

## Isaac Newton

(1642 - 1727)

O homem de cabelos brancos fechou o caderno, onde, com escrita regular e miúda, se alinhavam seus cálculos, e recostou-se na cadeira. Naqueles cálculos, naquele caderno fechado que lhe custara tantos esforços e deduções, mais um mistério fora revelado aos homens. E talvez tenha sentido grande orgulho ao pensar nisso.

Esse ancião grisalho, Isaac Newton, era reverenciado na Inglaterra do século XVIII como o maior dos cientistas. Para seus contemporâneos, representava o gênio que codificara as leis do movimento da matéria e explicara como e por que se movem os astros ou as pedras. Uma lenda viva, recoberto de honras e glória, traduzido e reverenciado em toda a Europa, apontado como exemplo da grandeza "moderna" contraposta à grandeza "antiga" que Aristóteles representava. Ainda hoje, *seus Princípios* constituem um monumento da história do pensamento, só comparável às obras de Galileu e Einstein.

Mas o trabalho que Newton, velho e famoso, acabara de concluir - um dos tantos aos quais dedicou boa parte de sua vida e ao qual atribuía tanta importância - nada tinha a ver com ciência. Era um *Tratado sobre a Topografia do Inferno*. Lá estavam deduzidos o tamanho, volume e comprimento dos círculos infernais, sua profundidade e outras medidas. Essa prodigiosa mente científica envolvia-se também num misticismo sombrio e extravagante, que atribuía ao inferno uma realidade física igual à deste mundo.

Newton, entretanto, era acima de tudo um tímido e poucos souberam dessa obra, que só nos anos vinte deste século começou a ser divulgada.

Isaac Newton nasceu em Woolsthorpe, no Lincolnshire, Inglaterra, no Natal do ano em que morria Galileu: 1642. Seu pai, um pequeno proprietário rural, havia morrido um pouco antes; três anos mais tarde, a mãe casou-se outra vez, e, mudando de cidade, deixou o pequeno Isaac aos cuidados da avó. Até os doze anos de idade, o menino freqüentou a escola de Grantham, aldeia próxima a Woolsthorpe.

Em 1660, foi admitido na Universidade de Cambridge, conseguindo o grau de bacharel em 1665; nesse ano, uma epidemia de peste negra abateu-se sobre toda a Inglaterra, e a Universidade viu-se obrigada a fechar suas portas. Newton voltou então para casa, onde se dedicou exclusivamente ao estudo, fazendo-o, segundo suas próprias palavras, "com uma intensidade que nunca mais ocorreu". A essa época remontam suas primeiras intuições sobre os assuntos que o tornariam célebre: a teoria corpuscular da luz, a teoria da gravitação universal e as três leis da Mecânica.

Newton retornou a Cambridge em 1667, doutorando-se em 1668. No ano seguinte, um de seus professores, o matemático Isaac Barrow, renunciou às suas funções acadêmicas, para dedicar-se exclusivamente ao estudo da teologia; nomeou Newton seu sucessor, que, assim, com apenas 26 anos de idade, já era catedrático, cargo que ocuparia durante um quarto de século.

Em 1666, enquanto a peste assolava o país, Newton comprou, na feira de Woolsthorpe, um prisma de vidro. Um mero peso de papel, que iria ter grande importância na história da Física. Observando, em seu quarto, como um raio de sol vindo da janela se decompunha ao atravessar o prisma, Newton teve sua atenção atraída pelas cores do espectro. Colocando um papel no caminho da luz que emergia do prisma apareciam as sete cores do espectro, em raias sucessivas: vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, anil e violeta. A sucessão de faixas coloridas recebeu do próprio Newton o nome de *espectro*, em alusão ao fato de que as cores que se produzem estão presentes, mas escondidas, na luz branca.

Newton foi além, repetindo a experiência com todas as raias correspondentes às sete cores. Mas a decomposição não se repetia: as cores permaneciam simples. Inversamente, ele concluiu que a luz branca é, na realidade, composta de todas as cores do espectro. E provou isso reunindo as raias coloridas de duas maneiras diferentes: primeiro, mediante uma lente, obtendo, em seu foco, a luz branca; e, depois, através de um dispositivo mais simples, que passou a ser conhecido como *disco de Newton*. Trata-se de um disco dividido em sete setores, cada um dos quais pintado com uma das cores do espectro. Fazendo-o girar rapidamente, as cores se superpõem sobre a retina do olho do observador, e este recebe a sensação do branco.

Nos anos que se seguiram, já de novo em Cambridge, Newton estudou exaustivamente a luz e seu comportamento nas mais variadas situações. Desenvolveu, assim, o que passaria a se chamar *teoria corpuscular* da luz; a luz se explicaria como a emissão, por parte do corpo luminoso, de um número incontável de pequenas partículas, que chegariam ao olho do observador e produziriam a sensação de luminosidade. Como subproduto dessas idéias, Newton inventaria o telescópio refletor: ao invés de usar como objetiva uma lente - que decompondo a luz causa aberrações cromáticas emprega um espelho côncavo, que apenas reflete a luz.

Até 1704 - ano em que apareceu sua *Óptica* - Newton não publicou nada sobre a luz; mas isso na impediu que suas idéias fossem sendo divulgadas entre os colegas e alunos de Cambridge.

Havia, na época, outra hipótese sobre a natureza da luz: a teoria ondulatória do holandês Christiaan Huygens. Contemporâneo de Newton, Huygens supunha a luz formada de ondas, que são emitidas pelo corpo luminoso. Pensava que sua propagação se dá da mesma forma que para as ondas sonoras, apenas muito mais rapidamente que estas últimas.

A posteridade viria demonstrar que, apesar de nenhuma das duas teorias ser integralmente acertada, Huygens andava mais perto da verdade que Newton. Contudo, quando, em 1672, Newton foi eleito membro da Royal Society, seu prestígio já o havia antecedido, e ele quase não encontrou oposição à sua teoria da luz. Mas os poucos opositores - sobretudo Robert Hooke, um dos maiores experimentalistas ingleses obrigaram Newton a enfrentar uma batalha em duas frentes: contra eles e contra a própria timidez.

Seu desgosto pela controvérsia revelou-se tão profundo que, em 1675, escreveu a Leibnitz: "Fui tão importunado com discussões a respeito de minha teoria sobre a luz,

que condenei minha imprudência em me desfazer de minha abençoada tranqüilidade para correr atrás de uma sombra". Essa faceta de sua personalidade iria fazê-lo hesitar, anos mais tarde, em publicar sua obra máxima: os *Princípios*.

Por mais de um milênio - desde que, juntamente com o Império Romano, a ciência antiga fora destruída - o pensamento europeu demonstrou-se muito pouco científico. A rigor, é difícil afirmar que a Idade Média tenha, de fato, conhecido o pensamento científico. O europeu culto, geralmente um eclesiástico, não acreditava na experimentação, mas na tradição. Para ele, 'tudo quanto havia de importante a respeito de ciência já havia sido postulado por Aristóteles e mais alguns cientistas gregos, romanos ou alexandrinos, como Galeno, Ptolomeu e Plínio. Sua função não era colocar em dúvida o que tinham afirmado, mas transmiti-lo às novas gerações.

Em poucos séculos - do XI ao XV - o desenvolvimento do comércio e, posteriormente, do artesanato, da agricultura e das navegações, fez desabar a vida provinciana da Idade Média, renunciando o surgir da Idade Moderna, na qual a ciência foi adquirindo importância cada vez maior.

Os dois grandes nomes que surgem como reformadores da ciência medieval são Johannes Kepler e Galileu Galilei. Kepler, embora um homem profundamente medieval - tanto astrólogo quanto astrônomo - demonstrou, entretanto, que o sistema astronômico dos gregos e dos seus seguidores estava completamente errado. Galileu fez o mesmo com a física de Aristóteles.

A mecânica de Aristóteles, assim como quase toda sua obra científica, baseava-se principalmente na intuição e no "bom senso". Dessa forma, suas análises não iam além dos aspectos mais superficiais dos fatos. A experiência cotidiana sugeria-lhe, por exemplo, que, para conservar um corpo em movimento, é necessário mantê-lo sob a ação de uma influência, empurrá-lo ou puxá-lo. E ele o diz explicitamente em sua *Mecânica*: "O corpo em movimento chega à imobilidade quando a força que o impele não mais pode agir de modo a deslocá-lo". No entanto, é fato indiscutível que uma pedra pode ser arremessada à distância, sem que seja necessário manter a ação de uma força sobre ela. Aristóteles contornava essa dificuldade dizendo que a razão pela qual a pedra se movimenta repousa no fato de que ela é empurrada pelo ar que ela afasta, à medida que avança. Por menos plausível que fosse essa explicação, ela permaneceu incontestada até o aparecimento de Galileu.

O sábio florentino, percebendo as incongruências das teorias aristotélicas, atacou o problema de maneira oposta. Seu raciocínio foi bastante simples: suponha-se que alguém empurre um carrinho de mão por uma estrada plana. Se ele repentinamente parar de empurrar, o carrinho percorrerá ainda uma certa distância antes de cessar seu movimento. E essa distância poderá ser aumentada, se a estrada for tornada muito lisa e as rodas do carrinho estiverem bem lubrificadas. Em outros termos, à medida que se diminuir o atrito entre o eixo do carrinho e suas rodas, e entre estas e a estrada, a redução de sua velocidade será cada vez menor. Galileu supôs, então, que, se o atrito entre o carrinho e a estrada fosse eliminado por completo, o carrinho deveria - uma vez dado o impulso inicial - continuar indefinidamente em seu movimento.

Quarenta anos após a morte de Galileu, Isaac Newton formulou mais precisamente esse conceito, que passou a ser conhecido como o *Primeiro Princípio da Mecânica*: "Qualquer corpo permanece em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, a não ser que sofra uma ação externa".

Galileu havia tentado ir mais além, estudando a maneira como o movimento de um corpo varia quando este está sob a ação de uma força - por exemplo, a queda de um corpo sobre a superfície da Terra. Contudo, ele não pôde separar claramente nas suas experiências o dado principal dos acessórios. Foi Newton quem despiu o problema de seus aspectos não essenciais, e viu na *massa* do corpo esse dado.

Um mesmo corpo, submetido a forças de valores diferentes, move-se com velocidades diversas. Uma bola parada, ao receber um chute, adquire maior ou menor velocidade, num certo lapso de tempo, conforme o chute seja forte ou fraco. Como a variação da velocidade com o tempo mede a aceleração, a força maior comunica à bola uma aceleração maior.

Por outro lado, dois corpos de massas diferentes, quando sob a ação de forças de igual valor, também se movem diversamente: o de maior massa fica submetido a uma aceleração menor. Ou seja, a aceleração provocada por uma força que atua sobre um corpo tem a direção e o sentido desta força, e é diretamente proporcional ao valor dessa força e inversamente proporcional à massa do corpo.

Esse é o enunciado do *Segundo Princípio da Mecânica*, que permite, em última análise, descrever todo e qualquer movimento, desde que se conheçam as massas dos corpos envolvidos e as forças a que eles estão sujeitos. A partir dele, podem-se derivar todas as relações entre a velocidade de um corpo, sua energia, o espaço que ele percorre em determinado intervalo de tempo, e assim por diante.

Entretanto, além do problema da massa, Newton foi obrigado a resolver outra questão: como se manifesta o estado de movimento de um corpo, num *tempo infinitamente curto*, sob a influência de uma força externa? Somente assim poderia estabelecer fórmulas gerais aplicáveis a qualquer movimento. Esta preocupação levou-o a inventar o cálculo diferencial, a partir do qual obteve também o cálculo integral.

O contraste entre a simplicidade do enunciado e a profundidade de sua significação é ainda mais evidente no seu *Terceiro Princípio da Mecânica*:

"A toda ação corresponde uma reação igual e em sentido contrário" Este é o postulado mais simples e mais geral de toda a Física. Ele explica, por exemplo, por que uma pessoa dentro de um barco, no meio de um rio, quando quer se aproximar da terra firme, "puxa a margem" e o resultado visível é que a margem "puxa o barco". Em outras palavras, quando o indivíduo lança com uma corda uma estaca da margem e começa a puxar a corda, está, na verdade, exercendo uma força (ação) sobre a margem; esta, por sua vez, aplica uma força igual em sentido contrário (reação) sobre o barco, o que faz com que este se movimente.

Pode parecer extraordinário que algo tão evidente tivesse que esperar o surgimento de Newton para ser estabelecido; mas, na verdade, ele só pôde fazer suas afirmações depois que Galileu tornou claro o papel que as forças desempenham no

movimento. Galileu foi, assim, o precursor de Newton, e este seu herdeiro e continuador.

O papel de Newton como sintetizador repetiu-se em outro dos episódios importantes de sua obra: o descobrimento da lei da gravitação universal. Desta vez, o pioneiro foi Kepler.

Enquanto Galileu lutou contra Aristóteles, Kepler insurgiu-se contra Ptolomeu, um dos maiores astrônomos alexandrinos e, também - embora involuntariamente -, o principal obstáculo ao desenvolvimento da astronomia na Idade Média.

Ptolomeu acreditava no sistema das esferas concêntricas: a Terra era o centro do Universo; à sua volta, giravam a Lua, o Sol, os planetas e as estrelas. E, o que é mais importante do ponto de vista cosmológico, tinha a certeza de que os movimentos dessas esferas deveriam realizar-se em círculos perfeitos, com velocidade uniforme. Sua certeza originara-se em Platão e tinha razões de ordem religiosa: Deus só pode fazer coisas perfeitas, e apenas o movimento circular é perfeito.

Essa visão do Universo prevaleceu por tempo espantosamente longo, considerando-se as evidências em contrário. O primeiro passo efetivo contra esse estado de coisas foi dado por Nicolau Copérnico, no princípio do século XVI: ele questionou o dogma de que a Terra é o centro do Universo, transferindo para o Sol este papel. Mas não viveu - nem lutou - para ver sua idéia prevalecer. Quem fez isso foi Kepler.

Colocar o Sol no centro do Universo, com a Terra e os demais planetas girando em torno dele, não foi a tarefa mais árdua de Kepler; o pior foi descrever como se dá o movimento dos planetas, já que as trajetórias circulares evidentemente não eram obedecidas. E Kepler lutou a vida inteira contra seus contemporâneos - e contra seus próprios preconceitos astrológico-mágicos para concluir que os planetas descrevem elipses em torno do Sol, obedecendo a três leis matemáticas bem determinadas.

Trinta anos após a morte de Kepler e vinte depois da de Galileu, Newton, com apenas vinte anos de idade, atacou o quebra-cabeças legado por seus dois precursores. As peças-chave eram: as *leis dos movimentos dos corpos celestes*, de Kepler, e as *leis dos movimentos dos corpos na Terra*, de Galileu. Mas os dois fragmentos não se ajustavam, pois, de acordo com as leis descobertas por Kepler, os planetas se moviam segundo elipses, e, conforme Galileu, segundo círculos. Por outro lado, as leis da queda dos corpos de Galileu não possuíam relação aparente com o movimento dos planetas ou dos cometas.

Newton atacou o problema, estabelecendo uma analogia entre o movimento da Lua ao redor da Terra e o movimento de um projétil lançado horizontalmente na superfície do planeta. Qualquer projétil assim lançado está sob a ação de dois movimentos: um movimento uniforme para frente em linha reta, e um movimento acelerado devido a força de gravidade que o atrai para a Terra. Os dois movimentos interagindo produzem uma curva parabólica, conforme demonstrou Galileu, e o projétil termina por cair ao chão. Cairá mais perto do lugar onde foi disparado se a altura de lançamento foi pequena e a velocidade inicial do corpo foi baixa; cairá mais longe, se a situação se inverter.

Newton perguntou-se, então, o que sucederia se a altura do lançamento fosse muito grande, comparável, por exemplo, com a distância da Terra à Lua. E sua resposta foi a de que o corpo deveria cair em direção à Terra, sem, contudo, atingir sua superfície.

O porquê reside no seguinte: se o corpo for lançado além de uma certa altura - e esse é o caso, por exemplo, dos satélites artificiais -, a parábola descrita pelo corpo não o trará de volta à Terra, mas o colocará em órbita. Assim, o satélite artificial está sempre caindo sobre o planeta, sem nunca atingi-lo. O mesmo acontece com a Lua, que um dia tangenciou a Terra e nunca mais deixou de "cair" sobre 'ela.

Com esse raciocínio, Newton ligou dois fenômenos que até então pareciam não ter relação entre si - o *movimento dos corpos celestes e a queda de um corpo na superfície da Terra*. Foi assim que surgiu a *lei da gravitação universal*.

Tudo isso foi-lhe aparecendo gradualmente, até que, em 1679, pôde responder a Halley, seu amigo e discípulo, que lhe perguntara se conhecia um princípio físico capaz de explicar as leis de Kepler sobre os movimentos dos planetas. E sua resposta foi a seguinte: *a força de atração entre dois corpos é proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que os separa*. "Percebi", escreveu Halley a Newton, "que você tinha feito uma demonstração perfeita".

Halley induziu, então, o amigo não sem alguma dificuldade, pois Newton tinha bem presente o episódio da polêmica com Hooke - a reunir em uma só obra seus trabalhos sobre a gravitação e as leis da Mecânica, comprometendo-se a custear, ele mesmo, as despesas de publicação.

Embora se tratasse de resumir e ordenar trabalhos em grande parte já escritos, sua realização consumiu dois anos de aplicação contínua. O compêndio, chamado *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, os *Princípios*, compõe-se de três livros. O primeiro trata dos princípios da Mecânica; é nele que aparecem as três leis do movimento de Newton. O segundo cuida da mecânica dos fluidos e dos corpos neles imersos. Finalmente, o terceiro situa filosoficamente a obra do autor e traz alguns resultados do que foi estabelecido nos dois anteriores.

Nesse terceiro livro, Newton analisa os movimentos dos satélites em torno de um planeta e dos planetas ao redor do Sol, baseando-se na gravitação universal. Mostra que é possível deduzir, da forma de tais movimentos, relações entre as massas dos planetas e a massa da Terra. Fixa a densidade da Terra entre 5 e 6 (o valor admitido atualmente é 5,5) e calcula a massa do Sol, bem como a dos planetas dotados de satélites. Avalia em 1/230 o achatamento da Terra nos pólos - hoje sabemos que este valor é de 1/270.

A estrada: de Newton em direção à execução da obra que o imortalizou foi plana e isenta de acidentes de maior importância. Newton não teve que enfrentar sozinho, como Galileu, a oposição de seus contemporâneos, nem conheceu, como o florentino, a iniquidade das retratações perante os tribunais religiosos. Não precisou, como Kepler, travar lutas consigo próprio, para fazer coincidir suas idéias sobre astrologia e seus preconceitos místicos com os resultados das observações.

Newton, como se descobriria depois, foi tão obcecado pelo misticismo quanto Kepler. Só que ele manteve ciência e religião completamente separados em sua mente. Uma não influía sobre a outra. Newton sempre teve o apoio do mundo científico de sua época, usufruindo de todas as honrarias que podem ser concedidas a um homem de ciência: em 1668, foi nomeado representante da Universidade de Cambridge, no Parlamento; em 1696, assumiu o cargo de inspetor da Casa Real da Moeda, tornando-se seu diretor em 1699; nesse mesmo ano foi eleito membro da Academia Francesa de Ciências; em 1701, deixou sua cátedra em Cambridge, e, a partir de 1703, até sua morte, foi presidente da Royal Society. Mas, ao assumir mais cargos e receber mais gratificações, sua atividade científica passou a diminuir e sua preocupação com religião e ocultismo tendeu a aumentar. Depois da publicação dos *Princípios*, suas contribuições se tornaram cada vez mais esparsas e, na maior parte das vezes, insignificantes quando comparadas com a obra anterior. No início de 1727, Newton, cuja saúde declinava há anos, ficou gravemente enfermo. Morreu no dia 20 de março desse ano, tendo sido sepultado na Abadia de Westminster com o seguinte epitáfio: "É uma honra para o gênero humano que um tal homem tenha existido".