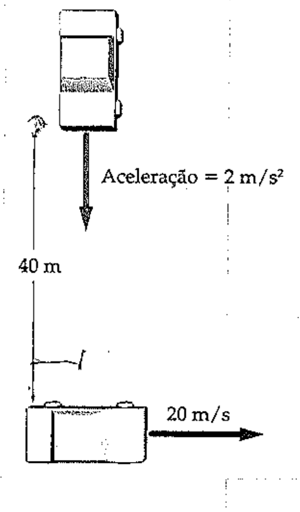


Figura 3-35 Problema 47

de 2 m/s². (*a*) Qual a posição de B, em relação a A, 6 s depois de A passar pelo cruzamento? (*b*) Qual a velocidade de B em relação a A no intante $t = 6$ s? (*c*) Qual a aceleração de B em relação a A no instante $t = 6$ s?

• • **48** Bernie mostra a Margaret a sua nova lancha, com sistema de autonavegação. "A ilha para onde vamos está a 1 km no rumo leste e 3 km no rumo norte do porto onde embarcamos. Coloco estes números aqui no automático e a lancha navega até lá sem o menor trabalho." Quarenta e cinco minutos depois a lancha estava a leste da ilha. "Alguma coisa deu errado. Vou inverter as instruções, retornar ao porto e tentar outra vez." Depois de outros 45 min a lancha estava 6 km a leste do porto de partida. "Será que você não esqueceu a corrente?" perguntou Margaret. "Esqueci o quê?" (*a*) Qual a velocidade da corrente nas águas em que a lancha está navegando? (*b*) Qual a velocidade da lancha, em relação às águas, nos primeiros 45 min de navegação? (*c*) Qual a velocidade da lancha em relação à ilha nos primeiros 45 min de navegação?

• • • **49** Os aeroportos A e B estão no mesmo meridiano, com B 624 km ao sul de A. Um avião P decola de A para B ao mesmo tempo que um avião idêntico a P, o avião Q, decola de B para A. Um vento de 60 km/h sopra do sul, no rumo 30' a leste do norte. O avião Q chega ao aeroporto A 1 h antes de o avião P chegar ao aeroporto B. Determinar as velocidades dos dois aviões em relação ao ar (admitindo que sejam iguais) e o rumo de cada vôo.

Projéteis

• **50** Qual a aceleração de um projétil no topo da trajetória?

• **51** Certo ou errado: o tempo que uma bala disparada na horizontal leva para atingir o solo é igual ao tempo que uma outra bala leva para cair da mesma altura que a do disparo.

• **52** Um golfista dá uma tacada que lança a bola a 240 jardas (1 jarda = 0,914 m), num arco de curva muito alto. Quando a bola estiver no ponto mais elevado da trajetória
(*a*) a velocidade e a aceleração são nulas.
(*b*) a velocidade é nula mas a aceleração não é nula.
(*c*) a velocidade não é nula mas a aceleração é nula.
(*d*) a velocidade e a aceleração são ambas diferentes de zero.
(*e*) não se têm informações para uma resposta correta.

• **53** Um projétil é disparado sob um ângulo de 35° acima do horizonte. No ponto mais elevado da sua trajetória, o módulo da sua velocidade é de 200 m/s. A velocidade inicial tem uma componente horizontal de
(*a*) 0.
(*b*) 200 cos(35°) m/s.
(*c*) 200 sen(35°) m/s.
(*d*) (200 m/s)/cos(35°).
(*e*) 200 m/s.

• **54** A Fig. 3-36 mostra a trajetória parabólica de uma bola que vai de *A* para *E*. Qual a direção da aceleração no ponto *B*?
(*a*) Para cima e para a direita
(*b*) Para baixo e para a esquerda
(*c*) Para cima na vertical
(*d*) Para baixo na vertical
(*e*) A aceleração da bola é nula.

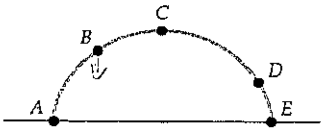


Figura 3-36 Problemas 54 e 55

• **55** Dada a Fig. 3-36, (*a*) em que ponto (ou pontos) a velocidade tem o maior valor? (*b*) Em que ponto (ou pontos) a velocidade tem o menor valor? (*c*) Em que dois pontos as respectivas velocidades têm valores iguais? Os vetores velocidade são iguais nestes dois pontos?

• **56** Uma bala é disparada na horizontal a 1,5 m de altura em relação ao solo, com a velocidade inicial de 245 m/s. Durante quanto tempo a bala fica no ar?

• **57** Um jogador arremessa uma bola de beisebol a 140 km/h na direção de outro jogador que está a 18,4 m de distância. Não levando em conta a resistência do ar (o que é idéia péssima para o jogador que rebate a bola), calcular a queda da bola provocada pela gravidade no instante em que passa pelo segundo jogador.

• **58** Um projétil é disparado com a velocidade v_0, fazendo um ângulo θ_0 com a horizontal. Determinar a expressão da altura máxima que atinge em termos de v_0, θ_0 e g.

• **59** Um projétil é disparado com a velocidade inicial de 30 m/s sob um ângulo de 60° acima do horizonte. No ponto mais elevado da trajetória, qual a velocidade do projétil? Qual a sua aceleração?

• **60** Um projétil é disparado com a velocidade inicial v sob um ângulo de 30° acima do horizonte e de uma altura de 40 m em relação ao solo. O projétil atinge o solo com uma velocidade cujo módulo é $1{,}2v$. Calcular v.

• • **61** Imagine que no Exemplo 3-11 a árvore está a 50 m do guarda e o macaco num ramo a 10 m de altura em relação à boca da arma. Qual a velocidade inicial mínima do dardo para que o macaco seja atingido antes de chegar ao solo?

• • **62** Um projétil é disparado com a velocidade inicial de 53 m/s. Calcular o ângulo do disparo quando a altura máxima do projétil for igual ao alcance horizontal.

• • **63** Uma bola é arremessada a 40 m de distância e com um tempo de vôo de 2,44 s. Determinar a direção e o módulo da velocidade inicial.

• • **64** Mostrar que se um corpo for arremessado com a velocidade v_0 e sob um ângulo θ acima do horizonte o valor da sua velocidade, numa certa altura h, é independente de θ.

• • **65** Numa altura igual à metade da altura máxima que atinge, a velocidade de um projétil tem o valor igual a três quartos do seu valor inicial. Qual é o ângulo que o vetor velocidade inicial faz em relação ao horizonte?

••• 66 Wally e Luke são os "Homens-Bala" que trabalham num circo. Vestem roupas de Velcro que os faz grudarem um no outro quando se encontram no ar. Wally é arremessado a 20 m/s por um canhão que faz um ângulo de 30° com o plano horizontal. No mesmo instante, Luke cai de uma plataforma cujas coordenadas (x, y) são (8 m, 16 m), estando o canhão na origem. (a) Os dois artistas colidirão no ar? (b) Qual a distância mínima entre Wally e Luke durante os respectivos vôos? (c) Em que instante a distância é mínima? Dê as coordenadas de cada artista neste instante.

Alcance de Projéteis

• 67 Um avião cargueiro está voando horizontalmente a 900 km/h, a 12 km de altura, quando um veículo cai pela rampa de carga. (a) Quanto tempo leva este veículo para chegar ao solo? (b) A que distância horizontal, em relação ao ponto inicial de queda, está o ponto de colisão do veículo no solo? (c) A que distância do avião está o veículo quando atinge o solo? A velocidade do avião de carga é constante.

• 68 O eixo do cano de um canhão faz o ângulo de 45° com o plano horizontal. O canhão dispara um projétil com a velocidade de 300 m/s. (a) Qual a altura máxima do projétil? (b) Durante quanto tempo fica o projétil no ar? (c) Qual o alcance horizontal do canhão?

• 69 Uma pedra é arremessada horizontalmente do topo de uma torre de 24 m de altura e atinge o solo num ponto a 18 m da base da torre. (a) Calcular o valor da velocidade no instante em que a pedra foi arremessada. (b) Calcular a velocidade da pedra no instante em que atinge o solo.

•• 70 Um projétil é disparado no ar do topo de um rochedo que está 200 m acima de um vale (Fig. 3-37). A velocidade inicial é de 60 m/s e a respectiva direção faz um ângulo de 60° com o horizonte. Em que ponto o projétil atinge o solo?

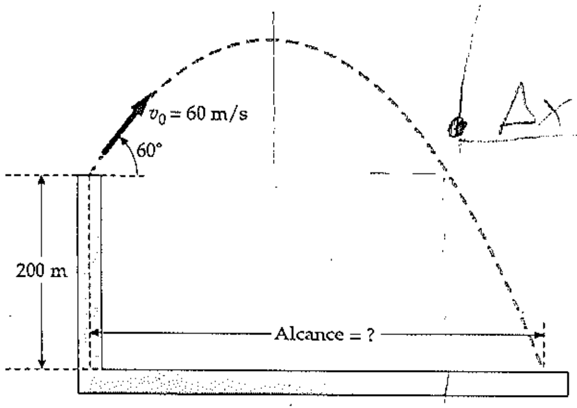


Figura 3-37 Problema 70

•• 71 O alcance horizontal de um projétil disparado horizontalmente do topo de um rochedo é igual à altura do rochedo. Qual a direção do vetor velocidade no instante em que o projétil atinge o solo?

•• 72 Calcular o alcance do projétil mencionado no Problema 60.

•• 73 Calcular $dR/d\theta$ pela Eq. 3-22 e mostrar que a solução de $dR/d\theta = 0$ é $\theta = 45°$, que dá o alcance máximo.

•• 74 Uma bola é arremessada do topo de um edifício de 20 m de altura, sob um ângulo de 53° com o horizonte. Se o alcance horizontal do lançamento for igual à altura do edifício, qual o valor da velocidade inicial da bola? Qual a velocidade da bola ao atingir o solo?

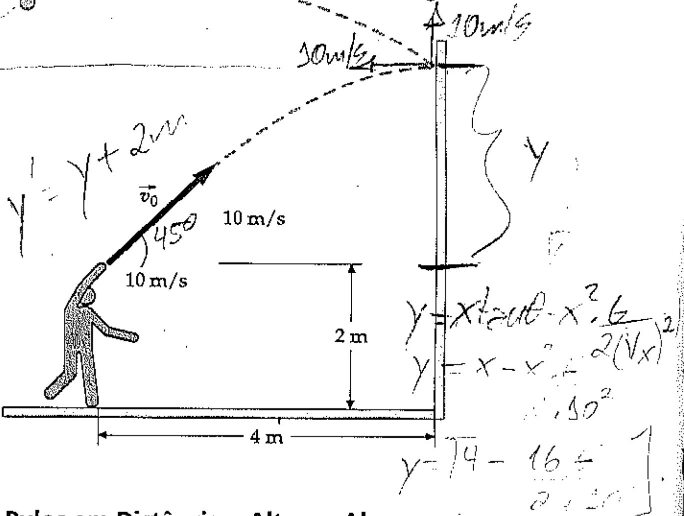
•• 75 Uma pedra é lançada horizontalmente do topo de uma rampa que faz o ângulo ϕ com a horizontal. Se a velocidade inicial da pedra for v, a que distância do ponto inicial, sobre a rampa, está o ponto final da trajetória?

•• 76 Uma gaivota, voando a 16 m/s, sob um ângulo de 40° abaixo do horizonte, arremessa uma casca de mexilhão contra um banhista que está na praia, à distância vertical de 8,5 m. O mexilhão atinge em cheio o alvo. (a) Qual a posição do banhista em relação à gaivota no instante de arremesso? (b) Qual o tempo de vôo do mexilhão? (c) Qual a velocidade do projétil no instante do impacto com o banhista?

••• 77 Um jogador arremessa uma bola contra uma parede vertical que está a 4 m de distância (Fig. 3-38). A bola está a 2 m de altura no instante de arremesso e a velocidade inicial é $\vec{v}_0 = (10\hat{\imath} + 10\hat{\jmath})$ m/s. Quando a bola atinge a parede, a componente horizontal da velocidade é invertida, mas a componente vertical não se altera. Em que ponto a bola atingirá o solo?

18,2 m

Figura 3-38 Problema 77



Pulos em Distância e Altura; Alvos

• 78 Um garoto dispara pedras com um estilingue, à altura do ombro, para atingir um alvo à mesma altura, porém a 40 m de distância. Observa que para acertar tem que fazer a mira num ponto 4,85 m acima do alvo. Determinar a velocidade da pedra no instante inicial e o tempo de vôo.

•• 79 A distância entre dois jogadores de beisebol é de 18,4 m. O primeiro está num terreno 0,2 m acima do nível do outro e lança a bola com a velocidade inicial de 37,5 m/s. No instante em que a bola inicia o seu vôo está 2,3 m acima do terreno. Qual o ângulo entre v e a horizontal para que a bola passe a 0,7 m de altura acima do terreno do segundo jogador?

•• 80 Imagine que o disco de hóquei mencionado no Exemplo 3-12 seja arremessado de modo a ultrapassar a barreira vertical quando estiver no ponto mais elevado da sua trajetória. Calcular v_{0_y}, o tempo t que o disco leva para chegar à barreira, v_{0_x}, v_0 e θ_0 nessas circunstâncias.

•• **81** Um jogador de beisebol arremessa a bola para um outro com a velocidade inicial de 20 m/s sob um ângulo de 45° com a horizontal. No instante do arremesso, a distância entre os jogadores é de 50 m. Com que velocidade e em que direção o segundo jogador deve correr para pegar a bola na mesma altura em que foi arremessada?

•• **82** Um ciclista, rodando à sua velocidade máxima de 40 km/h, se aproxima de uma vala com 7 m de largura. Na margem da vala há uma rampa, inclinada de 10°, para quem quiser tentar o pulo por cima. (*a*) O ciclista deve tentar o pulo ou é melhor parar? (*b*) Qual a velocidade mínima da bicicleta para que o pulo possa ter êxito? (Admitir que as elevações sejam iguais nas duas margens da vala.)

•• **83** Uma bola de beisebol é arremessada de um ponto a 0,6 m do solo para um segundo jogador, a 28 m de distância, que salta para apanhá-la. A bola passa pouco acima da mão deste jogador, a 3,2 m de altura. Calcular (*a*) a velocidade e a direção iniciais da bola; (*b*) o instante em que a bola atinge a altura máxima; (*c*) a altura máxima da bola. O tempo de vôo da bola entre os dois jogadores é de 0,64 s.

•• **84** Um esquilo corre a 6 m/s sobre o telhado de uma casa e pula, na horizontal, para o telhado de outra. A separação é de 3 m, e o animalzinho consegue ultrapassar esta distância. Qual a sua velocidade ao chegar ao telhado vizinho?

••• **85** Uma bala, disparada a 250 m/s, atinge um alvo a 100 m de distância na mesma altura que a boca da arma. Para que ponto, na vertical do alvo, a arma deve ser apontada?

••• **86** Uma bola de beisebol, rebatida, ultrapassa uma parede de 3 m de altura, a 120 m de distância. A bola é rebatida a 1,2 m do solo e sob um ângulo de 45°. Qual a velocidade inicial?

••• **87** Uma bola, rebatida por taco de madeira, é apanhada a 30 m de distância 3 s depois. (*a*) Se a altura da bola, na partida e na chegada, for de 1 m, qual a maior altura a que ascende? (*b*) Quais as componentes horizontal e vertical da velocidade no momento da partida? (*c*) Qual o valor da velocidade na chegada? (*d*) Qual o ângulo do vetor velocidade com a horizontal, na partida?

••• **88** Um jogador de beisebol rebate uma bola que sobe a 22 m de altura sobre o campo. A bola cai com a velocidade de 50 m/s fazendo um ângulo de 35° para baixo da horizontal. (*a*) Se a altura da bola ao ser rebatida for de 1,2 m, qual a sua velocidade inicial? (*b*) Qual a distância horizontal coberta pela bola? (*c*) Durante quanto tempo fica a bola no ar?

Problemas Gerais

• **89** Certo ou errado:
(*a*) O módulo da soma de dois vetores é necessariamente maior do que o módulo de qualquer dos dois.
(*b*) Se o módulo da velocidade for constante, a aceleração é necessariamente nula.
(*c*) Se a aceleração for nula, o módulo da velocidade é constante.

• **90** As velocidades inicial e final de um corpo aparecem na Fig. 3-39. Mostrar a direção da aceleração média.

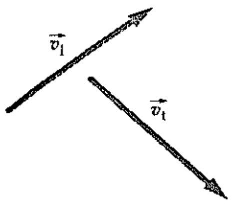


Figura 3-39 Problema 90

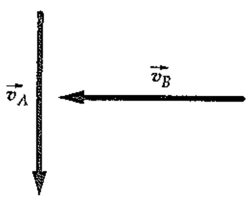


Figura 3-40 Problema 91

• **91** As velocidades dos corpos A e B aparecem na Fig. 3-40. Mostre o vetor que representa a velocidade de B em relação a A.

•• **92** O módulo do vetor $\vec{A}(t)$ é constante, mas a direção do vetor varia de maneira uniforme. Desenhe os vetores $\vec{A}(t + \Delta t)$ e $\vec{A}(t)$ para pequeno intervalo de tempo Δt e determine, graficamente, a diferença $\Delta\vec{A} = \vec{A}(t + \Delta t) - \vec{A}(t)$. Como a direção de $\Delta\vec{A}$ se relaciona com a de $\vec{A}$ quando o intervalo de tempo for pequeno?

•• **93** A trajetória de um automóvel, mostrada na Fig. 3-41, é constituída por segmentos de retas e arcos de círculo. O automóvel parte do repouso no ponto *A*. Depois de chegar a *B* roda com velocidade constante até chegar a *E*. Chega, em repouso, em *F*. (*a*) Qual a direção do vetor velocidade em cada ponto médio dos segmentos *AB*, *BC*, *CD*, *DE* e *EF*? (*b*) Em qual desses pontos o automóvel tem aceleração? Qual a direção da aceleração existente? (*c*) Como se comparam os módulos da aceleração nos arcos circulares *BC* e *DE*?

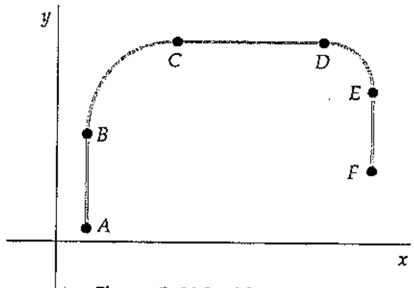


Figura 3-41 Problema 93

• **94** Os dois vetores deslocamento $\vec{A}$ e $\vec{B}$ na Fig. 3-42 têm, ambos, o módulo de 2 m. (*a*) Determinar as componentes *x* e *y* de cada um. (*b*) Determinar as componentes, o módulo e a direção da soma $\vec{A} + \vec{B}$. (*c*) Determinar as componentes, o módulo e a direção da diferença $\vec{A} - \vec{B}$.

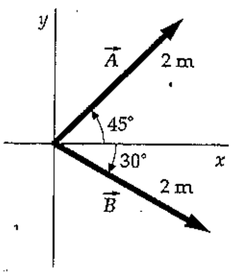


Figura 3-42 Problema 94

• **95** Um avião está com o eixo longitudinal inclinado de 30° para baixo em relação ao horizonte. Tome como eixo dos *x* o eixo longitudinal do avião, apontando para baixo. Tome como eixo dos *y* um eixo perpendicular a *x*. Achar, neste sistema de coordenadas, as componentes da aceleração da gravidade, cujo módulo é 9,81 m/s² e está dirigida verticalmente para baixo.

• **96** Dois vetores $\vec{A}$ e $\vec{B}$ estão no plano *xy*. Em que condições a razão A/B é igual à razão A_x/B_x?

• **97** O vetor posição de uma partícula é $\vec{r} = 5t\hat{i} + 10t\hat{j}$, com *t* em segundos e *r* em metros. (*a*) Trace a trajetória da partícula no plano *xy*. (*b*) Determine $\vec{v}$ na forma das componentes e calcule o respectivo módulo.

• **98** O piloto de um avião percebe um cardume de atuns nadando a 5 km/h no rumo noroeste (Fig. 3-43) e informa a um navio pesqueiro que está 100 km ao sul da posição do cardume. O navio desloca-se a todo vapor, no rumo mais conveniente, para interceptar os peixes, o que consegue depois de 4 h. Qual a velocidade da navegação do navio?

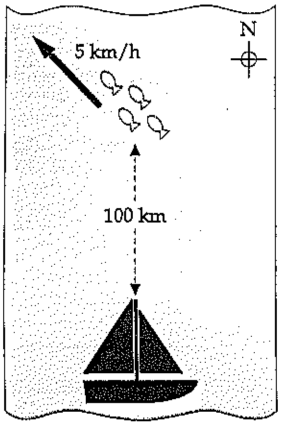


Figura 3-43 Problema 98

•• **99** Um operário, na cumeeira de um telhado, deixa cair o martelo que desliza telhado abaixo com a velocidade constante de 4 m/s. A inclinação do telhado é de 30° e o beiral está a 10 m do solo. Qual a distância horizontal que o martelo cobre depois de cair pelo beiral e chegar ao solo?

•• **100** A velocidade de um trem de carga é constante e de 10 m/s. Uma pessoa, num vagão plataforma, lança uma bola no ar e a apanha na queda. Em relação ao vagão a velocidade inicial da bola é de 15 m/s, na direção perpendicular para cima. (*a*) Qual o módulo e a direção da velocidade inicial da bola para um observador às margens da via férrea? (*b*) Durante quanto tempo a bola fica no ar, para a pessoa sobre o vagão? E para o observador fora do vagão? (*c*) Que distância horizontal a bola cobriu, durante o seu vôo, para a pessoa no vagão? E para o observador fora do vagão? (*d*) Qual a velocidade mínima da bola para a pessoa no vagão? E para a pessoa fora do vagão? (*e*) Qual a aceleração da bola para a pessoa sobre o vagão? E para o observador fora do vagão?

•• **101** Estimar o alcance máximo de uma bola arremessada (*a*) horizontalmente por uma pessoa de pé sobre o solo; (*b*) sob o ângulo $\theta = 45°$ por uma pessoa de pé sobre o solo; (*c*) horizontalmente do alto de um edifício de 12 m de altura; (*d*) sob o ângulo $\theta = 45°$ do alto de um edifício de 12 m de altura.

•• **102** Um motociclista pretende saltar sobre 10 automóveis estacionados lado a lado, sob uma rampa de salto, conforme o esquema da Fig. 3-44. Qual a velocidade horizontal mínima v_0 que deve ter a motocicleta para ultrapassar a fila de carros?

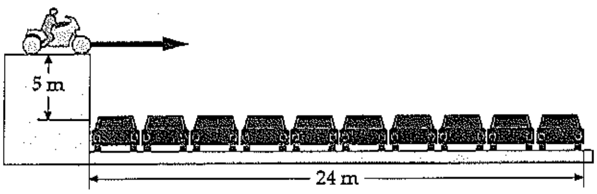


Figura 3-44 Problema 102

•• **103** Em 1978, o britânico Geoff Capes arremessou um tijolo pesado à distância horizontal de 44,5 m. Calcular a velocidade do tijolo no ponto mais elevado da sua trajetória.

•• **104** Em 1940, Emanuel Zacchini cobriu a distância de 53 m, como homem-bala, conquistando um recorde que ainda não foi quebrado. A velocidade inicial foi de 24,2 m/s, sob o ângulo θ. Calcular θ e a altura máxima atingida por Emanuel durante o seu notável vôo.

•• **105** Uma partícula move-se sobre o plano xy com aceleração constante. Em $t = 0$ está em $\vec{r}_1 = 4\text{ m}\,\hat{i} + 3\text{ m}\,\hat{j}$, com a velocidade $\vec{v}_1$. Em $t = 2$ s a partícula deslocou-se para $\vec{r}_2 = 10\text{ m}\,\hat{i} - 2\text{ m}\,\hat{j}$ e a sua velocidade passou a $\vec{v}_2 = 5\text{ m/s}\,\hat{i} - 6\text{ m/s}\,\hat{j}$. (*a*) Determinar $\vec{v}_1$. (*b*) Qual a aceleração da partícula? (*c*) Como se exprime a velocidade em função do tempo? (*d*) Como se exprime a posição da partícula em função do tempo?

•• **106** Uma pequena bilha de aço rola pelo patamar de uma escada (Fig. 3-45) e cai degraus abaixo. A velocidade inicial da bilha é de 3 m/s. Cada degrau tem 0,18 m de altura e 0,3 m de largura. Em que degrau a bilha cai?

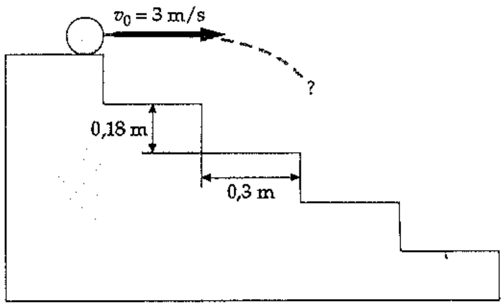


Figura 3-45 Problema 106

•• **107** Um passageiro de um carro, que roda a 25 m/s por uma estrada, joga pela janela uma lata de refrigerante, sob um ângulo de 45° com a horizontal, num plano perpendicular ao do movimento do carro. A velocidade inicial da lata, em relação ao carro, é de 10 m/s. A lata é arremessada a 1,2 m acima da pista de rodagem. (*a*) Determine a velocidade inicial da lata (em relação à estrada) com os vetores unitários $\hat{i}$, $\hat{j}$ e $\hat{k}$. (*b*) Em que ponto da estrada cai a lata?

•• **108** Imagine que você, de pé sobre o solo, lance uma bola à distância x_0. A que distância lançará a mesma bola, de um edifício de altura $h = x_0$ sob o ângulo de (*a*) 0°? (*b*) 30°? (*c*) 45°?

•• **109** Uma bola de beisebol, rebatida na direção do centro do campo, pode cair a 72 m de distância, a menos que seja agarrada antes. No momento em que a bola é rebatida, um jogador está no centro do campo, a 98 m de distância, e leva 0,5 s para estimar a trajetória e sair correndo a fim de agarrar a bola. A velocidade inicial da bola é de 35 m/s. O jogador agarrará a bola antes de ela cair no campo?

••• **110** Uma motociclista de circo tem um número em que salta um fosso cheio de carvões ardentes. A rampa do salto faz um ângulo θ com a horizontal e a rampa da outra margem do fosso tem uma elevação h (Fig. 3-46). A motociclista observa que o dono do circo, em cada noite, aumenta a altura da rampa de chegada e também atiça as chamas do fosso. Por isso resolve fazer umas contas a fim de não transformar a exibição num acidente espetacular. (*a*) Dados o ângulo θ e a distância x, qual o limite superior $H_{máx}$ que propicia o êxito do salto? (*b*) Para h menor do

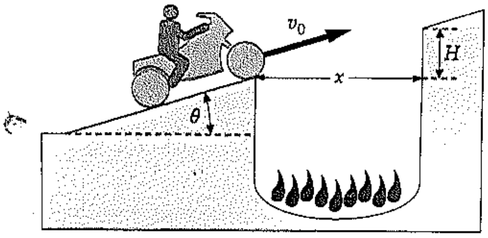


Figura 3-46 Problema 110

que $H_{máx}$, qual a velocidade inicial mínima que garante o sucesso do salto? (Desprezar o tamanho da motocicleta.)

• • • **111** Uma pequena embarcação ruma para um atracadouro a 32 km a noroeste da sua posição, quando é envolvida em forte nevoeiro. O comandante da embarcação mantém o rumo noroeste e a velocidade constante de 10 km/h em relação à água. Três horas depois, dissipado o nevoeiro, o comandante percebe que está 4,0 km ao sul do atracadouro. (*a*) Qual a velocidade média da corrente durante as três horas de navegação? (*b*) Em que rumo deveria navegar a embarcação para atingir diretamente o embarcadouro? (*c*) Quanto tempo duraria a navegação se o rumo seguido fosse o mencionado na parte (*b*)?

• • • **112** Galileu mostrou que, desprezando a resistência do ar, os alcances dos projéteis lançados sob ângulos simétricos em relação ao ângulo de 45° são iguais. Demonstre este resultado.

• • • **113** Duas bolas são arremessadas do topo de um rochedo de altura H. Uma delas é lançada para cima, sob um ângulo α com a horizontal. A outra é lançada para baixo, sob um ângulo β com a horizontal. Mostrar que as duas bolas atingem o solo com velocidades de mesmo valor. Calcular este valor em termos de H e da velocidade inicial v_0.

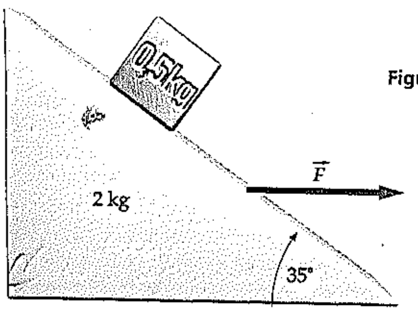


Figura 5-50 Problema 42

••• **42** Um bloco de 0,5 kg está sobre a superfície inclinada de um outro bloco que tem a massa de 2 kg, como mostra a Fig. 5-50. O segundo bloco está sob a ação de uma força horizontal F e escorrega sobre uma superfície horizontal sem atrito. (*a*) Se o coeficiente de atrito estático entre os dois blocos for $\mu_e = 0{,}8$ e se o ângulo de inclinação for de 35°, calcular os valores máximo e mínimo de F para os quais o primeiro bloco não escorrega sobre o segundo. (*b*) Repetir o problema anterior com $\mu_e = 0{,}4$.

Movimento Circular

43 Certo ou errado: Um corpo não pode descrever um círculo a menos que haja uma força atuando sobre ele.

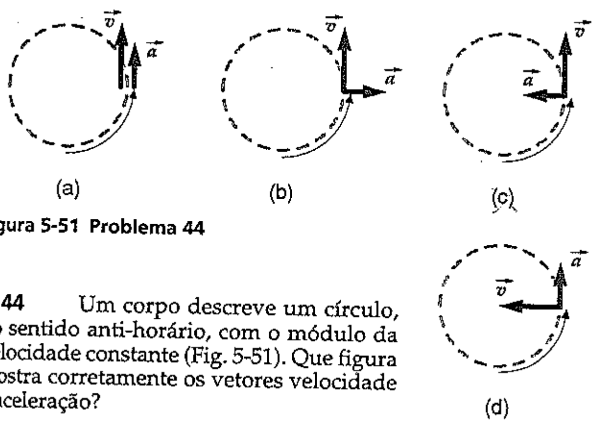


Figura 5-51 Problema 44

• **44** Um corpo descreve um círculo, no sentido anti-horário, com o módulo da velocidade constante (Fig. 5-51). Que figura mostra corretamente os vetores velocidade e aceleração?

• **45** Uma partícula descreve um círculo vertical com o módulo do vetor velocidade constante. Pode-se concluir que ———— é constante.
(*a*) a velocidade (*b*) a aceleração (*c*) a resultante das forças (*d*) o peso aparente (*e*) Nenhuma das respostas anteriores

• **46** Um corpo tem a velocidade v constante sobre uma trajetória circular de raio r. (*a*) Se v duplicar, como se altera a aceleração a? (*b*) Se r duplicar, como se altera a aceleração a? (*c*) Por que é impossível que um corpo faça uma curva extremamente aguda?

• **47** Um menino faz uma bola presa a um fio girar num círculo horizontal de raio 0,8 m. Quantas voltas por minuto deve fazer a bola para que a aceleração centrípeta seja igual à aceleração de queda livre g devida à gravidade?

• **48** Uma pedra de 0,20 kg, presa a um fio de 0,8 m de comprimento, gira num plano horizontal. O fio faz um ângulo de 20° com o plano horizontal. Determinar a velocidade da pedra.

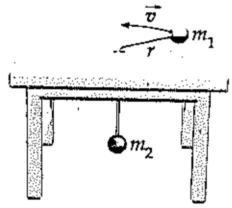
• **49** Uma pedra de 0,75 kg, presa a um fio, gira num círculo horizontal de 35 cm de raio, como no pêndulo cônico do Exemplo 5-10. O ângulo do fio com a vertical é de 30°. (*a*) Calcular a velocidade v da pedra. (*b*) Calcular a tensão no fio.

•• **50** Uma pedra com a massa $m = 95$ g gira num círculo horizontal presa na ponta de um fio de 85 cm de comprimento. A pedra completa uma revolução em 1,22 s. O ângulo que o fio faz com a horizontal é de ————.
(*a*) 52° (*b*) 46° (*c*) 26°
(d) 23° (*e*) 3°

•• **51** Um piloto de 50 kg sai de um mergulho vertical descrevendo um arco de círculo com uma aceleração de 8,5 g para cima. (*a*) Qual o módulo da força exercida pelo assento do avião sobre o piloto, no fundo do arco? (*b*) Se a velocidade do avião for de 345 km/h, qual o raio do arco circular?

•• **52** Um piloto de avião sai de um mergulho descrevendo um arco de círculo de 300 m de raio. No fundo do arco, onde sua velocidade é de 180 km/h, (*a*) qual a direção e o módulo da aceleração? (*b*) Qual a força que atua sobre o piloto no fundo do arco de círculo? (*c*) Qual a força exercida pelo assento sobre o piloto?

•• **53** Uma massa m_1 descreve uma trajetória circular, de raio R, com a velocidade v sobre uma mesa sem atrito (Fig. 5-52). A massa está presa a um fio que passa por um buraco no centro da mesa. Uma outra massa m_2 está pendurada na outra ponta do fio. Deduzir a expressão de R em termos de m_1, m_2 e v.



Fugura 5-52 Problema 53

•• **54** Na Fig. 5-53 aparecem partículas que descrevem, no sentido anti-horário, círculos com 5 m de raio. Em três instantes aparecem os vetores aceleração. Achar os valores de v e de dv/dt em cada instante.

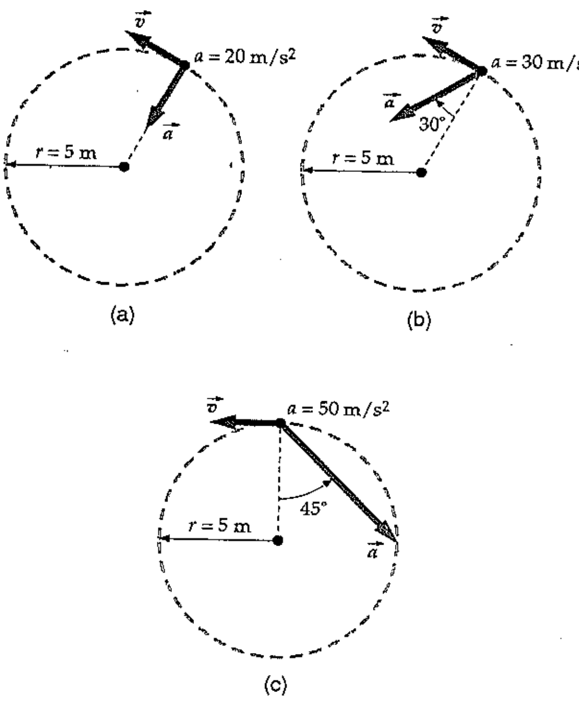


Figura 5-53 Problema 54