

2.16 Um astronauta saiu da Estação Espacial Internacional para testar um novo veículo espacial. Seu companheiro permanece a bordo e registra as seguintes variações de velocidade, cada uma ocorrendo em intervalos de 10 s. Determine o módulo, a direção e o sentido da aceleração média em cada intervalo. Suponha que o sentido positivo seja da esquerda para a direita. a) No início do intervalo o astronauta se move para a direita ao longo do eixo Ox com velocidade de 15,0 m/s e no final do intervalo ele se move para a direita com velocidade de 5,0 m/s. b) No início do intervalo o astronauta move-se a 5,0 m/s para a esquerda e no final move-se para a esquerda com velocidade de 15,0 m/s. c) No início do intervalo ele se move para a direita com velocidade de 15,0 m/s e no final move-se para a esquerda com velocidade de 15,0 m/s.

2.17 Aceleração automotiva. Com base em sua experiência de dirigir um automóvel, estime o módulo da aceleração média de um carro quando a) acelera em uma estrada do repouso até 65 mi/h e b) pisa forte no freio até uma parada repentina. c) Explique por que essa aceleração média poderia ser considerada positiva ou negativa.

2.18 A velocidade de um carro em função do tempo é dada por $v_x(t) = \alpha + \beta t^2$, onde $\alpha = 3,0$ m/s e $\beta = 0,100$ m/s³. a) Calcule a aceleração média do carro para o intervalo de tempo de $t = 0$ a $t = 5,0$ s. b) Calcule a aceleração instantânea para i) $t = 0$; ii) $t = 5,0$ s. c) Desenhe gráficos acurados $v_x t$ e $a_x t$ para o movimento do carro entre $t = 0$ e $t = 5,0$ s.

2.19 A Figura 2.35 mostra a coordenada de uma aranha que se desloca lentamente ao longo do eixo Ox . a) Faça um gráfico de sua velocidade e aceleração em função do tempo. b) Faça um diagrama do movimento (como o da Figura 2.13b ou o da Figura 2.14b) mostrando a posição, a velocidade e a aceleração da aranha para cinco tempos: $t = 2,5$ s, $t = 10$ s, $t = 20$ s, $t = 30$ s e $t = 37,5$ s.

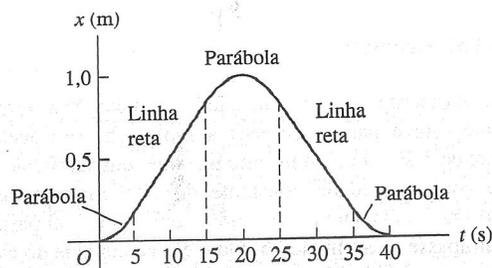


Figura 2.35 Exercício 2.19.

2.20 Um microprocessador controla a posição do pára-choque dianteiro de um carro usado em um teste. A posição é dada por $x(t) = 2,17$ m + $(4,80$ m/s²) $t^2 - (0,100$ m/s⁶) t^6 . a) Determine sua posição e aceleração para os instantes em que o carro possui velocidade zero. b) Desenhe gráficos $x t$, $v_x t$ e $a_x t$ para o movimento do pára-choque entre $t = 0$ e $t = 2,0$ s.

Seção 2.4 Movimento com aceleração constante

2.21 Um antílope que se move com aceleração constante leva 7,0 s para percorrer uma distância de 70,0 m entre dois pontos. Ao passar pelo segundo ponto, sua velocidade é de 15,0 m/s. a) Qual era sua velocidade quando passava pelo primeiro ponto? b) Qual era sua aceleração?

2.22 Ao ser lançado pela catapulta da plataforma de um porta-aviões, um caça a jato atinge a velocidade de decolagem de

270 km/h em uma distância aproximada de 90 m. Suponha aceleração constante. a) Calcule a aceleração do caça em m/s². b) Calcule o tempo necessário para o caça atingir essa velocidade de decolagem.

2.23 Um arremesso rápido. O arremesso mais rápido já medido de uma bola de beisebol saiu da mão do arremessador a uma velocidade de 45,0 m/s. Se o arremessador estava em contato com a bola a uma distância de 1,50 m e produziu aceleração constante, a) qual aceleração ele deu à bola e b) quanto tempo ele levou para arremessá-la?

2.24 Um saque no tênis. No saque mais rápido já medido de tênis, a bola deixou a raquete a 73,14 m/s. O saque de uma bola de tênis normalmente está em contato com a raquete por 30,0 ms e parte do repouso. Suponha que a aceleração seja constante. a) Qual foi a aceleração da bola nesse saque? b) Qual foi a distância percorrida pela bola durante o saque?

2.25 Air bag de automóvel. O corpo humano pode sobreviver a um trauma por acidente com aceleração negativa (parada súbita) quando o módulo de aceleração é menor do que 250 m/s² (cerca de 25 g). Suponha que você sofra um acidente de automóvel com velocidade inicial de 105 km/h e seja amortecido por um *air bag* que infla automaticamente. Qual deve ser a distância que o *air bag* se deforma para que você consiga sobreviver?

2.26 Entrando na auto-estrada. Um carro está parado na rampa de acesso de uma auto-estrada, esperando uma diminuição do tráfego. O motorista se move a uma aceleração constante ao longo da rampa, para entrar na auto-estrada. O carro parte do repouso, move-se ao longo de uma linha reta e atinge uma velocidade de 20 m/s no final da rampa de 120 m de comprimento. a) Qual é a aceleração do carro? b) Quanto tempo ele leva para percorrer a rampa? c) O tráfego na auto-estrada se move com uma velocidade constante de 20 m/s. Qual é o deslocamento do tráfego enquanto o carro atravessa a rampa?

2.27 Lançamento de nave espacial. No lançamento, a nave espacial pesa 4,5 milhões de libras. Quando lançada a partir do repouso, leva 8,0 s para atingir 161 km/h e, ao final do primeiro minuto, sua velocidade é 1610 km/h. a) Qual é a aceleração média (em m/s²) da nave i) durante os primeiros 8,0 s e ii) entre 8,0 s e o final do primeiro minuto? b) Supondo que a aceleração seja constante, durante cada intervalo de tempo (mas não necessariamente a mesma em ambos os intervalos), que distância a nave viajou i) durante os primeiros 8,0 s e ii) durante o intervalo entre 8,0 s e 1,0 min?

2.28 De acordo com dados de testes recentes, um automóvel percorre 0,250 mi em 19,9 s, a partir do repouso. O mesmo carro, ao frear a 60,0 mi/h em um piso seco, pára a 146 p. Supondo uma aceleração constante em cada trecho do movimento, mas não necessariamente a mesma aceleração ao reduzir ou ao acelerar. a) Determine a aceleração desse carro quando aumenta a velocidade e quando freia. b) Se a aceleração é constante, a que velocidade (em mi/h) o carro deve estar se movendo após 0,250 mi de aceleração? A velocidade real medida é 70,0 mi/h; o que isso diz sobre o movimento? c) Quanto tempo esse carro leva para parar ao frear a 60,0 mi/h?

2.29 Um gato anda em uma linha reta, à qual chamaremos de eixo Ox com a direção positiva para a direita. Como um físico observador, você mede o movimento desse gato e desenha um gráfico da velocidade do felino em função do tempo (Figura 2.36). a) Determine a velocidade do gato a $t = 4,0$ s e a $t = 7,0$ s. b) Qual é a aceleração do gato a $t = 3,0$ s? A $t = 6,0$ s? A $t = 7,0$ s?

c) Qual é a distância percorrida pelo gato nos primeiros 4,5 s? De $t = 0$ até $t = 7,5$ s? d) Desenhe gráficos claros da aceleração e da posição do gato em função do tempo, supondo que ele partiu da origem.

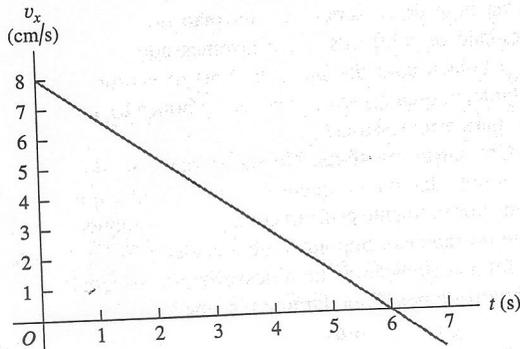


Figura 2.36 Exercício 2.29.

2.30 Para $t = 0$ um carro pára em um semáforo. Quando a luz fica verde, o carro começa a acelerar com uma taxa constante, elevando sua velocidade para 20 m/s, 8 s depois de a luz ficar verde. Ele se move com essa nova velocidade por uma distância de 60 m. A seguir, o motorista avista uma luz vermelha no cruzamento seguinte e começa a diminuir a velocidade com uma taxa constante. O carro pára no sinal vermelho a 180 m da posição para $t = 0$. a) Para o movimento do carro, desenhe gráficos acurados de xt , $v_x t$ e $a_x t$. b) Faça um diagrama do movimento (como o da Figura 2.13b ou o da Figura 2.14b) mostrando a posição, a velocidade e a aceleração do carro.

2.31 O gráfico da Figura 2.37 mostra a velocidade da motocicleta de um policial em função do tempo. a) Calcule a aceleração instantânea para $t = 3$ s, $t = 7$ s e $t = 11$ s. b) Qual foi o deslocamento do policial nos 5 s iniciais? E nos 9 s iniciais? E nos 13 s iniciais?

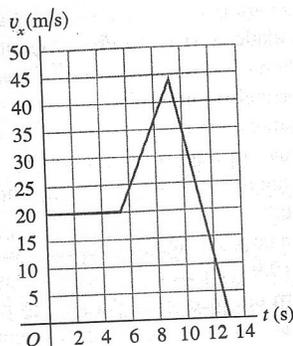


Figura 2.37 Exercício 2.31.

2.32 O gráfico da Figura 2.38 mostra a aceleração de um modelo de locomotiva que se move no eixo Ox . Faça um gráfico da velocidade e da posição sabendo que $x = 0$ e $v_x = 0$ para $t = 0$.

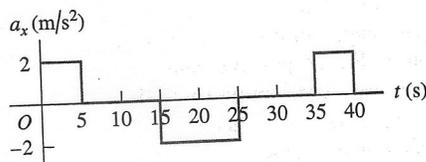


Figura 2.38 Exercício 2.32.

2.33 Uma espaçonave dirige-se em linha reta para a Base Lunar I, situada a uma distância de 384.000 km da Terra. Suponha que ela acelere $20,0 \text{ m/s}^2$ durante os primeiros 15,0 min da viagem e a seguir viaje com velocidade constante até os últimos 15,0 min, quando acelera a $20,0 \text{ m/s}^2$, atingindo o repouso exatamente quando toca a Lua. a) Qual foi a velocidade máxima atingida? b) Qual foi a fração do percurso total durante o qual ela viajou com velocidade constante? c) Qual foi o tempo total da viagem?

2.34 Um trem de metrô parte do repouso em uma estação e acelera com uma taxa constante de $1,60 \text{ m/s}^2$ durante 14,0 s. Ele viaja com velocidade constante durante 70,0 s e reduz a velocidade com uma taxa constante de $3,50 \text{ m/s}^2$ até parar na estação seguinte. Calcule a distância total percorrida.

2.35 Dois carros, A e B, movem-se no eixo Ox . O gráfico da Figura 2.39 mostra as posições de A e B em função do tempo. a) Faça um diagrama do movimento (como o da Figura 2.13b ou o da Figura 2.14b) mostrando a posição, a velocidade e a aceleração do carro para $t = 0$, $t = 1$ s e $t = 3$ s. b) Para que tempo(s), caso exista algum, A e B possuem a mesma posição? c) Faça um gráfico da velocidade versus tempo para A e B. d) Para que tempo(s), caso exista algum, A e B possuem a mesma velocidade? e) Para que tempo(s), caso exista algum, o carro B ultrapassa o carro A?

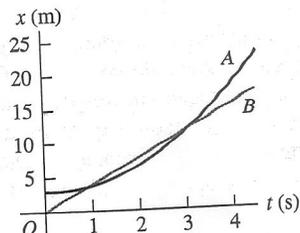


Figura 2.39 Exercício 2.35.

2.36 No momento em que um sinal luminoso fica verde, um carro que estava parado começa a mover-se com aceleração constante de $3,20 \text{ m/s}^2$. No mesmo instante, um caminhão que se desloca com velocidade constante de $20,0 \text{ m/s}$ ultrapassa o carro. a) Qual a distância percorrida a partir do sinal para que o carro ultrapasse o caminhão? b) Qual é a velocidade do carro no momento em que ultrapassa o caminhão? c) Faça um gráfico xt dos movimentos desses dois veículos. Considere $x = 0$ o ponto de intersecção inicial. d) Faça um gráfico $v_x t$ dos movimentos desses dois veículos.

2.37 Pouso em Marte. Em janeiro de 2004, a NASA pousou módulos de exploração em Marte. Parte da descida consistiu nas seguintes etapas:

Etapa A: a fricção com a atmosfera reduziu a velocidade de 19.300 km/h para 1600 km/h em 4,0 min.

Etapa B: um pára-quedas se abriu para reduzir a velocidade a 32 km/h em 94 s.

Etapa C: foguetes de retropropulsão foram acionados para reduzir a velocidade a zero em uma distância de 75 m.

Suponha que uma etapa sucedeu imediatamente a anterior e que a aceleração em cada etapa foi constante. a) Determine a aceleração do foguete (em m/s^2) por etapa. b) Qual a distância total (em km) percorrida pelo foguete nas etapas A, B e C?

c) Qual a distância percorrida em 0,900 s? d) Um artigo publicado por uma revista afirma que, no final de uma corrida, a velocidade desse trenó diminui de 283 m/s até zero em 1,40 s e que durante este intervalo de tempo a aceleração é maior que 40 g. Esses valores são coerentes?

2.48 Uma pedra grande é expelida verticalmente de baixo para cima por um vulcão com velocidade inicial de 40,0 m/s. Despreze a resistência do ar. a) Qual é o tempo que a pedra leva, após o lançamento, para que sua velocidade seja de 20,0 m/s de baixo para cima? b) Qual o tempo que a pedra leva, após o lançamento, para que sua velocidade seja de 20,0 m/s de cima para baixo? c) Quando o deslocamento da pedra é igual a zero? d) Quando a velocidade da pedra é igual a zero? e) Qual o módulo e o sentido da aceleração enquanto a pedra i) Está se movendo de baixo para cima? ii) Está se movendo de cima para baixo? iii) Está no ponto mais elevado da sua trajetória? f) Faça gráficos $a_x t$, $v_y t$ e $y t$ para o movimento.

2.49 Uma rocha de 15 kg cai de uma posição de repouso na Terra e atinge o solo em 1,75 s. Quando cai da mesma altura no satélite de Saturno, Enceladus, ela atinge o solo em 18,6 s. Qual é a aceleração da gravidade em Enceladus?

*Seção 2.6 Velocidade e posição por integração

***2.50** A aceleração de um ônibus é dada por $a_x(t) = at$, onde $a = 1,2 \text{ m/s}^3$. a) Se a velocidade do ônibus para $t = 1,0 \text{ s}$ é igual a 5,0 m/s, qual é sua velocidade para $t = 2,0 \text{ s}$? b) Se a posição do ônibus para $t = 1,0 \text{ s}$ é igual a 6,0 m, qual sua posição para $t = 2,0 \text{ s}$? c) Faça gráficos at , vt e xt para esse movimento.

***2.51** A aceleração de uma motocicleta é dada por $a_x(t) = At - Bt^2$, onde $A = 1,5 \text{ m/s}^3$ e $B = 0,120 \text{ m/s}^4$. A motocicleta está em repouso na origem no instante $t = 0$. a) Calcule sua velocidade e posição em função do tempo. b) Calcule a velocidade máxima que ela pode atingir.

***2.52 O salto voador de uma pulga.** A Figura 2.42 mostra o gráfico de dados coletados de uma pulga saltitante de 210- μg em um filme de alta velocidade (3500 quadros/segundo). Essa pulga tinha aproximadamente 2 mm de comprimento e saltou a um ângulo de decolagem quase vertical. Use o gráfico para responder a estas perguntas. a) A aceleração da pulga pode chegar a zero? Se sim, quando? Justifique sua resposta. b) Determine a altura máxima que a pulga atingiu nos primeiros 2,5 ms. c) Determine a aceleração da pulga a 0,5 ms, 1,0 ms e 1,5 ms. d) Determine a altura da pulga a 0,5 ms, 1,0 ms e 1,5 ms.

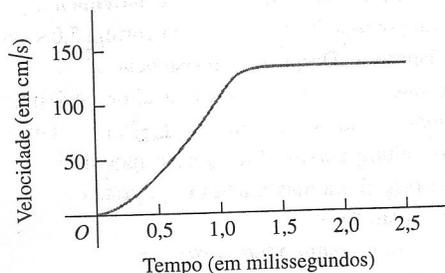


Figura 2.42 Exercício 2.52.

***2.53** O gráfico na Figura 2.43 descreve a aceleração em função do tempo para uma pedra que rola colina abaixo, a partir de uma posição de repouso. a) Determine a variação na velocidade da

pedra, entre $t = 2,5 \text{ s}$ e $t = 7,5 \text{ s}$. b) Faça um gráfico da velocidade da pedra em função do tempo.

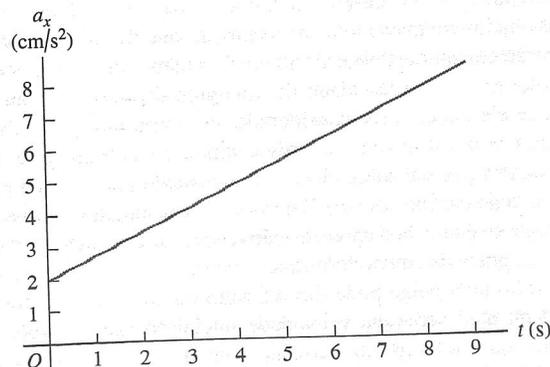


Figura 2.43 Exercício 2.53.

Problemas

2.54 Em uma competição de bicicletas com percurso de 30 km, você percorre os primeiros 15 km com uma velocidade média de 12 km/h. Qual deve ser sua velocidade escalar média no percurso total de 30 km seja de a) 6 km/h? b) 18 km/h? c) Dada a referida velocidade média para os primeiros 15 km, você poderia ou não atingir uma velocidade escalar média de 24 km/h no percurso total de 30 km? Explique.

2.55 A posição de uma partícula entre $t = 0$ e $t = 2,0 \text{ s}$ é dada por $x(t) = (3,0 \text{ m/s}^3)t^3 - (10,0 \text{ m/s}^2)t^2 + (9,0 \text{ m/s})t$. a) Faça gráficos de xt , $v_x t$ e $a_x t$ para essa partícula. b) Para que tempo(s) entre $t = 0$ e $t = 2,0 \text{ s}$ a partícula está em repouso? O resultado obtido por você está de acordo com o gráfico vt da parte (a)? c) Para qual tempo calculado na parte (b) a aceleração da partícula é positiva ou negativa? Mostre que em cada caso podemos obter a mesma resposta pelo gráfico $v_x t$ ou pela função $a_x(t)$. d) Para que tempo(s) entre $t = 0$ e $t = 2,0 \text{ s}$ a velocidade da partícula não varia instantaneamente? Localize esse ponto nos gráficos $a_x t$ e $v_x t$ da parte (a). e) Qual a maior distância entre a partícula e a origem ($x = 0$) no intervalo entre $t = 0$ e $t = 2,0 \text{ s}$? f) Para que tempo(s) entre $t = 0$ e $t = 2,0 \text{ s}$ a partícula está aumentando de velocidade com a maior taxa? Para que tempo(s) entre $t = 0$ e $t = 2,0 \text{ s}$ a partícula está diminuindo de velocidade com a maior taxa? Localize esses pontos nos gráficos $a_x t$ e $v_x t$ da parte (a).

2.56 Gincana. Em uma gincana, cada concorrente corre 25,0 m transportando um ovo equilibrado em uma colher, dá a volta e retorna ao ponto de partida. Edite corre os primeiros 25,0 m em 20,0 s. Quando volta, ela se sente mais segura e leva apenas 15,0 s. Qual o módulo do vetor velocidade média para a) Os primeiros 25,0 m? b) A viagem de volta? c) Qual o módulo do vetor velocidade média no percurso todo quando ela volta ao ponto de partida? d) Qual é a velocidade escalar média no percurso todo quando ela volta ao ponto de partida?

2.57 Daniel dirige na Estrada I-80 em Seward, no Estado de Nebraska, e segue por um trecho retilíneo de leste para oeste com uma velocidade média com módulo igual a 88 km/h. Depois de percorrer 76 km, ele atinge a saída de Aurora (Figura 2.44). Percebendo que foi longe demais, ele retorna 34 km de oeste para leste até a saída para York com uma velocidade média com