

*O universo no seu mais pequeno:
o que sabemos acerca da matéria*

Os Gregos antigos afirmaram que a matéria do universo é formada de pequenos ingredientes indivisíveis chamados *átomos*. Tal como o número enorme de palavras de uma escrita alfabética é formado pela riqueza das possíveis combinações de um pequeno número de letras, os Gregos sugeriram que também os vastos tipos diferentes de objectos materiais poderiam resultar da combinação de um pequeno número de constituintes elementares distintos. Foi uma proposta digna de um adivinho. Mais de 2000 anos mais tarde ainda acreditamos que isso é verdade, embora a identidade dessas unidades fundamentais tenha vindo a ser revista ao longo do tempo. No século XIX, os cientistas

mostraram que certas substâncias familiares como o oxigênio ou o carbono possuem constituintes reconhecíveis mais pequenos que todos os outros; seguindo a tradição proposta pelos Gregos, chamaram-lhes átomos. O nome pegou, embora a história tenha mostrado que não é muito apropriado porque é inquestionavelmente possível «cortar» átomos e separá-los em partes mais pequenas. Por volta do começo da década de 30, o trabalho colectivo de J. J. Thomson, Ernest Rutherford, Niels Bohr e James Chadwick tinha estabelecido o modelo atómico do tipo sistema solar, familiar para a maioria de nós. Longe de serem os constituintes fundamentais, os átomos são formados por um núcleo, que contém prótons e neutrões e está rodeado por enxames de electrões orbitais.

Durante algum tempo, os físicos pensaram que os prótons, os neutrões e os electrões eram os «átomos» dos Gregos. Contudo, em 1968, experimentalistas no Stanford Linear Accelerator Center, fazendo uso de uma cada vez maior capacidade tecnológica para a exploração das profundezas da matéria, descobriram que os prótons e os neutrões também não são fundamentais. Em vez disso, mostraram que cada um é formado por três partículas mais pequenas chamadas *quarks* — um nome inspirado, retirado de uma passagem do romance *Finnegan's Wake*, de James Joyce, pelo físico teórico Murray Gell-Mann, que tinha anteriormente feito conjecturas sobre a sua existência. Os experimentalistas confirmaram que os *quarks* formam, eles próprios, duas variedades diferentes que foram apelidadas, um pouco menos criativamente, de *up* e *down*.

Tudo o que observamos no mundo terrestre e também lá em cima nos céus é aparentemente formado por combinações de electrões, *quarks-up* e *quarks-down*. Não há qualquer resultado experimental que indique que alguma destas partículas seja formada por outras mais pequenas.

No entanto, há muitos indícios de que o próprio universo contém outras partículas como ingredientes adicionais. Por volta de meados dos anos 50, Frederick Reines e Clyde Cowan encontraram dados experimentais conclusivos quanto à existência de um quarto tipo de partícula fundamental chamada *neutrino* — uma partícula cuja existência fora prevista no início dos anos 30 por Wolfgang Pauli. Os neutrinos foram extremamente difíceis de encontrar, pois são como partículas fantasmas que apenas raramente interagem com outra maté-

ria: um neutrino de energia média pode facilmente passar através de muitos triliões de quilómetros de chumbo sem que isso tenha qualquer efeito na sua trajetória. Isto deve deixar o leitor aliviado, pois neste momento, enquanto lê este texto, biliões de neutrinos ejectados para o espaço pelo Sol estão a passar pelo seu corpo, bem como pela Terra, dando os primeiros passos da sua viagem solitária pelo cosmos. No final dos anos 30, uma outra partícula, chamada *muão* — idêntica ao electrão, mas aproximadamente 200 vezes mais pesada — foi descoberta por físicos que estudavam raios cósmicos (chuvas de partículas que bombardeiam a Terra vindas do espaço exterior). Como não havia nada na ordem cósmica, nenhum *puzzle* por resolver, nenhum argumento particular que necessitasse da existência do muão, o físico de partículas Isidor Isaac Rabi, galardoado com o Prémio Nobel, acolheu a descoberta do muão com um não muito entusiástico «E quem encomendou isso?». No entanto, ali estava ele. E mais estava para vir.

Usando tecnologia cada vez mais poderosa, os físicos têm continuado a fazer colidir bocados de matéria e a uma energia cada vez mais elevada, conseguindo assim momentaneamente recriar condições nunca vistas desde o *big bang*. Nos restos deixados pelas colisões têm então procurado novos ingredientes fundamentais para adicionar à crescente lista de novas partículas. Eis o que encontraram: quatro novos *quarks* — *charm*, *strange*, *bottom* e *top* — e um outro primo do electrão, mais pesado, chamado *tau*, bem como duas partículas com propriedades semelhantes às dos neutrinos (chamadas *neutrino do muão* e *neutrino do tau*, para as distinguir do neutrino original, agora chamado *neutrino do electrão*). Estas partículas são produzidas através de colisões a alta energia e existem apenas efemeramente; não são constituintes de nada que possamos encontrar casualmente. Mas isto ainda não é o final da história. Cada uma destas partículas tem uma *antipartícula* — uma partícula de massa idêntica, mas com diversas propriedades opostas, tal como a carga eléctrica (e também as cargas das outras forças, que discutiremos mais adiante). Por exemplo, a antipartícula correspondente ao electrão é denominada *positrão* — tem exactamente a mesma massa que um electrão, mas a sua carga eléctrica é +1, enquanto a carga eléctrica do electrão é -1. Quando postas em contacto, matéria e antimatéria podem aniquilar-se uma à outra, produzindo energia pura — e é por isso que existe muito pouca antimatéria de origem natural no mundo que nos rodeia.

Os físicos reconheceram padrões de comportamento destas partículas, que se encontram na tabela 1.1. As partículas de matéria organizam-se em três grupos, muitas vezes chamados *famílias*. Cada família contém dois dos *quarks*, um electrão ou um dos seus primos e um neutrino de uma dada espécie. Os tipos de partículas correspondentes, ao longo das três famílias, têm propriedades idênticas, com excepção da sua massa, que cresce cada vez mais de família para família. O resultado que se destaca é que neste momento os físicos analisaram a estrutura da matéria em escalas da ordem de um bilionésimo de um bilionésimo de um metro e mostraram que *tudo* o que foi encontrado até à data — quer exista naturalmente quer tenha sido criado artificialmente com gigantescos trituradores de átomos — consiste em alguma combinação de partículas destas três famílias e dos seus parceiros de antimatéria.

Uma breve olhadela à tabela 1.1 deverá bastar para deixar o leitor com um sentimento de espanto ainda mais forte que o de Rabi aquando da descoberta do muão. A organização em famílias deixa pelo menos alguma aparência de ordem, mas inúmeros «porquê» saltam à vista. Porque existem tantas partículas fundamentais, em particular quando é evidente que a grande maioria das coisas que constituem o mundo que nos rodeia apenas necessita de electrões, *quarks-up* e *quarks-down*? Porque existem três famílias? Porque não apenas uma, ou quatro, ou qualquer outro número de famílias? Porque têm as partículas massas tão variadas entre elas; por exemplo, porque pesa o tau aproximadamente 3520 vezes o que pesa um electrão? Porque pesa o *quark-top* aproximadamente 40 200 vezes mais do que um *quark-up*? Estes números são muito estranhos e aparentemente aleatórios. Será

Família 1		Família 2		Família 3	
Partícula	Massa	Partícula	Massa	Partícula	Massa
Electrão	0,00054	Muão	0,11	Tau	1,9
Neutrino do electrão	$<10^{-8}$	Neutrino do muão	$<0,0003$	Neutrino do tau	$<0,033$
<i>Quark-up</i>	0,0047	<i>Quark-charm</i>	1,6	<i>Quark-top</i>	189
<i>Quark-down</i>	0,0074	<i>Quark-strange</i>	0,16	<i>Quark-bottom</i>	5,2

Tabela 1.1 — As três famílias de partículas fundamentais e as suas massas (em múltiplos da massa do próton). Os valores das massas dos neutrinos têm até agora escapado à detecção experimental

que surgiram por acaso, por alguma escolha divina, ou existirá uma explicação científica compreensível para estes aspectos fundamentais do nosso universo?

Título: O universo elegante: supercordas, dimensões ocultas e a busca da
teoria final

Autor: Brian Greene

Revisão: Manuel Joaquim Vieira

Tradução. João Pimentel Nunes, Ricardo Achiappa

Edição: 2ª ed., rev. E aumentada

Publicação: Lisboa: Gradiva, 2004