



Física I ^{Para} leigos

A física envolve muito cálculo e resolução de problemas. Ter ao alcance das mãos as equações e fórmulas mais usadas pode ajudá-lo a realizar essas tarefas com mais eficiência e precisão.

EQUAÇÕES E FÓRMULAS DA FÍSICA

A física está repleta de equações e fórmulas que lidam com movimento angular, máquinas de Carnot, fluidos etc.

Veja uma lista de algumas fórmulas e equações físicas importantes para manter à mão — organizadas por assunto — para que você não precise procurar muito para encontrá-las.

MOVIMENTO ANGULAR

Equações de movimento angular são relevantes sempre que você tiver movimentos rotacionais ao redor de um eixo. Quando o objeto rotaciona por um ângulo θ com velocidade angular ω e aceleração angular α , você pode usar estas equações para reunir esses valores.



LEMBRE-SE

Você deve usar radianos para medir o ângulo. Além disso, se souber que a distância do eixo é r , então pode descobrir a distância linear viajada, s ; a velocidade, v ; a aceleração centrípeta, a_c ; e a força, F_c . Quando um objeto com um momento de inércia, I (o equivalente angular da massa), tiver uma aceleração angular, α , então há um torque líquido, $\Sigma\tau$.

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

$$\theta = \omega_i(t_t - t_i) + \frac{1}{2}\alpha(t_t - t_i)^2$$

$$\omega_t^2 - \omega_i^2 = 2\alpha\theta$$

$$s = r\theta$$

$$v = r\omega$$

$$a = r\alpha$$

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

$$F_c = \frac{mv^2}{r}$$

$$\Sigma\tau = I\alpha$$

$$I = \Sigma mr^2$$



Física I Para leigos

MÁQUINAS DE CARNOT

Uma máquina térmica recebe calor, Q_h , de uma fonte de alta temperatura a uma medida T_h e a move para um dissipador de temperatura (temperatura T_c) a uma taxa Q_c ; no processo, realiza trabalho mecânico, W . (Esse processo pode ser revertido de forma que o trabalho seja realizado para mover o calor na direção oposta — uma bomba de calor.) A quantidade de trabalho realizado em proporção à quantidade de calor extraído da fonte de calor é o rendimento da máquina. Uma máquina de Carnot é reversível e tem o maior rendimento possível, dado pelas equações a seguir. O equivalente do rendimento para uma bomba de calor é o coeficiente da performance.

$$\text{Eficiência} = \frac{W}{Q_h}$$

$$\frac{Q_c}{Q_h} = \frac{T_c}{T_h}$$

$$\text{Eficiência} = 1 - \left(\frac{Q_c}{Q_h} \right) = 1 - \left(\frac{T_c}{T_h} \right)$$

$$\text{Coeficiente de performance} = \frac{Q_h}{W}$$

$$\text{Coeficiente de performance} = \frac{1}{1 - \left(\frac{Q_c}{Q_h} \right)} = \frac{1}{1 - \left(\frac{T_c}{T_h} \right)}$$

FLUIDOS

Um volume, V , de fluido com massa, m , tem densidade, ρ . Uma força, F , sobre uma área, A , faz surgir uma pressão, P . A pressão de um fluido a uma profundidade h depende da densidade e da constante gravitacional, g . Objetos imersos em um fluido causando uma massa de peso, $W_{\text{fluido deslocado}}$, faz surgir uma força de empuxo direcionada para cima, F_{empuxo} . Por causa da conservação da massa, a taxa de fluxo de volume de um fluido se movendo com velocidade, v , por uma área transversal, A , é constante. A equação de Bernoulli relaciona a pressão e a velocidade de um fluido.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$P = \frac{F}{A}$$

$$\Delta P = \rho gh$$

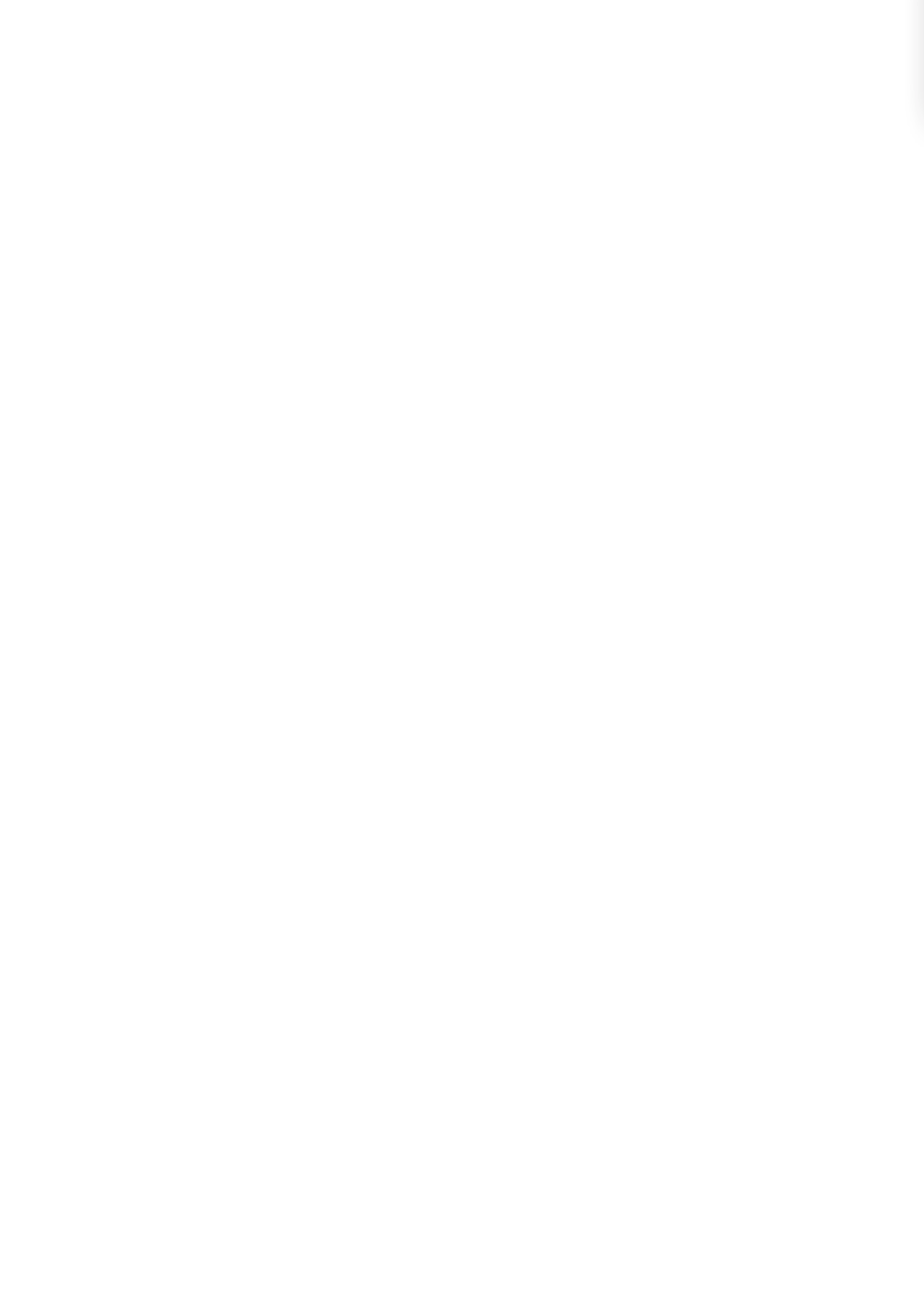
$$F_{\text{flutuação}} = W_{\text{água deslocada}}$$

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$$

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g y_2$$

Física I

Para
leigos





Física I

Para
leigos

Tradução da 2ª Edição

Steven Holzner



ALTA BOOKS
EDITORA
Rio de Janeiro, 2019

Sobre o Autor

Steven Holzner foi um autor premiado com mais de 130 livros, que venderam mais de 2 milhões de cópias e foram traduzidos para 23 idiomas. Trabalhou na faculdade de física na Cornell University por mais de uma década, ensinando Física 101 e Física 102. Dr. Holzner fez seu doutorado em física na Cornell e realizou seu trabalho de pós-graduação no MIT, onde também foi membro do corpo docente.

Dedicatória

Para Nancy.

Agradecimentos do Autor

Qualquer livro como este é um trabalho de muitas pessoas além do autor. Gostaria de agradecer à minha editora de aquisições, Stacy Kennedy, e a todas as outras pessoas que contribuíram com o conteúdo deste livro, incluindo Tracy Barr, Danielle Voirol, Joel Bryan, Eric Hedin e Neil Clark. Obrigado a todos.

Sumário Resumido

Introdução	1
Parte 1: Colocando a Física em Movimento	7
CAPÍTULO 1: Usando a Física para Entender o Seu Mundo	9
CAPÍTULO 2: Revisando as Medidas Físicas e os Fundamentos Matemáticos	19
CAPÍTULO 3: Explorando a Necessidade de Velocidade	33
CAPÍTULO 4: Seguindo Direções: Movimento em Duas Dimensões	59
Parte 2: Que as Forças da Física Estejam com Você	85
CAPÍTULO 5: Quando o Empuxo Vem Empurrar: Força	87
CAPÍTULO 6: Indo ao que Interessa com Gravidade, Planos Inclinados e Atrito ..	107
CAPÍTULO 7: Circulando em Torno do Movimento Rotacional e das Órbitas.	127
CAPÍTULO 8: Siga o Fluxo: Observando a Pressão em Fluidos	149
Parte 3: Manifestando a Energia para o Trabalho	173
CAPÍTULO 9: Obtendo Trabalho com a Física	175
CAPÍTULO 10: Colocando Objetos em Movimento: Quantidade de Movimento e Impulso	199
CAPÍTULO 11: Serpenteando com a Cinética Angular	219
CAPÍTULO 12: Circulando com a Dinâmica Rotacional	245
CAPÍTULO 13: Molas: Movimento Harmônico Simples.	263
Parte 4: Estabelecendo as Leis da Termodinâmica	283
CAPÍTULO 14: Esquentando com a Termodinâmica	285
CAPÍTULO 15: Aqui, Pegue Meu Casaco: Como o Calor É Transferido	301
CAPÍTULO 16: No Melhor de Todos os Mundos: A Lei dos Gases Ideais	317
CAPÍTULO 17: Calor e Trabalho: As Leis da Termodinâmica	331
Parte 5: A Parte dos Dez	363
CAPÍTULO 18: Dez Heróis da Física	365
CAPÍTULO 19: Dez Teorias Extraordinárias da Física	373
Glossário	381
Índice	387

Introdução

Física é tudo. *Tudo* o quê? Todas as coisas. Ela está presente em toda ação à sua volta. E, como está por toda parte, chega a alguns lugares complicados e pode ficar difícil de acompanhar. Estudar física pode ser ainda pior quando você lê um livro denso e complicado.

Para a maioria das pessoas que entra em contato com a física, os livros didáticos com cerca de 1.200 páginas são sua única opção neste campo surpreendentemente rico e gratificante. E o que se segue são lutas cansativas quando os leitores tentam escalar uma impressionante murada de volumes enormes. Nenhuma alma corajosa quis escrever um livro sobre física do ponto de vista do *leitor*? Existe uma alma pronta para essa tarefa, e estou aqui com tal livro.

Sobre Este Livro

Física I Para Leigos, tradução da 2ª edição, é todo sobre física do seu ponto de vista. Ensinei física a milhares de alunos no nível universitário e, a partir dessa experiência, sei que a maioria dos estudantes compartilha um traço comum: a confusão. Do tipo: “Estou confuso com o que fiz para merecer tal tortura.”

Este livro é diferente. Em vez de escrevê-lo a partir do ponto de vista do físico ou do professor, escrevi a partir do ponto de vista do leitor. Depois de milhares de aulas particulares, sei em que parte um livro normalmente começa a confundir as pessoas e tive muito cuidado para descartar um pouco de explicações passo a passo. Você não sobrevive às aulas particulares por muito tempo, a menos que saiba o que realmente faz sentido para as pessoas — o que elas querem ver a partir de *seus* pontos de vista. Em outras palavras, planejei este livro para estar repleto de coisas boas — e *apenas* as coisas boas. Descubra também maneiras únicas de enxergar os problemas que os professores usam para simplificar sua compreensão.

Convenções Usadas Neste Livro

Alguns livros têm várias convenções que você precisa conhecer antes de começar. Este não. Tudo o que precisa saber é que variáveis e termos novos aparecem em itálico, *assim*, e que os vetores — os itens que têm uma grandeza e uma direção — aparecem em **negrito**. Endereços de sites aparecem em `monofont`.

Só de Passagem

Forneço dois elementos neste livro que você não terá que ler se não estiver interessado nos trabalhos internos da física — boxes e parágrafos marcados com o ícone Papo de Especialista.

Os boxes proporcionam um pouco mais de visão sobre o que está acontecendo com um tópico específico. Eles fornecem um pouco mais de história, por exemplo, de como algum físico famoso fez o que fez ou de uma aplicação real inesperada do ponto discutido. Você pode pular esses boxes, se quiser, sem perder nada essencial.

O material Papo de Especialista oferece visões técnicas sobre um tópico, mas não se perde nenhuma informação necessária para resolver um problema. Nada será perdido do seu tour guiado pelo mundo da física.

Penso que...

Ao escrever este livro, fiz algumas suposições sobre você:

- » Você não tem nenhum ou muito pouco conhecimento prévio de física.
- » Você tem certo talento matemático. Em particular, sabe álgebra e um pouco de trigonometria. Não é preciso ser um profissional da álgebra, mas é necessário saber como mover itens de um lado para o outro da equação e como encontrar valores.
- » Você quer explicações claras e concisas de conceitos da física, e quer exemplos que mostrem esses conceitos na prática.

Como Este Livro Está Organizado

O mundo natural é *grande*. E, para lidar com ele, a física o divide em partes diferentes. As seções a seguir apresentam as várias partes encontradas neste livro.

Parte 1: Colocando a Física em Movimento

Você geralmente inicia sua jornada da física com o movimento, pois descrevê-lo — incluindo aceleração, velocidade e deslocamento — não é muito difícil. Você precisa lidar com poucas equações e pode dominá-las em pouco tempo. Examinar o movimento é uma ótima maneira de entender como a física funciona, tanto medindo quanto prevendo o que está acontecendo.

Parte 2: Que as Forças da Física Estejam com Você

“Para toda ação, há uma reação oposta e de igual intensidade.” Já ouviu isso? A lei e suas implicações associadas aparecem nesta parte. Sem forças, o movimento dos objetos não aconteceria, contribuindo para um mundo bem chato. Graças ao Sr. Isaac Newton, a física é particularmente boa em explicar o que acontece quando forças são aplicadas. Você também dá uma olhada no movimento dos fluidos nesta parte.

Parte 3: Manifestando a Energia para o Trabalho

Se aplicar uma força em um objeto, movendo-o e fazendo-o ir de modo mais rápido, o que você realmente está fazendo? Está fazendo um trabalho, e esse trabalho se transforma na energia cinética desse objeto. Juntos, o trabalho e a energia explicam muito sobre o mundo louco à nossa volta, e é por isso que dedico a Parte 3 a esses tópicos.

Parte 4: Estabelecendo as Leis da Termodinâmica

O que acontece quando coloca seu dedo em uma vela acesa e deixa ele lá? Você queima o dedo! E completa um experimento de transferência de calor, um dos tópicos da Parte 4, um resumo da termodinâmica — a física do calor e do fluxo dele. Também vemos como as máquinas térmicas funcionam, como o gelo derrete, como o gás ideal se comporta e muito mais.

Parte 5: A Parte dos Dez

A Parte dos Dez é composta de listas rápidas com dez itens cada uma. Descubra todos os tipos de tópicos surpreendentes aqui, como um pouco de física legal — tudo, desde buracos negros e o Big Bang, até os buracos no espaço e a menor distância em que o espaço pode ser dividido — além de alguns cientistas famosos cujas contribuições fizeram uma diferença enorme no campo.

Ícones Usados Neste Livro



LEMBRE-SE

Você pode encontrar alguns ícones neste livro que chamam atenção para certas informações. Aqui estão os significados dos ícones:

Este ícone marca as informações que devem ser lembradas, como a aplicação de uma lei da física ou um atalho para uma equação particularmente interessante.



DICA

Ao se deparar com este ícone, esteja preparado para encontrar um atalho nos cálculos ou informações que o ajudarão a entender melhor um tópico.



CUIDADO

Este ícone destaca erros comuns que as pessoas cometem ao estudar física e resolver problemas.



PAPO DE ESPECIALISTA

Este ícone significa que a informação é técnica, de especialista. Você não precisa ler se não quiser, mas, caso queira se tornar um especialista em física (e quem não quer?), dê uma olhada.

Além Deste Livro

Você pode acessar a Folha de Cola Online no site da editora Alta Books (www.altabooks.com.br). Procure pelo título do livro. Faça o download da Folha de Cola completa, bem como de erratas e possíveis arquivos de apoio.

De Lá para Cá, Daqui para Lá...

Você pode folhear este livro; não precisa lê-lo do início ao fim. Como alguns outros livros *Para Leigos*, este foi planejado para permitir que o leitor vá e volte o quanto quiser. Este é seu livro e a física é o seu mundo. Você pode pular para o Capítulo 1, que é onde a ação começa; pode ir para o Capítulo 2 para ver uma análise sobre a álgebra e a trigonometria necessárias; ou pode pular para qualquer parte desejada se souber exatamente qual tópico deseja estudar. E quando estiver pronto para tópicos mais avançados, de eletromagnetismo à relatividade e à física nuclear, confira *Física II Para Leigos*.

1

Colocando a Física em Movimento

NESTA PARTE...

A Parte 1 serve para introduzi-lo às formas da física. O movimento é um dos tópicos de física mais fáceis de se trabalhar, e você pode se tornar um mestre do movimento com apenas algumas equações. Esta parte também o equipa com informações básicas sobre matemática e medidas para mostrar como as equações de física descrevem o mundo ao seu redor. É só inserir os números e você fará cálculos que deixarão seus colegas de queixo caído.

- » Reconhecendo a física no seu mundo
- » Entendendo o movimento
- » Lidando com a força e a energia ao seu redor
- » Esquentando com a termodinâmica

Capítulo **1**

Usando a Física para Entender o Seu Mundo

A física é o estudo do mundo e do Universo à sua volta. Por sorte, os comportamentos da matéria e da energia — as coisas deste Universo — não são completamente incontroláveis. Na verdade, elas obedecem leis rígidas, que os físicos revelam gradualmente por meio de aplicações cuidadosas do *método científico*, que depende da evidência experimental e de certo raciocínio rigoroso. Assim, os físicos têm descoberto cada vez mais a beleza que reside no coração dos trabalhos do Universo, do infinitamente pequeno ao surpreendentemente grande.

A física é uma ciência abrangente. Você pode estudar vários aspectos do mundo natural (na verdade, a palavra *física* deriva do grego *physika*, que significa “coisas naturais”) e, conseqüentemente, pode estudar diferentes campos: a física dos objetos em movimento, da energia, das forças, dos gases, do calor

e da temperatura, e assim por diante. Desfrute do estudo de todos esses tópicos e muitos outros neste livro. Neste capítulo, dou uma visão geral da física — o que é, do que trata e por que os cálculos matemáticos são importantes para ela — para começar.

O que É Física

Muitas pessoas ficam nervosas quando pensam na física. Para elas, o assunto parece um tópico intelectual que tira números e regras do além. Mas a verdade é que a física existe para ajudá-lo a compreender o mundo. É uma aventura humana, executada em nome de todos, sobre a forma em que o mundo funciona.



LEMBRE-SE

Na raiz, a física se trata de conscientizar-se do seu mundo e de usar modelos mentais e matemáticos para explicá-lo. A essência é a seguinte: comece fazendo uma observação, crie um modelo para simular essa situação e, então, acrescente um pouco de matemática para preencher — e voilà! Você tem o poder de prever o que acontecerá no mundo real. Toda essa matemática existe para que veja o que acontece e por que acontece.

Nesta seção, explico como as observações do mundo real se encaixam na matemática. As seções posteriores o levam em uma turnê curta de tópicos-chave que abrangem a física básica.

Observando o mundo

Você pode observar muitas coisas acontecendo à sua volta em seu mundo complexo. As folhas estão balançando, o sol está brilhando, as lâmpadas estão acesas, os carros estão se movendo, as impressoras estão imprimindo, as pessoas estão caminhando e andando de bicicleta, os rios estão fluindo e assim por diante. Quando para e examina essas ações, sua curiosidade natural dá margem a perguntas infinitas, como estas:

- » Por que escorrego quando tento escalar um monte de neve?
- » Qual é a distância das estrelas e quanto tempo levaria para chegar lá?
- » Como funciona a asa de um avião?
- » Como uma garrafa térmica mantém quentes as coisas quentes e frias as coisas frias?
- » Por que um navio de cruzeiros enorme flutua e um clipe de papel afunda?
- » Por que a água borbulha quando ferve?

Qualquer lei da física vem de uma observação muito atenta do mundo, e qualquer teoria que um físico elabore precisa enfrentar medidas experimentais. Este estudo vai além das declarações qualitativas sobre coisas físicas — “Se eu empurrar a criança no balanço com mais força, então ela balançará mais alto”, por exemplo. Com as leis, é possível prever precisamente a altura que a criança no balanço alcançará.

Fazendo previsões

A física trata de modelar o mundo (embora um ponto de vista alternativo alegue que ela, na realidade, revela a verdade sobre o funcionamento do mundo; não só o modela). Use esses modelos mentais para descrever como o mundo funciona: como blocos deslizam rampa abaixo, como as estrelas se formam e brilham, como os buracos negros prendem a luz para que não possa escapar, o que acontece quando carros colidem e assim por diante.

Quando esses modelos são criados pela primeira vez, às vezes têm pouco a ver com números; apenas tratam da essência da situação. Por exemplo, uma estrela é formada por esta camada e depois aquela camada e, como resultado, esta reação ocorre seguida por aquela. E — bum! — temos uma estrela. Com o passar do tempo, esses modelos ficam mais numéricos, e é aí que os alunos começam a ter problemas. As aulas de física seriam moleza se você pudesse simplesmente dizer: “Aquele carro vai rolar ladeira abaixo e, ao chegar próximo do fim, rolará cada vez mais rápido.” Mas a história é mais complicada — podemos não só dizer que o carro rolará mais rápido, mas, ao exercer sua maestria sobre o mundo físico, também podemos dizer que velocidade ele alcançará.

Há uma interação delicada entre a teoria, formulada com matemática, e as medidas experimentais. Muitas vezes, as medidas experimentais não só verificam teorias, mas também sugerem ideias para novas teorias, que por sua vez sugerem novos experimentos. Ambas se alimentam e levam a mais descobertas.

Muitas pessoas que abordam esse assunto podem achar que a matemática é algo tedioso e abstrato demais. No entanto, no contexto da física, a matemática ganha vida. Uma equação quadrática pode parecer um pouco seca, mas, quando você a utiliza para encontrar o ângulo correto para disparar um foguete na trajetória perfeita, pode achá-la mais palatável. O Capítulo 2 explica toda a matemática necessária para realizar cálculos básicos de física.

Colhendo as recompensas

Então o que você conseguirá com a física? Se quiser seguir uma carreira na área ou em um campo alinhado, como a engenharia, a resposta é clara: precisará deste conhecimento diariamente. Mas, mesmo que não esteja planejando embarcar em uma carreira relacionada, pode ganhar muito ao estudar o assunto. É possível aplicar na vida real muito do que se descobre em um curso introdutório de física:

- » De certo modo, todas as outras ciências são baseadas na física. Por exemplo, a estrutura e as propriedades elétricas dos átomos determinam as reações químicas; portanto, toda a química é governada pelas leis da física. Na verdade, você poderia argumentar que tudo acaba se resumindo nas leis da física!
- » A física trata de alguns fenômenos bem legais. Muitos vídeos de fenômenos físicos são virais do YouTube; confira. Faça uma pesquisa por “fluido não newtoniano” e poderá assistir à dança lenta e fluida de uma mistura de água e amido de milho em um alto-falante.
- » Mais importantes do que as aplicações da física são as habilidades de resolução de problemas que ela proporciona para abordar qualquer tipo de questão. Os problemas de física o treinam a recuar, considerar suas opções para atacar, selecionar seu método e, então, resolver o problema da forma mais fácil possível.

Observando Objetos em Movimento

Algumas das perguntas mais fundamentais que você pode ter sobre o mundo lidam com os objetos em movimento. Aquela pedra rolando em sua direção diminuirá de velocidade? Com que rapidez você terá que se mover para sair de seu caminho? (Espere só um pouco enquanto pego minha calculadora...) O movimento foi uma das primeiras explorações da física.

Quando olhamos em volta, vemos que o movimento dos objetos muda o tempo todo. Você vê uma folha caindo e, então, parando quando atinge o chão, apenas para ser apanhada de novo pelo vento. Vê uma bola de sinuca atingir as outras do modo errado para que todas se movam sem ir para onde deveriam. A Parte 1 deste livro lida com objetos em movimento — de bolas a vagões de trem e a maioria dos objetos intermediários. Nesta seção, apresento o movimento em linha reta, o movimento rotacional e o movimento cíclico de molas e pêndulos.

Medindo a rapidez, a direção, a velocidade e a aceleração

A rapidez é importante para os físicos — a que velocidade um objeto está se movendo? Cinquenta e seis quilômetros por hora não é o bastante? Que tal 5.600? Isso não é problema quando se trata da física. Além da rapidez, a direção para a qual um objeto se move é importante se você quiser descrever seu movimento. Se o time da casa está levando a bola pelo campo, você precisa garantir que estejam indo na direção certa.

Quando junta a rapidez e a direção, obtém um vetor — o vetor velocidade. Os vetores são um tipo muito útil de quantidade. Tudo o que tem tamanho e direção é melhor descrito com um *vetor*. Os vetores geralmente são representados por flechas, em que o comprimento da flecha dá a magnitude (tamanho) e para onde a flecha aponta dá a direção. Para um vetor velocidade, o comprimento corresponde à rapidez do objeto, e a flecha aponta para a direção em que o objeto está se movendo. (Para descobrir como usar vetores, vá ao Capítulo 4.)

Tudo tem uma velocidade, então ela é ótima para descrever o mundo ao seu redor. Mesmo que um objeto esteja em repouso em relação ao solo, ele ainda está na Terra, que tem uma velocidade. (E, se tudo tem uma velocidade, não é de se espantar que os físicos continuem recebendo financiamento — alguém precisa medir todo esse movimento.)

Se você já andou de carro, sabe que a velocidade não é o fim da história. Os carros não ligam a 90km por hora; eles precisam acelerar até atingir essa velocidade. Como a velocidade, a aceleração não tem apenas uma magnitude, mas também uma direção, então a aceleração também é um vetor na física. Trato de rapidez, velocidade e aceleração no Capítulo 3.

Girando e girando: Movimento rotacional

Muitas coisas giram no mundo cotidiano — CDs, DVDs, pneus, braços de arremessadores, roupas na secadora, montanhas-russas fazendo loop, ou apenas crianças girando de alegria com a primeira nevasca. Sendo esse o caso, os físicos querem entrar em ação com as medidas. Assim como você pode ter um carro se movendo e acelerando em linha reta, seus pneus podem girar e acelerar em um círculo.

Passar do mundo linear para o rotacional é bem fácil, porque há *análogos* (palavra chique para “equivalentes”) físicos úteis para tudo o que é linear no mundo rotacional. Por exemplo, a distância percorrida se transforma em uma volta angular. A velocidade em metros por segundo se transforma em uma velocidade em volta angular por segundo. Até a aceleração linear se transforma em aceleração rotacional.

Então, quando você sabe movimento linear, o movimento rotacional vem de mão beijada. Use as mesmas equações para ambos, o movimento linear e o angular — apenas símbolos diferentes com significados levemente diferentes (o ângulo substitui a distância, por exemplo) —, e estará pronto para dar voltas em pouco tempo. O Capítulo 7 tem mais detalhes.

Molas e pêndulos: Movimento harmônico simples

Você já viu alguma coisa balançando para cima e para baixo em uma mola? Esse tipo de movimento intrigou os físicos por muito tempo, mas então eles colocaram as mãos na massa. Descobriram que, quando uma mola é esticada, a força não é constante. A mola puxa de volta, e, quanto mais você puxa a mola, com mais força ela puxa de volta.

Então como a força é comparada à distância que você puxa uma mola? A força é diretamente proporcional à quantidade que a mola é esticada: dobre a quantidade em que a mola é esticada e será dobrada a quantidade de força que ela puxa de volta.

Os físicos ficaram extasiados — esse era o tipo de matemática que eles entendiam. Força proporcional à distância? Ótimo — coloque esse relacionamento em uma equação e pode utilizá-la para descrever o movimento do objeto ligado a uma mola. Os físicos obtiveram resultados que diziam exatamente como objetos ligados a uma mola se moveriam — outra vitória.

Essa vitória em particular é chamada de *movimento harmônico simples*. É *simples* porque a força é diretamente proporcional à distância, então o resultado é simples. É *harmônico* porque se repete à medida que o objeto na mola pula para cima e para baixo. Os estudiosos eram capazes de derivar equações simples que poderiam dizer exatamente onde o objeto estaria a qualquer momento no tempo.

Mas isso não é tudo. O movimento harmônico simples se aplica a muitos objetos no mundo real, não apenas a coisas em molas. Os pêndulos, por exemplo, também se movem em movimento harmônico simples. Digamos que você tenha uma pedra balançando para frente e para trás em uma corda. Contanto que o arco em que se move não seja alto demais, a pedra em uma corda é um pêndulo; portanto, segue o movimento harmônico simples. Se você conhece o comprimento da corda e o tamanho do ângulo que o balanço cobre, pode prever onde a pedra estará a qualquer momento. Eu abordo o movimento harmônico simples no Capítulo 13.

Quando o Empuxo Empurra: Forças

As forças são um favorito em particular na física. Você precisa de forças para mover coisas paradas — literalmente. Considere uma pedra no chão. Muitos físicos (exceto, talvez, os geofísicos) a considerariam de maneira suspeita. Ela está lá parada. Qual é a graça nisso? O que se pode medir com isso? Depois de medirem seu tamanho e massa, os físicos perderiam o interesse.

Mas chute a pedra — isto é, aplique uma força — e veja os físicos voltarem correndo. Agora algo está acontecendo — a pedra começou em repouso, mas agora se move. Você pode encontrar todo tipo de número associado a esse movimento. Por exemplo, é possível conectar a força aplicada a alguma coisa à sua massa e obter a aceleração. E os físicos adoram números, porque eles os ajudam a descrever o que está acontecendo no mundo físico.

Os estudiosos da física são especialistas em aplicar forças a objetos e prever resultados. Tem uma geladeira para empurrar rampa acima e quer saber se vai conseguir? Pergunte a um físico. Tem um foguete para lançar? Faça o mesmo.

Absorvendo a energia ao seu redor

Você não precisa procurar muito para encontrar a próxima parte da física. (Nunca.) Ao sair de casa pela manhã, por exemplo, pode ouvir uma batida na rua. Dois carros colidiram em alta velocidade e, grudados, estão deslizando na sua direção. Graças à física (e mais especificamente à Parte 3 deste livro), é possível fazer as medições e previsões necessárias para saber exatamente a distância que você precisa percorrer para sair do caminho.

Ter as ideias de energia e quantidade de movimento dominadas ajuda nessa hora. Usam-se essas ideias para descrever o movimento de objetos com massa. A energia do movimento é chamada de *energia cinética*, e, quando aceleramos um carro de 0 a 90km por hora em 10 segundos, ele acaba com bastante energia cinética.

De onde vem a energia cinética? Ela vem do *trabalho*, que é o que acontece quando uma força move um objeto por uma distância. A energia também pode vir da *energia potencial*, a armazenada no objeto, que vem do trabalho feito por um tipo específico de força, como a gravidade ou as forças elétricas. Usando a gasolina, por exemplo, um motor realiza trabalho no carro para que ele tenha velocidade. Mas você precisa de uma força para acelerar alguma coisa,

e, surpreendentemente, o motor realiza trabalho no carro usando a força do atrito com a estrada. Sem o atrito, as rodas simplesmente girariam, porém, por causa da força do atrito, os pneus transmitem uma força para a estrada. Para cada força entre dois objetos, há uma força reativa de tamanho igual, mas de direção oposta. Então a estrada também exerce uma força sobre o carro, que o faz acelerar.

Ou digamos que você esteja movendo um piano pelas escadarias do seu novo prédio. Depois de subir as escadas, seu piano tem energia potencial, simplesmente porque você exerceu bastante trabalho contra a gravidade para fazê-lo subir seis andares. Infelizmente, seu colega de apartamento odeia pianos e derruba o seu pela janela. O que acontece em seguida? A energia potencial do piano devido à sua altura em um campo gravitacional é convertida em energia cinética, a energia do movimento. Você decide calcular a velocidade final do piano no momento em que ele atinge o chão. (Depois, calcula a conta do piano, entrega para o seu colega de apartamento e desce as escadas para buscar sua bateria.)

Isso é pesado: Pressões em fluidos

Já reparou que quando você está a 1.500m de profundidade no oceano, a pressão é diferente da superfície? Nunca esteve 1.500m abaixo das ondas do oceano? Então talvez tenha notado a diferença na pressão ao mergulhar em uma piscina. Quanto mais fundo for, maior a pressão, porque o peso da água acima de você exerce uma força para baixo. *Pressão* é apenas a força por área.

Você tem uma piscina? Qualquer físico que se preze pode dizer-lhe a pressão aproximada no fundo se souber a profundidade da piscina. Ao trabalhar com fluidos, há vários tipos de outras quantidades a serem medidas, como a velocidade dos fluidos por pequenos buracos, a densidade de um fluido e assim por diante. Mais uma vez, os estudiosos respondem com elegância sob pressão. Leia sobre forças em fluidos no Capítulo 8.

Sentindo-se Quente, mas Não Incomodado: Termodinâmica

O calor e o frio fazem parte da sua vida cotidiana. Já deu uma olhada nas gotas de condensação em um copo de água fria em um cômodo quente? O vapor da água no ar é resfriado quando toca o vidro e condensa como líquido. O vapor condensado da água passa a energia térmica para o copo, que passa energia térmica para a bebida gelada, que acaba ficando mais quente como resultado.

A *termodinâmica* pode dizer quanto calor você está irradiando em um dia frio, quantas bolsas de gelo precisa para resfriar um poço de lava e qualquer outra coisa que lide com a energia do calor. Também podemos levar o estudo da termodinâmica para além do planeta Terra. Por que o espaço é frio? Em um ambiente normal, irradiamos calor a tudo à nossa volta, e tudo à nossa volta irradia calor de volta. Mas no espaço o nosso calor apenas se irradia, portanto, podemos congelar.

A irradiação do calor é apenas uma das três maneiras pelas quais o calor pode ser transferido. Você pode descobrir muito sobre o calor, seja criado por uma fonte de calor como o Sol ou por atrito, nos tópicos da Parte 4.

