

**A HISTÓRIA DA  
CIÊNCIA  
PARA QUEM TEM PRESSA**

Copyright © 2015 by Basement Press

TÍTULO ORIGINAL  
*The Great Scientists in Bite-Sized Chunks*

CAPA  
Sérgio Campante

REVISÃO TÉCNICA  
Carlos Nehab

DIAGRAMAÇÃO  
Kátia Regina Silva | Babilonia Cultura Editorial

ADAPTAÇÃO PARA EBOOK  
Marcelo Morais

CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO  
SINDICATO NACIONAL DOS EDITORES DE LIVROS, RJ

C426h

Chalton, Nicola

A história da ciência para quem tem pressa [recurso eletrônico] / Nicola Chalton, Meredith Macardle ; tradução Milton Chaves. - 1. ed. - Rio de Janeiro : Valentina, 2017.  
recurso digital

Tradução de: The great scientists in bite-sized chunks

Formato: ePub

Requisitos do sistema: Adobe Digital Editions

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-85-5889-048-9 (recurso eletrônico)

1. Ciência - História. 2. Descobertas científicas - História. 3. Livros eletrônicos. I. Macardle, Meredith. II. Chaves, Milton. III. Título.

17-42044

CDD: 509  
CDU: 5(091)

Todos os livros da Editora Valentina estão em conformidade com  
o novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa.

*Todos os direitos desta edição reservados à*

EDITORA VALENTINA  
Rua Santa Clara 50/1107 – Copacabana  
Rio de Janeiro – 22041-012  
Tel/Fax: (21) 3208-8777  
www.editoravalentina.com.br

## INTRODUÇÃO

Atualmente, a palavra ciência tem dois significados: a investigação do mundo que nos rodeia, e como essa investigação é realizada — o método científico. Vários ramos da ciência estudam, literalmente, tudo que existe no universo: desde a sua origem até as mais diminutas partículas; desde o corpo humano até as rochas e minerais; desde o poder dos relâmpagos até as forças invisíveis, tais como os raios X, a radioatividade e a gravidade.

Embora nossos primitivos ancestrais provavelmente se sentissem inclinados a olhar para o céu e se perguntassem como surgiu o mundo, ou coletassem suas primeiras plantas medicinais na natureza, o método científico em si é relativamente novo. Muitos dos antigos estudiosos apenas propunham hipóteses pessoais para explicar a realidade íntima das coisas, dos seres e dos fenômenos do mundo, e não pensavam na necessidade de testar suas teorias por meio de experimentos realizados com critério e racionalidade, de modo que pudessem ser reproduzidos indefinidamente e, assim, obtivessem os mesmos resultados comprobatórios das teses aventadas.

Hoje em dia, para o cientista, seria impensável não apresentar provas cabais de uma nova teoria. Em algumas áreas da ciência, como a astronomia, nem sempre é possível realizar experiências, mas sim previsões, embora seja possível também fazer observações, objetivando-se verificar ou rejeitar uma hipótese.

Entre os primeiros defensores do método científico com bases empíricas, temos os antigos filósofos-cientistas gregos: o árabe especialista em óptica Ibn Al-Haitham, o médico da Idade Média Roger Bacon e o astrônomo italiano Galileu Galilei. Mas a grande mudança nas atitudes científicas ocorreu no século XVII, com o método de investigação desenvolvido por uma das mentes científicas mais brilhantes de todos os tempos: Isaac Newton. Ele propôs “regras ou princípios de raciocínio” que envolviam

proposições e experimentos, fazendo com que, pouco depois, todos os estudiosos da natureza começassem a usar seu método.

Na maioria dos ramos da ciência existe o consenso de que uma hipótese comprovada pode ser aceita como “verdade” científica, mas somente enquanto não se propõe uma nova teoria que possa refutá-la e oferecer um novo paradigma de compreensão de determinado aspecto da realidade. Desse modo, a ciência evolui e se expande à medida que novos conceitos substituem os antigos. A exceção é a matemática, pois, quando se prova a veracidade de um teorema, ele é verdadeiro para sempre. Nunca mais pode ser refutado. Aliás, a matemática, embora disciplina científica num sentido mais amplo, qual seja, o de envolver conhecimentos criteriosa e sistematicamente formulados, difere bastante das demais ciências naturais, que se ocupam com o estudo do universo físico. Enquanto os estudiosos das ciências naturais se empenham na coleta de provas para criar e aperfeiçoar descrições da realidade ou modelos explicativos de aspectos do universo físico, os matemáticos se dedicam a fornecer a linguagem com a qual os seguidores das ciências naturais ambicionam descrever e analisar o universo. Nesse sentido, a matemática tem uma estreita relação com as ciências.

A ciência, por sua vez, está intimamente ligada à tecnologia, pois muitas descobertas e avanços científicos levam a transformações tecnológicas: a invenção da lâmpada incandescente, atribuída a Thomas Edison, contou com a contribuição de séculos de estudos da eletricidade; a exploração espacial, entre muitos outros benefícios, nos deu calendários e avançada tecnologia de fabricação de cerâmicas, tais como as usadas em espaçonaves. Da mais variada tecnologia na área da medicina a computadores e smartphones, sem os quais já não mais vivemos, a ciência causou profundas transformações em nosso dia a dia, em todos os sentidos.

Logicamente, a ciência não existiria sem pessoas apaixonadas pelo desejo de descobrir o modo pelo qual o mundo funciona. Por isso mesmo, este livro apresenta um resumo dos feitos de grandes cientistas que moldaram, ao longo da história, nossa compreensão do universo.



## ASTRONOMIA E COSMOLOGIA: UMA VISÃO CIENTÍFICA DO UNIVERSO

Desde tempos remotos, os seres humanos vêm tentando entender o universo observando corpos celestes fora de nosso mundo — o Sol, a Lua, as estrelas e os planetas. As civilizações babilônica e egípcia, quando perceberam que os fenômenos astronômicos se repetiam e obedeciam a determinados ciclos, começaram a mapear a posição das estrelas no firmamento e se tornaram capazes de prever fenômenos cósmicos, tais como eclipses, cometas, e os movimentos da Lua e das estrelas mais brilhantes. Seus registros formaram a base para a medição do tempo e a navegação.

Lançando mão de séculos de observações feitas antes das civilizações já citadas, os antigos gregos deram nomes a grupos de estrelas, ou constelações, em homenagem a figuras mitológicas, como Órion, o caçador, e Gemini, termo designativo dos gêmeos Castor e Pólux. As 48 constelações listadas por Ptolomeu lá no século I estão entre as 88 constelações usadas como referência para se navegar pelo céu. Assim também, foram os romanos que nos legaram os nomes com que batizaram alguns de nossos planetas: Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno. Como refletiam a luz do Sol, esses astros eram vistos como “estrelas” brilhantes dependuradas na abóbada celeste.

No século XVII, a invenção do telescópio óptico mudou para sempre o conceito de um universo geocêntrico, ideia predominante até então. Dali em diante, ficou claro que o universo era muito maior do que se imaginava. Com esse instrumento, capaz agora de realizar buscas mais profundas pelo

universo, astrônomos descobriram a existência de outros planetas no sistema solar (Urano e Netuno), bem como planetas menores ou asteroides, satélites (luas), planetas-anões (como Plutão), nuvens de gás, poeira cósmica e até galáxias inteiras.

Hoje em dia, fazem parte do arsenal de instrumentos de observação astronômica telescópios por satélite, capazes de detectar radiações emitidas por corpos celestes situados a enormes distâncias, e sondas espaciais que transmitem, da imensidão cósmica para nós aqui na Terra, informações de outros planetas. Munidos com esses instrumentos poderosos, astrônomos vêm descobrindo cada vez mais a respeito das partículas e forças cósmicas que constituem o universo, processos pelos quais estrelas, planetas e galáxias evoluem astrofisicamente, bem como elementos mais seguros para se compreender a forma como o universo nasceu. Eles descobriram também uma parte do universo que nunca pode ser vista com nenhum tipo de telescópio. Essa “matéria escura” está se revelando um dos maiores mistérios da astronomia.

### OS PRIMEIROS MAPAS ESTELARES: GAN DE

Acredita-se que o astrônomo chinês Gan De (c. 400–c. 340)\* e seu contemporâneo Shi Shen foram os primeiros astrônomos da história a compilar uma lista de estrelas, ou mapa estelar. Gan De viveu no turbulento Período dos Estados Guerreiros, quando a passagem regular de Júpiter, o maior planeta do nosso sistema solar, com sua luz brilhante e visível pelos céus da Terra, durante 12 anos, era usada para contar os anos. Por isso, o astro era alvo de intensas observações e base de muitas previsões. Sem telescópios, que ainda não existiam, Gan De e seus colegas podiam contar apenas com os próprios olhos, mas, ainda assim, conseguiram fazer cálculos precisos para orientá-los quanto às melhores épocas para se fazer observações astronômicas.

\* Nos casos em que obviamente o ano em questão é antes de Cristo, e como a ideia do livro é ser sintético ao máximo, o a.C. foi suprimido. (N.E.)

No céu noturno do território chinês, Gan De viu e catalogou mais de mil estrelas, e reconheceu, pelo menos, mais de uma centena de constelações na cúpula celeste chinesa. Seu mapa estelar era mais abrangente do que o primeiro produzido pelo Ocidente, elaborado 200 anos depois pelo astrônomo grego Hiparco, que relacionou em seus registros cerca de 800 estrelas.

A observação de Gan De daquelas que eram, quase certamente, as quatro grandes luas de Júpiter, foi o primeiro registro conhecido no mundo da observação de um satélite do gigantesco planeta — feito logrado muito antes de Galileu Galilei, em 1610, ter “descoberto” esses satélites oficialmente, usando seu telescópio recém-desenvolvido.

Shi Shen e Gan De foram os primeiros astrônomos a desenvolver um método de medição preciso da duração de um ano, ou seja,  $365 \frac{1}{4}$  dias. Em 46 a.C., o astrônomo grego Sosígenes de Alexandria seria contratado por Júlio César para adaptar o calendário romano com base nesse método. O resultado foi o calendário juliano — que continuou a ser usado em toda a Europa e no norte da África até 1582 —, e depois houve a adoção do calendário gregoriano, ainda corrente nos dias atuais.

## A VISÃO GEOCÊNTRICA DO COSMO: ARISTÓTELES

No século IV a.C., enquanto os antigos estados chineses lutavam entre si pela supremacia política, a cultura clássica grega ia se espalhando por inúmeras colônias da parte oriental do Mediterrâneo, estabelecendo as sólidas bases que sustentariam o pensamento ocidental na era moderna.

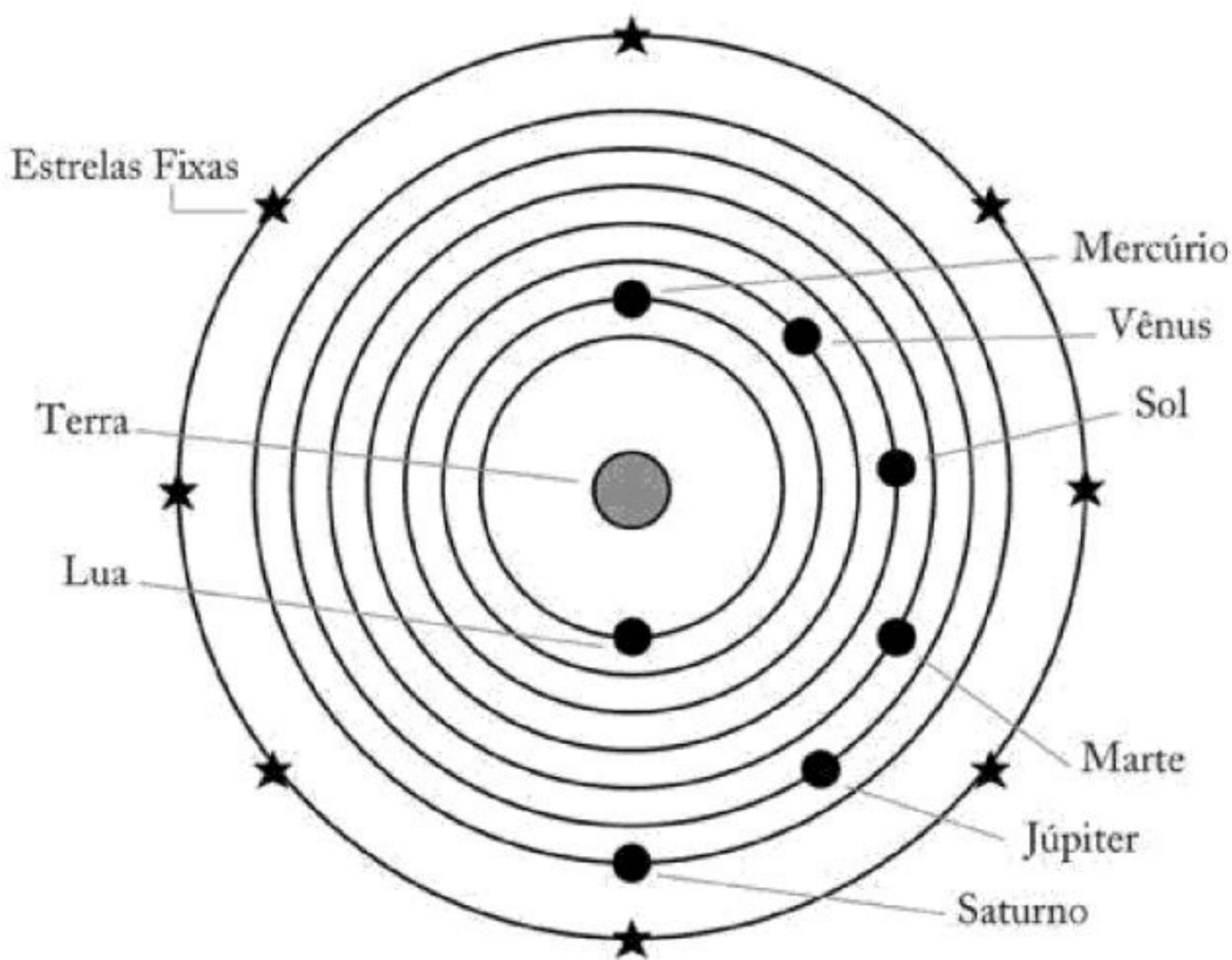
Os gregos achavam que estavam no centro do cosmo, e as cintilantes luzes noturnas da abóbada celeste fortaleciam essa crença. As estrelas nasciam e depois se punham no horizonte, como se estivessem viajando. (A ilusão resulta do fato de que a Terra gira em torno do próprio eixo: assim, parece que as estrelas se movem pelo céu na direção do Ocidente, simplesmente porque a Terra roda no sentido leste.)

Eles identificaram as chamadas “estrelas errantes”, cujas posições mudavam em relação às “estrelas fixas” que cintilavam ao fundo, segundo pensavam. Tais astros errantes eram o Sol e a Lua e os cinco planetas do sistema solar conhecidos até então: Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno. Os gregos concluíram que o cosmo, ou universo, era formado pela

Terra — uma esfera perfeita (e não plana, tal como acreditavam as culturas primitivas) que se mantinha estacionária no centro de tudo que existia —, com os corpos celestes (o Sol e os demais planetas visíveis) orbitando, em movimentos uniformes e círculos perfeitos, em torno dela. As “estrelas fixas” localizavam-se na esfera celeste externa — o movimento dessas estrelas distantes foi observado somente no século XIX.

A essa “teoria geocêntrica”, o grande filósofo natural e cientista Aristóteles acrescentou suas próprias ideias. De acordo com ele, a Terra e os céus eram formados por cinco elementos: quatro terrenos (terra, ar, fogo e água), além de um quinto, um material que enchia os céus e se distribuía por conchas concêntricas à Terra chamado Éter. Cada uma dessas conchas concêntricas abrigava um dos corpos celestes que giravam em torno da Terra num ritmo uniforme e num círculo perfeito. Na concha mais externa de todas, ficavam as estrelas, eternamente fixas na cúpula celeste. Segundo ele, os elementos terrenos nasciam, envelheciam e morriam, mas os céus eram perfeitos e imutáveis.

As ideias cosmogônicas (ou seja, de criação do universo) de Aristóteles foram aceitas pelo mundo árabe e voltaram a ser adotadas na Europa cristã durante a Idade Média.



O sistema astronômico geocêntrico da organização do universo era a visão predominante na Grécia Antiga.

### ARISTÓTELES (384-322)

Aristóteles foi um gigante intelectual do mundo grego clássico, e suas ideias tiveram duradoura influência no Ocidente. Nascido no seio de uma família macedônia cujo progenitor era médico, ele foi um dos filósofos mais famosos da escola de Platão em Atenas.

A certa altura da vida, resolveu deixar Atenas, possivelmente por não ter sido designado diretor da Academia após a morte de Platão e, talvez também, porque as guerras expansionistas de Filipe da Macedônia tornaram os macedônios malquistos entre os gregos. Mas ele voltou para a cidade em 335/34, depois que Alexandre, o Grande — o filho de Filipe e aluno de Aristóteles — conquistou a Grécia.

Enquanto dirigia o Liceu, sua própria escola em Atenas, Aristóteles continuou a realizar amplos estudos sobre quase todo tipo de disciplina

existente até então. Seu método de ensino e debate consistia em caminhar com os alunos enquanto discutiam determinados assuntos, razão pela qual os adeptos do aristotelismo costumam ser chamados de peripatéticos (ou seja, itinerantes).

Após a morte de Alexandre, sentimentos de hostilidade em relação aos macedônios voltaram a grassar nas terras gregas, fazendo com que Aristóteles fugisse da cidade. Segundo consta, declarou, numa referência à execução do filósofo Sócrates, morto com a ingestão compulsória de cicuta 70 anos antes: “Não permitirei que os atenienses pequem duas vezes contra a filosofia.”

### A PRECESSÃO DOS EQUINÓCIOS: HIPARCO

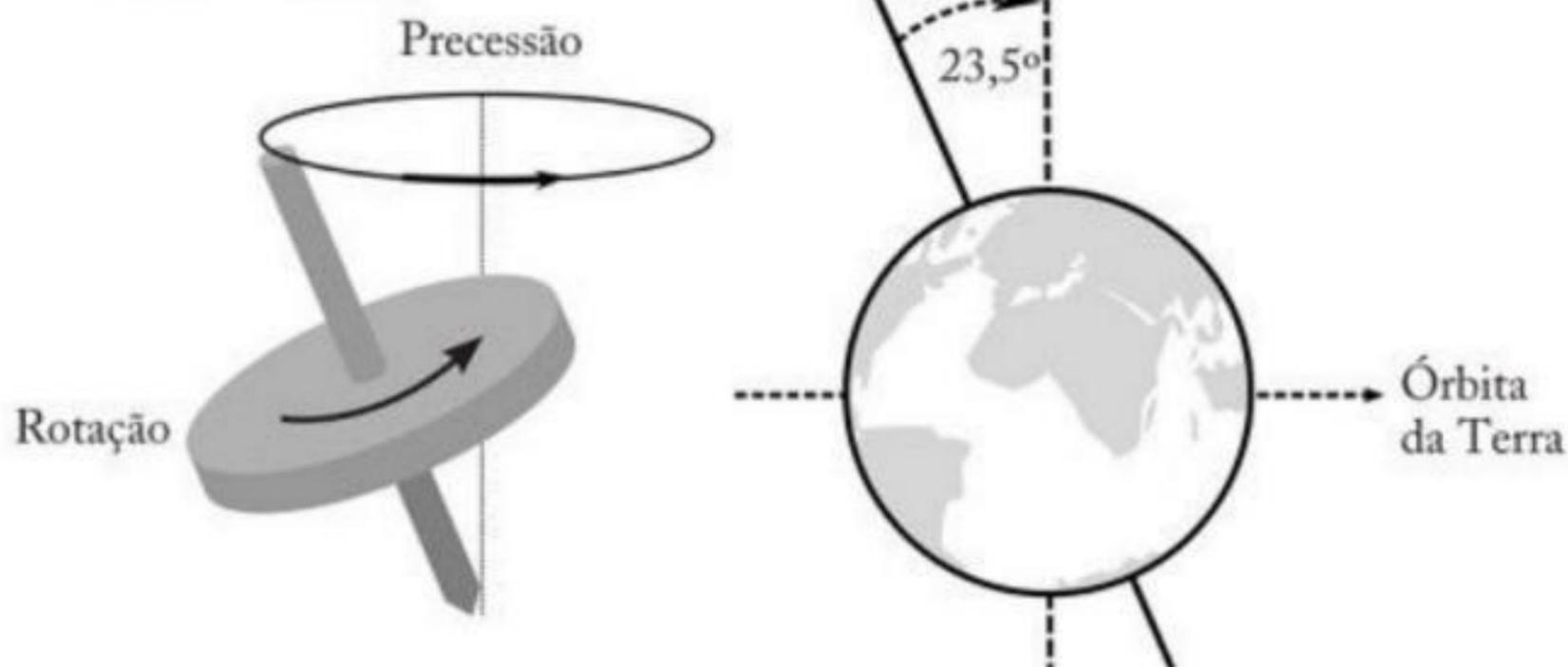
A cultura grega clássica fluiu em direção ao Oriente, na esteira da nave de conquistas guerreiras de Alexandre, o Grande, inspirando muitos eruditos, como Hiparco (c. 190–c. 120) de Niceia (atual Turquia).

Enquanto elaborava um mapa estelar, Hiparco notou que as posições das estrelas não correspondiam às dos registros anteriores: havia um deslocamento inesperado. Acabou por concluir que era a Terra em si que se movia, e não as estrelas. Ele havia percebido a “oscilação” do planeta enquanto ele girava em torno do próprio eixo — por comparação, basta imaginarmos a lenta oscilação de um pião rodopiando sobre um plano, representado pelo chão, com seu eixo balouçante descrevendo uma trajetória circular, ora com o brinquedo pendendo para um lado, ora para outro.

Um ciclo completo dessa natureza envolvendo uma esfera como a Terra, causado pela oscilação de seu eixo durante o movimento de rotação, dura cerca de 26.000 anos — número calculado com muita precisão por Hiparco.

Ele chamou essa oscilação de precessão dos equinócios, pois ela permite que os equinócios (as duas datas do ano, em março e setembro, em que o dia e a noite têm duração idêntica) ocorram um pouco antes do que o esperado em relação às “estrelas fixas”.

Atualmente, o eixo da Terra aponta para a Estrela Polar (a Estrela do Norte – pág. 21)



A precessão dos equinócios — a Terra se inclina no próprio eixo num ângulo de  $23,5^\circ$  e oscila como um pião enquanto realiza o movimento de rotação, mas lentamente: uma oscilação (ou “círculo de precessão”) a cada 26.000 anos. A oscilação afeta os equinócios, ou o tempo de ocorrência das estações.

Com o tempo, essa diferença fez as estações passarem a ocorrer em épocas diferentes nos antigos calendários. Estes eram baseados na medida do ano solar (o “ano sideral”), ou seja, o tempo que o Sol aparentemente demora para passar de uma posição no céu indicada por uma estrela fixa para a mesma posição quando observado da Terra (ou, como sabemos agora, o tempo que a Terra leva para girar uma vez em torno do Sol). Hiparco solucionou o problema inventando uma nova forma de medir a duração do ano, o “ano trópico”, ou o tempo que o Sol leva para passar, em sua aparente revolução pela sua órbita, de um equinócio ao mesmo equinócio novamente. Cerca de 20 minutos mais curto do que o ano sideral, o ano trópico é a base de elaboração do nosso moderno calendário gregoriano. Ele nos permite constatar que as estações ocorrem nos mesmos meses do calendário todos os anos.

Hiparco se baseou em dados babilônicos para calcular a duração dos anos sideral e trópico com grande precisão: aliás, com muito mais precisão do que Ptolomeu, que nasceu cerca de 250 anos depois, mostrando quanto ele, Hiparco, estava à frente de seu tempo.

## UM COSMO MATEMÁTICO: PTOLOMEU

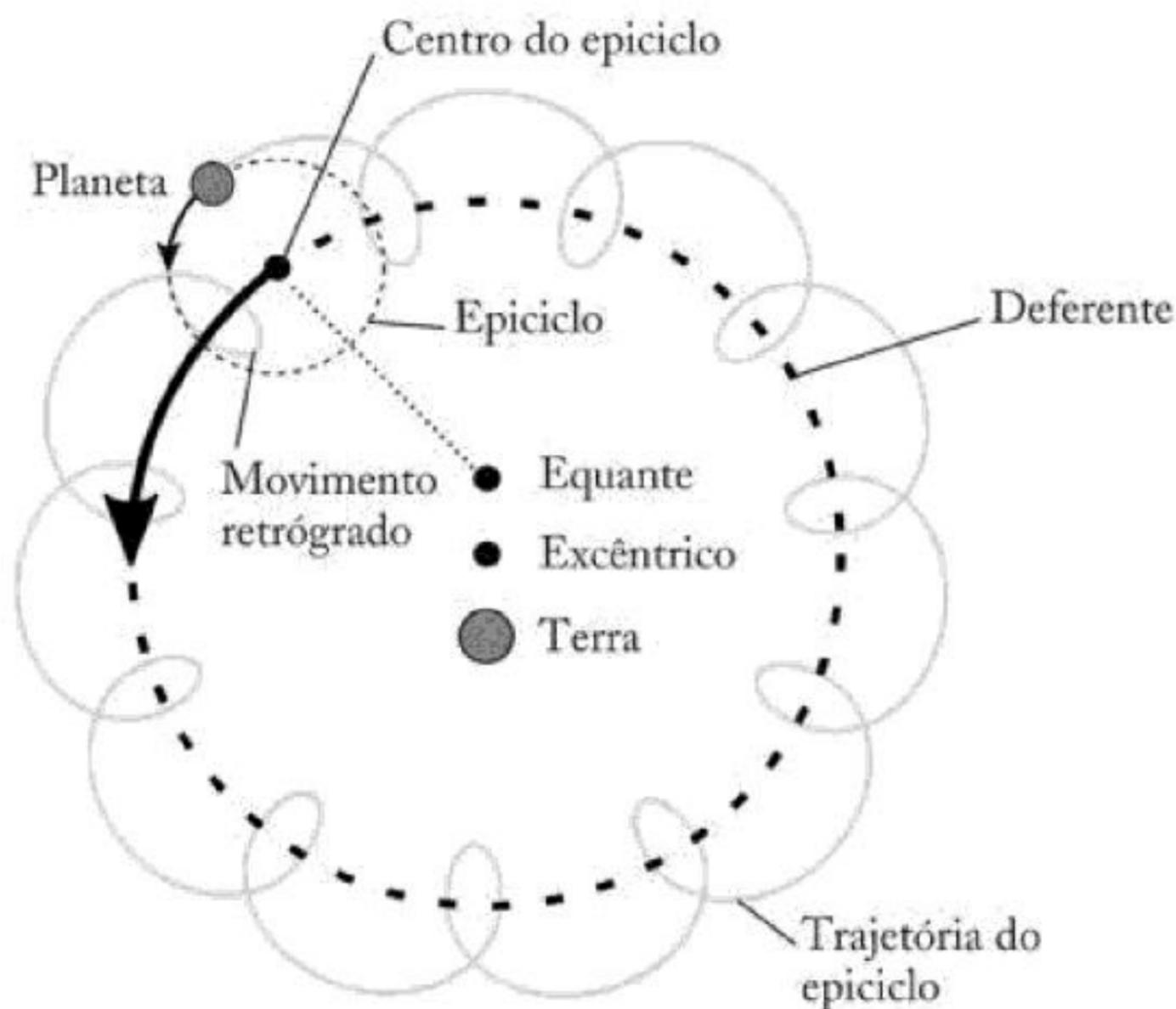
Ptolomeu, que nasceu no final do primeiro século da Era Cristã e foi o último dos grandes astrônomos da Grécia Antiga, adotou também a visão geocêntrica da Terra, ou seja, de astro posicionado no centro do cosmo. Sua contribuição para a ciência foi a criação do primeiro modelo do universo, que explicaria e serviria para prever os movimentos do Sol e dos planetas em linguagem matemática. Seu modelo parecia responder à pergunta que vinha intrigando os gregos por quase 1.400 anos: por que — se um planeta girava em torno da Terra, considerada então o centro do universo — parecia que, às vezes, ele se movia para trás em relação às posições das “estrelas fixas” que havia atrás dele?

Apesar das convicções fundamentais de Ptolomeu, ele teve que violar, para explicar matematicamente os movimentos de corpos celestes, suas próprias leis, presumindo que a Terra não ficava exatamente no centro das órbitas planetárias. Com uma atitude lógica e racional, ele e seus seguidores aceitaram tal deslocamento conhecido como “excentricidade orbital”, classificando-o como um problema insignificante na teoria geocêntrica essencial.

Ptolomeu usou uma combinação de três conceitos geométricos. O primeiro deles, a excentricidade orbital, que não era novo; tampouco o segundo, o epiciclo. Com isso, ele propôs que os planetas não girassem simplesmente em torno da Terra em grandes órbitas circulares, mas, ao contrário, se movessem em pequenos círculos ligeiramente ovalados, ou epiciclos. O centro desses epiciclos, por sua vez, rodariam em torno de uma circunferência maior (o deferente) centrada (excentricamente) na Terra. O giro do astro ao longo do epiciclo explicaria por que, às vezes, os planetas parecem mover-se para trás, ou em “movimento retrógrado” (diagrama na sequência).

Seu terceiro conceito — o equante — foi revolucionário. Com ele Ptolomeu explicou por que, às vezes, os planetas pareciam mover-se mais devagar ou mais rapidamente, em vez de uniformemente, quando observados da Terra. Ele propôs que o centro de rotação do epiciclo sobre a circunferência de seu círculo maior (o deferente) não fica alinhado nem com a Terra nem com o centro excêntrico desse círculo maior, mas com um terceiro ponto, o equante, que se acha situado num ponto do espaço oposto à

posição da Terra e localizado à mesma distância do centro do círculo maior em que o nosso planeta se situa. Somente do ponto de vista do equante se tem a impressão de que o planeta se move uniformemente.



Com seu modelo geocêntrico, Ptolomeu situava a Terra não exatamente no centro das órbitas planetárias e parecia explicar os movimentos retrógrados (para trás) dos planetas.

Esses três conceitos matemáticos — epiciclo, excentricidade orbital e equante — eram considerados complexos e insatisfatórios para os intelectuais ortodoxos, mas pareciam explicar alguns aspectos intrigantes dos fenômenos astronômicos, tais como o movimento retrógrado dos planetas e a razão pela qual os orbes planetários pareciam mais brilhantes e, portanto, mais próximos da Terra em diferentes épocas. Conjuntamente, eles permitiram que se fizessem previsões das posições dos planetas, que se aproximam das obtidas com base na moderna visão heliocêntrica do universo, na qual os planetas orbitam em torno do Sol em trajetórias elípticas.

## PTOLOMEU (C. 90–C. 168)

Ptolomeu viveu no Egito quando o território era uma província do Império Romano. Embora seu nome de batismo, Cláudio, seja de origem romana, seu sobrenome latino, Ptolomeu, sugere uma ascendência grega. Aliás, ele compunha seus escritos em grego e fazia suas observações astronômicas na cidade de Alexandria, cuja magnífica biblioteca atraía antigos estudiosos de todos os ramos do conhecimento.

Até que Ptolomeu iniciasse seus escritos acerca do assunto, prevalecera, desde os dias de Hiparco, um hiato de 200 anos nas atividades e nos estudos astronômicos. E foi somente graças a Ptolomeu que agora conhecemos o trabalho de Hiparco. Ptolomeu era um grande elaborador de sínteses e admitiu ter usado teorias formuladas por estudiosos do passado em sua explicação sobre o funcionamento do universo.

### REGISTROS ASTRONÔMICOS NO MUNDO ÁRABE: AL-BATTANI

As previsões de Ptolomeu sobre posições planetárias foram suplantadas em meados da Idade Média pelos conceitos do brilhante astrônomo e matemático árabe al-Battani (c. 858–929).

Descendente de um famoso fabricante de instrumentos e também astrônomo, al-Battani viveu numa época em que os impérios muçulmanos incentivavam a educação e mantinham vivo o facho da ciência e da filosofia na Grécia e na Roma antigas. Situados na encruzilhada entre o Oriente e o Ocidente, estudiosos islâmicos também absorveram ideias das civilizações asiáticas da China e da Índia, incorporando-as, juntamente com suas descobertas, a um cabedal de conhecimentos transmitidos mais tarde aos europeus.

Al-Battani elaborou um conjunto de minuciosas tabelas astronômicas apresentando as posições do Sol, da Lua e dos planetas, tabelas em que era possível prever suas futuras posições. Suas “Tabelas Sabianas” eram as mais precisas da época e influenciariam bastante o mundo latino.

Em vez de empregar métodos geométricos, tal como já haviam feito outros astrônomos, al-Battani usava a trigonometria em seus cálculos astronômicos. Ele constatou, com uma precisão incrível, que nosso ano solar dura 365 dias, 5 horas, 46 minutos e 24 segundos, cometendo um erro de apenas alguns minutos em relação à medição atual: 365 dias, 5 horas, 48

*image  
not  
available*

amplamente aceitas como as mais precisas tabelas astronômicas produzidas até então e, já no século XII, usadas em toda a Europa.

As Tabelas Toledanas ajudaram os astrônomos a prever os movimentos do Sol, da Lua e dos planetas em relação às estrelas “fixas”, e, muitos anos depois, a ocorrência de eclipses solares e lunares. Elas foram adaptadas para que pudessem ser úteis em diferentes locais do Ocidente cristão e serviram de base para a elaboração das Tabelas Alfonsinas (c. 1252-1270), cuja utilização perdurou na Europa até o século XVI.

Azarquiel deu outra importante contribuição à ciência astronômica quando desenvolveu um novo tipo de astrolábio. Hiparco já tinha inventado um modelo por volta do ano 150 a.C., mas o instrumento de Azarquiel podia ser usado em qualquer latitude para medir a altitude do Sol, da Lua e das estrelas, e determinar a latitude. No mundo medieval arábico, astrolábios eram importantes também para programar os horários das preces islâmicas; com o tempo, eles seriam desenvolvidos para ajudar a navegação.

#### ASTRONAVEGAÇÃO E A ERA DA EXPLORAÇÃO: ABRAÃO ZACUTO

Abraão Zacuto, cientista e rabino, nasceu na Espanha do século XV, numa época em que a maioria dos navegantes europeus seguia rotas marítimas bem conhecidas, costeando o litoral do continente. Zacuto mudaria tudo isso com seu importante equipamento de navegação, instrumento que permitiu que exploradores europeus atravessassem os oceanos rumo às Américas e às Índias Orientais.

Um dos grandes feitos de Zacuto foi o desenvolvimento das tabelas de declinação solar, usadas para navegação durante o dia (a estrela polar era usada como referência à noite). Com um astrolábio adaptado para utilização em navegação marítima e com essas tabelas, o navegante conseguia determinar a latitude de um navio com base na altitude do Sol (que varia em diferentes épocas do ano), fazendo as medições a partir da embarcação. O medidor segurava o astrolábio metálico com seu disco graduado posicionado na vertical, configurando seu indicador de zero grau alinhado com a linha do horizonte e mantendo sua peça móvel apontada para o Sol, cuja altitude era determinada fazendo-se a leitura da escala graduada. Além disso, comparando a altitude do Sol, num ponto qualquer do mar, com a altitude

*image  
not  
available*

O sistema geocêntrico de Ptolomeu, ao qual se deu certa credibilidade com base nas escrituras bíblicas, havia predominado na Europa por 1.500 anos até então. Harmonizava-se com a aparência dos céus aos olhos do observador comum, e, posto no centro de todas as coisas criadas por Deus, satisfazia aos íntimos anseios da natureza humana. Mas Copérnico percebeu a lógica do heliocentrismo: “No centro está o Sol. Pois quem seria capaz de pôr essa luz de um templo lindíssimo em outro local ou num lugar melhor do que esse, donde ele consegue iluminar tudo ao mesmo tempo?”

A grande vantagem do sistema astronômico de Copérnico era a simplicidade. Com ele, para se entender essa realidade, não era necessário lançar mão de um conjunto complexo de fórmulas e estudos geométricos para explicar o movimento dos planetas, característica do sistema astronômico ptolomaico, pois, com o novo sistema, era possível constatar que seu aparente movimento retrógrado era apenas ilusório, e não real, e que essa ilusão se devia ao movimento da Terra. Ele punha o Sol no centro de todos os planetas de nosso sistema estelar, ao redor do qual giravam, em ordem de proximidade, Mercúrio, Vênus, Terra (e a Lua), Marte, Júpiter e Saturno, além de uma enorme esfera de estrelas fixas. A Terra girava em torno do próprio eixo, levando um dia para completar tal volta, enquanto a Lua realizava um movimento completo ao redor da Terra a cada mês, ao passo que nosso planeta, flutuando no espaço com seu imaginário eixo inclinado, precisava de um ano para efetuar uma volta completa em torno do Sol.

Como seria de imaginar, o heliocentrismo provocaria muitos protestos do público em geral e deixaria a Igreja aflita, mas também sinalizaria o início da chamada Revolução Científica.

### NICOLAU COPÉRNICO (1473-1543)

Nascido no seio de uma família rica, Copérnico deve ter tomado conhecimento da teoria de Ptolomeu na Universidade de Cracóvia, onde estudou astronomia. Em 1501, foi designado cônego da catedral de Frauenberg, e seu cargo no clero lhe proporcionou tempo para estudar “medicina astrológica” — na Europa medieval, médicos usavam a

*image  
not  
available*

Quando Praga se voltou contra os protestantes, Kepler teve que se mudar para Linz (hoje na Áustria) e depois para outro lugar, em 1626, quando as forças católicas cercaram aquela cidade, durante a Guerra dos Trinta Anos. Com seu trabalho paralisado por conflitos religiosos, e esgotado pelas consequências danosas de uma vida instável, o astrônomo sucumbiu aos efeitos de uma febre e morreu em Ratisbona (no sudeste da Alemanha). Seu túmulo nunca foi encontrado, mas seu epitáfio continua vivo:

Eu media os céus,  
meço agora as sombras da Terra.  
Embora minha alma seja do céu,  
a sombra de meu corpo descansa aqui.

### **O TELESCÓPIO QUE REVOLUCIONOU A ASTRONOMIA: GALILEU GALILEI**

Galileu é mais conhecido por ter construído o primeiro telescópio capaz de permitir que astrônomos observassem o sistema solar com um pouco mais de detalhes.

As melhorias feitas por ele, em 1609, no desenvolvimento do telescópio tornaram-no a primeira pessoa a direcionar para o firmamento um instrumento de ampliação de imagens realmente eficaz, bem como o primeiro a testemunhar, com tal instrumento, a existência de crateras e montanhas na Lua. Em 1610, realizou outras observações originais e interessantes, possibilitando um novo conhecimento do sistema solar: identificou a existência das quatro maiores luas de Júpiter, ao demonstrar que pelo menos alguns corpos celestes não giravam em torno da Terra; constatou também as fases de Vênus, indicando com isso que o planeta orbitava o Sol; e desvendou a existência de um número enorme de estrelas, revelando que o universo era muito maior do que se imaginava.

Em suma, Galileu concluiu que a Igreja estava equivocada ao defender a ideia de que o Sol e outros planetas giravam em torno da Terra. Ele declarou, numa carta em 1615: “Obviamente, com relação ao movimento do Sol e da Terra, [a interpretação d]as Sagradas Escrituras devem estar de acordo com a capacidade de compreensão das pessoas.”

Muitas vezes reconhecido como “o pai da ciência moderna”, Galileu usou em suas observações um método experimental quantitativo, que se tornou,

*image  
not  
available*

Lemaître argumentou que a expansão do universo começou a partir de um ponto no espaço, numa época remotíssima (a estimativa moderna é de 13,8 bilhões de anos): a explosão colossal de um “Átomo Primordial” extremamente denso e compacto, ou “Ovo Cósmico”. Até 1931, era pequeno o número de pessoas que leram sobre sua descoberta fora da Bélgica, mas, naquele ano, a proposição foi considerada “brilhante” pelo astrônomo britânico Arthur Eddington, que ajudou a traduzi-la.

Mas foi um contemporâneo de Lemaître — astrônomo norte-americano mais famoso do que ele — chamado Edwin Hubble (1889-1953), que ajudou a provar a validade da teoria da expansão do universo e do sistema cosmogônico do Big Bang, fato que deu a ele o título de fundador da cosmologia.

Hubble iniciou a carreira profissional numa época de alta produção científica. Henrietta Leavitt (1868-1921) notara que a Grande e a Pequena Nuvens de Magalhães (aglomerados estelares visíveis numa das bordas da Via Láctea, conhecidas agora como galáxias anãs) continham milhares de estrelas de brilho variável. Suas observações levaram ao desenvolvimento de um método de medição das distâncias entre estrelas que revolucionou nossa visão do universo. Astrônomos começaram a perceber que ele era muito maior do que se imaginava. Albert Einstein, com sua teoria geral da relatividade, previu a ideia de um universo em processo de transformação — expansão ou contração. Muitos, incluindo o próprio Einstein, acharam difícil aceitar essa nova visão.

*image  
not  
available*

interplanetárias, a menos que se consiga desenvolver um escudo protetor para as espaçonaves.

Em 1933, Zwicky descobriu um dos maiores mistérios da astrofísica moderna: a matéria escura. Como seu nome indica, não é possível observar massas de matéria escura com telescópios, mas sua existência no cosmo pode ser inferida com base em seu efeito gravitacional sobre as estrelas ou outros tipos de matéria visível. A descoberta aconteceu quando Zwicky percebeu que a massa das estrelas do aglomerado de galáxias de Coma nunca seria suficiente para manter essas galáxias agrupadas por meio da força gravitacional. Ele concluiu que deveria existir uma espécie de matéria escura para compensar a “massa faltante” no universo. Na década de 1970, Vera Rubin comprovou a validade da teoria de Zwicky quando notou uma discrepância: as estrelas das bordas das galáxias se moviam mais rapidamente do que o previsto — usando, para estimar seu movimento, a lei da gravidade.

Agora, os cientistas acham que a massa total de matéria-energia do universo é composta por 26% de matéria escura, com a energia escura (a força desconhecida que faz a velocidade de expansão do universo aumentar) constituindo cerca de 68% e com a matéria comum, visível, correspondendo apenas a 5% desse total.

### **AS ANÃS BRANCAS E OS BURACOS NEGROS: CHANDRA**

Nascido em Lahore, quando a localidade ainda era parte da Índia britânica (hoje fica no Paquistão), Chandra, ou Subrahmanyan Chandrasekhar (1910-95), talvez tenha sido inspirado por seu tio cientista, Sir C. V. Raman, ganhador do Prêmio Nobel de física em 1930. Na Inglaterra para realizar um trabalho de pós-graduação, Chandra mudou-se para os Estados Unidos quando suas ideias revolucionárias despertaram hostilidade e ceticismo entre os colegas.

Em sua mais famosa teoria, Chandra afirma que, quando a fonte de energia nuclear no coração de uma estrela (tal como o nosso Sol) se esgota e a estrela se aproxima de seu último estágio de evolução, nem sempre ela se transforma numa anã branca, pequena massa de matéria cósmica estável e de resfriamento vagaroso. Ao contrário, se o total de sua massa estiver acima de determinado limite — o chamado “limite de Chandrasekhar”, que é maior do que a massa que dá origem a uma nova estrela de nêutrons —, ela

*image  
not  
available*

## STEPHEN HAWKING (1942-)

Inspirado em parte pelo pai, especialista em doenças tropicais, interessou-se por questões científicas fundamentais no início da adolescência. Depois que se formou em física pela Universidade de Oxford, partiu para o doutorado em cosmologia em Cambridge, mas, logo depois de sua chegada à nova universidade, médicos o diagnosticaram com esclerose lateral amiotrófica, doença neurodegenerativa que provoca fraqueza e deterioração muscular. Eles previram que Hawking teria apenas mais alguns anos de vida. Entretanto, em vez de levá-lo a render-se a um destino aparentemente inexorável, a notícia da doença inoculou em suas veias a dose de motivação que o faria aproveitar ao máximo sua capacidade para concretizar suas ambições de desvendar segredos do universo.

A deterioração física causada pela doença acabou confinando Hawking a uma cadeira de rodas. Com o decorrer dos anos, como a fala se tornou confusa, estudantes universitários passaram a ler as aulas e palestras preparadas por ele. Em 1985, depois de uma cirurgia que eliminou por completo sua capacidade de se expressar pela fala, forneceram-lhe um computador e um sintetizador que lhe permitiram dar palestras com uma voz artificial.

*image  
not  
available*

usou elefantes para atravessar os Alpes e atacar Roma.) As máquinas de guerra de Arquimedes ajudaram a repelir as forças invasoras romanas durante vários anos, mas Siracusa acabou tomada em 212, quando Arquimedes foi morto. Chegaram a prometer ao grandioso homem da matemática um salvo-conduto, mas, segundo uma lenda, ele estava tão absorto na busca da solução para um problema que ignorou os legionários enviados com a missão de capturá-lo e levá-lo ao general romano. Irritados com a indiferença, passaram o genial matemático a fio de espada. Já de acordo com outra história, ele carregava um aparelho científico quando soldados romanos o mataram, achando que o artefato era um butim valioso.

### O VALOR DE PI EM SETE LUGARES DIFERENTES: ZHANG HENG E TSU CH'UNG CHIH

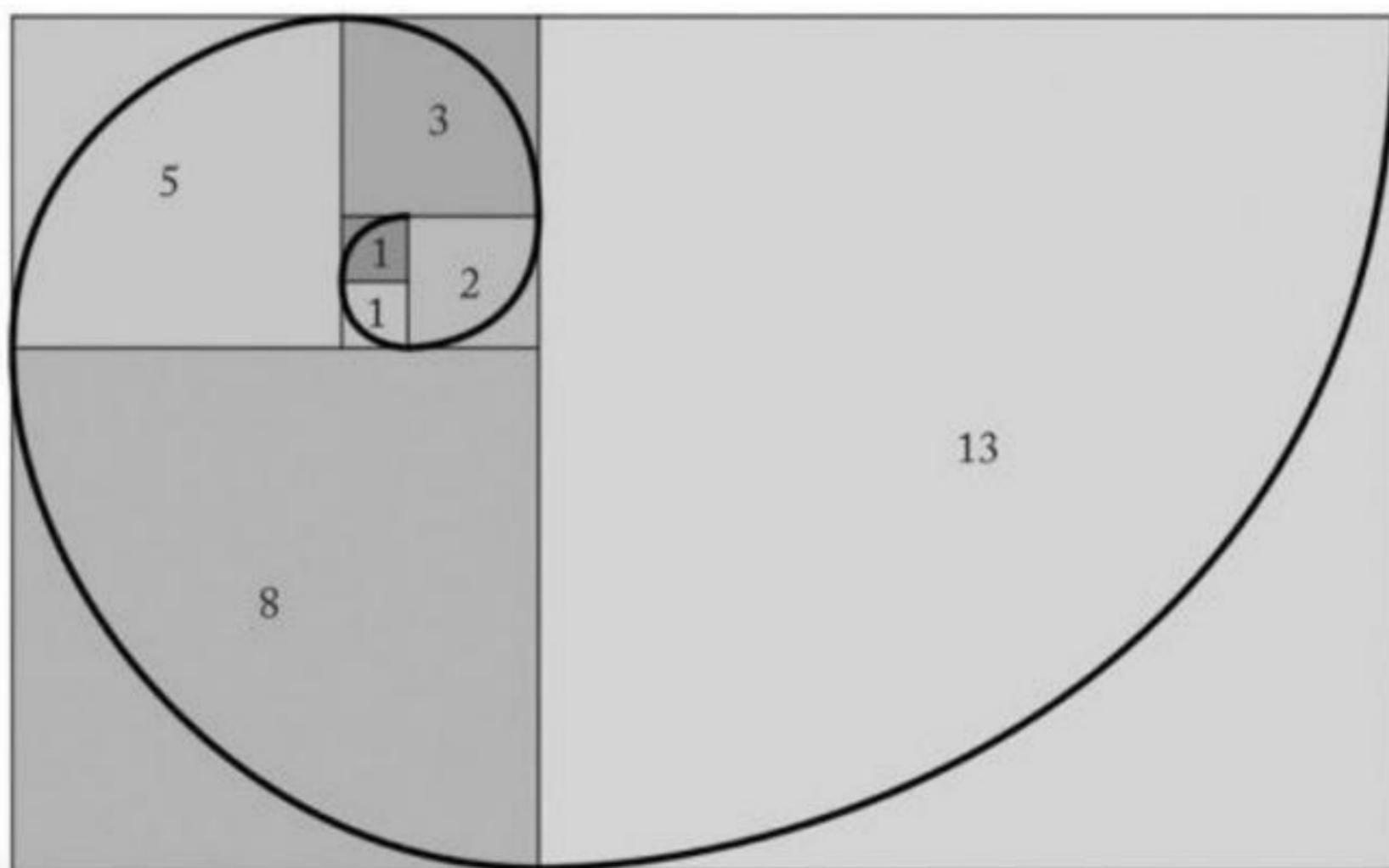
Talvez o número mais famoso do mundo seja o valor de pi, o nome do símbolo grego desse número,  $\pi$ .

Algo próximo de 22 dividido por 7 e geralmente tomado com o valor arredondado de 3,14, o pi representa as propriedades de um círculo; sendo  $r$  seu raio, sua circunferência é sempre dada pela expressão  $2\pi r$  e sua área sempre  $\pi r^2$ . Portanto, o valor de pi é muito útil na geometria aplicada — aliás, na pirâmide de Queops, a mais importante de Gizé, a razão entre o perímetro de sua base e sua altura é, *magicamente*, a metade de pi (com precisão de duas casas decimais!). O número pi é também um elemento de crucial importância na tentativa de solucionar um antigo problema matemático: usando-se apenas instrumentos de medição básicos, como uma régua e um compasso, é possível desenhar um quadrado que tenha uma área igual à de um círculo?

Não houve o descobridor do número pi. Ele foi calculado de forma independente por todas as antigas civilizações que professavam as ciências matemáticas: Babilônia, Egito, Grécia, Índia, China, os maias (América Central), entre outras. Lançando mão de diferentes métodos de cálculo geométrico, antiquíssimos matemáticos chegaram a um valor entre 3,12 e 3,16. Um inventor chinês, Zhang Heng (78-139) propôs que seu valor fosse a raiz quadrada de 10: 3,162.

Porém, mais tarde, um compatriota de Heng, o astrólogo, engenheiro e matemático Tsu Ch'ung Chih (429-500), foi a primeira pessoa no mundo a

*image  
not  
available*



Representação gráfica da Sequência de Fibonacci.

### COORDENADAS CARTESIANAS: RENÉ DESCARTES

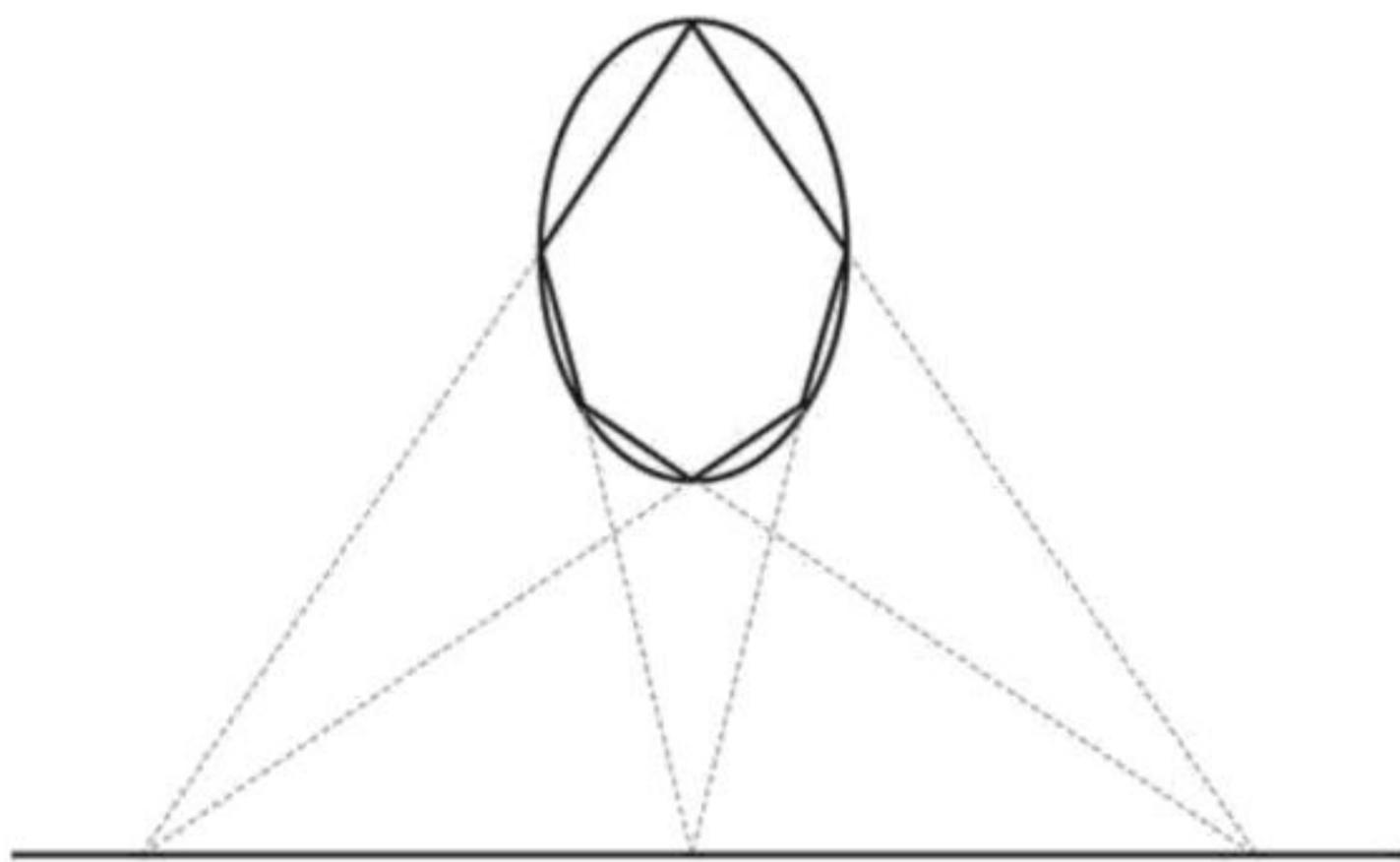
Com sua invenção das coordenadas cartesianas, o filósofo e matemático francês René Descartes tem levado muitas gerações de crianças do ensino fundamental a dar bons tratos à bola na tentativa de entender a função dos eixos  $x$  e  $y$  de gráficos cartesianos.

Descartes observava ao acaso uma mosca voando e pousando nas paredes e no teto de seu quarto quando percebeu que a trajetória do voo podia ser representada geometricamente — com base na linha descrita pelo voo e nas figuras criadas com esse movimento — e algebricamente por uma série de pontos referenciais. Foi então que concebeu um plano cartesiano (denominado, segundo a forma latinizada, Cartesius), traçando linhas perpendiculares (ou eixos), uma vertical e outra horizontal, numa superfície plana para descrever a posição dos pontos.

*image  
not  
available*

precocemente. O resultado na busca da solução foi a teoria das probabilidades, com a qual introduziram o esperado valor de uma variável em circunstâncias específicas.

A famosa máquina de calcular de Pascal — chamada Pascalina — foi desenvolvida para ajudar seu pai, que era coletor de impostos. A máquina era capaz de somar e subtrair, mas, embora fosse precursora dos modernos computadores, tornou-se um fracasso comercial, pois era cara e um tanto complexa de usar.



Um hexágono numa seção cônica (elipse) mostrando o teorema de Pascal.

Além de suas importantes realizações na matemática, Pascal desenvolveu a lei da pressão (conhecida como “Princípio de Pascal”), inventou a prensa hidráulica e a seringa, e provou a existência do vácuo. Por outro lado, seu compatriota e pensador francês René Descartes (pág. 55) simplesmente não conseguia acreditar na possibilidade da existência do vácuo e respondeu, numa carta enviada a Pascal: “[Ele] tem muita vacuidade na cabeça.”

### **BLAISE PASCAL (1623-1662)**

Blaise Pascal foi educado em casa pelo pai, que achava que o garoto só deveria entrar em contato com a matemática quando tivesse, pelo menos,

*image  
not  
available*

cores não foram muito bem-recebidas, ele se isolou num gabinete de trabalho para se dedicar ao estudo da alquimia. Aparentemente, a experiência de ter sido rejeitado foi tão traumática que precisou ser adulado para que se convencesse a publicar sua grande obra, *Principia*.

Newton escreveu também muita coisa sobre alquimia, história antiga e estudos bíblicos. Tornou-se membro do Parlamento, reformou a Casa da Moeda e foi eleito presidente da Royal Society, de 1703 em diante. Em 1705, recebeu o título de cavaleiro.

### TEOREMA FUNDAMENTAL DA ÁLGEBRA: CARL FRIEDRICH GAUSS

Curvaturas gaussianas (de superfícies), distribuição de probabilidade gaussiana, o gauss como unidade de força do campo magnético — as contribuições do cientista alemão Carl Friedrich Gauss à matemática e à ciência (pág. 64) foram tão numerosas que acabaram lhe dando o título de “Príncipe da Matemática”. Antes mesmo de completar 20 anos, Gauss realizou um dos maiores avanços em geometria desde os gregos antigos quando provou que era possível construir um polígono regular de 17 lados usando apenas régua e compasso.

Em 1799, proporcionou outro avanço ao desenvolvimento da matemática: a demonstração da correção ou validade do “teorema fundamental de álgebra”. Apesar do nome, na verdade, o teorema não é fundamental para a álgebra moderna e foi um dos muitos outros enigmas matemáticos propostos pelos primeiros matemáticos da história. Gauss criava curvas algébricas com expressões de uma equação e as analisava usando topologia, uma forma de geometria voltada para o estudo de propriedades que não variam, mesmo que isso ocorra com ângulos e curvas. Ele elaborou sua demonstração por meio da extrapolação das relações entre suas curvas com um círculo.

Em 1801, publicou *Disquisitiones Arithmeticae* (“Estudos de aritmética”), que foi o primeiro compêndio sobre a teoria dos números algébricos ou “aritmética superior”. Na obra, apresentou um resumo dos esparsos escritos sobre o assunto, bem como suas próprias ideias acerca de problemas notáveis, e assentou a análise crítica definitiva de conceitos e áreas de pesquisa. Além de ter proporcionado muitos outros avanços às ciências matemáticas, introduziu também o símbolo  $\equiv$ , usado em congruências.

*image  
not  
available*

## SOLUCIONANDO O ÚLTIMO TEOREMA DE FERMAT: ANDREW WILES

O matemático Andrew Wiles (1953-) fez suas primeiras indagações em torno do último teorema de Fermat (pág. 57) quando tinha apenas 10 anos, depois de se deparar com o problema — que perdurava fazia 326 anos — numa biblioteca.

Pierre de Fermat (pág. 57) propôs o problema em 1637, numa anotação rabiscada em seu exemplar do antigo livro *Arithmetica*, do grego Diofanto, onde informou que a prova de sua solução (uma “demonstração simplesmente maravilhosa”) não caberia nas margens da obra. Como Wiles se utilizou de métodos que não existiam na época de Fermat, muitos matemáticos acham agora que o francês se equivocou quando afirmou que havia elaborado uma demonstração do teorema.

Em seu último teorema, Fermat afirma que a equação simples  $a^n + b^n = c^n$  só pode ser solucionada com números inteiros positivos se  $n$  não for maior do que dois.

Acontece que, como Fermat afirmou que  $n = 4$  é um caso especial, fácil de solucionar, o desafio não é aplicável a este caso. Já em meados do século XIX, provou-se a validade do teorema no caso de muitos números primos e, com o advento dos computadores, tornou-se possível fazer cálculos que demonstravam sua validade envolvendo números primos até 4 milhões. Mas uma prova abarcando todos os números foi considerada “inacessível” — impossível de apresentar ou, pelo menos, indemonstrável com o conhecimento do século XIX.

Todavia, sucessivos trabalhos de matemáticos no século XX provaram, em 1986, que o teorema podia ter correlação com a conjectura de Taniyama-Shimura-Weil (mais tarde conhecido como teorema da modularidade), que estabelece uma importante relação entre curvas elípticas e formas modulares — funções analíticas complexas em *quatro* dimensões. Se a correlação estivesse correta, qualquer solução para a equação de Fermat criaria uma curva elíptica não modular, portanto ela não poderia existir. Isso, juntamente com outras novas ideias, reavivou o interesse de Andrew Wiles no problema.

Em 1994, Wiles havia sido tão bem-sucedido na demonstração da validade da proposição dessa nova questão de modularidade que provou também a validade do último teorema de Fermat. Contudo, descobriram que

*image  
not  
available*

## AS PRIMEIRAS TEORIAS DOS ELEMENTOS E DAS PARTÍCULAS: TALES E ARISTÓTELES

Costuma-se dizer que a física começou com as ideias do antigo filósofo grego Tales de Mileto, que nasceu por volta de 624 a.C. Ele foi a primeira pessoa de que se tem notícia a argumentar que superstições e crendices deveriam ser abandonadas, e que as pessoas precisariam entender e explicar os fenômenos naturais com base no empirismo. Infelizmente, ele dedicou muito tempo à observação da água e formulou a tese de que o mundo é feito de água sob diferentes formas.

Tales ficou esquecido durante muitos séculos e, em vez de suas teses, os cientistas ocidentais seguiram as teorias do grande cientista e filósofo grego Aristóteles (384-322). Este acreditava que tudo na Terra era feito de quatro elementos — terra, ar, fogo e água.

Como as ideias de Aristóteles foram incorporadas à filosofia cristã, no início da Idade Média europeia não era considerado aceitável questionar sua visão do universo. Por isso, somente com o advento da Renascença, as ciências floresceram na Europa. Um dos seus grandes expoentes foi o artista Leonardo da Vinci (1452-1519), que também se destacou como engenheiro mecânico, inventor e cientista versátil.

## A MECÂNICA NEWTONIANA: SIR ISAAC NEWTON

É um mito a história de que uma maçã caiu na cabeça de Isaac Newton (pág. 62), inspirando-o a “descobrir” a gravidade. Mas é verdade que formulou sua teoria para explicar o fenômeno da queda dos corpos enquanto passeava pelo jardim, cogitando por que as maçãs caíam. Ele publicou sua revolucionária teoria da gravidade, em 1687, num dos livros científicos mais importantes de todos os tempos: *Principia*. A obra continha também a exposição das leis do movimento, as quais fundaram a mecânica clássica. Como se isso não bastasse, Newton (1642-1727) foi também coinventor do cálculo matemático (pág. 61), fez importantes avanços na área da óptica e ajudou a desenvolver o moderno método de investigação, experimentação e análise científica.

Com suas três leis, Newton explicou como forças e massas agem umas sobre as outras para criar movimento. São elas:

*image  
not  
available*

era uma reação química na pilha. A máquina foi adotada por Humphry Davy (pág. 103), entre outros, principalmente para a decomposição química de substâncias: a eletrólise.

## ÁTOMOS, MOLÉCULAS E ELÉTRONS: AMEDEO AVOGADRO E J. J.

### THOMSON

Em 1803, o químico inglês John Dalton (pág. 104) afirmou que as menores frações de matéria eram formadas por unidades minúsculas, denominadas átomos. Era uma teoria semelhante a uma proposta feita certa vez na Grécia Antiga, mas que acabara abandonada em favor da visão de mundo de Aristóteles. Em uma antecipação do futuro, levando em conta a validade da tese aventada, o conceito de átomo se tornaria fundamental para a nova física das partículas; a química e a física começavam a se complementar cada vez mais.

Em 1811, o físico e matemático italiano Amedeo Avogadro (1776-1856) apresentou ao mundo seu novo conceito de “molécula”, termo com que designou agrupamentos de partículas materiais contendo mais de um átomo. A lei de Avogadro, que afirma que volumes iguais de gases, nas mesmas condições de pressão e temperatura, contêm o mesmo número de moléculas, havia caído no esquecimento durante muito tempo. Mesmo assim, o termo por ele cunhado acabou sendo adotado pelos cientistas.

Mas foi necessário esperar até o fim do século para que se tomasse conhecimento da existência da primeira partícula subatômica, descoberta em 1899 pelo inglês J. J. Thomson (1856-1940). Ela aconteceu quando ele repetia uma experiência com raios catódicos, considerados raios misteriosos que agiam no vácuo, tal como ondas eletromagnéticas, e apresentavam algumas propriedades de metais e gases. Ele os estudou utilizando tubos de raios catódicos, ou tubos de descarga. Com isso, Thomson descobriu que os raios eram atraídos para o lado positivamente carregado do campo elétrico, o que significava que deviam ter carga negativa, já que os opostos se atraem. Então, como os físicos sabiam que a luz não tem carga, os raios só podiam ser formados por minúsculas partículas de matéria. Usando uma nova técnica de reprodução de fenômenos magnéticos para pesar as partículas, Thomson descobriu que elas são 1.800 vezes mais leves do que um átomo de hidrogênio, o mais leve dos átomos, concluindo que só podiam ser partículas

*image  
not  
available*

James Clerk Maxwell foi um dos poucos cientistas que entenderam perfeitamente o método de aplicação da termodinâmica de Josiah Willard Gibbs para interpretar os fenômenos físico-químicos (pág. 111). Morreu de câncer aos 48 anos.

### **ONDAS DE RÁDIO: HEINRICH HERTZ**

Graças à sua descoberta das ondas de rádio, se o físico alemão Heinrich Hertz (1857-94) tivesse vivido por mais algum tempo, veria o mundo quase totalmente transformado, mas ele morreu pouco antes de completar 37 anos, devido a uma bacteremia.

Em meados dos anos 1880, Hertz iniciou experiências para tentar provar empiricamente a existência de ondas eletromagnéticas. Ele usou um aparelho simples, formado por um circuito oscilador, contendo uma bobina de indução e um centelhador composto por um arco montado sobre um suporte. Na extremidade oposta da mesa, ele montou outro circuito, constituído apenas de um centelhador. Depois, observou que uma descarga visível nas pontas do centelhador, liberada pela bobina de indução, era acompanhada por uma centelha mais fraca, gerada no circuito receptor, provando assim a existência das ondas elétricas.

Depois de outras experiências com essas ondas, mais tarde conhecidas como ondas de rádio, Hertz demonstrou que elas eram passíveis de reflexão, refração e difração.

O aparelho de Hertz permitia a detecção de ondas de rádio a uma distância de apenas 18 metros, mas ele estabeleceu as bases para o sistema de comunicação desenvolvido mais tarde por Guglielmo Marconi (1874-1937), que conseguiu realizar, em 1901, a primeira transmissão transatlântica sem fio, ou via rádio, de sinais telegráficos.

### **RAIOS X: WILHELM RÖNTGEN**

Em 1895, o alemão Wilhelm Röntgen (1845-1923) pesquisava sobre as propriedades dos raios catódicos (feixes de elétrons) emitidos por tubos de descarga. Durante a experiência, ele descobriu que uma tela fotossensível em sua bancada de trabalho ficava fluorescente e emitia luz quando o tubo era usado. Observou que objetos postos entre o tubo e a tela produziam imagens escuras que podiam ser impressas em chapas

*image  
not  
available*

## MARIE CURIE (1867-1934)

Nascida em Varsóvia, então parte do Império Russo, Marie Curie estudou na Universidade de Paris (Sorbonne), onde se formou como a primeira aluna da turma em 1893. Em 1903, tornou-se a primeira mulher a ganhar o Prêmio Nobel, concedido a ela por suas pesquisas sobre radiação na área da física, junto com Pierre, seu marido, e Henri Becquerel. Na verdade, foi pioneira em muitos outros feitos: em 1909, tornou-se a primeira professora a lecionar na Sorbonne, embora tivesse feito isso com certa tristeza, já que substituíra o finado marido; em 1911, ganhou seu segundo Prêmio Nobel, desta vez em química, por sua descoberta dos elementos químicos rádio e polônio. A façanha a tornou a primeira cientista a ganhar dois Prêmios Nobel em diferentes áreas do conhecimento.

Apesar de todos os seus feitos, Marie Curie enfrentou preconceito de cientistas do sexo oposto, e, por isso, não foi eleita para a Academia Francesa de Ciências. Morreu de leucemia, decorrente de sua exposição a substâncias radioativas, e seus cadernos continuam impregnados de radiação até hoje.

## O ANO RELATIVAMENTE MILAGROSO: ALBERT EINSTEIN

O ano de 1905 ficou conhecido como o “ano milagroso” de Einstein, visto que ele publicou quatro estudos que deram grande contribuição à compreensão do universo.

O primeiro dizia respeito à teoria dos quanta de luz. Max Planck (pág. 83) tinha proposto anteriormente que a energia se propaga na forma de partículas minúsculas, denominadas quanta, e Einstein levantou a hipótese de que a luz é composta por quanta. Hoje, esses quanta de luz são chamados fótons.

No segundo, explicou o movimento browniano — o movimento aleatório de partículas microscópicas — como o movimento dos átomos. Ele dividiu o crédito do avanço nesse campo da ciência com Marian Smoluchowski (1872-1917).

Em seu terceiro estudo, ele expôs a teoria especial da relatividade. Posteriormente, com a formulação da sua teoria geral da relatividade (pág. 36), Einstein mudou as ideias de Newton a respeito de campos gravitacionais, e sua teoria especial suplantou os conceitos de espaço e tempo

Apenas dois anos depois, seu modelo foi superado pelo de Niels Bohr, que aplicou os princípios do novo campo da física quântica e achava que elétrons só podiam de fato ocupar certos níveis de energia ou orbitais em torno do núcleo dependendo de quanta energia eles contivessem. Calculou esses níveis com base na força centrífuga gerada pelo movimento do elétron e na atração eletromagnética entre o elétron e o núcleo, procurando verificar a hipótese usando análise espectral.

Depois disso, não demorou muito para que se constatasse que o núcleo era formado, na verdade, por duas partículas: o próton, corpúsculo de carga positiva, e o nêutron, partícula eletricamente neutra. Então, em 1964, cientistas descobriram que esses dois tipos de partículas nucleares eram compostos por partículas ainda menores, denominadas quarks, que se apresentam em seis tipos diferentes: ascendente (*up*), descendente (*down*), superior (*top*), inferior (*bottom*), esquisito (*strange*) e atraente (*charm*). É verdade — nem mesmo um especialista em física quântica conseguiria imaginar algo assim.

### NIELS BOHR (1885-1962)

Na escola, a matéria de que Niels Bohr mais gostava era educação física: tanto que, por muito pouco, deixou escapar a oportunidade de fazer parte da seleção de futebol de seu país, a Dinamarca.

Em 1912, Bohr começou a trabalhar na Inglaterra com Ernest Rutherford. Graças a essa gloriosa experiência na área científica, autoridades de seu país criaram em Copenhague, em 1921, depois que ele desenvolveu sua teoria da estrutura atômica, o Instituto de Física Teórica, tornando-o chefe da instituição.

Na Segunda Guerra Mundial, os nazistas invadiram a Dinamarca. Como Bohr tinha certa descendência judaica, em 1943 foi incluído, pela Resistência Dinamarquesa, num programa de transferência em massa, de quase todos os judeus do país, para um refúgio na Suécia. Seus conhecimentos eram muito requisitados por cientistas aliados que trabalhavam no Projeto Manhattan construindo uma bomba atômica. Assim, foi levado para a Grã-Bretanha no compartimento de bombas de um avião de guerra, parte da aeronave adaptada às pressas para transportá-lo.

*image  
not  
available*

Schrödinger sempre dizia que sua equação diferencial era matematicamente equivalente ao método algébrico de Werner Heisenberg usado na mecânica quântica (pág. 92), afirmação posteriormente comprovada.

Para ilustrar o princípio da incerteza proposto por Heisenberg e demonstrar que a física quântica estava se transformando numa ciência estranha, Schrödinger propôs o talvez mais famoso e paradoxal exercício de raciocínio da história: o “gato de Schrödinger”. No experimento imaginário, ele concebeu a ideia de se pôr um gato numa caixa fechada contendo uma porção minúscula de material radioativo que, no espaço de uma hora, tinha uma chance de 50% de se decompor, liberando uma partícula. Se ele se decompusesse, o fenômeno quântico acionaria um mecanismo e mataria o gato. Mas, enquanto não abrisse a caixa, a pessoa não teria como saber se o gato estaria vivo ou morto. Até lá, de acordo com a proposição de Schrödinger, o gato existiria em dois universos: num deles, o animal ainda estaria vivo; no outro, morto. Contudo, somente quando a caixa fosse aberta, ocorreria o colapso da função de onda.

### ERWIN SCHRÖDINGER (1887-1961)

Embora tenha nascido em Viena, na Áustria, sua mãe era inglesa. Portanto, ele foi criado num ambiente bilíngue, em que se falavam inglês e alemão. Seus primeiros cargos no mundo acadêmico foram no campo da física experimental, o que, segundo ele, lhe deu uma boa base de conhecimentos nessa área. Ele tinha 39 anos — geralmente, uma idade avançada para físicos teóricos — quando publicou seu primeiro estudo sobre a teoria da mecânica ondulatória.

Mas não gostava da natureza probabilística da nova física que tinha ajudado a criar e, depois de 1926, trabalhou no campo da biologia e no problema ainda não solucionado de uma teoria do campo unificado. Ademais, assim como outros físicos quânticos, sentiu-se atraído por sistemas filosóficos do Oriente.

Schrödinger era um mulherengo e tinha um casamento liberal. Tanto ele quanto a esposa tiveram casos extraconjugais. Chegou a ter filhos com outras mulheres, escandalizando instituições acadêmicas em todo o mundo.

*image  
not  
available*

## OS ANTIGOS ELEMENTOS, A CIÊNCIA EM SEUS PRIMÓRDIOS E OS ALQUIMISTAS: HIPÁTIA

Durante grande parte da história, para a humanidade existiam apenas certos elementos que compunham o mundo físico. Em algumas civilizações antigas, esses elementos somavam cinco ao todo; por exemplo, na Babilônia eram o vento, o fogo, a terra, o mar e o céu; já na China eram a terra, o fogo, a água, o metal e a madeira. Contudo, os quatros elementos clássicos — terra, ar, fogo e água — eram os únicos aceitos como tais nos países do Ocidente, embora o grego Aristóteles (pág. 14) houvesse adicionado um quinto elemento: um componente imutável e cósmico denominado Éter.

Por volta do século III a.C., o centro do saber no mundo clássico começou a se transferir de Atenas para Alexandria, no Egito. Centenas de anos depois, viveu nessa cidade uma das primeiras cientistas do mundo: Hipátia. Como intelectual que era, ela começou a estudar as propriedades dos líquidos. É possível que tenha descoberto que certos tipos de matéria podem assumir diferentes formas e, ainda assim, continuar a ser o que são, como o fato de que, por congelamento, a água pode se transformar em gelo e o ferro, bastante aquecido, liquefazer-se. Mas seria necessário muito tempo para que os cientistas entendessem que é a modificação do arranjo das moléculas de uma substância que determina sua forma ou estado físico.

O conhecimento de Hipátia se restringia a propriedades mais visíveis da matéria, mas se atribui a ela a invenção de um hidrômetro para medir a densidade relativa e o peso dos líquidos.

Enquanto Hipátia fazia observações, testes e invenções, outros em Alexandria faziam a mesma coisa, mas visando a outros objetivos. Dizem que a alquimia surgiu na cidade por volta do século IV, já que o gosto pela magia e pelo ocultismo começou a permear toda a sociedade da época. Os alquimistas se interessavam, principalmente, pela busca do conhecimento de segredos mágicos ou pela transmutação de metais comuns em ouro.

A palavra “química” vem de “alquimia”, provavelmente derivada do antigo nome do Egito: Kemet.

Os alquimistas do Oriente Médio e da Europa, sem querer, ajudaram a desenvolver os conhecimentos e as técnicas de manipulação química (de metais, por exemplo), como foi o caso do método do banho-maria, criado