SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ
DEPARTAMENTO DE ENSINO PARA A EDUCAÇÃO

DISCIPLINA: FÍSICA APLICADA I
PROF.: ALESSANDRO FREITAS

1. MOVIMENTO

O mundo, e tudo que está nele, se movem. Mesmo coisas aparentemente em repouso, como uma estrada, se movem com a rotação da Terra, com a órbita da Terra ao redor do Sol com a órbita do Sol ao redor do centro da galáxia da Via Láctea, e com a migração daquela galáxia em relação a outras galáxias. A classificação e a comparação de movimentos (chamadas de cinemática) são muitas vezes um desafio.

1. O movimento ocorre apenas ao longo de uma linha reta. A reta pode ser vertical (como a de uma pedra caindo), horizontal (a de um carro em uma rodovia sem desníveis) ou inclinada, mas deve ser uma reta.
2. Forças (puxões e empurrões) causam o movimento, mas elas não serão discutidas até o Cap. 5 do Livro Halliday. Neste capítulo você estudará apenas o próprio movimento e mudanças no movimento.
3. O objeto em movimento ou é uma **partícula** (termo usado para dizermos que o objeto é pontual como, por exemplo, um elétron) ou um objeto que se move como uma partícula (de tal forma que todas as partes se movem na mesma direção e com a mesma rapidez).

2. Posição e Deslocamento

Localizar um objeto significa determinar a sua posição relativa a algum ponto de referência, freqüentemente a **origem** (ou ponto zero) de um eixo, como o eixo x da Fig. 1. O **sentido positivo** de um eixo está no sentido dos números crescentes (coordenadas) que, na Fig. 1, está para a direita. O sentido oposto é o **sentido negativo**.

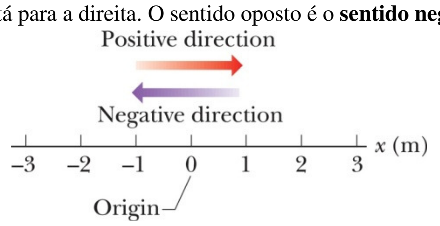

Fig. 1. A posição é determinada em um eixo que está marcado em unidades de comprimento (metros neste caso) e que se estende indefinidamente em sentidos opostos. O nome do eixo, x neste caso, está sempre do lado positivo da origem.

Por exemplo, uma partícula poderia estar situada em x = 5 m, o que significa que ela estaria a 5 m da origem no sentido Positivo. Se ela estivesse em x = - 5 m, ela estaria exatamente à mesma distância da origem só que no sentido contrário, No eixo, uma coordenada de - 5 m é menor do que uma de -1 m, e ambas são menores do que uma coordenada de +5 m. Um sinal de mais para uma coordenada não precisa ser mostrado, mas um sinal de menos sempre deve ser explicitado.

Uma mudança de uma posição X_1 para outra posição X_2 é chamada de deslocamento ΔX, onde

$$\Delta x = x_2 - x_1. \qquad (2\text{-}1)$$

(O símbolo Δ, a letra grega maiúscula delta, representa a variação de uma grandeza, e é igual ao valor final dessa grandeza menos o valor Inicial). Ao se atribuir números para os valores das posições X_1 e X_2, um deslocamento no sentido positivo (para a direita na Fig. 2.1) sempre resulta positivo, e um no sentido contrário (para a esquerda na figura) é negativo. Por exemplo, se a partícula se move .de X_1 = 5 m para X_2 = 12 m, então ΔX = (12 m) - (5 m) = +7 m. O resultado positivo indica que o movimento é no sentido positivo. Se a partícula depois volta para X = 5 m, o deslocamento para o percurso completo é nulo.

Um sinal positivo para um deslocamento não precisa ser mostrado, mas um sinal negativo deve ser sempre mostrado. Se ignorarmos o sinal (conseqüentemente o sentido) de um deslocamento, resta o módulo (ou valor absoluto) do deslocamento. No exemplo anterior, o módulo de ΔX é 7 m.

O deslocamento é um exemplo de grandeza vetorial, que é uma grandeza que possui módulo, direção e sentido. Mas tudo o que precisamos neste caso é a idéia de que o deslocamento possui duas características: **(1) Seu módulo é a distância** (como o número de metros) entre as posições inicial e final. **(2) Sua direção e sentido**, de uma posição inicial até uma posição final, podem ser representados por um sinal de mais ou de menos se o movimento for ao longo de um único eixo.

3. Velocidade Média e Velocidade Escalar Média

Uma forma compacta de descrever a posição é com um gráfico da posição x plotada em função do tempo t - um gráfico de x(t). (A notação x(t) representa uma função x de t, e não o produto X vezes t.) Como um exemplo simples, a Fig. 2.2 mostra a função posição x(t) de um tatu em repouso (que tratamos como uma partícula) em x = -2 m.

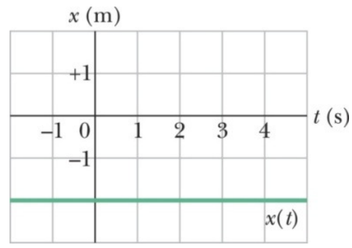

Fig. 2 O gráfico de x(t) para um tatu que está em repouso em x = - 2 m. O valor de x é -2 m qualquer que seja o tempo.

A Fig. 3.a, também para um tatu, é mais interessante, pois envolve movimento. Nota-se a presença do tatu primeiro em t = 0 quando ele está na posição x = - 5 m. Ele se move em direção a x = 0, passa por esse ponto em t = 3 s, e depois continua a se deslocar em direção a valores cada vez maiores de x.

A Fig.3.b retrata o movimento real do tatu em linha reta e é algo semelhante ao que você veria. O gráfico da Fig. 2.3a é mais abstrato e nada parecido com o que você veria, mas possui uma maior riqueza de informações. Ele também revela a rapidez com que o tatu se move.

Na verdade, várias grandezas estão associadas ao termo "rapidez". Uma delas é a velocidade média $V_{méd}$, que é a razão entre o deslocamento Δx e o intervalo de tempo Δt durante o qual ocorre esse deslocamento.

$$v_{avg} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}. \qquad (2\text{-}2)$$

A notação significa que a posição é X_1 no tempo t_1 e depois X_2 no tempo t_2. Uma unidade usual de $V_{méd}$ é o metro por segundo (m/s). Outras unidades também podem ser vistas nos problemas, mas elas estarão sempre na forma de comprimento/tempo.

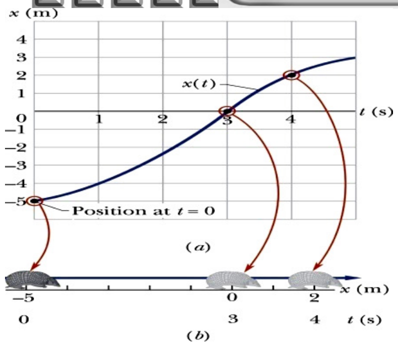

Fig. 3 (a) O gráfico de x(t) para um tatu em movimento. (b) A trajetória associada ao gráfico. A escala abaixo do eixo x mostra os tempos nos quais o tatu atinge alguns valores de x.

Em um gráfico de X contra t, $V_{méd}$ é o coeficiente angular da reta que liga dois pontos particulares sobre a curva x(t): um é o ponto que corresponde a X_2 e t_2, e o outro é o ponto que corresponde a X_1 e t_1. Da mesma forma que o deslocamento, $V_{méd}$ possui módulo, direção e sentido (é outra grandeza vetorial). Seu módulo é o módulo do coeficiente angular da reta. Um valor positivo de $V_{méd}$ (e do coeficiente angular) nos diz que a reta está inclinada para cima quando nos deslocamos para a direita; um valor negativo de $V_{méd}$ (e do coeficiente angular), que a reta está inclinada para baixo quando nos deslocamos para a direita. A velocidade média $V_{méd}$ sempre possui o mesmo sinal do deslocamento Δx pois Δt na Eq. 2.2 é sempre positivo.

A Fig. 4 mostra como determinar $V_{méd}$ para o tatu, para o intervalo de tempo de t = 1 s a t = 4 s. Desenhamos a reta que liga o ponto sobre a curva da posição no início do intervalo e o ponto na curva no fim do intervalo. Em seguida, achamos o coeficiente angular $\Delta x/\Delta t$ da reta. Para o intervalo de tempo dado, a velocidade média é

$$V_{méd} = \frac{6\,m}{3\,s} = 2m/s$$

A velocidade escalar média $S_{méd}$ é uma forma diferente de descrever a "rapidez" com que uma partícula se move. A velocidade média envolve o deslocamento da partícula Δx, enquanto a velocidade escalar média envolve a distância total percorrida (por exemplo, o número de metros percorridos), independente da direção e sentido; ou seja,

$$s_{\text{avg}} = \frac{\text{total distance}}{\Delta t}. \qquad (2\text{-}3)$$

Como a velocidade escalar média não inclui direção e sentido, ela não possui sinal algébrico. Em algumas situações $S_{méd}$ é igual a (exceto pela ausência de sinal) $V_{méd}$. Entretanto, como provado no Problema Resolvido 2.1, quando um objeto dá meia volta na sua trajetória, as duas podem ser bem diferentes.

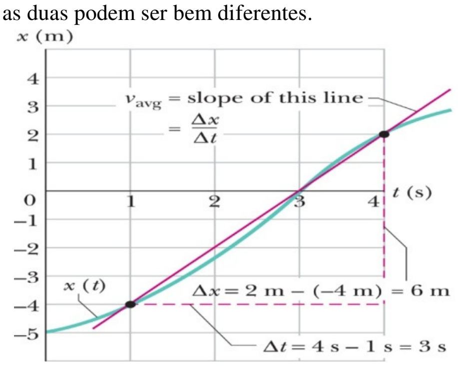

Fig. 4 Cálculo da velocidade média entre t = 1 s e t = 4 s como o coeficiente angular da reta que liga os pontos (sobre a curva x(t)) correspondentes a esses tempos.

4. Velocidade Instantânea e Velocidade Escalar

Você viu até agora duas maneiras de se descrever a rapidez com que algo se move: a velocidade média e a velocidade escalar média, ambas medidas em um intervalo de tempo Δt. Entretanto, o termo "quão rápido" se refere mais freqüentemente a com que rapidez uma partícula está se movendo em um dado instante - e essa é a sua velocidade instantânea (ou simplesmente velocidade) v.

A velocidade em qualquer instante é obtida a partir da velocidade média, encolhendo o intervalo de tempo Δt, fazendo-o tender a O. À medida que Δt diminui, a velocidade média se aproxima de um valor limite, que é a velocidade naquele instante:

$$v = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}. \qquad (2\text{-}4)$$

Esta equação mostra duas características da velocidade instantânea V. Primeiro, V é a taxa com que a posição da partícula x está variando com o tempo em um dado instante; ou seja, V é a derivada de x em relação a t. Segundo, V em qualquer instante é a declividade da curva (ou coeficiente angular da reta tangente à curva) posição-tempo da partícula no ponto que representa aquele instante. A velocidade é outra grandeza vetorial e assim possui direção e sentido associados.

Velocidade escalar é o módulo da velocidade; ou seja, a velocidade escalar é a velocidade destituída de qualquer indicação de direção e sentido, seja em palavras ou através de um sinal algébrico. (***Atenção***: A velocidade escalar e a velocidade escalar média podem ser completamente diferentes.) Tanto uma velocidade de + 5 m/s quanto uma de - 5 m/s possuem uma velocidade escalar associada de 5 m/s. O velocímetro de um carro mede a velocidade escalar, não a velocidade, porque ele não pode determinar a direção e o sentido.

5. Aceleração

Quando a velocidade de uma partícula varia, diz-se que a partícula sofre aceleração (ou se acelera). Para movimentos ao longo de um eixo, a aceleração média $a_{méd}$ em um intervalo de tempo Δt é

$$a_{\text{avg}} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t},$$

onde a partícula possui velocidade V_1 no tempo t_1 e depois velocidade V_2 no tempo t_2. A **aceleração instantânea** (ou simplesmente aceleração) é a derivada da velocidade em relação ao tempo:

$$a = \frac{dv}{dt}.$$

Em palavras, a aceleração de uma partícula em qualquer instante é a taxa com que a sua velocidade está variando naquele instante. Graficamente, a aceleração em qualquer ponto é a declividade da curva de V(t) naquele ponto.

Podemos combinar a Eq. 6 com a Eq. 4 para escrever:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right) = \frac{d^2x}{dt^2}.$$

Em palavras, a aceleração de uma partícula em qualquer instante é a derivada segunda da sua posição X(t) em relação ao tempo.

Uma unidade usual de aceleração é o metro por segundo por segundo: m/(s.s) ou m/s^2. Você verá outras unidades nos problemas,

mas cada uma delas estará na forma de comprimento/ (tempo·tempo) ou comprimento/tempo^2. A aceleração possui módulo, direção e sentido (ela é mais uma grandeza vetorial). Seu sinal algébrico representa seu sentido sobre um eixo da mesma forma que para o deslocamento e a velocidade; ou seja, a aceleração com um valor positivo está na direção positiva de um eixo, e a aceleração com um valor negativo está na direção negativa.

Fig. 5 - O Coronel J. P. Stapp em um trenó-foguete ao ser levado até altas velocidades (aceleração para fora do papel) e depois frear muito rapidamente (aceleração para dentro da página).

As sensações que você sentiria ao se deslocar dentro da cabine da Fig. 5 são indicadas pelos bonequinhos. Quando a cabine acelera pela primeira vez, você se sente como se estivesse sendo pressionado para baixo; quando mais tarde a cabine é freada até parar, parece que você está sendo esticado para cima. Entre a aceleração e a freada, você não sente nada de especial. Seu corpo reage a acelerações (ele é um acelerômetro), mas não a velocidades (ele não é um velocímetro). Quando você está em um carro viajando a 90 km/h ou em um avião viajando a 900 km/ h, você não tem consciência corporal do movimento. Entretanto, se o carro ou o avião variar rapidamente de velocidade, você pode ficar bem consciente da variação, talvez até apavorado por ela. Parte da emoção de um passeio de montanha russa em um parque de diversões se deve às rápidas variações de velocidade às quais você está submetido (você paga pelas acelerações, não pela velocidade).

Grandes acelerações são às vezes expressas em termos de unidades g, com:

1 g = 9,8 m/s^2 (unidade g).

g é o módulo da aceleração de um objeto em queda próximo à superfície da Terra. Em uma montanha russa, você pode experimentar breves acelerações de até 3g, que são iguais a (3)(9,8 m/s^2) ou aproximadamente 29 m/ S^2, mais do que o suficiente para justificar o custo do passeio.

Se os sinais da velocidade e da aceleração de uma partícula são iguais, a velocidade escalar da partícula aumenta. Se os sinais são contrários, o módulo da velocidade diminui.

6. Aceleração Constante ou Aceleração Uniforme

Em muitos tipos de movimento, a aceleração é constante ou aproximadamente constante. Por exemplo, você poderia acelerar um carro a uma taxa aproximadamente constante quando um sinal de trânsito passasse de vermelho para verde.

Nestas duas seções e depois quando você for resolver seus problemas de casa, não se esqueça que estas equações são válidas apenas para aceleração constante (***ou situações nas quais você possa aproximar a aceleração como sendo constante***). Quando a aceleração é constante, a aceleração média e a aceleração instantânea são iguais e podemos escrever a Eq. 2.7, com algumas mudanças de notação, como:

$$a = a_{méd} = \frac{V - V_0}{t - 0}$$

Aqui V_0 é a velocidade no tempo t = O, e V é a velocidade em qualquer tempo posterior t. Podemos reescrever esta equação como:

$$v = v_0 + a.t \qquad (9)$$

Como uma verificação, observe que esta equação se reduz a V = V_0 para t = 0, como deveria. Como uma verificação adicional, ache a derivada da Eq. 2.11. Assim, obtemos dv/dt = a, que é a definição de a. A Fig. 2.8b mostra um gráfico da Eq. 2.11, a função V(t); a função é linear, portanto o gráfico é uma linha reta.

De forma análoga, podemos reescrever a Eq. 2.2 (com algumas mudanças de notação) como:

$$V_{méd} = \frac{X - X_0}{t - 0},$$

Que fornece:

$$X = X_o + V_{méd}.t$$

na qual X_o é a posição da partícula em t = O, e $V_{méd}$ é a velocidade média entre t = O e um tempo posterior t.

Para a função linear da velocidade na Eq. 2.11, a velocidade média em qualquer intervalo de tempo (digamos, de t = O até um tempo posterior t) é a média da velocidade no início do intervalo (= V_o) e a velocidade no fim do intervalo (= V). Então, para o intervalo de t = O até um tempo posterior t, a velocidade média é:

$$V_{méd} = \frac{1}{2}.(V_0 + V) \qquad (11)$$

Substituindo o lado direito da Eq. 2.11 no lugar de V obtemos:

$$V_{méd} = V_0 + \frac{1}{2}.a.t \qquad (12)$$

Finalmente, substituindo a Eq. 2.14 na Eq. 2.12 obtemos :

$$X - X_0 = V_0.t + \frac{1}{2}.a.t^2 \qquad (13)$$

A título de verificação, observe que fazendo t = O obtemos X = X_o, como era de se esperar. Como uma verificação adicional, tomando a derivada da Eq. 2.15 obtemos a Eq. 2.11, novamente como deveria ser. A Fig. 2.8a mostra um gráfico da Eq. 2.15; a função é quadrática e conseqüentemente o gráfico apresenta uma curvatura. As Eqs. 2.11 e 2.15 ***são as equações básicas para aceleração constante***; elas podem ser usadas para resolver qualquer problema que envolva aceleração constante neste livro. Entretanto, podemos deduzir outras equações que poderiam ser úteis em certas situações específicas. Primeiro, observe que cinco grandezas podem aparecer em qualquer problema relativo a aceleração constante: X - X_o, V, t, a, e V_0.

Normalmente, uma destas grandezas não aparece no problema, ***nem como dado nem como incógnita***. São fornecidas então três das grandezas restantes e devemos achar a quarta.

Cada uma das Eqs. 9 e 13 possui quatro destas grandezas, mas não as mesmas quatro. Na Eq. 9, o "ingrediente que falta" é o deslocamento, X - Xo. Na Eq. 13, é a velocidade v. Estas duas equações também podem ser combinadas de três maneiras para fornecerem três equações adicionais, cada uma delas envolvendo uma "variável que está faltando" diferente. Primeiro, podemos eliminar t para obtermos:

$$V^2 = V_0^2 + 2.a.(X - X_0) \quad (14)$$

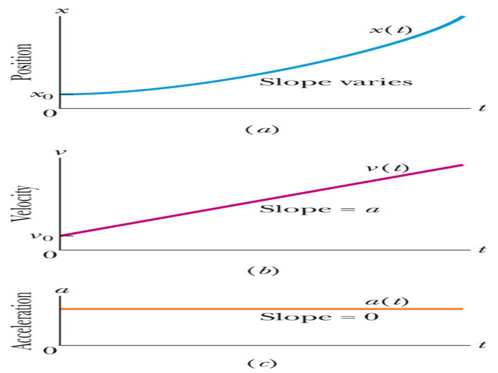

Fig. 2.8 (a) A posição x(t) de uma partícula que se move com aceleração constante. (b) Sua velocidade V(t), dada em cada ponto pela declividade da curva em (a). (c) Sua aceleração (constante), igual à declividade da curva de v(t).

Esta equação é útil se não conhecemos t e não precisamos achá-lo. Depois, podemos eliminar a aceleração a usando as Eqs. 9 e 13 para produzir uma equação na qual ***a*** não aparece:

$$X - X_o = \frac{1}{2}.(V_0 + V).t \quad (15)$$

Finalmente, podemos eliminar V_0, obtendo:

$$X - X_0 = V.t - \frac{1}{2}.a.t^2 \quad (16)$$

Perceba a sutil diferença entre esta equação e a Eq. 13. Uma envolve a velocidade inicial V_0; a outra envolve a velocidade V no tempo t.

A Tabela 2.1 lista as equações básicas para aceleração constante (Eqs. 9 e 13) bem como as equações especializadas que deduzimos. Para resolver um problema simples de aceleração constante, você pode normalmente usar uma equação desta lista (se você tiver a lista). Escolha uma equação para a qual a única variável desconhecida seja a variável pedida no problema, Um plano mais simples é se lembrar apenas das Eqs. 9 e 13, e então resolvê-las como equações simultâneas quando for necessário. Um exemplo é dado no Problema Resolvido 2.5 Halliday 6º edição.

Equações para o movimento uniformemente acelerado

Equações para o movimento com aceleração constante

Equation Number	Equation	Missing Quantity
2-11	$v = v_0 + at$	$x - x_0$
2-15	$x - x_0 = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$	v
2-16	$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$	t
2-17	$x - x_0 = \frac{1}{2}(v_0 + v)t$	a
2-18	$x - x_0 = vt - \frac{1}{2}at^2$	v_0

Certifique-se que a aceleração é realmente constante antes de usar as equações na tabela

7. Aceleração Constante Revisitada

As duas primeiras equações da Tabela 2.1 são as equações básicas a partir das quais as outras podem ser deduzidas. Elas podem ser obtidas por integração da aceleração com a condição de a ser constante. Para achar a Eq. 2.11, reescrevemos a definição da aceleração (Eq. 2.8) como:

$$dV = a.dt \quad (17)$$

Em seguida, escrevemos a integral indefinida (***ou antiderivada***) dos dois lados da equação:

$$\int dV = \int a.dt \quad (18)$$

Como a aceleração a é uma constante, ela pode ser colocada fora da integral. Então obtemos:

$$\int dV = a.\int dt \quad (19)$$

Ou

$$V = a.t + C \quad (20)$$

Para calcularmos a constante de integração C, fazemos t = 0, no qual $V = V_o$. Substituindo estes valores na Eq. 2.20 (que deve valer para todos os valores de t, inclusive t = O) obtemos:

$$V_0 = (a).(o) + C = C$$

Substituindo esta equação na Eq. 2.20 nos dá a Eq. 2.11. Para deduzir a Eq. 2.15, reescrevemos a definição da velocidade (Eq. 2.4) como:

$$dX = V.dt$$

E então tomamos a integral indefinida de ambos os lados da equação obtendo:

$$\int dX = \int V.dt$$

Geralmente V não é constante, portanto não podemos passá-la para fora da integral. Entretanto, podemos substituir a expressão de V dada pela Eq. 2.11:

$$\int dX = \int (V_0 + a.t).dt$$

Como V_o é constante, como a aceleração ***a***, podemos reescrever esta equação como:

$$\int dX = V_0.\int dt + a.\int t.dt \quad .$$

Que integrada fornece:

$$X = V_0.t + \frac{1}{2}.a.t^2 + C' \quad (21)$$

Onde C' é outra constante de integração. No tempo t = 0, temos $X = X_o$. Substituindo estes valores na Eq. 21 obtemos X_o = C'. Substituindo C' por X_o na Eq. 21 chegamos à Eq. 13.

8. Aceleração de Queda Livre

Se você arremessasse um objeto para cima ou para baixo e pudesse de alguma maneira eliminar os efeitos do ar no seu vôo, você acharia que o objeto está acelerado para baixo a uma certa taxa constante. Essa taxa é chamada de **aceleração de queda livre**, e seu módulo é representado por g. A aceleração independe das características do objeto, tais como massa, massa específica ou forma; ela é a mesma para todos os objetos.

O valor de g varia ligeiramente com a latitude e com a elevação. Ao nível do mar em latitudes médias da Terra o valor é 9,8 m/S^2 (ou 32 ft/s^2), que é o que você deveria usar nos problemas deste capítulo.

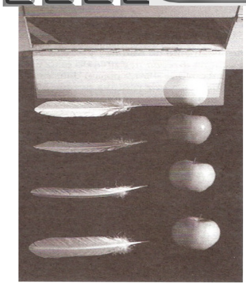

Fig. 2.9 Uma pena e uma maçã, sujeitas a queda livre no vácuo, se movem para baixo com o mesmo módulo da aceleração g. A aceleração faz com que as distâncias entre duas imagens sucessivas durante a queda aumentem, mas observe que, na ausência de ar, a pena e a maçã caem à mesma distância em cada tempo.

A aceleração de queda livre nas proximidades da superfície da Terra é a = - g = - 9,8 m/s² e o módulo da aceleração é g = 9,8 m/s². Não substitua - 9,8 m/s² no lugar de g.

Suponha que você arremesse um tomate para cima exatamente na direção vertical com uma velocidade inicial (positiva) V_0 e depois agarre-o quando ele retomar ao nível de onde foi solto. Durante o seu ***vôo de queda livre*** (imediatamente após ser lançado e imediatamente antes de ser pego), as equações da Tabela 2.1 se aplicam a seu movimento. A aceleração é sempre ***a*** = - g = - 9,8 m/s², negativa e portanto para baixo. A velocidade, no entanto, varia, como indicado pelas Eqs. 9 e 14: durante a subida, o módulo da velocidade positiva decresce, até se tomar momentaneamente nulo. Como o tomate parou neste instante, ele está na sua altura máxima. Durante a descida, o módulo da velocidade (agora negativa) cresce.

EXERCÍCIOS

5 **(Halliday 8⁰ Ed.)** A posição de um objeto que se move ao longo de um eixo x é dada por $x = 3t - 4t^2 + t^3$, onde x está em metros e t em segundos. Determine a posição do objeto para os seguintes valores de t;
a) 1 s;
b) 2 s;
c) 3 s;
d) 4 s;
e) Qual o deslocamento do objeto entre t = 0 e t = 4 s?
f) Qual a velocidade média para o intervalo de tempo de t = 2 s e t = 4 s?

11 **(Halliday 8⁰ Ed.)** Dois trens trafegam, no mesmo trilho, um em direção ao outro, cada um com uma velocidade escalar de *30 km/h*. Quando estão a *60 km* de distância um do outro, um pássaro, que voa a *60 km/h* , parte da frente de um trem para o outro. Alcançando o outro trem ele volta para o primeiro, e assim por diante. (Não temos idéia da razão do comportamento deste pássaro.) 60 km

15 **(Halliday 8⁰ Ed.)** Se a posição de uma partícula é dada por $x = 4 - 12t + 3t^2$, onde t está em segundos e x em metros),
a) Qual é a velocidade da partícula em t = 1s?
b) O movimento nesse instante é no sentido positivo ou negativo de x?
c) Qual a velocidade escalar da partícula nesse instante?

16 **(Halliday 8⁰ Ed.)** A posição de um elétron que se move ao longo do eixo x é dada por $x = 16te^{-t}$ m, onde t está em segundos. A que distância está o elétron da origem quando pára momentaneamente?

17 **(Halliday 8⁰ Ed.)** A posição de uma partícula que se move ao longo do eixo x é dada em centímetro por $x = 9{,}75 + 1{,}5t^3$, onde t está em segundos. Calcule:
a) A velocidade média durante o intervalo de tempo de t = 2s a t = 3 s;
b) A velocidade instantânea em t = 2 s;
c) A velocidade instantânea em t = 3s;
d) A velocidade instantânea em t = 2,5s;
e) A velocidade instantânea quando a partícula está na metade da distancia entre suas posições em t = 2 e t = 3s;

18 **(Halliday 8⁰ Ed.)** Se a posição de uma partícula é dada por $x = 20t - 5t^3$, onde x está em metros e t em segundos, em que instante (s):
a) A velocidade da partícula é zero?
b) A aceleração a é zero?
c) Para que intervalo de tempo (positivo ou negativo) a aceleração a é negativa?

34 **(Halliday 4⁰ Ed.)** A cabeça de uma cascavel pode acelerar *50 m/s²* no instante do ataque. Se um carro, partindo do repouso, também pudesse imprimir essa aceleração, em quanto tempo atingiria a velocidade de *90 km/h*? 0,5 s

38 **(Halliday 4⁰ Ed.)** Um jumbo precisa atingir uma velocidade de *360 km/h* para decolar. Supondo que a aceleração da aeronave seja constante e que a pista seja de *1,8 km,* qual o valor mínimo desta aceleração em km/h²? 36000

41 **(Halliday 4⁰ Ed.)** Um carro a *108 km/h* é freiado e pára em *45 m.*
a) Qual o módulo da aceleração (na verdade, da desaceleração) em unidades SI e em unidades *g?* Suponha que a aceleração é constante. a = 1 g
b) Qual é o tempo de frenagem? Se o seu tempo de reação $t_{reação}$, para freiar é de *400 ms* , a quantos "tempos de reação" corresponde o tempo de frenagem? 2,9 segundos

43 **(Halliday 4⁰ Ed.)** Em uma estrada seca, um carro com pneus em bom estado é capaz de freiar com uma desaceleração de *4,92 m/s²* (suponha constante).
a) Viajando inicialmente a *24,6 m/s*, em quanto tempo esse carro conseguirá parar? 5 segundos
b) Que distância percorre nesse tempo? 61,5 metros

45 **(Halliday 4⁰ Ed.)** Os freios de um carro são capazes de produzir uma desaceleração de 5,2 m/s².
a) Se você está dirigindo a 160 km/h e avista, de repente, um posto policial, qual o tempo mínimo necessário para reduzir a velocidade até o limite permitido de 80 km/h? 4 segundos

54 **(Halliday 4⁰ Ed.)** Quando a luz verde de um sinal de trânsito acende, um carro parte com aceleração constante *a = 2,5 m/s²*. No mesmo instante, um caminhão, com velocidade constante de 10 *m/s*, ultrapassa o automóvel.
a) A que distância, após o sinal, o automóvel ultrapassará o caminhão? 80 metros
b) Qual a velocidade do carro nesse instante? 20 m/s

61 **(Halliday 4⁰ Ed.)** Considere que a chuva cai de uma nuvem, 12500 m acima da superfície da Terra. Se desconsiderarmos a resistência do ar, com que velocidade as gotas de chuva atingiriam o solo? Seria seguro caminhar ao ar livre num temporal? (Dado: a gravidade g igual 10 m/s².). Calcule a velocidade com que a gota atinge o solo.
1800 km/h