

FRITJOF CAPRA

# O TAO DA FÍSICA

*Uma exploração dos paralelos entre a  
física moderna e o misticismo oriental*

## FICHA TÉCNICA

Título original: *The Tao of Physics*

Autor: *Fritjof Capra*

© 1975, 1983 by *Fritjof Capra*

Tradução © Editorial Presença, Lda., Lisboa, 1989

Tradução de: *Maria José Quelhas Dias*

e *José Carlos Almeida — Engenheiro Físico*

Capa: *Marta Figueiredo*

Fotocomposição: *Preto no Branco — Leça da Palmeira*

Impressão e acabamento: *Imprensa Portuguesa — Porto*

1.ª edição, Lisboa, 1989

Depósito legal n.º 23 893/88

Reservados os direitos  
para a língua portuguesa,  
excepto Brasil, à

EDITORIAL PRESENÇA, LDA.  
Rua Augusto Gil, 35-A 1000 Lisboa

*Este livro é dedicado a:*

Ali Akbar Khan  
Carlos Castaneda  
Geoffrey Chew  
John Coltrane  
Werner Heisenberg  
Krishnamurti  
Liu Hsiu Ch'i  
Phiroz Mehta  
Jerry Shesko  
Bobby Smith  
Maria Teuffenbach  
Alan Watts,

*por me ajudarem a encontrar a minha  
via, e a Jacqueline, que me acompanhou  
ao longo desta jornada a maior parte do  
tempo.*

# Agradecimentos

O autor e os editores agradecem a autorização para a reprodução das ilustrações das páginas seguintes:

- pp. 70, 168, 192, 193 (em cima), 197, 220, Lawrence Berkeley Laboratory;
- p. 110 reproduzida de Physics in the Twentieth Century, por Victor Weisskopf, sob autorização da M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts, copyright 1972 por Massachusetts Institute of Technology;
- p. 134 Nordisk Pressefoto, Copenhagen;
- p. 160 Gulbenkian Museum of Oriental Art;
- p. 190 Argonne National Laboratory;
- pp. 193 (em baixo), 195, CERN;
- Gravura 1, Gunvor Moitessier;
- Gravuras 2 e 6, Estate of Eliot Elisofon;
- Gravura 3, Gulbenkian Museum of Oriental Art;
- Gravura 4, da coleção do Sr. Nasli Heeramanneck, reproduzida de The Evolution of the Buddha Image, por Benjamin Rowland Jr., The Asia Society, New York;
- Gravura 5, de Zen and Japanese Culture por Daisetz T. Suzuki, Bollingen series LXIV (copyright 1959 por Bollingen Foundation), reproduzida sob autorização de Princeton University Press.

*Na história do pensamento humano os desenvolvimentos mais fecundos ocorrem, de um modo geral, quando duas correntes totalmente distintas se encontram. Estas correntes podem radicar em zonas bastante diferentes da cultura humana, em tempos ou meios culturais diferentes, ou até em diferentes tradições religiosas; assim, se de facto se chegam a encontrar, ou seja, se de facto são pelo menos tão aparentadas que uma verdadeira relação possa ter lugar, só se pode esperar que novos e estimulantes progressos se sigam.*

Werner Heisenberg

# Prefácio à Segunda Edição

*Este livro foi publicado pela primeira vez há sete anos e teve origem numa experiência, descrita no prefácio à primeira edição, situada agora há mais de dez anos. Parece deste modo apropriado dirigir algumas palavras aos leitores desta nova edição sobre as muitas coisas que aconteceram nestes anos ao livro, à física e a mim próprio.*

*Quando descobri o paralelo entre a visão do mundo dos físicos e dos místicos, sugerida anteriormente mas nunca profundamente explorada, tive a nítida sensação de que estava meramente aclarar o que era óbvio e seria dado adquirido no futuro; por vezes, durante a escrita de O Tao da Física, cheguei a sentir que estava a fazê-lo através de mim, mais do que por mim. Os acontecimentos que se seguiram confirmaram esta sensação. O livro tem sido entusiasticamente recebido no Reino Unido e nos Estados Unidos. Apesar da escassa publicidade, tornou-se rapidamente conhecido e está hoje disponível, ou em publicação, em doze edições em todo o mundo.*

*A reacção da comunidade científica, previdentemente, tem sido mais cautelosa; mas, também ali, o interesse nas vastas implicações da física do século vinte tem aumentado. A relutância dos cientistas modernos em aceitar as profundas semelhanças entre os seus conceitos e os dos místicos não é surpreendente, já que o misticismo — pelo menos no Ocidente — tem sido tradicionalmente associado, de maneira errada, com coisas vagas, misteriosas, a científicas. Esta atitude está, felizmente, a mudar. À medida que o pensamento oriental começou a interessar um número significativo de pessoas e a meditação deixou de ser ridícula ou suspeita, o misticismo tem sido tomado a sério mesmo na comunidade científica.*

*O sucesso de O Tao da Física teve um forte impacto na minha vida. Nos últimos anos tenho viajado largamente, discursado para audiências profissionais e leigas, discutido as implicações da «nova física» com homens e mulheres de todos os cantos do mundo. Estas discussões ajudaram-me muito na compreensão do abrangente enquadramento cultural, presente no grande interesse pelo misticismo oriental que surgiu no Ocidente nos últimos vinte anos. Agora entendo este interesse como integrante de uma tendência que visa contrariar um profundo desequilíbrio na nossa cultura — nos nossos pensamentos e sentimentos, valores e atitudes, e estruturas sociais e políticas. Achei a terminologia chinesa de yin e yang muito útil para descrever este desequilíbrio cultural. A nossa cultura tem consecutivamente favorecido valores e atitudes yang, ou masculinos, e*

*negligenciado as suas contrapartes complementares yin, ou femininas. Temos favorecido auto-asserções em lugar de integração, análise em lugar de síntese, conhecimento racional em lugar de sabedoria intuitiva, ciência em lugar de religião, competição em lugar de cooperação, expansão em lugar de conservação, e assim por diante. Este desenvolvimento unilateral chegou a um estado atarmentante, a uma crise de dimensões sociais, ecológicas, morais e espirituais.*

*Estamos no entanto a testemunhar, concomitantemente, o início de um grandioso movimento de evolução que parece ilustrar o antigo ensinamento chinês de que «o yang, atingido o seu clímax, retira-se em favor do yin». Os anos sessenta e setenta geraram toda uma série de movimentos sociais que pareciam convergentes. A nascente preocupação com a ecologia, o grande interesse no misticismo, o crescente despertar feminista e a redescoberta de contributos miraculosos para a saúde e cura são tudo manifestações da mesma tendência de evolução. Todos contrariam a sobrevalorização das atitudes e valores racionais, masculinos, e visam recuperar o equilíbrio entre o lado masculino e feminino da natureza humana. No entanto, a tomada de consciência da profunda harmonia entre a visão do mundo da física moderna e as visões do misticismo oriental aparecem como uma parte integrante duma transformação cultural mais larga, conducente à emergência duma nova visão da realidade que irá requerer uma mudança fundamental no nosso pensamento, percepções e valores. No meu segundo livro, The Turning Point, explorei os variados aspectos e implicações desta transformação cultural.*

*O facto de as mudanças correntes no nosso sistema de valores afectar muitas ciências pode parecer surpreendente para quem acredita numa ciência objectiva, axiologicamente auto-suficiente. Esta é, no entanto, uma das implicações importantes da nova física. O contributo de Heisenberg para a teoria quântica, que discuto em detalhe neste livro, implica claramente que a ideia clássica da objectividade científica não pode continuar a ser mantida, e do mesmo modo a física moderna desafia o mito duma ciência valorativamente neutra. Os padrões que os cientistas observam na natureza estão intimamente ligados aos seus modelos mentais, com os seus conceitos, pensamentos e valores. Consequentemente, os resultados científicos obtidos e as aplicações tecnológicas investigadas estarão condicionadas pela sua estrutura mental. Apesar de muita da sua pesquisa minuciosa não depender explicitamente do seu sistema de valores, o grande trabalho de sistematização no qual esta investigação é levada a cabo nunca é axiologicamente neutro. Os cientistas são, por isto, intelectual e moralmente responsáveis.*

*Nesta perspectiva, a relação entre física e misticismo é não só muito interessante como extremamente importante. Mostra que os resultados da física moderna tornaram acessíveis dois caminhos muito diferentes para os cientistas prosseguirem. Podem levar-nos — em termos extremos — até Buda ou até à bomba atómica, e compete a cada cientista decidir que caminho tomar. Parece-me que, numa altura em que perto de metade dos nossos cientistas e engenheiros trabalham para as forças armadas, desperdiçando um enorme potencial de*

*ingenuidade e criatividade humana no desenvolvimento de cada vez mais sofisticados meios de destruição total, o caminho de Buda, o «caminho pelo coração», não pode ser por de mais enfatizado.*

*A presente edição deste livro foi actualizada pela inclusão de resultados da mais recente investigação e física subatómica. Fiz-lo mediante pequenas modificações no texto, com vista a tornar certas passagens mais consistentes à luz da nova investigação, e aditando uma nova secção no fim do livro, intitulada «A Nova Física Revisitada», na qual os novos desenvolvimentos mais importantes em física subatómica são descritos com algum detalhe. Tem sido muito gratificante para mim que nenhum destes desenvolvimentos recentes tenham invalidado nada do que escrevi há sete anos. Com efeito, a sua maioria foi antecipada na edição original. Isto confirmou a forte convicção que me levou a escrever o livro — os temas básicos que usei na minha comparação entre física e misticismo serão reforçados, ao invés de invalidados, pela investigação futura.*

*Mais ainda, sinto-me agora em terreno mais firme com a minha tese, já que os paralelos com o misticismo oriental estão a aparecer não só na física, mas também na biologia, psicologia e outras ciências. Ao estudar as relações entre a física e essas ciências, descobri que uma extensão natural dos conceitos da física moderna a outros campos é fornecida pela estrutura da teoria dos sistemas. A exploração dos conceitos sistémicos na biologia, medicina, psicologia e nas ciências sociais, que levei a cabo em The Turning Point, mostraram-me que o contributo sistémico fortifica os paralelos entre a física moderna e o misticismo oriental. Para mais, os novos sistemas da biologia e psicologia apontam para outras similitudes com o pensamento místico que sai do matéria objecto da física. Os discutidos no meu segundo livro incluem certas ideias acerca da livre vontade, morte e nascimento, e a natureza da vida, mente, consciência e evolução. A profunda harmonia entre estes conceitos, como é expresso pelos sistemas de linguagem, e as correspondentes ideias no misticismo oriental, é evidência marcante para a minha pretensão que a filosofia de tradições místicas, também conhecida como a «filosofia perenex», fornece o mais consistente substrato para as teorias científicas modernas.*

Berkeley, Junho de 1982

Fritjof Capra

# Prefácio à Primeira Edição

Tive, há cinco anos, uma experiência arrebatadora, que me conduziu à escrita deste livro. Estava sentado à beira-mar, num fim de tarde de Verão, vendo as ondas surgirem e sentindo o ritmo da minha respiração, quando repentinamente dei conta do desenvolvimento de todo o meu meio ambiente numa gigantesca dança cósmica. Sendo um físico, eu sabia que a areia, rochas, águas e ar que me rodeavam são feitas de moléculas e átomos vibrantes, e que estes consistem em partículas que interagem umas com as outras, criando e destruindo outras. Sabia também que a atmosfera da Terra é continuamente bombardeada por «raios cósmicos», partículas de alta energia que provocam múltiplas colisões à medida que penetram no ar. Tudo isto me era familiar pela minha investigação na física das altas energias, mas até ali só tinha sentido isso através de gráficos, diagramas e teorias matemáticas. Sentado na praia, as minhas anteriores experiências vivificavam-se; «vi» cascatas de energia descendo de um espaço externo, onde as partículas eram criadas e destruídas ritmicamente; «vi» os átomos dos elementos e os do meu corpo participando nesta dança cósmica de energia; «senti» o meu ritmo e «ouvi» o seu som, e nesse momento soube que era a Dança de Shiva, o Senhor dos Dançarinos adorado pelos hindus.

Possuía um longo treino em física teórica e vários anos de investigação. Ao mesmo tempo, tornara-me muito interessado no misticismo oriental e nos seus paralelos com a física moderna. Atraíam-me particularmente os desconcertantes aspectos do Zen, que me lembravam as perplexidades na teoria quântica. Não obstante, relacionar as duas foi, a princípio, um puro exercício intelectual. Ultrapassar o hiato entre o pensamento racional e analítico e a experiência meditativa da verdade mística foi, e ainda é, muito difícil para mim.

No início, fui ajudado no meu caminho pelo uso de «estimulantes», que me mostraram como a mente pode fluir livremente; como o discernimento espiritual vem por si, sem qualquer esforço, emergindo do fundo da consciência. Lembro-me da primeira dessas experiências. Depois de anos de detalhado pensamento analítico, foi tão esmagador que rebentei em lágrimas, depurando, simultaneamente, tal com Castaneda, as minhas impressões para o papel.

Mais tarde veio a experiência da Dança de Shiva, que tentei captar na fotomontagem apresentada na fotografia 7. Foi seguida de muitas similares, que gradualmente me ajudaram a compreender que uma consistente visão do mundo começa a emergir da física moderna, em harmonia com a antiga sabedoria.

oriental. Tomei muitas notas ao longo dos anos e escrevi alguns artigos sobre os paralelos que ia descobrindo, até por fim sumarizar as minhas conclusões no presente livro.

Este livro destina-se ao leitor vulgar, com interesse no misticismo oriental, que não requer, necessariamente, conhecimentos de física. Tentei apresentar os conceitos e teorias essenciais da física moderna sem matematizações e em linguagem não técnica, apesar de alguns parágrafos poderem ainda ser difíceis para os não especializados, a uma primeira leitura. Os termos técnicos que tive de introduzir são devidamente definidos quando aparecem pela primeira vez.

Espero também encontrar entre os meus leitores muitos físicos interessados nos aspectos filosóficos da física, os quais ainda não tenham tomado contacto com as filosofias religiosas orientais. Descobrirão que o misticismo oriental fornece uma estrutura filosófica consistente e bela, capaz de acomodar as nossas mais avançadas teorias do mundo da física.

No que toca ao conteúdo do livro, o leitor pode sentir uma certa falta de proporção entre a apresentação do pensamento científico e místico. Ao longo do livro a compreensão da física deverá progredir firmemente, mas pode não ocorrer uma progressão similar no plano do misticismo oriental. Isto é inevitável, visto o misticismo ser, acima de tudo, uma experiência que não pode ser aprendida nos livros. Uma profunda compreensão de qualquer tradição mística só pode ser sentida quando se opta por um empenhamento activo. A única coisa que espero é abrir pistas para o carácter gratificante de uma opção deste tipo.

Durante a escrita deste livro, o meu próprio conhecimento do pensamento oriental aprofundou-se consideravelmente. Por isto estou em dúvida com dois homens do Oriente. Estou profundamente grato a Phiroz Mehta, por me ter aberto os olhos para muitos aspectos do misticismo indiano, e ao meu mestre de T'ai Chi, Liu Hsiu Ch'i, por me introduzir no taosmo.

É impossível mencionar os nomes de todos — cientistas, artistas, estudantes e amigos — os que me ajudaram na formulação das minhas ideias em discussões estimulantes. Sinto, contudo, que devo especiais agradecimentos a Graham Alexander, Jonathan Ashmore, Stratford Caldecott, Lyn Gambles, Sonia Newby, Ray Rivers, Joël Scherk, George Sudarshan e — por último — Ryan Thomas.

Finalmente, agradeço à Sra. Pauly Bauer-Ynnhof, de Viena, pelo seu generoso apoio financeiro na altura em que mais foi necessário.

Londres, Dezembro de 1974  
Fritjof Capra

# **Primeira Parte**

# **Os Caminhos da Física**

# Física moderna — uma via coerente?

*Qualquer via é apenas uma via, e não existe afronta, para nós ou para outros, em deixá-la, se for isso que o teu coração te disser... Olha para cada caminho atenta e empênhadamente. Experimenta-o tantas vezes quantas achares necessárias. Depois põe a ti próprio, e só a ti próprio, uma questão... Esta via tem alma? Se tem, a via é boa; se não tem, não serve.*

Carlos Castaneda, *The Teachings of Don Juan*

A física moderna teve uma profunda influência em quase todos os aspectos da sociedade humana. Tornou-se a base da ciência natural, e a combinação da ciência natural com a técnica mudou fundamentalmente as condições de vida na Terra, em termos benéficos e maléficos. Actualmente, é difícil uma indústria não utilizar as conclusões da física atómica, e a influência destes resultados na configuração política do mundo, através da sua aplicação ao armamento nuclear, é bem conhecida. No entanto, a influência da física moderna vai além da tecnologia. Estende-se ao domínio do pensamento e da cultura, onde deu lugar a uma profunda revisão da nossa concepção do universo e da nossa relação com ele. A exploração, no século xx, do mundo atómico e subatómico, revelou uma insuspeitada limitação das ideias clássicas e tornou necessária uma revisão radical de muitos dos nossos conceitos básicos. O conceito de matéria na física subatómica, por exemplo, é totalmente diferente da ideia tradicional de uma substância material na física clássica. O mesmo é válido para conceitos como espaço, tempo, ou causa e efeito. Estes conceitos são, no entanto, fundamentais para a perspectivação do mundo à nossa volta, e, com a sua radical transformação, toda a nossa visão do mundo começou a mudar.

Estas mudanças, realizadas pela física moderna, têm sido amplamente discutidas por físicos e filósofos ao longo das últimas décadas, mas muito raramente tem sido entendido que todos parecem apontar na mesma direcção, concorrente a uma visão do mundo similar com as sustentadas no misticismo oriental. Os conceitos da física moderna mostram, frequentemente, surpreendentes paralelos com as ideias expressas nas filosofias religiosas do Extremo Oriente.

Apesar de, por enquanto, estes paralelos não terem sido objecto de uma discussão extensiva, têm sido anotados por alguns dos maiores físicos do nosso século quando entram em contacto com a cultura do Extremo Oriente durante viagens de estudo à Índia, China e Japão. Os três contributos que seguem valem como exemplos:

*As noções comuns sobre o conhecimento humano... ilustradas por descobertas em física nuclear não estão na natureza totalmente estranha, desconhecida, ou nova das coisas. Mesmo na nossa cultura elas têm uma história, e no pensamento budista ou hindu um lugar mais considerável e central. O que encontraremos é uma exemplificação, um fortalecimento e um refinamento da antiga sabedoria.* \*

Julius Robert Oppenheimer

*Para estabelecer um paralelo com a lição da teoria nuclear... (temos de considerar) aqueles problemas epistemológicos com os quais já pensadores como Buda e Lao Tzu foram confrontados, tentando harmonizar a nossa posição como espectadores e actores no grande teatro da existência.* \*\*

Niels Bohr

*O grande contributo científico que, desde a última guerra, nos veio do Japão em física teórica pode ser um indicio de uma certa relação entre as ideias filosóficas da tradição extremo-oriental e o substrato filosófico da teoria quântica.* \*\*\*

Werner Heisenberg

O propósito deste livro é explorar esta relação entre os conceitos da física moderna e as ideias fundamentais das tradições filosófica e religiosa do Extremo Oriente. Veremos como as duas criações da física do século XX — teoria quântica e teoria da relatividade — obrigam a perspectivar o mundo muito à maneira de um hindu, budista ou taoísta, e como esta similitude é reforçada quando temos em conta as recentes tentativas de integração destas duas teorias com vista à descrição do fenômeno do mundo microscópico: as características e interacções das partículas subatómicas das quais toda a matéria é feita. Aqui, as aproximações entre a física moderna e o misticismo oriental são mais apertadas e encontramos frequentemente proposições onde é quase impossível distinguir a autoria de físicos ou místicos orientais.

Quando me refiro ao «misticismo oriental», quero dizer as filosofias religiosas do hinduísmo, budismo e taoísmo. Apesar de estas compreenderem um largo número de disciplinas espirituais e sistemas filosóficos subtilmente enlaçados, as características fundamentais da respectiva visão do mundo são as mesmas. Esta visão não está confinada ao Oriente, já que está presente de certo modo em

\* J. R. Oppenheimer, *Science and the Common Understanding* (Oxford University Press, Londres, 1954), pp. 8-9.

\*\* N. Bohr, *Atomic Physics and Human Knowledge* (John Wiley & Sons, Nova Iorque, 1958), p. 20.

\*\*\* W. Heisenberg, *Physics and Philosophy* (Allen & Unwin, Londres, 1963), p. 173.

todas as filosofias de orientação mística. A razão deste livro podia então ser enunciada mais genericamente, dizendo que a física moderna nos conduz a uma visão do mundo similar às sustentadas pelos místicos de todos os tempos e tradições. As tradições místicas estão presentes em todas as religiões, tal como os elementos místicos se podem encontrar em muitas escolas da filosofia ocidental. Os paralelos com a física moderna aparecem não só nos *Vedas* do hinduísmo, nos *I Ching* ou nos *Sutras* budistas, mas também nos fragmentos de Heraclito, no sofismo de Ibn Arabi, ou nas lições do mágico de Yaqui, Don Juan. A diferença entre o misticismo oriental e ocidental é que as escolas místicas sempre tiveram um papel marginal no Ocidente, considerando que constituem o veículo principal do pensamento filosófico e religioso oriental. Por razões de simplificação vou falar, por conseguinte, da «visão oriental do mundo», e só ocasionalmente mencionar outras fontes de pensamento místico.

Se a física nos conduz actualmente a uma visão do mundo essencialmente mística, retrocede, de certo modo, aos seus primórdios de há 2500 anos. É interessante seguir a evolução da ciência ocidental ao longo do seu caminho em espiral, desde as filosofias místicas dodealbar grego, progredindo e cimentando um impressionante desenvolvimento do pensamento intelectual, sucessivamente desligado das suas origens místicas para desenvolver uma visão do mundo em nítido contraste com a do Extremo Oriente. Nos seus mais recentes desenvolvimentos a ciência ocidental ultrapassou finalmente esta visão, e retomou os antigos gregos e a filosofia oriental. Este retorno não é, no entanto, intuitivo, mas baseado em experiências sofisticadas e de grande precisão, e num rigoroso e consistente formalismo matemático.

As raízes da física, como da ciência ocidental em geral, encontram-se no primeiro período da filosofia grega, no século vi a.C., numa cultura em que a ciência, filosofia e religião não estavam separadas. Os sábios da escola de Mileto, na Jónia, não estavam preocupados com essas distinções. O seu objectivo era descobrir a natureza essencial, ou constituição verdadeira, das coisas a que chamavam «físicas». O termo «físico» provém deste mundo grego e significava, portanto, originariamente, a tentativa de ver a essência das coisas.

Este é, obviamente, o objectivo central de todos os místicos, e a filosofia da escola de Mileto teve, de facto, um acentuado perfume místico. Os milésios eram apelidos pelos gregos posteriores de «hilozofistas», ou «aqueles que concebem a matéria dotada de vida», porque não distinguiam entre animado e inanimado, espírito ou matéria. Com efeito, nem sequer concebiam um mundo de matéria, já que encaravam todas as formas de existência como manifestações da «física», dotada de vida e espiritualidade. Deste modo, declarou Tales estarem todas as coisas animadas por deuses, e Anaximandro viu o universo como uma espécie de organismo sustentado pela respiração cósmica, do mesmo modo que o corpo humano é sustentado pelo ar.

A visão monística e orgânica dos milésios era muito aproximada à da antiga filosofia Indiana e chinesa, e os paralelos com o pensamento oriental são

ainda mais fortes na filosofia de Heraclito de Éfeso. Heraclito acreditava num mundo de contínua mudança, de eterno devir. Para ele, todo o ser estático se fundava na decepção, e o seu princípio fundamental era o fogo, um símbolo do contínuo fluir e mudança de todas as coisas. Heraclito ensinou que todas as mudanças no mundo provêm da conjugação dinâmica e cíclica dos opostos, e concebia qualquer par de opostos como uma unidade. A esta unidade, que contém e transcende todas as forças opostas, chamava o Logos.)

A ruptura desta unidade começou com a escola de Eleia, que sustentou um Princípio Divino estável acima dos deuses e dos homens. Este princípio foi inicialmente identificado com a unidade do universo, mas foi encarado como um Deus inteligente e personalizado, que permanece acima do mundo e o comanda. Assim começou uma tendência de pensamento de que resultou a separação entre espírito e matéria, e o dualismo que se tornou característico da filosofia ocidental.

Um passo decisivo neste sentido foi dado por Parménides de Eleia, em forte oposição a Heraclito. Designou o seu princípio básico por Ser, único e imutável. Considerou não ser possível a mudança e encarou as alterações no mundo de que nos apercebemos como meras ilusões dos sentidos. O conceito de uma substância indestrutível como sujeito de propriedades que variam radica nesta filosofia e tornou-se um dos conceitos fundamentais do pensamento ocidental.

No século v a.C. os filósofos gregos tentaram ultrapassar o clamoroso contraste entre as visões de Parménides e Heraclito. Com vista a conciliar a ideia do Ser imutável (de Parménides) com a do eterno devir (de Heraclito), assentaram que o Ser se manifesta em certas substâncias invariáveis, cuja mistura e se paração dão lugar às mudanças no mundo. Isto conduziu ao conceito do átomo, a mais pequena unidade indivisível de matéria, que encontrou a sua expressão pura na filosofia de Leucipo e Demócrito. Os atomistas gregos desenhamaram uma linha nítida entre espírito e matéria, configurando a matéria como feita de vários «blocos básicos de construção». Estes eram partículas puramente passivas, e intrinsecamente mortas mexendo-se no vazio. A justificação da tese não foi explanada, mas eram frequentemente associadas com forças externas de origem espiritual, e fundamentalmente diferentes da matéria. Nos séculos seguintes, esta imagem tornou-se um elemento essencial do pensamento ocidental, do dualismo entre espírito e matéria, entre corpo e alma.

Consolidada a ideia da visão entre espírito e matéria, os filósofos concentraram a sua atenção no mundo espiritual, mais que no material, na alma humana e nos problemas éticos. Estas questões ocupariam o pensamento ocidental durante mais de dois mil anos depois do apogeu da ciência e cultura grega nos séculos v e iv a.C. O conhecimento científico da antiguidade foi sistematizado e organizado por Aristóteles, criador do esquema que se tornou a base da visão ocidental do universo por dois mil anos. Mas mesmo Aristóteles acreditava que as questões concernentes à alma humana e à contemplação da perfeição divina eram mais importantes que as investigações do mundo material. A razão pela qual o modelo aristotélico do universo permaneceu inalterado durante tanto tempo foi

precisamente esta falta de interesse no mundo material, bem como o forte apoio da Igreja Cristã, que sustentou, na Idade Média, as teses de Aristóteles.

Novos desenvolvimentos da ciência ocidental teriam de esperar até ao Renascimento, quando os homens se começaram a libertar da influência de Aristóteles e da Igreja, bem como a mostrar um renovado interesse na natureza. No fim do século xv, o estudo da natureza foi, pela primeira vez, procurado num verdadeiro espírito científico, e foram efectuadas experiências para testar as ideias teóricas. Por ser este desenvolvimento paralelo a um interesse crescente na matemática, conduziu por fim à formulação de teorias científicas correctas, baseadas na experiência e expressas em linguagem matemática. Galileu foi o primeiro a combinar conhecimento empírico com matemática, e é portanto considerado o pai da ciência moderna.

O nascimento da ciência moderna foi precedido e acompanhado por um desenvolvimento do pensamento filosófico que conduziu a uma formulação extrema do dualismo espírito-matéria. Esta formulação apareceu no século xvii na filosofia de René Descartes, que fundava a sua visão da natureza numa divisão fundamental em dois domínios separados e independentes: o da mente (*res cogitans*) e o da matéria (*res extensa*). A divisão «cartesiana» permitiu aos cientistas tratar a matéria como morta, e completamente separada de si próprios, e ver o mundo material como uma multiplicidade de objectos diferentes, reunidos numa máquina imensa. Esta visão mecanicista do mundo foi sustentada por Isaac Newton, que construiu a sua mecânica naquela base e a tornou o alicerce da física clássica. Da segunda metade do século xvii ao final do século xix, o modelo mecanicista newtoniano do universo dominou todo o pensamento científico. Foi comparado à imagem de um deus monárquico que regulava o mundo de cima, impondo nele as suas regras divinas. As leis fundamentais da natureza procuradas pelos cientistas eram então como leis de Deus, invariáveis e eternas, às quais o mundo estava submetido.

A filosofia de Descartes foi não só importante para o desenvolvimento da física clássica como teve, também, uma tremenda influência na maneira ocidental, em geral, de pensar, até aos nossos dias. A famosa afirmação cartesiana «*Cogito ergo sum*» — «Penso, logo existo» — levou os ocidentais a equivar a sua identidade com a sua mente, em lugar de com todo o seu organismo. Como consequência da divisão cartesiana, muitos indivíduos concebem-se como «egos» isolados existindo «dentro» dos seus corpos. A mente tem sido separada do corpo e caracterizada pela fútil tarefa de o controlar, assim se causando um conflito aparente entre a vontade consciente e os instintos involuntários. Cada indivíduo tem sido cada vez mais cindido num grande número de compartimentos separados, de acordo com as suas actividades, talentos, sentimentos, crenças, etc., cisões essas comprometidas em conflitos intermináveis, geradores de contínua confusão metafísica e frustração.

Esta fragmentação interior espelha a nossa perspectiva do mundo «de fora», visto como uma multiplicidade de objectos e acontecimentos separados.

O meio ambiente é encarado como se se tratasse de partes separadas a ser exploradas por diferentes grupos de interesses. A visão fragmentária estende-se à sociedade, dividida em diferentes nações, raças, religiões e grupos políticos. A convicção de que todos estes fragmentos — em nós próprios, no nosso meio ambiente e na nossa sociedade — estão, de facto, separados pode ser tomada como a razão fundamental para as presentes séries de crises sociais, ecológicas e culturais. Tem-nos afastado da natureza e dos seres humanos nossos semelhantes. Acarretou uma grosseiramente injusta distribuição das riquezas naturais, criando conflitos económicos e políticos; uma onda de violência crescente e imparável, espontânea e institucionalizada, e um meio ambiente feio e poluído, onde a vida se tornou muitas vezes física e mentalmente pouco saudável.

A divisão cartesiana e a visão mecanicista do mundo foi, deste modo, simultaneamente benéfica e maléfica. Foram extremamente bem sucedidas no desenvolvimento da física clássica e tecnologia, mas tiveram consequências adversas para a nossa civilização. É fascinante verificar que a ciência do século XX, originada na divisão cartesiana e na visão mecanicista do mundo, e que só se tornou, de facto, possível por esta, ultrapassa agora esta fragmentação e regressa à ideia de unidade expressa nas primeiras filosofias grega e oriental.

Em contraste com a visão mecanicista ocidental, a visão oriental do mundo é «orgânica». Para a mística oriental, todas as coisas e acontecimentos captados pelos sentidos estão inter-relacionados, conectados, e são, tão-só, aspectos diferentes ou manifestações da mesma realidade última. A nossa tendência para dividir o mundo percepcionado em coisa singulares e separadas, e para nos sentirmos nós próprios como «egos» isolados no mundo, é vista como uma ilusão adveniente da nossa mentalidade contabilizadora e categorizante. É denominada *avidya*, ou ignorância, na filosofia budista, e encarada como o estado de uma mente perturbada que tem de ser ultrapassado:

*Quando a mente está perturbada, produz-se a diversidade de coisas, mas quando a mente está sossegada, a multiplicidade de coisas desaparece.* \*

Apesar de muitas escolas do misticismo oriental diferirem em muitos pormenores, todas realçam a unidade básica do universo, característica fundamental dos seus ensinamentos. O objectivo mais importante para os seus seguidores — sejam hindus, budistas ou taoístas — é tornarem-se conscientes da unidade e mútua inter-relação de todas as coisas, transcender a noção de indivíduo isolado, e identificar-se com a realidade última. A emergência desta tomada de consciência — conhecida como «iluminamento» — não é só um acto intelectual, mas uma experiência que envolve a pessoa como um todo e a sua religião na sua última natureza. Por esta razão, muitas filosofias orientais são essencialmente filosofias religiosas.

\* Ashvaghosha, *The Awakening of Faith*, trad. D.T. Suzuki (Open Court, Chicago, 1900), p. 78.

Na visão oriental, portanto, a divisão da natureza em objectos separados não é fundamental e qualquer desses objectos tem um carácter fluido e continuamente mutável. A visão oriental do mundo é, por isso, intrinsecamente dinâmica e detém o tempo e mudança como características essenciais. O cosmos é visto como uma realidade inseparável — para sempre em movimento, vivo, orgânico; espiritual e material, simultaneamente.

Já que movimento e mudança são propriedades essenciais das coisas, as forças causadoras do movimento não estão fora dos objectos, como na visão clássica grega, mas são uma propriedade intrínseca da matéria. Correspondentemente, a imagem oriental do Divino não é a de um regulador que dirige o mundo de cima, mas a de um princípio que domina tudo por dentro:

*Ele que, presente em todas as coisas,  
É no entanto diferente de todas as coisas,  
Que todas as coisas desconhecem,  
Cujo corpo são todas as coisas,  
Que controla todas as coisas por dentro  
Ele é a tua Alma, o Regulador Interior,  
O Imortal.\**

Os capítulos seguintes mostrarão que os elementos básicos da visão oriental do mundo são também os da visão do mundo emergente da física moderna. Pretendem sugerir que o pensamento oriental e, mais genericamente, o pensamento místico, fornece um consistente e relevante apoio filosófico às teorias da ciência contemporânea; a concepção do mundo na qual as descobertas científicas estão em perfeita harmonia com os objectivos espirituais e crenças religiosas. Os dois temas básicos desta concepção são a unidade e inter-relação de todos os fenómenos e natureza intrinsecamente dinâmica do universo. Quanto mais fundo penetrarmos no mundo submicroscópico, mais compreenderemos como o físico moderno, à semelhança do místico oriental, chegou à visão do mundo como um sistema de inseparáveis, interactuantes e continuamente móvientes componentes, com o observador integrante deste sistema.

A visão orgânica, «ecológica», do mundo das filosofias orientais é, sem dúvida, uma das razões principais da imensa popularidade recentemente conquistada no Ocidente, especialmente entre os jovens. Na nossa cultura ocidental, ainda dominada pela visão do mundo mecanicista, fragmentada, um crescente número de pessoas tem encarado este facto como a razão subjacente da comum insatisfação na nossa sociedade, e muitos voltaram-se para as maneiras orientais de liberação. É interessante, e talvez não demasiado surpreendente, que aqueles que são atraídos pelo misticismo oriental, que consultam o *I Ching* e praticam ioga ou outras formas de meditação, em geral têm uma marcada atitude

\* *Brihad-aranyaka Upanishad*, 3.7.15.

anticientífica. Tendem a encarar a ciência, e a física em particular, como uma disciplina pouco imaginativa e limitada, responsável por todos os males da moderna tecnologia.

Este livro almeja melhorar a imagem da ciência, mostrando que existe uma harmonia essencial entre o espírito da sabedoria oriental e a ciência ocidental. Visa sugerir que a física moderna progride apesar da tecnologia, que o caminho — ou *Tao* — da física pode ser uma via com alma, um caminho para o conhecimento espiritual e realização própria.

# Conhecendo e observando

*Do desconhecido, conduz-me ao autêntico!  
Das trevas conduz-me à luz!  
Da morte conduz-me à imortalidade!*

Brihad-aranyaka Upanishad

Antes de estudar os paralelos entre a física moderna e o misticismo oriental, temos de enfrentar a questão de como comparar uma ciência exacta, expressa na linguagem altamente sofisticada da moderna matemática, e as disciplinas espirituais baseadas sobretudo na meditação, frisar que os seus discernimentos não podem ser comunicados verbalmente.

O que queremos comparar são as afirmações feitas por cientistas e místicos orientais acerca do seu conhecimento do mundo. Para estabelecer a correcta grelha comparativa, temos de nos perguntar, em primeiro lugar, de que tipo de «conhecimento» estamos a falar; entende o monge budista de Angkor Wat ou de Kyoto por «conhecimento» o mesmo que o físico de Oxford ou Berkeley? Em segundo lugar, que tipo de afirmações vamos comparar? Que vamos seleccionar dos dados experimentais, equações e teorias, de um lado, e das escrituras religiosas, mitos antigos ou tratados filosóficos, de outro? Este capítulo pretende tornar claros estes dois pontos: a natureza do conhecimento envolvido e a linguagem na qual este conhecimento é expresso.

Tem sido reconhecido ao longo da história que a mente humana é capaz de dois tipos de conhecimento, ou dois modos de consciencialização, designados muitas vezes por racional e intuitivo, e têm tradicionalmente sido associados com ciência e religião, respectivamente. No Ocidente, o tipo de conhecimento intuitivo, religioso, é frequentemente desvalorizado em favor do conhecimento racional, científico, enquanto que a tradicional atitude oriental é geralmente a oposta. As afirmações seguintes sobre o conhecimento de dois grandes pensadores do Ocidente e do Oriente tipificam as duas posições. Sócrates, na Grécia, proferiu a famosa afirmação «só sei... que nada sei», e Lao Tzu, na China, disse «Não saber que se sabe é melhor». No Oriente, os valores atribuídos aos dois tipos de conhecimento são muitas vezes perceptíveis pelos nomes atribuídos a cada um. A *Upanishad*, por exemplo, fala de um conhecimento mais elevado e de outro mais limitado, e associa este último a variadas ciências, o mais elevado à tomada de consciência religiosa. Os budistas falam de conhecimento «relativo» e «absoluto», ou de «verdade condicional» e «verdade transcendente». A filosofia chinesa, por outro lado, realçou sempre a natureza complementar do intuitivo e do racional, e

apresentou-os pelo arquétipo *yin* e *yang*, que forma a base do pensamento chinês. Em conformidade, duas tradições filosóficas complementares — taoísmo e confucionismo — desenvolveram-se na antiga China para lidar com os dois tipos de conhecimento.

O conhecimento racional deriva da experiência que temos com os objectos e acontecimentos no meio do nosso dia a dia. Pertence ao domínio do intelectual cuja função é discriminar, dividir, comparar, medir e categorizar. Deste modo, é criado um mundo de distinções intelectuais, de contrários que só podem existir como relações entre si, razão pela qual os budistas chamam a este tipo de conhecimento «relativo».

A abstracção é a característica crucial deste conhecimento, já que, com vista a comparar e classificar a imensa variedade de formas, estruturas e fenómenos que nos rodeiam, não podemos tomar as suas características em conta, mas seleccionar algumas significativas. Assim, construímos um mapa intelectual da realidade, onde as coisas são reduzidas às suas características mais salientes. O conhecimento racional é portanto um sistema de conceitos abstractos e símbolos, caracterizado pela estrutura sequencial, linear, típica da nossa maneira de pensar e dizer. Na maioria das línguas esta estrutura linear tornou-se explícita pelo uso de alfabetos que servem para comunicar a experiência e o pensamento em longas linhas de caracteres.

O mundo natural, por outro lado, é infinitamente variado e complexo, de uma multidimensionalidade que não contém linhas rectas ou formas completamente regulares, onde as coisas não acontecem sequencialmente, mas ao mesmo tempo; um mundo onde — como a física moderna nos diz — até o espaço é curvo. É óbvio que o nosso sistema abstracto de pensamento conceptual não pode descrever ou entender completamente esta realidade. Ao pensar no mundo somos confrontados com o mesmo tipo de problema do cartógrafo que tenta cobrir a face curva da Terra com uma sequência de mapas planos. Só podemos esperar deste procedimento uma representação aproximada da realidade, e todo o conhecimento racional é, portanto, necessariamente limitado.

O domínio do conhecimento racional é, obviamente, o da ciência que mede e quantifica, classifica e analisa. As limitações de qualquer conhecimento obtido por estes métodos tornaram-se crescentemente notados na ciência moderna, que nos ensinou, nas palavras de Werner Heisenberg «que todas as palavras ou conceitos, por mais claros que possam parecer, têm apenas um campo de aplicação limitado»\*.

Para a maioria de nós é muito difícil estar a todo o momento consciente das limitações e da relatividade do conhecimento conceptual. Porque a nossa representação da realidade é muito mais fácil de alcançar que a própria realidade, tendemos a confundir as duas e tomar os nossos conceitos e símbolos pela realidade. Um dos principais objectivos do misticismo oriental é desembaraçar-nos desta confusão. Os budistas Zen dizem que um dedo é necessário para

\* W. Heisenberg, *Physics and Philosophy* (Allen & Unwin, Londres, 1963), p. 125.

apontar a Lua, mas que não nos devemos preocupar com o dedo uma vez reconhecida a Lua; o sábio taoísta Chuang Tzu escreveu:

*Os cestos de pescar são utilizados para apanhar peixe; mas uma vez apanhado, os homens esquecem os cestos; as armadilhas são utilizadas para caçar lebres; mas uma vez apanhadas, os homens esquecem as armadilhas. As palavras são empregues para traduzir ideias; mas quando as ideias são atingidas, os homens esquecem as palavras.\**

No Ocidente, o semântico Alfred Korzybski fez precisamente o mesmo com o seu poderoso slogan «O mapa não é o território».

O que ocupa os místicos orientais é a experiência directa da realidade, que transcende não só o pensamento intelectual mas também a percepção sensorial. Nas palavras de *Upanishad*,

*O que não tem som, toque, forma, percetibilidade,  
Bem como sabor, constância, cheiro  
Sem princípio, sem fim maior que o grande estável  
Alcançando Isso, libertamo-nos da boca da morte. \*\**

O conhecimento que vem de uma tal experiência é denominado «conhecimento absoluto» pelos budistas, porque não confia nas discriminações, abstracções e classificações do intelecto que, tal como vimos, são sempre relativas e aproximadas. É, como nos dizem os budistas, a directa experiência do indiferenciado, individuído, indeterminada «omnisciência». A total apreensão desta «omnisciência» não é apenas o âmago do misticismo oriental, mas a característica central da experiência mística em geral.

Os místicos orientais insistem repetidamente no facto de a realidade última não poder ser nunca objecto de raciocínio ou de conhecimento demonstrável. Esta nunca poderá ser adequadamente descrita por palavras, por estar colocada sob o reino dos sentidos e do intelecto do qual as nossas palavras e conceitos são derivados. O *Upanishad* diz a propósito:

*Onde o olho não chega,  
Não chega o discurso, nem a mente.  
Não sabemos, não entendemos  
Como se poderá isso ensinar. \*\*\**

Lao Tzu, que chama a esta realidade o *Tao*, afirma o mesmo na linha de abertura do *Tao Te Ching*: «o *Tao* que pode expressar-se não é o *Tao* eterno». O facto — notório na leitura de um jornal — de a humanidade não se ter tornado mais sábia nos últimos dois mil anos, apesar de um prodigioso incremento do conhecimento racional, é evidência sobreja da impossibilidade de comunicar o

\* Chuang Tzu, trad. James Legge, composto por Clae Waltham (Ace Books, Nova Iorque, 1971), cap. 26.

\*\* *Katha Upanishad*, 3.15.

\*\*\* *Kena Upanishad*, 3.

conhecimento absoluto por palavras. Como disse Chuang Tzu, «se se pudesse falar sobre isso, todos já o saberiam».\*

O conhecimento absoluto é, portanto, uma experiência da realidade totalmente não intelectual, uma experiência surgida num estado de consciência invulgar, que se pode chamar «meditativo» ou místico. Que um tal estado existe foi não só testado por numerosos místicos no Oriente e no Ocidente, mas também indicado pela investigação psicológica. Nas palavras de William James:

*A nossa vulgar consciência operante, chamada consciência racional, é somente um tipo específico de consciência, apesar de, separada pela mais fina barreira, existirem formas de consciência potenciais completamente diferentes.\*\**

Apesar de os físicos estarem sobretudo preocupados com o conhecimento racional e os místicos com o intuitivo, ambos os tipos de conhecimento ocorrem nos dois campos. Isto torna-se notório quando examinamos como o conhecimento é obtido e expresso, em física e no misticismo oriental.

Em física, o conhecimento é obtido pelo processo de investigação científica, que pode ser encarado em três fases. A primeira fase consiste em reunir dados experimentais acerca do fenómeno a ser investigado. Na segunda fase, os dados experimentais são relacionados com símbolos matemáticos e é elaborado um esquema matemático que inter-relaciona estes símbolos de uma maneira precisa e consistente. Tal esquema é normalmente designado por modelo matemático ou, se é mais inteligível, uma teoria. Esta teoria é então usada para prever os resultados de experiências posteriores levadas a cabo para verificar todas as suas implicações. Nesta fase, os físicos podem ficar satisfeitos quando encontrarem um esquema matemático e souberem como usá-lo para antecipar experiências. Eventualmente podem, no entanto, querer conversar acerca dos seus resultados com não físicos e terão, nessa conformidade, de exprimir-se em linguagem neutra. Isto significa que terão de formular um modelo em linguagem vulgar que traduza o seu esquema matemático. Mesmo para os físicos, a formulação de um tal modelo verbal, que constitui a terceira fase da investigação, será uma medida do entendimento a que chegaram.

Na prática, claro, as três fases não são nitidamente separadas e não ocorrem sempre pela mesma ordem. Por exemplo, um físico pode ser conduzido a um modelo determinado por uma convicção filosófica por ele sustentada, na qual pode continuar a acreditar, mesmo quando surgem provas experimentais contrárias. Tentará então — e isto acontece muito frequentemente — modificar o seu modelo de modo a harmonizar-se com as novas experiências. Mas se o resultado experimental continuar a contradizer o modelo, provavelmente ver-se-á obrigado a abandoná-lo.

Este modo de fundamentar experimentalmente todas as teorias é conhecido como método científico, e, como veremos, tem a sua contrapartida na filosofia

\* Citação in J. Needham, *Science and Civilization in China* (Cambridge University Press, Londres, 1956), vol. II, p. 85.

\*\* W. James, *The Varieties of Religious Experience* (Fontana, Londres, 1971), p. 374.

oriental. A filosofia grega era, ao contrário, profundamente diferente a este respeito. Apesar de os filósofos gregos terem ideias extremamente elaboradas acerca da natureza, por vezes bastante próximas dos modernos modelos científicos, a grande diferença entre os dois é a atitude empírica da ciência moderna, estranha ao pensamento grego. Os gregos obtinham os seus modelos dedutivamente, de alguns axiomas ou princípios fundamentais, e não indutivamente, a partir do que foi observado. A arte grega da lógica e do raciocínio dedutivo é, no entanto, um ingrediente essencial na segunda fase da investigação científica, a formulação de um modelo matemático consistente e, portanto, uma parte fundamental da ciência.

Conhecimento e actividades racionais constituem certamente a parte mais significativa da investigação científica, mas não a esgotam. A parte racional da investigação seria, de facto, inútil, se não fosse completada pela intuição, credora de novos discernimentos e da criatividade dos cientistas. Estes discernimentos tendem a surgir repentinamente e, characteristicamente, não quando se está sentado à secretaria a resolver as equações, mas em situações de descontração, no banho, durante um passeio pelo campo, na praia, etc. Durante estes períodos de descontração depois de actividade intelectual absorvente, o espírito intuitivo parece descolar e pode produzir os discernimentos clarificadores súbitos que dão tanto prazer e encanto à investigação científica.

Os discernimentos intuitivos não têm, todavia, utilidade em física se não forem formulados numa base matemática consistente, acompanhada de uma interpretação em linguagem vulgar. A abstracção é a característica fundamental desta estrutura. Como já foi mencionado, consiste num sistema de conceitos e símbolos que formam um mapa da realidade. Este mapa representa apenas algumas características da realidade; não sabemos exactamente quais são elas, já que a complicação do mapa começou, gradualmente e sem análise crítica, na nossa infância. Os componentes da nossa linguagem não estão, assim, claramente definidos. Têm vários significados, muitos dos quais apenas vagamente nos passam pela cabeça e permanecem largamente no nosso subconsciente quando ouvimos uma palavra.

A inexactidão e ambiguidade da nossa linguagem é essencial para os poetas, que trabalham em grande medida com os seus arranjos e associações subconscientes. A ciência deseja, pelo contrário, definições claras e conexões não ambíguas, e portanto promove a abstracção da linguagem, delimitando os significados do seu vocabulário e padronizando a sua estrutura, de acordo com as regras da lógica. A abstracção última ocorre na matemática, onde as palavras são substituídas por símbolos, e onde as operações de conexão dos símbolos são rigorosamente definidas. Assim sendo, os cientistas podem condensar informação numa equação, i.e., numa única linha de símbolos, para a qual precisariam de várias páginas de escrita normal.

A perspectiva de que a matemática não é mais que uma linguagem extremamente abstracta e comprimida não é pacífica. Muitos matemáticos acreditam, de facto, que a matemática não é apenas uma linguagem descritiva da natureza, mas é ela própria inerente à natureza. A origem desta convicção está em Pitágoras,

que proferiu a famosa asserção «Todas as coisas são números» e desenvolveu um tipo especial de misticismo matemático. A filosofia pitagórica introduz, assim, o raciocínio lógico no domínio da religião, um desenvolvimento que, segundo Bertrand Russell, foi decisivo para a filosofia religiosa do Ocidente:

*A combinação da matemática e da teologia, que começou com Pitágoras, caracterizou a filosofia religiosa na Grécia, na Idade Média, e na época moderna até Kant...*

*... Em Platão, Sto. Agostinho, S. Tomás de Aquino, Descartes, Espinosa e Leibniz há uma associação íntima de religião e raciocínio, de aspiração moral com admiração lógica do que é intemporal, que vem de Pitágoras, e distingue a teologia intelectualizada da Europa do mais puro misticismo da Ásia.\**

O «mais puro misticismo da Ásia» não adoptaria, obviamente, a visão pitagórica da matemática. Na visão oriental, a matemática, com a sua estrutura específica e bem definida, tem de ser encarada como parte do nosso mapa conceptual e não como um aspecto da realidade em si mesma. A realidade, tal como é sentida pelo místico, é completamente indeterminada e indiferencijada.

O método científico de abstracção é muito eficiente e poderoso, mas temos de pagar um preço por ele. À medida que definimos o nosso sistema de conceitos com mais precisão, o modernizamos e tornamos as conexões cada vez mais rigorosas, torna-se cada vez mais desligado do mundo real. Socorrendo-nos de novo da analogia de Korzybski do mapa e do território, podemos dizer que a linguagem comum é um mapa que, devido à sua intrínseca inexactidão, tem uma certa flexibilidade, de modo a podermos seguir, até certo ponto, a forma redonda da Terra. À medida que o tornamos mais rigoroso, esta flexibilidade desaparece gradualmente e chegamos, com a linguagem matemática, a um ponto em que os elos com a realidade são tão frágeis que a relação dos símbolos com a nossa experiência sensorial já não é evidente. É por isso que temos de completar os nossos modelos e teorias matemáticas com interpretações verbais, de novo usando conceitos que podem ser intuitivamente entendidos, mas são ligeiramente ambíguos e inexactos.

É importante compreender a diferença entre os modelos matemáticos e os seu correlativos verbais. O cientista é rigoroso e consciente no que diz respeito à sua estrutura interna, mas os seus símbolos não estão directamente relacionados com a nossa experiência. Os modelos verbais, pelo contrário, usam conceitos que podem ser intuitivamente compreendidos, mas são sempre inexactos e ambíguos. Não são diferentes, neste particular, dos modelos filosóficos da realidade, e portanto os dois podem muito bem ser comparados.

Se existe um factor intuitivo na ciência, também no misticismo oriental há um factor racional. A preponderância relativa da razão e da lógica, no entanto, varia enormemente de uma escola para a outra. A Vedanta hindu, ou a

\* B. Russell, *History of Western Philosophy* (Allen & Unwin, Londres, 1961), p. 56.

Madhyamika budista, por exemplo, são escolas de matriz intelectual, enquanto os taoístas sempre tiveram uma profunda desconfiança na razão e na lógica. O Zen, que teve a sua origem no budismo, embora fortemente influenciado pelo taoísmo, orgulha-se de ser «sem palavras, sem explanações, sem instruções, sem conhecimento». Concentra-se quase totalmente na experiência da clarividência e só marginalmente se interessa pela sua experiência. Uma bem conhecida afirmação Zen diz que «no momento em que se fala numa coisa perde-se o seu significado».

Apesar de outras escolas do misticismo oriental serem menos radicais, a experiência mística directa está no cerne de todas. Mesmo os místicos empenhados na mais sofisticada argumentação nunca encaram o intelecto como a sua fonte de conhecimento, apenas o usam para analisar e interpretar a sua experiência pessoal. Todo o conhecimento se baseia firmemente nesta experiência, conferindo assim às tradições orientais um forte acento empírico, sempre enfatizado pelos seus seguidores. D.T. Suzuki, por exemplo, escreve do budismo:

*A experiência pessoal é a base da filosofia budista. Neste sentido o budismo é o empirismo radical ou experimentalismo, apesar do tardio desenvolvimento dialéctico para esclarecer o significado da experiência de clarividência.* \*

Joseph Needham destaca repetidamente a atitude empírica dos taoístas no seu trabalho *Science and Civilization in China* e assaca a esta atitude a razão de o taoísmo ser a base da ciência e tecnologia chinesas. Os primeiros filósofos taoístas, nas palavras de Needham, «retrocederam ao ermo, às florestas e às montanhas, para aí meditar sobre a Ordem da Natureza e observar as suas inumeráveis manifestações»\*\*. O mesmo espírito se reflecte nos versos Zen:

*Aquele que queira entender o significado de Buda tem de estar atento às estações e às relações causais.* \*\*\*

No misticismo oriental, a fixação do conhecimento na prática sugere um paralelo com a base experimental do conhecimento científico. Este paralelo é ainda reforçado pela natureza da experiência mística. Nas tradições orientais, esta é descrita como uma visão directa, alheia ao domínio intelectual, e resultante mais da atenção que do raciocínio; do olhar interior de cada um; de observação.

No taoísmo, esta noção de observação corporiza-se na designação dos templos taoístas, *Kuan*, que originalmente significava «olhar». Consideravam, deste modo, os templos como lugares de observação. No budismo de Ch'an, a versão chinesa Zen, o discernimento é frequentemente encarado como «a visão do Tao»

\* D.T. Suzuki, *On Indian Mahayana Buddhism*, ed. Edward Conze (Harper & Row, Nova Iorque, 1968), p. 237.

\*\* J. Needham, op. cit., vol. II, p. 33.

\*\*\* De *Zenrin Kusuh*, in I. Miura & R. Fuller Sasaki, *The Zen Koan* (Harcourt-Brace, Nova Iorque, 1965), p. 103.

e a contemplação é considerada como a base de conhecimento em todas as escolas budistas. A primeira alínea da octagésima via, a instrução de Buda para a auto-realização, é olhar bem, seguida de conhecer bem. D. T. Suzuki escreve a este propósito:

*O olhar desempenha o papel mais importante na epistemologia budista, já que está na base do conhecimento. É impossível conhecer sem olhar. Todo o conhecimento tem a sua origem no olhar. Conhecer e olhar encontram-se, assim, genericamente unidos no ensino de Buda. A filosofia budista aponta, em última instância, para olhar a realidade como ela é. Olhar é experimentar a clarividência.\**

Esta passagem é também uma reminiscência do místico yaqui Don Juan, que diz: «a minha predilecção é olhar... porque só olhando pode um homem de conhecimento conhecer \*\*.»

Uma chamada de atenção deve, talvez, ser aqui acrescentada. A ênfase do olhar nas tradições místicas não deve ser tomada demasiado à letra, mas tem de ser entendida num sentido metafórico, já que a apreensão mística da realidade é essencialmente não sensorial. Quando os místicos orientais falam do «olhar», referem-se a um modo de percepção que pode incluir a visual, que a transcende sempre, e essencialmente, para se tornar numa apreensão não sensorial da realidade. O que realçam quando se referem a olhar, ver ou observar é, no entanto, o carácter empírico do seu conhecimento. Esta tendência empírica da filosofia oriental é fortemente reminiscente da ênfase da observação na ciência e fornece-nos deste modo uma base para a nossa comparação. A fase experimental na investigação científica parece corresponder ao discernimento directo do misticismo oriental, e os modelos e teorias científicas aos vários modos de interpretação destes discernimentos.

O paralelo entre as experiências científicas e as práticas místicas pode parecer surpreendente face à natureza muito diferente destes modos de observação. Os físicos realizam experiências envolvendo um elaborado trabalho de equipa e uma tecnologia altamente sofisticada, ao passo que os místicos obtêm o seu conhecimento unicamente pela introspecção, sem quaisquer máquinas, na privacidade da meditação. As experiências científicas, além do mais, parecem ser produzíveis em qualquer momento e por qualquer pessoa, ao passo que as práticas místicas parecem estar reservadas a alguns indivíduos em ocasiões especiais. Um exame mais atento revela, não obstante, que as diferenças entre os dois tipos de observação se encontram apenas na sua aproximação, e não na sua íntima idiossincrasia ou complexidade.

Quem pretende repetir uma experiência em física subatómica moderna tem de se submeter a muitos anos de aprendizagem. Só então estará apto a indagar a

\* D.T. Suzuki, *Outlines of Mahayana Buddhism* (Schocken Books, Nova Iorque, 1963), p. 235.

\*\* In Carlos Castaneda, *A Separate Reality* (Bodley Head, Londres, 1971), p. 10.

natureza sobre uma questão específica, pela via experimental, e a entender a resposta. Uma profunda experiência mística requer, muitas vezes, similarmente, muitos anos de aprendizagem junto de um mestre experimentado, que, tal como na preparação científica, não é por si garantia de êxito. Se o estudante o consegue estará, no entanto, apto a «repetir a experiência». A repetibilidade é, com efeito, essencial a qualquer aprendizagem mística.

A experiência mística não é, portanto, mais singular que uma experiência em física moderna. Não é, por outro lado, menos sofisticada, apesar de a sua sofisticação ser de um tipo muito diferente. A complexidade e eficiência do aparato técnico físico é acompanhado, se não ultrapassado, pelo da consciência mística — em termos físicos e espirituais — em profunda meditação. Os cientistas e os místicos desenvolveram, pois, métodos altamente sofisticados de observação da natureza, ~~inacessíveis às pessoas comuns~~. Uma página de um periódico de física experimental moderna será tão misteriosa para o não iniciado como uma mandala tibetana. São ambos registos de indagações da natureza do universo.

Apesar de as experiências místicas profundas não ocorrerem, em geral, sem longa preparação, discernimentos intuitivos directos são experimentados por todos nós na nossa vida quotidiana. Estamos todos familiarizados com a situação de nos esquecermos do nome de uma pessoa ou lugar, ou qualquer outra palavra, e não sermos capazes de o recordar apesar da máxima concentração. Temo-lo «na ponta da língua», mas não sai até desistirmos e desviarmos a nossa atenção para outra coisa, quando inesperadamente, de repente, nos lembramos do nome esquecido. Não está implícito qualquer raciocínio neste processo. É um discernimento súbito, imediato. Neste exemplo do recordar espontâneo alguma coisa é particularmente relevante para o budismo, que sustenta que a nossa natureza original é a do Buda iluminado, e que apenas o esquecemos. É pedido aos estudantes do budismo Zen para descobrir a sua «face original», e a súbita «recordação» desta face é a sua clarividência.

Outro exemplo bem conhecido de discernimentos intuitivos espontâneos são as anedotas. Na fracção de segundo em que se entende uma anedota experiencia-se um momento de «clarividência». É bem conhecido que este momento deve acontecer espontaneamente, que não pode ser adquirido pela «explicação» da anedota, isto é, por análise intelectual. Só com um súbito discernimento intuitivo da natureza da anedota experimentamos o riso libertador que ela deve produzir. A similaridade entre um discernimento espiritual e o entendimento de uma piada deve ser bem conhecido dos homens e mulheres clarividentes, já que quase invariavelmente têm um grande sentido de humor. O Zen, especialmente, é pleno de histórias divertidas e anedotas, e no *Tao Te Ching* lemos «se não fosse risível, não era suficiente ser *Tao*\*».

Na nossa vida de todos os dias, os discernimentos intuitivos directos da natureza das coisas estão normalmente limitados a momentos muito breves;

\* Lao Tzu, *Tao Te Ching*, trad. Ch'u Ta-kao (Allen & Unwin, Londres, 1970), cap. 41.

não é assim no misticismo oriental, onde abrangem longos períodos e, no fim de contas, se tornam uma qualidade constante. A preparação mental para este estado — para o estado imediato, não conceptual da realidade — é o propósito maior de todas as escolas do misticismo oriental, bem como de muitos aspectos do modo de vida oriental. Durante a longa história cultural da Índia, China e Japão, enormes variedades de técnicas, rituais e formas de arte têm sido desenvolvidas para atingir este propósito, todas podendo ser chamadas meditação, no sentido lato da palavra.

O objectivo básico destas técnicas parece ser o de silenciar o espírito pensante e deslocar o estado do racional para o modo intuitivo de consciencialização. Este silenciar do espírito racional é conseguido, em muitas formas de meditação, pela concentração da atenção num único dado, como a respiração de cada um, o som de um mantra, ou a imagem de uma mandala. Outras escolas centram a atenção nos movimentos corporais que têm de ser efectuados espontaneamente sem a interferência de qualquer pensamento. Este é o método do yoga hindu e do T'ai Chi Ch'uan taoísta. Os movimentos rítmicos destas escolas podem conduzir à mesma sensação de paz e serenidade que é característica das mais estáticas formas de meditação; uma sensação que pode, incidentalmente, ser também evocada por alguns desportos. Pela minha experiência, por exemplo, esquiar tem sido uma forma de meditação altamente recompensadora.

As formas de arte orientais são, do mesmo modo, formas de meditação. Não são tanto meios de expressão das ideias artísticas, mas meios de auto-realização pelo desenvolvimento do modo intuitivo de consciencialização. A música indiana não se aprende lendo notas, mas ouvindo o professor tocar, desenvolvendo assim um sentido pela música, tal como os movimentos T'ai Chi não são aprendidos pelas instruções verbais, mas executando-os vezes seguidas em sintonia com o professor. As cerimónias chinesas do chá estão cheias de movimentos lentos, ritualizados. A caligrafia chinesa requer o movimento não iniciado, espontâneo, da mão. Todas estas práticas são usadas no Oriente para desenvolver o modo de consciencialização meditativo.

Para muitas pessoas, especialmente para os intelectuais, este modo é uma experiência completamente nova. Os cientistas estão habituados aos discernimentos directos intuitivos pela sua actividade de investigação, porque cada nova descoberta gera um tremendo lampejo não verbal. Mas estes são momentos extremamente curtos que surgem quando o espírito está cheio de informação, de conceitos e modelos de pensamento. Na meditação, pelo contrário, o espírito está esvaziado de todos os pensamentos e conceitos, e assim preparado para funcionar durante longos períodos no seu modo intuitivo. Lao Tzu fala a propósito deste contraste entre investigação e meditação quando diz:

*Aquele que procura aprender progredirá todos os dias.*

*Aquele que procura Tao regredirá todos os dias.\**

\* *Ibid., cap. 48.*

Quando o espírito racional é silenciado, o modo intuitivo produz uma característica extraordinária; o meio ambiente é sentido de uma forma directa, sem o crivo do pensamento conceptual. Nas palavras de Chuang Tzu, «o espírito calmo do sábio é o espelho do céu e da terra — a transparência de todas as coisas \*». A experiência da unidade com o ambiente é a característica mais importante deste estado meditativo. É um estado de consciencialização em que cessou toda a forma de fragmentação, desaparecida na unidade indiferenciada.

Na meditação profunda, o espírito está completamente alerta. Para além da apreensão não sensorial da realidade, também abarca todos os sons, visões e outras impressões do meio circundante, mas não capta as imagens sensoriais para serem analisadas ou interpretadas. Não se lhes permite distrair a atenção. Este estado não é diferente do estado de espírito do guerreiro que espera um ataque com extremo alerta, anotando tudo o que se passa à sua volta, sem ser por isso distraído sequer um instante. O mestre-Zen Yasutani Roshi usa esta imagem na sua descrição do *shikan-taza*, a prática da meditação Zen:

*Shinkan-taza é um estado elevado de consciência onde não se está tenso nem preocupado, e certamente nunca indiferente. É o estado de espírito de alguém que encara a morte. Imaginemos que está envolvido num duelo de samurais, similar aos que se realizavam no antigo Japão. Ao enfrentar o seu oponente, você está continuamente atento, preparado, pronto. Quando menospreza, ainda que momentaneamente, a sua vigilância, será derrubado no mesmo instante. Uma multidão junta-se para assistir à contenda. Já que não está cego, você vê-os pelo canto do olho, e porque não está surdo, ouve-os. Mas nem por um instante a sua mente é absorvida por estas impressões sensoriais. \*\**

Pela semelhança existente entre o estado meditativo e o estado de espírito de um guerreiro, a imagem deste desempenha um papel importante na vida espiritual e cultural do Oriente. O palco favorito para o texto religioso indiano, o *Bhagavad Gita*, é um campo de batalha e as artes marciais constituem uma parte importante das culturas tradicionais da China e do Japão. No Japão a forte influência Zen na tradição do samurai deu lugar ao que é conhecido como *bushido*, «a ética do guerreiro», uma arte de esgrimir onde a espiritualidade do esgrimista atinge a mais elevada perfeição. O *T'ai Chi Ch'uan*, que foi considerado como a principal arte marcial taoísta na China, combina movimentos «ioguicos» lentos e rítmicos com um estado de alerta total do espírito do guerreiro num único sentido.

O misticismo oriental baseia-se em discernimentos directos da natureza da realidade, e a física na observação dos fenómenos naturais em experiências científicas. Em ambos os campos, as observações são posteriormente interpretadas, e esta é muito frequentemente transmitida por palavras. Já que as palavras são sempre um mapa abstracto e aproximado da realidade, as interpretações

\* Chuang Tzu, *op. cit.*, cap. 13.

\*\* In P. Kapleau, *Three Pillars of Zen* (Beacon Press, Boston, 1967), pp. 53-54.

verbais de uma experiência científica ou de um discernimento místico são necessariamente imprecisas e incompletas. Os físicos modernos, bem como os místicos orientais, estão bem conscientes deste facto.

Em física, as interpretações das experiências são designadas por modelos ou teorias e é elementar o entendimento que todos os modelos e teorias são aproximados na investigação científica moderna. Neste sentido, o aforismo de Einstein, «na medida em que as leis matemáticas se referem à realidade, não são apodícticas; e se o forem, não se referem à realidade». Os físicos sabem que os seus métodos de análise e raciocínio lógico não podem explicar o mundo dos fenómenos naturais de uma só vez, e por isso destacam um conjunto determinado de acontecimentos e tentam construir um modelo descriptivo deste grupo. Ao proceder deste modo, negligenciam outros fenómenos, e o modelo não fornecerá, por isso, uma descrição completa da verdadeira situação. Os fenómenos que não são tomados em conta podem ter um efeito tão pequeno que a sua inclusão não alteraria a teoria significativamente, ou, ao contrário, podem ser negligenciados simplesmente porque são desconhecidos aquando da elaboração da teoria.

Para ilustrar estes pontos, atentemos num dos modelos mais conhecidos em física, a mecânica «clássica» de Newton. Os efeitos da resistência ou fricção do ar, por exemplo, não são geralmente tomados em consideração neste modelo, porque são habitualmente negligenciáveis. Mas para além de omissões deste tipo, a mecânica newtoniana foi considerada durante muito tempo a teoria última para a descrição de todos os fenómenos naturais, até os fenómenos eléctricos e magnéticos, que não caberiam na teoria de Newton, serem descobertos. A descoberta destes fenómenos mostrou que o modelo era incompleto, que só podia ser aplicado a um grupo limitado de fenómenos, essencialmente ao movimento dos corpos sólidos.

Estudar um grupo limitado de fenómenos pode também significar estudar um pequeno conjunto de propriedades, que pode ser outra razão para a teoria ser aproximada. Este aspecto de aproximação é bastante subtil porque nunca se sabe de antemão onde estão as limitações de uma teoria. Só a experiência o pode dizer. Deste modo foi desgastada a imagem da mecânica clássica, quando a física do século xx apontou as suas limitações essenciais. Actualmente sabemos que o modelo newtoniano é apenas válido para objectos constituídos por um largo número de átomos, e só para velocidades pequenas, comparadas com a velocidade da luz. Quando a primeira condição não se verifica, a mecânica clássica tem de ser substituída pela teoria quântica; quando a segunda condição não é satisfeita, tem de ser aplicada a teoria da relatividade. Isto não significa que o modelo de Newton é «errado», ou que a teoria quântica e a teoria da relatividade estão «certas». Todos estes modelos são aproximações válidas para um certo número de fenómenos. Para além deste cômputo já não fornecem uma descrição satisfatória da natureza e novos modelos têm de ser encontrados para os substituir — ou, melhor dizendo, para os alargar, promovendo a sua aproximação.

Especificar as limitações de um dado modelo é frequentemente uma das mais difíceis e, no entanto, uma das mais importantes tarefas na sua construção.

Segundo Geoffrey Chew, cuja «teoria da armadilha» será discutida em pormenor mais adiante, é essencial que se questione sempre logo que um determinado modelo ou teoria funciona? Porque funciona? Quais são os limites do modelo? Qual o grau de aproximação possível? Estas perguntas são vistas por Chew como o primeiro passo em direcção ao progresso.

Os místicos orientais estão, de igual modo, bem conscientes do facto de todas as descrições verbais da realidade serem inexatas e incompletas. A experiência directa da realidade transcende o reino do pensamento e linguagem, e, já que o misticismo se baseia numa tal experiência directa, tudo o que possa ser dito a propósito só em parte pode ser verdade. Em física, a natureza aproximada de todas as afirmações é quantificada e o progresso faz-se melhorando as aproximações em muitos passos sucessivos. Como é que lidam, então, as tradições orientais com o problema da comunicação verbal?

Em primeiro lugar, os místicos estão, sobretudo, interessados no sentir da realidade e não na descrição deste sentir. Não estão, portanto, tendencialmente interessados na análise da descrição, e o conceito de uma aproximação bem definida nunca se levantou no pensamento oriental. Se, por outro lado, os místicos orientais querem comunicar a sua experiência, são confrontados com as limitações da linguagem. Diversos caminhos foram encetados no Oriente no que respeita a este problema.

O misticismo indiano, e o hinduísmo em particular, apresenta-se na forma de mitos, usando metáforas e símbolos, imagens poéticas, comparações e alegorias. A linguagem mística é muito menos limitada pela lógica e pelo senso comum; é plena de fantasia e situações paradoxais, rica em imagens sugestivas e nunca precisa, e convém mais, por isso, ao sentir místico da realidade que a linguagem denotativa. Segundo Ananda Coomaraswamy, «o mito corporiza a maior aproximação à verdade absoluta traduzível por palavras»\*.

A fecunda imaginação indiana criou um grande número de divindades cujas encarnações e proezas são motivo de lendas fantásticas, compiladas em textos épicos de grandiosas dimensões. O hindu com conhecimentos profundos sabe que todos estes deuses são criações do espírito, imagens místicas simbolizadoras das múltiplas faces da realidade. Por outro lado, sabe também que esta panóplia não foi criada para tornar as histórias mais atraentes, mas antes funcionam como veículos essenciais para suportar as doutrinas de uma filosofia alicerçada na experiência mística.

Os místicos chineses e japoneses encontraram uma maneira diferente de lidar com o problema da linguagem. Em vez de tornar agradável a natureza paradoxal da realidade através dos símbolos e imagens míticas, preferem frequentemente acentuá-la pelo uso da linguagem factual. Assim, os taoístas usam, repetidamente, os paradoxos com vista a patenteiar as inconsistências advinientes da comunicação verbal e mostrar os seus limites. Comunicaram esta técnica aos

\* A. K. Coomaraswamy, *Hinduism and Buddhism* (Philosophical Library, Nova Iorque, 1943).  
p. 33.

budistas chineses e japoneses, que a aprofundaram. Atingir o seu máximo no budismo Zen com os denominados *koans*, charadas sem sentido usadas por muitos mestres Zen para transmitir os seus ensinamentos. Estes *koans* estabelecem um paralelo importante com a física moderna, o qual será desenvolvido no próximo capítulo.

No Japão, existe ainda outra maneira de veicular as perspectivas filosóficas que deve ser mencionada. É uma forma especial de poesia extremamente concisa; frequentemente usada pelos mestres Zen para chegar directamente à plenitude da realidade. Quando um monge perguntou a Fuketsu Ensho «sendo o discurso e o silêncio inadmissíveis, como podemos ultrapassar as falhas?», o mestre respondeu:

*Recordarei sempre Kiangsu em Março —  
O grito da perdiz,  
A mancha das flores perfumadas. \**

Esta forma de poesia espiritual atingiu a sua perfeição no *haiku*, um verso clássico japonês de apenas dezasseis sílabas, profundamente influenciado pelo Zen. A compreensão da verdadeira natureza da Vida atingida por estes poetas *haiku* resiste mesmo à tradução:

*Folhas caindo  
Apoiam-se umas às outras;  
A chuva fustiga a chuva. \*\**

Sempre que os místicos orientais expressam o seu conhecimento por palavras — pela via dos mitos, símbolos, imagens poéticas ou afirmações paradoxais — estão bem conscientes das limitações inerentes à linguagem e ao pensamento «linear». A física moderna chegou à mesma atitude no que diz respeito aos seus modelos e teorias verbais. Também eles são, apenas aproximações e necessariamente inexatas. São a contrapartida dos mitos, símbolos e imagens poéticas orientais, e é a este nível que estabelecerei os paralelos. A mesma ideia acerca da matéria é convocada, por exemplo, para o hindu pela dança cósmica do deus Shiya, tal como para a física por certos aspectos da teoria de campo quântica. Quer o deus bailarino quer a teoria física são criações do espírito: modelos para descrever a intuição do seu autor acerca da realidade.

\* In A.W. Watts, *The Way of Zen* (Vintage Books, Nova Iorque, 1957), p. 183.

\*\* Ibid., p. 187.

# Acerca da linguagem

*A desconcertante contradição para a maneira vulgar de pensar vem do facto de termos de usar a linguagem para comunicar o nosso sentir íntimo, que na sua verdadeira natureza transcende a linguística.*

D.T. Suzuki

*Os problemas da linguagem são aqui, de facto, sérios. Queremos falar de alguma maneira acerca da estrutura dos átomos... mas não podemos falar de átomos em linguagem vulgar.*

W. Heisenberg

A noção de que todos os modelos e teorias científicas são aproximados e que as suas interpretações verbais enfermam sempre da inexactidão da nossa linguagem foi já vulgarmente aceite pelos cientistas no princípio deste século, quando um novo e completamente inesperado desenvolvimento teve lugar. O estudo do mundo dos átomos forçou os físicos a entender que a nossa linguagem vulgar não é apenas inexata, mas completamente inadequada para descrever a realidade atómica e subatómica. A teoria quântica e a teoria da relatividade, as duas bases da física moderna, tornaram claro que esta realidade transcende a lógica clássica e que não podemos falar acerca disso em linguagem comum. Assim escreve Heisenberg:

*O problema mais difícil, no que concerne ao uso da linguagem, aparece na teoria quântica. Aqui não temos previamente qualquer guia simples para ligar os símbolos matemáticos com os conceitos da linguagem comum; e a única coisa que sabemos à partida é que os nossos conceitos comuns não podem ser aplicados à estrutura dos átomos.\**

Do ponto de vista filosófico, este foi certamente o desenvolvimento mais interessante na física moderna e aqui se encontra uma das raízes da sua relação com a filosofia oriental. Nas escolas do Ocidente, filosofia, lógica e raciocínio

\* W. Heisenberg, *Physics and Philosophy* (Allen & Unwin, Londres, 1963), p. 177.

foram sempre os instrumentos mais usados na formulação das ideias filosóficas, e mesmo das filosofias religiosas, segundo Bertrand Russell. No misti-cismo oriental, ao contrário, entendeu-se sempre que a realidade transcende a linguagem vulgar, e os sábios do Oriente não temiam passar ao lado da lógica e dos conceitos comuns. Parece-me ser esta a razão principal pela qual os seus modelos da realidade constituem a base filosófica mais apropriada para a física moderna, ao contrário dos modelos da filosofia ocidental.

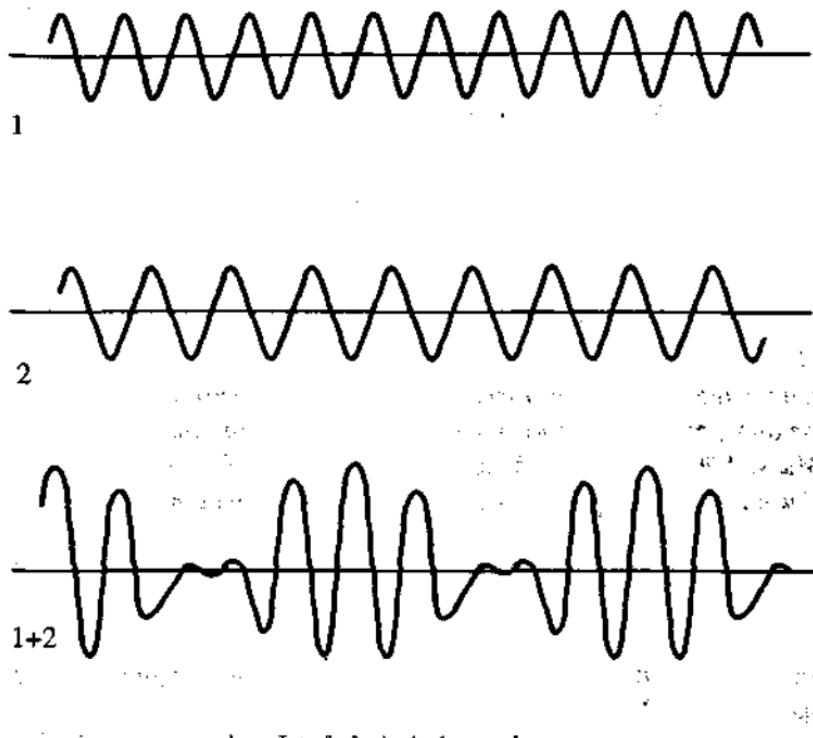
O problema da linguagem encontrado pelo místico oriental é precisamente o mesmo que o físico moderno enfrenta. Nas duas passagens dadas no princípio deste capítulo, D. T. Suzuki fala sobre budismo\* e Werner Heisenberg sobre física atómica\*\*, e no entanto as duas são quase idênticas. Quer o físico quer o místico desejam comunicar o seu conhecimento, e quando o fazem com palavras as suas afirmações são paradoxais e cheias de contradições lógicas. Estes paradoxos são característicos do misticismo, de Heraclito a Don Juan, e, desde o começo deste século, também da física.

Na física atómica muitas das situações paradoxais estão ligadas com a natureza dual da luz ou — mais genericamente — da radiação electromagnética. Por outro lado, é claro que esta radiação tem de consistir em ondas, porque produz os fenómenos de interferência bem conhecidos associados às ondas: quando existem duas fontes de luz, a intensidade luminosa a encontrar noutro lugar não será necessariamente apenas a soma do proveniente das duas fontes tomadas isoladamente, mas talvez mais ou menos. Isto pode ser facilmente explicado pela interferência das ondas emanadas das duas fontes: nos lugares onde coincidem duas cristas teremos uma maior intensidade luminosa; onde uma crista e uma depressão coincidem teremos uma menor intensidade. (ver a fig. da pág. seguinte.) O montante exacto da interferência pode ser facilmente calculado. Fenómenos de interferência deste tipo pode ser observados sempre que se trabalha com radiação electromagnética, e força-nos a concluir que esta radiação consiste em ondas.

Por outro lado, a radiação electromagnética também produz o denominado efeito fotoeléctrico: quando a luz ultravioleta incide na superfície de alguns metais pode «expulsar» electrões da superfície do metal, e portanto deve ser constituído por partículas móveis. Uma situação semelhante ocorre nas experiências de «dispersão» de raios X. Estas experiências só podem ser correctamente interpretadas se forem descritas como colisões de «partículas de luz» com electrões. E, no entanto, elas mostram as marcas de interferência característica das ondas. A questão que desconcertou tanto os físicos nos estádios iniciais da teoria atómica era como podia a radiação electromagnética ser constituída, simultaneamente, por partículas (i. e., entidades confinadas a um volume muito pequeno) e por ondas, que se espalham por uma

\* D. T. Suzuki, *On Indian Mahayana Buddhism*, ed. Edward Conze (Harper & Row, Nova Iorque, 1968), p. 239.

\*\* W. Heisenberg, *op. cit.*, pp. 178-179.



Interferência de duas ondas

grande área do espaço. Nem a linguagem nem a imaginação podiam manejar muito bem este tipo de realidade.

O misticismo oriental desenvolveu várias caminhos diferentes face aos aspectos paradoxais da realidade. Considerando que no pensamento hindu se passou ao lado do uso da linguagem mítica, o budismo e o taoísmo tendem a realçar os paradoxos mais que a conciliá-las. O maior escrito taoísta, o *Tao Te Ching* de Lao Tzu, está redigido num estilo extremamente desconcertante, convenientemente ilógico. Está cheio de contradições intrigantes e a sua linguagem compacta, poderosa e extremamente poética visa prender o espírito do leitor e arrancá-lo dos trilhos familiares do raciocínio lógico.

Os budistas chineses e japoneses adoptaram esta técnica taoísta de comunicação do sentir místico pela simples exposição do seu carácter paradoxal. Quando o mestre Zen Daïto viu o imperador Godaigo, estudioso Zen, disse:

*Fomos separados há muitos milhares de Kalpas, mas não estivemos, no entanto, separados sequer por um momento. Estamos a ver-nos durante todo o dia, no entanto nunca nos encontrámos.* \*

\* In D.T. Suzuki, *The Essence of Buddhism* (Hozokan, Kyoto, Japão, 1968), p. 26.

Os budistas Zen têm uma habilidade particular em fazer sair uma qualidade das inconsistências da comunicação verbal, e com o sistema *koan* desenvolveram uma maneira única de transmitir os seus ensinamentos sem qualquer verbalização. *Koans* são charadas sem sentido, cuidadosamente inventadas, que pretendem fazer o estudante Zen entender as limitações da lógica e do raciocínio da maneira mais dramática. O teor irracional e conteúdo paradoxal destes enigmas torna-os impossíveis de resolver pelo pensamento. São destinados precisamente a deter o processo de pensamento, e assim tornar o estudante apto para o sentir não verbal da realidade. O mestre Zen contemporâneo Yasutani introduziu um estudante ocidental a um dos *koans* mais famosos com as seguintes palavras:

*Um dos melhores koans, porque o mais simples, é o Mu. Esta é a sua base: um monge veio ter com Joshu, um prestigiado mestre Zen da china há centenas de anos, e perguntou: «Um cão tem natureza buda ou não?» Joshu respondeu, «Mu!». À letra, a expressão significa «não», mas o significado da resposta de Joshu não está aqui. Mu é a expressão da viva, actuante e dinâmica natureza buda. O que tem de fazer é descobrir o espírito ou essência deste Mu, não por análise intelectual mas pela busca no seu ser mais íntimo. Depois tem de me demonstrar, concretamente e distintamente, que entende a verdade pujante do Mu, sem recorrer a concepções, teorias ou explanações abstractas. Lembre-se, não pode entender Mu através da cognição comum, tem de a agarrar directamente com todo o seu ser.* \*

A um principiante, o mestre Zen apresentaria normalmente este *Mu-koan* ou um dos dois seguintes:

*Qual era a sua face original — a que tinha antes dos seus pais o conceberem?*

*Pode produzir o som do bater das mãos. Mas qual é o som de uma mão?*

Todos estes *koans* têm mais ou menos soluções únicas que um mestre competente reconhece imediatamente. Uma vez encontrada a solução, o *koan* deixa de ser paradoxal e torna-se uma profunda afirmação plena de significado elaborada no estado de consciência que ajudou a acordar.

Na escola Rinzai, o estudante tem de resolver uma longa série de *koans*, cada um relacionado com um aspecto Zen particular. Esta é a única maneira de esta escola transmitir os seus ensinamentos. Não utiliza qualquer afirmação positiva, mas deixa o estudante agarrar totalmente a verdade através dos *koans*.

Encontramos aqui um paralelo apertado com as situações paradoxais com que se confrontaram os físicos no princípio da física atómica. Tal como no Zen, a verdade estava escondida em paradoxos que não podiam ser resolvidos pelo raciocínio lógico, mas tinham de ser entendidos nos termos de uma nova tomada

\* In P. Kapleau, *Three Pillars of Zen* (Beacon Press, Boston, 1967), p. 135.

de consciência: a tomada de consciência da realidade atómica. O professor era aqui, obviamente, a natureza que, à semelhança dos mestres Zen, não fornece quaisquer afirmações. Apenas fornece os enigmas. A resolução de um *koan* requer um enorme esforço de concentração e envolvimento do estudante. Em livros sobre Zen lemos que o *koan* apodera-se do coração e do espírito do estudante e cria um verdadeiro impasse mental, um estado de tensão suspensa na qual o mundo inteiro se torna uma enorme massa de dúvidas e indagações. Os fundadores da teoria quântica experimentaram exactamente a mesma situação, descrita aqui muito sentidamente por Heisenberg:

*Recordo-me de longas discussões com Bohr que se prolongavam até altas horas da noite e acabavam quase em desesperança; e quando no fim eu ia sozinho passear no parque vizinho, repetia para mim próprio vezes sem conta a pergunta: pode a natureza ser tão absurda como nos parecia nessas experiências atómicas?\**

Quando a natureza essencial das coisas é analisada pelo intelecto tem de parecer absurda ou paradoxal. Isto foi sempre reconhecido pelos místicos, mas só muito recentemente se tornou um problema para a ciência. Durante séculos os cientistas perseguiam as «leis fundamentais da natureza» subjacentes à enorme variedade de fenómenos naturais. Estes fenómenos pertenciam ao meio macroscópico dos cientistas, e portanto ao reino da sua experiência sensorial. Já que as imagens e os conceitos intelectuais da sua linguagem eram abstraídos desta mesma experiência, eram suficientes e adequados para descrever os fenómenos naturais.

As questões concernentes à natureza essencial das coisas eram satisfeitas na física clássica pelo modelo do universo mecanicista newtoniano que, na linha do modelo democritiano, na antiga Grécia, reduzia todos os fenómenos aos movimentos e interacções de átomos indestrutíveis. As propriedades destes átomos eram generalizadas a partir da noção macroscópica de bolas de bilhar, e portanto da experiência sensorial. Se esta noção podia realmente ser aplicada ao mundo dos átomos não era questionado. De facto, não podia ser investigada experimentalmente.

No século XX, no entanto, os físicos estavam aptos a enfrentar a questão da natureza verdadeira da matéria em termos experimentais. Com a ajuda da mais sofisticada tecnologia, estavam aptos a sondar cada vez mais profundamente a natureza, descobrindo uma camada de matéria atrás da outra, na busca dos seus verdadeiros «blocos de construção». Verificada deste modo a existência dos átomos, seguiram-se os seus componentes — o núcleo e os electrões — e finalmente os constituintes do núcleo — os protões e os neutrões — e muitas outras partículas subatómicas.

Os instrumentos delicados e complicados da moderna física experimental penetraram no mundo submicroscópico, até aos domínios da natureza inacessíveis ao

\* W. Heisenberg, *op. cit.*, p. 42.

nosso meio macroscópico, e tornam este mundo acessível aos nossos sentidos. Contudo, apenas alcançam até a cadeia de processos terminar, por exemplo, no clique audível de um contador Geiger, ou na mancha negra de uma chapa fotográfica. O que vemos ou ouvimos não são os próprios fenómenos investigados, mas sempre as suas consequências. O mundo atómico e subatómico, em si, estão para além da nossa percepção sensorial.

É portanto com a ajuda dos equipamentos modernos que podemos «observar» as propriedades dos átomos e os seus componentes por uma via indirecta, e assim «experienciar» o mundo subatómico em alguma extensão. Esta experiência não é, no entanto, uma experiência vulgar, comparada com a do nosso meio quotidiano. O conhecimento da matéria neste nível já é derivado da experiência sensorial directa, e portanto a nossa linguagem vulgar, que retira as suas imagens do mundo dos sentidos, deixa de ser adequada para descrever os fenómenos observados. À medida que penetrarmos mais na natureza, temos de abandonar progressivamente as imagens e conceitos da linguagem vulgar.

Nesta viagem ao mundo do infinitamente pequeno, o passo mais importante, do ponto de vista filosófico, foi o primeiro: entrar no mundo dos átomos. Inquirindo dentro dos átomos e investigando a sua estrutura, a ciência ultrapassou os limites da nossa imaginação sensorial. A partir deste momento, não podia mais confiar completamente na lógica e no senso comum. A física atómica dotou os cientistas dos primeiros relances da natureza essencial das coisas. A semelhança dos místicos, os físicos lidavam agora com uma experiência não sensorial da realidade e, como aqueles, tinham de enfrentar os aspectos paradoxais desta experiência. A partir de então, os modelos e imagens da física moderna tornavam-se aparentados dos da filosofia oriental.

# A nova física

Segundo os místicos orientais, a experiência mística directa da realidade é um momento significativo que nos abala as próprias bases da visão do mundo. D. T. Suzuki chamou-lhe «o mais luminoso evento que pode acontecer no reino da consciência humana, perturbando todas as formas de experiência estabelecidas» \* e ilustrou o carácter abalador desta experiência com as palavras de um mestre Zen que a descreveu como o «fundo de um balde que se rompe».

No princípio deste século, os físicos sentiram-se muito desta forma, quando os alicerces da sua visão do mundo foram abalados pela nova experiência da realidade atómica, e descreveram esta experiência em termos frequentemente similares aos usados por Suzuki. Assim, escreveu Heisenberg:

*A violenta reacção ao desenvolvimento recente da física moderna só pode ser entendida quando se comprehende que aqui as bases da física começaram a tremer; e este movimento causou a sensação que a base de apoio seria retirada à ciéncia. \*\**

Einstein experimentou o mesmo choque quando tomou contacto pela primeira vez com a nova realidade da física atómica. Escreveu na sua autobiografia:

*Todas as minhas tentativas de adoptar as bases teóricas da física a este (novo tipo de) conhecimento falharam completamente. Era como se o chão tivesse sido puxado a alguém, sem nenhuma base firme à vista, sobre a qual se pudesse edificar. \*\*\**

As descobertas da física moderna necessitavam de mudanças profundas de conceitos como espaço, tempo, matéria, objecto, causa e efeito, etc., e sendo estes conceitos tão necessários à nossa maneira de sentir o mundo, não é surpreendente que os físicos, que foram obrigados a alterá-los, sentissem como que um impacte. Destas mudanças emergiu uma nova e radicalmente diferente visão do mundo, ainda no processo de formação pela investigação científica normal.

\* D. T. Suzuki, *The Essence of Buddhism* (Hozokan, Kyoto, Japão, 1968), p. 7.

\*\* W. Heisenberg, *Physics and Philosophy* (Allen & Unwin, Londres, 1963), p. 145.

\*\*\* In P. A. Schilpp (ed.), *Albert Einstein: Philosopher-Scientist* (The Library of Living Philosophers, Evanston, Illinois, 1949), p. 45.

Parece, portanto, que os místicos orientais e os físicos ocidentais passaram por experiências revolucionárias similares, que os conduziram a maneiras completamente novas de encarar o mundo. Nas duas passagens seguintes, o físico europeu Niels Bohr e o místico indiano Sri Aurobindo expressaram o carácter profundo e radical desta experiência:

*A extensão da nossa experiência nos últimos anos trouxe à luz a insuficiência das nossas concepções mecânicas simplistas e, consequentemente, abalou os alicerces em que a interpretação usual da observação se baseava.* \*

Niels Bohr

*Todas as coisas começam, de facto, a mudar a sua natureza e aparência; todo o nosso sentir do mundo é radicalmente diferente... existe um caminho novo, vasto e profundo de sentir, ver, conhecer, contactar as coisas.* \*\*

Sri Aurobindo

Este capítulo servirá para esquematizar a configuração preliminar desta nova concepção do mundo em contraste com a base antitética da física clássica \*\*\*, mostrando como a visão mecanicista clássica do mundo teve de ser abandonada no princípio deste século, quando a teoria quântica e a teoria da relatividade — as duas teorias básicas da física moderna — nos forçaram a adoptar uma visão da natureza muito mais subtil, sagrada e «orgânica».

## Física clássica

A visão do mundo que foi modificada pelas descobertas da física moderna era baseada no modelo mecânico do universo de Newton. Este modelo constituía a estrutura da física clássica. Era, com efeito, um espantoso apoio estrutural de toda a ciência, como uma rocha imbatível, fornecedora de uma base sólida para a filosofia natural durante quase três séculos.

O palco do universo newtoniano, em que tinham lugar todos os fenómenos físicos, era o espaço tridimensional da geometria clássica euclidiana. Era um espaço absoluto, sempre em repouso e inalterável. Nas próprias palavras de Newton, «o espaço absoluto, na sua própria natureza, sem ter em conta nada de externo,

\* N. Bohr, *Atomic Physics and the Description of Nature* (Cambridge University Press, Londres, 1934), p. 2.

\*\* S. Aurobindo, *On Yoga II* (Aurobindo Ashram, Pondicherry, Índia, 1958), Tomo I, p. 327.

\*\*\* O leitor que achar esta apresentação preliminar da física moderna demasiado sintética e difícil de compreender não deve ficar excessivamente preocupado. Todos os conceitos mencionados neste capítulo serão discutidos com grande detalhe mais tarde.

permanece sempre idêntico e imóvel» \*. Todas as modificações no mundo físico eram descriptas nos termos de uma dimensão separada, denominada tempo, que mais uma vez era absoluta, sem conexão com o mundo material, e correndo docemente do passado para o presente em direção ao futuro. «O tempo absoluto, verdadeiro e matemático», disse Newton, «por si e pela sua própria natureza, corre uniformemente, independentemente de qualquer coisa externa.» \*\*

Os elementos do mundo newtoniano que se moviam neste espaço e tempo absolutos eram partículas materiais. Nas equações matemáticas eram tratados como «pontos de massa» e Newton via-os como objectos pequenos, sólidos e indestrutíveis, a partir dos quais toda a matéria era feita. Este modelo era bastante parecido com o dos atomistas gregos. Eram ambos baseados na distinção entre o pleno e o vazio, entre a matéria e espaço, e em ambos os modelos as partículas permaneciam sempre idênticas na sua massa e forma. A matéria era, portanto, sempre conservada e essencialmente passiva. A diferença importante entre o atomismo democritiano e newtoniano é a que o último inclui uma descrição precisa da força actuante entre as partículas materiais. Esta força é muito simples, dependendo apenas das massas e das distâncias das partículas. É a força da gravidade, e foi vista por Newton como rigidamente ligada aos corpos em que actuava, e actuando instantaneamente à distância. Apesar de ser uma hipótese estranha, não foi investigada profundamente. As partículas e as forças entre elas eram vistas como criação de Deus e portanto não eram objecto de mais análise. Na sua *Óptica*, Newton dá-nos um quadro nítido de como imaginava a criação de Deus do mundo material:

*Parece-me provável que Deus inicialmente tenha formado a matéria de partículas sólidas, maciças, pesadas, impenetráveis, móveis, de tais tamanhos e configurações, com tantas outras propriedades, e em tal proporção relativamente ao espaço, que a maioria alcançou o fim para o qual se formaram; e que estas partículas primitivas, sendo sólidas, são incomparavelmente mais pesadas que qualquer corpo poroso por elas formado; tão pesadas que nunca usadas em bocados; não existe nenhum poder comum capaz de separar aquilo que Deus fez uno na primeira criação.* \*\*\*

Todos os acontecimentos físicos são reduzidos, na mecânica newtoniana, ao movimento de pontos materiais no espaço, causados pela sua atracção, i. e., pela força da gravidade. Com vista a traduzir o efeito desta força num ponto de massa numa forma matemática precisa, Newton teve de inventar conceitos completamente novos e técnicas matemáticas, as do cálculo diferencial. Esta foi uma tremenda aquisição intelectual, elogiada por Einstein como «talvez o maior avanço do pensamento com que qualquer indivíduo foi jamais privilegiado».

\* Citação in M. Čapek, *The Philosophical Impact of Contemporary Physics* (D. Van Nostrand, Princeton, Nova Jersey, 1961), p. 7.

\*\* *Ibid.*, p. 36.

\*\*\* In M. P. Crosland (ed.), *The Science of Matter* (History of Science Readings, Penguin Books, Harmondsworth, 1971), p. 76.

As equações newtonianas do movimento são a base da mecânica clássica. Eram consideradas leis fixas, segundo as quais os pontos materiais se movem, e eram portanto consideradas válidas para todas as mudanças observadas no mundo físico. Na perspectiva newtoniana, Deus tinha criado, no começo, as partículas materiais, as forças entre elas e as leis fundamentais do movimento. Neste sentido, todo o universo foi posto em movimento e tinha continuado a correr desde aí, como uma máquina, dirigida por leis imutáveis.

A visão mecanicista da natureza está pois fortemente relacionada com um rigoroso determinismo. A gigante máquina cósmica era vista como sendo completamente causal e determinada. Tudo o que acontecia tinha uma causa definida e dava lugar a um efeito definido, e o futuro de qualquer parte do sistema podia — em princípio — ser previsto com absoluta certeza se o seu estado fosse conhecido detalhadamente a qualquer momento. Esta convicção encontrou a sua expressão mais clara nas famosas palavras do matemático francês Pierre Simon Laplace:

*Um intelecto que num determinado momento conhece todas as forças actuantes na natureza, bem como a posição de todas as coisas constituintes do mundo — supondo que o dito intelecto era suficientemente vasto para submeter estes dados à análise — abarcará na mesma fórmula os movimentos dos maiores corpos do universo e os dos mais pequenos átomos; nada será incerto para ele, e o futuro, tal como o passado, ser-lhe-á apresentado.* \*

A raiz filosófica deste rigoroso determinismo foi a divisão fundamental entre o eu e o mundo introduzida por Descartes. Como consequência desta divisão, acreditou-se que o mundo podia ser descrito objectivamente, i.e., sem sequer mencionar o observador humano, e uma tal descrição objectiva da natureza tornou-se o ideal de toda a ciência.

Os séculos XVIII e XIX assistiram ao tremendo êxito da mecânica newtoniana. O próprio Newton aplicou a sua teoria ao movimento dos planetas e foi capaz de explicar as características básicas do sistema solar. O seu modelo planetário era, no entanto, muito simplificado, negligenciando, por exemplo, a influência gravitacional dos planetas entre si, e assim concluiu que existiam determinadas irregularidades que não podia explicar. Solucionou este problema partindo do princípio de que Deus estava sempre presente no universo para corrigir estas irregularidades.

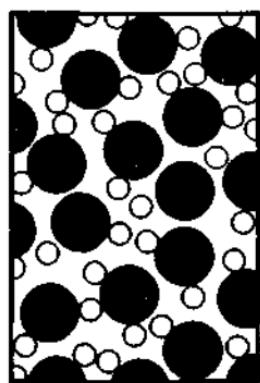
Laplace, o grande matemático, impôs a si próprio a ambiciosa tarefa de refinar e aperfeiçoar os cálculos de Newton num livro que devia «fornecer a completa solução dos grandes problemas mecânicos apresentados pelo sistema solar e fazer coincidir a teoria com a observação tão perfeitamente que as equações empíricas deixassem de ter lugar nos quadros de astronomia» \*\*. O resultado foi um

\* Citação in M. Čapek, *op. cit.*, p. 122.

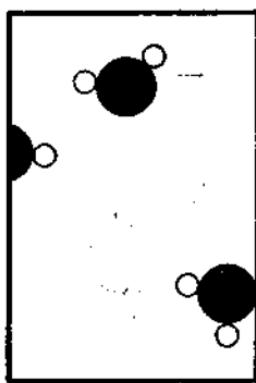
\*\* Citação in J. Jeans, *The Growth of Physical Science* (Cambridge University Press, Londres, 1951), p. 237.

trabalho de cinco volumes, denominado *Mécanique Céleste*, no qual Laplace conseguiu com êxito explicar os movimentos dos planetas, luas e cometas até aos mais pequenos detalhes, bem como os fluxos das correntes e outros fenómenos relacionados com a gravidade. Demonstrou que as leis newtonianas do movimento asseguravam a estabilidade do sistema solar e consideravam o universo como uma máquina perfeitamente auto-regulável. Quando Laplace apresentou a primeira edição do seu livro a Napoleão — como diz a história —, este notou: «Senhor Laplace, dizem-me que escreveu este longo livro acerca do sistema do universo e nem sequer mencionou o seu Criador.» A isto Laplace respondeu prontamente: «Não tive necessidade dessa hipótese.»

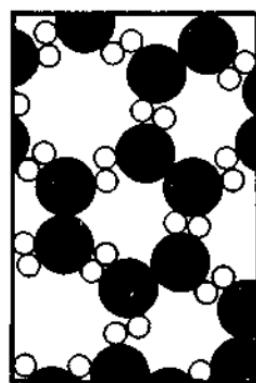
Encorajados pelo espantoso sucesso da mecânica newtoniana na astronomia, os físicos alargaram-na ao movimento contínuo dos líquidos e às vibrações dos corpos elásticos, e resultou novamente. Por último, até a teoria do calor podia ser reduzida à mecânica quando foi compreendido que o calor era a energia criada por um complicado movimento de «sacudidelas» das moléculas. Quando a temperatura da água, por exemplo, aumenta, o movimento das moléculas da água aumenta, até elas vencerem as forças que as mantinham juntas e se separem. Neste processo a água transforma-se em vapor. Ao contrário, quando o movimento térmico baixa pelo arrefecimento da água, as moléculas fecham-se por fim no modelo novo e mais rígido que é o gelo. De modo semelhante, muitos outros fenómenos térmicos podem ser razoavelmente entendidos de um ponto de vista puramente mecânico.



Água



Vapor



Gelo

O enorme sucesso do modelo mecânico levou os físicos do princípio do século XIX a acreditar que o universo era, de facto, um imbatível sistema mecânico governado de acordo com as leis newtonianas do movimento. Estas leis eram vistas como as leis básicas da natureza e a mecânica de Newton era considerada a teoria final dos fenómenos naturais. No entanto, menos de cem anos depois, foi descoberta uma nova realidade física que tornou notórias as limitações do modelo newtoniano e mostrou que nenhuma das suas características tinha validade absoluta.

Este entendimento não apareceu inesperadamente, mas foi iniciado por desenvolvimentos que já tinham começado no século XIX e prepararam o caminho para as revoluções científicas do nosso tempo. O primeiro destes desenvolvimentos foi a descoberta e investigação dos fenómenos eléctricos e magnéticos que não podiam ser apropriadamente descritos pelo modelo mecânico e envolviam um novo tipo de força. O passo decisivo foi dado por Michael Faraday e Clerk Maxwell — o primeiro, um dos maiores práticos da história da ciência; o segundo, um brilhante teórico. Quando Faraday produziu uma corrente eléctrica num barril de tanoeiro junto ao qual movimentou um íman, e assim transformou o trabalho mecânico de movimentar o íman em energia eléctrica, colocou a ciência e a tecnologia num ponto de viragem. A sua experiência fundamental deu lugar, por um lado, à vasta tecnologia da engenharia eléctrica; por outro, tornou-se a base das especulações teóricas de Maxwell e de si próprio que, de algum modo, deram lugar a uma teoria completa do electromagnetismo. Faraday e Maxwell não estudaram apenas os efeitos das forças eléctricas e magnéticas, mas fizeram das próprias forças o objecto primeiro da sua investigação. Substituíram o conceito de uma força pelo de um campo de forças, e ao fazê-lo foram os primeiros a ultrapassar a física newtoniana.

Em vez de interpretar a interacção entre uma carga positiva e negativa dizendo simplesmente que as duas cargas se atraem como duas massas na mecânica newtoniana, Faraday e Maxwell acharam mais apropriado dizer que cada carga cria uma «perturbação», ou uma «condição» no espaço em redor, de modo a que a outra carga, quando está presente, sente uma compulsão. Esta condição no espaço que tem a potencialidade de produzir uma compulsão é denominada um campo. É criado por uma única carga e existe independentemente de outra carga estar presente para sentir o seu efeito.

Esta foi uma mudança muito profunda na nossa concepção da realidade física. Na perspectiva newtoniana, as forças estavam rigidamente ligadas aos corpos em que actuavam. Agora o conceito de força era substituído pelo conceito mais subtil de um campo que tinha a sua realidade própria e podia ser estudado sem qualquer referência aos corpos materiais. O cume desta teoria, denominada electrodinâmica, foi a percepção que a luz é apenas um campo electromagnético alterando rapidamente que se propaga pelo espaço sob a forma de ondas. Hoje sabemos que as ondas de rádio, a luz ou os raios X são todos ondas electromagnéticas, movimentando campos eléctricos e magnéticos, apenas diferentes na frequência da sua oscilação, e que a luz visível é apenas uma pequena fracção do espectro electromagnético.

Apesar destas mudanças de longo alcance, a mecânica newtoniana manteve a princípio a sua posição de base de toda a física. O próprio Maxwell tentou explicar os seus resultados em termos mecânicos, interpretando os campos como estados de saturação mecânica num meio de preenchimento do espaço muito ténue, chamado éter, e as ondas electromagnéticas como ondas elásticas deste éter. Isto só era natural na medida em que as ondas são usualmente sentidas como vibrações de qualquer coisa; ondas de água como vibrações da água, ondas sonoras como vibrações do ar. Maxwell usou, no entanto, várias interpretações mecânicas desta teoria ao mesmo

tempo e aparentemente não tomou nenhuma verdadeiramente a sério. Deve ter compreendido intuitivamente, mesmo que não o tenha dito explicitamente, que as entidades fundamentais na sua teoria eram os campos e não os modelos mecânicos. Foi Einstein que reconheceu claramente este facto cinquenta anos mais tarde, quando afirmou que não existia nenhum éter e que os campos electromagnéticos eram entidades físicas por si próprias, que podiam viajar pelo espaço vazio e que não podiam ser explicadas mecanicamente.

No início do século xx, então, os físicos tinham duas teorias de êxito aplicáveis a diferentes fenómenos: a mecânica de Newton e a electrodinâmica de Maxwell. Deste modo deixou de ser o modelo newtoniano a base de toda a física.

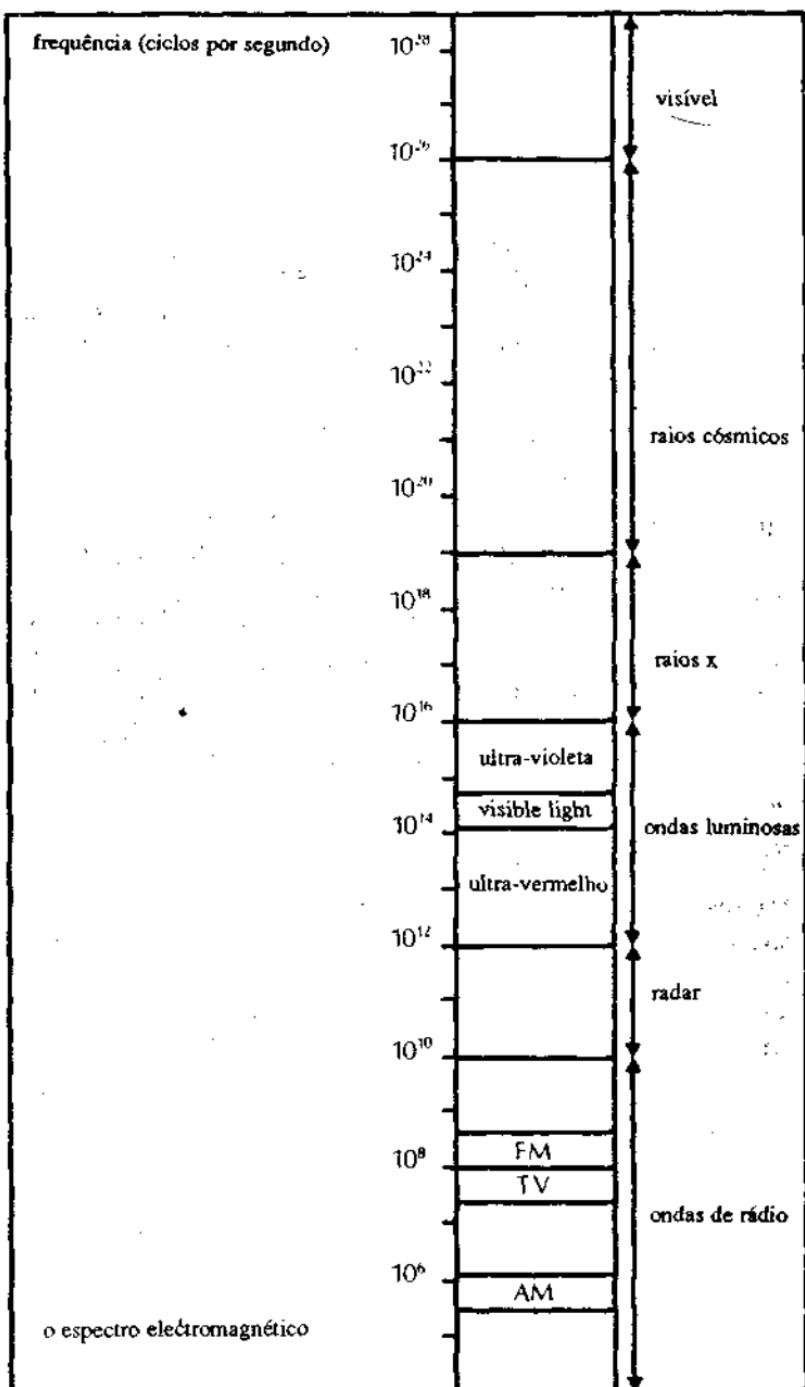
## Física moderna

As primeiras três décadas do nosso século modificaram radicalmente todo o panorama na física. Dois desenvolvimentos diferentes — o da teoria da relatividade e da física atómica — destruíram todos os principais conceitos da visão newtoniana do mundo: a noção de espaço e tempo absolutos, as partículas sólidas elementares, a natureza estritamente causal dos fenómenos físicos, e o ideal de uma descrição objectiva da natureza. Nenhum destes conceitos era extensível aos novos domínios em que a física penetrava.

No começo da física moderna está presente o excepcional carácter intelectual de um homem: Albert Einstein. Em dois artigos publicados em 1905, Einstein iniciou duas tendências revolucionárias do pensamento. Uma foi a sua teoria restrita da relatividade, a outra foi um novo modo de ver a radiação electromagnética, que se havia de tornar característica da teoria quântica, a teoria dos fenómenos atómicos. A teoria quântica completa foi resolvida vinte anos mais tarde por toda uma equipa de físicos. A teoria da relatividade, no entanto, foi construída na sua forma completa quase inteiramente pelo próprio Einstein. Os apontamentos científicos de Einstein funcionavam no início do século xx como monumentos intelectuais impõentes — as pirâmides da civilização moderna.

Einstein acreditava fortemente na harmonia inerente da natureza, e a maior preocupação ao longo da sua vida científica foi encontrar uma base unificada da física. Começou a encaminhar-se neste sentido construindo uma estrutura comum para a electrodinâmica e mecânica, as duas diferentes teorias da física clássica. Esta estrutura é conhecida como a teoria restrita da relatividade. Unificou e completou a estrutura da física clássica, mas envolveu simultaneamente mudanças drásticas nos conceitos tradicionais de espaço e tempo e arruinou progressivamente uma das fundações da visão newtoniana do mundo.

De acordo com a teoria da relatividade, o espaço não é tridimensional, e o tempo não é uma entidade separada. Ambos estão intimamente ligados e formam um contínuo a quatro dimensões, o «espaço-tempo». Na teoria da relatividade, portanto, nunca podemos falar do espaço sem falar acerca do tempo, como no modelo newtoniano. Observadores diferentes ordenarão diversamente os acontecimentos



no tempo se eles se moverem a velocidades diferentes em relação aos acontecimentos observados. Neste caso, dois eventos que são vistos como ocorrendo simultaneamente por um observador podem ocorrer em diferentes sequências temporais.

para outros observadores. Todas as medições que envolvem espaço e tempo perdem assim o seu significado absoluto. Na teoria da relatividade, o conceito newtoniano de um espaço absoluto como cenário dos fenómenos físicos é abandonado, tal como o conceito de um tempo absoluto. Quer o espaço quer o tempo passaram a ser meros elementos da linguagem que um observador particular usa para descrever os fenómenos observados.

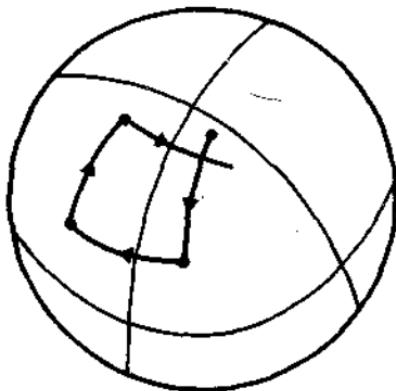
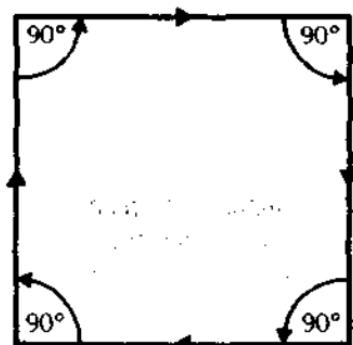
Os conceitos de espaço e tempo são tão importantes para a descrição dos fenómenos naturais que a sua modificação envolve uma transformação de todo o esquema que usamos para descrever a natureza. A consequência mais importante desta modificação é o entendimento de que massa não é mais que uma forma de energia. Mesmo um objecto em descanso tem energia armazenada na sua massa, e a relação entre as duas é dada pela famosa equação  $E = m c^2$ , sendo  $c$  a velocidade da luz.

Esta constante  $c$ , a velocidade da luz, é de capital importância para a teoria da relatividade. Sempre que descrevemos fenómenos que envolvem velocidades que se aproximam da velocidade da luz, a nossa descrição tem de tomar em linha de conta a teoria da relatividade. Isto aplica-se particularmente aos fenómenos electromagnéticos, dos quais a luz é apenas um exemplo, e que conduziu Einstein à formulação da sua teoria.

Em 1915, Einstein anunciou a sua teoria geral da relatividade, na qual as traves da teoria são dimensionadas para incluir a gravidade, i. e., a atracção mútua de todos os corpos maciços. Apesar de a teoria ter sido confirmada por inúmeras experiências, a teoria geral ainda não foi conclusivamente confirmada. É, no entanto, a que até à data foi aceite, como a mais consistente e elegante teoria da gravidade, e é amplamente usada em astrofísica e cosmologia para a descrição do universo em grande escala.

A força da gravidade, segundo a teoria de Einstein, tem o efeito de «curvar» o espaço e o tempo. Isto significa que a geometria euclidiana comum deixa de ser válida num tal espaço curvo, tal como a geometria bidimensional de um plano não pode ser aplicada na superfície de uma esfera. Num plano podemos desenhar, por exemplo, um quadrado, marcando o comprimento de um metro ao longo de uma linha recta, fazendo um ângulo recto e marcando outro comprimento idêntico, depois fazendo outro ângulo recto e marcando outro metro, e finalmente fazendo um terceiro ângulo recto e marcando outro metro de novo, depois do qual regressámos ao ponto de partida e o quadrado está completo. Numa esfera, no entanto, este procedimento não resulta porque as regras da geometria euclidiana não se mantêm nas superfícies curvas. No mesmo sentido, podemos definir um espaço curvo tridimensional como um espaço no qual a geometria euclidiana deixa de ser válida. A teoria de Einstein diz, agora, que o espaço tridimensional é realmente curvo, e que a curvatura é causada pelo campo gravitacional dos corpos maciços.

Onde quer que haja um objecto maciço, e.g. uma estrela ou um planeta, o espaço que os rodeia é curvo e o grau de curvatura depende da massa do objecto. E como o espaço nunca pode ser separado do tempo na teoria da relatividade, também o tempo é afectado pela presença da matéria, fluindo diversamente em



Desenhando um quadrado num plano e numa esfera

partes diferentes do universo. A teoria geral da relatividade de Einstein abole assim completamente os conceitos de espaço e tempo absolutos. Nem só todas as medidas envolvendo espaço e tempo são relativas; a estrutura completa de espaço-tempo depende da distribuição da matéria no universo, e o conceito de «espaço vazio» perde o seu significado.

A visão mecânica do mundo da física clássica era baseada na noção de corpos sólidos movendo-se no espaço vazio. Esta noção permanece válida na região que tem sido chamada a «zona de dimensões médias», ou seja, no domínio da nossa experiência quotidiana, onde a física clássica continua a ser uma teoria útil. Ambos os conceitos — o do espaço vazio e o dos corpos de matéria sólida — estão profundamente entranhados nos nossos hábitos de pensamento, e portanto é extremamente difícil para nós imaginar uma realidade física onde eles não se apliquem. E, no entanto, isto é precisamente o que a física moderna nos obriga a fazer quando ultrapassamos as dimensões médias. O «espaço vazio» perdeu o seu significado na astrofísica e na cosmologia, as ciências do universo no seu todo, e o conceito de objectos sólidos foi destruído pela física atómica, a ciência do infinitamente pequeno.

Na viragem do século, vários fenómenos ligados com a estrutura dos átomos, e inexplicáveis em termos da física clássica, foram descobertos. A primeira indicação de que os átomos tinham estrutura, veio da descoberta dos raios X, um novo tipo de radiação que rapidamente encontrou a sua actual, bem conhecida, aplicação em medicina. Os raios X, no entanto, não são a única radiação emitida pelos átomos. Pouco depois da sua descoberta, surgiram outros tipos de radiação com as denominadas substâncias radioactivas. O fenômeno da radioactividade provou definitivamente a natureza composta dos átomos, mostrando que os átomos de substâncias radioactivas não só emitem vários tipos de radiação, como também se transformam a si próprios em átomos de substâncias completamente diferentes.

Além de serem objecto de estudo intenso, estes fenómenos foram também empregues, sob formas engenhosas, em novos instrumentos de investigação. Assim,

Max von Laue usou os raios X para estudar as combinações de átomos nos cristais e Ernest Rutherford comprehendeu que as denominadas partículas alfa emanadas das substâncias radioactivas eram projéctis de alta velocidade de tamanho subatómico que podiam ser usados para explorar o interior do átomo. Podiam ser disparados contra os átomos, e pela maneira como eram desviados podiam tirar-se conclusões acerca da sua estrutura.

Quando Rutherford bombardeou átomos com partículas alfa, obteve resultados sensacionais e totalmente inesperados. Longe das partículas pesadas e sólidas que se acreditava serem desde a antiguidade, os átomos passaram a consistir em vastas regiões de espaço vazio, nas quais partículas extremamente pequenas — os electrões — se moviam em volta do núcleo, a isso compelidos por forças eléctricas. Não é fácil ter uma ideia para a ordem de grandeza dos átomos, tanto se afasta da nossa escala macroscópica. O diâmetro de um átomo tem dimensões próximas da centésima milionésima parte de um milionésimo do centímetro. Para visualizar este diminuto tamanho, imagine uma laranja inchada até ao tamanho da Terra. Os átomos da laranja teriam então o tamanho de cerejas. Mirfades de cerejas apertadamente guardadas num globo do tamanho da Terra — aí está um quadro magnífico dos átomos numa laranja.

Um átomo é, portanto, extremamente pequeno comparado com os objectos macroscópicos, mas é imenso comparado com o núcleo no seu centro. No nosso quadro de átomos do tamanho de cerejas, o núcleo de um átomo seria tão pequeno que não o poderíamos ver. Se tornássemos o átomo do tamanho de uma bola, ou ainda para o tamanho de um quarto desta, o núcleo seria ainda demasiado pequeno para ser visto a olho nu. Para ver o núcleo, teríamos de tornar o átomo do tamanho da maior cúpula do mundo, a cúpula da catedral de S. Pedro, em Roma. Num átomo assim, o núcleo teria o tamanho de um grão de sal! Um grão de sal no meio da cúpula de S. Pedro, e partículas de poeira rodopiando à sua volta, no vasto espaço da cúpula — é assim que podemos figurar o núcleo e electrões de um átomo.

Pouco depois do aparecimento deste modelo «planetário» do átomo, foi descoberto que o número de electrões nos átomos de um elemento determinam as propriedades químicas dos elementos, e hoje sabemos que a tabela periódica de elementos pode ser totalmente edificada pela adição sucessiva de protões e neutrões do átomo mais leve — hidrogénio — e correspondente número de electrões à sua «concha» atómica. As interacções entre os átomos dão lugar aos vários processos químicos, de modo que toda a química pode agora, em princípio, ser entendida com base nas leis da física atómica.

Estas leis não foram, no entanto, fáceis de reconhecer. Foram descobertas nos anos vinte por um grupo internacional de físicos, incluindo Niels Bohr, da Dinamarca, Louis de Broglie, da França, Erwin Schrödinger e Wolfgang Pauli, da Áustria, Werner Heisenberg, da Alemanha, e Paul Dirac, da Inglaterra. Estes homens uniram os seus esforços, ultrapassando todas as fronteiras, e deram forma a um dos períodos mais excitantes da ciência moderna que os levou, pela primeira vez, ao contacto com a realidade estranha e inesperada do mundo subatómico. Sempre que os físicos indagavam a natureza acerca de uma questão numa experiência

atómica, esta respondia-lhes com um paradoxo, e quanto mais tentavam clarificar a situação, mais enganadores os paradoxos se tornavam. Levou-lhes muito tempo a aceitar o facto de estes paradoxos pertencerem à estrutura intrínseca da física atómica e a compreender que eles apareciam sempre que se queria descrever os acontecimentos atómicos nos termos tradicionais da física. Uma vez esta situação inteligida, os físicos começaram a aprender a fazer as perguntas certas e a evitar as contradições. Nas palavras de Heisenberg, «entraram de algum modo no espírito da teoria quântica», e por fim encontraram a formulação matemática precisa e consistente desta teoria.

Os conceitos da teoria quântica não eram fáceis de aceitar, mesmo depois de a sua formulação matemática ter sido completada. O seu efeito na imaginação dos físicos era verdadeiramente destruidor. As experiências de Rutherford tinham mostrado que os átomos, ao invés de serem sólidos e indestrutíveis, consistiam em vastas regiões de espaço no qual partículas extremamente pequenas se moviam, e agora a teoria quântica tornava claro que mesmo estas partículas não tinham relação alguma com os objectos da física clássica. As unidades subatómicas de matéria são entidades abstractas que têm um duplo aspecto. Dependendo de como as perspectivamos, aparecem por vezes como partículas, outras como ondas; e esta natureza dupla é também exibida pela luz, que pode tomar a forma de ondas electromagnéticas ou de partículas.



Esta propriedade da matéria e da luz é muito estranha. Parece impossível acreditar que alguma coisa pode ser, simultaneamente, uma partícula — i.e., uma entidade limitada a um volume muito pequeno — e uma onda, que é espalhada numa grande região de espaço. Esta contradição deu lugar à maioria dos paradoxos de tipo *koan*, que por fim conduziram à formulação da teoria quântica. Todo o desenvolvimento começou quando Max Planck descobriu que a energia irradiada por um corpo quente não era emitida continuamente, mas antes sob a forma de «pacotes de energia». Einstein designou estes pacotes de energia por «quanta» e reconheceu-os como o aspecto fundamental da natureza. Foi suficientemente audacioso para postular que a luz, e qualquer outra forma de radiação electromagnética, pode aparecer, não apenas como ondas electromagnéticas, mas também na forma destes quanta. O quanta de luz, que deu o seu nome à teoria quântica, foi desde aí aceite como partícula bonafide, hoje designadas por fotões. São, no entanto, partículas de um tipo especial, sem massa e viajando sempre à velocidade da luz.

A aparente contradição entre a imagem da partícula e da onda foi resolvida de um modo completamente inesperado que pôs em questão a própria base da visão mecânica do mundo — o conceito da realidade da matéria. Ao nível subatómico, a matéria não existe com certeza em lugares exatos, mas antes mostra «sinais de

existir», e os acontecimentos atómicos não ocorrem com segurança em tempos e de modos definidos, mas mostram «tendências para ocorrer». No formalismo da teoria quântica, estas tendências são expressas como probabilidades, e são associadas com quantidades matemáticas que tomam a forma de ondas. Esta é a razão de as partículas poderem ser ondas ao mesmo tempo. Não são «autênticas» ondas tridimensionais, como o som ou ondas de água. São «ondas de probabilidade», quantidades matemáticas abstractas com todas as propriedades características das ondas, que estão relacionadas com as probabilidades de encontrar as partículas em pontos particulares do espaço e em instantes determinados. Todas as leis da física atómica estão expressas nos termos destas probabilidades. Nunca podemos prever um acontecimento atómico com precisão; podemos apenas dizer como é provável que aconteça.

A teoria quântica demoliu assim os conceitos clássicos de objectos sólidos e de leis da natureza estritamente deterministas. Ao nível subatómico, os objectos materiais sólidos da física clássica tornam-se nos modelos-onda de probabilidades, e estes não representam, por fim, probabilidades de coisas, mas antes probabilidades de interconexões. Uma análise cuidadosa do processo de observação em física atómica mostrou que as partículas subatómicas não têm significado como entidades isoladas, mas apenas podem ser entendidas como interconexões entre a preparação de uma experiência e a medição subsequente. A teoria quântica revela, deste modo, a unidade básica do universo. Mostra que não podemos decompor o mundo em unidades mais pequenas com existência independente. À medida que penetrarmos na matéria, a natureza não nos mostra qualquer «bloco de construção básico» isolado, mas antes aparece como uma teia de relações complicada entre as variadas partes do todo. Estas relações incluem sempre o observador de um modo essencial. O observador humano constitui o elo final na cadeia dos processos de observação e as propriedades de qualquer objecto atómico só podem ser entendidas nos termos da interacção do objecto com o observador. Isto significa que a ideia clássica de uma descrição objectiva da natureza deixa de ser válida. A divisão cartesiana entre o Eu e o mundo, entre o observador e o observado, não pode ser feita quando se trata com a matéria ao nível atómico. Em física atómica, nunca podemos falar acerca da natureza sem falar, ao mesmo tempo, de nós próprios.

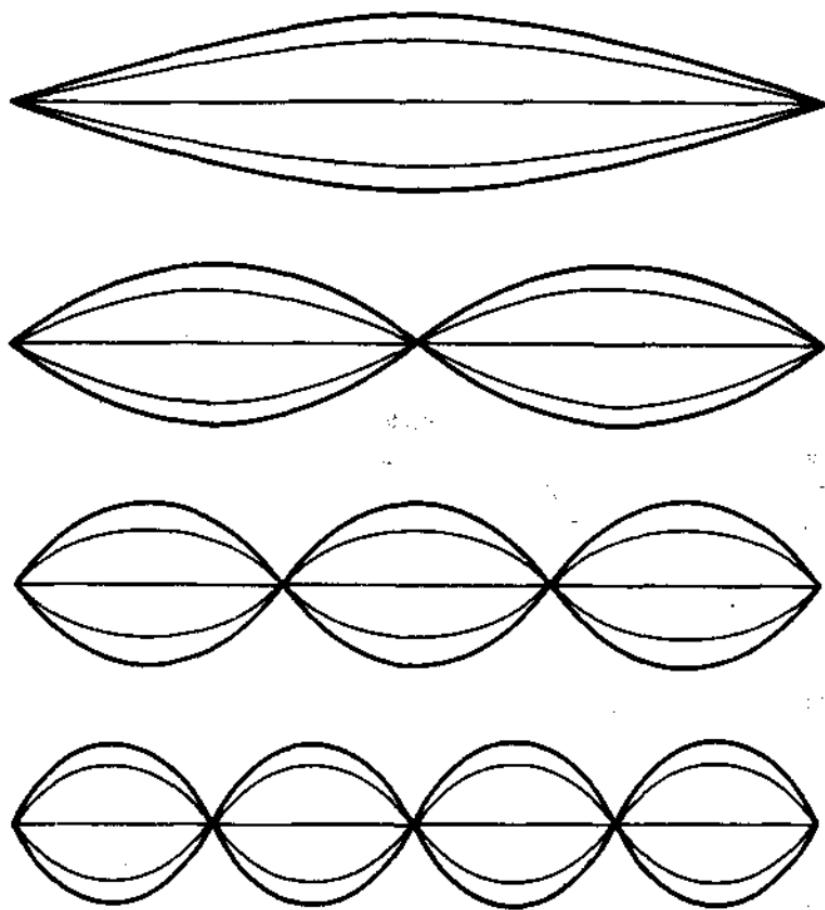
A nova teoria atómica podia resolver imediatamente muitos enigmas surgidos, relacionados com a estrutura dos átomos, e que não podiam ser explicados pelo modelo planetário de Rutherford. Em primeiro lugar, as experiências de Rutherford tinham mostrado que a estrutura dos átomos era constituída, quase inteiramente, no que diz respeito à distribuição de massa, por espaço vazio. Mas se todos os objectos que nos rodeiam, bem como nós próprios, consistem na sua maioria de espaço vazio, porque é que não podemos atravessar portas fechadas? Ou, por outras palavras, o que é que dá à matéria o seu aspecto sólido?

Um segundo enigma era a estabilidade mecânica extraordinária dos átomos. No ar, por exemplo, os átomos colidem milhões de vezes em cada segundo, e no entanto voltam à sua forma original depois de cada colisão. Nenhum sistema planetário segundo as leis da mecânica clássica poderia alguma vez sair incólume

destas colisões. Mas um átomo de oxigénio manterá sempre a sua configuração característica, sem embargo da frequência das suas colisões com outros átomos. Esta configuração, além do mais, é precisamente a mesma em todos os átomos de uma espécie dada. Dois átomos de ferro, e consequentemente dois bocados de ferro puro, são completamente idênticos, donde quer que venham ou de como tiverem sido tratados no passado.

A teoria quântica mostrou que todas estas surpreendentes propriedades dos átomos advêm da natureza ondulante dos seus electrões. Para começar, o aspecto sólido da matéria é consequência de um «efeito quântico» típico, relacionado com o duplo aspecto onda-corpúsculo da matéria, uma característica do mundo subatómico que não tem análogo macroscópico. Sempre que uma partícula está confinada a uma pequena região de espaço, reage movimentando-se, e quanto mais pequena é a região de confinamento mais rapidamente a partícula se movimenta. Ora no átomo existem duas forças em competição. Por um lado, os electrões são atraídos para o núcleo por forças eléctricas que tentam mantê-los tão juntos quanto possível. Por outro, eles respondem ao seu confinamento rodopiando-se, e quanto mais firmemente são puxados para o núcleo, maior será a sua velocidade; com efeito, a restrição imposta aos electrões num átomo resulta em velocidades enormes de cerca de 600 km por segundo! Estas elevadas velocidades assemelham o átomo a uma esfera rígida, tal como um propulsor rotativo veloz parece um disco. É muito difícil comprimir ainda mais os átomos, e assim eles dão à matéria o seu conhecido aspecto sólido.

No átomo, portanto, os electrões colocam-se em órbitas tais que existe um equilíbrio óptimo entre a atracção do núcleo e a sua relutância em ser aprisionados. As órbitas atómicas são, no entanto, muito diferentes das dos planetas do sistema solar, devido à natureza ondulante dos electrões. Um átomo não pode ser figurado como um pequeno sistema planetário. Mais que partículas circulando à volta do núcleo, temos de imaginar prováveis ondas dispostas em órbitas diferentes. Sempre que fazemos uma medição, encontramos os electrões algures nestas órbitas, mas não podemos afirmar que eles «giram à volta do núcleo» no sentido da mecânica clássica. Nas órbitas, as ondas correspondentes aos electrões têm de ser dispostas de tal modo que «os seus fins convirjam», i.e., que formem modelos conhecidos como «ondas estacionárias». Estes modelos aparecem sempre que as ondas estão limitadas a uma região finita, como as ondas no toque vibrante de uma guitarra, ou no ar dentro de uma flauta (ver diagrama ao lado). É bem conhecido destes exemplos que as ondas estacionárias apenas podem ter um número limitado de formas definidas no caso das ondas electrónicas no interior de um átomo; isto significa que elas podem existir apenas em determinadas órbitas atómicas com diâmetros definidos. O electrão de um átomo de hidrogénio, por exemplo, só pode existir numa primeira, segunda ou terceira órbita, etc., e em nenhum lugar intermédio. Em condições normais, será sempre nas suas órbitas mais baixas, chamadas o «estado fundamental» do átomo. Daí, o electrão pode saltar para órbitas mais altas, se receber a quantidade suficiente de energia, e então diz-se estar o átomo num «estado excitado», do qual voltará pouco depois para



padrões de ondas estacionárias numa corda vibrante

o seu estado fundamental. O electrão despende a energia que lhe resta sob a forma de um quanta de radiação electromagnética, ou fotão.

Os estados de um átomo, i.e., as formas e distâncias mútuas das suas órbitas de electrões, são exactamente as mesmas para todos os átomos com idêntico número de electrões. É por isto que quaisquer dois átomos de oxigénio, por exemplo, serão completamente idênticos. Podem estar em estados de excitação diferentes, devido porventura a colisões com outros átomos no ar, mas pouco depois regressarão invariavelmente ao mesmo estado fundamental. A natureza ondulatória dos electrões releva, assim, para a identidade dos átomos e para a sua grande estabilidade mecânica.

Outro traço característico dos estados atómicos é o facto de eles poderem ser completamente especificados por uma série de números inteiros, denominados «números quânticos», que indicam a localização e forma da órbita do electrão. O primeiro número quântico é o da órbita e determina a energia que um electrão deve ter para estar nessa órbita; dois outros números especificam a forma detalhada da

onda electrónica nessa órbita e estão relacionados com a velocidade e orientação da rotação dos electrões \*. O facto de estes detalhes serem expressos por números inteiros significa que o electrão não pode alterar a sua rotação continuamente, mas apenas saltar de um valor para outro, tal como pode apenas saltar de uma órbita para outra. De novo os valores mais altos representam estados excitados do átomo, o estado fundamental aquele em que todos os electrões estão nas órbitas mais baixas possível e com o mais baixo nível de rotação.

Tendência de existir, partículas reagindo à confinidade com movimento, átomos mudando subitamente de um «estado quântico» para outro e uma interconexão essencial de todos os fenómenos — estes são alguns dos traços invulgares do mundo atómico. A força básica que dá origem a todos os fenómenos atómicos, por outro lado, é conhecida, e pode ser sentida no mundo macroscópico. É a força da atracção eléctrica entre os núcleos atómicos positivamente carregados, e os electrões, negativamente carregados. A interacção desta força com as ondas do electrão dá origem à tremenda variedade de estruturas e fenómenos no nosso ambiente. É responsável por todas as reacções químicas e pela formação das moléculas, ou seja, pelas agregações de vários átomos atraídos uns para os outros pela atracção mútua. A interacção entre electrões e núcleos atómicos é portanto a base de todos os sólidos, líquidos e gases, bem como de todos os organismos vivos e de todos os processos biológicos com eles relacionados.

Neste mundo imensamente rico dos fenómenos atómicos, os núcleos desempenham o papel de centros extremamente pequenos, estáveis, que constituem a fonte de força eléctrica e formam os esqueletos da grande variedade das estruturas moleculares. Para compreender estas estruturas e a maioria dos fenómenos naturais à nossa volta não é necessário conhecer mais acerca dos núcleos que a sua carga e massa. Para compreender a natureza da matéria, no entanto, para saber de que é feita no fundo a matéria, temos de estudar os núcleos atómicos que contêm praticamente toda a sua massa. Nos anos trinta, depois de a teoria quântica ter esclarecido o mundo dos átomos, era doravante tarefa principal dos físicos compreender a estrutura dos núcleos, os seus constituintes e as forças que os sustentavam tão apertadamente.

O primeiro passo importante em direcção à compreensão da estrutura nuclear foi a descoberta do neutrão como o segundo constituinte do núcleo, uma partícula com aproximadamente a mesma massa do protão (o primeiro constituinte nuclear) — cerca de duas mil vezes a massa do electrão — mas que não tem carga eléctrica. Esta descoberta não só explicou como os núcleos de todos os elementos químicos eram feitos de protões e neutrões, como também revelou que a força nuclear, que mantinha estas partículas tão estreitamente atraídas no núcleo, era um fenómeno completamente novo. Não podia ser de origem

\* A «rotação» de um electrão na sua órbita não deve ser entendida no sentido clássico; é determinada pela forma da onda do electrão em termos da probabilidade da existência da partícula em determinadas regiões da órbita.

electromagnética já que os neutrões eram electricamente neutros. Os físicos em breve compreenderam que estavam confrontados com uma nova força da natureza que não se manifesta em nenhum lugar fora do núcleo.

Um núcleo atómico é cerca de uma centena de milhar de vezes mais pequeno que todo o átomo, e no entanto contém quase toda a sua massa. Isto significa que a matéria no interior do núcleo tem de ser extremamente densa comparada com as formas a que estamos habituados. Com efeito, se todo o corpo humano fosse comprimido à densidade nuclear, não ocuparia mais espaço que uma cabeça de alfinete. Esta grande densidade, no entanto, não é a única propriedade invulgar da matéria nuclear. Da mesma natureza quântica dos electrões, os «núcleos» — como são frequentemente designados os protões e os neutrões — respondem à sua confinidade com altas velocidades, e desde que comprimidos para um volume muito mais pequeno a sua reacção é ainda mais violenta. Eles correm no núcleo a velocidades de cerca de 40 000 km por segundo! A matéria nuclear é portanto uma forma de matéria inteiramente diferente de tudo que sentimos «aqui em cima» no nosso meio macroscópico. Talvez possamos figurá-la melhor como minúsculas gotas de um líquido extremamente denso, fervendo e borbulhando violentamente.

O novo aspecto essencial da matéria nuclear que é a razão de todas as suas invulgares propriedades é a poderosa força nuclear, e a característica que torna esta força tão especial é o seu alcance extremamente curto. Actua apenas quando os nucleões chegam muito perto uns dos outros, ou seja, quando a sua distância é cerca de duas ou três vezes o seu diâmetro. A uma tal distância, a força nuclear é fortemente atractiva, mas quando a distância se torna menor a força torna-se fortemente repulsiva de modo que os nucleões não podem aproximar-se mais uns dos outros. Neste sentido, a força nuclear mantém o núcleo num equilíbrio extremamente estável, embora extremamente dinâmico.

O retrato da matéria que emerge do estudo dos átomos e dos núcleos mostra que a maioria está concentrada em minúsculas gotas, separadas por enormes distâncias. No vasto espaço entre o espaço maciço e violentamente agitado das gotas nucleares movem-se os electrões. Estes constituem apenas uma pequena fração da massa total, mas dão à matéria o seu aspecto sólido e fornecem os elos necessários para a construção das estruturas moleculares. Estão também envolvidos nas reacções químicas e são responsáveis pelas propriedades químicas da matéria. As reacções nucleares, por outro lado, geralmente não ocorrem naturalmente nesta forma da matéria porque as energias disponíveis não são suficientemente altas para perturbar o equilíbrio nuclear.

Este tipo de matéria, não obstante, com a sua multiplicidade de formas e texturas e a sua complicada arquitectura molecular, só pode existir sob condições muito especiais, quando a temperatura não é demasiado elevada, para que as moléculas não se agitem em demasia. Quando a energia térmica disponível aumenta cerca de cem vezes, tal como na maioria das estrelas, todas as estruturas atómicas e moleculares são destruídas. A maioria da matéria no universo existe, com efeito, num estado muito diferente do descrito. No centro das estrelas

existem vastas acumulações de matéria nuclear, e processos nucleares que ocorrem muito raramente na Terra predominam aí. São essenciais para a grande variedade dos fenómenos estelares observados na astronomia, a maioria dos quais surge da combinação de efeitos nucleares e gravitacionais. Para o nosso planeta, os processos nucleares no centro do Sol são de particular importância porque fornecem a energia que sustenta o nosso meio terrestre. Foi um dos grandes triunfos da física moderna descobrir que a energia, constantemente irradiada pelo Sol, o nosso elo vital com o mundo do muito grande, é resultado de reacções nucleares, de fenómenos no mundo do infinitamente pequeno.

Na história da penetração neste mundo submicroscópico, um estádio foi atingido no começo dos anos trinta quando os cientistas julgaram ter descoberto finalmente os «blocos de construção básicos» da matéria. Sabia-se que toda a matéria consiste em átomos e que todos os átomos consistiam em protões, neutrões e electrões. Estas denominadas «partículas elementares» eram vistas como unidades de matéria indestrutíveis e últimas: átomos no sentido democratiano. Apesar de a teoria quântica implicar, como foi mencionado anteriormente, que não podemos decompor o mundo em unidades mais pequenas com existência independente, isto não era genericamente apercebido na altura. Os hábitos clássicos do pensamento eram ainda tão persistentes que a maioria dos físicos tentava entender a matéria nos termos dos seus «blocos de construção básicos», e esta tendência de pensamento é, de facto, bastante forte ainda hoje.

Dois desenvolvimentos posteriores na física moderna mostraram, no entanto que a noção de partículas elementares como unidades primárias de matéria tem de ser abandonada. Um destes desenvolvimentos foi experimental, o outro teórico, e ambos começaram nos anos trinta. No plano experimental, novas partículas eram descobertas à medida que os físicos refinavam as suas técnicas experimentais e desenvolviam novos e engenhosos dispositivos para a detecção de partículas. Assim, o número de partículas aumentou de três para seis em 1935, depois para dezoito em 1955, e hoje conhecemos mais de duzentas partículas «elementares». Os dois quadros da página 67, tirados de uma publicação recente \*, mostram a maioria das partículas actualmente conhecidas. Ilustram convincentemente que o adjetivo «elementares» não é doravante muito sugestivo nesta situação. À medida que mais e mais partículas eram descobertas ao longo dos anos, tornou-se claro que nem todas podiam ser designadas «elementares» e existe hoje uma convicção difundida entre os físicos de que nenhuma delas merece este nome.

Esta convicção é reforçada pelos desenvolvimentos teóricos que acompanharam a descoberta de um imparável número de partículas. Pouco depois da formulação da teoria quântica, tornou-se claro que uma teoria completa dos fenómenos nucleares devia não só ser uma teoria quântica, mas também

\* *Tables of Particle Properties*, publicado por Particle Data Group in Physics Letters, vol. 508, n.º 1, 1974.

incorporar a teoria da relatividade. Isto porque as partículas confinadas às dimensões dos tamanhos dos núcleos movem-se frequentemente tão depressa que a sua velocidade se aproxima da velocidade da luz. Este facto é crucial para a descrição do seu comportamento porque qualquer descrição dos fenómenos naturais envolvendo velocidades próximas da luz tem de tomar a teoria da relatividade em conta. Tem de ser, como dizemos, uma descrição «relativista». O que precisamos, portanto, para um total entendimento do mundo nuclear, é de uma teoria que inclua quer a teoria quântica quer a da relatividade. Uma tal teoria ainda não foi encontrada e portanto temos sido até aqui incapazes de formular uma teoria completa do núcleo.

Tabela do Mesão

Abril 1974

entrada	$\Gamma_G(J^P)C_n$	entrada	$\Gamma_C(J^P)C_n$	entrada	$\Gamma_C(J^P)C_n$	entrada	$\Gamma(J^P)$
$\pi^- (140)$	$1^-(0^+)$	$\pi^- (1080)$	$0^+(N^-)$	$\rho^+ (1600)$	$1^+(1^-)$	$K^- (494)$	$1/2(0^-)$
$\pi^0 (549)$	$0^+(0^+)$	$A_1^- (1150)$	$1^-(1^+)$	$A_2^- (1640)$	$1^-(2^-)$	$K^0 (602)$	$1/2(1^-)$
$\epsilon^- (600)$	$0^+(0^+)$	$\eta^- (1150)$	-	$\omega^- (1675)$	$0^+(N^-)$	$\epsilon^-$	$1/2(0^-)$
$\delta^- (770)$	$1^-(1^-)$	$A_{13}^- (1170)$	$1^-$	$\eta^- (1680)$	$1^-(3^-)$	$Q^-$	$1/2(1^+)$
$\eta^- (783)$	$0^-(1^-)$	$B^- (1235)$	$1^-(1^+)$	$\chi^- (1690)$	-	$K^*(1420)$	$1/2(2^-)$
$\rightarrow N^- (940)$	-	$\Delta^- (1250)$	$1^-(1^-)$	$\chi^- (1705)$	-	$K^- (1660)$	$1/2$
$\rightarrow N^- (953)$	-	$\epsilon^- (1270)$	$0^-(2^+)$	$S^- (1730)$	$1$	$\pi_N^- (1760)$	$1/2$
$\eta^* (958)$	$0^+(0^-)$	$D^- (1285)$	$0^-(A^-)$	$A_1^- (1960)$	$1^-$	$L^- (1770)$	$1/2(A^-)$
$\delta^- (970)$	$1^-(0^+)$	$A_2^- (1310)$	$1^-(2^-)$	$\rho^- (2100)$	$1^+$	$\pi_N^- (1950)$	-
$\rightarrow H^- (990)$	$0^-(A^-)$	$E^- (1420)$	$0^-(A^-)$	$T^- (2200)$	$1$	$K^*(2200)$	-
$S^- (993)$	$0^+(0^-)$	$\chi^- (1430)$	$0$	$\rho^- (2275)$	$1^+$	$K^*(2800)$	-
$\phi^- (1019)$	$0^-(1^-)$	$X^- (1440)$	$1$	$U^- (2360)$	$t$	Excepcionais	
$\rightarrow M^- (1035)$	-	$\epsilon^- (1514)$	$0^-(2^+)$	$\pi^- (2375)$	$0$	Excepcionais	
$\rightarrow B_1^- (1040)$	$t^+$	$F^- (1540)$	$1(A^-)$	$\chi^- (2500-3600)$	-	Excepcionais	

Tabela do Barião

April 1974

ME1391	P13	****	$\Delta(1232)$	P33	****	$A(1116)$	P01 ****	$\Xi(1193)$	P10 ****	$\Xi(1171)$	P11 ****
ME1470	P11	****	$\Omega(1650)$	S31	****	$A(1330)$	Dead	$\Xi(1385)$	P13 ****	$\Xi(1530)$	P13 ****
ME1520	D13	****	$\Omega(1670)$	D33	****	$A(1405)$	S01 ****	$\Xi(1440)$	Dead	$\Xi(1630)$	**
ME1515	S11	****	$\Omega(1690)$	P33	*	$A(1520)$	D03 ****	$\Xi(1480)$	*	$\Xi(1820)$	***
ME1672	D15	****	$\Omega(1690)$	P35	***	$A(1670)$	S01 ****	$\Xi(1620)$	S11 **	$\Xi(1940)$	***
ME1682	F15	****	$\Omega(1900)$	S31	*	$A(1690)$	D03 ****	$\Xi(1620)$	P11 **	$\Xi(2030)$	**
ME1700	S13	***	$\Omega(1910)$	P31	***	$A(1750)$	P01 **	$\Xi(1670)$	O13 ****	$\Xi(2250)$	*
ME1700	D13	**	$\Omega(1910)$	P31	***	$A(1815)$	E05 ***	$\Xi(1670)$	**	$\Xi(2500)$	**
ME1780	P13	***	$\Omega(1960)$	D33	**	$A(1830)$	D05 ***	$\Xi(1670)$	**	Excepcionais	
ME1810	P13	***	$\Omega(2160)$	H31	***	$A(1860)$	P03 **	$\Xi(1750)$	S11 **	$\Omega(1672)$	P03 ****
ME1959	F17	**	$\Omega(2420)$	H31	***	$A(1970)$	S01 **	$\Xi(1765)$	D15 ***	Excepcionais	
ME2000	F15	**	$\Omega(2850)$	-	-	$A(2010)$	D03 **	$\Xi(1840)$	P13 **	Excepcionais	
ME2040	D13	**	$\Omega(3230)$	-	-	$A(2020)$	F07 **	$\Xi(1880)$	P11 **	Excepcionais	
ME2100	S11	*	-	-	-	$A(2100)$	C07 ***	$\Xi(1915)$	F15 ***	Excepcionais	
ME2100	D15	*	$Z(1760)$	P01	*	$A(2110)$	F05 *	$\Xi(1940)$	D13 ***	Excepcionais	
ME2190	G17	*	$Z(1865)$	D01	*	$A(2350)$	****	$\Xi(2000)$	S11 *	Excepcionais	
ME2220	H19	*	$Z(1900)$	P13	*	$A(2585)$	***	$\Xi(2030)$	P11 ****	Excepcionais	
ME2650	*	*	$Z(2150)$	-	-	-	-	$\Xi(2070)$	F15 *	Excepcionais	
ME3010	*	*	$Z(2500)$	-	-	-	-	$\Xi(2080)$	P13 **	Excepcionais	
ME3245	*	*	-	-	-	-	-	$\Xi(2100)$	G17 **	Excepcionais	
ME3690	*	*	-	-	-	-	-	$\Xi(2250)$	****	Excepcionais	
ME3755	*	*	-	-	-	-	-	$\Xi(2455)$	***	Excepcionais	
			-	-	-	-	-	$\Xi(2620)$	***	Excepcionais	
			-	-	-	-	-	$\Xi(3000)$	**	Excepcionais	

\*\*\* Bom, nitido e evidente

\*\*\* Bom mas com necessidade de clarificação ou não absolutamente seguro

-- Requer confirmação

\* Fraco

Apesar de conhecermos bastante acerca da estrutura nuclear e das interacções entre partículas nucleares, ainda não compreendemos a natureza e as formas complicadas da força nuclear a um nível fundamental. Não existe teoria completa do mundo das partículas nucleares comparada à teoria quântica para o mundo atómico. Temos vários modelos «quântico-relativistas» que descrevem muito bem alguns aspectos do mundo das partículas, mas a fusão da teoria

quântica e da relatividade numa teoria completa do mundo das partículas é ainda o problema central e o grande desafio da moderna física fundamental.

A teoria da relatividade teve uma profunda influência na nossa visão da matéria, forçando-nos a modificar o nosso conceito de partícula duma maneira fundamental. Na física clássica, a massa de um objecto tinha sido sempre associada com uma substância material indestrutível, com algum «material» do qual todas as coisas se pensavam ser feitas. A teoria da relatividade mostrou que a massa não tem nada que ver com qualquer substância, antes é uma forma de energia. A energia, no entanto, é uma quantidade dinâmica associada com uma actividade, ou com um processo. O facto de a massa de uma partícula ser equivalente a uma determinada quantidade de energia significa que a partícula não mais pode ser vista como um objecto estático, mas tem de ser concebida como um modelo dinâmico, um processo envolvendo a energia que se manifesta como a massa das partículas.

Esta nova visão das partículas foi iniciada por Dirac quando formulou uma equação relativista descrevendo o comportamento dos electrões. A teoria de Dirac foi não só extremamente bem sucedida no contributo dado para o esclarecimento de muitos pormenores da estrutura atómica, como também revelou uma simetria fundamental entre a matéria e a antimateria. Previu a existência de um antielectrão com a mesma massa do electrão mas com uma carga contrária. Esta partícula positivamente carregada, hoje chamada positrão, foi de facto descoberta dois anos depois de Dirac a ter previsto. A simetria entre matéria e antimateria implica que para qualquer partícula existe uma antipartícula com igual massa e carga oposta. Pares de partículas e antipartículas podem ser criados se se dispuser de energia suficiente e podem ser feitos para se tornarem em energia pura no processo inverso de aniquilação. Estes processos de criação e destruição de partículas tinham sido previstos pela teoria de Dirac antes de serem realmente descobertos na natureza, e desde aí têm sido observados milhões de vezes.

A criação de partículas materiais a partir de energia pura é certamente o efeito mais espetacular da teoria da relatividade e só pode ser entendida nos termos da visão das partículas acima sublinhada. Antes da física de partículas relativistas, os constituintes da matéria eram considerados como sendo ora unidades elementares indestrutíveis e inalteráveis ora como objectos compostos que podiam ser separados nas suas partes constituintes; e a questão básica era se se podia dividir a matéria continuamente ou se se podia atingir, por fim, unidades indivisíveis mais pequenas. Depois da descoberta de Dirac, a questão da divisão da matéria foi encarada a uma nova luz. Quando duas partículas colidem com energias elevadas, geralmente partem-se aos pedaços, mas estes não são mais pequenos que as partículas originais. São de novo partículas do mesmo tipo e são criadas pela energia do movimento («energia cinética») envolvida no processo de colisão. O problema da divisão da matéria está então resolvido num sentido inesperado. A única maneira de dividir mais as partículas subatómicas é dispará-las em processos de colisão envolvendo elevadas energias. Deste modo, podemos

dividir a matéria continuamente, mas nunca obtemos pedaços mais pequenos porque apenas criamos partículas a partir da energia implicada no processo. As partículas subatómicas são assim destrutíveis e indestrutíveis simultaneamente.

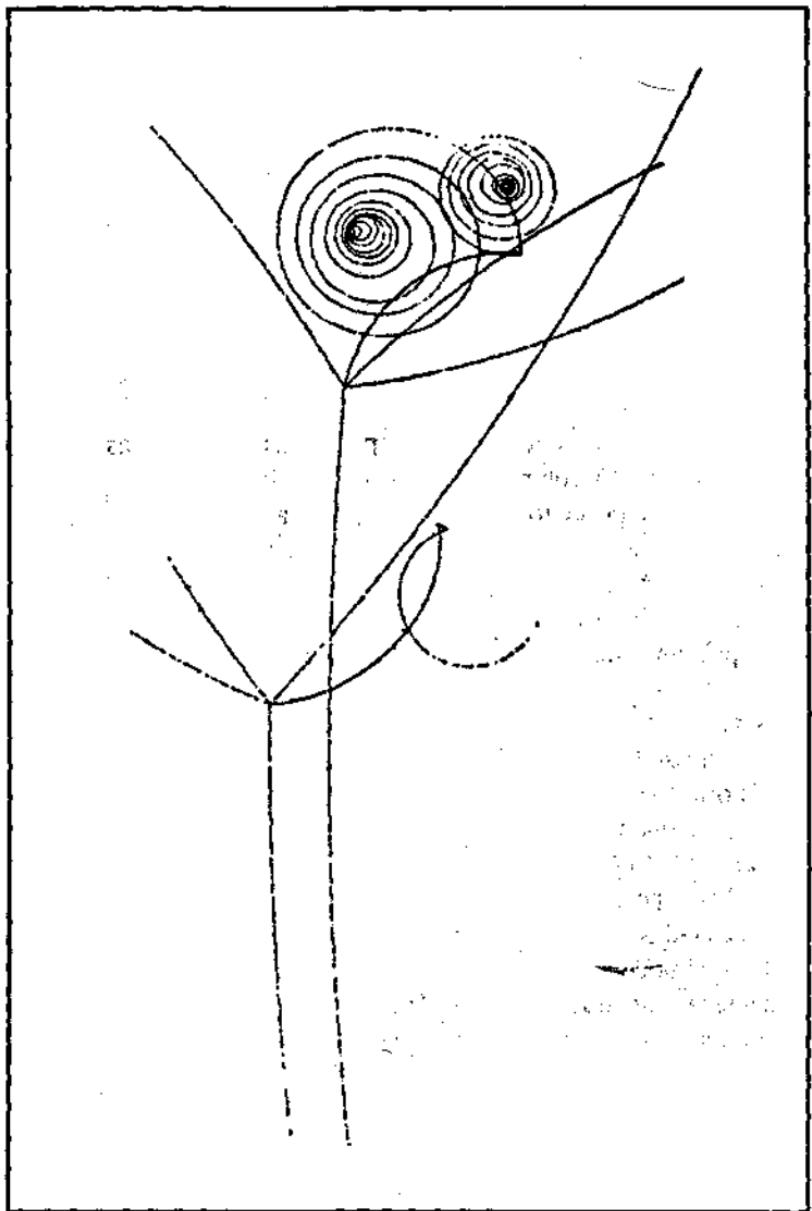
Este estado de coisas é obrigado a permanecer paradoxal enquanto adoptarmos a visão estática de «objectos» compostos consistindo de «blocos de construção básicos». O paradoxo só desaparece quando se adopta a visão dinâmica relativista. As partículas são deste modo vistas como modelos ou processos dinâmicos, que envolvem uma certa quantidade de energia que nos aparece como a sua massa. Num processo de colisão, a energia das duas partículas colidentes é redistribuída para formar um novo modelo, e se tiver sido aumentada por uma quantidade suficiente de energia cinética este novo modelo pode envolver partículas adicionais.

Colisões altamente energéticas de partículas subatómicas são o método principal usado pelos físicos para estudar as propriedades destas partículas, e a física das partículas é portanto também denominada «física de alta energia».

A energia cinética necessária para as experiências de colisão é adquirida por meio de imensos aceleradores de partículas, enormes máquinas circulares com circunferências de vários quilómetros, nas quais os protões são acelerados a velocidades próximas da velocidade da luz e depois se fazem colidir com outros protões ou com neutrões. É impressionante que máquinas desse tamanho sejam necessárias para estudar o mundo do infinitamente pequeno. São os supermicroscópios do nosso tempo.

A maioria das partículas criadas nestas colisões duram apenas um intervalo de tempo extremamente pequeno — muito menos que um milionésimo de milionésimo de segundo — depois do qual se desintegram de novo em protões, neutrões e electrões. Apesar da sua excessivamente curta vida, estas partículas podem não só ser detectadas e as suas propriedades medidas, mas são de facto feitas para deixar rastos que podem ser fotografados! Estes rastos de partículas são produzidos nas chamadas câmaras de bolhas, de modo similar ao caminho que um avião descreve no céu. As partículas actuais são muitas vezes mais pequenas que as bolhas que fazem os trilhos, mas pela espessura e curvatura de um trilho os físicos podem identificar a partícula que o causou. A figura da página seguinte mostra esses trilhos numa tal câmara de bolhas. Os pontos dos quais vários trilhos emanam são pontos de colisões de partículas e as curvas são causadas por campos magnéticos que os investigadores utilizam para identificar as partículas. As colisões de partículas são o nosso principal método experimental para estudar as suas propriedades e interacções, e as bonitas linhas, espirais e curvas traçadas pelas partículas nas câmaras de bolhas são assim de superior importância para a física moderna.

As experiências das altas energias das últimas décadas mostraram-nos a natureza dinâmica e continuamente mutável do mundo das partículas do modo mais espantoso. A matéria revelou-se, nestas experiências, como completamente mutável. Todas as partículas podem ser transformadas noutras; podem ser criadas a partir de energia e podem acabar em energia. Neste mundo, conceitos clássicos como «partícula elementar», «substância material» ou «objecto isolado» perderam



Esta imagem, o negativo de uma fotografia, e outras similares destinam-se a mostrar mais claramente os finos rastos das partículas numa câmara de bolhas; um método muito utilizado pelos físicos.

o seu significado; todo o universo aparece como uma teia dinâmica de modelos de energia indissociáveis.

Até hoje ainda não encontrámos uma teoria completa para descrever este mundo de partículas subatómicas, mas dispomos de vários modelos teóricos

que descrevem muito bem determinados aspectos. Nenhum destes modelos está livre das dificuldades matemáticas, e todos se contradizem uns aos outros de algum modo, mas todos reflectem a unidade básica e o carácter intrinsecamente dinâmico da matéria. Mostram que as propriedades de uma partícula só podem ser compreendidas nos termos da sua actividade — da sua interacção com o meio envolvente — e que a partícula, portanto, não pode ser vista como uma entidade isolada, mas tem de ser entendida como uma parte integrante do todo.

A teoria da relatividade não só afectou a nossa concepção de partículas de uma forma drástica, como também a nossa visão das forças entre estas partículas. Numa descrição relativista das interacções das partículas, as forças entre elas — ou seja, a sua mútua atracção ou repulsão — são figuradas como a permuta de outras partículas. Este conceito é muito difícil de visualizar. É consequência do carácter a quatro dimensões do espaço-tempo do mundo subatómico, e nem a nossa intuição, nem a nossa linguagem se entendem muito bem com esta imagem. No entanto, é crucial para a compreensão dos fenómenos subatómicos. Ele liga as forças entre os constituintes da matéria às propriedades de outros constituintes, e assim unifica os dois conceitos, força e matéria, que pareciam tão fundamentalmente diferentes desde os atomistas gregos. Quer a força quer a matéria são hoje vistas como tendo a sua origem comum nos modelos dinâmicos a que chamamos partículas.

O facto de a partículas interagirem através das forças que se manifestam como a mudança de outras partículas é ainda outra razão pela qual o mundo subatómico não pode ser decomposto em partes constituintes. Do nível macroscópico até ao nível nuclear, as forças que mantêm as coisas ligadas são relativamente fracas, e é uma boa aproximação dizer que as coisas são constituídas por partes. Assim, um grão de sal pode dizer-se constituído de moléculas de sal, as moléculas de dois tipos de átomos, esses átomos constituídos por núcleos e electrões, e os núcleos por protões e neutrões. Ao nível das partículas, já não é possível ver as coisas desta maneira.

Nos anos recentes tem-se registado um crescente número de provas relativamente à natureza composta dos protões e dos neutrões; mas as forças que os mantêm juntos são tão fortes ou — o que resulta no mesmo — as velocidades adquiridas pelos componentes são tão altas, que o retrato relativista tem de ser aplicado onde as forças são também partículas. Assim, a distinção entre as partículas constituintes e as partículas das forças de ligação torna-se confusa e a aproximação de um objecto constituído por partes constituintes falha. O mundo das partículas não pode ser decomposto em componentes elementares.

Na física moderna, o universo é assim visto como um todo dinâmico e inseparável que inclui sempre o observador de um modo essencial. Nesta perspectiva, os conceitos tradicionais de espaço e tempo, de objectos isolados e de causa e efeito, perdem o seu significado. Uma tal perspectiva, no entanto, é muito parecida com a dos místicos orientais. A similitude torna-se visível na teoria quântica e na teoria da relatividade e fortifica-se nos modelos «quântico-relativísticos» da física.

subatómica, onde ambas as teorias se combinam para produzir os mais apertados paralelos com o misticismo oriental.

Antes de enumerar estes paralelos em pormenor, farei uma breve referência às escolas de filosofia oriental na comparação para o leitor não familiarizado. São as múltiplas escolas nas filosofias religiosas do hinduísmo, budismo e taoísmo. Nos cinco capítulos seguintes, as bases históricas, traços característicos e conceitos filosóficos destas tradições espirituais serão descritos, com destaque nos aspectos e conceitos que serão importantes para a subsequente comparação com a física.

# **Segunda Parte**

## **O Caminho do Misticismo Oriental**

# O hinduísmo

Para entender qualquer das filosofias a descrever, é importante saber que são na sua essência religiosas. O seu objectivo principal é a experiência mística directa da realidade, e já que esta experiência é por natureza religiosa, são inseparáveis da religião. Mais que para qualquer outra tradição oriental, isto é verdade para o hinduísmo, onde a relação entre filosofia e religião é particularmente forte. Tem sido afirmado que a maioria do pensamento na Índia é em certo sentido pensamento religioso, e o hinduísmo não só influenciou, ao longo de muitos séculos, a vida intelectual indiana, como determinou também quase completamente a sua vida social e cultural.

O hinduísmo não pode designar-se como filosofia, nem é uma religião bem definida. É antes um amplo e complexo organismo sócio-religioso constituído por inumeráveis seitas, cultos e sistemas filosóficos e envolvendo múltiplos rituais, cerimónias e disciplinas espirituais, bem como a adoração de um sem-número de deuses e deusas. As muitas facetas desta complexa, e no entanto persistente e poderosa tradição espiritual, espelha as complexidades geográficas, raciais, linguísticas e culturais do vasto subcontinente da Índia. As manifestações do hinduísmo estendem-se das filosofias altamente intelectuais, envolvendo conceitos de alcance fabuloso, até ao nível das práticas rituais ingénugas e infantis das massas. Se a maioria dos hindus são simples aldeões que mantêm viva a religião popular na sua adoração diária, o hinduísmo impulsionou, por outro lado, um grande número de mestres espirituais esquecidos a transmitir os seus profundos discernimentos. A fonte espiritual do hinduísmo está nos *Vedas*, uma coleção de escrituras antigas, redigidas por sábios anónimos, os chamados «videntes» *Vedic*. Existem quatro *Vedas*, sendo o mais antigo o *Rig Veda*. Escritos em sânscrito, a língua sagrada da Índia, os *Vedas* permaneceram a mais alta autoridade religiosa para muitas componentes do hinduísmo. Na Índia, qualquer sistema filosófico que não aceite a autoridade dos *Vedas* é considerado não ortodoxo.

Cada um destes *Vedas* consiste de várias partes que foram compostas em períodos diferentes, provavelmente entre 1500 e 500 a.C. As partes mais antigas são livros sagrados e orações. As partes subsequentes tratam de rituais sacrificiais relacionados com os hinos védicos e o último, chamado *Upanishad*, elabora o seu conteúdo filosófico e prático. A *Upanishad* contém a mensagem espiritual do hinduísmo. Elas guiaram e inspiraram os maiores espíritos da Índia nos últimos vinte e cinco séculos, de acordo com o aviso dado nos seus versos:

*Tomando como um arco a grande arma da Upanishad,  
Devíamos colocar-lhe uma flecha afiada pela meditação.  
Esticá-la como um pensamento dirigido à essência Daquilo,  
Penetrar o Imperectível como o alvo, meu amigo. \**

As massas do povo indiano, no entanto, receberam os ensinamentos do hinduísmo não através da *Upanishad*, mas de um grande número de contos populares, coligidos em enormes épicos, que são a base da vasta e colorida mitologia indiana. Um desses épicos, o *Mahabharata*, contém os textos religiosos indianos favoritos, o lindo poema espiritual do *Bhagavad Gita*. O *Gita*, tal como é vulgarmente designado, é um diálogo entre o deus Krishna e o guerreiro Arjuna em grande desespero, sendo forçado a combater os seus próprios parentes na grande guerra de famílias que forma a história principal do *Mahabharata*. Krishna, disfarçado de cocheiro de Arjuna, dirige o carro para o meio dos dois exércitos, e neste cenário dramático do campo de batalha ele começa a revelar a Arjuna as verdades mais profundas do hinduísmo. À medida que o deus fala, o teatro realista da guerra entre as duas famílias cedo se desvanece e torna-se claro que a batalha de Arjuna é a batalha espiritual da natureza humana, a batalha do guerreiro na busca da luz interior. O próprio Krishna aconselha Arjuna:

*Mata logo com a espada da sabedoria a dúvida nascida da ignorância que está no teu coração. Sé uno em auto-harmonia, em Ioga, e eleva-te, grande guerreiro, eleva-te. \*\**

A base da instrução espiritual de Krishna, como de todo o hinduísmo, é a ideia de que a multiplicidade das coisas e acontecimentos à nossa volta são apenas manifestações diversas da mesma realidade última. Esta realidade, chamada *Brahman*, é o conceito unificador que confere ao hinduísmo o seu carácter monístico essencial, apesar da veneração de inúmeros deuses e deusas.

*Brahman*, a realidade última, é entendida como a «alma», ou essência interior, de todas as coisas. É infinita e reside acima de todos os conceitos; não pode ser compreendida pelo intelecto, nem pode ser descrita adequadamente por palavras: «*Brahman*, sem princípio, supremo: acima do que está e do que não está» \*\*\* — «Incompreensível é essa Alma suprema, ilimitada, sem início, não inteligível, impensável.» \*\*\*\* No entanto, as pessoas querem falar acerca desta realidade e os sábios hindus, com a sua conhecida inclinação pelo mito, têm imaginado *Brahman* como o divino e falado sobre isso em linguagem mitológica. Os aspectos múltiplos do divino têm sido designados pelos nomes dos inúmeros deuses adorados pelos hindus, mas as escrituras tornam claro que todos estes deuses são apenas reflexos de uma realidade última:

\* *Mundaka Upanishad*, 2.2.3.

\*\* *Bhagavad Gita*, 4.42.

\*\*\* *Bhagavad Gita*, 13.12.

\*\*\*\* *Maitri Upanishad*, 6.17.

*Isto que as pessoas dizem, «venerem aquele deus — um após outro — isto é, de facto, criação sua (do Brahman)! E só ele é todos os deuses. \**

A manifestação do Brahman na alma humana é denominada Atman, e a ideia que Atman e Brahman, a única e última realidade, são a mesma coisa, é a essência da Upanishad:

*Aquela que é a melhor essência — todo este mundo a tem como a sua alma. Essa é a realidade. Essa é Atman. Essa és tu. \*\**

O tema recorrente básico na mitologia hindu é a criação do mundo pelo auto-sacrifício de Deus — «sacrifício» no sentido original de «tornar sagrado» —, por meio de Deus vem o mundo que, no fim, se torna de novo Deus. Esta actividade criativa do divino é designada *lila*, o desempenho de Deus, e o mundo é visto como o palco do desempenho divino. Como a maioria da mitologia hindu, o mito de *lila* tem um forte perfume mágico. *Brahman* é o grande mágico que se transforma a si próprio no mundo e desempenha este feito com o seu «poder mágico criativo», que é o significado original de *maya* no *Rig Veda*. A palavra *maya* — um dos termos mais importantes na filosofia indiana — foi alterando o seu significado ao longo dos séculos. Da «força», ou «poder», do divino actor e mágico, tornou-se sinónimo do estado filosófico de qualquer pessoa sob o fascínio de um desempenho mágico. Enquanto confundirmos as miríades de formas do divino *lila* com a realidade, sem apreender a unidade de *Brahman* sublinhando todas estas formas, estamos sob a influência de *maya*.

*Maya*, portanto, não significa que o mundo seja uma ilusão, como é muitas vezes erradamente afirmado. A ilusão está meramente no nosso ponto de vista, se pensarmos que as formas e estruturas, coisas e acontecimentos que nos rodeiam são realidades da natureza, em vez de entender que são conceitos do nosso espírito quantificador e categorizador. *Maya* é a ilusão de tomar estes conceitos pela realidade, de confundir o mapa com o território.

Na visão hindu da natureza, então, todas as formas são relativas, fluidas e *maya* em contínua mudança, conjuradas pelo grande mágico da actividade divina. O mundo de *maya* muda continuamente, porque o divino *lila* é um desempenho rítmico, dinâmico. A força dinâmica da actividade é *karma*, outro importante conceito do pensamento indiano. *Karma* significa «acção».

É o princípio activo do desempenho, o universo total em acção, onde tudo está divinamente relacionado com tudo o resto. Nas palavras do *Gita*, «*karma* é a força da criação, donde todas as coisas retiram a sua vida» \*\*\*.

\* *Brihad-aranyaka Upanishad*, 1.4.6.

\*\* *Chandogya Upanishad*, 6.9.4.

\*\*\* *Bhagavad Gita*, 8.3.

O significado de *karma*, como o de *maya*, foi trazido do seu nível cósmico original para o nível humano, onde adquiriu um sentido psicológico. Enquanto a nossa visão do mundo for fragmentada, enquanto estivermos sob o fascínio de *maya* e pensarmos que estamos separados do nosso meio e podemos agir independentemente, estamos dominados por *karma*. Ser livre do vínculo de *karma* significa entender a unidade e harmonia de toda a natureza, incluindo nós próprios, e agir adequadamente. O *Gita* é muito claro neste ponto:

*Todas as acções têm lugar pela conjugação das forças da natureza, mas o homem perdido na desilusão egoísta pensa que ele próprio é o actor.*

*Mas o homem, que conhece a relação entre as forças da natureza e as acções, vê como algumas dessas forças trabalham sob outras e não se tornam suas escravas.* \*

Ser livre do fascínio de *maya*, quebrar as amarras de *karma*, significa entender que todos os fenómenos que apreendemos com os nossos sentidos são parte da mesma realidade. Significa sentir, concreta e pessoalmente, que tudo, incluindo nós próprios, é *Brahman*. Este sentir é denominado *moksha*, ou «libertação» na filosofia hindu, e é a própria essência do hinduísmo.

O hinduísmo sustenta que existem inumeráveis caminhos de libertação. Não poderia nunca esperar que todos os seus seguidores fossem aptos a aproximar o divino no mesmo sentido, e portanto fornece conceitos diferentes, rituais e exercícios espirituais para diferentes modos de tomada de consciência. O facto de muitos destes conceitos, ou práticas, serem contraditórios não preocupa minimamente os hindus; eles sabem que *Brahman* está sempre acima dos conceitos e imagens. Desta atitude advém a grande tolerância e abrangência, característica do hinduísmo.

A escola mais intelectualizada é a Védica, que é baseada na *Upanishad* e realça *Brahman* como um conceito impersonal, metafísico, livre de qualquer conteúdo mitológico. Apesar do seu grande nível filosófico e intelectual, no entanto, a via védica de libertação é muito diferente de qualquer escola de filosofia ocidental, envolvendo meditação diária e outros exercícios espirituais para atingir a união com *Brahman*.

Outro método de libertação importante e influente é conhecido como *ioga*, uma palavra que significa «emparelhar», «juntar», e que se refere à união da alma individual a *Brahman*. Existem várias escolas, ou «vias» de *ioga* envolvendo algum treino físico básico e variadas disciplinas mentais concebidas para pessoas de tipos diferentes e de níveis espirituais diferenciados.

Para o hindu comum, o meio mais popular de aproximação ao Divino é adorá-lo na forma de um deus, ou deusa, personalizados. A fértil imaginação indiana criou literalmente milhares de divindades que surgem em inumeráveis manifestações.

\* Ibid., 3.27-8.

As três divindades mais veneradas na Índia, hoje, são Shiva, Vishnu e a Divina Mãe. Shiva é um dos deuses indianos mais antigos que pode assumir muitas formas. É chamado *Maheśvara*, o Grande Senhor, quando é representado como a personificação da plenitude de *Brahman* e pode também pessoalizar muitos aspectos particulares do Divino, sendo a sua aparência mais conhecida a de *Nataraja*, o rei dos dançarinos. Como o Bailarino Cósmico, Shiva é o deus da criação e destruição, sustenta, pela sua dança, o ritmo infinito do universo.

Também Vishnu aparece de muitas maneiras, sendo uma delas o deus Krishna do *Bhagavad Gita*. Em geral, o papel de Vishnu é o de preservador do universo. A terceira divindade desta tríade é Shakti, a Mãe Divina, a deusa arquétipica representando nas suas muitas formas a energia feminina do universo.

Shakti também aparece como esposa de Shiva, e os dois são frequentemente mostrados em abraços apaixonados em magníficas esculturas templárias que irradiam uma extraordinária sensualidade de um grau completamente desconhecido em qualquer arte religiosa ocidental. Ao contrário da maioria das religiões ocidentais, o prazer sensual nunca foi suprimido no hinduísmo, porque o corpo foi sempre considerado parte integrante do ser humano e não separado do espírito. O hindu não tenta, portanto, controlar os desejos do corpo pela vontade consciente, mas aspira realizar-se com todo o seu ser, corpo e espírito. O hinduísmo desenvolveu ainda um ramo colateral, o tantrismo medieval, onde a iluminação interior é procurada através de uma experiência profunda de amor sensual «na qual cada um são ambos», de acordo com as palavras da *Upanishad*:

*Tal como um homem nos braços da esposa amada, nada sabe por dentro e por fora, assim também quando no abraço da Alma inteligente, nada sabe por dentro e por fora.* \*

Shiva foi associado de perto com esta forma medieval do misticismo erótico, e do mesmo modo foram Shakti e numerosas outras divindades femininas que existem em grande número na mitologia hindu. Esta abundância de deusas mostra de novo que no hinduísmo o lado físico e sensual da natureza humana, que foi sempre associada com a mulher, é uma parte integrante do Divino. As deusas hindus não são mostradas como deusas sagradas, mas em abraços sensuais de beleza surpreendente.

O espírito ocidental é facilmente confundido pelo número fabuloso de deuses e deusas que povoam a mitologia hindu na suas variadas aparições e encarnações. Para compreender como podem os hindus estar à altura desta multiplicidade de divindades, temos de estar conscientes da atitude básica do hinduísmo, de que, substancialmente, todas estas divindades são idênticas. São todas manifestações da mesma realidade divina, reflectindo diferentes aspectos do infinito, omnipresente e — por fim — incompreensível *Brahman*.

\* *Brihad-aranyaka Upanishad*, 4.3.21.

# O budismo

O budismo tem sido, durante muitos séculos, a tradição espiritual dominante em muitas zonas da Ásia, incluindo os países da Indochina, bem como o Sri Lanka, Nepal, Tibete, China, Coreia e Japão. Tal como o hinduísmo na Índia, o budismo tem tido uma forte influência na vida cultural, intelectual e artística destes países. Ao contrário do hinduísmo, no entanto, o budismo regressa a um único fundador, Siddhartha Gautama, o chamado buda «histórico». Viveu na Índia nos meados do século VI a.C., durante o extraordinário período que viu o nascimento de tantos génios espirituais e filosóficos: Confúcio e Lao Tzu na China, Zarathustra na Pérsia, Pitágoras e Heraclito na Grécia.

Se o perfume do hinduísmo é mitológico e ritualista, o do budismo é definitivamente psicológico. Buda não estava interessado em satisfazer a curiosidade humana acerca da origem do mundo, a natureza do Divino ou questões semelhantes. Estava exclusivamente preocupado com a situação humana, com o sofrimento e frustrações dos seres humanos. A sua doutrina não era, portanto, de tipo metafísico, mas de psicoterapia. Ele assinalou a origem das frustrações humanas e a maneira de as ultrapassar, tornando para este fim os conceitos indianos tradicionais de *maya*, *karma*, *nirvana*, etc., e conferindo-lhes uma interpretação psicológica fresca, dinâmica e directamente relevante.

Depois da morte do buda, o budismo desenvolveu-se em duas escolas principais, a Hinayana e a Mahayana. A Hinayana, ou Pequeno Veículo, é uma escola ortodoxa que se agarra à letra aos ensinamentos de buda, enquanto a Mahayana, ou Grande Veículo, mostra uma atitude mais flexível, acreditando que o espírito da doutrina é mais importante que a sua formulação original. A escola Hinayana estabeleceu-se no Ceilão, Birmânia e Tailândia, ao passo que a Mahayana se difundiu pelo Nepal, Tibete, China e Japão e tornou-se, porventura, a mais importante das duas escolas. Na própria Índia, o budismo foi absorvido, depois de muitos séculos, pelo flexível e assimilador hinduísmo, e o buda foi por fim adoptado como uma encarnação do multifacetado deus Vishnu.

A medida que o budismo mahayano se espalhava pela Ásia, entrou em contacto com povos de muitas culturas e diferentes mentalidades que interpretaram a doutrina de Buda do seu próprio ponto de vista, elaborando muitos dos pontos subtils detalhadamente e juntando as suas próprias ideias originais. Desta maneira mantiveram o budismo vivo ao longo dos séculos e desenvolveram filosofias altamente sofisticadas com profundos discernimentos psicológicos.

Apesar do alto nível intelectual destas filosofias, o budismo mahayano nunca se perde num pensamento especulativo obstinado. Como sempre no misticismo oriental, o intelecto é visto meramente como meio de aclarar o caminho para a experiência mística directa, que os budistas designam por «despertar». A essência desta experiência é ultrapassar o mundo das distinções e oposições intelectuais para alcançar o mundo do *acintya*, o ininteligível, onde a realidade surge como «plenitude» indivisa e indiferenciada.

Isto foi experienciado uma noite por Siddharta Gautama, depois de sete anos de ardorosa disciplina na floresta. Sentado em meditação profunda debaixo da celebrada Árvore Bodhi, a Árvore da Iluminação Interior, obteve subitamente a final e definitiva clarificação de todas as suas buscas e dúvidas no acto de «despertar insuperável, completo» que o tornou o buda, ou seja, o «Desperito». Para o mundo oriental, a imagem do buda no estado de meditação é tão significativa como a imagem de Cristo crucificado para o Ocidente, e inspirou inúmeros artistas por toda a Ásia que criaram magníficas esculturas de budas meditativos.

De acordo com a tradição budista, o buda foi para o parque de veados de Benares imediatamente a seguir ao seu despertar para pregar a sua doutrina aos eremitas, seus antigos companheiros. Expressou-a na celebrada forma das Quatro Nobres Verdades, uma apresentação compacta da doutrina essencial que não é diferente das afirmações de um médico, que identifica primeiro a causa da doença da humanidade, depois afirma que a doença pode ser curada, e por fim prescreve o remédio.

A primeira nobre verdade afirma a característica emergente da situação humana, *duhkha*, que é sofrimento e frustração. Esta frustração advém da nossa dificuldade de enfrentar o facto básico da vida, que tudo o que nos rodeia é provisório e transitório. «Todas as coisas aparecem e desaparecem» \*, disse o buda, e a noção que o movimento e a mudança são características básicas da natureza está na origem do budismo. O sofrimento aparece, na perspectiva budista, sempre que resistimos ao fluir da vida e tentamos agarrar-nos a formas fixas que são todas *maya*, sejam coisas, acontecimentos, pessoas ou ideias. Esta doutrina do provisório inclui também a noção que não existe ego, nenhuma personalidade, que seja o assunto persistente das nossas múltiplas experiências. O budismo sustenta que a noção de uma personalidade individual separada é uma ilusão, outra forma de *maya*, um conceito intelectual que não tem realidade. Fixar-se a este conceito conduz a frustração idêntica à aderência a qualquer outra categoria fixa de pensamento.

A segunda nobre verdade diz respeito à causa do sofrimento, *trishna*, que é pegajoso ou ávido. É a sofreguidão fútil da vida baseada num ponto de vista errado que é chamado *avidya*, ou ignorância, na filosofia budista. Fora desta ignorância, dividimos o mundo apreendido em coisas individuais e separadas e assim intentamos confinar as formas fluidas da realidade em categorias fixas criadas pelo espírito. Enquanto esta visão prevalecer estamos condenados a sentir frustração atrás de

\* Dhammapada, 113.

frustração. Tentando agarrar-nos às coisas que consideramos firmes e persistentes, mas que, de facto, são transitórias e em transformação permanente, somos apanhados num círculo vicioso em que cada acção gera outra acção e a resposta a cada pergunta invoca novas questões. Este círculo vicioso é conhecido no budismo como *samsara*, a curva de nascimento-e-morte, e é guiado por *karma*, a infundável corrente de causa e efeito.

A terceira nobre verdade afirma que o sofrimento e frustração podem ter fim. É possível ultrapassar o círculo vicioso da *samsara*, para nos libertarmos da sujeição de *karma*, e atingir um estado de total libertação chamado *nirvana*. Neste estado, as falsas noções de uma personalidade separada desapareceram para sempre e a unidade da vida torna-se uma sensação constante. *Nirvana* é o equivalente de *moksha* na filosofia hindu e, sendo um estado de consciencialização para além de todos os conceitos intelectuais, requer maior desenvolvimento. Atingir o *nirvana* é alcançar o despertar, ou o estado de buda.

A quarta nobre verdade é a prescrição de buda para acabar com o sofrimento, a oitava via para o autodesenvolvimento que conduz ao estado de buda. As duas primeiras secções desta via, como já foi mencionado, relacionam-se com o olhar e conhecer correctos, isto é, com o claro discernimento da situação humana, que é, necessariamente, o ponto de partida. As quatro secções seguintes dizem respeito à normatização do bom proceder. Apresentam as regras para o modo de vida budista, que é um Meio Caminho entre opostos. As duas últimas secções tratam da consciencialização e meditação correctas, descrevendo a experiência mística concreta da realidade que é, no fundo, o objectivo a atingir.

Buda não desenvolveu a sua doutrina num sistema filosófico consistente, encarava-a como um meio para alcançar o conhecimento. As suas afirmações acerca do mundo limitavam-se a enfatizar a inconstância de todas as «coisas». Insistia na liberdade relativamente à autoridade espiritual, incluindo a sua, dizendo que apenas podia mostrar o caminho para o estado de buda, e que era da responsabilidade de cada indivíduo seguir este caminho até ao fim pelos seus próprios esforços. As últimas palavras de Buda, no seu leito de morte, são características da sua visão do mundo e da sua atitude como mestre. «A decadência é inerente a todas as coisas compostas», concluindo, «prossigam com diligência» \*.

Nos primeiros séculos após a morte de Buda efectuaram-se vários Grandes Conselhos pelos monges dirigentes da ordem budista, nos quais todos os ensinamentos foram recitados em voz alta, por forma a eliminar diferenças na sua interpretação. No quarto destes Conselhos, que ocorreu na ilha do Ceilão (Sri Lanka), no século I d.C., a doutrina memorizada, que tinha sido transmitida oralmente durante mais de quinhentos anos, foi pela primeira vez registada por escrito. Este registo, feito na linguagem Pali, é conhecido como o Canon Pali, formando a base da escola ortodoxa Hinayana. A escola Mahayana, por outro lado, baseia-se em alguns *sutra*, escrituras bastante volumosas, escritas em sânscrito cem ou duzentos anos mais

\* *Digha Nikaya*, ii. 154.

tarde e que expõem os ensinamentos de Buda de uma forma muito mais elaborada e subtil que o Canon Pali.

A escola Mahayana designa-se a si própria o Grande Veículo do budismo, já que oferece aos seus seguidores uma grande variedade de métodos, ou «meios eficientes», para que seja possível atingir o estado de buda. Estes métodos vão desde doutrinas que dão especial relevo à fé religiosa nos ensinamentos de Buda, a elaboradas filosofias, envolvendo conceitos que muito se assemelham aos empregues pelo moderno pensamento científico.

O primeiro comentador da doutrina Mahayana, e um dos maiores pensadores entre os patriarcas budistas, foi Ashvaghosha, que viveu por volta do século I d.C. Explicitou os conceitos fundamentais do budismo mahayano — em particular os que se relacionam com a «omnisciência» budista — num pequeno livro intitulado *The Awakening of Faith*. Este texto, extremamente belo e lúcido, que faz lembrar, em muitos aspectos, o *Bhagavad Gita*, constitui o primeiro tratado representativo da doutrina Mahayana, uma autoridade para todas as escolas desta filosofia.

É provável a forte influência de Ashvaghosha em Nagarjuna, o mais intelectual filósofo Mahayana, que utilizava uma dialéctica bastante sofisticada para mostrar as limitações de todos os conceitos da realidade. Através de brilhantes argumentos, demolia as proposições metafísicas do seu tempo, demonstrando que a realidade, em última análise, não pode ser apreendida com conceitos ou ideias. Assim, atribui-lhe a designação *sunyata*, «o vazio», ou «o vazio», um termo equivalente ao *tathata* de Ashvaghosha, ou «unicidade»; quando se reconhece a futilidade do modo conceptual de pensar, a realidade é sentida como uma unidade pura.

A asserção de Nagarjuna de que a natureza essencial da realidade é o vazio está longe de ser niilista, carácter que quase sempre lhe é atribuído. Significa, simplesmente, que todos os conceitos formados pela mente humana acerca da realidade são, em última análise, vazios. Realidade, ou vazio, não são por si só estados destituídos de consistência, mas sim a própria fonte de toda a vida, e a essência de todas as coisas.

Estes aspectos do budismo Mahayana reflectem o seu carácter intelectual e especulativo. Este é, no entanto, apenas um dos pontos de vista do budismo. Complementarmente, existe a consciência religiosa budista que envolve a fé, o amor e a compaixão. A verdadeira sabedoria (*bodhi*) é vista no budismo Mahayana como sendo composta por dois elementos, a que D. T. Suzuki chamou «os dois pilares que suportam o grande edifício do budismo». São *prajna*, que é a sabedoria transcendente, ou inteligência intuitiva, e *karuna*, que é amor e compaixão.

Da mesma forma, a natureza essencial de todas as coisas é descrita no budismo Mahayana não apenas por termos abstractos e metafísicos, como Omnipotência e Vazio, mas também pelo termo *Dharmakaya*, o «Corpo do Ser», o qual descreve a realidade tal como ela surge à consciência religiosa budista. *Dharmakaya* é semelhante ao termo *Brahman* no hinduismo. Está impregnado em todas as coisas materiais do universo, estando também presente na mente humana como *bodhi*, a verdadeira sabedoria. É assim, simultaneamente, espiritual e material.

A ênfase no amor e compaixão como partes essenciais do conhecimento encontrou a sua mais forte expressão no idealismo de Bodhisattva, um dos característicos desenvolvimentos do budismo Mahayana. Bodhisattva é um ser humano altamente evoluído, a um passo de se tornar buda, alguém que não procura sabedoria apenas para si, mas que se devotou a ajudar outros seres humanos a atingirem o estado de buda, antes que alcance o *nirvana*. A origem desta ideia reside na decisão de Buda — apresentada na tradição budista como uma decisão consciente, mas de modo nenhum fácil — de não atingir apenas o *nirvana*, mas de voltar ao mundo para mostrar a todos os seres humanos o caminho da salvação. O ideal Bodhisattva é também consistente com a doutrina budista do não ego, porque não existindo a noção de personalidade individual, a ideia de um ser que atinge o *nirvana* sozinho não faz sentido.

A fé, finalmente, é enfatizada na denominada escola da Terra Pura do budismo Mahayana. A base desta escola é a doutrina budista de que a natureza original de todos os seres humanos é a do próprio Buda, e afirma que para se atingir o *nirvana*, ou a «Terra Pura», é apenas necessário ter fé nessa natureza original.

O culminar do budismo, de acordo com muitos autores, foi alcançado na escola *Avatamsaka*, que se baseia no *sutra* com o mesmo nome. Este *sutra* é encarado como o núcleo do budismo Mahayana e é louvado por Suzuki nas entusiásticas palavras:

*Quanto ao sutra Avatamsaka é, na realidade, o culminar do pensamento, sentimento e experiência budista. Para mim, nenhuma literatura no mundo se aproxima da grandiosidade de concepção, da intensidade de sentimentos e da gigantesca escala de composição como é alcançado neste sutra. É a fonte eterna de vida à qual nenhum espírito religioso sedento ou pouco satisfeito voltará as costas.* \*

Foi este *sutra* que mais estimulou os espíritos chineses e japoneses, quando o budismo Mahayana se espalhou pela Ásia. O contraste entre os chineses e os japoneses, por um lado, e os indianos, por outro, é tão grande que se diz representarem dois pólos do espírito humano. Enquanto que os primeiros são práticos, pragmáticos e com uma mentalidade sociável, os últimos são imaginativos, metafísicos e transcendentais. Quando os filósofos chineses e japoneses iniciaram a tradução e interpretação do *Avatamsaka*, uma das maiores escrituras produzidas pelo génio religioso indiano, os dois pólos combinaram-se para formar uma nova unidade dinâmica cujo resultado foi a filosofia *Hua-yen* na China, e a filosofia *Kegon* no Japão; estas constituem, de acordo com Suzuki, «o expoente máximo do pensamento budista que se desenvolveu no Extremo Oriente durante os últimos dois mil anos» \*\*.

\* D. T. Suzuki, *On Indian Mahayana Buddhism*, ed. Edward Conze (Harper & Row; Nova Iorque, 1968), p. 122.

\*\* D. T. Suzuki, *The Essence of Buddhism* (Hozokan, Kyoto, Japão, 1968), p. 54.

O tema principal do *Avatamsaka* é a unidade e inter-relação de todas as coisas e acontecimentos, concepção que não é apenas a própria essência da visão do mundo oriental, mas também um dos elementos básicos da visão do mundo emergente da física moderna. Ver-se-á, portanto, que o *sutra Avatamsaka*, antigo texto religioso, oferece os mais impressionantes paralelos com os modelos e teorias da física moderna.

# O pensamento chinês

Quando o budismo chegou à China, por volta do século I d.C., deparou com uma cultura de mais de dois mil anos. Nesta antiga cultura, o pensamento filosófico atingira o seu máximo durante os finais do período Chou (cerca de 500-221 a.C.), a época de ouro da filosofia chinesa, e desde essa altura o seu nível permaneceu esplendoroso.

Desde o seu início que esta filosofia apresenta dois aspectos complementares. Os chineses, sendo um povo essencialmente prático e com uma elevada consciência social, tinham todas as suas escolas filosóficas orientadas, de uma forma ou de outra, para a vida em sociedade, relações humanas, valores morais e prática política. No entanto, este é apenas um aspecto do pensamento chinês. Complementarmente a este, existe um outro correspondente ao lado místico do carácter chinês, que exigia ser o principal objectivo da filosofia o de transcender o mundo da sociedade e da vida quotidiana por forma a alcançar-se um nível de consciência mais elevado. É este o nível atingido pelo sábio, o ideal chinês correspondente àquele homem iluminado que alcançou uma união mística com o universo.

No entanto, o sábio chinês não se move apenas neste elevado nível espiritual, está também atento aos acontecimentos mundanos. Ele abarca em si próprio os dois aspectos complementares da natureza humana — sabedoria intuitiva e conhecimento prático, contemplação e ação social — os quais são atribuídos, pelos chineses, à imagem do sábio e à do rei. Estes são seres humanos completamente realizados, nas palavras de Chuang Tzu, «pela sua quietude tornam-se sábios, pelo seu movimento reis» \*.

Durante o século VI a.C., os dois aspectos da filosofia chinesa desenvolveram-se em duas escolas completamente distintas: confucionismo e taoísmo. O confucionismo era a filosofia da organização social, do senso comum e do conhecimento prático. Assegurava à sociedade chinesa um sistema de educação e um sem-número de convenções estritas de etiqueta social. Um dos seus objectivos principais era o de formar uma base ética para o tradicional sistema de família chinesa, com toda a sua complexa estrutura e os seus rituais de adoração dos antepassados. O taoísmo, por outro lado, procurava, principalmente, a observação da natureza e a descoberta do seu rumo, ou *Tao*. A felicidade humana, para os

\* Chuang Tzu, trad. James Legge, composto por Clae Waltham (Ace Books, Nova Iorque, 1871), cap. 13.

taoístas, é alcançada quando se segue a ordem natural, se actua espontaneamente ou se confia no próprio conhecimento intuitivo.

Estas duas tendências de pensamento representam pólos opostos na filosofia chinesa, mas para os próprios chineses esta dualidade sempre foi encarada como um e o mesmo aspecto da natureza humana, e como tal, complementares. O confucionismo era enfatizado na educação de crianças que tinham de aprender as regras e convenções necessárias à vivência em sociedade, enquanto que o taoísmo era seguido por grupos etários mais idosos, por forma a recuperarem e desenvolverem a espontaneidade original que fora destruída pelas convenções sociais. Nos séculos XI e XII, a escola neoconfucionista tentou uma síntese do confucionismo, budismo e taoísmo, a qual deu origem à filosofia de Chu Hsi, um dos maiores pensadores chineses. Chu Hsi era um extraordinário filósofo que combinou a sabedoria confuciana com uma grande compreensão do budismo e do taoísmo, tendo incorporado elementos destas tradições nas suas sínteses filosóficas.

O confucionismo deriva o seu nome de Kung Fu Tzu, ou Confúcio, um professor com muita influência e com um largo número de estudantes que viam nele a função de transmitir a antiga herança cultural aos seus discípulos. No entanto, fez mais que transmitir conhecimentos, interpretando as ideias tradicionais à luz dos seus conceitos morais. Os seus ensinamentos baseavam-se nos denominados Seis Clássicos, antigos livros de pensamento filosófico, rituais, poesia, música e história, que representavam a herança cultural e espiritual dos «sábios sagrados» do passado chinês. A tradição chinesa associou Confúcio com todas estas obras, quer como autor, comentador ou editor; mas de acordo com a moderna cultura ele não encarnava nenhum destes papéis relativamente aos Clássicos. As suas ideias próprias tornaram-se conhecidas através do *Lun Yü*, ou analectos confucionianos, uma compilação de aforismos feita por alguns dos seus discípulos.

O criador do taoísmo foi Lao Tzu, cujo nome significa, literalmente, «o velho mestre» e que era, de acordo com a tradição, um contemporâneo mais velho de Confúcio. Diz-se ter sido o autor de um pequeno livro de aforismos, que é considerado como a escritura principal do taoísmo. Na China é geralmente conhecido por apenas *Lao Tzu*, e no Ocidente é denominado por *Tao Te Ching* — o «Clássico do Caminho e do Poder» — um nome atribuído posteriormente. Mencionei já o estilo paradoxal e a poderosa linguagem poética usada neste livro, que Joseph Needham considera ser «sem excepção, a obra mais profunda e bela existente em língua chinesa» \*.

O livro taoísta que se segue em importância é o *Chuang-tzu*, um volume muito maior que o *Tao Te Ching*, cujo autor, Chuang Tzu, se diz ter vivido cerca de duzentos anos após Lao Tzu. De acordo com a cultura moderna, no entanto, o *Chuang-tzu*, e provavelmente também o *Lao-tzu*, não podem ser encarados como obra de um único autor, constituindo antes uma compilação de escritos taoístas feita por autores diferentes em épocas diferentes.

\* J. Needham, *Science and Civilization in China* (Cambridge University Press, Londres, 1956), vol. II, p. 35.

Tanto os analectos confucionianos como o *Tao Te Ching* estão escritos no estilo compacto e sugestivo que é típico da forma de escrita chinesa. A mente chinesa não era dada ao pensamento lógico abstracto, tendo dado origem a uma linguagem diferente da que se desenvolveu no Ocidente. Muitas das suas palavras podem ser usadas como substantivos, adjetivos ou verbos, e a sua sequência não é apenas ditada por regras gramaticais, mas também pelo conteúdo emocional da frase. A palavra chinesa clássica era muito diferente de um símbolo abstracto representando um conceito claramente delineado. Era mais um símbolo que possuía forte poder sugestivo, trazendo ao espírito um complexo conjunto de imagens e emoções indeterminadas. A intenção do orador era a de não só expressar uma ideia intelectual como também afectar e influenciar o ouvinte. Correspondentemente, o carácter escrito não era apenas um símbolo abstracto, mas antes um padrão orgânico — um «gestalt» — que preservava o complexo conjunto de imagens e o poder sugestivo da palavra.

A linguagem em que os filósofos chineses se expressavam era bastante adequada para o seu modo de pensamento, a sua escrita e máximas podiam ser curtas e inarticuladas, sendo, no entanto, ricas em imagens sugestivas. É óbvio que a maior parte deste sentido visual se perde quando traduzido para outra língua. A tradução de uma frase do *Tao Te Ching*, por exemplo, apenas pode indicar o rico complexo de ideias contido no original, sendo esta a razão pela qual diferentes traduções deste controverso livro dão origem a textos completamente diferentes. Como disse Fung Yu-Lan, «é necessária a combinação de todas as traduções já feitas, e de todas que ainda não foram, para revelar a riqueza do *Lao-tzu* e dos analectos confucionianos na sua forma original» \*.

Os chineses, tal como os indianos, acreditam na existência de uma realidade última que está subjacente e unifica a multiplicidade de coisas e acontecimentos que observamos:

*Existem as três formas — «completo», «tudo abarcante», «o todo». Estas palavras são diferentes, mas a realidade nelas contidas é a mesma: refere-se à coisa única.* \*\*

Chamavam a esta realidade o *Tao*, que significa, originariamente, «o caminho». É o caminho, ou processo, do universo, a ordem da natureza. Em tempos mais recentes, os confucionistas deram-lhe uma interpretação diferente. Falavam acerca do *Tao* do homem, ou do *Tao* da sociedade humana, e interpretavam-no como a forma correcta de vida num sentido moral.

No seu sentido cósmico, o *Tao* é a realidade última e indefinível, e como tal é o equivalente hindu de *Brahman* e do *Dharmakaya* budista. No entanto, difere destes conceitos indianos pela sua qualidade intrinsecamente dinâmica, que do ponto de vista chinês é a essência do universo. O *Tao* é o processo cósmico no qual

\* Fung Yu-Lan, *A Short History of Chinese Philosophy* (MacMillan, Nova Iorque, 1958), p. 14.

\*\* Chuang Tzu, *op. cit.*, cap. 22.

todas as coisas estão envolvidas; o mundo é tido como um fluir contínuo de mudanças.

O budismo indiano, com a sua doutrina da mutabilidade, possuía uma visão bastante similar, usando-a, no entanto, como uma simples premissa básica da condição humana, prosseguindo assim na elaboração das suas consequências filosóficas. Os chineses, por outro lado, não só acreditavam que o fluir e a mudança eram as características essenciais da natureza, como também na existência de padrões constantes nessas mudanças, prontas a serem observadas por homens e mulheres. O sábio reconhece estes padrões e dirige a sua acção concordantemente. Desta forma, ele torna-se «uno com o *Tao*», vivendo em harmonia com a natureza e tendo sucesso em tudo o que empreende. Nas palavras de Huai Nan Tzu, um filósofo do segundo século a.C.:

*Aquele que se conforma com o percurso do Tao, adoptando os processos naturais do céu e da terra, acha fácil lidar com todo o mundo.* \*

Quais são, então, as características do caminho cósmico que devem ser reconhecidas pelos seres humanos? As características do *Tao* são a sua natureza cíclica e o seu movimento e mudança incessantes. «O retorno é o movimento do *Tao*», diz Lao Tzu, e «progredir significa retroceder.» \*\* A ideia envolvida é que todos os desenvolvimentos na natureza, aqueles do mundo físico e os das situações humanas, exibem características cíclicas oscilantes, de expansão e contracção.

Esta ideia tinha, sem dúvida, a sua origem nos movimentos do Sol e da Lua e nas mudanças sazonais, sendo posteriormente tomadas como regras de vida. Os chineses crêem que sempre que uma situação se desenvolve até ao seu extremo está destinada a tornar-se no seu oposto. Esta crença básica fornece-lhes, em tempos de desgraça e crise, coragem e perseverança, e torna-os cautelosos e modestos em tempos de bonança e sucesso. «O sábio», diz Lao Tzu, «evita o excesso, a extravagância e a indulgência.» \*\*\*

Na perspectiva chinesa, é preferível possuir muito pouco a possuir em demasia, e é melhor não fazer certas coisas do que excedê-las, porque, apesar de por este meio não ser possível alcançar muito longe, tem-se pelo menos a certeza que se segue na direcção correcta. Tal como o homem que quer ir mais e mais longe em direcção ao Oriente acaba por chegar ao Ocidente, também aqueles que acumulam mais e mais dinheiro, por forma a aumentarem a sua riqueza, acabarão por ficar mais pobres. A moderna sociedade industrial, que tenta continuamente elevar o «nível de vida», acaba por, de facto, fazer diminuir a qualidade de vida para todos os seus membros, é uma eloquente ilustração da antiga sabedoria chinesa.

---

\* Citação in J. Needham, *op. cit.*, cap. 22.

\*\* Lao Tzu, *Tao Te Ching*, trad. Ch'u Ta-Kao (Allen & Unwin, Londres, 1970), cap. 40 e 25.

\*\*\* *Ibid.*, cap. 29.

À noção de padrões cíclicos na dinâmica de *Tao* foi dada uma estrutura bem definida pela introdução dos pólos opostos *yin* e *yang*. São eles que impõem os limites para os ciclos de mudança:

*O yang, tendo atingido o seu clímax, retrocede em favor do yin; o yin, tendo atingido o seu clímax, retrocede em favor do yang.*\* \*

Do ponto de vista chinês, todas as manifestações do *Tao* têm origem na relação dinâmica entre estas duas forças polares. Esta noção é muito antiga, e foram muitas as gerações que manusearam o simbolismo contido no arquétipo do par *yin* e *yang*, até que se tornasse o conceito fundamental do pensamento chinês. O significado original das palavras *yin* e *yang* era o dos dois lados de uma montanha — o luminoso, exposto ao sol, e o sombrio —, uma analogia que fornece um bom exemplo da relatividade dos dois conceitos:

*Aquilo que, ora permite a escuridão, ora permite a luz, é o Tao.* \*\*

Desde os primeiros tempos que os dois arquétipos polares da natureza eram não só representados pelo claro e pelo escuro, como também pelo masculino e feminino, pela firmeza e pela indulgência, pelo que está em cima e pelo que está em baixo. O *yang*, o poder forte, criativo e masculino, estava associado com o céu, enquanto que o *yin*, o elemento sombrio, receptivo e feminino, era representado pela Terra. O céu está em cima e cheio de movimento, e a Terra — na velha perspectiva geocêntrica — está em baixo e em repouso, tornando-se assim o *yang* num símbolo que representa o movimento, e o *yin* o repouso. No domínio do pensamento, o *yin* é a mente complexa, intuitiva e feminina, sendo o *yang* o intelecto claro, racional, masculino. O *yin* é a contemplação silenciosa do sábio, o *yang* a acção criativa e forte do rei.

O carácter dinâmico do *yin* e do *yang* é ilustrado pelo antigo símbolo chinês denominado *T'ai-chi T'u*, ou «Diagrama do derradeiro final». (Ver figura da página seguinte).

O diagrama é um arranjo simétrico entre o escuro do *yin* e a luminosidade do *yang*, mas esta simetria não é estática. É uma simetria embebida num sentido de rotação, sugerindo, de uma forma intensa, um movimento cíclico contínuo:

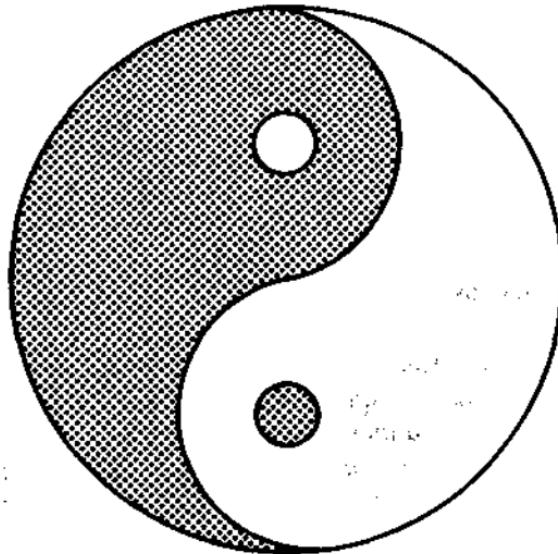
*O yang regressa, ciclicamente, ao seu início, o yin atinge o seu máximo e cede lugar ao yang.* \*\*\*

Os dois pontos no diagrama simbolizam a ideia de que, ao alcançarem o seu máximo, as duas forças contêm já em si a semente do seu oposto.

\* Wang Ch'ung, d.C., citação in J. Needham, *op. cit.*, vol. iv, p. 7.

\*\* R. Wilhelm, *The I Ching or Book of Changes* (Routledge & Kegan Paul, Londres, 1968), p. 297.

\*\*\* Kuei Ku Tzu, século iv. a.C., citação in J. Needham, *op. cit.*, vol. iv, p. 6.



O par *yin* e *yang* é o grande «leitmotiv» que percorre a cultura chinesa, determinando todas as características da sua forma de vida tradicional. «A vida», diz Chuang Tzu, «é a mistura harmoniosa do *yin* e do *yang*». Sendo uma nação de agricultores, os chineses sempre estiveram familiarizados com os movimentos do Sol e da Lua e com as mudanças sazonais. Estas mudanças e o consequente ritmo de crescimento e morte na natureza orgânica eram assim tidos como uma das mais claras manifestações da relação entre o *yin* e o *yang*, entre o Inverno escuro e frio e o Verão quente e claro. A relação sazonal dos dois opostos reflecte-se também na comida que ingerimos, a qual contém também elementos de *yin* e *yang*. Uma dieta saudável consiste, para os chineses, num equilíbrio entre estes elementos *yin* e *yang*.

Também a medicina tradicional chinesa se baseia no equilíbrio de *yin* e *yang* no corpo humano, e qualquer doença é vista como um afastamento a esse equilíbrio. O corpo está dividido em partes *yin* e *yang*. Falando de uma forma global, o interior do corpo é *yang* e a sua superfície *yin*; no interior do corpo existem ainda órgãos *yin* e *yang*. O equilíbrio entre todas estas partes é mantido por um constante fluir de *ch'i*, ou energia vital, ao longo de um sistema de «meridianos» que contém os pontos de acupunctura. Cada órgão tem um meridiano a ele associado de tal forma que os meridianos *yang* pertencem a órgãos *yin* e vice-versa. Sempre que se interrompe o fluxo entre *yin* e *yang*, o corpo adoece, e esta doença cura-se através da implantação de agulhas nos pontos de acupunctura, o que provoca uma estimulação e restabelecimento do fluxo de *ch'i*.

A reciprocidade entre *yin* e *yang*, o par de opostos primordiais, surge assim como o princípio que guia todos os movimentos do *Tao*, mas os chineses não

\* Chuang Tzu, *op. cit.*, cap. 22.

pararam aqui. Continuaram a estudar e a estabelecer várias combinações de *yin* e *yang*, que desenvolveram num sistema de arquétipos cósmicos. Este sistema encontra-se delineado no *I Ching*, ou *Livro das Mudanças*.

O *Livro das Mudanças* é o principal dos seis Clássicos confucianos e deve ser considerado como a obra que se situa no centro do pensamento e da cultura chinesa. A autoridade e estima que tem gozado na China durante milhares de anos é apenas comparável com as sagradas escrituras de outras culturas, como os *Vedas* ou a Bíblia. O consagrado sinólogo Richard Wilhelm iniciou a introdução do *I Ching* com as seguintes palavras:

*O Livro das Mudanças — I Ching em chinês — é, sem dúvida, um dos livros mais importantes da literatura mundial. A sua origem retrocede à antiguidade mística e tem ocupado a atenção dos mais eminentes académicos chineses até aos tempos presentes. Quase tudo o que é mais importante e significativo nos três mil anos de cultura e história chinesas teve a sua inspiração neste livro, ou então exerceu uma forte influência na interpretação deste texto. Assim, pode afirmar-se com segurança que esta sabedoria milenária foi empregue na construção do I Ching.* \*

O *Livro das Mudanças* é assim uma obra que tem crescido de uma forma orgânica ao longo de milhares de anos, consistindo num grande número de camadas que se sobrepoem, originárias dos mais importantes períodos do pensamento chinês. O ponto de partida para o livro foi um conjunto de sessenta e quatro figuras, os «hexagramas», como o apresentado de seguida, que se baseiam no simbolismo *yin-yang* e que eram empregues como oráculos.

Cada hexagrama é constituído por seis linhas que tanto podem ser descontínuas (*yin*) como contínuas (*yang*), sendo sessenta e quatro as combinações possíveis em tal sistema.



Estes hexagramas, que discutiremos com mais detalhe posteriormente, eram considerados como os arquétipos cósmicos que representam os padrões de *Tao* na natureza e nas situações humanas. A cada um deles foi atribuído um nome e um curto texto, denominado sentença, que indicava um rumo a seguir no padrão cósmico em questão. A imagem é um outro breve texto, acrescentado mais tarde, que apresenta

\* R. Wilhelm, *op. cit.*, p. 47.

o significado do hexagrama num curto número de linhas, geralmente com um sentido extremamente poético. Um terceiro texto interpreta cada uma das seis linhas do hexagrama, numa linguagem carregada de imagens místicas que são, por vezes, difíceis de compreender.

Estas três categorias de texto são os elementos básicos do livro empregues na adivinhação. Um elaborado ritual, envolvendo cinquenta hastes de milfolio, era usado por forma a determinar o hexagrama correspondente para a situação pessoal do inquiridor. O que se pretendia era tornar visível, na forma do hexagrama, o padrão cósmico do momento e, a partir do oráculo, estabelecer qual a acção apropriada a tomar:

*Nas Mudanças existem imagens para revelar, existem julgamentos a interpretar, a boa e a má-sorte são determinadas para decidir.* \*

O propósito da consulta ao *I Ching* era, assim, não só conhecer o futuro, mas antes descobrir a disposição da situação presente, por forma a que a acção correcta pudesse ser tomada. Esta atitude elevou o *I Ching* acima do nível da simples adivinhação, tornando-se num livro de sabedoria.

O uso do *I Ching* como um livro de sabedoria é, de facto, mais importante que o seu uso como oráculo. Tem inspirado as mentes dominantes na China através dos tempos, destacando-se Lao Tzu, que retirou alguns dos seus mais profundos aforismos desta fonte. Confúcio estudou-o intensamente e a maioria dos comentários existentes no texto, que formam a última stratum, tem origem na sua escola. Estes comentários, as denominadas Dez Asas, combinam a interpretação estrutural dos hexagramas com as explicações filosóficas.

No âmago dos comentários de Confúcio, como no próprio *I Ching*, está o salientar dos aspectos dinâmicos de todos os fenómenos. A incessante transformação de todas as coisas é a principal mensagem do *Livro das Mudanças*:

*As Mudanças são um livro  
Ao qual não se pode estar alheio.  
O seu Tao está em permanente mudança —  
Alteração, movimento sem repouso,  
Fluindo através de seis lugares vazios,  
Elevando-se e afundando-se sem leis definidas,  
Firmeza e docilidade transformam-se continuamente  
Não podem ser restritas a uma regra,  
É apenas a mudança que aqui está presente.* \*\*

\* *Ibid.*, p. 321.

\*\* *Ibid.*, p. 348.

# O taoísmo

Das duas principais correntes de pensamento chinês — confucionismo e taoísmo —, a última é aquela que tem um maior cariz místico, sendo assim a mais relevante para a nossa comparação com a física moderna. Tal como o hinduísmo e o budismo, o taoísmo está relacionado com a sabedoria intuitiva, em vez do conhecimento racional. Compreender as limitações e relatividade do mundo do pensamento racional é para o taoísmo, basicamente, uma forma de libertação e, neste contexto, comparável com o ioga, ou Vedanta, do hinduísmo, ou com os oito caminhos de buda. No âmbito da cultura chinesa, a libertação taoísta significou, mais especificamente, um abandonar das regras estritas das convenções.

A desconfiança no conhecimento convencional e no raciocínio é mais forte no taoísmo do que em qualquer outra filosofia oriental. Baseia-se na sólida crença de que o intelecto humano nunca poderá compreender o *Tao*. Nas palavras de Chuang Tzu:

*O conhecimento mais profundo não se comprehende, necessariamente, a si próprio; o raciocínio não torna os homens mais sábios. Os sábios são contra ambos estes métodos.* \*

O livro de Chuang Tzu está repleto de passagens que reflectem o desdém taoísta pelo raciocínio e argumentação. Assim, ele afirma:

*Um cão não é bom, considerado apenas porque ladra bem, e um homem não é bom, considerado apenas por ser bem falante.* \*\*

e ainda:

*A disputa é prova de uma visão pouco clara.* \*\*\*

O raciocínio lógico era considerado pelos taoístas como sendo uma parte do mundo artificial do homem, conjuntamente com a etiqueta social e os princípios

\* Chuang Tzu, trad. James Legge, composto por Clae Waltham (Ace Books, Nova Iorque, 1971), cap. 22.

\*\* Ibid., cap. 22.

\*\*\* Ibid., cap. 2.

moraes. Eles não se interessavam por este mundo, concentrando sim toda a sua atenção na observação da natureza por forma a conseguirem discernir «as características de *Tao*». Assim, desenvolveram uma atitude essencialmente científica e apenas a sua profunda desconfiança no método analítico os impediu de construir teorias científicas concretas. Apesar de tudo, a cuidadosa observação da natureza, combinada com uma forte intuição mítica, levou os sábios taoístas a discernimentos profundos, os quais são confirmados pelas modernas teorias científicas.

Um dos aprofundamentos espirituais taoístas mais importantes foi o de se aperceberem que a transformação e a mudança são características essenciais da natureza. Uma passagem no *Chuang-tzu* mostra claramente como a importância fundamental da mudança é revelada pela observação do mundo orgânico:

*Na transformação e crescimento de todas as coisas, todo o rebento e qualidade têm a sua forma própria. É nisto que reside o seu amadurecimento gradual e decaimento, o fluir constante de transformação e mudança.* \*

Os taoístas viam todas as transformações da natureza como manifestações de uma reciprocidade dinâmica entre os opostos polares *yin* e *yang*, apercebendo-se assim que cada par de opostos constitui uma relação onde cada um dos pólos está dinamicamente ligado ao outro. Para o pensamento oriental, esta ideia implícita de unidade de todos os opostos é extremamente difícil de aceitar. Parece-nos paradoxal que valores e conhecimentos, que sempre acreditamos serem opostos, sejam, de facto, aspectos de uma mesma realidade. No Ocidente, no entanto, sempre se considerou como essencial, para a elevação a um estado iluminado, ir «para além dos opostos terrestres»\*\*, e na China a relação de polaridade de todos os opostos reside nas próprias bases do pensamento taoísta. Assim, Chuang Tzu afirma:

*O «isto» é também «aquilo». O «aquilo» é também «isto»... A essência do *Tao* é que o «isto» e o «aquilo» cessem de ser opostos. Apenas esta essência, actuando como um eixo, é o centro de um círculo que representa a mudança incessante.* \*\*\*

A partir da noção que os movimentos do *Tao* são uma acção combinada e sem fim entre os opostos, os taoístas deduziram duas regras básicas de conduta humana. Sempre que se queira alcançar algo, deve começar-se pelo seu oposto. Assim, Lao Tzu:

---

\* *Ibid.*, cap. 13.

\*\* *Bhagavad Gita*, 2.45.

\*\*\* Citação in Fung Yu-Lan, *A Short History of Chinese Philosophy* (MacMillan, Nova Iorque, 1958), p. 112.

*Por forma a contrair algo, deve-se primeiro tentar expandir.*  
*Por forma a enfraquecer, deve-se certamente fortalecer primeiro.*  
*Por forma a derrotar, deve-se exultar primeiro.*  
*Por forma a tirar, deve-se dar primeiro.*  
*A isto se chama subtil sabedoria.* \*

Por outro lado, sempre que se queira reter algo, deve aí admitir-se alguma coisa que seja o seu oposto:

*Dobra-te e permanecerás erecto.*  
*Esvazia-te e permanecerás cheio.*  
*Usa-te e permanecerás novo.* \*\*

É este o modo de vida do sábio que alcançou um ponto de vista iluminado, uma perspectiva a partir da qual a relatividade e polaridade de todos os opositos é claramente apreendida. Estes opositos incluem os conceitos básicos de bem e de mal, os quais estão inter-relacionados da mesma forma que *yin* e *yang*. Ao conhecer a relatividade de bem e mal, e assim a de todos os pressupostos morais, o sábio taoísta não luta pelo bem, tenta sim manter um equilíbrio dinâmico entre os dois conceitos. Chuang Tzu é bastante claro ao referir-se a este ponto:

*Os ditados, «não devemos nós seguir e honrar o bem e não ter nada a ver com o mal?» e «não devemos nós seguir e honrar aqueles que asseguram um bom governo e não ter nada a ver com aqueles que produzem a desordem?» mostram uma vontade de relacionamento com os princípios do Céu e da Terra e com as diferentes qualidade das coisas. É como seguir e honrar o Céu e não ter em conta a Terra; é como seguir e honrar o *yin* e não ter em conta *yang*. É claro que tal rumo não pode ser efectuado.* \*\*\*

É espantoso que, ao mesmo tempo que Lao Tzu e os seus discípulos desenvolviam a sua visão do mundo, as características essenciais da visão taoísta eram também ensinadas na Grécia, por um homem cujos ensinamentos são por nós hoje conhecidos apenas de uma forma fragmentada e que era, e ainda é, muitas vezes incompreendido. Este «taoísta» grego era Heraclito de Éfeso. Ele partilhava com Lao Tzu não só a noção de mudança contínua, expressa na sua máxima «tudo flui», mas também o conceito de que todas as mudanças são cíclicas. Ele comparava a ordem no mundo «a um fogo sempre eterno, qual fénix renascida das cinzas»\*\*\*\*, uma imagem que é realmente muito semelhante à ideia chinesa de *Tao* ao manifestar-se numa relação cíclica entre *yin* e *yang*.

\* Lao Tzu, *Tao Te Ching*, trad. Ch'u Ta-Kao (Allen & Unwin, Londres, 1970), cap. 36.

\*\* *Ibid.*, cap. 22.

\*\*\* Chuang Tzu, *op. cit.*, cap. 17.

\*\*\*\* In G. S. Kirk, *Heraclitus — The Cosmic Fragments* (Cambridge University Press, Londres, 1970), p. 307.

É fácil verificar como o conceito de mudança — uma reciprocidade dinâmica de opostos — levou Heraclito, tal como Lao Tzu, à descoberta de que todos os opostos são polares e, por isso mesmo, unidos. O «percurso que leva ao topo e à base é um único e o mesmo», disse o grego, e «Deus é dia noite, inverno verão, guerra paz, saciedade fome» \*. Tal como os taoístas, ele via qualquer par de opostos como uma unidade e estava bem ciente da relatividade de todos estes conceitos. Novamente, as palavras de Heraclito — «as coisas frias aquecem-se a si mesmas, o calor arrefece, o orvalho seca, o ressequido torna-se molhado» \*\* — lembram-nos vivamente as de Lao Tzu, «o fácil dá origem ao difícil — a ressonância harmoniza o som, o seguinte procede o anterior!» \*\*\*.

É bastante surpreendente que seja pouco conhecida a grande semelhança de visões do mundo destes dois sábios do século VI a.C. Heraclito é frequentemente relacionado com a física moderna, mas raramente com o taoísmo. E, no entanto, é esta última filosofia que ilustra o facto de a sua interpretação do mundo ser a de um místico, colocando assim, em minha opinião, numa perspectiva correcta o paralelo entre as suas ideias e as da física moderna. Quando mencionamos o conceito taoísta de mudança, convém referir que esta mudança não é tida como consequência de uma qualquer força, mas antes como uma tendência que é inerente a todas as coisas e situações. Os movimentos de *Tao* não lhe são impostos, ocorrendo natural e espontaneamente. Espontaneidade é o princípio de acção de *Tao*, e como a conduta humana deve ser modelada pela actuação do *Tao*, a espontaneidade deve também ser uma característica de todas as acções humanas. Actuar em harmonia com a natureza é assim, para os taoístas, actuar de uma forma espontânea de acordo com a natureza de cada um. Significa ter confiança na inteligência intuitiva própria, a qual é inerente à mente humana da mesma forma que as leis da mudança são inerentes a todas as coisas que nos rodeiam.

As acções do sábio taoísta surgem assim da sua sabedoria intuitiva, espontaneamente e em harmonia com o meio que o cerca. Ele não necessita de se forçar, ou forçar alguma coisa em seu redor, adapta simplesmente as suas acções aos movimentos do *Tao*. Nas palavras de Huai Nan Tzu:

*Aqueles que seguem a ordem natural fluem na corrente do Tao.* \*\*\*\*

Na filosofia taoísta, tal forma de actuação toma a designação de *wu-wei*, um termo que significa, literalmente, «não-acção», o qual Joseph Needham traduz por «o refrear de uma actividade contrária à natureza», justificando esta sua interpretação com uma citação do *Chuang-tzu*:

\* *Ibid.*, pp. 105, 184.

\*\* *Ibid.*, p. 149.

\*\*\* Lao Tzu, *op. cit.*, cap. 2.

\*\*\*\* Citação in J. Needham, *Science and Civilization in China* (Cambridge University Press, Londres, 1956), vol II, p. 88.

*A não-acção não significa fixar parado ou manter silêncio. Deixem que tudo o que acontece naturalmente aconteça, de tal forma que a sua natureza se satisfaça.* \*

Se se limita a actuação contra a natureza ou, como diz Needham, «proceder contra o sentido das coisas», então está-se em harmonia com o *Tao* e as acções de cada um de nós serão bem sucedidas. É este o significado de expressão, aparentemente labiríntica, de Lao Tzu: «pela não-acção tudo pode ser feito». \*\*

O contraste entre *yin* e *yang* não é apenas o princípio básico de ordem existente na cultura chinesa, reflectindo-se também em duas correntes dominantes de pensamento. O confucionismo era racional, masculino, activo e dominante. O taoísmo, por outro lado, enfatizava tudo o que era intuitivo, feminino, místico e dócil. «É melhor não se saber que se sabe», diz Lao Tzu, e «o sábio prossegue com a sua vida sem actuar e dá os seus ensinamentos sem empregar palavras.» \*\*\* Os taoístas acreditavam que o salientar das qualidades femininas da natureza humana facilitava seguir uma vida perfeitamente equilibrada em harmonia com *Tao*. O seu ideal é melhor descrito numa passagem do *Chuang-tzu*, a qual descreve uma espécie de paraíso taoísta:

*Os antigos, quando o caos ainda não estava instalado, partilhavam a tranquilidade plácida que pertencia a todo o mundo. Nessa altura o *yin* e o *yang* eram harmoniosos e pacíficos; o seu repouso e movimento prosseguiam sem perturbações; as quatro estações possuíam os seus tempos correctos; nada era injuriado e nenhum ser vivo atingia um fim prematuro. Os homens podiam possuir a faculdade do conhecimento, mas não tinham ocasião para a empregarem. Este era o estado que se designava por unidade perfeita. Nessa altura havia a não-acção por parte de todos — uma manifestação constante de espontaneidade.* \*\*\*\*

\* Ibid., pp. 68-9.

\*\* Lao Tzu, op. cit., cap. 48.

\*\*\* Lao Tzu, op. cit., cap. 71,2.

\*\*\*\* Chuang Tzu, op. cit., cap. 16.

# O zen

Quando, por volta do século I d.C., a sociedade chinesa entrou em contacto com o pensamento indiano, através do budismo, deu origem a dois acontecimentos paralelos. Por um lado, a tradução dos *sutras* budistas estimulou os pensadores chineses e levou-os a interpretar os ensinamentos do buda indiano à luz das suas próprias filosofias. Surgiu assim uma frutuosa troca de ideais, a qual culminara, como foi já mencionado, na escola chinesa de budismo *Hua-yen* (em sânscrito: *Avatamsaka*) e na escola japonesa *kegon*.

Por outro lado, o pragmatismo da mentalidade chinesa respondeu ao impacte do budismo indiano concentrando-se nos seus aspectos práticos, desenvolvendo-os numa espécie distinta de disciplina espiritual, à qual foi atribuído o nome *ch'an*, uma palavra traduzida por meditação. Esta filosofia *ch'an* foi provavelmente adoptada pelo Japão por volta de 1200 d.C., tendo-se aí desenvolvido sob o nome de Zen como uma tradição viva até à actualidade.

O Zen é assim uma fusão única das filosofias e idiossincrasias de três diferentes culturas. É uma forma de vida tipicamente japonesa e, no entanto, reflecte o misticismo indiano, a afeição taoísta pela naturalidade e espontaneidade e o pragmatismo minucioso da mentalidade confuciana.

Apesar do carácter bastante especial, o Zen é puramente budista na sua essência, pois que o seu propósito não é outro que o do próprio Buda: alcançar um estado iluminado, uma experiência conhecida em Zen como *satori*. O conhecimento iluminado é a essência de todas as escolas de filosofia oriental, mas o Zen é único ao concentrar-se, exclusivamente, neste modo de sentir, não se interessando por qualquer outra interpretação. Nas palavras de Suzuki, «Zen é disciplina num estado iluminado». Do ponto de vista Zen, o despertar de buda e os seus ensinamentos, que todos têm possibilidade de alcançar esse despertar, são a essência do budismo. Toda a restante doutrina, tal como se encontra explanada nos volumosos *sutras*, é tida como suplementar.

O sentir Zen é pois o de *satori*, e como este conhecimento, em último caso, transcende todas as categorias de pensamento, o Zen não está interessado em qualquer tipo de abstracção ou conceptualização. Não possui qualquer filosofia ou doutrina particular, nenhum tipo de credo ou dogma, e afirma que esta libertação de todas as formas fixas de crer o tornam verdadeiramente espiritual.

Mais do que qualquer outra escola do misticismo oriental, o Zen está convencido que as palavras nunca podem expressar a verdade última. Esta convicção

deve ter sido herdada do taoísmo, o qual apresenta a mesma atitude de não-compromisso. «Se alguém pergunta acerca do Tao e o outro responde», diz Chuang Tzu, «então nenhum dos dois o conhece.»\*

E, no entanto, o conhecimento Zen pode ser transmitido de professor para aluno, e assim foi, por muitos séculos, através de métodos inerentes a esta filosofia. Num resumo clássico de quatro linhas, o Zen é descrito como:

*Uma transmissão especial exterior às escrituras,  
Não encontrada em palavras ou letras,  
Apontando directamente à mente humana,  
Vendo a nossa própria natureza e atingindo o estado de Buda.*

Esta técnica de «apontar directamente» constitui uma característica especial, própria do Zen. É típica da mentalidade japonesa, que é mais intuitiva que intelectual e que prefere apresentar os factos como factos sem mais comentários. Os mestres Zen não são dados à prolixidade e desprezam toda a teorização e especulação. Assim, desenvolveram métodos que apontam directamente para a verdade, pela acção de palavras súbitas e espontâneas, que expõem paradoxos do pensamento conceptual e, tal como os *koans* que já mencionei, são supostas parar o processo de pensamento para que o estudante se prepare para a experiência mística. Esta técnica fica bem ilustrada pelos exemplos seguintes, que relatam uma curta conversa entre mestre e discípulo. Nestes diálogos, que constituem a maioria da literatura Zen, os mestres falam o menos possível e usam as palavras para desviarem a atenção dos discípulos dos pensamentos abstractos para a realidade concreta.

*Um monge, pedindo conselho, disse a Bodhidharma: «Não tenho paz na alma. Rogo-lhe que pacifique a minha mente.»*

*«Traz a tua mente até mim», respondeu Bodhidharma, «e eu pacificá-la-ei.»*

*«Mas quando eu procuro a minha própria mente», disse o monge, «não a consigo encontrar.»*

*«Ai está!», exclamou Bodhidharma, «eu pacificuei a tua mente.» \*\**

*Um monge disse a Joshu: «Acabei de entrar para o mosteiro. Por favor, ensine-me.»*

*Joshu perguntou: «Comeste a tua papa de arroz?»*

*O monge respondeu: «Sim, comi.»*

*Joshu disse: «Então seria melhor lavares a tua escudela.» \*\*\**

Estes diálogos fazem surgir outro aspecto que é característico do Zen. Esclarecimento em Zen não significa um abandonar do mundo, antes pelo contrário,

\* Chuang Tzu, trad. James Legge, composto por Clae Waltham (Ace Books, Nova Iorque, 1971), cap. 22.

\*\* In A. W. Watts, *The Way of Zen* (Vintage Books, Nova Iorque, 1957), p. 87.

\*\*\* In P. Reps, *Zen Flesh, Zen Bones* (Anchor Books, Nova Iorque), p. 96.

denota uma participação activa nos assuntos do quotidiano. Este ponto de vista fez um enorme apelo à mentalidade chinesa, a qual atribui uma grande importância a uma vida prática, produtiva, e à noção de perpetuação da família, não podendo aceitar o carácter monástico do budismo indiano. Os mestres chineses ressaltaram sempre o facto de *ch'an*, ou Zen, ser o nosso sentir diário, a «mente quotidiana», como proclamava Ma-Tsu. A sua atenção centra-se num despertar diário, e tornaram claro que encaravam o viver quotidiano não só como um caminho para um estado iluminado mas também como um estado iluminado em si mesmo.

Em Zen, *satori* significa o sentir imediato da natureza de Buda em todas as coisas. Em primeiro lugar, e como factor primordial, estão os objectos, os acontecimentos e as pessoas envolvidas na vida quotidiana, de tal forma que ao enfatizar os aspectos práticos da vida, o Zen não deixa de ser profundamente místico. Viver completamente o presente e dar uma atenção completa aos acontecimentos diários é uma forma de se atingir *satori*, sentir o maravilhoso e o mistério da vida em cada acto:

*Quão assombroso é isto, quão misterioso!  
Eu transporto combustível, eu elevo água. \**

A perfeição Zen é então viver, natural e espontaneamente, a vida diária. Quando se pediu a Po-chang para que definisse Zen, ele disse, «quando estou esfomeado como, quando estou sonolento durmo». Embora isto pareça simples e óbvio, como muitas outras coisas no Zen, é na realidade uma tarefa muito difícil. O reconquistar da naturalidade da nossa natureza original requer longo treino e constitui uma grande realização espiritual. Nas palavras de um famoso ditado Zen:

*Antes de se estudar Zen, as montanhas são montanhas e os rios são rios; enquanto se estuda Zen, as montanhas deixam de ser montanhas e os rios deixam de ser rios; mas uma vez atingido o conhecimento, as montanhas são novamente montanhas e os rios novamente rios.*

O ênfase Zen na naturalidade e espontaneidade mostra claramente as suas raízes taoístas, mas a base para este facto é estritamente budista. É a crença na perfeição da nossa natureza original, o compreender que o processo de esclarecimento apenas consiste em nos tornarmos naquilo que éramos desde o princípio. Quando ao mestre Po-chang foi perguntado o que era a procura da natureza de Buda ele respondeu: «é muito parecido com montar um boi, procurando-o ao mesmo tempo».

Existem, actualmente, duas importantes escolas de Zen no Japão, as quais diferem nos seus métodos de ensino. A escola Rinzai, ou «súbita», emprega o método *koan*, como foi já discutido num capítulo anterior, e atribui particular

\* In D. T. Suzuki, *Zen and Japanese Culture* (Bollingen Series, Nova Iorque, 1959), p. 16.

importância a encontros formais periódicos com o mestre, denominado *zazen*, durante os quais os estudantes são inquiridos acerca da sua visão do *koan* que estão empenhados em resolver. A resolução de um *koan* envolve longos períodos de uma intensa concentração que levam a um vislumbre inesperado do *satori*. Um mestre experimentado sabe quando é que o estudante está próximo de um estado iluminado e é capaz de o despertar para o *satori* através de actos inesperados, tais como uma pancada de um bastão ou um forte grito.

A escola Soto, ou «gradual», evita os métodos de choque da escola Rinzai, apontando para um amadurecimento gradual do estudante Zen, «tal como a brisa da Primavera que acaricia a flor, ajudando-a a florir»\*. Invoca um «estado de quietude» e o usar do trabalho quotidiano como duas formas de meditação.

Tanto a escola Soto como a Rinzai atribuem grande importância ao *zazen*, ou meditação sentada, a qual é praticada nos mosteiros Zen, diariamente, durante muitas horas. A postura e respiração correctas, envolvidas nesta forma de meditação, é a primeira coisa que cada estudante Zen deve aprender. No Zen Rinzai, o *zazen* é empregue para preparar a mente intuitiva para o acto de lidar com o *koan*, e a escola Soto considera-o como o meio mais importante de ajudar o estudante a amadurecer e a evoluir para o *satori*. Mais do que isso, é tido como a verdadeira realização da nossa natureza de Buda; mente e corpo fundidos numa harmoniosa unidade que dispensa qualquer melhoramento. Tal como afirma um poema Zen:

*Pacificamente sentado, sem nada fazer.  
A Primavera vem, e a erva cresce por si só.* \*\*

A enorme influência Zen na vida tradicional japonesa advém do facto de esta filosofia afirmar que o esclarecimento se manifesta nos acontecimentos quotidianos. Estes incluem não só a pintura, a caligrafia, o desenho de jardins, etc., e outros ofícios, como também actos ceremoniais, tais como o servir chá ou o arranjo de flores, e as artes do arco, espada e judo. Cada uma destas actividades é conhecida no Japão como um *do*, isto é, um *Tao* ou «caminho» em direcção ao conhecimento. Todas elas exploram várias características do sentir Zen e podem ser usadas para treinar a mente e pô-la em contacto com a realidade última.

Mencionei já as lentas actividades ritualistas de *Cha-no-yu*, a cerimónia japonesa do chá, os movimentos de mãos espontâneos requeridos para a caligrafia e pintura, e a espiritualidade do *bushido*, ou «modo guerreiro». Todas estas artes são uma expressão de espontaneidade, simplicidade e total presença de espírito, características do modo de vida Zen. Todas estas actividades requerem um aperfeiçoamento constante das técnicas envolvidas, mas o domínio total apenas pode ser alcançado quando a técnica é transcendida e a arte se torna «arte sem arte» que se desenvolve a partir do inconsciente.

\* In P. Kapleau, *Three Pillars of Zen* (Beacon Press, Boston, 1967), p. 49.

\*\* De *Zenrin Kushu*, in A. W. Watts, *op. cit.*, p. 134.

Uma maravilhosa descrição de uma tal «arte sem arte» é-nos apresentada por Eugen Herrigel no seu pequeno livro *Zen na Arte do Tiro com Arco*. Herrigel passou mais de cinco anos com um consagrado mestre japonês para a aprendizagem da sua arte «mística», dando-nos no seu livro uma descrição pessoal de como sentiu o Zen através do tiro com arco. Ele apresenta a forma como esta arte lhe surgiu como um ritual religioso que é «dançado» em movimentos espontâneos, sem esforço nem designio. Foram-lhe necessários vários anos de prática, que transformaram todo o seu ser, para aprender a dobrar o arco «espiritualmente», como uma espécie de potência sem esforço e a libertar a corda «sem intenção», deixando o tiro «cair do arco como um fruto maduro». Quando alcançou o topo da perfeição, arco, seta, alvo e arqueiro passaram a estar fundidos uns com os outros e ele não atirava, «isso» acontecia-lhe.

A descrição de Herrigel do tiro com arco é uma das mais puras de Zen, pois que se lhe não refere de forma alguma.

# A unidade de todas as coisas

Apesar de as tradições espirituais descritas nos cinco últimos capítulos serem diferentes em muitos aspectos, a sua visão do mundo é essencialmente a mesma. É uma visão baseada num conhecimento místico — numa apreensão não intelectual da realidade — e este conhecimento tem um conjunto de características fundamentais que são independentes dos aspectos geográficos, históricos e culturais de raiz mística. Um hindu e um taoísta podem realçar diferentes aspectos do conhecimento; um budista japonês pode interpretar os seus conhecimentos em termos bastante diferentes de um budista indiano; mas os elementos básicos que formam a visão do mundo, e que foram desenvolvidos em todas tradições, são os mesmos. Estes elementos parecem também ser as características fundamentais da visão do mundo emergente da física moderna.

A característica mais importante da visão oriental do mundo — quase que se pode dizer a sua essência — é a consciência da harmonia e inter-relação mútua de todas as coisas e acontecimentos, o sentir todos os fenómenos do mundo como manifestações de um carácter único. Todas as coisas são vistas como partes interdependentes e inseparáveis de um todo cósmico, diferentes manifestações de uma última realidade definitiva. As tradições orientais referem-se constantemente a esta última, indivisível realidade que se manifesta a si mesma em todas as coisas, e da qual todas as coisas fazem parte. É referida como *Brahman* no hinduísmo, *Dharmakaya* no budismo e *Tao* no taoísmo. Porque transcende todos os conceitos e categorias, os budistas também lhe chamam *Tathata*, ou Omisciência:

*O significado espiritual de Omisciência é a unicidade de todas as coisas, o grande todo que tudo inclui \**.

Na vida quotidiana não estamos cientes desta unidade de todas as coisas, mas dividimos o mundo em objectos e acontecimentos separados. Esta divisão é certamente útil e necessária para lidar com o que nos rodeia no dia-a-dia, mas não é um traço fundamental da realidade. É uma abstracção gizada pelo nosso intelecto discriminador e categorizante. Acreditar que os nossos conceitos

\* Ashvaghosha, *The Awakening of Faith*, trad. D. T. Suzuki (Open Court, Chicago, 1900), p. 55.

abstractos de «acontecimentos» e «coisas» parcelares são realidades da natureza é uma ilusão. Hindus e budistas dizem-nos que esta ilusão é baseada no *avidya*, ou ignorância, produzida pela mente sob o conjuro de *maya*. O objectivo principal das tradições místicas orientais é portanto o reajustar da mente pela integração e apaziguamento através da meditação. O termo sânsrito para meditação — *samadhi* — significa, literalmente, «equilíbrio mental». Refere-se ao estado de espírito equilibrado e tranquilo no qual a unidade básica do universo é sentida:

*Entrar no samadhi de pureza; [é obter] discernimento total que permite tornar-nos conscientes da absoluta unicidade do universo.* \*

O carácter único do universo não é só a característica central do conhecimento místico, como é também uma das revelações mais importantes da física moderna. Torna-se notório ao nível atómico e manifesta-se cada vez mais ao penetrarmos mais profundamente na matéria, até ao reduto das partículas subatómicas. A unicidade de todas as coisas e acontecimentos será um tema de recorrência ao longo da nossa comparação entre a física moderna e a filosofia oriental. Ao estudarmos os vários modelos da física subatómica veremos que eles expressam, sucessivamente, sob formas diferentes, o mesmo conteúdo — que os constituintes da matéria e os fenómenos básicos que os envolvem estão todos interligados, inter-relacionados e interdependentes; não podem ser entendidos como entidades isoladas, mas apenas como partes integrantes de um todo.

Neste capítulo, discutirei como surge a noção de interconexão da natureza na teoria quântica, a teoria dos fenómenos atómicos, através de uma análise cuidada do processo de observação. \*\* Antes de entrar nesta discussão, devo voltar à distinção entre a estrutura matemática da teoria e a sua interpretação verbal. A estrutura matemática da teoria quântica passou por inúmeros testes bem sucedidos e é agora universalmente aceite como uma descrição consistente e precisa de todos os fenómenos atómicos. A interpretação verbal, por outro lado — isto é, a metafísica da teoria quântica —, situa-se num terreno pouco sólido. De facto, há mais de quarenta anos que os físicos não têm podido fornecer um claro modelo interpretativo.

A discussão que se segue é baseada na comumente chamada interpretação de Copenhaga da teoria quântica que foi desenvolvida por Bohr e Heisenberg nos finais dos anos 20, continuando a ser o modelo mais sufragado. Na minha discussão seguirei a apresentação dada por Henry Stapp da Universidade da Califórnia \*\*\* que se centra em certos aspectos da teoria e em certos tipos

\* Ibid., p. 93.

\*\* Apesar de ter suprimido, consideravelmente, os aspectos matemáticos e ter simplificado a análise, a discussão que se segue pode, apesar de tudo, parecer demasiado seca e técnica. Pode talvez ser interpretado como um exercício «íôguico», o qual — como muitos exercícios de treino espiritual das tradições orientais — pode não ser muito simples, mas pode levar a uma bela e profunda perspectiva da natureza das coisas.

\*\*\* H. P. Stapp, «S-Matrix Interpretation of Quantum Theory», *Physical Review*, vol. D3 (Março, 15, 1971), pp. 1303-20.

de situações experimentais que são encontradas, com frequência, na física subatómica\*. A apresentação de Stapp mostra muito claramente como a teoria quântica implica uma interconexão essencial da natureza, e também coloca a teoria numa estrutura que pode ser prontamente alargada aos modelos relativistas das partículas subatómicas que serão discutidas mais tarde.

O ponto de partida da interpretação de Copenhaga é a divisão do mundo físico num sistema observado («objecto») e num sistema observador. O sistema observado pode ser um átomo ou uma partícula subatómica, um processo atómico, etc. O sistema observador consiste numa montagem experimental e incluirá um ou mais observadores humanos. Surge agora uma séria dificuldade do facto de os dois sistemas serem tratados de forma diferente. O sistema observador é descrito em termos de física clássica, mas estes não podem ser usados consistentemente para a descrição do «objecto» observado. Sabemos que os conceitos clássicos são inadequados ao nível atómico, e no entanto temos de usá-los para descrever as nossas experiências e expressar os seus resultados. Não há forma de escapar a este paradoxo. A linguagem específica da física clássica é apenas uma especialização da linguagem do nosso dia-a-dia, e é a única linguagem que temos para comunicar os nossos resultados experimentais.

Os sistemas observados são descritos em teoria quântica em termos probabilísticos. Isto significa que nunca podemos prever com rigor onde estará um partícula subatómica num determinado instante, ou como ocorrerá um processo atómico. Tudo o que se pode fazer é calcular as probabilidades. Por exemplo, a maior parte das partículas subatómicas conhecidas actualmente são instáveis, isto é, desintegram-se — ou «decaem» — em outras partículas após um certo intervalo de tempo. Não é possível, no entanto, prever com exactidão este tempo. Podemos apenas saber a probabilidade de decaimento após um certo tempo ou, por outras palavras, o tempo de vida médio de um grande número de partículas de uma mesma espécie. O mesmo se aplica ao «modo» de decaimento. Em geral, uma partícula instável pode decair em várias combinações de outras partículas, e novamente não podemos prever qual a combinação que uma partícula específica escolherá. Tudo o que podemos prever é que um grande número de partículas, sessenta por cento, por exemplo, decairão de uma certa forma, trinta por cento de outra forma e dez por cento de uma terceira forma. É claro que tais previsões estatísticas necessitam de muitas medições para serem verificadas. De facto, nas experiências de colisões, na física de altas energias, são registadas dezenas de milhar de colisões, sendo de seguida analisadas para que possa ser determinada a probabilidade de ocorrência de um certo processo.

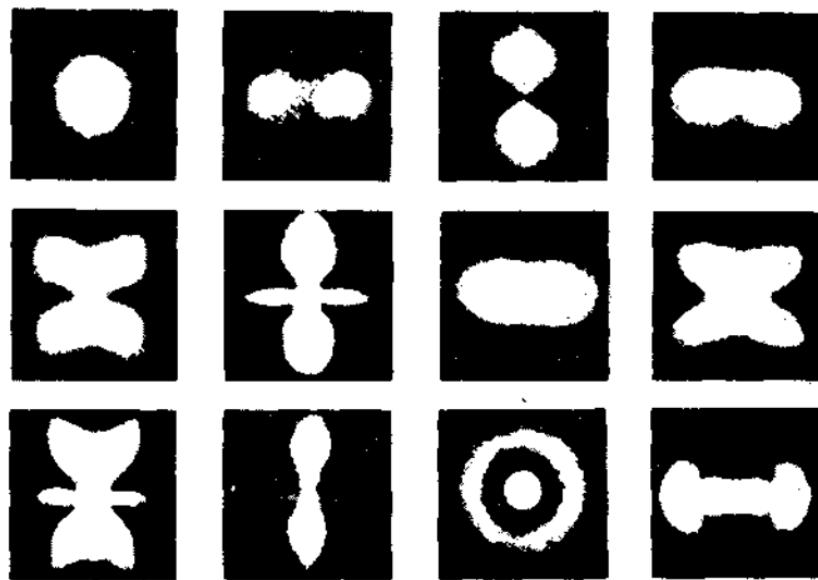
É importante perceber que a formulação estatística das leis da física atómica e subatómica não traduzem a nossa ignorância da situação física, à imagem do manejo probabilístico das companhias de seguros e jogadores.

Em teoria quântica começamos a conceber a probabilidade como uma característica fundamental da realidade atómica que governa todos os processos,

\* Outros aspectos da teoria quântica serão discutidos em capítulos subsequentes.

e até mesmo a existência da matéria. As partículas subatómicas não existem com certeza em lugares definidos, mas mostram sim «tendência para existir»; e os acontecimentos não ocorrem com precisão em formas e tempos definidos, mas mostram sim «tendência para ocorrer».

Não é possível, por exemplo, dizer com precisão onde se encontrará um electrão num átomo num determinado instante. A sua posição depende da força atrativa que o liga ao núcleo atómico e à influência que os outros electrões sobre ele exercem. Estas condições determinam o padrão de probabilidades que representam as tendências do electrão para se encontrar em várias zonas do átomo. A figura abaixo mostra algumas visualizações de tais padrões de probabilidades.



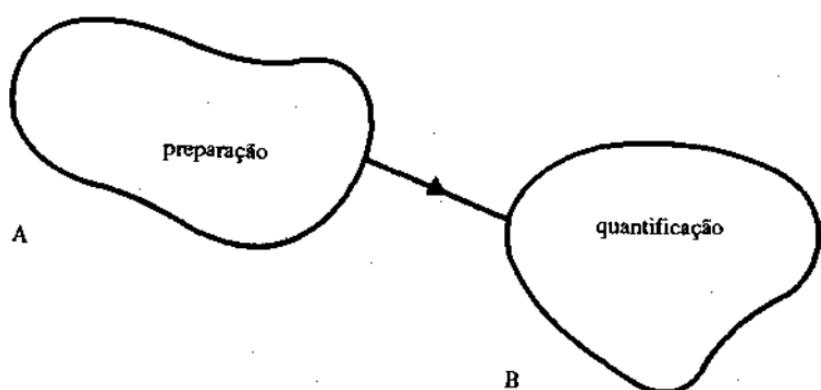
Visualizações de padrões de probabilidades

É possível encontrar o electrão nos locais onde os padrões são mais brilhantes, e haverá menos hipóteses de ser encontrado onde forem mais escuros. O facto importante é que todo o padrão representa o electrão num determinado instante. No interior do padrão não se pode falar acerca da posição ocupada pelo electrão, mas somente acerca das suas tendências para se encontrar em certa zona. No formalismo matemático da teoria quântica estas tendências, ou probabilidades, são representadas pela chamada função de probabilidade, uma entidade matemática que está relacionada com a probabilidade de encontrar um electrão em vários locais em vários instantes.

O contraste entre os dois tipos de descrição — em termos clássicos para os dispositivos experimentais e função de probabilidades para os objectos

observados — leva a profundos problemas metafísicos que ainda não foram solucionados. Todavia, na prática, estes problemas são torneados por uma descrição do sistema observador em termos operacionais, isto é, em termos de instruções que permitem aos cientistas montar e efectuar as suas experiências. Desta forma, os dispositivos de medição e os cientistas estão efectivamente juntos num sistema complexo que não tem partes dissonantes, claramente definido, e assim a montagem experimental não tem de ser descrita como uma entidade física isolada.

Para avançar na discussão do processo de observação será útil tomar um exemplo concreto, e a entidade física mais simples que pode ser usada é uma partícula subatómica como o electrão. Se quisermos observar e quantificar tal partícula temos de, em primeiro lugar, isolá-la, ou até criá-la, num processo a que se pode chamar o processo de preparação. Uma vez a partícula preparada para observação, as suas propriedades podem ser quantificadas, e isto constitui o processo de medição. A situação pode ser representada simbolicamente da seguinte forma: uma partícula é preparada na região A, desloca-se de A para B, e é quantificada na região B. Na prática, ambos os processos de preparação e de medição da partícula podem ser constituídos por toda uma série de processos complicados. Nas experiências de colisões, na física de altas energias, por exemplo, a preparação das partículas usadas como projécteis consiste em acelerá-las ao longo de um percurso circular até que a sua energia seja suficientemente elevada. Este processo é efectuado no que se chama um acelerador de partículas. Quando é atingida a energia necessária, as partículas são obrigadas a abandonar o acelerador (A) e a deslocarem-se para uma área-alvo (B) onde vão colidir com outras partículas. Estas colisões têm lugar numa câmara de bolhas onde as partículas produzem rastos visíveis, os quais podem ser fotografados. As propriedades das partículas são então deduzidas por análise matemática dos rastos registados; tal análise pode ser bastante complicada e é geralmente efectuada com o



Observação de uma partícula em física atómica

auxílio de computadores. Todos estes processos e actividades constituem o acto de quantificação.

O ponto importante nesta análise da observação é que a partícula constitui um sistema intermédio que une os processos A e B. Ela existe e tem significado apenas neste contexto; não como uma entidade isolada, mas como uma interconexão entre os processos de preparação e medição. As propriedades da partícula não podem ser definidas independentemente destes processos. Se o modo como é feita a preparação ou a medição muda, as propriedades da partícula também mudam.

Por outro lado, o facto de falarmos acerca da «partícula», ou qualquer outro sistema observável, mostra que temos em mente alguma entidade física que é primeiro preparada e depois medida. O problema básico à observação na física atómica é então — nas palavras de Henry Stapp — que «o sistema observado deve estar isolado por forma a ser definidora, e no entanto interactuante por forma a ser observado»\*. Este problema é resolvido na teoria quântica de uma maneira pragmática pela exigência de que o sistema observado esteja livre de perturbações externas causadas pelo processo de observação durante o intervalo entre a preparação e subsequente medição. Tal condição pode ser cumprida se os dispositivos de preparação e medição estiverem separados por uma grande distância, para que o objecto a observar possa deslocar-se efectivamente entre a região de preparação e medição.

Qual deve ser então a distância? Em princípio deve ser infinita. Na perspectiva da teoria quântica o conceito de uma entidade física distinta pode ser correctamente definido apenas se esta entidade estiver infinitamente distante dos agentes de observação. Na prática, isto é evidentemente impossível; nem é necessário. Temos de nos lembrar, nesta altura, da atitude básica da ciência moderna — todos os conceitos e teorias são aproximados. No caso presente, isto significa que o conceito de uma entidade física distinta não necessita de uma definição precisa, pode ser definida aproximadamente. Isto é feito da forma que segue.

O objecto observado é a manifestação da interacção entre os processos de preparação e medição. Esta interacção é geralmente complexa e envolve vários efeitos que têm alcances diferentes; têm «raios de acção» variados, como se diz em física. Assim, se a parte dominante da interacção tem um longo raio de acção, a manifestação deste efeito será sentida a uma grande distância. Estará assim livre de perturbações externas e pode ser referida como uma entidade física delimitada. No âmbito da teoria quântica, entidades físicas distintas são então modelos que são apenas significativos até ao ponto em que a parte principal da interacção tem um grande raio de acção. Tal situação pode ser definida matematicamente de uma forma muito precisa. Fisicamente, significa que os dispositivos de medida estão tão afastados que a sua interacção principal ocorre através da troca de uma partícula ou, em casos mais complicados, de

\* *Ibid.*, p. 1303.

um conjunto de partículas. Estarão sempre presentes outros efeitos, mas enquanto a separação entre os dispositivos de medida for grande, estes efeitos são despicados. Os efeitos de curto raio de ação apenas se tornarão dominantes quando os dispositivos de medida não estiverem suficientemente afastados. Em tal caso, todo o sistema macroscópico forma um todo unificado e a noção de objecto observado desfaz-se.

A teoria quântica revela assim a interconexão essencial que rege o universo. Mostra que não podemos decompor o mundo em pequenas unidades que existem independentemente\*. À medida que penetrarmos na matéria, descobrimos que ela é feita de partículas, mas estas não são os «blocos básicos de construção» descritos por Demócrito ou Newton. São apenas meras abstracções que se tornam úteis de um ponto de vista prático, mas que não têm realidade em si. Nas palavras de Niels Bohr, «partículas isoladas de matéria são abstracções, as suas propriedades são definíveis e observáveis apenas através da sua interacção com outros sistemas»\*\*.

A interpretação de Copenhaga da teoria quântica não é universalmente aceite. Existem várias outras contrapostas e os problemas envolvidos estão longe de estarem resolvidos. A interconexão de coisas e acontecimentos, no entanto, parece ser uma característica fundamental da realidade atómica, a qual não depende de qualquer interpretação específica da teoria matemática. A seguinte passagem de um artigo recente de David Bohm, um dos principais opositores da interpretação de Copenhaga, confirma este facto eloquentemente:

*É-se levado a uma nova noção de realidade não compartimentada que nega a ideia clássica de que o mundo pode ser analisado por parcelas separadas e independentes... Invertemos a noção clássica de que «partes elementares» do mundo são a realidade fundamental e que os vários sistemas são meras formas contingentes e arranjos destas partes. Ao invés dizemos que a iniludível interacção quântica de todo o universo é a realidade fundamental e que partes que se comportam de uma forma relativamente independente são meras particularidades e formas contingentes dentro do todo.* \*\*\*

A nível atómico, os objectos materiais da física clássica dissolvem-se em padrões de probabilidade, e estes padrões não representam probabilidades de coisas, mas sim probabilidades de interconexões. A teoria quântica força-nos a ver o universo não como uma coleção de objectos físicos, mas sim como uma complicada teia de relações entre as várias partes de um todo unificado. Esta é também a forma segundo a qual os místicos orientais têm sentido o mundo, e alguns

\* Ver o posfácio para uma discussão adicional desta interconexão quântica em termos de ligações «não-locais», impostas pelo teorema de Bell.

\*\* N. Bohr, *Atomic Physics and the Description of Nature* (Cambridge University Press, Londres, 1934), p. 57.

\*\*\* D. Bohm & B. Hiley, «On the Intuitive Understanding of Nonlocality as Implied by Quantum Theory», *Foundations of Physics*, vol. 5 (1975).

deles exprimiram-no em palavras que são quase idênticas às usadas pelos físicos atómicos. Eis dois exemplos:

*O objecto material torna-se... algo de diferente do que agora vemos, não um objecto separado de um fundo natural, mas sim uma parte indivisível e, até de uma forma subtil, uma expressão da unidade do todo que observamos.*\* \*

*As coisas deveriam a sua natureza e porvir de uma dependência mútua e não são nada isoladamente.* \*\*

Se estas asserções pudessem ser tomadas como uma representação da natureza na física atómica, então as próximas, de físicos atómicos, por seu lado, podiam ser tomadas como uma descrição do sentir místico da natureza:

*Uma partícula elementar não é uma entidade que existe independentemente. É, em essência, um conjunto de relações que abrange externamente outras coisas.* \*\*\*

*O mundo aparece assim como uma complicada confluência de acontecimentos, no qual ligações de diferentes tipos se alternam, sobrepõem ou combinam, e assim determinam a textura do todo.* \*\*\*\*

A imagem de uma teia cósmica interligada que emerge da física atómica moderna tem sido extensamente usada no Oriente para transmitir o sentir místico da natureza. Para os hindus, *Brahman* é o fio unificador da teia cósmica, o último aspecto de todo o ser:

*Aquele no qual o céu, a terra e a atmosfera  
Estão tecidos, e o vento, conjunto com todos os seres vivos,  
só conhecido como Alma.* \*\*\*\*\*

No budismo, a imagem de uma teia cósmica assume um papel ainda mais importante. O âmago do *Avantamsaka Sutra*, uma das principais escrituras do budismo Mahayana \*\*\*\*\*\*, é a descrição do mundo como uma rede perfeita de relações mútuas onde todas as coisas e acontecimentos interactuam entre si de uma forma infinitamente complicada. Os budistas Mahayana desenvolveram muitas parábolas e comparações para ilustrar este inter-relacionamento universal,

\* S. Aurobindo, *The Synthesis of Yoga* (Aurobindo Ashram, Pondicherry, Índia, 1957), p. 993.

\*\* Nagarjuna, citação in T. R.V. Murti, *The Central Philosophy of Buddhism* (Allen & Unwin, Londres, 1955), p. 138.

\*\*\* H.P. Stapp, *op. cit.*, p. 1310.

\*\*\*\* W. Heisenberg, *Physics and Philosophy* (Allen & Unwin, Londres, 1963), p. 96.

\*\*\*\*\* *Mundaka Upanishad*, 2.2.5.

\*\*\*\*\* Ver pág. 84.

algumas das quais serão desenvolvidas mais tarde, em ligação com a versão relativista da «teia filosófica» na física moderna. A teia cósmica, enfim, assume um papel central no budismo tântrico, um ramo do Mahayana, que surgiu na Índia por volta do século III d.C. e constitui hoje em dia a principal escola do budismo tibetano. Os escritores desta escola são chamados *tantras*, uma palavra cuja raiz sânscrita significa «tecer» e que se refere ao entrecho de todas as coisas e acontecimentos.

No misticismo oriental, este entrecho universal inclui sempre o observador humano e a sua consciência e isto é também verdade na física atómica. Ao nível atómico, os «objectos» podem ser entendidos apenas em termos da interacção entre os processos de preparação e medição. O fim desta cadeia de processos situa-se sempre na consciência do observador humano. As medições são interacções que criam «sensações» na nossa consciência — por exemplo, a sensação visual de um clarão de luz, ou de um ponto negro numa chapa fotográfica — e as leis da física atómica dizem-nos com que probabilidade um objecto atómico causará uma determinada sensação se o deixarmos interactuar connosco. «A ciência natural», diz Heisenberg, «não apenas descreve e explica a natureza; é uma parte de uma acção recíproca entre a natureza e nós mesmos.» \*

A característica crucial da física atómica é o facto de o observador humano ser necessário, não só para observar as propriedades de um objecto, mas também para as definir. Em física atómica, não se pode falar acerca das propriedades de um objecto em si mesmo, que apenas têm significado no contexto da interacção do objecto com o observador. Nas palavras de Heisenberg, «o que observamos não é a própria natureza, mas a natureza exposta pelo nosso método de questionar» \*\*. O observador decide qual vai ser o método empregue para quantificar e esta opção vai determinar, de alguma forma, as propriedades do objecto observado. Se a opção é modificada, as propriedades do objecto observado modificar-se-ão correspondentemente.

Isto pode ser ilustrado com o caso simples de uma partícula subatómica. Quando observamos tal partícula, podemos escolher para medir — de entre outras variáveis — a posição da partícula e o seu momento (uma variável definida como a massa da partícula pela sua velocidade)\*\*\*. Veremos no próximo capítulo que uma importante lei da teoria quântica — o princípio de incerteza de Heisenberg — afirma que estas duas variáveis nunca podem ser medidas simultaneamente com precisão. Podemos obter uma informação precisa acerca da posição da partícula e continuar completamente ignorantes relativamente ao seu momento (e assim acerca da sua velocidade), ou vice-versa; ou então ter uma informação grosseira e imprecisa acerca de ambas as variáveis. O que importa é realçar o facto de estas limitações nada terem que ver com a imperfeição que possa existir nas nossas técnicas de medição. É uma limitação de princípio

\* Heisenberg, *op.cit.*, p. 75.

\*\* *Ibid.*, p. 57.

\*\*\* O conceito de momento pode ser dado pela expressão  $p=mv$ , sendo  $m$  a massa da partícula e  $v$  a sua velocidade (*N. do T.*)

que é inerente à própria realidade atómica. Se decidirmos medir a posição da partícula com precisão, a partícula simplesmente não terá um momento bem definido, e se decidirmos medir o momento, então não terá uma posição bem definida.

Em física atómica, então, o cientista não pode desempenhar o papel de um observador objectivo e destacado — fica envolvido no mundo que observa ao influenciar as propriedades dos objectos observados. John Wheeler vê este envolvimento do observador como a característica mais importante da teoria quântica e, por esse motivo, sugeriu que a palavra «observador» fosse substituída pela palavra «participador». Nas próprias palavras de Wheeler,

*Nada é mais importante no princípio quântico do que isto: a destruição do conceito do mundo como o que «está lá fora», e o observador seguramente separado dele através de uma chapa de vidro de 20cm de espessura. Mesmo para observar tão minúsculo objecto como o electrão, ele tem de despedaçar o vidro. Ele deve tocá-lo. Ele tem de instalar o equipamento de medida que escolheu. É ele que deve decidir se vai medir a posição ou o momento. Instalar o equipamento necessário para medir uma quantidade obsta e exclui instalar o equipamento para medir a outra. Mais ainda, a medição altera o estado do electrão. O universo, das em diante, nunca mais será o mesmo. Para descrever o que aconteceu, tem de se eliminar a palavra «observador» e colocar no seu lugar a nova palavra «participador». Em termos paradoxais, o universo só é inteligível pela participação do observador.\**

O conceito de «participação em vez de observação» foi apenas recentemente formulado na física moderna, mas é uma ideia bastante familiar a qualquer estudioso do misticismo. O conhecimento místico nunca pode ser obtido somente pela observação, mas apenas pela participação empenhada de todo o nosso ser. A noção de participador é assim crucial para a visão oriental do mundo, e a mística oriental sobrevalorizou extremamente esta noção, a tal ponto que observador e observado, sujeito e objecto, são, não só inseparáveis, como indestrinçáveis. Os místicos não ficam satisfeitos com uma situação análoga à da física atómica, onde o observador e observado não podem ser separados, mas podem, no entanto, ser destrinçados. Eles vão mais além, e em meditação profunda alcançam um ponto em que a distinção entre observador e observado se desfaz por completo; onde sujeito e objecto se fundem num todo indiferenciável e único. Assim, a *Upanishad* diz:

*Onde há uma dualidade, como seria, ali se vê outra; ali se cheira noutra; ali se saboreia outra; ... Mas onde tudo se tornou apenas o nosso próprio ser, então pelo quê e por quem veríamos? Então pelo quê e por quem cheiraríamos? Então pelo quê e por quem saboríamos? \*\**

\* J. A. Wheeler, in J. Mehra (ed.), *The Physicist's Conception of Nature* (D. Reidel, Dordrecht, Holand, 1973), p. 244.

\*\* *Brihad-aranyaka Upanishad*, 4.5.15.

Esta é então a súmula da unidade de todas as coisas. É alcançada — como nos dizem os místicos — num estado de consciência onde a nossa individualidade se dissolve num estado único indiferenciável, onde o mundo dos sentidos é transcendido e se abandona a noção de «coisas». Nas palavras de Chuang Tzu,

*Dissolve-se a minha ligação entre o corpo e os seus membros. Os meus órgãos perceptivos são ignorados. Assim, abandonando a minha forma material e lançando um adeus ao meu conhecimento, eu torno-me uno como o grande omnipresente. A isto chamo estar e esquecer todas as coisas.* \*

A física moderna, naturalmente, apresenta uma estrutura muito diferente e não alcança ainda tão fundo na experiência da unicidade das coisas. Mas deu um grande passo, com a teoria atómica, na direcção da visão do mundo segundo a mística oriental. A teoria quântica aboliu a noção de objectos fundamentalmente separados e introduziu o conceito de participador, que vem substituir o de observador; virá talvez a achar necessário incluir a consciência humana na sua descrição do mundo \*\*. Tem vindo a interpretar o universo como uma teia de relações físicas e mentais cujas partes são apenas definíveis através das suas ligações com o todo. Para sumariar a visão do mundo que emerge da física atómica, as palavras do budista tântrico Lama Anagarika Govinda mostram-se perfeitamente pertinentes:

*O budista não acredita num mundo externo que existe separada ou independente, em cujas forças dinâmicas ele se poderia inserir. O mundo externo e o seu mundo interno são para ele apenas dois aspectos de uma mesma estrutura, na qual as linhas de todas as forças e de todos os acontecimentos, de todas as formas de consciência e dos seus objectos, se urdem em redes de inseparáveis, infinitas relações condicionadas.* \*\*\*

\* Chuang Tzu, trad. James Legge, composto por Clae Waltham (Ace Books, Nova Iorque, 1971), cap. 6.

\*\* Este ponto será mais aprofundado no capítulo 18.

\*\*\* Lama Anagarika Govinda, *Foundations of Tibetan Mysticism* (Rider, Londres, 1973), p. 93.

# Para lá do mundo dos opositos

Quando os místicos orientais nos dizem que sentem todas as coisas e acontecimentos como manifestações de uma unidade básica, isto não significa que designem todas as coisas como idênticas. Eles reconhecem a individualidade das coisas, mas ao mesmo tempo estão cônscios de que todas as diferenças e contrastes são relativos na unidade que tudo abarca. Como no nosso estado normal de consciência esta unidade de todos os contrastes — especialmente a unidade dos opositos — é extremamente difícil de aceitar, isto constitui uma das características mais intrigantes da filosofia oriental. É, no entanto, um ponto de vista que está profundamente enraizado na visão oriental do mundo.

Os opositos são conceitos abstractos que têm o seu lugar no âmbito do pensamento, e, como tal, são relativos. Pelo próprio acto de atentar em qualquer conceito, estamos a criar o seu oposto. Como diz Lao Tzu, «quando se comprehende que no mundo a beleza é bela, então o feio existe; quando se comprehende que ser bom é bom, então existe o mal» \*. Os místicos transcendem este domínio dos conceitos intelectuais, e ao transcendê-lo tornam-se conscientes da relatividade de todo os opositos. Eles apercebem-se de que bem e mal, prazer e dor, vida e morte, não são conhecimentos absolutos pertencentes a diferentes categorias, mas apenas dois lados de uma mesma realidade; partes extremas de um todo singular. A apreensão de que todos os opositos são antagónicos e, assim, unidos, é visto como um dos principais objectivos do homem nas tradições espirituais do Oriente. «Sê eterno na verdade, para além dos opositos terrenos!» é o conselho de Krishna no *Bhagavad Gita*, e o mesmo conselho é dado aos seguidores do budismo. Assim escreve D. T. Suzuki:

*A ideia fundamental do budismo é passar para além do mundo dos opositos, um mundo constituído por distinções intelectuais e maculações emocionais, e apreender o mundo espiritual dos não-distintos, o que implica alcançar uma perspectiva absoluta. \*\**

O âmago dos ensinamentos budistas — e no fundo de todo o misticismo oriental — gira em torno deste ponto de vista absoluto, alcançado no mundo de *acintya*, ou «não pensamento», onde a unidade de todos os opositos se torna um sentimento vivo. Nas palavras de um poema Zen:

\* Lao Tzu, *Tao Te Ching*, trad. Ch'u Ta-Kao (Allen & Unwin, Londres, 1970), cap. 1.

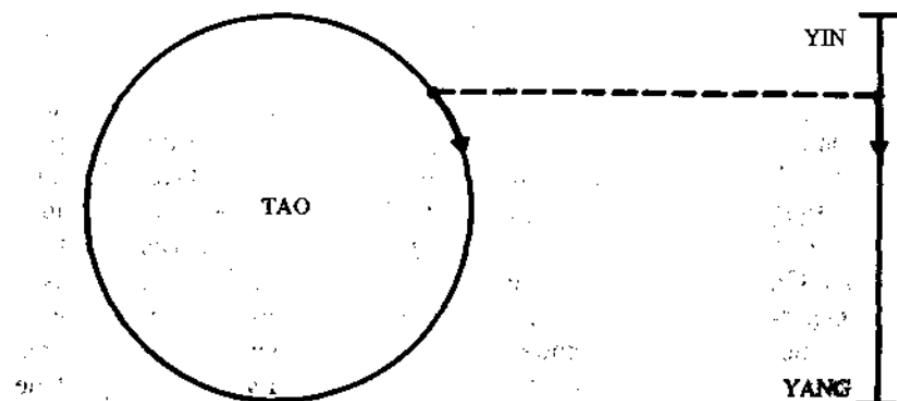
\*\* D. T. Suzuki, *The Essence of Buddhism* (Hozokan, Kyoto, 1968), p. 18.

*Ao crepúsculo o galo anuncia a madrugada;  
À meia-noite, a luz do Sol.* \*

A noção de que todos os opostos são antagónicos — que a luz e as trevas, ganhar ou perder, bem ou mal, são apenas diferentes aspectos de um mesmo fenómeno — é um dos princípios básicos do modo de vida oriental. Como todos os opostos são interdependentes, o seu conflito nunca pode resultar na vitória de um dos lados, mas sim na manifestação de um efeito recíproco entre eles. No Oriente, uma pessoa virtuosa não é aquela que empreende a tarefa impossível de lutar pelo bem e eliminar o mal, mas antes aquela que é capaz de manter um equilíbrio dinâmico entre bem e mal.

Esta noção de equilíbrio dinâmico é essencial no misticismo oriental para entender a unidade dos opostos. Este aspecto foi amplamente sobrevalorizado pelos sábios chineses com o uso dos arquétipos *yin* e *yang*. Chamaram à unidade subjacente de *yin* e *yang* o *tao* e vêem-no como um processo que traz ao de cima o seu efeito recíproco: «Aquiló que permite ora as trevas ora a luz é o *tao*.» \*\*

A unidade dinâmica de pólos opostos pode ser ilustrada com o auxílio de um exemplo simples: de um movimento circular e da sua projecção. Suponhamos uma esfera que percorre um trajecto circular. Se este movimento for projectado num ecrã, torna-se numa oscilação entre dois pontos extremos (para manter a analogia com o pensamento chinês, escrevi *TAO* no círculo e nos pontos extremos da oscilação as palavras *YIN* e *YANG*). A esfera percorre o seu trajecto com velocidade constante, mas na projecção abranda quando se aproxima de um dos extremos, muda de sentido, e acelera novamente para só abrandar, uma vez mais, ao aproximar-se do outro extremo — e por aí fora, em intermináveis ciclos.



Unidade dinâmica de opostos polares

\* Citação in A.W. Watts, *The Way of Zen* (Vintage Book, Nova Iorque, 1957), p. 117.

\*\* R. Wilhelm, *The I Ching or Book of Changes* (Routledge & Kegan Paul, Londres, 1968), p. 297.

Em qualquer projecção deste tipo, o movimento circular aparecerá como uma oscilação entre dois pontos opostos, mas no movimento em si mesmo os opostos estão unificados. Esta imagem de unificação dinâmica dos opostos estava bem enraizada nos cérebros dos pensadores chineses, como se pode ver na seguinte passagem do Chuang-tzu, já anteriormente citado \*:

*A verdadeira essência de Tao é que cessem de ser opostos o «isto» e «aquilo». Apenas a essência, como eixo, é o centro do círculo que responde às infinitas mudanças.*

Uma das principais oposições na vida é dos lados macho e fêmea da natureza humana. Como entre os pólos bem e mal, vida e morte, sentimo-nos pouco à vontade com a distinção macho/fêmea e nós mesmos, e por isso destacamos um ou outro lado. A sociedade ocidental tem tradicionalmente favorecido o lado macho em detrimento da fêmea. Em vez de reconhecer que a personalidade de cada homem e de cada mulher é o resultado de uma reciprocidade entre elementos macho e fêmea, a sociedade estabeleceu uma ordem estática onde todos os homens são supostos serem masculinos e todas as mulheres femininas, e deu aos homens os papéis de chefia e a maioria dos privilégios. Esta atitude resultou numa valorização de todos os aspectos *yang* — ou masculinos — da natureza humana: actividade, pensamento racional, competição, agressividade e por aí fora. O modo de consciência *yin* — ou feminino — que pode ser descrito como intuição, religião, misticismo, ocultismo ou psiquismo, tem sido constantemente suprimido na nossa sociedade machista.

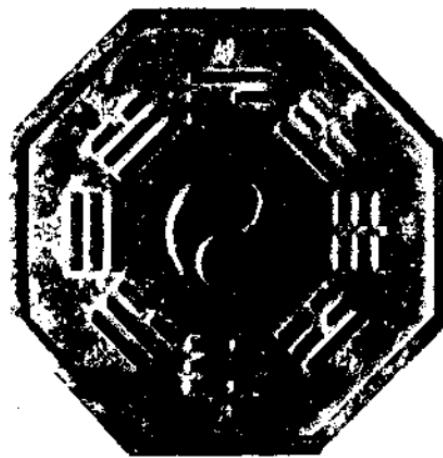
No misticismo oriental, estas características femininas são desenvolvidas e procura-se alcançar uma unidade entre os dois aspectos da natureza humana. Um ser humano totalmente realizado é aquele que, nas palavras de Lao Tzu, «conhece o masculino mas afeiçoa-se ao feminino». Em muitas tradições orientais, o equilíbrio dinâmico entre os modos de consciência masculino e feminino é o objectivo principal da meditação, e é largamente ilustrado em obras de arte. Uma soberba escultura de Shiva no templo hindu de Elephanta mostra três aspectos do deus: à direita, o seu aspecto masculino, realçando virilidade e força de vontade; à esquerda, o feminino — gentil, encantador, sedutor — e ao centro, a união sublime dos dois aspectos na forma magnífica da cabeça de Shiva Mahesvara, o Grande Senhor, irradiando uma tranquilidade serena e uma evasão transcendente. No mesmo templo, Shiva é também representado numa forma andrógina — meio macho, meio fêmea —, em que os movimentos fluidos do corpo do deus e o sereno destacar da sua face simbolizam, uma vez mais, a unidade dinâmica do macho e fêmea.

No budismo tântrico, a polaridade macho fêmea é geralmente ilustrada recorrendo a símbolos sexuais. A sabedoria intuitiva é vista como a qualidade passiva, feminina, da natureza humana; amor e compaixão, como a qualidade activa,

\* Ver pág. 95.



Gravura 1: Satisfação pessoal durante o amor sensual (ver cap. 5); escultura de pedra do templo Citragupta em Khajuraho, cerca de 1000 d.C.



Gravura 2. O grande Senhor, Shiva Mahesvara, nas suas três formas (ver cap. 11); templo de Shiva em Elephanta, século VIII d.C.

Gravura 3. Arranjo de oito trigramas, representando todas as situações humanas e cósmicas (ver cap. 17); octógono pintado por Ch'eng Chung-fang, século XVII.



Gravura 4. A face de Buda, emanando calma e espiritualidade transcendentais (ver cap. 6); Índia, escultura em pedra, século v d.C.

Gravura 5. Caligrafia — forma oriental de desenvolver o modo de consciência meditativa (ver cap. 2); «Espírito-Lua-Círculo» por Ryokwan, século xviii ou início do século xix.



Gravura 6. Shiva em forma andrógena — metade macho, metade fêmea — simbolizando a unidade de opostos (ver cap. 11); templo de Shiva em Elephanta, século VIII d.C.

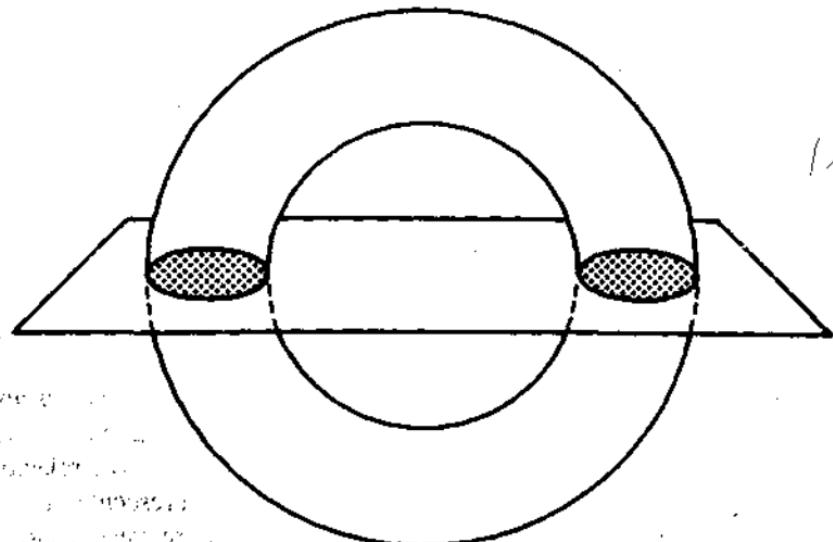
Gravura 7. A Dança de Shiva ilustrada por artistas orientais do século XII e físicos ocidentais do século XX (ver cap. 15).

masculina, e a união de ambos os processos é representada pelo abraço extático das duas divindades. Os místicos orientais afirmam que tal união entre os modos masculino e feminino pode ser apenas sentida num estado superior de consciência, onde o domínio do pensamento e da linguagem é transcendido e todos os opostos surgem unidos dinamicamente.

Já foi referido que se atingiu um tal estado na física moderna. A exploração do mundo subatómico revelou uma realidade que repetidamente transcende a linguagem e a razão, e a unificação de conceitos, que até agora tinham parecido opostos e inconciliáveis, aparece como uma surpreendente característica desta nova realidade. Estes conceitos aparentemente inconciliáveis não são, geralmente, aqueles que concernem ao misticismo oriental — apesar de este ser, às vezes, o caso — mas a sua unificação num nível não usual da realidade estabelece um paralelo entre ambos. Os físicos modernos deveriam penetrar mais profundamente nalguns dos principais ensinamentos do Oriente longínquo e relacioná-lo com as experiências dos seus domínios. Um pequeno mas crescente número de jovens físicos achou este aprofundar de conhecimento sobre misticismo oriental como extremamente valioso e estimulante.

Exemplos de unificação dos opostos na física moderna podem ser encontrados ao nível subatómico, onde as partículas são ao mesmo tempo destrutíveis e indestrutíveis; onde a matéria é simultaneamente contínua e descontínua, energia e matéria são dois aspectos de um mesmo fenómeno. Em todos estes aspectos, que serão discutidos em pormenor em capítulos subsequentes, nota-se que o conjunto dos conceitos opostos, encontrados na nossa experiência do dia-a-dia, é demasiado limitado para o mundo das partículas subatómicas. A teoria da relatividade é crucial para a descrição deste mundo, e na estrutura relativista os conceitos clássicos são transcendidos ao entrar-se num novo campo, o espaço-tempo, um mundo a quatro dimensões. Espaço e tempo são dois conceitos que parecem completamente diferentes, mas que são unificados na física relativista. Esta unidade fundamental é a base para a unificação dos conceitos acima mencionados. À semelhança do sentir dos místicos, tal unificação acontece num nível mais elevado, isto é, numa dimensão mais elevada, e da mesma forma é uma unificação dinâmica, porque a realidade relativista do espaço-tempo é-o intrinsecamente: todos os objectos são também processos e todas as formas são padrões dinâmicos.

Para nos apercebermos de uma tal unificação de entidades aparentemente separadas numa dimensão mais elevada, não precisamos da teoria da relatividade. Pode também sentir-se tal efeito ao passarmos de uma parte para duas dimensões, ou de duas para três. No exemplo, anteriormente referido, do movimento circular e da sua projecção, os pólos opostos da oscilação a uma dimensão (ao longo de uma linha) encontram-se unificados no movimento circular em duas dimensões (sobre um plano). O desenho que se segue apresenta outro exemplo, onde está envolvida uma transição de duas para três dimensões. Essa figura mostra um anel toroidal seccionado por um plano horizontal. Nas duas dimensões do plano as superfícies seccionadas aparecem como dois discos completamente separados, mas em três dimensões eles são apercebidos como integrantes de um



mesmo objecto. Uma unificação similar de entidades que parecem separadas e inconciliáveis é alcançada pela teoria da relatividade ao passar-se de três para quatro dimensões. É no mundo a quatro dimensões da física relativista que energia e matéria são unificadas; onde a matéria pode ser representada por partículas ou por um campo contínuo. Nestes casos, no entanto, a visualização de tais processos deixa de ser possível. Os físicos podem «sentir» o espaço-tempo a quatro dimensões através das teorias abstractas do formalismo matemático, mas a sua imaginação visual — como a de todos nós — é limitada pelo mundo tridimensional dos sentidos. A nossa linguagem e modos de pensamento evoluíram neste mundo a três dimensões e, por isso, achamos extremamente difícil lidar com a realidade a quatro dimensões da física relativista.

O misticismo oriental, no entanto, parece capaz de sentir directa e concretamente uma realidade dimensionalmente mais elevada: num estado de meditação profunda, podem os místicos transcender o mundo a três dimensões da vida quotidiana, e sentir uma realidade totalmente diferente onde todos os opostos estão unidos num todo orgânico. Quando tentam exprimir este conhecimento em palavras, os místicos deparam com os mesmos problemas que surgem aos físicos ao tentarem interpretar uma realidade relativista multidimensional. Nas palavras de Lama Govinda:

*O conhecimento de uma dimensão mais elevada é alcançado pela integração das sensações de diferentes centros e níveis de consciência. Assim, a indescritibilidade de certas experiências de meditação num plano tridimensional de consciência e no seio de um certo sistema lógico reduz as possibilidades de expressão por imposição de mais e mais limites no processo de raciocínio.\**

\* Lama Anagarika Govinda, *Foundations of Tibetan Mysticism* (Rider, Londres, 1973), p. 136.

O mundo a quatro dimensões da teoria da relatividade não é o único exemplo na física moderna onde conceitos aparentemente contraditórios e inconciliáveis são apenas diferentes aspectos de uma mesma realidade. Talvez o caso mais famoso de tal unificação de conceitos contraditórios seja o de ondas e partículas em física atómica.

Ao nível atómico, a matéria exibe um aspecto dual: surge como partículas ou como ondas. O aspecto que aparenta depender da situação. Em algumas situações o aspecto corpuscular é dominante, noutras as partículas comportam-se mais como ondas; e esta dualidade é também expressa na luz e em toda a radiação electromagnética \*. A luz, por exemplo, é emitida e absorvida na forma de «quanta», ou fotões, mas quando estas partículas atravessam o espaço, surgem como campos eléctricos e magnéticos que exibem um comportamento característico de ondas. Os electrões são normalmente considerados como sendo partículas, mas quando um feixe de electrões é forçado a passar através de uma fenda bastante estreita, difracta-se, tal como acontece a um feixe de luz; por outras palavras, o comportamento dos electrões é, neste caso, ondulatório.

uma partícula

uma onda



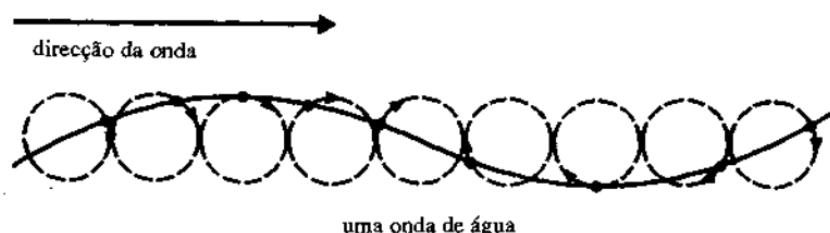
Este aspecto dual da matéria e radiação é de facto bastante surpreendente e deu origem a muitos «koans quânticos» que levaram à formação da teoria quântica. A imagem de uma onda, espalhada pelo espaço, é fundamentalmente diferente da de uma partícula, que implica uma posição bem definida. Foi necessário bastante tempo para os físicos aceitarem o facto de que a matéria se pode manifestar sob formas que parecem excluir-se mutuamente: de que as partículas são também ondas, as ondas também são partículas.

Olhando para ambas as imagens, um leigo pode ser levado a afirmar que a contradição pode ser resolvida se se considerar que a figura em cima representa simplesmente uma partícula movendo-se ondulatoriamente. Este argumento, no entanto, resulta de uma incompreensão da natureza das ondas. Partículas que se movam de uma forma ondulatória não existem na natureza. Numa onda do mar, por exemplo, as partículas de água não se deslocam com a onda, movem-se em círculos à medida que a onda passa. Do mesmo modo, as partículas de ar numa onda sonora oscilam apenas para trás e para a frente, mas não se propagam com a onda. O que é transportado com a onda é a perturbação que causa o fenómeno \*\*, mas não qualquer partícula material. Assim, na teoria quântica, não se fala acerca da

\* A luz, no sentido apresentado pelo autor, é também radiação electromagnética (N. do T.).

\*\* Uma onda transporta energia (N. do T.).

trajectória da partícula quando se afirma que esta é também uma onda. O que pretendemos é afirmar que a característica ondulatória como um todo é uma manifestação da partícula. A imagem de um deslocamento ondulatório é então completamente diferente da de um deslocamento de partículas; tão diferente — nas palavras de Victor Weisskopf — «como a noção de ondas num lago e a de um cardume de peixes deslocando-se na mesma direcção».\*



O fenómeno ondulatório é encontrado nos mais variados contextos em física, e pode ser descrito empregando sempre o mesmo formalismo matemático onde quer que surja. As mesmas ferramentas matemáticas que são usadas para descrever uma onda luminosa, uma corda de guitarra a vibrar, uma onda sonora, uma onda no mar. Na teoria quântica, estas ferramentas são usadas para descrever as ondas associadas a uma partícula. Desta vez, no entanto, as ondas tomam um aspecto muito mais abstrato. Estão intimamente relacionadas com a natureza estatística da teoria quântica, isto é, com o facto de os fenómenos atómicos apenas poderem ser descritos em termos probabilísticos. A informação acerca das probabilidades de existência de uma partícula está contida naquilo a que se chama função de probabilidade, e a forma matemática desta entidade é a de uma onda, o que significa que é similar às formas usadas para descrever outros tipos de ondas. As ondas associadas com partículas, no entanto, não são ondas «reais», a três dimensões, como as ondas do mar ou as ondas sonoras; são sim «ondas de probabilidade», quantidades matemáticas abstractas que estão relacionadas com a possibilidade de encontrar uma partícula em determinadas posições e com determinadas propriedades.

A introdução do conceito de ondas de probabilidade resolve, de certa forma, o paradoxo de as partículas serem ondas ao introduzir a questão num novo contexto; mas ao mesmo tempo leva ao aparecimento de um novo conjunto de conceitos opostos ainda mais importante — o da existência e não existência. Este par de opostos transcende também a realidade atómica. Nunca podemos afirmar que uma partícula existe numa determinada posição, nem podemos afirmar que não existe. Sendo um padrão de probabilidades, a partícula tem tendência para existir em várias posições, e manifesta assim uma estranha espécie de realidade física entre existência e não existência. Não podemos assim

\* V. F. Weisskopf, *Physics in the Twentieth Century — Selected Essays* (M.I.T. Press, Cambridge, Mass., 1972), p. 30.

descrever o estado de uma partícula em termos de conceitos opostos concretos. A partícula não está presente num determinado local, nem está ausente. Não se desloca da sua posição, nem permanece em repouso. O que muda é o padrão de probabilidade e assim, as tendências para a partícula existir em determinadas posições. Nas palavras de Robert Oppenheimer:

*Se perguntarmos, por exemplo, se a posição de um electrão permanece invariável, temos de responder «não», se perguntarmos se a posição do electrão se altera com o tempo, temos de responder «não»; se perguntarmos se o electrão se encontra em repouso, temos de responder «não»; se perguntarmos se se encontra em movimento, temos de dizer «não». \**

A realidade encarada pelo físico atómico, tal como a realidade do místico oriental, transcende o estreito conjunto dos conceitos opostos. As palavras de Oppenheimer parecem ser um eco das palavras da *Upanishad*:

*Move-se. Não se move.  
Está distante, e está perto.  
Está contido em tudo isto,  
E está ausente de tudo isto. \*\**

Energia e matéria, ondas e partículas, movimento e repouso, existência e não-existência — estes são alguns dos conceitos opostos, ou contraditórios, que são transcendidos na física moderna. De todos estes pares, o último parece ser o fundamental, e no entanto, em física atómica, temos de alcançar ainda mais longe do que os conceitos de existência e não existência. Esta é a característica da teoria quântica mais difícil de ser aceite e que se situa no centro da contínua discussão acerca da sua interpretação. Simultaneamente, o transcender dos conceitos de existência e não existência é também um dos aspectos mais intrigantes do misticismo oriental. Tal como os físicos atómicos, também os místicos orientais lidam com uma realidade que se situa para além da existência ou não existência, e eles sublinham com frequência este importante facto. Assim, Ashvaghosha:

*Omnisciência não é nem o existente, nem o não existente, nem aquilo que é simultaneamente existente e não existente, nem aquilo que não é simultaneamente existente e não existente. \*\*\**

Defrontados com uma realidade que se situa para além de conceitos opostos, os físicos e os místicos têm de adoptar um modo diferente de pensar, onde a

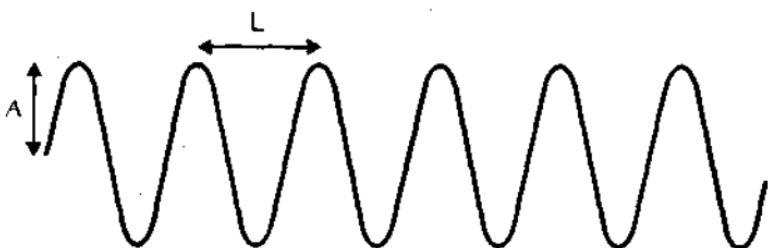
\* J. R. Oppenheimer, *Science and the Common Understanding* (Oxford University Press, Londres, 1954), pp. 42-3.

\*\* *Isa-Upanishad*, 5.

\*\*\* Ashvaghosha, *The Awakening of Faith*, trad. D.T. Suzuki (Open Court, Chicago, 1900), p. 59.

mente não se torne solidária com a estrutura rígida da lógica clássica, mas se mantenha dinâmica e com constantes mudanças de pontos de vista. Na física atómica, por exemplo, estamos agora habituados a usar ambos os conceitos de partícula e onda na descrição da matéria. Aprendemos a jogar com as duas imagens, alternando uma e outra, por forma a enfrentar a realidade atómica. Este é precisamente o modo de pensar dos místicos orientais quando tentam interpretar o sentir de uma realidade para além dos opostos. Nas palavras do Lama Govinda, «o modo de pensar oriental assemelha-se muito a um movimento cílico em torno do objecto de contemplação... uma impressão multifacetada, isto é, multidimensional, formada pela sobreposição de impressões simples de diferentes pontos de vista»\*.

Para vermos como é possível alterar entre a imagem de partícula e a de onda em física atómica, examinemos, em mais detalhe, os conceitos de onda e partícula. Uma onda é um modelo vibracional no espaço e no tempo. Podemos olhar para ela num determinado instante e veremos então uma função periódica no espaço, como no exemplo seguinte. Esta função é caracterizada por uma amplitude  $A$ , a extensão da vibração, e um comprimento de onda  $L$ , a distância entre dois picos sucessivos.



um padrão ondulatório

Alternativamente, podemos seguir a deslocação de um ponto definido da onda, e veremos então uma oscilação caracterizada por uma determinada frequência, o número de vezes que o ponto oscila, para trás e para diante, por segundo.

Voltemos agora à imagem de partícula. De acordo com as ideias clássicas, uma partícula apresenta uma posição bem definida num qualquer instante, e o seu deslocamento pode ser descrito em termos de velocidade e energia. Partículas que se movem a alta velocidade possuem uma energia elevada. De facto, os físicos raramente usam a palavra «velocidade» para descrever o movimento de uma partícula, preferem usar o termo «momento», que é definido como a massa da partícula pela sua velocidade.

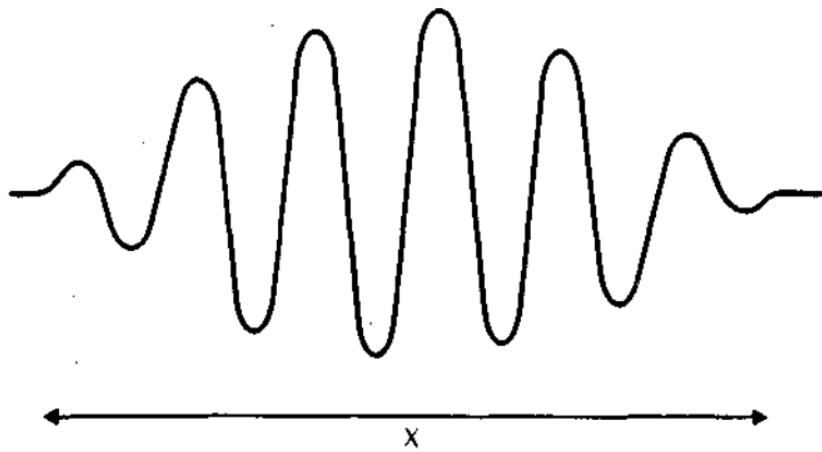
A teoria quântica associa as propriedades de uma onda de probabilidade com as propriedades da partícula correspondente, relacionando a amplitude da onda

\* Lama Anagarika Govinda, «Logic and Symbol in the Multi-Dimensional Conception of the Universe», *The Middle Way*, vol. 36 (Fevereiro, 1962), p. 152.

num determinado local com a probabilidade de aí encontrar a partícula. Onde a probabilidade é elevada é quase certo encontrar a partícula se a procurarmos; onde for baixa, será pouco provável encontrá-la. O exemplo de oscilador apresentado na página 119 tem a mesma amplitude ao longo de todo o comprimento, e a partícula pode assim ser encontrada em qualquer posição com a mesma probabilidade \*.

A informação do modo de deslocamento da partícula encontra-se contida no comprimento de onda e frequência de onda. O comprimento de onda é inversamente proporcional ao momento da partícula, o que significa que uma onda que apresente um pequeno comprimento de onda corresponde a uma partícula que se desloca com um momento elevado (e assim com uma alta velocidade). A frequência da onda é proporcional à energia da partícula; uma onda com uma alta frequência implica uma partícula com uma alta energia. No caso da luz, por exemplo, o violeta tem uma alta frequência, e um correspondente pequeno comprimento de onda, consistindo assim de fotões com alta energia e momento, enquanto que a luz vermelha tem uma baixa frequência, e um elevado comprimento de onda correspondendo a fotões de baixa energia e momento.

Uma onda com as características das do nosso exemplo não nos diz muito acerca da posição da correspondente partícula. Pode ser encontrada em qualquer posição ao longo da onda com a mesma probabilidade. No entanto, lida-se com frequência com situações onde a posição da partícula é conhecida com alguma precisão, como por exemplo na descrição de um electrão no átomo. Neste caso, a probabilidade de o encontrar em várias posições tem de estar confinada a uma determinada região. O diagrama que se segue apresenta um padrão



trem de ondas correspondente a uma partícula localizada algures na região x

\* Neste exemplo não se deve pensar que a partícula tem mais probabilidades de ser encontrada onde a onda apresenta picos do que nos locais onde apresenta vales. O modelo de onda estática da imagem é apenas uma «fotografia instantânea» de uma vibração contínua durante a qual cada ponto de onda atinge o topo de um pico em intervalos de tempo periódicos.

ondulatório que corresponde a uma partícula confinada a uma região X. Tal padrão é designado por um trem de ondas \*. É composto de várias formas de onda com vários comprimentos de onda, que interferem de modo destrutivo\*\* fora da região X, de tal forma que a amplitude total — e a correspondente probabilidade de aí encontrar a partícula — é nula, enquanto que no interior da região X a interferência é construtiva. Este padrão mostra que é possível encontrar a partícula algures no interior da região X, mas não permite especificar onde. Para pontos no interior da região apenas podemos dispor das probabilidades da presença da partícula (a partícula tem maior probabilidade de se encontrar no centro, onde a amplitude é maior, do que nos extremos do trem de ondas, onde a amplitude é menor). A dimensão do trem de ondas representa assim a incerteza na localização da partícula.

A propriedade mais importante de uma tal estrutura ondulatória é a de não apresentar um comprimento de onda bem definido, único, isto é, a distância entre dois picos sucessivos não permanece constante. Existe um desvio em relação a esse valor definido do comprimento de onda que é função da dimensão do trem de ondas: quanto mais curto for, maior será o desvio a esse comprimento de onda. Tal facto não tem nada a ver com a teoria quântica, mas deriva apenas das propriedades de um comportamento ondulatório. Os trens de ondas não possuem comprimento de onda bem definido. A teoria quântica entra em campo quando se associa o comprimento de onda com o momento da partícula correspondente. Se o trem de ondas não possui um comprimento de onda bem definido, a partícula não possui um momento bem definido. Isto significa que não existe só uma incerteza na posição ocupada pela partícula, correspondente à dimensão do trem de ondas, mas também uma incerteza no seu momento, causada pela dispersão no comprimento de onda. As duas incertezas estão inter-relacionadas, pois a dispersão no comprimento de onda (isto é, a incerteza no momento) depende da dimensão do trem de ondas (isto é, da incerteza na posição). Se pretendermos localizar a partícula com maior precisão, isto é, se quisermos confinar o trem de ondas a uma região menor, tal facto resultará num aumento da dispersão do comprimento de onda, e consequentemente num aumento na incerteza do seu momento.

A relação matemática entre as incertezas do momento e posição da partícula é conhecida como a relação de incerteza de Heisenberg, ou princípio de incerteza. No mundo subatómico, significa que nunca podemos saber simultaneamente com grande precisão a posição e o momento de uma partícula. Quanto melhor conhecermos a sua posição tanto maior será a imprecisão no seu momento, e vice-versa. Podemos decidir conhecer com grande precisão uma das duas quantidades, mas nesse caso teremos de permanecer completamente ignorantes quanto

\* Por comodidade, lidamos aqui apenas com uma dimensão do espaço, isto é, com a possível localização de uma partícula ao longo de uma linha. Os padrões de probabilidades, apresentados na pág. 110 são exemplos bidimensionais correspondentes a trens de ondas mais complexos.

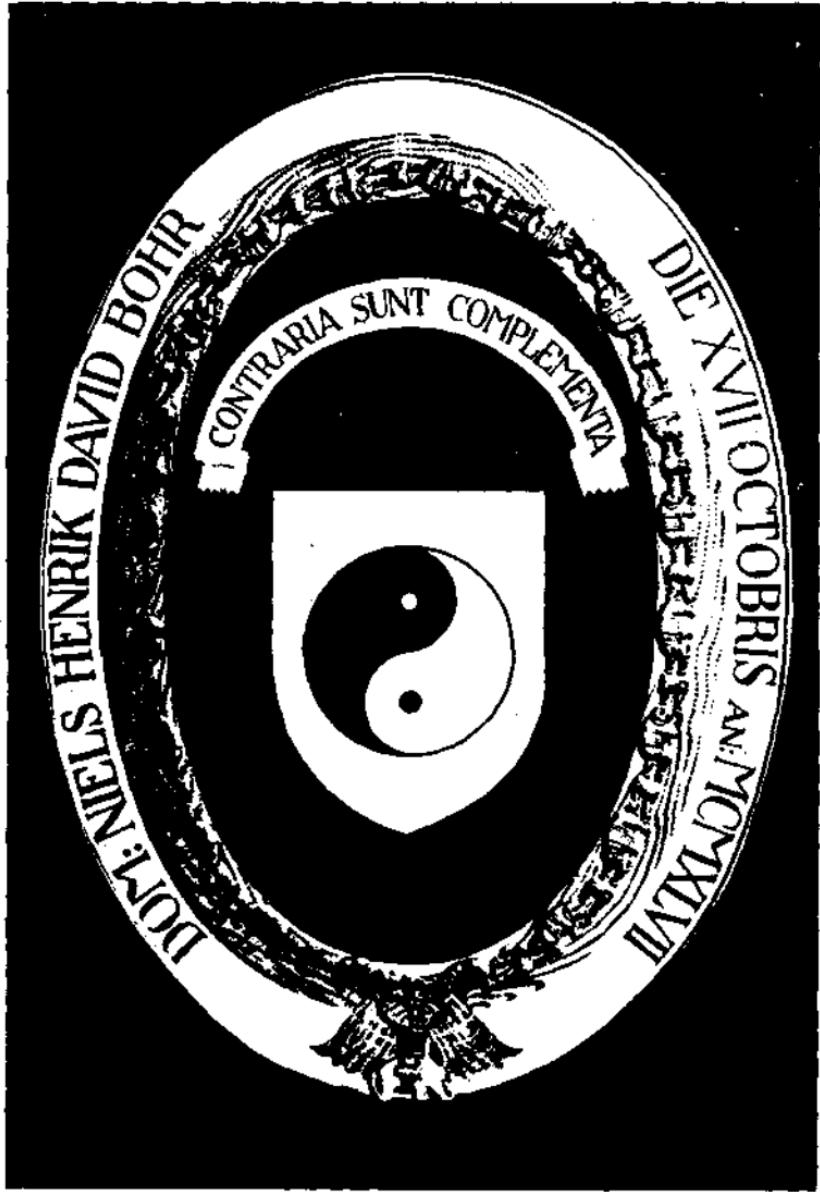
\*\* Ver pág. 45.

à outra. É importante compreender que, tal como já foi referido no capítulo anterior, esta limitação não é causada pelas imperfeições dos instrumentos de medida, mas é de facto uma limitação do princípio. Se decidirmos medir com precisão a posição da partícula, ela não terá um momento bem definido e vice-versa.

A relação entre as incertezas na posição e no momento não é a única forma que assume o princípio de incerteza. Existem relações similares entre outras quantidades, como por exemplo entre o intervalo de tempo que dura a ocorrência de um acontecimento atómico e a energia envolvida no processo. Isto pode ser facilmente visualizado se imaginarmos o trem de ondas não como um padrão no espaço, mas como um padrão vibracional no tempo. À medida que uma partícula passa por um determinado ponto de observação, as vibrações do padrão ondulatório começarão por ter, nesse ponto, sucessivamente, uma pequena amplitude que aumentará e decrescerá novamente até se desvanecer completamente. O tempo de ocorrência de tal acontecimento representa o tempo durante o qual a partícula passa pelo nosso ponto de observação. Podemos dizer que a passagem da partícula ocorre durante um determinado intervalo de tempo, mas não podemos localizá-la com maior precisão. A duração do padrão ondulatório representa assim a incerteza na localização temporal do acontecimento.

Tal como o padrão no espaço do trem de ondas não tem um comprimento de onda bem definido, também o correspondente padrão vibracional não tem uma frequência bem definida no tempo. A dispersão na frequência depende da duração do padrão vibracional, e como a teoria quântica associa a frequência da onda com a energia da partícula, então esta dispersão corresponde a uma incerteza na energia da partícula. Assim, uma incerteza na localização de um acontecimento no tempo corresponde a uma incerteza na sua energia, do mesmo modo que a uma incerteza na localização da partícula no espaço corresponde a uma incerteza no seu momento. Isto significa que nunca podemos conhecer com grande precisão simultaneamente quando é que um determinado acontecimento ocorre ou qual a energia envolvida no processo. Acontecimentos que ocorram num curto intervalo de tempo levam a uma grande incerteza na sua energia; acontecimentos que envolvam uma energia definida podem apenas ser localizados num largo período de tempo.

A importância fundamental do princípio de incerteza é que expressa numa forma matemática precisa as limitações dos nossos conceitos clássicos. Tal como já foi afirmado anteriormente, o mundo subatómico surge como uma teia de relações entre várias partes de um todo unificado. As nossas noções clássicas, oriundas do nosso sentir macroscópico, não se mostram totalmente adequadas para descrever este mundo. Para começar, o conceito de uma entidade física distinta, como uma partícula, é uma idealização que não tem um significado fundamental. Pode apenas ser definido em termos das suas ligações com o todo, e estas são de natureza estatística — probabilidades em vez de certezas. Quando descrevemos as propriedades de uma tal entidade em termos de conceitos clássicos — como posição, energia, momento, etc. — somos levados a admitir que existem pares de conceitos que estão inter-relacionados e não podem ser simultaneamente definidos de uma forma precisa. Quanto mais se impõe um



Cota de armas de Niels Bohr; do livro de memórias, *Niels Bohr* editado por S. Rozental (North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1967)

determinado conceito a um «objecto» físico, tanto mais o outro conceito se torna incerto, e a relação exacta entre ambas é dada pelo princípio de incerteza.

A noção de complementaridade tornou-se uma parte essencial do modo de pensamento dos físicos acerca da natureza, e Bohr sugeriu que tal aspecto pode também ser útil fora do campo da física; de facto, esta noção demonstrou ser extremamente útil há cerca de 2500 anos; exerceu um papel importante no

antigo modo de pensar chinês, que se baseava no facto de conceitos opostos se situarem em pontos extremos — ou complementares. Os sábios chineses representaram esta complementaridade de opostos pelos arquétipos *yin* e *yang*, e viram a sua inter-relação como a essência de todos os fenómenos naturais e de todas as situações humanas.

Para uma melhor compreensão da relação entre pares de conceitos clássicos opostos, Niels Bohr introduziu a noção de complementaridade. Considerou a imagem de partícula e de onda como duas descrições complementares de uma mesma realidade, cada uma das quais sendo apenas parcialmente correcta e tendo inter-relação como a essência de todos os fenómenos naturais e de todas as situações humanas.

Niels Bohr estava bem ciente do paralelo existente entre o seu conceito de complementaridade e o pensamento chinês. Quando visitou a China em 1937, numa altura em que a sua interpretação da teoria quântica se encontrava já completamente desenvolvida, ficou profundamente impressionado com a antiga noção chinesa de opostos, e desde aí manifestou interesse pela cultura oriental. Dez anos mais tarde, Bohr foi agraciado com o reconhecimento pela sua importante contribuição para a ciência e para a vida cultural dinamarquesa; e quando teve de escolher um motivo para a sua cota-de-armas, o seu favor foi para o símbolo de *Ta-chi* representando a relação complementar que existe entre os arquétipos opostos de *yin* e *yang*. Ao escolher este tipo de simbologia para a sua cota-de-armas em conjunção com a inscrição *Contraria sunt complementa* (os opostos são complementares), Niels Bohr reconheceu a profunda harmonia existente entre a antiga sabedoria oriental e a moderna ciência ocidental.

# Espaço-tempo

11

A física moderna confirmou de uma forma dramática uma das ideias básicas do misticismo oriental — todos os conceitos que usamos para descrever a natureza são limitados; não são características da natureza, mas apenas criações da nossa mente, partes de um mapa, não de um território. Quando expandimos o alcance do nosso sentir, as limitações da nossa mente racional tornam-se parentes e temos de modificar, ou mesmo abandonar, alguns dos nossos conceitos.

As nossas noções de espaço e de tempo têm um lugar destacado no nosso mapa da realidade. Servem para ordenar e localizar coisas e acontecimentos no nosso meio ambiente e são por isso de importância primordial, não só na nossa vida quotidiana, mas também nas nossas tentativas de compreender a natureza através da ciência e da filosofia. Não existe qualquer lei da física que não requeira, para a sua formulação, os conceitos de espaço e tempo. A profunda modificação que a teoria da relatividade introduziu nestes conceitos básicos originou assim uma das maiores revoluções na história da ciência.

A física clássica baseia-se na noção de um espaço tridimensional, absoluto, independente dos objectos materiais que contém, obedecendo às leis da geometria euclidiana, e numa noção de tempo como uma dimensão independente, novamente absoluta, que flui a um ritmo constante, isolada do mundo material. No Ocidente, estas noções de espaço e tempo encontravam-se tão profundamente enraizadas nos filósofos e cientistas que eram aceites como verdadeiras e inquestionáveis propriedades da natureza.

Acreditar que a geometria é inerente à natureza, e não parte de uma estrutura que usamos para a descrever, vem do pensamento grego. A geometria demonstrativa era um dos principais elementos da matemática grega e teve uma profunda influência na sua filosofia. Ao tomar como inquestionáveis alguns axiomas e, a partir daí, derivar teoremas por raciocínio dedutivo, tornou-se uma característica do pensamento filosófico grego; a geometria encontrava-se pois no centro de todas as actividades intelectuais e formava a base do treino filosófico. O portão da Academia de Platão, em Atenas, diz-se ter suportado a inscrição: «Não está autorizado a entrar, a não ser que saiba geometria.» Os gregos acreditavam que os seus teoremas matemáticos expressavam verdades eternas e absolutas acerca do mundo real e que as formas geométricas eram manifestações de uma beleza absoluta. A geometria era considerada como sendo uma combinação

perfeita de lógica e beleza, e por isso acreditavam que a sua origem era divina. Daí a divisa de Platão: «Deus é um geómetra!»

Como a geometria era vista como uma revelação de Deus, era óbvio para os gregos que o céu devia exibir formas geométricas perfeitas. Isto significava que os corpos celestes se deviam mover em círculos. Para apresentar uma imagem ainda mais divinamente geométrica, pensava-se que esses corpos se encontrariam fixos a uma série de esferas cristalinas concêntricas que se moviam como um todo, com a Terra no seu centro.

Nos séculos vindouros, a geometria grega continuou a exercer uma forte influência na ciência e filosofia ocidentais. O *Elementos* de Euclides era o principal manual nas escolas europeias até ao início deste século e a geometria euclidiana foi considerada como sendo a verdadeira natureza do espaço por mais de dois mil anos. Foi preciso um Einstein para que os filósofos e cientistas se apercebessem que a geometria não é inerente à natureza, mas que é nela imposta pela mente. Nas palavras de Henry Margenau:

*A conclusão central da teoria da relatividade é que a geometria é uma construção do intelecto. Somente quando esta noção for aceite pode a mente lidar com as referenciais noções de espaço e tempo, para se aperceber das possibilidades disponíveis para as definir e para seleccionar uma formulação que esteja de acordo com a observação.* \*

A filosofia oriental, ao contrário dos gregos, sempre afirmou que espaço e tempo eram construções da mente. Os místicos orientais sempre consideraram estes conceitos como quaisquer outros de origem intelectual: relativos, limitados, ilusórios. Num texto budista, por exemplo, encontramos as palavras:

*Ó monges, foi ensinado pelo Buda que o passado, o futuro, o espaço físico e indivíduos não são mais do que nomes, formas do pensamento, palavras de uso comum, meras realidades superficiais.* \*\*

Assim, no Oriente longínquo, a geometria nunca atingiu o estatuto que conseguiu na Grécia antiga, o que não significa que os indianos ou chineses pouco conhecessem dela. Usavam-na intensivamente para construírem altares de formas geométricas precisas, na medição da Terra, e no cartear dos céus, mas nunca para determinar verdades eternas e abstractas. Esta atitude filosófica reflecte-se também no facto de a antiga ciência oriental não achar necessário enquadrar a natureza num esquema de linhas rectas ou círculos perfeitos. As considerações de Joseph Needham acerca da astronomia chinesa são bastante interessantes neste contexto:

\* In P. A. Schilpp (ed.) *Albert Einstein: Philosopher-Scientist* (The Library of Living Philosophers, Evanston, Illinois, 1949), p. 250.

\*\* *Madhyamika Karika Vrtti*, citação in T. R.V. Murti, *The Central Philosophy of Buddhism* (Allen & Unwin, Londres, 1955), p. 168.

*Os [astrónomos] chineses não sentiam necessidade de formas [geométricas] de esclarecimento — os componentes do organismo universal seguiam o seu Tao cada um, de acordo com a sua natureza, e os seus movimentos podem ser seguidos com a forma essencialmente «não representacional» da álgebra. Os chineses encontravam-se assim libertos da obsessão dos astrónomos europeus, que consideravam o círculo como a figura perfeita, nem sentiam o aprisionamento imposto por esferas cristalinas.* \*

Os antigos filósofos e cientistas orientais tinham já a atitude fundamental da teoria da relatividade — os nossos conceitos geométricos não são propriedades absolutas e imutáveis da natureza, mas sim construções intelectuais. Nas palavras de Ashvaghosha:

*Que fique bem claro que o espaço não é mais que um modo descriptivo, sem existência em si mesmo. O espaço apenas existe em relação à nossa consciência particularizante.* \*\*

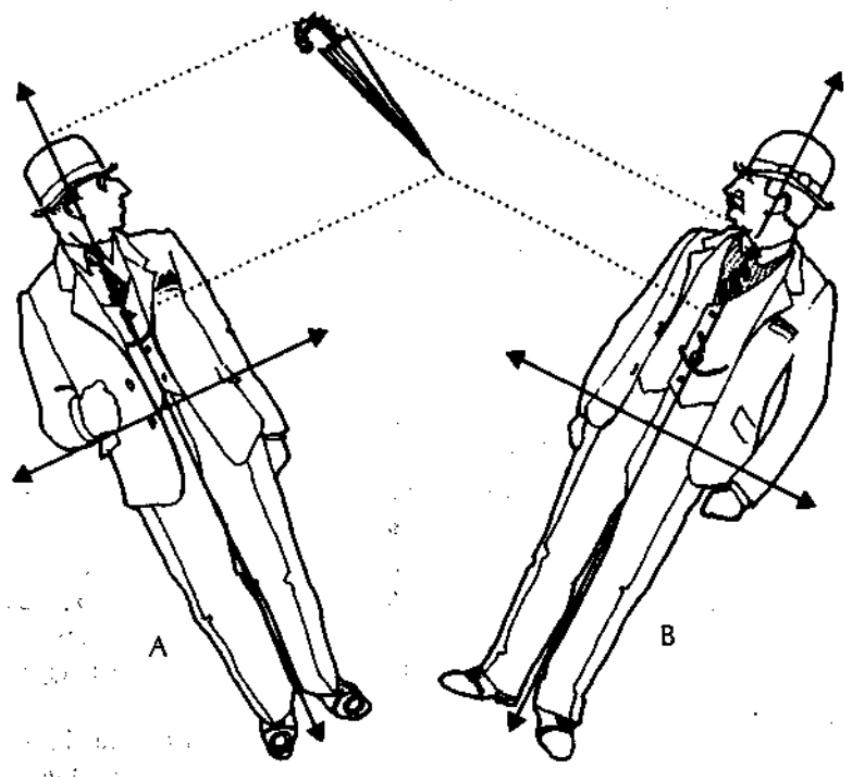
O mesmo se aplica à nossa noção de tempo. Os místicos orientais ligam as noções de espaço e tempo a estados particulares de consciência. Sendo capazes de ir além do estado normal de consciência através da meditação, apercebem-se que esses conceitos convencionais não são a última verdade. A apurada concepção de espaço e tempo que resulta do seu sentir místico mostra-se, em muitos aspectos, semelhante ao conhecimento adquirido pela física moderna, como é exemplificado pela teoria da relatividade.

Qual é então esta nova perspectiva em relação ao espaço e ao tempo que surgiu da teoria da relatividade? Baseia-se no facto de que todas as medições efectuadas no tempo e no espaço são relativas. A relatividade dos acontecimentos no espaço era já um facto conhecido. Era já tido como certo que a posição de um objecto no espaço poder ser definida relativamente a um outro objecto. Isto é geralmente conseguido com o auxílio de três coordenadas, e o ponto a partir do qual estas são medidas pode ser o local onde se encontra o «observador».

Para ilustrar a relatividade de tais coordenadas, imaginemos dois observadores que flutuam no espaço, observando um guarda-chuva, como no desenho que se segue. O observador A vê o guarda-chuva à sua esquerda e ligeiramente inclinado por tal forma que o cabo se encontra mais próximo de si. O observador B, por outro lado, vê o guarda-chuva à sua direita e com inclinação tal que é o cabo que se encontra mais afastado dele. Expandindo este exemplo bidimensional para três dimensões, torna-se claro que as especificações

\* J. Needham, *Science and Civilization in China* (Cambridge University Press, Londres, 1956), vol. III, p. 458.

\*\* Ashvaghosha, *The Awakening of Faith*, trad. D. T. Suzuki, (Open Court, Chicago, 1900), p. 107.



Dois observadores, A e B, observando um guarda-chuva

espaciais — tais como «esquerda», «direita», «cima», «baixo», «inclinado», etc. — dependem da posição do observador e são relativas. Isto já era conhecido muito antes do surgimento da teoria da relatividade. O caso temporal, no entanto, assume uma posição inteiramente diferente na física clássica. A ordem no tempo de dois acontecimentos era tida como independente de qualquer observador. Especificações referentes ao tempo — tal como «antes», «depois», ou «simultâneas» — eram admitidas como tendo um significado absoluto, independentemente de qualquer sistema de coordenadas.

Einstein reconheceu que as especificações temporais são também relativas e dependentes de um observador. No dia-a-dia criamos a noção de ser possível ordenar os acontecimentos que nos rodeiam numa sequência temporal única devido ao facto de a velocidade da luz — 300 000 quilómetros por segundo — ser tão elevada, comparativamente com qualquer outra velocidade que conhecemos, que podemos assumir que os acontecimentos se dão no instante em que ocorrem. Tal facto é, no entanto, incorrecto. A luz necessita de tempo para viajar do local do acontecimento até ao observador. Normalmente, esse tempo é tão curto que se pode considerar a propagação da luz como sendo instantânea; mas quando o observador se desloca a uma velocidade elevada

relativamente ao fenómeno observado, o intervalo de tempo que existe entre a ocorrência e a sua observação adquire um papel muito importante no estabelecimento da sequência de acontecimentos. Einstein apercebeu-se que, em tal caso, observadores que se desloquem a diferentes velocidades ordenarão os acontecimentos no tempo de forma diferente\*. Dois acontecimentos que parecem ocorrer simultaneamente para um determinado observador, podem ocorrer em sequências temporais diferentes para outro. As velocidades normais, bastante inferiores à da luz, as diferenças existentes são tão pequenas que não são detectáveis, mas quando a velocidade aumenta os seus efeitos passam a ser mensuráveis. Na física de altas energias, onde os acontecimentos são interacções entre partículas movendo-se a velocidades próximas da velocidade da luz, a relatividade do tempo é facilmente estabelecida e confirmada por inúmeras experiências\*\*.

A relatividade do tempo também nos força a abandonar o conceito newtoniano de espaço absoluto. Tal espaço era visto como tendo uma configuração de matéria bastante definida em cada instante; mas como agora tal simultaneidade é um conceito relativo, dependente do tipo de movimento do observador, já não é possível definir um tal instante para todo o universo. Um acontecimento longínquo que ocorra num determinado instante para um observador pode acontecer mais cedo ou mais tarde para outro. Não é então possível falar do «universo num dado instante» de uma forma absoluta; não existe espaço absoluto independentemente do observador.

A teoria da relatividade veio mostrar-nos que todas as medições efectuadas, que envolvem espaço e tempo, perdem o seu significado absoluto, forçando-nos a abandonar os conceitos clássicos de espaço e tempo absolutos. A importância fundamental de tal desenvolvimento é claramente expressa nas palavras de Mendel Sachs:

*A verdadeira revolução que surgiu com a teoria de Einstein foi abandonar a ideia que o sistema de coordenadas a quatro dimensões do espaço-tempo tem um significado objectivo como entidade física isolada. No lugar de tal conceito, a teoria da relatividade veio colocar a noção de as coordenadas do espaço e tempo serem apenas elementos de uma linguagem que é usada por um observador para descrever o mundo que o rodeia. \*\*\**

Esta afirmação de um físico contemporâneo revela a íntima afinidade existente entre as noções de espaço e tempo na física moderna e as noções dos

\* Para concluir tal facto é essencial tomar em linha de conta que a velocidade da luz é a mesma para todos os observadores.

\*\* De notar que, neste caso, o observador se encontra em repouso no seu laboratório, mas que os acontecimentos que ele observa são provocados por partículas que se movem a diferentes velocidades. O efeito é o mesmo. O que conta é o movimento relativo do observador e dos acontecimentos observados. Qual dos dois se desloca em relação ao laboratório é irrelevante.

\*\*\* M. Sachs, «Space Time and Elementary Interactions in Relativity», *Physics Today*, vol. 22 (Fevereiro 1969), p. 53.

místicos orientais, que declararam, como já foi referido, que espaço e tempo «não são mais do que nomes, formas de pensamento, palavras de uso comum».

Tendo as noções de espaço e tempo sido reduzidas ao papel subjectivo de elementos de linguagem empregues por um utilizador para descrever fenómenos naturais, conclui-se que cada observador descreverá tais fenómenos de diferentes maneiras. Para conseguirem retirar algumas leis universais das suas descrições, os observadores devem formular essas leis de tal forma que a sua interpretação seja a mesma em todos os sistemas de coordenadas, isto é, para todos os observadores em quaisquer posição e movimento relativos.

Este requisito é conhecido como o princípio da relatividade e foi, de facto, o ponto de partida para a teoria da relatividade. É curioso que o embrião de toda a teoria estivesse contido num paradoxo que surgiu a Einstein quando ele tinha apenas dezasseis anos. Imaginou como um observador veria um feixe de luz se se deslocasse, juntamente com ele, à velocidade da luz, e concluiu que esse observador veria esse feixe de luz como um campo electromagnético oscilante aparentemente em repouso, isto é, sem se propagar, sem formar uma onda. No entanto, tal fenômeno é desconhecido em física. Parecia, então, aos olhos do jovem Einstein, que algo que era observado por um observador, como sendo um fenômeno electromagnético bem conhecido, nomeadamente um feixe de luz, surgisse como um fenômeno contraditório das leis da física, algo que ele não podia aceitar. Anos mais tarde, Einstein apercebeu-se que o princípio da relatividade pode ser satisfeito na descrição de fenômenos electromagnéticos apenas se todas as referências espaciais e temporais forem relativas. As leis da dinâmica, que regulam os fenômenos de corpos em movimento, e as leis da electrodinâmica, a teoria da electricidade e magnetismo, podem ser formuladas numa estrutura «relativística» comum que inclui três coordenadas espaciais e uma quarta, o tempo, a ser especificado relativamente ao observador.

Por forma a verificar se o princípio da relatividade é satisfeito, isto é, se as equações de uma teoria se mostram as mesmas em qualquer sistema de coordenadas, devemos ser capazes de transformar as especificações de tempo e espaço de um sistema de coordenadas, ou referencial, para outro. Tais «transformações» eram já conhecidas e largamente empregues na física clássica. Por exemplo, a transformação entre os dois referenciais ilustrados na página 132, expressa cada uma das coordenadas do observador A (uma horizontal e outra vertical, indicado pelas linhas em cruz encabeçadas por uma seta) como uma combinação das coordenadas do observador B, e vice-versa. As expressões exatas podem facilmente ser obtidas com o auxílio da geometria elementar.

Em física relativista surge uma nova situação pelo facto de uma quarta dimensão, o tempo, ser aditada às três coordenadas especiais. Como a transformação de cada coordenada entre diferentes referenciais é expressa como uma combinação de coordenadas de um outro referencial, uma coordenada especial surgirá, geralmente, como uma mistura de coordenadas de espaço e tempo. Esta é, na verdade, uma situação inteiramente nova. Cada mudança de sistema de coordenadas mistura espaço e tempo numa forma matemática bem definida. Os dois

conceitos não podem mais ser tidos como independentes, pois o que para um observador é espaço será para outro uma conjunção de espaço e tempo. A teoria da relatividade veio mostrar que o espaço não é tridimensional e que o tempo não pode ser considerado uma entidade isolada. Estão ambos intimamente ligados e inseparavelmente conexos, formando um contínuo a quatro dimensões à que se dá o nome de «espaço-tempo». Este conceito de espaço-tempo foi introduzido em 1908 por Hermann Minkowski com as seguintes palavras:

*As visões de espaço e tempo que quero apresentar-vos brotaram do terreno experimental da física, e ali reside a sua força. São radicais. Daqui em diante, espaço, por si só, e tempo, por si só, estão condenados a desaparecer em sombras difusas, e apenas uma união das duas prevalecerá como uma realidade independente.* \*

Os conceitos de espaço e tempo são tão fundamentais para a descrição de um fenómeno natural que a sua modificação produz uma alteração completa em toda a estrutura física empregue para descrever a natureza. Na nova estrutura, espaço e tempo são tratados em pé de igualdade e estão ligados inseparavelmente. Em física relativista nunca podemos referir um sem referir o outro, e vice-versa. Esta nova estrutura deve ser usada sempre que se encontrem envolvidas velocidades próximas da velocidade da luz.

Existia já um elo de ligação entre espaço e tempo na astronomia, num contexto diferente, muito antes de surgir a teoria da relatividade. Astrónomos e astrofísicos lidam com distâncias enormes e, aqui novamente, o facto de a luz necessitar de um intervalo de tempo para se propagar do objecto observado ao observador é um dado importante. Devido ao facto de a luz possuir uma velocidade de progação finita, o astrónomo nunca observa o universo no seu estado presente — ele olha sempre para o passado. A luz leva cerca de oito minutos para percorrer a distância que nos separa do Sol, e por tal motivo vemos o Sol sempre como ele existia há oito minutos atrás. Da mesma forma, vemos a estrela mais próxima tal como ela existia há quatro anos atrás, e com o auxílio de poderosos telescópios podemos observar galáxias tal como existiam há milhões de anos.

A velocidade finita da luz não é, de forma alguma, uma desvantagem para os astrónomos. É na realidade uma grande vantagem, pois que lhes permite observar as estrelas e galáxias em todos os seus estágios de evolução por mera observação do espaço. Todos os tipos de fenómenos que aconteceram durante os últimos milhões de anos podem, actualmente, ser observados num qualquer local do céu. Os astrónomos estão habituados à importante ligação existente entre espaço e tempo. O que a teoria da relatividade nos diz é que esta ligação é não só importante quando lidamos com grandes distâncias, mas também quando lidamos com altas velocidades. Mesmo aqui, na Terra, a medição de qualquer distância não é

\* In A. Einstein et al., *The Principle of Relativity* (Dover Publications, Nova Iorque, 1923), p. 75.

independente do tempo, porque envolve a especificação do tipo de movimento do observador, com uma consequente relação com o tempo.

A unificação do espaço e do tempo origina — como já foi mencionado no capítulo anterior — a unificação de outros conceitos básicos, e este aspecto unificador é uma das características fundamentais da estrutura relativista. Conceitos que parecem não ter relação alguma entre si na física não relativista são vistos agora como sendo diferentes aspectos de uma só realidade. Esta característica atribui a esta estrutura uma grande elegância e beleza matemática. Os muitos anos de trabalho com a teoria da relatividade possibilitaram-nos apreciar esta elegância e familiarizar-nos com o formalismo matemático. No entanto, isto não é suficiente para ajudar a nossa intuição. Não temos possibilidade de sentir directamente as quatro dimensões do espaço-tempo, nem quaisquer outros conceitos relativistas. Quando estudamos fenómenos naturais que envolvem altas velocidades deparamos com grandes dificuldades tanto ao nível da intuição como no da nossa linguagem quotidiana.

Por exemplo, em física clássica sempre foi pacífico que o comprimento de uma vara é o mesmo, quer ela esteja em movimento ou em repouso. A teoria da relatividade veio mostrar que isso não é verdade. O comprimento de um objecto depende do seu movimento relativamente a um observador e altera-se com a velocidade imprimida a esse movimento. A alteração provocada no objecto é da sua contracção na direcção do movimento. Uma vara possui o seu comprimento máximo, num determinado referencial, quando se encontra em repouso, tornando-se mais curta à medida que a sua velocidade aumenta em relação ao observador. Nas experiências de dispersão, em física de altas energias, onde as partículas colidem a velocidades muito altas, a contracção relativista faz-se sentir de tal forma que partículas que possuam uma forma esférica passam a parecer-se com panquecas.

É importante apercebermo-nos que não faz sentido perguntar qual é a verdadeira dimensão de um objecto, tal como não faz sentido, no nosso dia-a-dia, questionar qual a verdadeira grandeza da nossa sombra. Uma sombra é uma projecção no espaço bidimensional de um plano, de pontos de um espaço tridimensional, e o seu comprimento será diferente para diferentes ângulos de projecção. De forma similar o comprimento de um objecto em movimento é uma projecção de pontos de um espaço-tempo a quatro dimensões num espaço tridimensional, e esse comprimento varia para diferentes referenciais.

O que foi afirmado para comprimentos é também verdade para intervalos de tempo. Também estes dependem do referencial, mas ao contrário das deformações sofridas pelas dimensões físicas, tornam-se maiores à medida que a velocidade relativa ao observador aumenta. Isto significa que relógios em movimento funcionam mais lentamente: o tempo abrandá. Estes relógios podem ser de qualquer tipo: relógios mecânicos, atómicos, ou mesmo o bater do coração humano. Se um de dois gémeos empreendesse uma viagem, a uma velocidade próxima da velocidade da luz, através do espaço e voltasse, pareceria mais novo aos olhos do irmão gémeo que tinha ficado na Terra, pois que todos os seus

«relógios» — bater do coração, fluxo sanguíneo, ritmos metabólicos — teriam abrandado durante essa viagem. O viajante, por si mesmo, não notaria que algum facto estranho tivesse acontecido, mas ao reencontrar o seu irmão gémeo, aperceber-se-ia que este estava agora muito mais velho. Este «paradoxo dos gémeos» é talvez o mais famoso da física moderna. Provocou acesa discussão em publicações científicas, algumas das quais ainda prosseguem; é uma prova eloquente de que a realidade descrita pela teoria da relatividade não é facilmente apreendida pela nossa utensilagem intelectual corrente.

O abrandar de relógios em movimento, por muito incrível que possa parecer, é facilmente comprovado na física das partículas. A maioria das partículas subatómicas é instável, isto é, após um certo tempo decaem noutras partículas. Numerosas experiências vieram confirmar que o tempo de vida \* dessas partículas instáveis é função do seu tipo de movimento — aumenta com a velocidade da partícula. Partículas que se movam a 80% da velocidade da luz vivem cerca de 1,7 vezes mais do que as suas «partículas gémeas» mais lentas, e a cerca de 99% da velocidade da luz esse valor passa para 7 vezes. Isto não significa, no entanto, que o tempo de vida intrínseco dessas partículas se tenha alterado. Do ponto de vista da partícula o seu tempo de vida é sempre o mesmo, mas do ponto de vista do observador o «relógio interno» da partícula parece ter abrandado, e por isso existe por mais tempo.

Todos estes efeitos relativísticos parecem ser estranhos apenas porque não podemos tomar conhecimento do espaço-tempo a quatro dimensões com os nossos sentidos, pois que apenas podemos sentir as suas «imagens» tridimensionais. Estas imagens assumem diferentes aspectos em diferentes referenciais; objectos em movimento parecem deformados em relação a objectos em repouso, e os relógios parecem contar o tempo a vários ritmos. Estes efeitos parecem paradoxais se não nos apercebermos que são apenas projecções de fenómenos a quatro dimensões, tal como as sombras são projecções de objectos tridimensionais. Se pudéssemos visualizar a realidade a quatro dimensões do espaço-tempo, esses paradoxos desapareceriam.

Os místicos orientais, como já foi referido, parecem capazes de atingir estados pouco usuais de consciência nos quais transcendem o mundo quotidiano para sentir uma realidade mais elevada, multidimensional. Aurobindo refere-se a «uma alteração subtil que permite a visão de uma espécie de quarta dimensão\*\*. As dimensões destes estados de consciência podem não ser as mesmas com que lidamos na física relativista, mas é espantoso que tenham levado os místicos a concepções de espaço e de tempo que são muito semelhantes às reveladas pela teoria da relatividade.

\* Deve aqui ser mencionada uma precisão técnica. Quando se fala acerca do tempo de vida de um certo tipo de partícula instável, referimo-nos sempre a um tempo médio. Devido ao carácter estatístico da física subatómica não podemos referir-nos às partículas individuais.

\*\* S. Aurobindo, *The Synthesis of Yoga* (Aurobindo Ashram, Pondicherry, India, 1957), p. 993.

Parece perpassar por todo o misticismo oriental uma grande intuição do carácter «espaço-tempo» da realidade. O facto de espaço e tempo estarem inseparavelmente ligados, aquisição intelectual tão característica da física relativista, é afirmado vezes sem conta. Esta noção intuitiva de espaço e tempo encontra talvez a sua forma mais clara e elaborada no budismo, e em particular na escola *Avatamsaka* do budismo *Mahayana*. O *Avatamsaka* sutra, no qual se baseia esta escola \*, apresenta uma descrição viva de como o mundo é apercebido num estado de consciência mais elevado. O conhecimento de uma «interpenetração de espaço e tempo» — uma expressão correcta para descrever espaço-tempo — é repetidas vezes empregue no sutra e tida como uma característica essencial desse estado de consciência. Nas palavras de D. T. Suzuki:

*A filosofia e conteúdo do Avatamsaka são ininteligíveis, a não ser que se tenha já sentido um estado de completa dissolução onde se dissolve a distinção entre mente e corpo, sujeito e objecto. Olhamos ao nosso redor e apercebemo-nos de que qualquer objecto está relacionado com todo e qualquer outro objecto, não apenas em termos de espaço físico, mas também temporalmente... Como um facto de puro sentir, não existe espaço sem tempo, nem tempo sem espaço; eles são interdependentes. \*\**

Não se poderia encontrar melhor maneira para descrever o conceito relativista de espaço-tempo. Ao compararmos esta asserção com a de Minkowski, já referida, torna-se interessante notar que ambos, físico e budista, dão um grande relevo ao facto de as suas noções serem baseadas no sentir — por um nas experiências científicas, por outro no conhecimento místico.

Julgo que o misticismo oriental quadra melhor ao moderno pensamento científico que a antiga filosofia grega, por a sua visão do mundo ser temporalmente orientada. A filosofia natural grega era, no seu todo, essencialmente estática e baseada, em grande medida, em considerações geométricas. Pode-se dizer que era de um «não relativismo» extreme, e a sua grande influência no pensamento ocidental pode ter sido uma das razões pela qual encontramos tantas dificuldades conceptuais com os modelos relativistas da física moderna. As filosofias orientais, por outro lado, são filosofias de «espaço-tempo» e, assim, o seu conhecimento é amiúde muito próximo dos conceitos da natureza advenientes das nossas modernas teorias relativistas.

Devido ao reconhecimento de que espaço e tempo estão estreitamente ligados e interpenetrados, a visão do mundo do misticismo oriental e da física moderna é intrinsecamente dinâmica, contendo ambos os conceitos como elementos essenciais. Este ponto será discutido detalhadamente no próximo capítulo e constitui o segundo tema principal que ocorre ao longo desta comparação entre física e misticismo oriental, sendo o primeiro a unicidade de todas as coisas e acontecimentos. Ao estudarmos as teorias e modelos relativistas apercebemo-nos

\* Ver página 84.

\*\* D. T. Suzuki, prefácio a B. L. Suzuki, *Mahayana Buddhism* (Allen & Unwin, Londres, 1959), p. 33.

serem exemplos impressionantes de dois aspectos básicos do espírito oriental — a unidade básica do universo e o seu carácter intrinsecamente dinâmico.

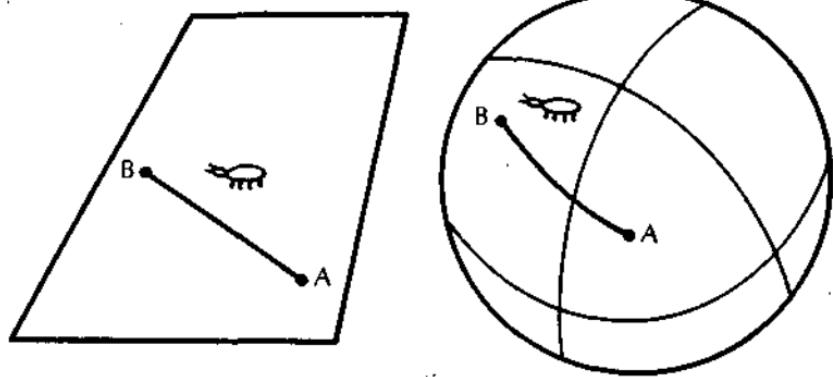
O que até agora foi discutido da teoria da relatividade é conhecido como a teoria da relatividade restrita. Vem fornecer uma estrutura comum para a descrição de fenómenos relacionados com corpos em movimento, electricidade e magnetismo, sendo a base de toda esta fenomenologia a relatividade do espaço e do tempo e a sua unificação num espaço-tempo a quatro dimensões.

Na teoria geral da relatividade a estrutura da teoria restrita é expandida por forma a incluir a gravidade. O efeito da gravidade, de acordo com a relatividade geral, é o de curvar o espaço-tempo. Isto é, de novo, extremamente difícil de imaginar. Podemos facilmente visualizar um espaço bidimensional curvo, tal como a superfície de um ovo, porque essa visualização é feita num espaço tridimensional. Assim, o significado da palavra curvar é claro para superfícies a duas dimensões, mas quando se trata de um espaço a três dimensões — sem falar de quatro — a nossa imaginação falha por completo. Como não nos é possível ver um espaço a três dimensões «de fora», não podemos imaginar como é que ele se pode curvar numa determinada direcção.

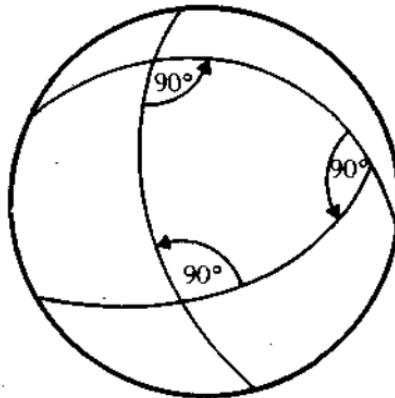
Para entendermos o significado de um espaço-tempo curvo, temos de usar superfícies bidimensionais curvas como analogia. Imaginemos, por exemplo, a superfície de uma esfera. O facto crucial, que torna possível a analogia com o espaço-tempo, é o de a curvatura ser uma propriedade intrínseca dessa superfície e de poder ser quantificada sem que se tenha de fazer uma incursão no espaço tridimensional. Um insecto bidimensional, confinado a essa superfície e incapaz de sentir um espaço a três dimensões, pode, se for capaz de efectuar medições, descobrir que o mundo onde vive é curvo.

Para vermos como isso é possível, temos de comparar a geometria do nosso insecto na esfera com a de um outro vivendo na superfície plana \*. Suponhamos que os dois insectos começam os seus estudos de geometria pelo traçar de uma linha recta, definida como o caminho mais curto entre dois pontos. O resultado é mostrado na figura seguinte. Vemos que o insecto na superfície plana desenhou uma bela linha recta, mas o que é que fez o insecto na superfície da esfera? A linha que ele traçou é a distância mais curta entre os pontos A e B, pois qualquer outra linha que ele trace será mais longa; mas do nosso ponto de vista reconhecemos essa linha como uma curva (ou, para ser mais preciso, como uma porção de arco de circunferência). Suponhamos agora que os dois insectos vão iniciar o estudo dos triângulos. O insecto na superfície plana aperceber-se-á que os três ângulos internos de qualquer triângulo dão como resultado, da sua soma, dois ângulos rectos, isto é, 180 graus; ao passo que o insecto sobre a esfera descobrirá que a soma dos ângulos nos seus triângulos será sempre superior a 180 graus. Para triângulos pequenos o excesso, relativamente a 180 graus, será

\* Os exemplos seguintes são extraídos de *The Feynmann Lectures on Physics*, R. P. Feynmann, R. B. Leighton e M. Sands, (Addison-Wesley, Reading, Mass., 1966), Vol. II, cap. 42.



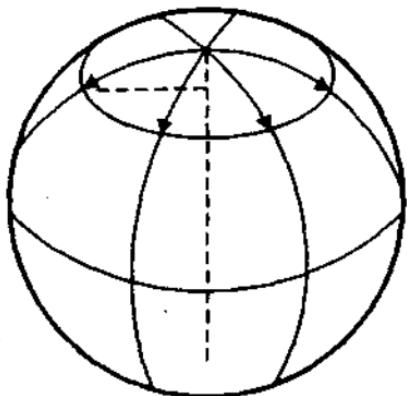
desenhando uma «linha recta» num plano e numa esfera



numa esfera um triângulo pode ter três ângulos rectos

pequeno, mas aumenta à medida que o triângulo se torna maior; até que num caso extremo, o nosso insecto na esfera conseguirá traçar triângulos com três ângulos rectos. Finalmente, façamos com que os insectos tracem circunferências e meçam o seu perímetro. O insecto sobre o plano obterá para o valor do perímetro  $2\pi r$  onde  $r$  é o raio do círculo traçado, independentemente da sua dimensão. O insecto sobre a esfera, por outro lado, obterá um valor que é sempre inferior a  $2\pi r$ . Como se pode ver na figura da página seguinte, o nosso ponto de vista tridimensional permite-nos ver que aquilo a que o insecto chama o raio do círculo é de facto uma curva que é sempre maior do que o verdadeiro raio.

Ao continuarem o estudo de geometria, o insecto na superfície plana acabará por descobrir os axiomas da geometria euclidiana, ao passo que o seu colega sobre a esfera descobrirá leis diferentes. A diferença não será grande para pequenas figuras geométricas, mas aumentará à medida que estas se tornam maiores.



desenhando um círculo numa esfera

O exemplo apresentado dos dois insectos mostra que podemos sempre determinar se uma superfície é curva ou não, através de simples medições geométricas, e comparando os resultados com as previsões da geometria euclidiana. Se existir uma discrepância, a superfície é curva; quanto maior for essa discrepância — para uma determinada dimensão de figuras — maior será a curvatura.

Da mesma forma, podemos definir um espaço tridimensional curvo como aquele onde a geometria euclidiana deixa de ser válida. As leis geométricas num tal espaço serão diferentes, de um tipo «não euclidiano». Esta geometria não euclidiana foi introduzida, como um mero conceito matemático, no século XIX pelo matemático Georg Riemann, até Einstein fazer a sugestão revolucionária que o espaço tridimensional em que vivemos é, na realidade, curvo não foi mais que isso. De acordo com a teoria de Einstein, a curvatura do espaço é devida ao campo gravitacional criado pela massa dos corpos; onde quer que exista um corpo com massa existirá uma curvatura do espaço à sua volta, que será tanto maior quanto o for a massa do corpo.

As equações que relacionam a distribuição de matéria com a curvatura do espaço são designadas por equações de campo de Einstein. Estas podem ser aplicadas não só para determinar as variações locais de curvatura nas proximidades de uma estrela ou planeta como também podem ser usadas para calcular a curvatura do espaço em larga escala. Por outras palavras, as equações de Einstein podem ser usadas para quantificar a curvatura do universo como um todo. Infelizmente, a resposta que se obtém não é única. As equações não apresentam apenas uma solução, mas sim várias, cada uma delas dando origem a um modelo do universo, alguns dos quais serão discutidos no próximo capítulo. O principal objectivo da cosmologia actual é determinar qual deles corresponde ao nosso universo.

Como na teoria da relatividade o espaço não pode ser separado do tempo, a curvatura causada pela gravidade não afecta somente o espaço tridimensional, mas estende-se também ao espaço-tempo a quatro dimensões, e isto é de facto o

que diz a teoria geral da relatividade. Num espaço-tempo curvo, as distorções causadas não afectam apenas as relações espaciais descritas pela geometria, mas também as dimensões dos intervalos de tempo. O tempo não se escoa ao mesmo ritmo que no «espaço-tempo plano», vai variando de ponto para ponto de acordo com a distribuição de massa e a correspondente curvatura causada no espaço. É importante compreender, no entanto, que estas variações no fluir do tempo só podem ser apercebidas por um observador que se encontra num local diferente daquele onde estão os relógios empregues para medir essas variações. Por exemplo, se um observador se deslocasse para um local onde o tempo se escoa mais lentamente, todos os relógios que levasse consigo também abrandariam a sua marcha, e ele ver-se-ia impossibilitado de medir o efeito pretendido.

No nosso ambiente terrestre, os efeitos da gravidade sobre o espaço-tempo são tão pequenos que se tornam insignificantes, mas na astrofísica, que lida com corpos extremamente compactos, como planetas, estrelas e galáxias, a curvatura do espaço-tempo é já um fenómeno importante. Todas as observações feitas até hoje vêm confirmar a teoria de Einstein, e assim fazer-nos crer que, de facto, o espaço-tempo é realmente curvo. Os efeitos mais extremos da curvatura do espaço-tempo surgem durante o colapso gravitacional de uma estrela com grande massa. De acordo com as teorias actuais em astrofísica, todas as estrelas atingem um determinado ponto da sua evolução em que colapsam devido à mútua atracção gravitacional das suas partículas. Como esta atracção aumenta rapidamente com o diminuir da distância entre as partículas, o colapsar torna-se cada vez mais rápido, e se a estrela tiver uma determinada massa — mais que duas vezes a massa do Sol — não se conhece nenhum processo que possa evitar que o colapso gravitacional não se prolongue infindavelmente.

À medida que a estrela colapsa e se torna mais e mais densa, a força da gravidade na sua superfície atinge valores mais elevados e, consequentemente, o espaço-tempo à sua volta torna-se cada vez mais curvo. Devido ao extraordinário aumento na força da gravidade na superfície da estrela, é cada vez mais difícil a um objecto poder afastar-se dela e, eventualmente, a estrela atinge um estado onde nada — nem mesmo a luz — pode escapar da sua superfície. Por esta altura, dizemos que se forma um «horizonte de acontecimentos» em volta da estrela, porque nenhum tipo de sinal pode escapar à atracção da estrela e comunicar qualquer acontecimento ao mundo exterior. O espaço em volta da estrela está tão fortemente curvado que toda a luz se encontra retida nele e não pode escapar. Não podemos ver uma tal estrela devido ao facto de a sua luz nunca nos poder alcançar, e por esse motivo toma a designação de buraco negro. A existência dos buracos negros foi prevista, com base na teoria da relatividade, em 1916, e este fenómeno recebeu ultimamente uma grande atenção face a fenómenos este lares recentemente descobertos que parecem indicar a existência de uma estrela de grande massa movendo-se em torno de um par, que pode muito bem ser um buraco negro.

Os buracos negros contam-se entre os objectos mais misteriosos e fascinantes que são investigados pela moderna astrofísica e ilustram de uma forma espectacular os efeitos da teoria da relatividade. A forte curvatura do espaço-

-tempo à sua volta não só evita que a luz por eles emitida não nos possa alcançar como tem também efeitos impressionantes no tempo. Se um relógio, que transmitisse os seus impulsos através de sinais luminosos, fosse associado à superfície da estrela em colapso, observaríamos que esses sinais abrandariam à medida que a estrela se aproximasse do horizonte de acontecimentos, e assim que a estrela se tornasse num buraco negro não mais teríamos notícias deles. Para um observador exterior o fluir do tempo na superfície da estrela abrandaria à medida que se desse o colapso e pararia por completo assim que a estrela atingisse o horizonte de acontecimentos. Por isto mesmo, o colapso completo de uma estrela demora um tempo infinito. A estrela em si, no entanto, não sofre nada de peculiar quando ultrapassa o horizonte de acontecimentos. O tempo continua a fluir normalmente e o colapso termina ao fim de um determinado período de tempo, quando a estrela se contraiu até ser um ponto de densidade infinita. Então, afinal quanto tempo dura, na realidade, o colapso da estrela, um tempo finito ou infinito? No campo da teoria da relatividade, esta questão não tem sentido. O tempo de vida de uma estrela em colapso, como qualquer outro intervalo de tempo, é relativo e depende do referencial utilizado.

Na teoria geral da relatividade os conceitos clássicos de espaço e tempo, como entidades absolutas e independentes, são completamente abolidos. Não só são relativas todas as medições que envolvem o espaço e o tempo, dependendo do tipo de movimento do observador, como toda a estrutura do espaço-tempo está intrinsecamente ligada à distribuição de matéria no universo. Em diferentes pontos do universo o tempo flui a diferentes ritmos, pois aí o espaço possui diferentes curvaturas. Temos assim vindo a apreender as limitações das nossas noções euclidianas de espaço tridimensional, e de um tempo que flui linearmente na nossa experiência quotidiana do mundo físico, e que têm de ser completamente abandonadas se quisermos aumentar o nosso conhecimento.

Também os sábios orientais falam de uma extensão do seu sentir do mundo quando atingem elevados estados de consciência, e afirmam que nesta situação se apercebem de um espaço e tempo radicalmente diferentes. Enfatizam não só o facto de poderem ir mais além que o espaço tridimensional normal mas também — e com maior veemência — que o sentir comum do tempo é transcendido. Em vez de uma sucessão linear de instantes, sentem um presente infinito, intemporal, mas, no entanto, sempre dinâmico. Nas passagens seguintes três místicos orientais comentam o seu conhecimento de um «agora eterno». Chuang Tzu, sábio taoísta; Hui-neng, o sexto patriarca Zen; e D. T. Suzuki, o erudito budista contemporâneo:

*Esqueçamos o lapso de tempo; esqueçamos os conflitos de opiniões. Façamos apelo ao infinito e tomemos ali as nossas posições. \**

Chuang Tzu

\* Chuang Tzu, trad. James Legge, composto por Clae Waltham (Ace Books, Nova Iorque, 1971), cap. 2.

*O momento presente é a tranquilidade absoluta. Embora seja neste momento, não existe limite para este momento, e nele está o encanto eterno.*\*

Hui-neng

*Neste mundo espiritual não existem divisões temporais como passado, presente e futuro, pois elas construfram-se num simples momento do presente onde a vida palpita no seu verdadeiro sentido... O passado e o futuro estão conluíados neste iluminado momento presente, e este não é estático no seu conteúdo porque se mantém incessantemente em movimento.*\*\*

D. T. Suzuki

Torna-se quase impossível falar acerca do conhecimento de um momento intemporal, porque palavras como «intemporal», «passado», «momento», etc., referem-se a uma noção convencional do tempo. É assim extremamente difícil compreender a que se referem os místicos nos textos atrás transcritos; mas aqui, novamente, a física moderna pode facilitar a nossa compreensão, já que pode ser usada para ilustrar graficamente como as suas teorias transcendem as nossas noções normais de tempo.

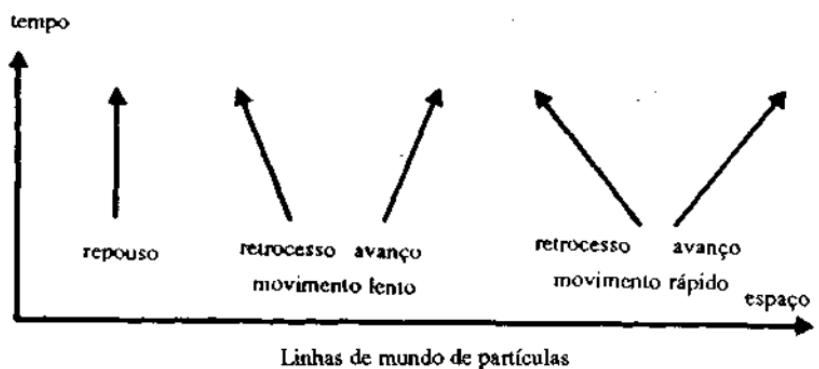
Na física relativista, a evolução de um objecto — por exemplo, uma partícula — pode ser representada num «diagrama de espaço-tempo» (ver a figura da página seguinte). Nestes diagramas o eixo horizontal representa o espaço \*\*\*, sendo o tempo representado no eixo vertical. A direcção que uma partícula toma através do espaço-tempo é designada por «linha de mundo». Se a partícula se encontra em repouso o seu movimento apenas pode ser considerado ao longo do tempo, razão pela qual a sua linha de mundo é, neste caso, uma linha vertical. Se a partícula se move através do espaço a sua linha de mundo será inclinada; quanto maior for essa inclinação maior será a velocidade com que se desloca. De notar que as partículas apenas se podem mover no sentido ascendente do eixo temporal, mas podem, no entanto, mover-se para a frente ou para trás no espaço. As linhas de mundo podem assumir vários declives, mas nunca podem ser completamente horizontais, pois isso implicaria que a partícula se deslocaria de um ponto a outro num intervalo de tempo nulo.

Os diagramas de espaço-tempo são empregues na física relativista como modelos visuais das interacções entre várias partículas. Para cada processo podemos desenhar um diagrama e a ele associar uma expressão matemática bem definida, que nos fornecerá a sua probabilidade de ocorrência. O processo de colisão, ou «dispersão», entre um electrão e um fotão, pode ser representado por um diagrama como o apresentado na página seguinte. A sua interpretação pode ser a seguinte (de baixo para cima, de acordo com o sentido do eixo temporal): um electrão

\* Citação in A.W. Watts, *The Way of Zen* (Vintage Books, Nova Iorque, 1957), p. 201.

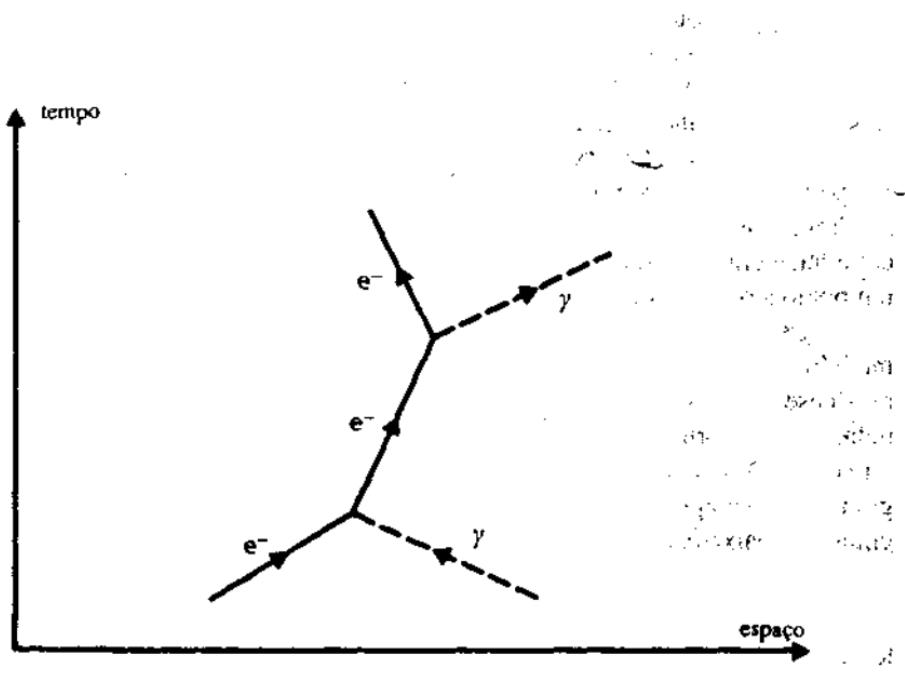
\*\* D.T. Suzuki, *On Indian Mahayana Buddhism*, ed. Edward Conze (Harper & Row, Nova Iorque, 1968), pp. 148-149.

\*\*\* NESTES diagramas, o espaço tem apenas uma dimensão; as outras duas tiveram de ser suprimidas para que seja possível uma representação bidimensional.



(designado por  $e^-$  devido à sua carga negativa) choca com um fotão (designado por  $\gamma$  — «gama»); o fotão é absorvido pelo electrão, que prossegue, no entanto, o seu deslocamento com uma velocidade diferente (declive diferente na linha de mundo); após algum tempo o electrão emite um fotão e altera a sua direcção de deslocação.

A estrutura intrínseca e o formalismo matemático associados a estes diagramas de espaço-tempo são designados por «teoria de campo quântica». Esta é uma das principais teorias relativistas da física moderna e os seus conceitos básicos serão aqui discutidos mais tarde. Para a nossa discussão dos diagramas de espaço-tempo, será suficiente referirmos apenas duas importantes características da teoria. A primeira é o facto de todas as interacções envolverem a criação e



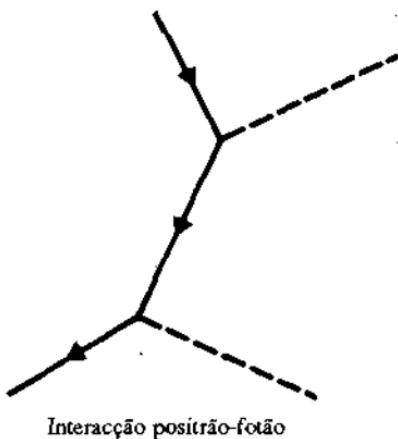
destruição de partículas, tais como a absorção e a emissão do fotão no exemplo anterior; a segunda característica é a simetria existente entre partículas e antipartículas. Para cada partícula existe uma antipartícula com a mesma massa mas com carga de sinal contrário. A antipartícula do electrão é designada por positrão e é geralmente representada por  $e^+$ . Não tendo carga eléctrica, o fotão é a sua própria antipartícula. Pares de electrões e positrões podem ser criados espontaneamente por fotões e podem os fotões voltar a ser criados no processo inverso de aniquilação.

O seguinte truque, ao ser aplicado, pode simplificar enormemente os diagramas de espaço-tempo. Deixa de ser utilizada uma linha com uma seta sobreposta, para indicação do sentido, para a representação das linhas de mundo (o que era desnecessário visto todas as partículas se deslocarem no sentido crescente do eixo do tempo, isto é, para cima no diagrama espaço-tempo). O sentido da linha de mundo passa a ser usado para distinguer entre partículas e antipartículas; se aponta para cima, indica a existência de uma partícula (e.g. um electrão), se aponta para baixo refere-se a uma antipartícula (e.g. um positrão). O fotão, sendo a sua própria antipartícula, é representado por uma linha sem seta alguma. Com esta alteração, podemos omitir as designações sobre o diagrama, sem que surja qualquer confusão; as linhas com setas representam electrões, as que não têm representam fotões. Para tornar o diagrama ainda mais simples, pode também omitir-se o eixo do tempo e do espaço, tendo sempre em linha de conta, no entanto, que o sentido do tempo é de baixo para cima e que o sentido crescente do espaço é da esquerda para direita. O diagrama de espaço-tempo do processo de colisão electrão-fotão, resultante de todas estas alterações, é então o que se mostra de seguida.



Se quisermos representar o processo de colisão entre positrão-fotão, pode usar-se o mesmo diagrama e inverter apenas o sentido das setas sobre as linhas de mundo (ver figura na página seguinte).

Até agora, nada de extraordinário ressalta da nossa discussão dos diagramas de espaço-tempo. A nossa leitura do sentido do tempo é feita de baixo para cima, de acordo com a noção convencional de um fluir do tempo linear. No entanto, um aspecto estranho está associado com os diagramas onde se encontram representadas

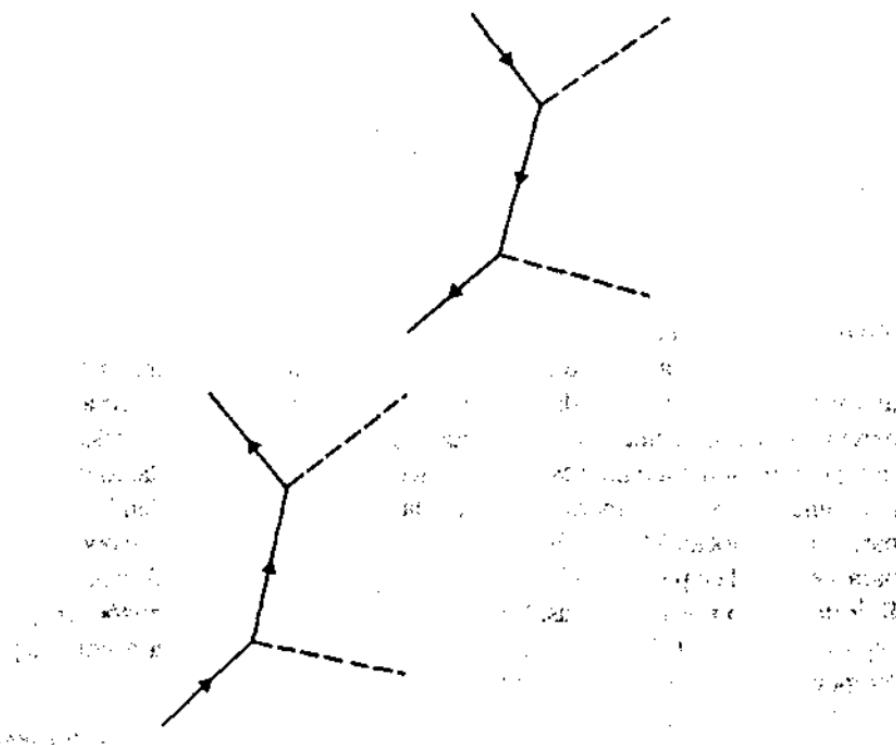


linhas de mundo de positrões, como se pode ver no processo de colisão positrão-fotão. O formalismo matemático da teoria de campo apresenta duas interpretações possíveis para este tipo de linhas: ou os positrões se movem para a frente no tempo, ou os electrões se deslocam para trás no tempo! As duas interpretações são, de um ponto de vista matemático, idênticas; a mesma expressão descreve uma antipartícula que se desloque do passado para o futuro, como descreve uma partícula movendo-se do futuro para o passado. Os dois diagramas podem assim ser vistos como imagens de um mesmo processo que evolui no tempo em sentidos opostos. Ambos podem ser interpretados como representações de colisões entre electrões e fotões, mas num dos processos as partículas avançam no tempo, enquanto que no outro recuam \*. A teoria relativista da interacção de partículas revela pois uma simetria total no que concerne ao tempo. Todos os diagramas espaço-tempo podem ser lidos em qualquer direcção. Para cada processo existe outro equivalente cuja direcção do tempo se inverte e no qual as partículas são substituídas por anti-partículas\*\*.

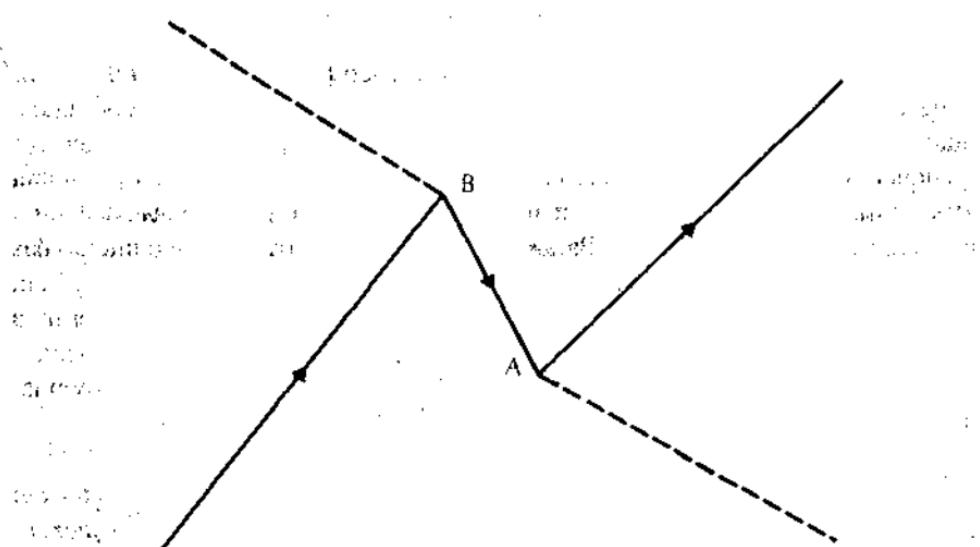
Estas características surpreendentes do mundo subatómico afectam consideravelmente os nossos conceitos de espaço e de tempo; como exemplo, observe-se o processo representado no diagrama reproduzido. Fazendo uma leitura convencional, de baixo para cima, resulta a seguinte interpretação: um electrão (linha a cheio) e um fotão (linha a tracejado) aproximam-se um do outro; o fotão cria um par electrão-positrão no ponto A, deslocando-se o electrão para a direita e o positrão para a esquerda; o positrão choca com o electrão inicial no ponto B, aniquilando-se

\* As linhas a tracejado representam sempre fotões, quer se movam para frente ou para trás no tempo pois a antipartícula do electrão é ele próprio.

\*\* Experiências recentes vêm revelar que isto não pode ser verdadeiro num determinado tipo de processos que envolvam uma «interacção superfraca». Para além deste processo, para o qual a simetria temporal ainda não foi bem destrinçada, todas as outras interacções de partículas exigem uma simetria básica relativamente à direcção do tempo.



mutuamente, criando um fotão que se desloca para a esquerda. De outra forma, pode interpretar-se o processo como a interacção entre dois fotões com um único electrão



Processo de interacção envolvendo fotões, electrões e um positrão

que se desloca em primeiro lugar para a frente no tempo, depois para trás e, finalmente, para a frente outra vez. Para justificar esta interpretação basta seguir as setas ao longo de toda a linha do electrão; o electrão desloca-se até ao ponto B, onde emite um fotão; aí, altera a direcção do seu movimento e desloca-se para trás no tempo até ao ponto A, onde absorve o fotão inicial e altera novamente a direcção do seu deslocamento, movendo-se para a frente no tempo. De certa forma, esta segunda interpretação é mais simples porque se utiliza apenas a linha de mundo de uma partícula. Por outro lado, ao seguirmos esta via, incorremos imediatamente em sérias dificuldades de linguagem. O electrão desloca-se «primeiro» para o ponto B, e «depois» para A; e, no entanto, a absorção do fotão em A acontece antes da emissão do outro fotão em B.

A melhor maneira de ultrapassar estas dificuldades é admitir os diagramas de espaço-tempo, como o da figura acima, não como registos cronológicos dos percursos das partículas, mas antes como padrões a quatro dimensões no espaço-tempo, representando uma estrutura de acontecimentos inter-relacionados que não têm uma direcção temporal privilegiada a eles associada. Sendo possível, as partículas deslocam-se para frente e para trás no espaço; tal como se podem deslocar para a esquerda e para a direita, não faz sentido impor uma via de sentido único ao fluir do tempo nos diagramas. São meros mapas a quatro dimensões traçados no espaço-tempo de tal forma que não podemos fazer referência a uma sequência temporal. Nas palavras de Louis De Broglie:

*No espaço-tempo tudo o que para nós constitui o passado, o presente e o futuro, é tido en bloc \* ... cada observador, à medida que o tempo passa, descobre, de certa forma, novas secções do espaço-tempo que lhe surgem como aspectos sucessivos do mundo material, apesar de o conjunto de acontecimentos que constitui o espaço-tempo existir anteriormente ao seu conhecimento. \*\**

Este é, então, o verdadeiro sentido do espaço-tempo na física relativista. Espaço e tempo são completamente equivalentes; estão unificados num contínuo a quatro dimensões, no qual as interacções de partículas se podem estender em qualquer direcção. Se queremos visualizar estas interacções, temos de o fazer numa «fotografia instantânea a quatro dimensões» que englobe toda a extensão de tempo bem como toda a zona espacial. Para se obter o sentido correcto para o mundo das partículas relativistas, temos de «esquecer o lapso de tempo», como diz Chuang Tzu, e é por isto que os diagramas de espaço-tempo da teoria de campo podem ser uma útil analogia para o conhecimento do espaço-tempo do misticismo oriental. A relevância desta analogia é realçada no seguinte comentário de Lama Govinda, acerca da meditação budista:

*Se nos referimos à experiência do espaço em meditação estamos a ter em conta uma dimensão totalmente diferente... Neste espaço-sentir a sequência*

\* No original em francês (*N. do T.*).

\*\* In P. A. Schilpp, *op. cit.*, p. 114.

*temporal converte-se numa existência simultânea, lado a lado com a existência das coisas... e tudo isto não permanece estático, mas torna-se num contínuo vivo, no qual o espaço e o tempo se integram.* \*

Apesar de os físicos usarem o seu formalismo matemático e os diagramas para visualizar as interacções en bloc no espaço-tempo a quatro dimensões, afirmam que no nosso mundo real cada observador pode apenas sentir um fenómeno numa sucessão de secções do espaço-tempo, isto é, numa sequência temporal. Por outro lado, os místicos afirmam poder sentir realmente a totalidade do espaço-tempo, onde o tempo cessa de fluir. Neste sentido, o mestre Zen Dogen:

*São muitos os que acreditam na passagem do tempo; na realidade, ele permanece onde está. Pode chamar-se tempo a esta noção de passagem, mas é incorrecto; como apenas o podemos ver passar não o podemos entender como estando simplesmente ali.* \*\*

Muitos mestres orientais dão relevo ao facto de o pensamento acontecer no tempo, mas a visão pode transcendê-lo. «A visão», diz Govinda, «está ligada a um espaço com dimensões mais elevadas e é, por isso, intemporal.» \*\*\* O espaço-tempo da física relativista é também um espaço intemporal. Todos os acontecimentos que aí se dão estão interligados, mas a conexão entre eles não é causal. As interacções entre partículas podem ser interpretadas em termos de causa e efeito apenas quando se faz uma leitura dos diagramas de espaço-tempo numa direcção definida, e.g. de baixo para cima. Quando são usados como padrões a quatro dimensões sem um sentido de tempo definido, não existe o «antes» nem o «depois», nem causalidade entre estes conceitos.

Similarmente, os místicos orientais afirmam que ao transcender o tempo transcendem também o mundo da causa e efeito. Tal como as nossas noções vulgares de espaço e de tempo, a causalidade está limitada a um determinado conhecimento do mundo e deve ser abandonada quando se pretende alargar este conhecimento. Nas palavras de Swami Vivekananda,

*Tempo, espaço e causalidade são como o vidro através do qual se vê o Absoluto... No Absoluto não existe nem tempo, nem espaço, nem causalidade.* \*\*\*\*

As tradições espirituais orientais mostram aos seus seguidores várias formas de ultrapassar o seu sentir vulgar do tempo, de libertação da cadeia de causa e efeito — da dependência de *Karma*, como dizem os hindus e os budistas. É assim dito que o misticismo oriental é uma forma de postergar o tempo. De certa forma, o mesmo se pode dizer da física relativista.

\* Lama Anagarika Govinda, *Foundations of Tibetan Mysticism* (Rider, Londres, 1973), p. 116.

\*\* Dogen Zenji, *Shobogenzo*; in J. Kenneth, *Selling Water by the River* (Vintage Books, Nova Iorque, 1972), p. 140.

\*\*\* Govinda, *op. cit.*, p. 270.

\*\*\*\* S. Vivekananda, *Jnana Yoga* (Advaita Ashram, Calcutta, Índia, 1972), p. 109.

# O universo dinâmico

11

O principal objectivo do misticismo oriental é sentir todos os fenómenos no mundo como manifestações de uma mesma realidade. Esta realidade é aceite como a essência do universo, destacando e unificando a multiplicidade de coisas e acontecimentos que observamos. Os hindus chamam-lhe *Brahman*, os budistas *Dharmakaya* (O Corpo Ser), ou *Tahata* (Omnisciência), e os taoístas *Tao*, todos transcendendo os nossos conceitos intelectuais e desafiando qualquer descrição. Esta essência última, no entanto, não pode ser apartada das suas inúmeras manifestações. É inerente à sua própria natureza manifestar-se numa miríade de formas que se criam e desintegram, transformando-se umas nas outras, sem fim. No seu aspecto fenomenológico, o todo cósmico é intrinsecamente dinâmico, e a apreensão desta dinâmica é a base de todas as escolas do misticismo oriental. D. T. Suzuki escreve acerca da escola Kegon do budismo Mahayana da seguinte forma:

*A ideia central da escola Kegon é apreender o universo dinamicamente, no seu eterno movimento de avanço, sempre com vontade de mudança, que é vida.* \*

A ênfase no movimento, fluir e mudança é não só característica das tradições místicas orientais, como também tem sido um aspecto essencial da visão mística do mundo através dos tempos. Na Grécia antiga, Heraclito ensinava que «tudo flui» e comparava o mundo a um fogo eterno, e no México o místico yaqui Don Juan fala acerca do «mundo que passa rapidamente» e afirma que «para se ser um homem de conhecimento é necessário ser-se luminoso e fluido». \*\*

Na filosofia india, os principais termos empregues pelos hindus e budistas têm conotações dinâmicas. A palavra *Brahman* deriva da raiz sânscrita *brih* — crescer — e sugere assim uma realidade que está viva e dinâmica. Segundo S. Radhakrishnan, «a palavra *Brahman* significa crescimento e sugere movimento, vida e progresso». \*\*\* A *Upanishad* refere-se a *Brahman* como «não-formado,

\* D. T. Suzuki, *The Essence of Buddhism* (Hozokan, Kyoto, Japão, 1968), p. 53.

\*\* Carlos Castaneda, *A Separate Reality* (Bodley Head, Londres, 1971), p. 8.

\*\*\* S. Radhakrishnan, *Indian Philosophy* (Allen & Unwin, Londres, 1951).

imortal, movente» \*, fazendo uma associação com o movimento que transcende todas as formas.

O *Rig Veda* usa outro termo, *Rita*, para expressar a natureza dinâmica do universo. Esta palavra tem por raiz *ri* — mover; o seu significado original no *Rig Veda* era o «rumo de todas as coisas», «a ordem da natureza». Assume um papel destacado nas lendas de *Veda* e está ligado com todos os seus deuses. A ordem da natureza era concebida pelos profetas védicos, não como uma lei divina e estática, mas como um princípio dinâmico inerente ao universo. Esta ideia não é muito diferente da concepção chinesa de *Tao* — «O caminho» — como a forma de funcionar do universo, isto é, a ordem natural. Tal como os profetas védicos, os sábios chineses viam o mundo em termos de mudança e fluir, e davam assim à ordem cósmica uma conotação essencialmente dinâmica. Ambos os conceitos, *Rita* e *Tao*, foram mais tarde retirados do nível cósmico original para um nível humano onde lhes foi dado um sentido moral; *Rita* como a lei universal que todos os deuses e humanos devem obedecer e *Tao* como o caminho certo a seguir.

O conceito védico de *Rita* vem antecipar a ideia de *Karma*, que foi desenvolvida mais tarde, para expressar o envolvimento dinâmico de todas as coisas e acontecimentos. A palavra *Karma* significa «acção» e denota a inter-relação «activa», ou dinâmica, de todos os fenómenos. Nas palavras do *Bhagavad Gita*, «todas as acções têm o seu lugar no tempo através da urdidura das forças da natureza» \*\*. Buda tomou o conceito tradicional de *Karma* e deu-lhe um novo significado ao incluir a ideia de interconexão dinâmica na esfera de situações humanas. *Karma* passou a tomar o significado de uma interminável cadeia de causas e efeitos na vida humana que Buda quebrou ao atingir um estado iluminado.

O hinduísmo encontrou também muitas formas de expressar a natureza dinâmica do universo numa linguagem mística. Krishna diz no *Gita*: «se eu não aceitasse a acção, estes mundos pereceriam» \*\*\*, e Shiva, o dançarino cósmico, é talvez a personificação mais perfeita do universo. Através da sua dança, Shiva suporta a fenomenologia multidimensional do mundo, unindo todas as coisas com o seu ritmo e fazendo-as participar na dança — uma imagem magnífica da harmonia dinâmica do universo.

O quadro geral emergente do hinduísmo é o de um cosmos movendo-se ritmicamente, orgânico e crescente; um universo em que tudo flui e muda, todas as formas estáticas sendo *maya*, isto é, existindo apenas como conceitos ilusórios. Esta última ideia — a de impermanência de todas as formas — é o ponto de partida do budismo. Buda ensinava que «todas as coisas compostas são transitórias, que todo o sofrimento do mundo surge do nosso apego a formas fixas — objectos, pessoas ou ideias — ao invés de aceitar o universo, em movimentos e mudança.

\* *Brihad-aranyaka Upanishad*, 2.3.3.

\*\* *Bhagavad Gita*, 8.3.

\*\*\* *Ibid*, 3.24.

A visão dinâmica do mundo é, portanto, o âmago do budismo. Nas palavras de S. Radhakrishnan:

*Foi formulada por Buda, há cerca de 2500 anos, uma maravilhosa filosofia do dinamismo... Buda formulou uma filosofia de mudança, impressionado pela transitoriedade dos objectos e pela incessante mutação e transformação de todas as coisas. Ele reduziu substâncias, almas e coisas a forças, movimentos, sequências e processos e adoptou uma concepção dinâmica da realidade.* \*

Os budistas denominam este mundo de incessante mudança *samsara*, o que significa, literalmente, «em movimento incessante»; e afirmam que não há nele nada a que valha a pena apegarmo-nos. Assim, para os budistas, uma pessoa iluminada é aquela que não resiste ao fluir da vida, mas que se move com ela. Quando a *Yün-men*, um monge *ch'an*, foi perguntado, «o que é o Tao?», ele respondeu simplesmente: «continua a andar!».

## 靈實始青變化之圖

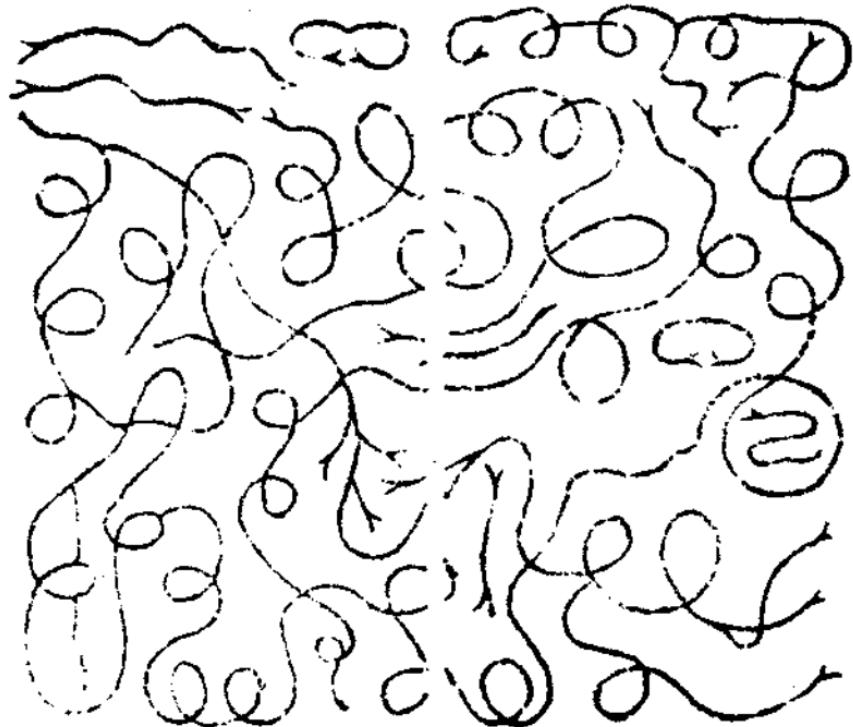


Diagrama Taoísta da Mudança, representando o fluir e transformação inerentes ao mundo físico; século xi; reproduzido de Tao Tsang (cânone taoísta)

\* S. Radhakrishnan, *op. cit.*, p. 367.

Da mesma forma os budistas designam Buda por *Tathagata*, ou «aquele que vem e vai». Na filosofia chinesa, a realidade que flui e muda constantemente é *Tao*, e é reconhecida como um processo cósmico em que todas as coisas estão envolvidas. Tal como os budistas, os taoístas afirmam que não se deve resistir ao fluir, mas sim conformar as nossas acções com ele. Esta é, novamente, a atitude do sábio — do ser iluminado. Se Buda é «aquele que vai e vem», o sábio taoísta é aquele que «flui», tal como diz Huai Nan Tzu \*, na «corrente de *Tao*».

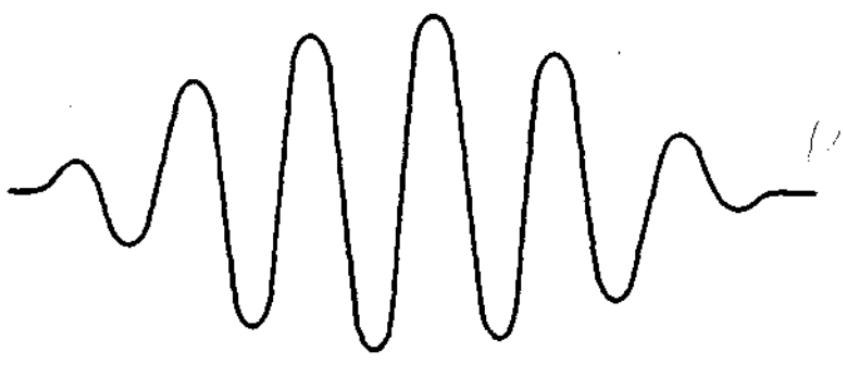
Quanto mais se aprofunda o estudo dos textos filosóficos hindus, budistas e taoístas, mais notório se torna o facto de, em todos eles, o mundo ser concebido em termos de movimento, fluir e mudança. Esta qualidade dinâmica da filosofia oriental parece ser uma das suas características mais importantes. Os místicos orientais vêem o universo como uma teia inseparável, cujas interconexões são dinâmicas e não estáticas. A teia cósmica está viva; move-se, cresce e altera-se continuamente. A física moderna também tem vindo a aperceber-se do mundo como uma teia de relações e, tal como o misticismo oriental, reconhece que é intrinsecamente dinâmica. O aspecto dinâmico da natureza surge, na teoria quântica, como uma consequência da natureza ondulatória das partículas subatómicas, e torna-se ainda mais evidente na teoria da relatividade, como veremos, onde a unificação do espaço e do tempo implica que a existência da matéria não se pode dissociar da sua actividade. As propriedades das partículas subatómicas apenas podem ser compreendidas num contexto dinâmico — em termos de movimento, interacção e transformação.

De acordo com a teoria quântica, as partículas são também ondas, e isto implica que o seu comportamento seja bastante peculiar. Sempre que uma partícula subatómica é confinada a uma pequena região do espaço, ela reage a essa situação com movimento. Quanto menor for essa região, maior será a excitação da partícula. Este comportamento é um «efeito quântico» típico, uma característica do mundo subatómico que não tem analogia no mundo macroscópico. Para vermos como isto funciona, devemos recordar que as partículas são representadas, na teoria quântica, por trens de ondas. Como já anteriormente foi discutido \*\*, o comprimento de um trem de ondas representa a incerteza na localização da partícula. O padrão ondulatório seguinte, por exemplo, corresponde a uma partícula restrita à região X; não podemos afirmar com precisão onde se encontra exactamente. Se quisermos localizar a partícula com maior precisão, isto é, se a quisermos confinar a uma região menor, temos de ajustar o trem de ondas a essa nova região (ver o segundo diagrama da página seguinte). No entanto, tal operação afectará o comprimento de onda do trem de ondas e, consequentemente, a velocidade da partícula. Como resultado, ela movimenta-se; quanto mais confinada estiver mais depressa o fará.

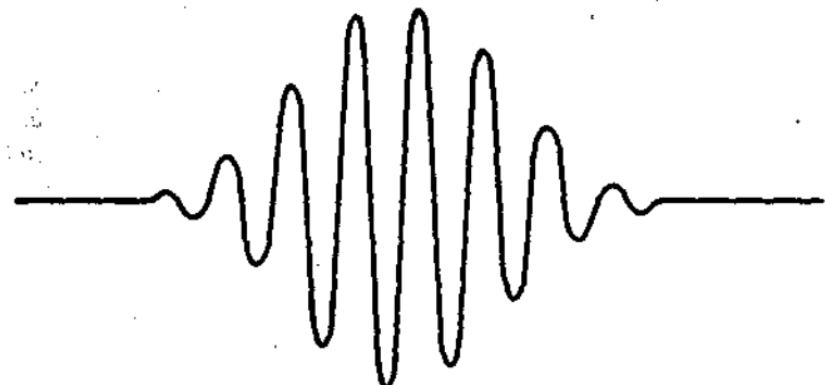
A tendência de as partículas reagirem com movimento ao confinamento revela a «inquietude» fundamental da matéria, característica do mundo subatómico. Neste mundo, a maior parte das partículas materiais está ligada a uma estrutura

\* Ver página 97.

\*\* Ver página 131.



trem de ondas



comprimindo o trem de ondas numa região menor

molecular, atómica ou nuclear, e por isso não estão em repouso, mas mostram uma tendência inerente para se moverem — são intrinsecamente inquietas. De acordo com a teoria quântica, portanto, a matéria não está nunca quiescente, mas num estado de movimento constante. Os objectos materiais que nos rodeiam podem parecer, macroscopicamente, passivos e inertes, mas quando ampliamos um objecto de metal ou pedra, aparentemente «morto», observamos que se encontra num estado de extrema actividade. Quanto mais nos aproximamos dele maior nos parecerá a sua actividade. Todos os objectos materiais que nos rodeiam são feitos de átomos que se ligam uns aos outros nas mais diversas combinações para formar uma enor-me variedade de estruturas moleculares. Essas estruturas não são rígidas nem desprovistas de movimento, mas oscilam de acordo com a sua temperatura e em harmonia com as vibrações térmicas do ambiente que as rodeia. Nos átomos vibrantes, os electrões estão ligados ao núcleo atómico por forças eléctricas que tentam mantê-los o mais junto possível, e eles reagem a este confinamento com uma

movimentação bastante forte. No núcleo, os protões e neutrões encontram-se de tal forma apertados pelas forças nucleares num tão reduzido volume que aí se deslocam a velocidades inimagináveis.

A física moderna vem assim revelar a matéria, não como passiva e inerte, mas como um modo contínuo de vibração cujos padrões rítmicos são determinados pelas estruturas moleculares, atómicas e nucleares. É também desta forma que os místicos orientais vêem o mundo. Todos eles afirmam enfaticamente que o mundo deve ser observado de um ponto de vista dinâmico, quando se move, vibra e dança; a natureza não é um equilíbrio estático mas sim dinâmico. Nas palavras de um texto taoísta:

*A quietude na quietude não é uma quietude real.*

*Apenas quando existe quietude em movimento pode brotar o ritmo espiritual que invade a terra e os céus.* \*

Em física, o reconhecimento da natureza dinâmica do universo surge não só quando nos apercebemos do mundo microscópico de átomos e núcleos, mas também quando observamos as estruturas imensamente maiores que são as estrelas ou as galáxias. Através de poderosos telescópios observamos o universo em incessante movimento. Nuvens de hidrogénio em rotação contraem-se para formar estrelas, aquecendo continuamente no processo até se tornarem fogos ardentes no céu. Ao atingir este estado continuam a rodar, algumas delas ejectando material para o espaço circundante na forma de braços espiralados que se condensam em planetas. Eventualmente, após alguns milhões de anos, quando a maior parte do combustível, o hidrogénio, se consumiu, a estrela expande-se e contrai-se novamente num colapso gravitacional. Este fenómeno pode envolver explosões gigantescas e pode transformar a estrela num buraco negro. Todos estes acontecimentos — a formação de estrelas a partir de nuvens de gás interestelar, a sua expansão e contracção e o seu colapso final — podem ser observados, de facto, algures no céu.

As estrelas que se contraem, expandem, rodam ou explodem, aglomeram-se em galáxias de várias formas — discos achatados, esferas, espirais, etc. — as quais por sua vez estão paradas, mas rodam. A nossa galáxia, a Via Láctea, é um imenso disco de estrelas e gás girando no espaço como uma roda gigantesca. Todas as suas estrelas e planetas — incluindo o Sol e os seus planetas — se movem em torno do seu centro. Todo o universo está cheio de galáxias espalhadas por todo o espaço, todas rodando como a nossa.

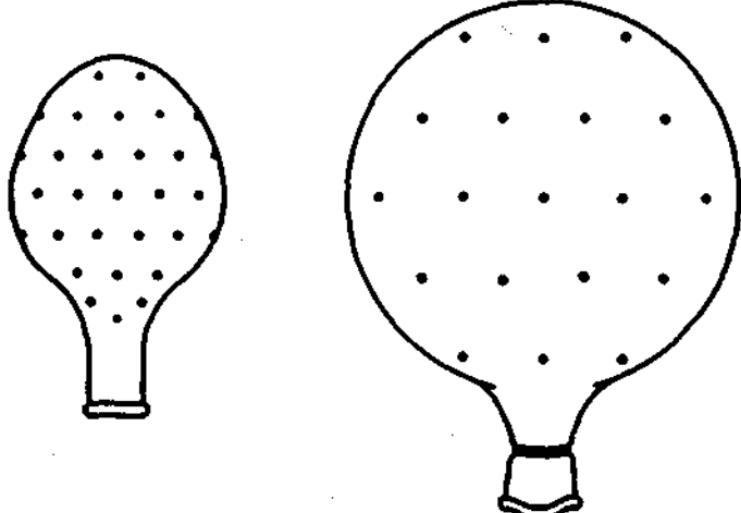
Quando estudamos o universo como um todo, com os seus milhões de galáxias, alcançamos o limite máximo na escala do espaço e do tempo. E, novamente, a um nível cósmico, descobrimos que o universo não é estático, mas que se expande! Esta foi uma das descobertas mais importantes da moderna astronomia. Uma análise cuidada da luz que nos chega dessas distantes galáxias mostra que todo

\* Ts'ai-ken t'an: citação in T. Leggett, *A First Zen Reader* (C.E. Tuttle, Rutland, Vermont, 1972), p. 229, e in N. W. Ross, *Three Ways of Asian Wisdom* (Simon & Schuster, Nova Iorque, 1966), p. 144.

o conjunto se expande, e que o faz de uma forma bem organizada; a velocidade de recessão de qualquer galáxia que observamos é proporcional à distância que nos separa dela. Quanto mais distante de nós se encontrar a galáxia, maior será a velocidade a que se afastará; se a distância duplica, duplicará também a velocidade de afastamento. Esta asserção é verdadeira, quer se trate de distâncias medidas a partir da nossa galáxia quer sejam relacionadas com qualquer outro ponto de referência. Qualquer que seja a galáxia em que nos encontremos, observaremos sempre que todas as outras se afastam de nós — galáxias próximas a cerca de alguns milhares de quilómetros por segundo, outras mais afastadas a maiores velocidades, e as mais longínquas a velocidades próximas da velocidade da luz. A luz emitida por galáxias para além dessa distância *nunca* nos alcançará; essas galáxias afastar-se-ão de nós a uma velocidade superior à velocidade da luz. A luz que emitem é — nas palavras de Sir Arthur Eddington — «como um corredor numa pista que se expande, com a linha de chegada afastando-se mais do que ele pode correr».

Para se ter uma melhor visão da forma como o universo se expande, é necessário recordar que a estrutura conveniente para estudar as suas incommensuráveis dimensões é a teoria geral da relatividade. De acordo com esta teoria, o espaço não é «plano», mas sim «curvo», e a forma exacta dessa curvatura está relacionada com a distribuição de matéria pelo espaço através das equações de campo de Einstein. Estas equações podem ser usadas para determinar a estrutura do universo como um todo — são o ponto de partida da moderna cosmologia.

Quando falamos de uma expansão do universo, no contexto da relatividade geral, estamos a situar o fenómeno numa dimensão mais elevada. Tal como o conceito de espaço curvo, apenas podemos visualizar essa expansão com o auxílio de uma analogia bidimensional. Imaginemos um balão com um grande número de pontos marcados sobre a sua superfície. O balão representa o universo, a sua superfície curva bidimensional representa o espaço curvo tridimensional, e



os pontos na sua superfície são as galáxias nesse espaço. Quando o balão é enchido com ar, todas as distâncias entre pontos aumentam. Qualquer que seja o ponto escolhido como referência servirá para mostrar que todos os outros se afastam desse. O universo expande-se de forma semelhante: qualquer que seja a galáxia escolhida por um observador para referencial revelará que todas as outras se afastam dele.

Uma pergunta óbvia a ser feita acerca do universo em expansão é: como é que tudo começou? Pela relação entre a distância que nos separa de uma galáxia e a sua velocidade de recessão — conhecida como a lei de Hubble — pode calcular-se a origem de tal expansão ou, por outras palavras, a idade do universo. Assumindo que não houve alteração no ritmo de expansão, o que não é de todo correcto afirmar, pode calcular-se essa idade em cerca de 10 000 milhões de anos. Esta é pois a idade do universo. A maioria dos cosmologistas afirma, hoje em dia, que o universo teve a sua origem num acontecimento bastante dramático há cerca de 10 000 milhões de anos, quando toda a sua massa surgiu explosivamente de uma bola de fogo primeva. A expansão do universo, observada actualmente, é tida como o restante de um tal impulso inicial. De acordo com este modelo de *big-bang*, essa explosão inicial determinou o começo do universo, do espaço e do tempo. Se quisermos saber o que aconteceu antes desse momento inicial, esbarramos com severas dificuldades em termos de raciocínio e linguagem. Nas palavras de Sir Bernard Lovell:

*Aqui, chegamos a uma grande barreira no pensamento porque começamos a lutar com os conceitos de espaço e tempo, antes da sua existência, nos termos em que os conhecemos no nosso quotidiano. Sinto-me como se de repente tivesse entrado num grande banco de nevoeiro onde o mundo que me é familiar se desvanece por completo.*\*

Quanto ao futuro do nosso universo em expansão, as equações de Einstein não fornecem uma resposta definitiva. Elas permitem diferentes soluções correspondentes a diferentes modelos do universo. Alguns modelos prevêem que a expansão continuará para sempre; de acordo com outros essa expansão está a abrandar e, eventualmente, iniciar-se-á um processo de contracção. Estes modelos descrevem um universo oscilante, expandindo-se durante biliões de anos, contraíndo-se de seguida até que toda a sua massa se encontre reduzida às dimensões de uma pequena bola, para se expandir de novo, e assim por diante, em inumeráveis ciclos.

Este conceito de um universo em expansão e contracção periódicas, que envolve uma escala de tempo e espaço de vastas proporções, surgiu não apenas na cosmologia moderna, mas também na antiga mitologia india. Sentindo o universo como um corpo ritmado e movente, os hindus desenvolveram teorias de evolução que se assemelham muito aos nossos modernos conceitos

\* A. C. B. Lovell, *The Individual and the Universe* (Oxford University Press, Londres, 1958), p. 93.

científicos. Uma destas cosmologias é baseada no mito hindu de *lila* — a actuação divina — na qual *Brahman* se autotransforma no mundo \*. *Lila* é uma actuação ritmada que se repete em incontáveis ciclos, o Uno tornando-se em muitos e os muitos retornando ao Uno. No *Bhagavad Gita*, o deus Krishna descreve este ritmo de criação com as seguintes palavras:

*No fim da noite do tempo todas as coisas voltam ao meu ser; e quando o novo dia chega, lanço-as de novo para luz.*

*Assim, através do meu ser eu origino toda a criação, e isto repete-se nos ciclos do tempo.*

*Mas eu não estou preso por esta vasta obra de criação.*

*Eu sou e observo o drama da criação.*

*Eu observo — na sua obra de criação a natureza origina todas as coisas que se movem e as que não se movem: e assim prosseguem as mudanças do mundo. \*\**

Os sábios hindus não tiveram receio de identificar o ritmo desta actuação divina com a evolução do cosmos como um todo. Eles imaginaram o universo em expansão e contracção periódicas e deram o nome de *Kalpa* ao tempo inimaginável que decorre entre o início e fim de cada criação. A vastidão deste mito antigo é espantosa: foram necessários mais de dois mil anos para que na mente humana surgisse um conceito semelhante.

Do mundo do muito grande, do universo em expansão, voltemos ao mundo do infinitamente pequeno.

A física do século xx tem-se caracterizado por um progresso contínuo na visão do mundo de dimensões submicroscópicas, até ao âmago dos átomos, núcleos e seus constituintes. O motivo principal desta exploração do mundo submicroscópico tem sido o de encontrar resposta para uma pergunta que tem estimulado o pensamento humano através dos séculos: de que é feita a matéria? Desde o início da filosofia natural que se tem especulado acerca desta questão, tentando descobrir a «substância básica» de que é feita a matéria; mas apenas no nosso século se tornou possível procurar uma resposta através da experimentação. Com a ajuda de sofisticada tecnologia, foi possível aos físicos explorarem primeiro a estrutura dos átomos, descobrirem que estes são constituídos por electrões e um núcleo, e depois a estrutura do núcleo, que veio a saber-se constituída por protões e neutrões, comumente designados em conjunto por nucleões. Nas duas últimas décadas avançou-se um passo mais ao investigar a estrutura dos nucleões — os constituintes do núcleo atómico — que, novamente, não parecem ser as partículas elementares últimas, mas sim compostos por outras entidades.

\* Ver pág. 77.

\*\* *Bhagavad Gita*, 9. 7-10.

O primeiro passo na penetração das camadas mais profundas da matéria — a exploração do mundo dos átomos — levou a profundas modificações no nosso conceito de matéria, já discutidas nos capítulos anteriores. O segundo passo, a investigação dos núcleos atómicos e seus constituintes, levou a novas alterações na nossa visão do mundo subatómico. Aí, lidamos com dimensões centenas de milhar de vezes menores do que as dimensões atómicas \* e, consequentemente, as partículas que se encontram confinadas num espaço tão diminuto mover-se-ão muito mais do que aquelas confinadas em estruturas atómicas. Elas movem-se tão depressa que podem apenas ser adequadamente descritas empregando a estrutura da teoria da relatividade. Para compreender as propriedades e interacções das partículas subatómicas, torna-se necessário usar conceitos que tomam em conta a teoria quântica e a teoria da relatividade. E é esta última que, uma vez mais, nos obriga a mudar a nossa visão da matéria.

A característica principal da estrutura relativista, como já foi mencionado anteriormente, é a de unificar conceitos básicos que pareciam ser não relacionáveis. Um dos exemplos mais ilustrativos é o da equivalência entre massa e energia, expressa matematicamente pela famosa equação de Einstein  $E = mc^2$ . Para compreender o significado profundo desta equivalência, é necessário compreender em primeiro lugar o conceito de energia e de massa.

O conceito de energia é um dos mais importantes para a descrição de fenómenos naturais. Tal como na vida do dia-a-dia, dizemos que um corpo possui energia quando tem capacidade para produzir trabalho. Esta energia pode assumir uma grande variedade de formas. Pode manifestar-se sob a forma de movimento, calor, energia gravitacional, energia eléctrica, energia química, etc. Qualquer que seja a forma em que se apresente, pode ser usada para produzir trabalho. Uma pedra, por exemplo, pode adquirir energia gravitacional \*\* se a elevarmos a uma qualquer altura. Quando a pedra é largada de uma dada altura, a sua energia gravitacional é transformada em energia de movimento (a «energia cinética»), e quando a pedra atinge o solo, pode produzir trabalho ao partir alguma coisa. Tomando um exemplo mais construtivo, a energia eléctrica ou química pode ser transformada em calor e usada para fins domésticos. Em física, energia é sempre associada com algum processo, ou algum tipo de actividade, e a sua importância fundamental reside no facto de a energia total envolvida permanecer constante. Pode transformar-se da forma mais complexa, mas nenhuma das suas partes se perde. O princípio de conservação da energia é uma das leis fundamentais da física. Todos os fenómenos naturais conhecidos se dão de acordo com este princípio e, até hoje, ainda não se observaram desvios ao seu enunciado.

A massa de um corpo, por outro lado, é uma medida do seu peso, isto é, da força que a gravidade exerce sobre um corpo. Para além disto, a massa quantifica a inércia de um corpo, ou seja, a resistência que ele oferece a alterações do seu

\* Como suporte para esta afirmação, tome-se como dimensão para o raio atómico o valor de  $5,3 \times 10^{-10}$ m (raio de Bohr) e para o raio do núcleo  $1,4 \times 10^{-14}$ m. (N. do T.)

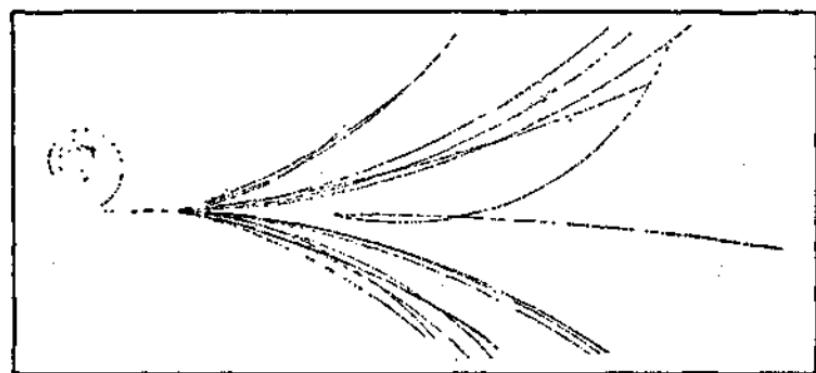
\*\* Designada, nesta situação, por energia potencial. (N. do T.)

estado de movimento ou de repouso. Objectos mais pesados são mais difíceis de ser acelerados do que outros mais leves, um facto bem conhecido para quem já teve de empurrar um carro. Na física clássica a massa é ainda associada com a noção de substância material indestrutível, isto é, com a «substância básica» de que se pensava serem feitas todas as coisas. Tal como a energia, acreditava-se que a massa se conservava rigorosamente, nada se poderia perder.

A teoria da relatividade vem-nos dizer, no entanto, que massa não é mais que uma forma de energia. Energia que pode não só assumir as diversas formas conhecidas na física clássica, como também estar contida na massa de um objecto. A quantidade de energia associada com uma massa,  $m$ , de uma partícula é dada por  $m$  vezes  $c^2$ , isto é, o quadrado da velocidade da luz; ou seja:

$$E = mc^2$$

Uma vez apercebido o facto que massa é uma forma de energia, não mais se requer que esta seja indestrutível, mas que possa ser transformada em outras formas de energia. Isto pode acontecer quando partículas subatómicas colidem umas com as outras. Em tais colisões, as partículas podem ser destruídas e a energia contida nas suas massas ser transformada em energia cinética, distribuída entre outras partículas que participaram na colisão. Inversamente, quando partículas colidem a muito alta velocidade, a sua energia cinética pode ser usada para criar a massa de novas partículas. A fotografia abaixo ilustra um exemplo concreto de uma



tal colisão: um protão entra numa câmara de bolhas, vindo da esquerda, expulsa um electrão de um átomo (rastro espiralado) e colide então com outro protão onde dá origem a dezasseis novas partículas no processo.

A criação e destruição de partículas materiais é uma das consequências mais impressionantes do princípio de conservação de energia. Nos processos de colisão da física de altas energias a massa não é conservada. As partículas que

colidem podem ser destruídas e as suas massas transformadas, por um lado, na massa de novas partículas ou, por outro lado, na energia cinética que estas adquirem. Apenas a energia total envolvida no processo é conservada, isto é, a energia cinética mais a energia contida em todas as massas. As colisões de partículas subatómicas são a principal ferramenta empregue para estudar as suas propriedades e a relação existente entre massa e energia é essencial para a sua descrição. Esta relação foi já verificada inúmeras vezes e ela é completamente familiar aos físicos, a tal ponto que medem a massa de uma partícula nas correspondentes unidades de energia.

A descoberta que a massa não é mais que uma forma de energia levou-nos a modificar, na sua essência, o conceito de partícula. Na física moderna, a massa não se tornou sinónimo de substância material, e assim as partículas não são vistas como constituídas de alguma «substância básica» mas sim como «pacotes de energia». A energia, no entanto, ao ser associada com actividade, com processos, leva a considerar que a natureza das partículas subatómicas é intrinsecamente dinâmica. Para melhor se compreender tal facto deve ter-se em conta que estas partículas apenas podem ser vistas à luz da teoria da relatividade, isto é, em termos de uma estrutura onde o espaço e o tempo estão fundidos num contínuo a quatro dimensões. As partículas não devem ser imaginadas como objectos estáticos a três dimensões, como bolas de bilhar ou grãos de areia, mas como entidades a quatro dimensões no espaço-tempo. As suas formas devem ser compreendidas dinamicamente num espaço-tempo. As partículas subatómicas são padrões dinâmicos que possuem um aspecto espacial e um aspecto temporal. O aspecto espacial fá-las parecer como objectos possuidores de uma certa massa e o seu aspecto temporal como processos envolvendo uma energia equivalente.

Estes padrões dinâmicos, ou «pacotes de energia», formam estruturas nucleares, atómicas e moleculares estáveis que são os constituintes da matéria e que lhe dão o seu aspecto macroscópico de solidez, fazendo-se pensar que é feita de alguma substância material. A um nível macroscópico a noção de substância é uma aproximação válida que não faz sentido quando usada a um nível atómico. Os átomos são constituídos por partículas e estas não são feitas de algum tipo de material. Quando as observamos nunca distinguimos substância alguma; o que vemos são padrões dinâmicos que continuamente se transformam uns nos outros — uma dança contínua de energia.

A teoria quântica veio mostrar que as partículas não são grãos isolados de matéria, mas sim padrões de probabilidade, interconexões numa teia cósmica inseparável. A teoria da relatividade, por assim dizer, veio dar vida a estes padrões ao revelar o seu carácter intrinsecamente dinâmico. Veio mostrar que a actividade da matéria é a própria essência da sua existência. As partículas do mundo subatómico não são apenas activas no sentido de se moverem muito rapidamente: elas próprias são processos! A existência da matéria e a sua actividade não podem ser separadas. São apenas diferentes aspectos de uma mesma realidade espaço-temporal.

Foi comentado no capítulo anterior que o conhecimento da «interpretação» do espaço e do tempo levou os místicos orientais a uma visão dinâmica do mundo.

Um aturado estudo dos seus escritos revela a sua concepção do mundo não apenas em termos de movimento, fluir e mudança, mas também uma forte intuição do carácter do «espaço-tempo» de todos os objectos materiais, como é típico na física relativista. Os físicos têm de ter em conta a unificação do espaço e do tempo quando estudam o mundo subatómico e, consequentemente, vêem os objectos deste mundo — as partículas — não estática, mas dinamicamente em termos de energia, actividade e processos. Os místicos orientais, nos seus estados de consciência não ordinários, pareciam estar cientes da interpenetração do espaço e do tempo num nível macroscópico, e assim vêem os objectos macroscópicos de uma forma muito semelhante à que é usada pelos físicos para descrever as partículas subatómicas. Isto é particularmente visível no budismo. Um dos principais ensinamentos de Buda é que «todas as coisas compostas são impermanentes». Na versão original Pali desta famosa máxima \*, o termo usado para «coisas» é a palavra sânscrita *samskara* que significa, primeiro que tudo, um «acontecimento» — também um «feito», um «acto» — e apenas secundariamente, «uma coisa existente». Isto mostra claramente que os budistas têm a concepção dinâmica das coisas como processos em mudança constante. Nas palavras de D. T. Suzuki:

*Os budistas conceberam um objecto não como uma coisa ou substância mas como um acontecimento... A concepção budista de «coisas» como *samskara*, isto é, como «feitos» ou «acontecimentos», torna claro que os budistas compreenderam o nosso sentir em termos de tempo e movimento. \*\**

Tal como os físicos modernos, os budistas vêem todos os objectos como processos num fluir universal e negam a existência de qualquer substância material. Esta negação é uma das características principais de todas as escolas de filosofia budista. É também característica do pensamento chinês, que desenvolveu uma visão semelhante das coisas como estágios transitórios num sempre-fluente *Tao*, e estava mais preocupado com as suas inter-relações que com a sua redução a uma substância fundamental. «Enquanto a filosofia europeia procurava encontrar a realidade na substância», escreve Joseph Needham, «a filosofia chinesa procurava encontrá-la na relação.» \*\*\*

Assim, as formas estáticas ou substâncias materiais não têm lugar na visão dinâmica do mundo do misticismo oriental nem na física moderna. Os elementos básicos do universo são padrões dinâmicos; estágios transitórios num «fluir constante de transformação e mudança», como lhe chama Chuang Tzu.

De acordo com o actual conhecimento que temos da matéria, os seus constituintes básicos são as partículas subatómicas, e compreender as suas propriedades e interacções é o objectivo principal da física moderna. Conhecemos, hoje em dia, mais de duzentas partículas, a maioria das quais é criada artificialmente em

\* *Digha Nikaya*, ii. 198.

\*\* D. T. Suzuki, *op. cit.*, p. 55.

\*\*\* J. Needham, *Science and Civilization in China* (Cambridge University Press, Londres, 1956), vol. II, p. 478.

processos de colisão, e com tempos de vida muito curtos, menos que a milionésima da milionésima parte do segundo! É assim evidente que estas partículas, com tão curto tempo de vida, representam apenas padrões transitórios em processos dinâmicos. As perguntas seguintes concernem a estes padrões ou partículas. Quais são as suas características fundamentais? São compostas e, se sim, de que consistem ou, ainda melhor, que outros padrões estão envolvidos? Como é que interactuam umas com as outras, isto é, quais são as forças existentes entre elas? Finalmente, se as partículas são elas próprias processos, que tipo de processos são esses?

Tornamo-nos conscientes, na física das partículas, que todas estas perguntas estão relacionadas. Devido à natureza relativista das partículas subatómicas, não podemos compreender as suas propriedades sem compreender as suas interacções mútuas, e por causa da interconexão básica do mundo subatômico não compreendemos uma partícula sem antes compreendermos todas as outras. Os capítulos que se seguem mostram até que ponto se desenvolveu o nosso conhecimento das propriedades das partículas e das suas interacções. Apesar de ainda nos faltar um modelo completo de uma teoria quântico-relativista do mundo subatômico, várias teorias e modelos parciais foram desenvolvidos, descrevendo com sucesso alguns aspectos do mundo. Uma discussão aprofundada de todos estes modelos e teorias mostrará que todos eles envolvem concepções filosóficas que estão em completa concordância com as do misticismo oriental.

# Vazio e forma

11

A visão clássica do mundo, mecanicista, baseava-se na noção de partículas sólidas e indestrutíveis movendo-se no vácuo. A física moderna veio alterar radicalmente esta imagem. Originou não só uma noção completamente nova de «partículas» como também transformou, de uma maneira profunda, o conceito clássico de vácuo. Esta alteração teve origem nas denominadas teorias de campo. Tudo começou com a ideia de Einstein de associar o campo gravitacional com a geometria do espaço, e tornou-se mais evidente quando se combinou a teoria quântica com a teoria da relatividade para descrever os campos de forças das partículas subatómicas. Nestas «teorias de campo quânticas», a fronteira entre partículas e o espaço que as rodeia perde a sua clareza original e o vácuo é reconhecido como uma entidade dinâmica de primordial importância.

O conceito de campo foi introduzido no século XIX por Faraday e Maxwell na sua descrição das forças entre as cargas eléctricas e as correntes por elas produzidas. Um campo eléctrico é uma condição existente no espaço que rodeia um corpo carregado electricamente e que produzirá uma força em qualquer outra carga nesse campo. Os campos eléctricos são assim criados por corpos carregados e os seus efeitos apenas podem ser sentidos por outros corpos carregados. Os campos magnéticos são produzidos por cargas em movimento, isto é, por correntes eléctricas, e as forças magnéticas resultantes podem ser sentidas por outras cargas em movimento. Na electrodinâmica clássica, a teoria delineada por Faraday e Maxwell, os campos são entidades físicas primárias que podem ser estudadas sem referência a qualquer corpo material. Campos eléctricos e magnéticos vibrantes podem deslocar-se através do espaço sob a forma de ondas de rádio, ondas luminosas ou outros tipos de radiação electromagnética.

A teoria da relatividade tornou a estrutura da electrodinâmica mais elegante ao unificar os conceitos de carga e corrente e de campo eléctrico e magnético. Como todo o movimento é relativo, toda a carga pode ser vista como uma corrente — num referencial que se desloque relativamente ao observador — e, consequentemente, o seu campo eléctrico pode ser visto como um campo magnético. Na formulação electrodinâmica relativista os dois campos são assim unificados num único campo electromagnético.

O conceito de campo está não só associado com a força electromagnética mas também com uma outra força com um maior alcance, a força da gravidade. Os campos gravitacionais são produzidos e sentidos por todos os corpos que possuam

massa e as forças que daí resultam são sempre atractivas, contrariamente ao que sucede com os campos electromagnéticos, sentidos apenas por corpos carregados, e que dão origem a forças atractivas e repulsivas. A teoria que descreve correctamente os campos gravitacionais é a teoria da relatividade, e nesta a influência de um corpo com massa no espaço que o rodeia tem um muito maior alcance que a correspondente influência causada por um corpo carregado na electrodinâmica. Novamente, o espaço que rodeia o objecto está «condicionado» de tal forma que este sentirá uma força, mas desta vez o condicionamento afecta a geometria, e assim a própria estrutura, do espaço. Matéria e espaço vazio — o todo e o nada — eram dois conceitos fundamentalmente distintos, nos quais se baseava o atomismo de Demócrito e Newton. Na relatividade geral, estes dois conceitos passam a ser inseparáveis. Onde quer que exista um corpo com massa, existirá também um campo gravitacional, e tal facto manifestar-se-á na curvatura do espaço que o rodeia. Não devemos pensar, no entanto, que o campo enche o espaço e o «curva». Não existe distinção: o campo é o espaço curvo! Na relatividade geral o campo gravitacional e a estrutura, ou geometria, do espaço são conceitos coincidentes. São representados nas equações de campo de Einstein pela mesma e única expressão matemática. Assim, na teoria de Einstein, a matéria não pode ser separada do seu campo de gravidade, e este não pode ser separado da curvatura do espaço. Espaço e matéria são pois tomados como partes inseparáveis e interdependentes de um único todo.

Os objectos materiais não só determinam a estrutura do espaço que os rodeia como também são influenciados por ele de uma forma profunda. De acordo com o físico e filósofo Ernst Mach, a inércia de um corpo material — a resistência que um corpo oferece quando acelerado — não é uma propriedade intrínseca da matéria, mas uma evidência da sua interacção com o resto do universo. Segundo Mach, a matéria possui inércia apenas porque existe mais matéria no universo. Quando um corpo roda, a sua inércia produz uma força centrífuga (usada, por exemplo, numa máquina de lavar roupa para extrair a água da roupa molhada), mas esta força surge apenas porque o corpo roda «relativamente às estrelas». Se essas estrelas desaparecessem repentinamente, a inércia e a força centrífuga do corpo em rotação desapareceriam também.

Este conceito de inércia, que se tornou conhecido como o princípio de Mach, teve uma profunda influência em Albert Einstein e foi a motivação para a edificação da teoria geral da relatividade. Os físicos ainda não concluíram acerca da inclusão ou não na teoria do princípio de Mach, devido à sua considerável complexidade matemática. A maioria, no entanto, concorda que ele deve ser enquadrado, de uma forma ou doutra, numa teoria genérica da gravidade.

Assim, a física moderna veio uma vez mais mostrar-nos — e desta vez a um nível macroscópico — que os corpos materiais não são entidades distintas, mas que estão inseparavelmente ligados ao mundo que os rodeia; que as suas propriedades apenas podem ser compreendidas nos termos da sua interacção com o resto do mundo. De acordo com o princípio de Mach, esta interacção abrange o universo como um todo, alcançando estrelas e galáxias distantes. A unidade básica do

universo manifesta-se a si própria, não só no mundo do muito pequeno, como também no mundo do muito grande, facto que assume uma importância cada vez maior na astrofísica e cosmologia modernas. Nas palavras do astrónomo Fred Hoyle:

*Os desenvolvimentos actuais na cosmologia sugerem, de uma forma insistente, que as condições do dia-a-dia não existiriam sem a influência exercida pelas partes mais longínquas do universo, que os nossos conceitos de espaço e geometria deixariam de ser válidos se essas partes deixassem de existir. O nosso sentir do dia-a-dia, mesmo quando se refere aos mais pequenos detalhes, parece estar completamente integrado nas características de grande escala do universo, sendo impossível contemplar os dois separadamente.\**

A unidade e inter-relação entre um objecto e o mundo que o rodeia, patente numa escala macroscópica da teoria geral da relatividade, surge de forma ainda mais impressionante ao nível subatómico. Aí, os conceitos da teoria de campo clássica combinam-se com a teoria quântica para a descrição das interacções entre as partículas subatómicas. Tal combinação não foi ainda possível com a interacção gravitacional devido à complexidade matemática da teoria da gravidade de Einstein; mas a outra teoria de campo clássica, a electrodinâmica, fundiu-se com a teoria quântica para dar origem à «electrodinâmica quântica», que vem descrever as interacções electromagnéticas entre partículas subatómicas. Esta teoria engloba as teorias quântica e relativista. Foi o primeiro modelo «quântico-relativista» da física moderna, e é ainda um dos mais bem sucedidos.

A característica mais relevante da electrodinâmica quântica surge da combinação de dois conceitos: o de campo electromagnético e o dos fotões como manifestação, sob a forma de partículas, das ondas electromagnéticas. Como os fotões são também ondas electromagnéticas, e como estas ondas são campos vibrantes, os fotões devem ser manifestações dos campos electromagnéticos. Daí a noção de um «campo quântico», isto é, um campo que pode assumir a forma de quanta, ou partículas. Esta é, de facto, uma concepção inteiramente nova que se ampliou para abranger todas as partículas subatómicas e as suas interacções, a cada tipo de partícula correspondendo um campo diferente. Nestas «teorias de campo quânticas», o contraste clássico entre partículas sólidas e espaço circundante é completamente ultrapassado. O campo quântico é tido como a entidade física fundamental; um meio contínuo que está presente em toda e qualquer parte do espaço. As partículas são meras aglomerações locais do campo; concentrações de energia que vão e vêm, perdendo assim o seu carácter individual e dissolvendo-se no campo subjacente. Nas palavras de Albert Einstein:

*Podemos assim encarar a matéria como sendo constituída por regiões do espaço onde o campo é particularmente intenso... Neste novo tipo de física não existe lugar para campo e matéria, o campo é a única realidade.\*\**

\* F. Hoyle, *Frontiers of Astronomy* (Heinemann, Londres, 1970), p. 304.

\*\* Citação in M. Čapek, *The Philosophical Impact of Contemporary Physics* (D. Van Nostrand, Princeton, Nova Jérsia, 1961), p. 319.

A concepção de coisas e fenómenos como manifestações transitórias de uma entidade fundamental subjacente é não só um elemento básico da teoria de campo quântica, como também uma das características fundamentais da visão oriental do mundo. Tal como Einstein, os místicos consideram esta entidade subjacente como a única realidade: todas as suas manifestações fenomenológicas são ilusórias e transitórias. Esta realidade do misticismo oriental não pode ser identificada com o conceito de campo quântico da física porque essa realidade é tida como a essência de *todos* os fenómenos neste mundo e, consequentemente, está para além de todos os conceitos e ideias. O campo quântico, por outro lado, é um conceito bem definido que vem dar conta de alguns fenómenos físicos. No entanto, o sentido que os físicos dão à interpretação do mundo subatómico, em termos de campo quântico, é quase paralelo com o dos místicos orientais, que interpretam o seu sentir do mundo em termos da unidade última que lhe subjaz. No seguimento do surgimento do conceito de campo, os físicos tentaram unificar os vários campos num campo único e fundamental, que englobaria todos os fenómenos físicos. Einstein, em particular, dedicou os últimos anos da sua vida à procura de um tal campo. O *Brahman* dos hindus, tal como o *Dharmakaya* dos budistas, ou o *Tao* dos taoístas, pode ser visto, talvez, como esse campo último que enquadraria os fenómenos estudados em física bem como todos os outros.

Na visão oriental, a realidade subjacente a todos os fenómenos está para além de todas as formas e desafia qualquer descrição ou especificação. É frequentemente designado como sem forma, vazio ou nulo. Mas este vazio não é tido como uma mera nulidade. É, pelo contrário, a essência de todas as formas e a fonte de toda a vida. Diz a *Upanishad*:

Brahman é vida. Brahman é alegria. Brahman é o Vazio...  
Alegria, verdadeiramente, é o mesmo que Vazio.  
Vazio, verdadeiramente, é o mesmo que alegria. \*

Os budistas expressam a mesma ideia ao denominarem a realidade última por *Sunyata* — «Vazio», ou «O Vácuo» — e afirmam que é um vazio animado que dá origem a todo um mundo de fenómenos. Os taoístas atribuem, de forma semelhante, uma criatividade sem fim ao *Tao* e, novamente, designam-no por vazio. «O *Tao* celestial é vazio e desprovido de forma», diz o *Kuan-tzu* \*\*, e Lao Tzu emprega várias metáforas para ilustrar este vazio. Compara frequentemente o *Tao* a um vale profundo, ou a um reservatório que se encontra sempre vazio, com o potencial de conter uma infinidade de coisas.

\* *Chandogya Upanishad*, 4.10.4.

\*\* *Kuan-Tzu*, trad. W. A. Rickett (Hong Kong University Press, 1965), XIII, 36: um volumoso trabalho socio-filosófico, tradicionalmente atribuído ao notável estadista Kuan Chung do século VII a.C. mas, provavelmente, trata-se de um trabalho composto, compilado cerca do século III a.C. reflectindo várias escolas filosóficas.

Apesar de usarem termos como vazio e v c o, os s b ios orientais não se referem a um vazio normal quando falam de *Brahman*, *Sunyata* ou *Tao*, mas antes, pelo contrário, a um vazio potencialmente infinito de cria o. Pode, assim, ser facilmente comparado com o campo quântico da física subat mica. Tal como este, o conceito místico d  origem a uma infinita variedade de formas, por ele criadas, ou eventualmente, destruídas. Nas palavras da *Upanishad*:

*Tranquilo, adoremo-lo  
Como aquilo de onde veio,  
Como aquilo em que se dissolver ,  
Como aquilo em que respira.* \*

Tal como no mundo das partículas subat micas, as manifesta es fenomenológicas do vazio místico não são est ticas e permanentes, mas dinâmicas e transitórias, existindo e desaparecendo numa dança incessante de movimento e energia. Este ´ o mundo de *samsara* — de um nascer e morrer infinitos. Sendo manifesta es transitórias do vazio, as coisas do mundo não possuem uma identidade fundamental. Isto ´ definido na filosofia budista, que nega também a existência de qualquer substância material, afirmando que a ideia de «nós próprios» percorrendo conhecimentos sucessivos ´ uma ilusão. Os budistas compararam freq uentemente esta ilusão de uma substância material e de um ser individual com o fen meno de uma onda de água, na qual o movimento ascendente e descendente das partículas faz crer que um «elemento» de água se desloca sobre a superf cie\*\*. ´ interessante notar que os físicos usaram a mesma analogia no contexto da teoria de campo, como uma forma de ilustrarem a ilusão de uma substância material criada por uma partícula em movimento. Afirma Hermann Weyl:

*De acordo com a [teoria de campo da matéria] uma partícula material, tal como um electrão, ´ simplesmente um pequeno domínio do campo eléctrico no qual este assume um valor extremamente elevado, indicando que um campo energético enorme se concentra num pequeno volume. Tal não de energia, que de forma alguma se destaca do restante campo, propaga-se através do espaço vazio como uma onda de água através da superfície de um lago; o electrão não ´ constituído permanentemente por uma \'nica entidade.* \*\*\*

Na filosofia chinesa a ideia de campo não está apenas implícita na no o de *Tao*, como sendo vazio e sem forma, produtora apesar disso de todas as formas, mas também explicitamente no conceito de *ch'i*. Este conceito teve um importante papel em quase todas as escolas chinesas de filosofia natural, e foi particularmente

\* *Chandogya Upanishad*, 3.14.1.

\*\* Ver pág. 128.

\*\*\* H. Weyl, *Philosophy of Mathematics and Natural Science* (Princeton University Press, 1949), p. 171.

importante no novo confucionismo, a escola que tentou sintetizar o confucionismo, budismo e taoísmo\*. A palavra *ch'i* significa, literalmente, «gás» ou «éter», e era usada na antiga China com a conotação de sopro vital ou energia vital do cosmos. No corpo humano, os «percursos de *ch'i*» são as bases da medicina tradicional chinesa. O objectivo da acupunctura é estimular o fluir de *ch'i* através destes canais. Este fluir é também a base dos movimentos de *T'ai chi ch'uan*, a dança taoísta do guerreiro.

Os novo-confucionistas desenvolveram uma noção de *ch'i* que apresenta uma semelhança impressionante com o conceito de campo quântico da física moderna. Tal como este, o *ch'i* é concebido como uma forma de matéria ténue e não perceptível, omnipresente em todo o espaço e que se pode condensar em objectos materiais sólidos. Nas palavras de Chang Tsai:

*Quando o ch'i se condensa, a sua visibilidade torna-se aparente para que surjam então as formas (das coisas individuais). Quando se dispersa, a sua visibilidade deixa de existir tal como as formas. Na altura da sua condensação, pode dizer-se que isso é nada mais que temporário? E quando se dispersa, pode afirmar-se que é o não-existente?* \*\*

Assim, *ch'i* condensa-se e dispersa-se ritmicamente, fazendo surgir todas as formas que eventualmente se dissolvem no vazio. Como diz Chang Tsai:

*O Grande Vazio só pode ser constituído por ch'i; este condensa-se para dar forma a todas as coisas; e estas coisas não fazem mais que dispersar-se (novamente) no Grande Vazio.* \*\*\*

Tal como na teoria de campo quântica, o campo — ou *ch'i* — não é apenas a essência subjacente a todos os corpos materiais, transportando também as suas mútuas interacções sob a forma de ondas. A seguinte descrição de Walter Thirring, sobre o conceito de campo na física moderna, e a de Joseph Needham, sobre a visão chinesa do mundo físico, ilustram a grande semelhança de conceitos.

*A moderna física teórica colocou o nosso conhecimento acerca da essência da matéria num contexto totalmente diferente. Afastou o nosso olhar do visível — as partículas — para a entidade subjacente, o campo. A presença de matéria deve-se apenas a uma perturbação do estado normal do campo nesse local; algo acidental, quase que se poderia dizer uma mera «mancha». Concordantemente, não existem leis simples que descrevam as forças existentes entre as partículas elementares... A ordem e simetria devem ser procuradas no campo subjacente.* \*\*\*\*

\* Ver pág. n.º 87.

\*\* Citação in Fun Yu-Ian, *A Short History of Chinese Philosophy* (Macmillan, Nova Iorque, 1958), p. 279.

\*\*\* *Ibid.*, p. 280.

\*\*\*\* W. Thirring, «Urbausteine der Materie», *Almanach der Österreichischen Akademie der Wissenschaften*, vol. 118 (1968), p. 160.

*A visão chinesa do universo, nos tempos antigos e medievais, era a de um todo contínuo e perfeito. Ch'i condensava-se em matéria palpável e não era individualizada sob forma alguma, mas os objectos agiam e reagiam com todos os outros objectos do mundo, numa dependência ondulatória ou vibracional, numa alternância rítmica das duas forças fundamentais, o yin e o yang. Objectos individuais possuíam assim os seus ritmos intrínsecos e estes estavam integrados no padrão geral de harmonia do mundo.* \*

Com o conceito de campo quântico a física moderna veio dar uma resposta inesperada à velha questão de saber se a matéria é formada pela junção de átomos individuais ou por um todo incindível. O campo é uma continuidade que está presente em todo o lado e, no entanto, quando assume o aspecto de partículas apresenta-se como descontínuo, com uma estrutura «granular». Os dois conceitos, aparentemente contraditórios, estão na realidade unificados e são tidos como diferentes aspectos de uma mesma realidade. Como acontece numa teoria relativista, a unificação de dois conceitos opostos surge de uma forma dinâmica: os dois aspectos da matéria transformam-se, incessantemente, um no outro. O misticismo oriental apresenta uma unificação dinâmica semelhante entre o vazio e as formas a que aquele dá origem. Nas palavras do Lama Govinda:

*A relação entre forma e vazio não pode ser considerada como um estado de opostos que se excluem mutuamente, mas apenas como dois aspectos de uma mesma realidade, que coexistem e estão em cooperação contínua.* \*\*

A fusão destes dois conceitos opostos num todo único, está expresso num *sutra* budista, com as seguintes palavras:

*Forma é vazio, e vazio é forma. Vazio não é distinto de forma e forma não é distinto de vazio. O que é forma é vazio, e o que é vazio é forma.* \*\*\*

As teorias de campo da física moderna originaram, não apenas uma nova visão do mundo das partículas subatómicas, como também modificaram decisivamente as nossas noções acerca das forças existentes entre elas. O conceito de campo encontrava-se inicialmente ligado ao de força, e ainda na teoria de campo quântica está ligado às forças existentes entre as partículas. O campo electromagnético, por exemplo, pode manifestar-se como um «campo livre», na forma de fotões/ondas em movimento, ou pode ser visto como um campo de forças entre partículas carregadas. Neste último caso, essa força manifesta-se como uma troca de

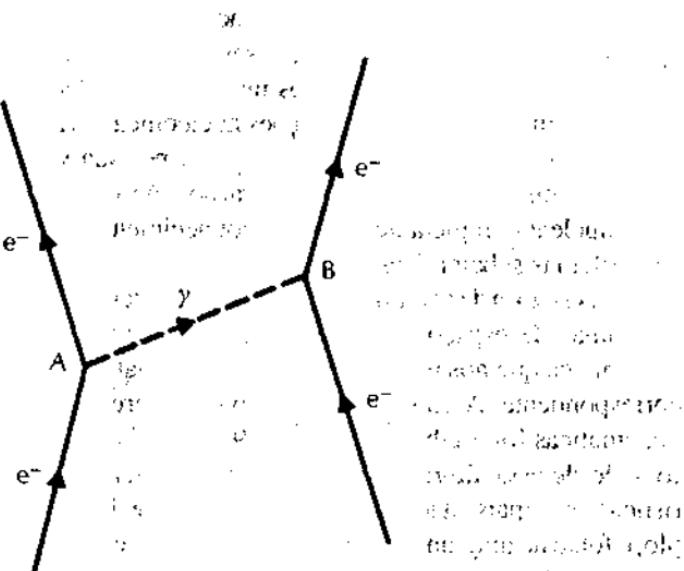
\* J. Needham, *Science and Civilization in China* (Cambridge University Press, Londres, 1956), vol. IV, pp. 8-9.

\*\* Lama Anagarika Govinda, *Foundations of Tibetan Mysticism* (Rider, Londres, 1973), p. 223.

\*\*\* *Prajna-paramita-hridaya Sutra*, in F. M. Müller (ed.), *Sacred Books of the East* (Oxford University Press, Londres, 1980), vol. XLIX, «Buddhist Mahayana Sutras».

fotões entre as duas partículas interactuantes. A repulsão eléctrica entre dois electrões, por exemplo, é medida através desta troca fotónica.

Esta nova noção de força pode ser difícil de entender, mas torna-se evidente quando este processo de troca de fotões é visualizado num diagrama de espaço-tempo. O diagrama abaixo mostra dois electrões que se aproximam um do outro; um deles emite um fotão (designado por  $\gamma$ ) no ponto A, o outro electrão absorve esse fotão no ponto B.



Repulsão mútua de dois electrões através da troca de um fotão

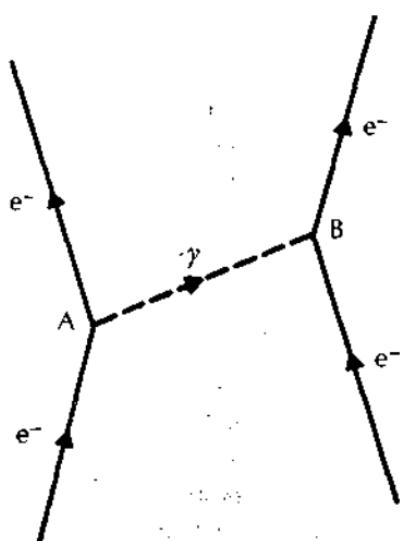
Quando o primeiro electrão emite o fotão, altera a sua direcção e velocidade de deslocamento (como se pode inferir da diferente direcção e inclinação da sua linha de mundo), o que acontece também com o segundo electrão ao absorver o fotão. Por fim, os dois electrões afastam-se um do outro, tendo-se repelido mutuamente através da troca de um fotão. A interacção completa entre os electrões envolverá um grande número de trocas fotónicas, e como resultado as duas partículas vão reflectir o percurso de uma forma suave e gradual.

Em termos de física clássica, pode dizer-se que os electrões exercem forças repulsivas uns sobre os outros. Esta é, sabemos agora, uma forma muito imprecisa de descrever a situação. Nenhum dos dois electrões «sente» uma força à medida que se aproximam um do outro. O que fazem é interagir através da troca de fotões. A força não é mais que o efeito colectivo de todas as trocas fotónicas. O conceito de força deixa assim de ter validade na física subatómica. É um conceito clássico que associamos (mesmo que de uma forma subconsciente) com a noção newtoniana de força que se faz sentir a uma determinada distância. No mundo subatómico tais

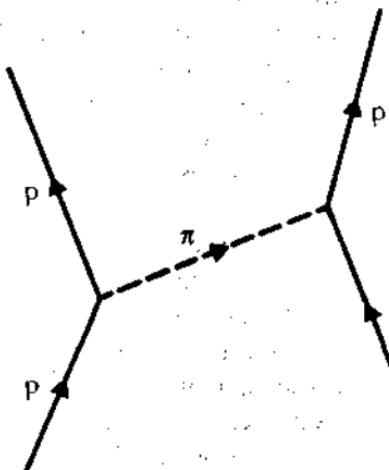
forças não existem, apenas interacções entre partículas no seio de campos, isto é, através de outras partículas. Assim, os físicos preferem falar de interacções em vez de forças.

De acordo com a teoria de campo quântica, todas as interacções ocorrem através da troca de partículas. No caso de estas interacções serem electromagnéticas, essas partículas são os fotões; os núcleos, por outro lado, interactuam por meio de uma força nuclear muito mais forte — ou «interacção forte» — que se manifesta através da troca de partículas de um novo tipo, denominadas «mesões». Existem muitos tipos de mesões que podem ser trocados entre protões e neutrões. Quanto mais próximos se encontrarem os nucleões, maior será o número e a massa dos mesões na interacção. As interacções nucleónicas estão assim relacionadas com as propriedades dos mesões trocados e estes, por sua vez, interactuam mutuamente através de outras partículas. Por esta razão, não seremos capazes de compreender a força nuclear completamente sem o conhecimento profundo de um largo espectro de partículas subatómicas.

Na teoria de campo quântica, todas as interacções podem ser visualizadas em diagramas de espaço-tempo e a cada um destes está associada uma expressão matemática que nos permite determinar a probabilidade de ocorrência do processo correspondente. A correspondência exacta entre os diagramas e essas expressões matemáticas foi estabelecida em 1949 por Richard Feynman, sendo, por esse motivo, desde essa altura, designados por diagramas de Feynman. Uma das características principais da teoria é a ideia de criação e destruição de partículas. Por exemplo, o fotão no diagrama é criado aquando do processo de emissão em A e é destruído quando é absorvido em B. Tal processo apenas pode ser concebido no âmbito da teoria da relatividade, onde as partículas não são encaradas como objectos indestrutíveis, mas sim como padrões dinâmicos envolvendo determinadas quantidades de energia que se redistribuem quando se formam novos padrões.



A criação de uma partícula com uma determinada massa apenas é possível quando a energia correspondente a essa massa se encontra disponível como, por exemplo, num processo de colisão. No caso da interacção forte, esta energia nem sempre existe, como é o caso da interacção de nucleões no núcleo atómico. Assim, a permuta de partículas de grande massa, como os mesões, não deveria ser possível. E, no entanto, tais interacções existem. Dois protões, por exemplo, podem trocar um «mesão-pi» ou «pião», cuja massa é de, aproximadamente, um sétimo da massa do protão:



Troca de um pião ( $\pi$ ) entre dois protões (p)

As razões para que tal processo de troca possa existir, apesar de não estar disponível a energia necessária para a criação de um mesão, têm de ser encontradas num «efeito quântico» relacionado com o princípio de incerteza. Como já foi discutido previamente \*, as ocorrências subatómicas que surjam num intervalo de tempo muito curto envolvem uma grande incerteza na energia do processo. A troca de mesões, isto é, a sua criação e subsequente destruição, são acontecimentos como o referido. Podem ocorrer num intervalo de tempo tão curto que a correspondente incerteza na energia pode ser suficiente para a criação de mesões. Estes mesões são denominados, geralmente, por partículas «virtuais». São diferentes dos mesões «reais», criados em processos de colisão, porque apenas podem existir durante o período de tempo permitido pelo princípio de incerteza. Quanto mais pesados forem os mesões (isto é, quanto maior for a energia necessária para a sua criação), menor será o tempo disponível para o processo de troca. É este o motivo pelo qual os nucleões apenas podem trocar mesões pesados quando estão muito próximos.

\* Ver página n.º 132

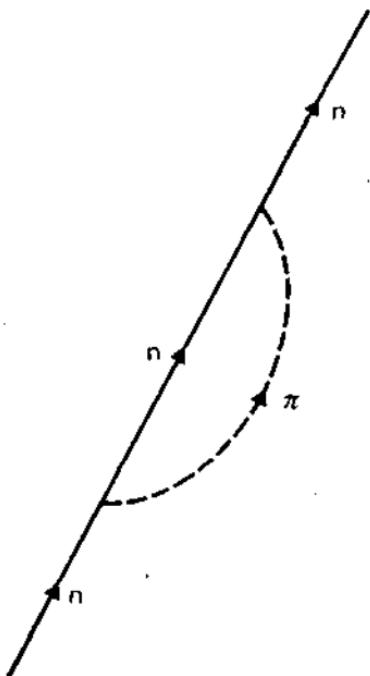
A troca de fotões virtuais, por outro lado, pode ocorrer a qualquer distância porque estes, não tendo massa, podem ser criados com quantidades de energia infinitamente pequenas. Esta análise das forças nucleares e electromagnéticas permitiu a Hideki Yukawa em 1935 não só prever a existência do pião, doze anos antes de ser observado, como também estimar aproximadamente a sua massa a partir do alcance da força nuclear.

Assim, na teoria de campo quântica, todas as interacções são tidas como trocas de partículas virtuais. Quanto mais forte a interacção, isto é, quanto mais forte a «força» existente entre as partículas, maior será a probabilidade de tal processo; maior será a frequência de troca de partículas. O papel das partículas virtuais, no entanto, não está limitado a estas interacções. Um nucleão, por exemplo, pode facilmente emitir e absorver, muito pouco tempo depois, uma partícula virtual, desde que o mesão criado desapareça dentro do período de tempo permitido pelo princípio de incerteza. Nada proíbe este processo. O diagrama de Feynman para esta situação, um neutrão emitindo e reabsorvendo um pião, encontra-se ilustrado na página anterior.

A probabilidade de ocorrência de um tal processo é muito alta para os nucleões devido à sua forte interacção. Isto significa que os nucleões estão, de facto, a emitir e reabsorver constantemente partículas virtuais. De acordo com a teoria de campo, os nucleões têm de ser encarados como centros de intensa actividade, rodeados por uma nuvem de partículas individuais. Estes mesões têm de desaparecer logo após a sua criação, o que significa que não se podem deslocar para muito longe. A nuvem mesónica é assim muito pequena. As suas regiões mais afastadas são povoadas por mesões leves (piões, principalmente), enquanto que os mesões mais pesados, tendo de ser absorvidos após um curto período de tempo, se concentram no interior da nuvem.

Cada nucleão encontra-se rodeado por essa nuvem de mesões virtuais que existem durante um intervalo de tempo extremamente curto. No entanto, estas partículas podem, em determinadas condições, tornar-se reais. Quando uma partícula que se move a alta velocidade atinge um nucleão, alguma da sua energia cinética pode transferir-se para um mesão da sua nuvem e libertá-lo. É este o modo como se criam mesões reais em processos de colisão de alta energia. Por outro lado, quando dois nucleões se aproximam muito um do outro, por tal forma que as suas nuvens de mesões se sobrepõem, alguns deles podem não voltar a ser reabsorvidos pelo nucleão que lhe deu origem, podendo «pular» e ser absorvidos pelo outro. É esta a forma como surge o processo de troca que constitui a interacção forte.

A figura mostra claramente que as interacções entre partículas e, correspondentemente, as «forças» entre elas, são resultado da composição das suas nuvens virtuais. O alcance de uma interacção, isto é, a distância entre as partículas à qual essa interacção se dá, depende da extensão das nuvens virtuais, e os detalhes dependem das propriedades das partículas que as constituem. Assim, as forças electromagnéticas são devidas à presença de fotões virtuais «entre» partículas carregadas, enquanto que as interacções fortes entre nucleões surgem a partir da presença de piões virtuais, e outros mesões, existentes «entre» eles. Na teoria de campo, as forças



Um neutrão (*n*) emitindo e reabsorvendo um pião

entre partículas surgem como resultado das suas propriedades intrínsecas. Força e matéria, dois conceitos que se encontravam rigorosamente separados no atomismo grego e newtoniano, são agora vistos como tendo a sua origem nos padrões dinâmicos a que chamamos partículas.

Esta visão de forças é também característica do misticismo oriental, que encara o movimento e a troca como propriedades essenciais e intrínsecas de todas as coisas. «Todas as coisas que rodam», diz Chang Tsai ao referir-se aos céus, «possuem uma força espontânea e o seu movimento não lhes é imposto do exterior», \* e no *I Ching* podemos ler:

*As leis [naturais] não são forças externas às coisas, representam sim a harmonia de movimento nelas imanente.* \*\*

Esta antiga descrição chinesa das forças, como representando a harmonia de movimento dentro das coisas, parece particularmente apropriada à luz da teoria de campo quântica, onde as forças entre partículas são vistas como reflexos dos padrões dinâmicos (as nuvens virtuais) inerentes a essas partículas.

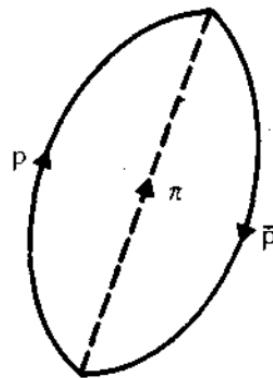
\* Citação in J. Needham, *op. cit.*, vol. II, p. 62.

\*\* Comentário ao hexagrama Yü, in R. Wilhelm, *The I Ching or Book of Changes* (Routledge & Kegan Paul, Londres, 1968), p. 68.

As teorias de campo da física moderna forçam-nos a abandonar a distinção clássica entre partículas materiais e o vazio. A teoria da gravidade de Einstein e a teoria de campo quântica mostram que as partículas não podem ser separadas do espaço que as rodeia. Por um lado, elas determinam a estrutura do espaço e, por outro, não podem ser encaradas como entidades isoladas, tendo de ser vistas como condensações de um campo contínuo presente em todo o espaço. Na teoria de campo quântica, este campo é visto como a base de todas as partículas e das suas interacções mútuas.

*O campo existe sempre e em todo o lado; nunca pode ser omitido. É o suporte de todos os fenómenos naturais. É o «vazio» a partir do qual os protões criam os mesões-pi. Ser e desaparecer são meras formas de movimento do campo. \**

A distinção entre matéria e espaço vazio teve de ser finalmente abandonada quando se tornou evidente que as partículas virtuais podem ser criadas, espontaneamente, a partir do vazio, e nele desaparecerem novamente, sem que esteja presente algum nucleão ou qualquer outra partícula que interactue fortemente. Eis um «diagrama do vácuo» para um tal processo: três partículas — um protão ( $p$ ), um anti-protão ( $\bar{p}$ ) e um pião ( $\pi$ ) — formam-se a partir do nada e desaparecem novamente no vácuo. De acordo com a teoria de campo, acontecimentos deste tipo estão constantemente a acontecer. O vácuo está longe de se encontrar vazio. Pelo contrário, contém um ilimitado número de partículas que surgem infinitamente.



Um diagrama do vácuo

Aqui se situa o paralelo mais próximo do vazio do misticismo oriental na física moderna. Tal como o vazio oriental, o «vácuo físico» — como se define em teoria de campo — não é um mero estado de nulidade, contém o potencial para todas

\* W. Thirring, *op. cit.*, p. 159.

as formas do mundo das partículas. Estas formas, por sua vez, não são formas físicas independentes, mas sim meras manifestações transitórias do vazio subjacente. Como diz o *sutra*, «forma é vazio, e o vazio é forma».

A relação entre as partículas virtuais e o vácuo é essencialmente dinâmica; o vácuo é, verdadeiramente, um «vazio vivo», pulsando em incessantes ritmos de criação e destruição. A descoberta da qualidade dinâmica inerente ao vácuo é tida por muitos físicos como uma das mais importantes da física moderna. Do seu papel de contentor vazio de todos os fenómenos físicos, o vácuo emerge como uma entidade dinâmica de importância primordial. Os resultados da física moderna parecem confirmar as palavras do sábio chinês Chang Tsai:

*Quando se sabe que o Grande Vazio está cheio de ch'i, apercebemo-nos que não existe o nada. \**

\* Citação in J. Needham, *op. cit.*, vol. IV, p. 33.

# A dança cósmica

11

A exploração no século XX do mundo subatómico veio revelar a natureza intrinsecamente dinâmica da matéria. Veio mostrar que os constituintes dos átomos, as partículas subatómicas, são padrões dinâmicos que não podem existir como entidades isoladas, mas sim como partes integrantes de uma estrutura de interacções inseparáveis. Estas interacções envolvem um incessante fluir de energia que se manifesta na transmutação de partículas; um teatro dinâmico no qual se criam e destroem partículas sem fim, numa contínua variação de padrões de energia. A interacção das partículas dá origem a estruturas estáveis que, por sua vez, dão origem ao mundo material que, novamente, não permanece estático, oscilando em movimentos rítmicos. Todo o universo está pois empenhado numa actividade e movimento incessantes — numa dança cósmica de energia.

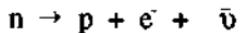
Esta dança envolve uma enorme variedade de padrões mas, surpreendentemente, estes podem classificar-se de acordo com um pequeno número de categorias. O estudo das partículas subatómicas e das suas interacções vem revelar uma grande ordem. Todos os átomos, e consequentemente todas as formas de matéria do mundo, são compostos de apenas três tipos de partículas com massa: o protão, o neutrão e o electrão. Existe ainda uma quarta partícula, o fotão, que não tem massa e representa a unidade básica de radiação electromagnética. O protão, o electrão e o fotão são partículas estáveis, isto é, podem existir para sempre, a não ser que se envolvam em algum processo de colisão onde possam ser desintegrados. O neutrão, por outro lado, pode desintegrar-se espontaneamente. Esta desintegração toma o nome de «decaimento beta» e é um processo elementar de um determinado tipo de radioactividade. Este decaimento provoca a transformação de um neutrão num protão, acompanhada da criação de um electrão e de um novo tipo de partícula, também sem massa, o neutrino. Esta partícula, tal como o protão e o neutrão, é estável. É usualmente designada pela letra grega  $\nu$  («nu») e, simbolicamente, o decaimento beta pode ser representado da seguinte forma:



A transformação de neutrões em protões nos átomos de uma substância radioactiva origina profundas alterações. Os electrões criados no processo são emitidos sob a forma de radiação, bastante energética, que tem um largo espectro de utilização em biologia, medicina e indústria. Os neutrinos, por outro lado, apesar de

emitidos em igual quantidade, são muito difíceis de detectar, devido ao facto de não possuírem nem massa nem carga eléctrica.

Como já foi referido anteriormente, existe uma antipartícula para cada partícula, com a mesma massa mas com carga eléctrica de sinal contrário. O fotão é a sua própria antipartícula; a antipartícula do electrão é designada por positrón; existem ainda o antiprotoón, antineutrão e o antineutrino. A partícula sem massa que é criada no decaimento beta não é, de facto, o neutrino mas sim o antineutrino (representado por  $\bar{\nu}$ ), e assim o processo será correctamente descrito por:



As partículas mencionadas até agora são apenas uma pequena fracção das que hoje se conhecem. Todas as outras são instáveis e decaem, após um pequeno intervalo de tempo, noutras partículas, algumas das quais decaem novamente, até que apenas reste uma combinação de elementos estáveis. O estudo das partículas instáveis é muito dispendioso porque, para cada experiência que se realize, é necessário criá-las novamente num processo de colisão, o que vai exigir a utilização de enormes aceleradores de partículas, câmaras de bolhas, e outros tipos de equipamento extremamente sofisticado.

A maioria das partículas instáveis tem um tempo de vida muito curto, quando comparado com a escala de tempo da vida humana; menos da milionésima parte de um milionésimo de segundo. No entanto, o tempo de vida destas partículas deve ser relacionado com o seu tamanho, que é também muito pequeno. Quando se tem em consideração estes dois aspectos, pode ver-se que muitas delas existem por longos períodos de tempo, e que o tempo atrás referido é, de facto, enorme no mundo das partículas. Uma distância de algumas vezes a altura humana, por exemplo, pode ser percorrida num segundo apenas. Para uma partícula, o intervalo de tempo equivalente será o tempo que ela necessitará para percorrer uma distância semelhante à sua dimensão: uma unidade que se poderá designar por «segundo de partícula»\*.

Para atravessar um núcleo atómico de tamanho médio, uma partícula necessita de cerca de dez destes «segundos de partícula», se se deslocar com uma velocidade próxima da velocidade da luz, como acontece nas colisões. De entre o grande número de partículas instáveis, existem cerca de duas dúzias que conseguem atravessar, pelo menos, alguns átomos antes de decaírem. Esta distância é cerca de 100 000 vezes a dimensão destas partículas e corresponde a um tempo de algumas centenas de «horas de partículas». Estas partículas encontram-se tabeladas na página seguinte, em conjunto com as partículas estáveis já referidas. A maioria das partículas instáveis nessa tabela serão capazes de percorrer um ou mesmo alguns centímetros antes de decaírem, e aquelas que existem por mais tempo, cerca de um

\* Os físicos representam esta unidade por  $10^{-23}$  do segundo, o que é uma forma elegante de representar um número decimal com 23 zeros antes do número 1 (contando com o zero que está antes da vírgula), isto é: 0,00000000000000000000000001 segundos.

milionésimo de segundo, podem deslocar-se algumas centenas de metros; um comprimento enorme se comparado com o seu tamanho.

Todas as outras partículas conhecidas actualmente pertencem a uma categoria que se costuma designar por «ressonâncias», que serão discutidas detalhadamente no capítulo seguinte. Existem por períodos de tempo consideravelmente mais curtos, decaindo após alguns «segundos de partícula», e por isso são incapazes de se deslocarem pouco mais que algumas vezes o seu tamanho. Isto significa que não é possível observá-las numa câmara de bolhas; a sua existência apenas pode ser indirectamente apercebida. Os rastos que podem ser observados numa câmara de bolhas apenas podem ser produzidos pelas partículas que se encontram na tabela abaixo. Todas estas partículas são passíveis de serem criadas ou aniquiladas em

NOME		SÍMBOLO			
		PARTÍCULA		ANTIPARTÍCULA	
fotão		$\gamma$			
leptões	neutrino	$v_e$	$v_\mu$	$\bar{v}_e$	$\bar{v}_\mu$
	electrão	$e^-$		$e^+$	
	muão	$\mu^-$		$\mu^+$	
mesões	pião	$\pi^+$	$\pi^0$	$\pi^-$	
	kaão	$K^+$	$K^0$	$\bar{K}^0$	$K^-$
	eta			$\eta$	
hadrôes	protão	$p$		$\bar{p}$	
	neutrão	$n$		$\bar{n}$	
	lambda	$\Lambda$		$\bar{\Lambda}$	
	sigma	$\Sigma^+$	$\Sigma^0$	$\Sigma^-$	$\bar{\Sigma}^+$
	cascata				
	ómega	$\Omega$		$\bar{\Omega}$	

A tabela apresenta treze tipos de partículas, muitas das quais surgem em diferentes «estados de carga». Os piões, por exemplo, podem ter carga positiva ( $\pi^+$ ), carga negativa ( $\pi^-$ ) ou serem electricamente neutros ( $\pi^0$ ). Existem dois tipos de neutrinos, os que apenas interaciam com electrões ( $v_e$ ) ou com muões ( $v_\mu$ ). As antipartículas correspondentes estão também tabeladas, três das quais ( $\gamma$ ,  $\pi^0$ ,  $\eta$ ) são as próprias antipartículas. A disposição na tabela é por ordem crescente das massas: o fotão e o neutrino não têm massa; o electrão é a mais leve de todas; os muões, piões e kaões são algumas centenas de vezes mais pesados que o electrão; as restantes têm massas cerca de uma a três milhares de vezes a massa do electrão.

processos de colisão, podendo existir como partículas intermédias e contribuir para a interacção entre outras partículas. Toda esta panóplia poderia originar um vasto número de interacções mas, felizmente, embora não saibamos porquê, todas estas interacções parecem pertencer apenas a quatro categorias de forças:

- Interacção forte
- Interacção electromagnética
- Interacção fraca
- Interacção gravitacional

De entre estas, as interacções electromagnética e a gravitacional são as mais familiares, pois que as sentimos no nosso dia-a-dia. A interacção gravitacional existe entre todas as partículas mas, a este nível, o seu efeito é tão fraco que se torna impossível detectá-lo experimentalmente. No entanto, no mundo macroscópico a enorme quantidade de partículas que constituem os grandes corpos combinam as suas interacções gravitacionais para produzirem a força da gravidade, que é a força dominante no universo como um todo. As interacções electromagnéticas surgem entre todas as partículas carregadas electricamente. São responsáveis pelos processos químicos e pela formação de todas as estruturas atómicas e moleculares. A interacção forte mantém juntos os protões e os neutrões no núcleo atómico. É o que se costuma designar por força nuclear, de longe a mais forte existente na natureza. Os electrões, por exemplo, estão ligados ao núcleo atómico por forças electromagnéticas com energias da ordem das dezenas de electrão-volt (eV), enquanto que a força nuclear mantém os protões e os neutrões juntos com energias da ordem das dezenas de milhões de electrão-volt!

Os nucleões não são as únicas partículas que sofrem a actuação da interacção forte. De facto, a esmagadora maioria interactua desta forma. De todas as partículas conhecidas actualmente, apenas cinco (e as suas antipartículas) não participam nas interacções fortes. São elas o fotão e os quatro «leptões», situados no topo da tabela.\* Assim, todas as partículas se ajustam a dois grandes grupos: leptões e «hadrões», ou partículas com interacção forte. O hadrões dividem-se ainda em «mesões» e «bariões», que diferem num certo número de pormenores, sendo um deles o facto de todos os bariões terem antipartículas distintas enquanto que os mesões podem ser as suas próprias antipartículas.

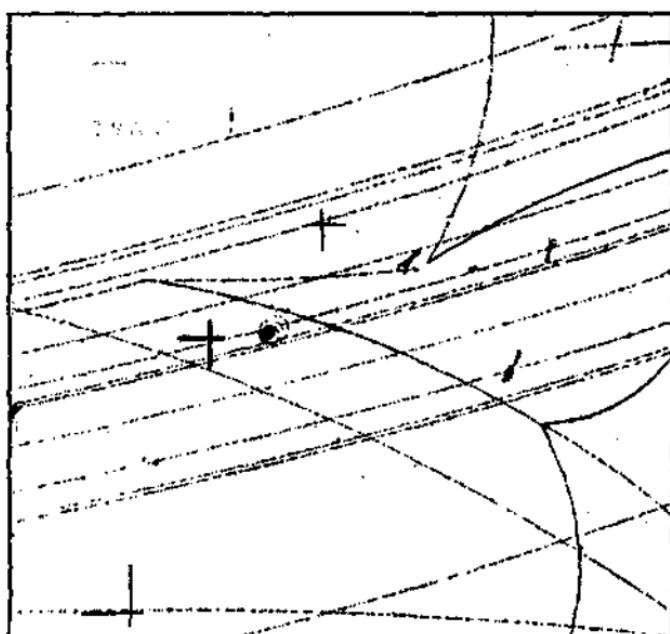
Os leptões estão relacionados com o quarto tipo de interacção: a interacção fraca. Esta é tão fraca, e com um alcance tão curto, que não serve para manter coisa alguma unida, enquanto que as outras três dão origem a forças de ligação — a interacção forte mantendo o conjunto do núcleo atómico, a interacção electromagnética ligando átomos e moléculas e a interacção gravitacional

\* Foi recentemente descoberto um quinto leptão, que se designou pela letra grega  $\tau$  («tau»). Tal como o electrão e o muão, ele surge em dois estados de carga,  $\tau$  e  $\tau'$ , e como a sua massa é de, aproximadamente, 350 vezes a do electrão é geralmente conhecido como o «leptão pesado». O neutrino correspondente, interactuante apenas com o  $\tau$ , foi já postulado mas não reconhecido.

ligando planetas, estrelas e galáxias. A interacção fraca manifesta-se apenas em alguns tipos de colisões de partículas em alguns decaimentos, como o decaimento beta, mencionado anteriormente.

Todas as interacções entre hadrões são mediadas pela troca de outros hadrões. É esta troca de partículas tão pesadas que causa o curto alcance da interacção forte\*. Este alcance nunca ultrapassa umas quantas vezes a dimensão de uma partícula e por esse motivo a sua sobreposição nunca dá origem a uma força macroscópica. Assim, as interacções fortes não se fazem sentir ao nível do mundo do nosso dia-a-dia. As interacções electromagnéticas, por outro lado, são mediadas pela troca de partículas sem massa, os fotões, e assim o seu alcance é indefinidamente longo, \*\* sendo este o motivo pelo qual é possível observar os seus efeitos no nosso quotidiano. As interacções gravitacionais julga-se ser também mediadas por partículas sem massa, a que se deu o nome de «gravitões», mas estes não foram ainda observados experimentalmente, não havendo, no entanto, nenhuma razão particular para duvidar da sua existência.

As interacções fracas têm então um alcance extremamente curto — muito mais curto que o das interacções fortes — e pensa-se que se fazem sentir pela troca de partículas muito pesadas. Estas partículas hipotéticas, que se supõe existirem em três tipos designados por  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z$ , crê-se terem um papel em tudo semelhante ao dos fotões nas interacções electromagnéticas, excepto no que concerne às suas massas. De facto, esta analogia constitui a base para todo um novo tipo de teorias

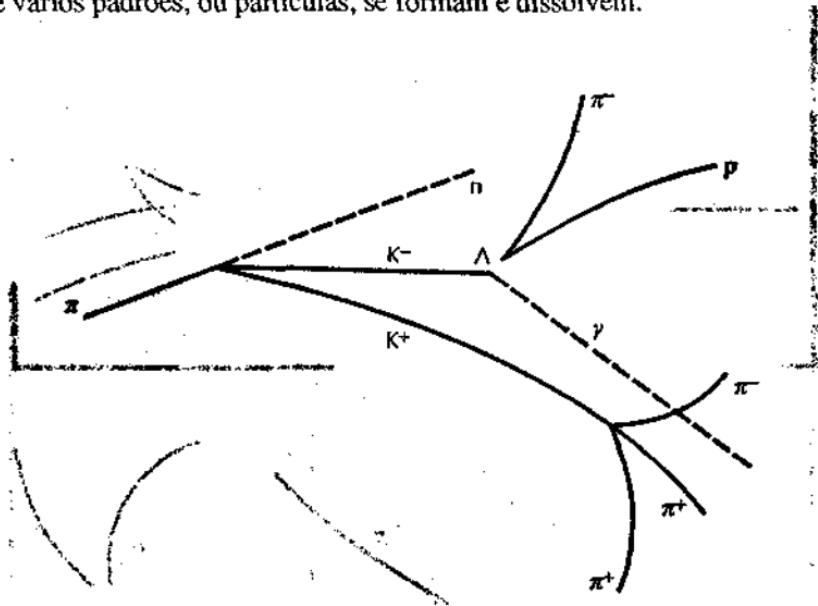


\* Ver página 182.

\*\* Ver página 182.

quânticas de campo, o que vem permitir a construção de uma teoria unificadora entre interacções electromagnéticas e fracas\*.

Em muitos dos processos da física de altas energias, as interacções forte, electromagnética e fraca combinam-se para produzirem uma intrincada sequência de acontecimentos. As partículas que colidem inicialmente são, com frequência, destruídas e criam-se outras que vão provocar mais colisões ao decair, por vezes com alguns estádios intermédios, em partículas estáveis que assim permanecem. A figura da página 190 mostra uma fotografia de uma câmara de bolhas de uma tal sequência de criação e destruição\*\*. Vem ilustrar de forma impressionante a mutabilidade da matéria ao nível das partículas, mostrando uma cascata de energia onde vários padrões, ou partículas, se formam e dissolvem.



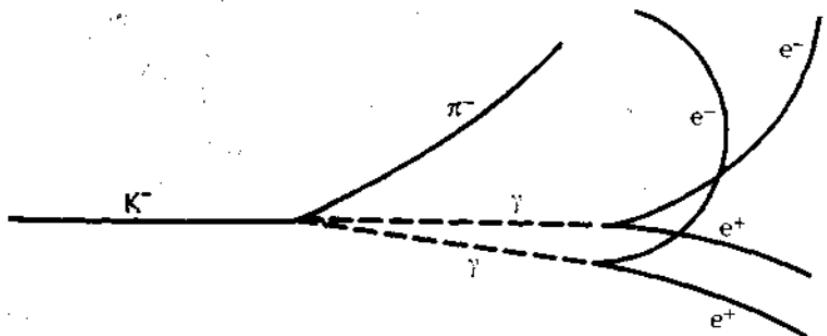
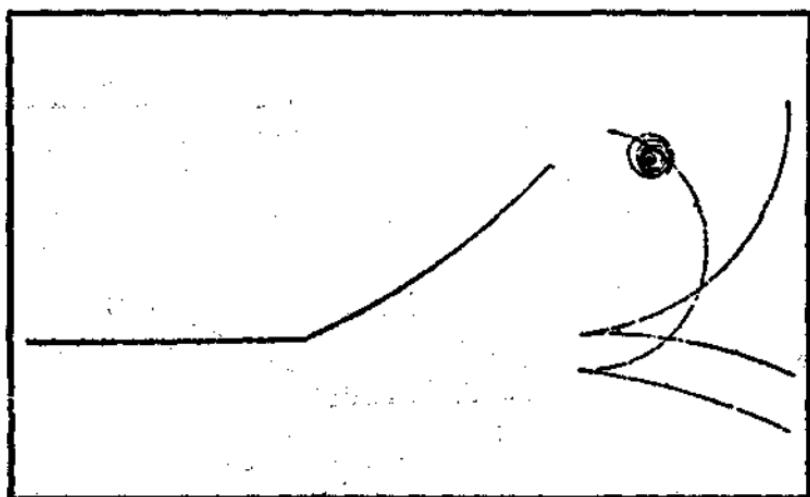
#### Em cima e página anterior

Uma intrincada sequência de colisões e decaimentos de partículas; um pião negativo ( $\pi^-$ ) aproxima-se, vindo da esquerda, e colide com um protão — isto é, com o núcleo de um átomo de hidrogénio — que se «encontrava presente» na câmara de bolhas; ambas as partículas se desintegram, criando-se um neutrão ( $n$ ) e dois kaões ( $K^-$  e  $K^+$ ); o neutrão afasta-se sem deixar rastro; o  $K^-$  choca com outro protão; as duas partículas desintegram-se, criando uma partícula lambda ( $\Lambda$ ) e um fotão ( $\gamma$ ). Nenhuma destas partículas neutras é visível mas a partícula  $\Lambda$  decai, após um curto intervalo de tempo, num protão ( $p$ ) e num  $\pi^+$ , os quais deixam rastro. A distância extremamente curta entre a criação de  $\Lambda$  e o seu decaimento é facilmente observável na fotografia. Finalmente, o  $K^+$ , que fora criado na colisão inicial, desloca-se durante algum tempo ainda antes de decair em três piões.

\* Ver posfácio.

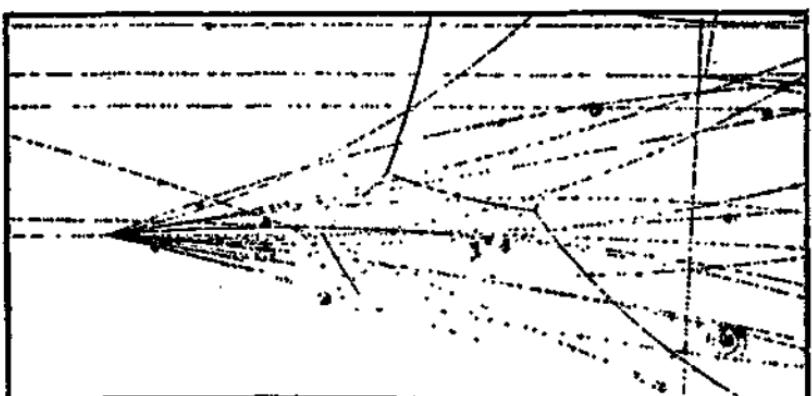
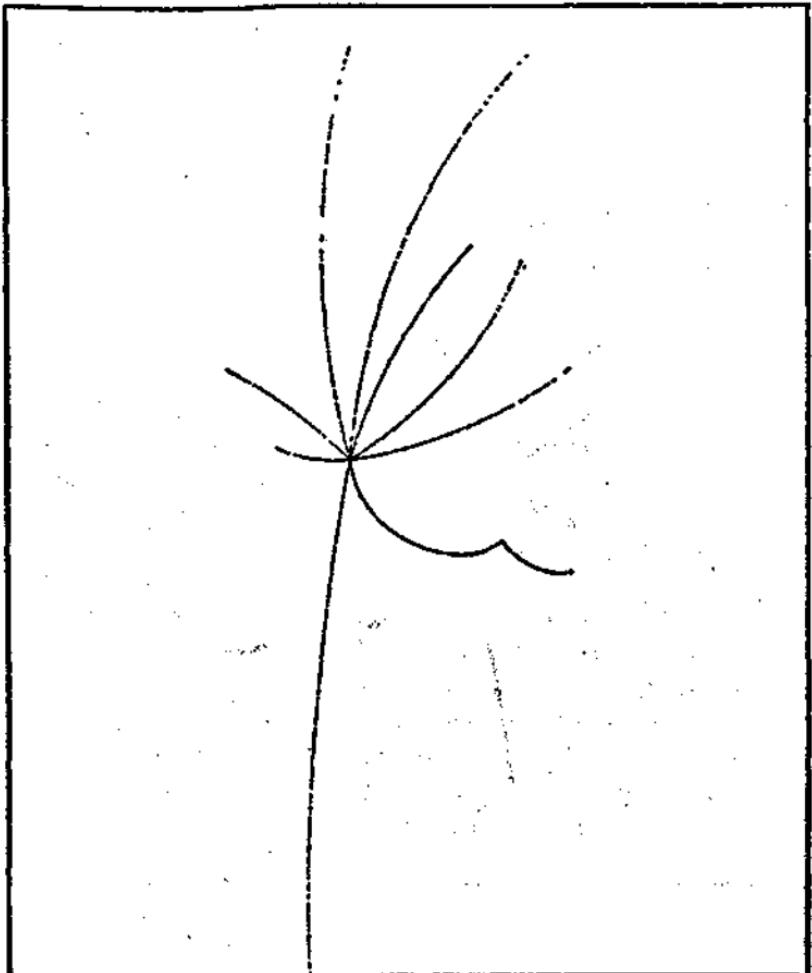
\*\* Convém referir que apenas as partículas carregadas produzem rastro na câmara de bolhas; campos magnéticos vão perturbar o deslocamento destas partículas: aquelas carregadas positivamente vão reflectir na direcção dos ponteiros do relógio enquanto que as carregadas negativamente vão reflectir o seu deslocamento na direcção contrária.

Nestas sequências, a criação de matéria é particularmente evidente quando dois fotões, sem massa, mas com elevada energia, explodem subitamente num par de partículas — um electrão e um positrão — que se afastam em curvas divergentes. Eis um belo exemplo de um processo que envolve a criação de dois desses pares.

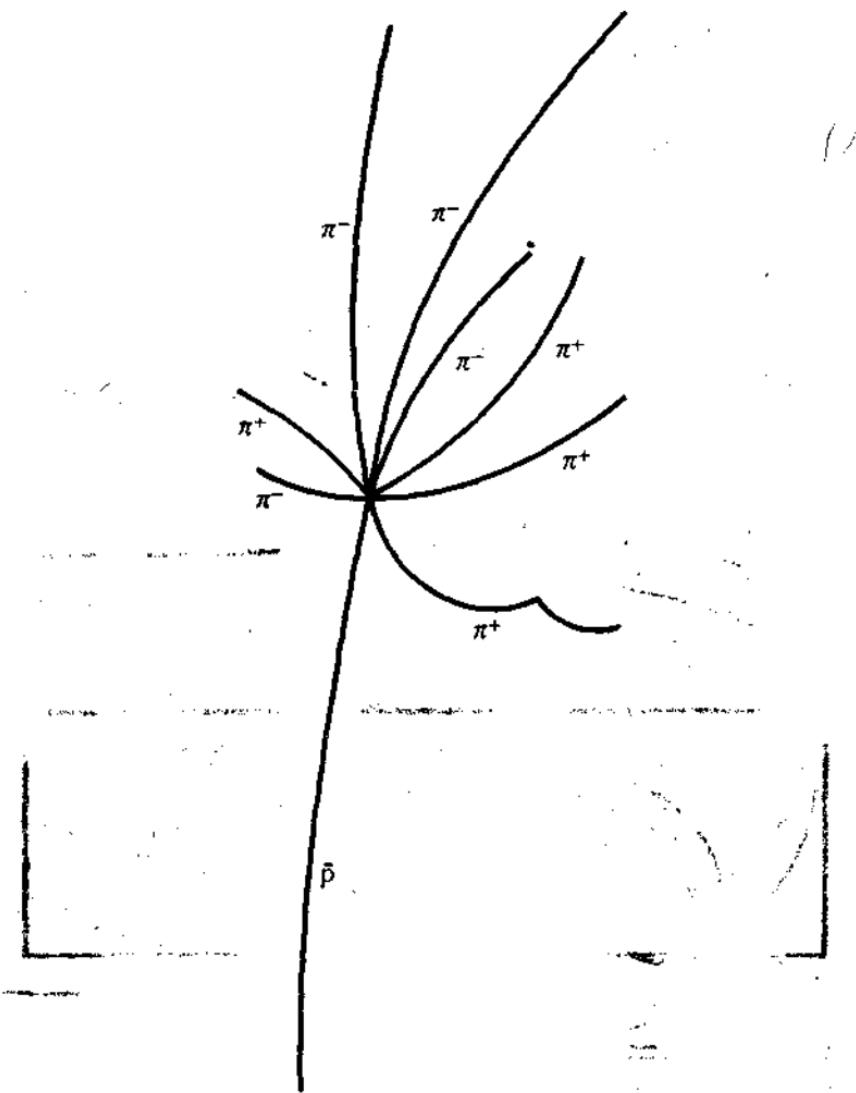


Sequência de acontecimentos na criação de dois pares: um  $K^-$  desintegra-se num  $\pi^-$  e em dois fotões ( $\gamma$ ), cada um deles dando origem a um par electrão-positrão, os positrões ( $e^+$ ) curvando para a direita e os electrões ( $e^-$ ) para a esquerda.

Quanto maior for a energia inicial nestes processos maior será o número de partículas criadas. A fotografia da página seguinte (em cima) mostra a criação de oito piões a partir da colisão entre um protão e um antiprotoão. A fotografia da página seguinte (em baixo) mostra um exemplo extremo: a criação de dezasseis partículas numa única colisão de um pião com um protão.



Criação de dezasseis partículas numa colisão pião-proton

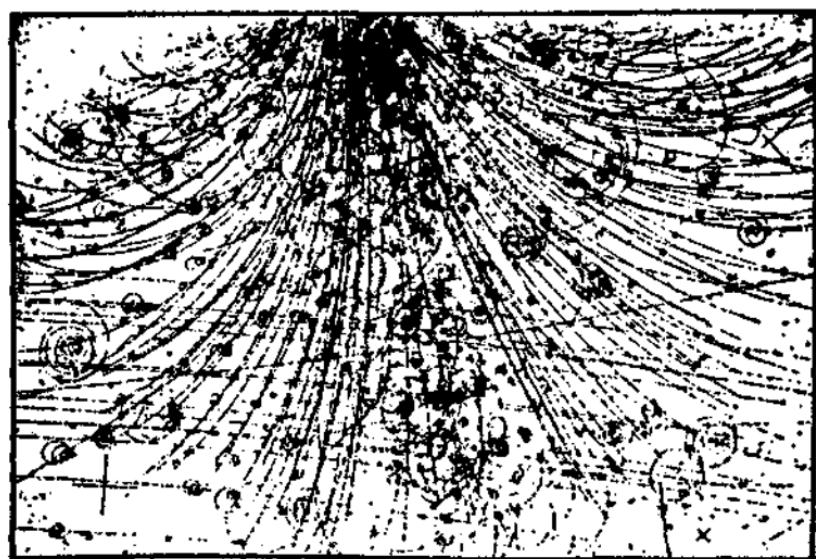


Criação de oito piões numa colisão entre um antiproton ( $\bar{p}$ ) e um protão (em repouso na câmara); ver fotografia da página anterior

Todas estas colisões até agora descritas são produzidas artificialmente em laboratório com o auxílio de enormes máquinas, nas quais as partículas são aceleradas até às energias pretendidas. Na maioria dos fenómenos naturais que ocorrem aqui na Terra, as energias envolvidas não são suficientes para a criação de partículas pesadas. No espaço exterior a situação já é totalmente diferente. No centro das estrelas, onde ocorrem processos semelhantes aos criados nos aceleradores de laboratório, surgem, natural e constantemente, enormes quantidades de partículas subatômicas. Em algumas estrelas, estes processos dão origem a radiação electromagnética

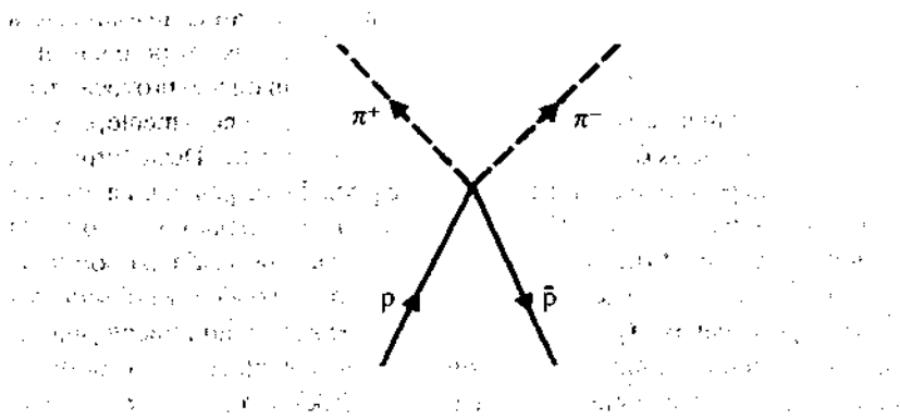
bastante intensa — sob a forma de ondas de rádio, ondas luminosas ou raios-X — que é a principal fonte de informação, para o astrónomo, acerca do universo. O espaço interestelar, bem como o espaço entre galáxias, está repleto de radiação electromagnética de várias frequências, isto é, com fotões de várias energias. Estas não são, no entanto, as únicas partículas que se deslocam através do cosmos. A «radiação cósmica» não contém apenas fotões mas também partículas com massa de todos os tipos, cuja origem é ainda um mistério. A maioria, os protões, podem possuir energias extremamente elevadas; muito maiores do que aquelas possíveis em qualquer acelerador de partículas.

Quando estes «raios cósmicos», altamente energéticos, atingem a atmosfera terrestre, vão colidir com os núcleos das moléculas de ar e assim produzir uma grande variedade de partículas secundárias, as quais decaem ou vão provocar mais colisões, criando assim mais partículas que decaem ou chocam novamente, e assim sucessivamente, até que as últimas atingem a superfície terrestre. Desta forma, um simples protão que penetre na atmosfera terrestre pode dar origem a uma enorme cascata de acontecimentos, na qual a sua energia cinética inicial é transformada numa chuva de várias partículas, sendo gradualmente absorvido ao sofrer as múltiplas colisões subsequentes. Os mesmos fenómenos que podem ser observados nas colisões experimentais da física de altas energias, ocorrem naturalmente, mas de uma forma mais intensa, na atmosfera terrestre a todo o momento; um fluir constante de energia que percorre uma grande variedade de padrões numa dança ritmada de criação e destruição. Pode ver-se em baixo uma magnífica fotografia desta dança energética, tirada accidentalmente quando um raio cósmico, inesperadamente, atingiu uma câmara de bolhas no Centro Europeu de Pesquisas (CERN).



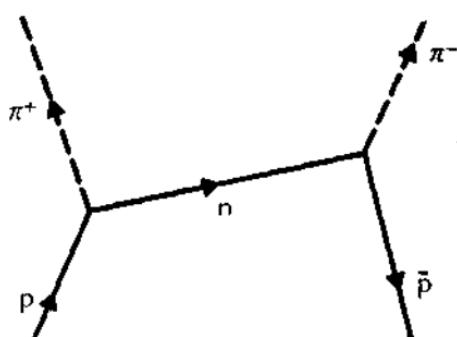
Uma chuva de cerca de 100 partículas produzidas por um raio cósmico que atingiu, accidentalmente, uma câmara de bolhas. Os traços quase horizontais são formados pelas partículas emergentes do acelerador.

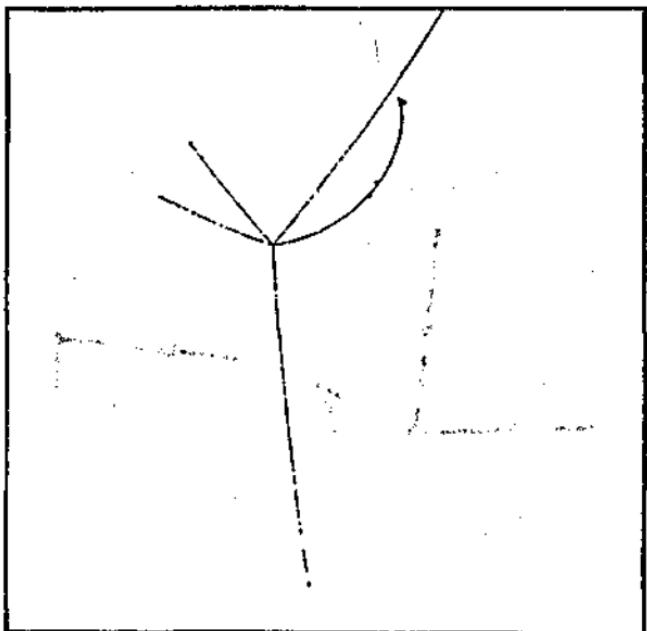
Os processos de criação e destruição que ocorrem no mundo das partículas não são apenas aqueles que podem ser observados numa câmara de bolhas. Existem também processos semelhantes em que as partículas intervenientes, resultantes de interacções com outras partículas, não existem por um intervalo de tempo suficiente para permitir a sua observação. Tomemos como exemplo a criação de dois piões na colisão de um protão com um antiprotoão. O diagrama de espaço-tempo de uma tal situação poderia ser representado pela figura abaixo (não esquecer que o sentido do tempo é de baixo para cima!):



Podem ver-se as linhas de mundo do protão ( $p$ ) e do antiprotoão ( $\bar{p}$ ) a colidirem num determinado ponto do espaço e do tempo, aniquilando-se mutuamente e dando origem a dois piões ( $\pi^+$  e  $\pi^-$ ). Este diagrama não mostra, no entanto, a totalidade dos acontecimentos. A interacção entre o protão e o antiprotoão pode ser representada, como se mostra na figura seguinte, através da troca de um neutrão intermédio.

De uma forma semelhante, também o processo apresentado na fotografia da página seguinte, onde quatro piões são criados numa colisão protão-antiprotoão, pode ser ilustrado de uma forma mais complicada que envolve a criação e destruição de três partículas intermédias: dois neutrões e um protão.





En el punto de la figura se observa que

el vector de velocidad

es perpendicular al vector

de la velocidad en el

momento de la emisión.

Este resultado es

análogo al que

se obtiene en el

caso de la difusión

elástica de los

electrones.

En el punto de la

figura se observa

que el vector

de velocidad

es perpendicular al

vector de velocidad

en el momento de la

emisión.

Este resultado es

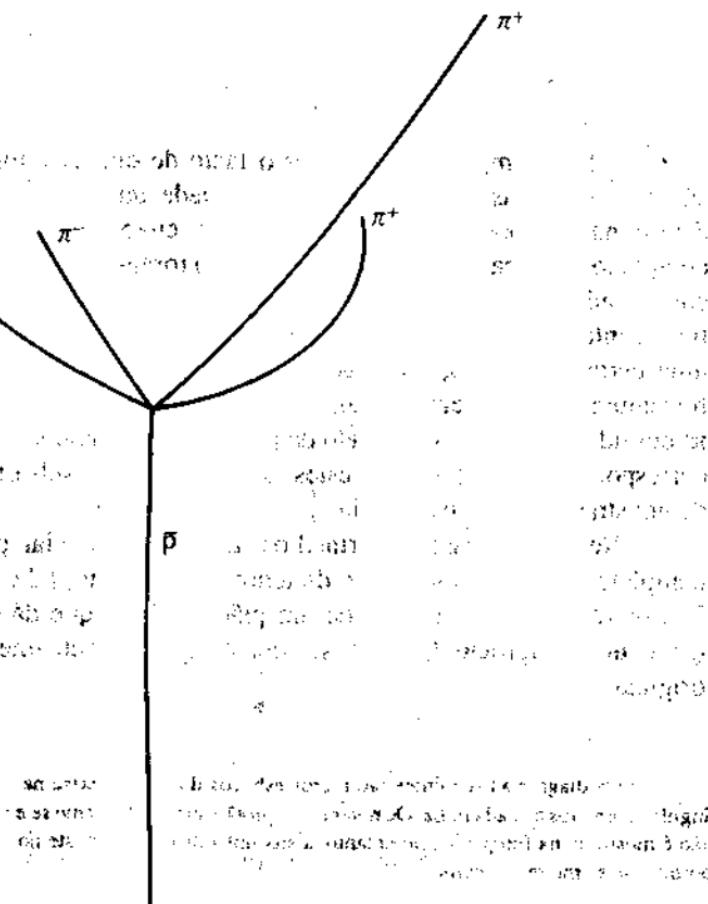
análogo al que

se obtiene en el

caso de la difusión

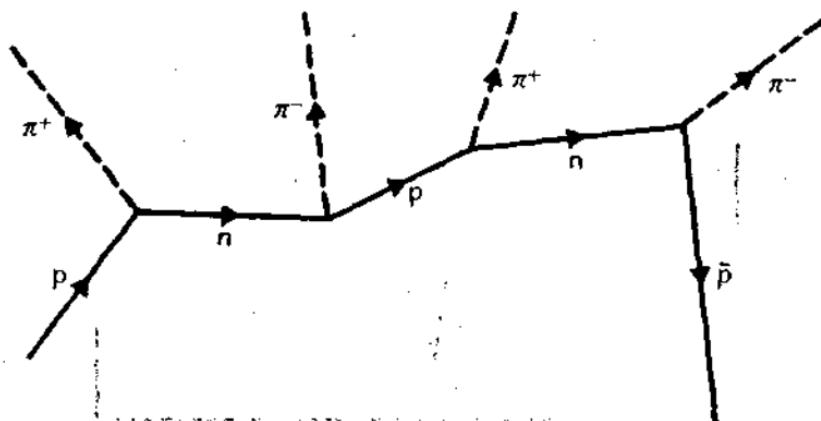
elástica de los

neutrinos.



En el punto de la figura se observa que el vector de velocidad en el momento de la emisión es perpendicular al vector de velocidad en el momento de la absorción.

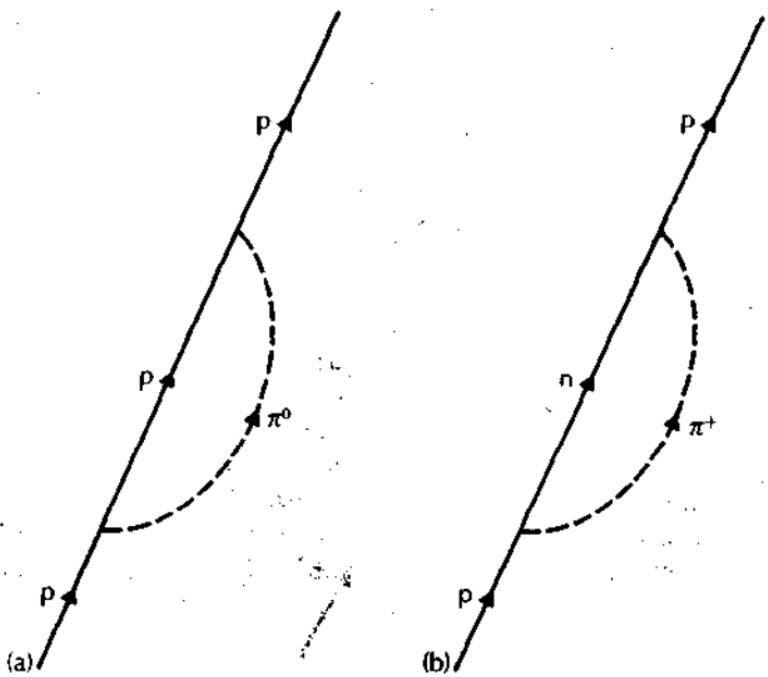
O diagrama de Feynman correspondente será o seguinte: \*



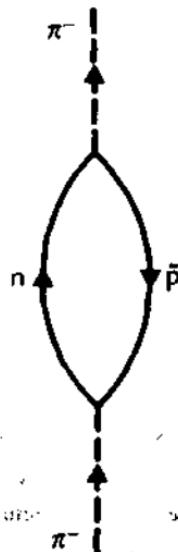
Estes exemplos vêm ilustrar o facto de que as fotografias obtidas numa câmara de bolhas não mostram a totalidade das interacções que existem em determinado processo. Estas, na realidade, envolvem um conjunto muito mais complexo de troca de partículas. A situação torna-se, de facto, infinitamente mais complicada, ao recordarmos que cada partícula envolvida emite e absorve partículas intermédias constantemente. Um protão, por exemplo, emite e absorve, com uma certa frequência, um pião neutro; noutras alturas poderá emitir um  $\pi^+$  e transmutar-se num neutrão que, após um curto intervalo de tempo, irá absorver o  $\pi^+$  emitido e voltar ao seu estado de protão. Nos diagramas de Feynman, as linhas correspondentes aos protões, nestes casos, terão de ser substituídas pelos processos demonstrados na página seguinte.

Nestes processos intermédios, a partícula inicial pode desaparecer por completo durante um intervalo de tempo muito curto, tal como no diagrama (b). Um outro exemplo é o caso de um pião negativo que dá origem a um neutrão ( $n$ ) e um antiproto (  $\bar{p}$  ) que se vão aniquilar mutuamente e recriar o pião original:

\* Os diagramas seguintes são meros esboços do que se passa na realidade e não ilustram os ângulos correctos de cada linha. De notar que o protão que inicialmente se encontra na câmara de bolhas não é mostrado na fotografia; no entanto, a sua linha de mundo existe no diagrama de espaço-tempo porque ele se move no tempo.

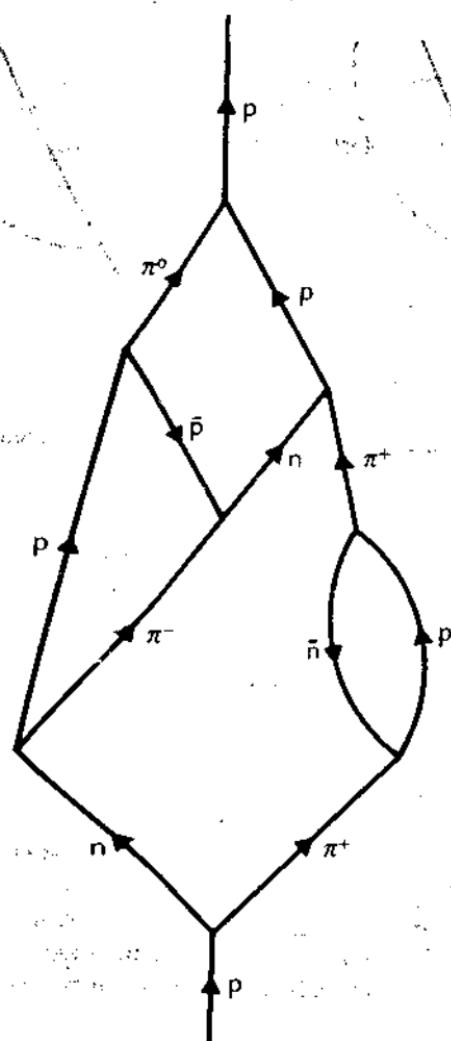


Diagramas de Feynman mostrando um protão que emite e reabsorve piões virtuais



Criação de um par virtual neutrão-antiproton

É necessário ter sempre presente o facto de todos estes processos seguirem as leis da teoria quântica, representado assim tendências ou probabilidades de ocorrência e não uma realidade concreta. Todo o protão tem a possibilidade, isto é, uma determinada probabilidade, de ser um protão mais um  $\pi^0$  ou um neutrão mais um  $\pi^+$  ou ainda outro tipo de combinação. Os exemplos mostrados anteriormente são exemplos bastante simples da ocorrência de partículas intermédias, criando assim toda uma cadeia de interacções virtuais\*. Kenneth Ford, no seu livro *The World of*



Uma sequência de interacções virtuais; de Ford, *op. cit.*

\* As combinações possíveis não são completamente arbitrárias, estão restringidas por algumas leis gerais que serão discutidas no próximo capítulo.

*Elementary Particles*, construiu um exemplo complicado de um tal tipo de estrutura envolvendo a criação e destruição de onze partículas virtuais; o seu comentário: «O diagrama ilustra uma tal sequência de acontecimentos, com um aspecto horrível, mas bastante real. Ocasionalmente, todos os protões entram nesta dança de criação e destruição.» \*

Ford não foi o primeiro físico a utilizar frases como «dança de criação e destruição» ou «dança energética». A noção de ritmo surge naturalmente quando se tenta imaginar o fluir de energia que se forma nos padrões constituintes do mundo das partículas. A física moderna veio mostrar-nos que movimento e ritmo são propriedades essenciais da matéria; que toda a matéria, quer na Terra quer no espaço exterior, está envolvida numa dança cósmica contínua.

Os místicos orientais possuem uma visão dinâmica do universo, similar à da física moderna e, consequentemente, não é surpreendente que tenham também usado a imagem da dança para transmitirem a sua intuição da natureza. Alexandra David Neel apresenta um belo exemplo dessa imagem de dança e de ritmo na sua *Viagem Tibetana*, em que descreve o seu encontro com um Lama que se referia a si mesmo como «mestre do som», e deu conta da sua visão da matéria da seguinte forma:

*Todas as coisas... são agregações de átomos que dançam e que com os seus movimentos produzem sons. Quando se altera o ritmo da dança, altera-se também o som produzido... Cada átomo entoa perpetuamente a sua canção, e o seu som, a cada momento, dá origem a formas densas e sutis.* \*\*

A semelhança entre este ponto de vista e o da física moderna é particularmente impressionante se nos lembarmos que o som é uma onda, com uma certa frequência, e que as partículas, o equivalente moderno do velho conceito de átomos, são também ondas com frequências proporcionais às suas energias. De acordo com a teoria de campo, cada partícula, de facto, «canta, perpetuamente, a sua canção», produzindo padrões de energia ritmados (as partículas intermédias) de «formas densas e sutis».

A metáfora da dança cósmica encontrou a sua mais profunda e bela expressão no hinduísmo, na imagem do deus dançarino Shiva. De entre as suas muitas encarnações, Shiva, um dos mais antigos e populares deuses indianos\*\*\*, surge sob a forma de Rei dos Dançarinos. Para o hinduísmo, a vida é parte de um enorme processo rítmico de criação e destruição, de morte e renascimento, e a dança de Shiva simboliza este eterno ritmo de vida-morte que prossegue em ciclos intermináveis. Nas palavras de Ananda Coomaraswamy:

*Na noite de Brahman, a natureza está inerte, e não se atreve a dançar até Shiva o querer: Ele eleva-se no seu êxtase e dançando lança, através da matéria*

\* K. W. Ford, *The World of Elementary Particles* (Blaisdell, Nova Iorque, 1965), p. 209.

\*\* A. David-Neel, *Tibetan Journey* (John Lane, The Bodley Head, Londres, 1936), pp. 186-7.

\*\*\* Ver página 79.

*inerte, ondas pulsantes de som revigorante, e oh!, a matéria dança também, surgindo como um halo de glória à sua volta. Dançando, ele sustém os diversos fenómenos da natureza. No fim de todo o tempo, sempre dançante, ele destrói todas as formas e nomes e dá novo repouso. Isto é poesia, não deixando de ser ciência.* \*

A dança de Shiva simboliza não só os ciclos cósmicos de criação e destruição, como também o ritmo diário de vida e morte, que é interpretado no misticismo indiano como a base de toda a existência. Simultaneamente, Shiva recorda-nos que as diversas formas no mundo são *maya* — não fundamentais, mas ilusórias e em alteração constante — à medida que as cria e dissolve no fluir incessante da sua dança. Como afirmou Heinrich Zimmer:

*Os seus gestos loucos e graciosos precipitam a ilusão cósmica; o esvoaçar dos seus braços e pernas e o balancear do seu tronco produzem — são, de facto — a contínua criação — destruição do universo, a morte equilibrando exatamente o nascimento, a aniquilação de tudo o que está para vir.* \*\*

Artistas indianos dos séculos x e xi representaram a dança cósmica de Shiva em magníficas esculturas de bronze — figuras com quatro braços cujos gestos, equilibrados de uma forma soberba, mas contudo dinâmica, expressam o ritmo e unidade da Vida. Os vários significados da dança são transmitidos pelos detalhes das figuras numa complexa alegoria pictórica. A mão superior direita do deus segura um tambor que simboliza o som primário da criação, a superior esquerda sustenta uma labareda, o elemento da destruição. O equilíbrio das duas mãos representa o balanço entre criação e destruição no mundo, sendo acentuado pela sua face calma, destacada no centro das duas mãos, nas quais a polaridade da criação e destruição se transcende e dissolve. A segunda mão direita ergue-se acenando «não temas», simbolizando a estabilidade, protecção e paz, e a outra mão aponta para o pé levantado, o que significa a libertação do feitiço de *maya*. O deus é representado no corpo de um demónio dançante, o símbolo da ignorância humana que tem de ser derrotada para se poder atingir a libertação.

A dança de Shiva — nas palavras de Coomaraswamy — é «a mais clara imagem da actividade de Deus que pode ser apresentada por qualquer arte ou religião»\*\*\*. Como o deus é a personificação de *Brahman*, a sua actividade é a miríade de manifestações *Brahman* no mundo. A dança de Shiva é o *universo dançante*: o incessante fluir de energia que forma uma infinita variedade de padrões que se dissolvem uns nos outros.

A física moderna veio mostrar que o ritmo de criação e destruição não se manifesta apenas no decorrer das estações ou no nascimento e morte de todas as

\* A. K. Coomaraswamy, *The Dance of Shiva* (The Noonday Press, Nova Iorque, 1969), p. 78.

\*\* H. Zimmer, *Myths and Symbols in Indian Art and Civilization* (Princeton University Press, 1972), p. 155.

\*\*\* A. K. Coomaraswamy, *op. cit.*, p. 67.

criaturas vivas, mas também na própria essência da matéria inorgânica. De acordo com a teoria quântica de campo, todas as interacções dos constituintes da matéria ocorrem através da emissão e absorção de partículas intermédias. Mais do que isso, a dança de criação e destruição é a base para a própria existência da matéria, pois que todas as partículas materiais «interactuam consigo próprias», emitindo e absorvendo partículas intermédias. A física moderna veio revelar que toda a partícula subatómica não só entra na dança de energia como também é uma dança de energia: um processo pulsante de criação e destruição.

O padrão desta dança energética é um aspecto essencial da natureza de cada partícula e determina a maioria das suas propriedades. Por exemplo, a energia envolvida na emissão e absorção das partículas virtuais é equivalente a uma determinada massa, a qual vai contribuir para a massa da partícula que interactua consigo própria. Diferentes partículas dão origem a diferentes padrões de dança, requerendo diferentes quantidades de energia e produzindo assim massas diferentes. As partículas intermédias não são apenas uma parte essencial de todas as interacções e suas propriedades, sendo também criadas e destruídas no vácuo. Assim, não só a matéria como também o vazio participam na dança cósmica, criando e destruindo padrões de energia infindavelmente.

Para os físicos modernos a dança de Shiva é a mesma da matéria subatómica. Tal como na mitologia hindu, é uma contínua dança de criação e destruição que envolve todo o cosmos: a base de toda a existência e de todos os fenómenos naturais. Há centenas de anos, artistas indianos criaram imagens dançantes de Shiva em belas estátuas de bronze. No nosso tempo, os físicos empregam o mais sofisticado equipamento para retratar os padrões da dança cósmica. As fotografias das interacções de partículas nas câmaras de bolhas, que são o testemunho do sempre incessante ritmo de criação e destruição no universo, são imagens da dança de Shiva que igualam em beleza e profundo significado as dos artistas indianos. A metáfora da dança cósmica vem assim unir a mitologia antiga, a arte religiosa e a física moderna. É, de facto, como afirmou Coomaraswamy, «poesia, não deixando de ser ciência».

# A simetria dos quarks —

## Um novo *koan*?

O ritmo, o movimento e a mudança contínuas são características do mundo subatómico. Não é, no entanto, um mundo arbitrário e caótico, segue padrões bem definidos e claros. Para começar, todas as partículas de uma determinada espécie são completamente iguais: têm exactamente a mesma massa, a mesma carga eléctrica e outras propriedades características. Mais ainda, todas as partículas carregadas transportam carga eléctrica que é exactamente igual (ou de sinal oposto) à do electrão, ou uma carga que é exactamente o dobro dessa. O mesmo é verdade com outras quantidades que são atributos característicos das partículas; os seus valores estão restringidos a um número limitado, não são arbitrários, o que nos permite classificá-las em alguns grupos distintos, ou «famílias». Isto leva à questão de como surgem, no mundo dinâmico e em contínua mudança das partículas, estes padrões.

O aparecimento de padrões definidos na estrutura da matéria não é um fenômeno desconhecido, tinha já sido observado no mundo dos átomos. Tal como as partículas subatómicas, os átomos de uma mesma espécie são completamente iguais, e as diferentes espécies de átomos, ou elementos químicos, encontram-se classificados em vários grupos no que se designa por tabela periódica. Esta classificação é agora bem compreendida; baseia-se no número de protões e neutrões existentes no núcleo atómico e na distribuição dos electrões por órbitas, ou «camadas», em torno do núcleo. Como foi discutido anteriormente\*, a natureza ondulatória dos electrões restringe a distância entre órbitas, e o tipo de rotação que estes podem ter, a uma série de valores bem definidos, correspondentes a vibrações específicas das ondas electrónicas. Consequentemente, surgem na estrutura atómica padrões bem definidos que podem ser caracterizados por um conjunto de «números quânticos». Estes indicam o tipo de vibrações que regem a onda que representa o electrão na sua órbita atómica. Estas vibrações determinam os «estados quânticos» de um átomo e garantem que dois átomos serão completamente iguais se se encontrarem ambos no seu «estado fundamental» ou no mesmo «estado excitado».

Os padrões do mundo das partículas mostram grandes semelhanças com os do mundo dos átomos. A maioria das partículas, por exemplo, roda em torno de um eixo como um pião. Os seus modos de rotação, ou *spin*, estão restringidos a valores bem definidos que são múltiplos inteiros de uma unidade básica. Assim, os bariões apenas podem ter spins de  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{2}$ ,  $\frac{5}{2}$ , etc., enquanto que os mesões têm valores de

\* Ver página 62.

0, 1, 2, etc. Este facto tem uma forte ligação com os valores de *spin* que os electrões tomam nas suas órbitas atómicas, valores estes que estão também estritamente definidos.

A analogia com os padrões atómicos é reforçada pelo facto de todas as partículas que têm uma interacção forte, ou hadrões, parecerem encaixar em sequências cujos elementos possuem propriedades idênticas, excepto quanto à sua massa e *spin*. Os elementos que se encontram no topo destas sequências são partículas com tempos de vida extremamente curtos, designadas por «ressonâncias», e descobertas em grandes quantidades durante a última década. As massas e os *spins* destas partículas parecem aumentar de uma forma bem definida em cada sequência, que se parece prolongar sem limites. Estas regularidades sugerem uma analogia com os estados excitados dos átomos e levaram os físicos a encarar estas partículas, que se encontram no alto da sequência hadrónica, não como distintas, mas como estados excitados de um elemento com massa inferior. Tal como um átomo, um hadrão pode então existir em vários estados de curta duração que envolvem valores superiores de rotação (ou *spin*) e energia (ou massa).

As semelhanças entre os estados quânticos dos átomos e dos hadrões sugerem que estes últimos são também objectos compostos com uma estrutura interna que é susceptível de ser «excitada», isto é, capaz de absorver energia e formar uma grande variedade de padrões. Actualmente, no entanto, ainda não se comprehende muito bem como surgem estes padrões. Em física atómica a explicação é possível tendo em conta as propriedades e interacções dos constituintes atómicos (electrões, protões e neutrões), mas na física das partículas isso não acontece. Os padrões encontrados no mundo das partículas têm sido determinados e classificados de uma forma empírica e não podem ainda ser deduzidos a partir dos detalhes da estrutura da partícula.

A maior dificuldade que os físicos têm de enfrentar reside no facto de a noção clássica de «objectos» compostos, consistindo num conjunto bem definido de «partes constituintes», não poder ser aplicada às partículas subatómicas. A única forma que permite descobrir quais são os «constituintes» destas partículas consiste em processos de colisão que envolvem elevadas energias. No entanto, nestas colisões, os fragmentos resultantes nunca são «bocados» das partículas originais. Dois protões, por exemplo, ao colidirem a alta velocidade, podem separar-se numa grande variedade de fragmentos, mas nestes nunca se encontrarão «fracções de um protão». Os fragmentos resultantes são sempre hadrões completos, que se formam a partir das energias cinéticas e massas dos protões em colisão. A decomposição das partículas nos seus «constituintes» está portanto longe de ser um processo definido, dependendo, como acontece, da energia envolvida na colisão. Estamos aqui a lidar com uma situação relativista, onde os padrões dinâmicos de energia se dissolvem e rearranjam, e os conceitos estáticos de objectos compostos e partes constituintes não têm mais cabimento. A «estrutura» de uma partícula subatómica apenas pode ser compreendida num ambiente dinâmico, em termos de processo e interacções.

A forma como as partículas se dividem em fragmentos, num processo de colisão, é determinada por um certo número de regras, e como estes fragmentos são

ainda partículas da mesma espécie, estas regras podem também ser usadas para descrever as regularidades observadas no mundo das partículas.

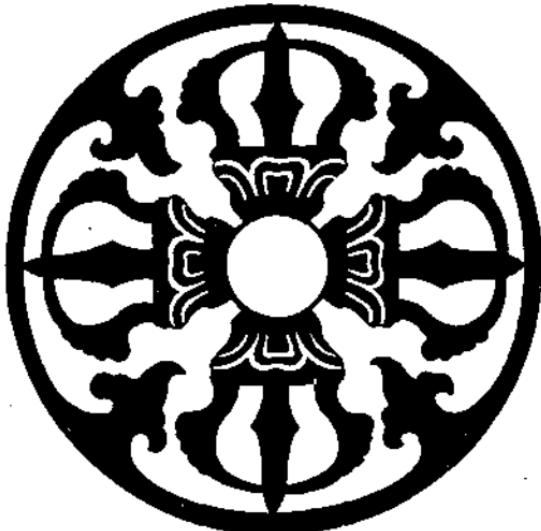
Nos anos sessenta, quando foram descobertas e agrupadas em «famílias» a maior parte das partículas conhecidas actualmente, a maioria dos físicos — muito naturalmente — concentrou os seus esforços na classificação das regularidades emergentes, em vez de atacar o difícil problema de descobrir quais as causas dinâmicas dos padrões das partículas. E ao procederem desta forma obtiveram um grande êxito.

A noção de simetria teve um papel importante nesta pesquisa. Ao generalizar o conhecido conceito de simetria, e ao dar-lhe um significado mais abstracto, os físicos conseguiram transformá-lo numa poderosa ferramenta matemática que demonstrou ser extremamente útil na classificação das partículas. Na vida quotidiana o caso mais comum de simetria que se pode encontrar está associado com a reflexão num espelho; uma figura diz-se ser simétrica quando se pode traçar uma

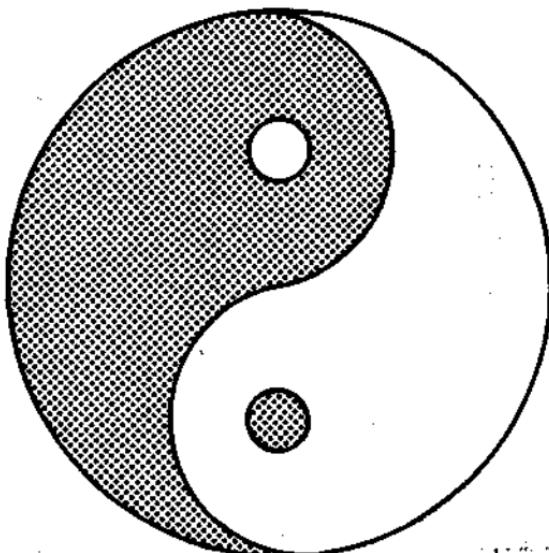


linha através dela que a divida em duas partes que são como imagens reflectidas uma da outra num espelho. Graus de simetria mais elevados são possíveis em padrões que permitam traçar várias dessas linhas, como se ilustra na figura seguinte, empregue na simbologia budista.

A reflexão, no entanto, não é a única operação associada com a simetria. Também se diz que uma figura é simétrica se, após uma rotação de um certo ângulo, a figura resultante for a mesma que a inicial. A forma do diagrama *yin-yang* chinês, por exemplo, é baseada em tal simetria rotacional.



Na física das partículas, as simetrias estão associadas com muitas outras operações, para além da reflexão e rotação, e estas podem ocorrer no espaço e tempo usuais, como também nos espaços matemáticos abstratos. Estas operações são aplicadas às partículas, ou grupos de partículas e estando as suas propriedades inseparavelmente ligadas às suas interacções mútuas, as simetrias são também aplicáveis às interacções, isto é, aos processos em que estão envolvidas as partículas. As operações de simetria são conceitos bastante úteis pelo facto de estarem intimamente relacionadas com as «leis de conservação». Sempre que um determinado processo no mundo das partículas exibe um certo tipo de simetria, existe uma grandeza mensurável que é «conservada» — uma grandeza que permanece constante durante o processo. Estas grandezas fornecem os elementos de constância na



complexa dança da matéria subatómica, e são assim ideais para descrever as interacções das partículas. Algumas grandezas são conservadas em todos os processos, outras apenas em alguns deles, de tal forma que cada processo está associado com um conjunto de valores que são conservados. Assim, as simetrias nas propriedades das partículas surgem como leis de conservação nas suas interacções. Os físicos usam os dois conceitos em sinonímia, referindo-se ora à simetria de um processo ora à correspondente lei de conservação, empregando o mais conveniente no caso em questão.

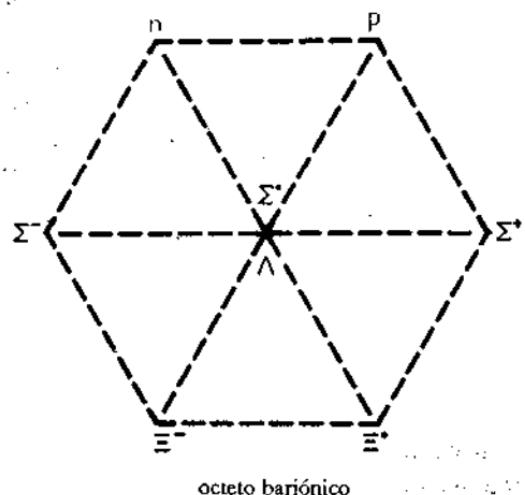
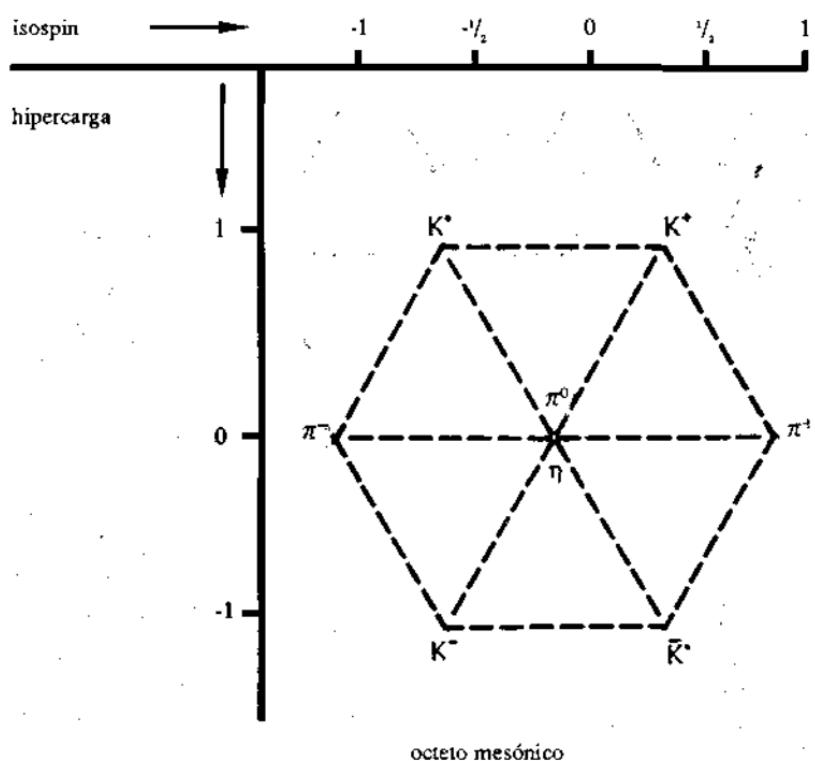
Existem quatro leis de conservação básicas que parecem estar presentes em todos os processos, três delas associadas a operações de simetria simples no espaço e tempo usuais. Todas as interacções de partículas são simétricas quanto às translações no espaço — os efeitos são exactamente os mesmos quer ocorram em Londres ou Nova Iorque. São também simétricas no que diz respeito aos deslocamentos no tempo, o que significa que ocorrem da mesma forma numa segunda ou numa terça-feira.

A primeira destas simetrias está relacionada com a conservação do momento, e a segunda com a conservação de energia. Isto significa que o momento total de todas as partículas envolvidas numa interacção, e a sua energia total (incluindo toda a massa presente), serão exactamente iguais antes e depois da interacção. A terceira operação básica de simetria tem a ver com a orientação no espaço. Numa colisão de partículas, por exemplo, não interessa se estas se aproximam umas das outras ao longo de um eixo norte-sul ou este-oeste. Como consequência deste tipo de simetria, a quantidade total de rotação envolvida num processo (o que inclui o *spin* de cada partícula) é sempre conservada. Finalmente, existe a conservação da carga eléctrica. Esta lei de conservação está relacionada com uma operação de simetria mais complicada, apesar de a sua formulação ser bastante simples: a carga total das partículas envolvidas num processo permanece constante.

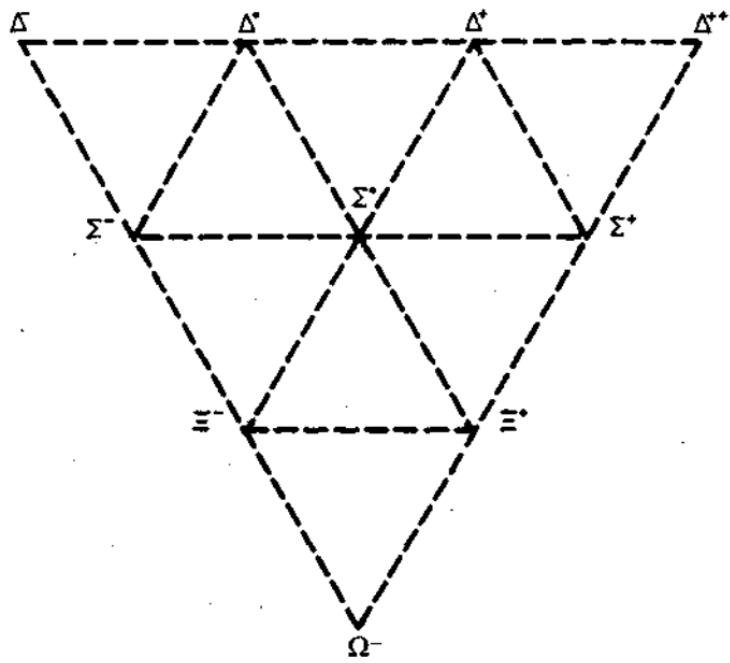
Existem mais algumas leis de conservação que correspondem a operações de simetria em espaços matemáticos abstractos, como aquele relacionado com a lei de conservação da carga. Algumas dessas leis, tanto quanto sabemos, são válidas para todas as interacções, enquanto que algumas apenas o são para algumas interacções (por exemplo, para as interacções forte e electromagnética, mas não para a interacção fraca). As correspondentes grandezas conservadas podem ser encaradas como «cargas abstractas» transportadas pelas partículas. Como assumem sempre valores inteiros ( $\pm 1, \pm 2$ , etc.), ou «meio-inteiros» ( $\pm \frac{1}{2}, \pm \frac{3}{2}, \pm \frac{5}{2}$ , etc.), são denominados números quânticos, em analogia com os números quânticos na física atómica. Assim, cada partícula é caracterizada por uma série de números quânticos que, em conjunto com a sua massa, especificam, por completo, as suas propriedades.

Os hadrões, por exemplo, assumem valores definidos de «isospin» e «hipercarga», dois números quânticos que se conservam em todas as interacções fortes. Se os oito mesões, tabelados no capítulo anterior, forem ordenados de acordo com estes dois números quânticos verifica-se que se ajustam perfeitamente a uma figura hexagonal, conhecida como «octeto mesónico». Esta configuração é simétrica; partículas e antipartículas, por exemplo, ocupam locais opostos sobre o hexágono, sendo

as duas partículas no centro as suas próprias antipartículas. Os oito bariões mais leves formam um padrão idêntico designado por octeto bariônico. Desta vez, no entanto, as partículas não estão contidas no octeto mas sim num «antiocteto» semelhante. O barião restante da nossa tabela de partículas, ómega, pertence a um padrão diferente, conjuntamente com nove ressonâncias, denominado «decuploto



bariônico». Todas as partículas existentes num determinado padrão de simetria possuem números quânticos idênticos, excepto relativamente ao seu isospin e hipercarga, que são grandezas que lhes atribuem a sua posição. Por exemplo, todos os mesões do octeto têm *spin* zero (isto é, não têm movimento de rotação); os bariões no octeto possuem *spin*  $1/2$  e os do decuplo têm *spin*  $3/2$ .



decuplo bariônico

Os números quânticos são assim empregues para classificar as partículas em famílias, formando espantosos padrões simétricos, especificando a posição de cada partícula no interior de cada padrão e, ao mesmo tempo, servem para classificar as diferentes interacções de acordo com as leis de conservação que as regem. Os dois conceitos de simetria e conservação são assim extremamente úteis para expressar as semelhanças no mundo das partículas.

É surpreendente que a maioria destas semelhanças pode ser representada, de uma forma muito simples, se se assumir que todos os hadrões são constituídos por um pequeno número de entidades elementares, as quais conseguiram até agora escapar à sua detecção. Murray Gell-Mann atribui o nome extravagante de «quarks» a estas entidades ao postular a sua existência. Esta designação foi apresentada aos físicos seus conhecidos após leitura de uma passagem do romance de James Joyce «Finnegan's Wake», «three quarks for Muster Mark». Gell-Mann conseguiu formar um grande número de padrões hadrónicos, tais como os dos octetos e decuplos anteriormente discutidos, atribuindo os números quânticos apropriados aos seus três quarks e antiquarks, juntando, de seguida, estes blocos constituintes em

várias combinações para formar vários bariões e mesões, cujos números quânticos são obtidos por adição dos números dos quarks constituintes. Desta forma os bariões podem dizer-se «constituídos» de três quarks, os antibariões dos correspondentes antiquarks, e os mesões de um quark e um antiquark.

A simplicidade e eficiência deste modelo é surpreendente, conduzindo a dificuldades se tomado a sério, isto é, se se considerar que os hadrões são constituídos por quarks. Até agora, não se conseguiu separar os hadrões nos seus quarks constituintes, apesar de estes serem bombardeados com as maiores energias disponíveis, o que significa que os quarks se devem manter unidos por forças de ligação extremamente fortes. De acordo com os nossos conhecimentos actuais das partículas e das suas interacções, estas forças devem envolver outras partículas e os quarks devem, consequentemente, possuir algum tipo de «estrutura», tal como todas as outras partículas de interacção forte. No entanto, para o modelo de quarks é essencial que estes sejam pontuais e sem qualquer estrutura. Devido a esta dificuldade fundamental, não foi ainda possível formular um modelo de forma consistente que dê conta das simetrias e forças de ligação.

Do lado experimental tem havido, durante a última década, uma feroz, mas até agora infrutífera, «caça ao quark». Se os quarks existirem, devem ser bastante enigmáticos, porque a teoria de Gell-Mann exige que eles possuam propriedades bastante estranhas, como terem carga eléctrica  $\frac{1}{3}$ , ou  $\frac{2}{3}$ , da do electrão, o que não surge em mais nenhuma situação no mundo das partículas. Até hoje, não foi observada partícula alguma com estas propriedades, apesar da intensa pesquisa feita. Os sucessivos falhanços na sua detecção experimental, mais as sérias objecções teóricas à sua existência, tornaram a realidade dos quarks muito duvidosa.

Por outro lado, o modelo de quarks continua a ser bem sucedido ao conseguir explicar certos fenómenos do mundo das partículas, apesar da sua forma actual não ser tão simples como a original. No modelo inicial de Gell-Mann, todos os hadrões podiam ser construídos a partir de três tipos de quarks e antiquarks, mas entretanto os físicos tiveram de postular a existência de outros quarks para que todas as variedades de padrões pudessem ser abrangidas. Os três quarks originais eram denominados, muito arbitrariamente, por *u*, *d* e *s*; «cima», «baixo», e «estranho», respectivamente\*. A primeira extensão do modelo surgiu com a sua aplicação a todo o conjunto de dados experimentais existente, e veio requerer que cada quark se apresentasse em três tipos diferentes, ou «cores». O uso do termo cor é, claro, inteiramente arbitrário e não tem nada a ver com o conceito usual. De acordo com o modelo colorido dos quarks, cada barião consiste em três quarks de cores diferentes, enquanto que os mesões são constituídos por um quark e um antiquark da mesma cor.

A introdução da cor veio aumentar o número de quarks para nove e, recentemente, foi postulada a existência de um quarto, novamente com três cores possíveis. Com a tendência que os físicos têm para os nomes extravagantes, foi este

\* As iniciais *u*, *d* e *s* correspondem às palavras inglesas *up*, *down* e *strange*. (N. do T.)

novo quark designado por *c* para «*charme*». Isto veio aumentar o número de quarks para doze — quatro tipos, com três cores cada. Para distinguir os diferentes tipos de quarks das diferentes cores, os físicos introduziram imediatamente o termo «sabor» e falam agora de quarks de diferentes cores e sabores.

É verdadeiramente impressionante o grande número de fenómenos que pode ser descrito em termos destes doze quarks\*. Não há dúvida que os hadrões exibem «simetrias de quarks» e, apesar de o nosso conhecimento actual das partículas e suas interacções recusar a existência física dos quarks, os hadrões comportam-se como se fossem constituídos por elementos pontuais. A situação paradoxal que rodeia o modelo de quarks é uma forte reminiscência dos primeiros tempos da física atómica, quando também surgiam paradoxos impressionantes que levaram os físicos a descobertas fantásticas no mundo dos átomos. O enigma dos quarks tem todas as características de um novo *koan*, o qual pode levar a um ressurgimento do ocorrido na física atómica. De facto, as novas descobertas estão a surgir em cada dia que passa, como veremos nos próximos capítulos. Um punhado de físicos está à beira de resolver o *koan* dos quarks e, ao fazê-lo, são levados a novas e excitantes ideias acerca da natureza da realidade física.

A descoberta de padrões de simetria no mundo das partículas levou muitos físicos a acreditarem que estes são reflexos das leis fundamentais da natureza. Tem sido dedicado um grande esforço, durante estes últimos quinze anos, à procura de uma «simetria fundamental» última, que teria em conta todas as partículas conhecidas e seria então capaz de «explicar» a estrutura da matéria. Este objectivo reflecte uma atitude filosófica herdada dos gregos antigos e cultivada durante muitos séculos. A noção de simetria, em conjunto com a geometria, ocupou um papel muito importante na ciência, filosofia e arte grega, onde se identificava com beleza, harmonia e perfeição. Assim, os pitagóricos encaravam estruturas de números simétricos como a essência de todas as coisas; Platão acreditava que os átomos dos quatro elementos tinham a forma de sólidos regulares, e a maioria dos astrónomos gregos pensava que os corpos celestes se deslocavam num movimento circular porque esta seria a figura com um nível de simetria mais elevado.

A atitude da filosofia oriental em relação ao conceito de simetria está em nítido contraste com a dos antigos gregos. As tradições místicas do Oriente usam com frequência padrões de simetria como símbolos ou dispositivos de meditação, mas o conceito em si não parece ter um papel muito importante na sua filosofia. Tal como a geometria, a simetria é vista como uma construção da mente, mais que uma propriedade da natureza, e como tal sem interesse fundamental. Concordantemente, muitas formas de arte orientais têm uma predilecção particular pela assimetria e evitam, frequentemente, as formas geométricas regulares. As pinturas japonesas e chinesas inspiradas em Zen, executadas geralmente no denominado estilo de «canto único», ou os arranjos irregulares de lajes nos jardins japoneses, reflectem claramente este aspecto da cultura oriental.

\* Ver posfácio para a discussão dos mais recentes avanços neste modelo dos quarks.

Parece então, que a nossa procura das simetrias fundamentais na física das partículas é parte da herança helénica que, de certa forma, é incompatível com a visão geral do mundo que emerge da ciência moderna. O interesse na simetria, no entanto, não é o único aspecto da física das partículas. Em contraste com a aproximação «estática» da simetria, existiu sempre uma escola «dinâmica» de pensamento que não encara os padrões das partículas como características fundamentais da natureza, tentando perspectivá-los como uma consequência da natureza dinâmica do mundo subatómico. Os dois restantes capítulos mostram como esta escola de pensamento deu origem, nesta última década, a pontos de vista radicalmente diferentes das leis e simetrias da natureza, o que está em perfeita harmonia com a visão do mundo da física moderna, e em concordância com a filosofia oriental.

# Padrões de mudança

Explicar as simetrias no mundo das partículas em termos de modelos dinâmicos, isto é, descrever as interações entre essas partículas, é um dos maiores desafios postos à física moderna. O problema, em última análise, é como considerar, simultaneamente, a teoria quântica e a teoria da relatividade. Os padrões de partículas parecem reflectir a sua «natureza quântica», pois modelos semelhantes ocorrem no mundo dos átomos. No entanto, na física das partículas a explicação não pode ser dada em termos de padrões ondulatórios, tendo em conta a teoria quântica, porque as energias envolvidas, sendo muito elevadas, obrigam ao uso da teoria da relatividade. Apenas de uma teoria «quântico-relativista» das partículas se pode tentar obter uma resposta para as simetrias observadas.

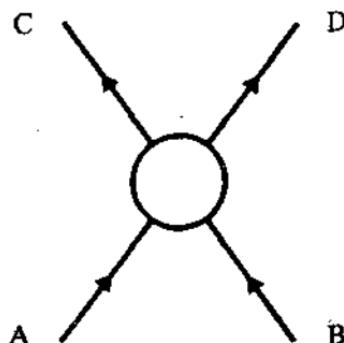
A teoria de campo quântica foi o primeiro modelo a surgir. Apresenava uma excelente descrição das interacções electromagnéticas entre electrões e fotões, mas torna-se menos apropriada quando empregue para a interacção forte entre partículas \*. À medida que se descobria um número cada vez maior de partículas, os físicos começaram a aperceber-se que não era compensador atribuir a cada uma delas um campo fundamental, e quando esse mundo se revelou como uma malha de complexidade sempre crescente de processos interligados, tiveram de procurar outros modelos para a representação desta realidade em constante mudança. Procurava-se um formalismo matemático que pudesse descrever de uma forma dinâmica a grande variedade de padrões hadrónicos: a sua contínua transformação, a sua interacção mútua através da permuta de outras partículas, a formação de «estados ressonantes» de dois ou mais hadrões e o seu decaimento em várias combinações de outras partículas. Todos estes processos, que se costumam designar por «reacções de partículas», são características básicas da interacção forte e têm de ser tomados em consideração num modelo quântico-relativista de hadrões.

A estrutura que melhor parece descrever os hadrões e as suas interacções é a «teoria de matriz S». O seu conceito chave, a «matriz S», foi proposto originalmente por Heisenberg em 1943 e, desde então, tem sido desenvolvido, durante as duas últimas décadas, até se tornar numa complexa estrutura matemática que parece estar particularmente apta para a descrição das interacções fortes. A matriz S é um conjunto de probabilidades para todas as possíveis interacções entre hadrões. O seu nome deriva do facto de se poder imaginar este conjunto

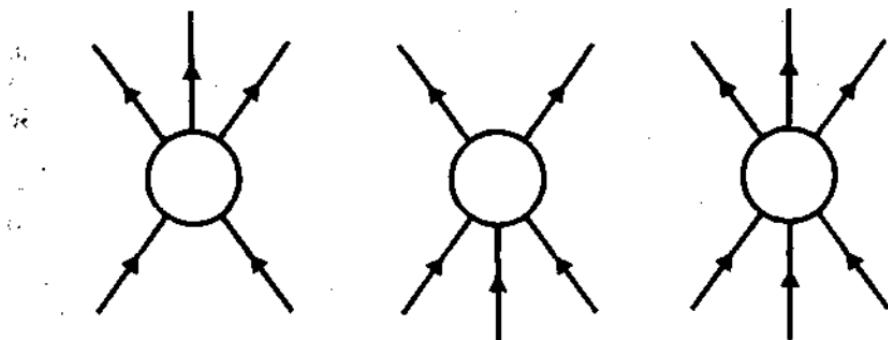
\* Ver o Posfácio para uma descrição detalhada deste ponto.

disposto segundo uma grelha infinita, que os matemáticos costumam designar por matriz. A letra S é o vestígio do nome original de «matriz de dispersão» \*, que se refere a processos de colisão — ou «dispersão» — que são a maioria das reacções de partículas.

É claro que, na prática, nunca se está interessado em todo o conjunto de processos que envolvem hadrões, mas apenas em algumas reacções específicas. Por esse motivo, nunca se lida com a totalidade da matriz S, mas apenas com



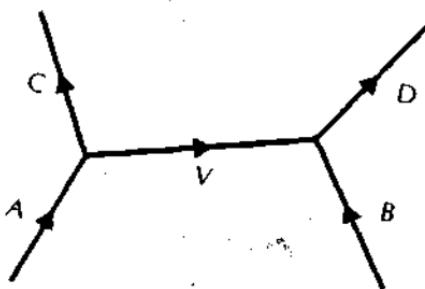
algumas das suas partes, ou «elementos», que se referem ao processo em consideração. Estes elementos são representados simbolicamente por diagramas, como o representado, que ilustra uma das reacções de partículas mais simples e gerais: duas partículas A e B colidem e emergem de tal processo transformadas em C e D. Processos mais complicados envolvem um maior número de partículas e são representados pelos seguintes diagramas.



Deve ter-se em conta que os diagramas de matriz S são muito diferentes dos diagramas de Feynmann da teoria de campo. Não ilustram os mecanismos da reacção, apenas especificam as partículas iniciais e finais. O processo usual  $A+B \rightarrow C+D$ , por exemplo, pode ser ilustrado na teoria de campo através da permuta de uma partícula virtual V, enquanto que na teoria de matriz S esta

\* A letra «S» vem da palavra inglesa *scattering*, que neste caso, se refere a processos de dispersão. (N. do T.).

situação é simbolizada por um círculo, sem que se especifique o que se passa no seu interior. Mais ainda, os diagramas de matriz S não são diagramas de espaço-tempo mas sim representações simbólicas mais gerais de reacções de partículas. Estas reacções não são representadas como tendo lugar em pontos definidos no espaço e no tempo, mas descritas em termos de velocidades (ou, mais precisamente, em termos de momento) das partículas.



Isto significa, evidentemente, que os diagramas de matriz S contêm menos informação que os diagramas de Feynmann. Por outro lado evitam uma dificuldade associada com a teoria de campo. Os efeitos combinados da teoria da relatividade com a teoria quântica tornam impossível localizar com precisão uma interacção entre partículas. Devido ao princípio de incerteza, a precisão com que se conhece a velocidade de uma partícula diminui quanto melhor for a localização do processo de interacção \* e, consequentemente, o valor da sua energia cinética será cada vez mais incerto. Eventualmente, esta energia poderá tornar-se tão grande que possibilite a formação de novas partículas, em concordância com a teoria da relatividade e, assim, não se poderá afirmar com certeza se se está a lidar com a reacção original. Desta forma, numa teoria que combine as teorias da relatividade e quântica, não é possível especificar com precisão as posições de cada partícula individualmente. Se tal for tentado, como na teoria de campo, tem de se lidar com inconsistências matemáticas que são, de facto, o problema principal em todas as teorias de campo quânticas. A teoria de matriz S ultrapassa esta dificuldade ao especificar o momento das partículas e deixando um tanto ou quanto vaga a localização da reacção.

A importância primordial da teoria de matriz S é a mudança de pontos de vista, dos objectos para os acontecimentos; o seu interesse tem que ver com as interacções e não com as partículas. Tal mudança é requerida tanto pela teoria quântica como pela teoria da relatividade. Por um lado, a teoria da relatividade veio tornar claro que as partículas subatómicas apenas podem ser compreendidas como manifestações das interacções entre vários processos. Não se trata de um objecto isolado, mas antes de uma ocorrência, ou acontecimento, que está interligado a

\* Ver página 132.

outros de uma forma particular. Nas palavras de Heisenberg:

*[Na física moderna], dividiu-se o mundo não em grupos de objectos diferentes mas em grupos de diferentes conexões... O que pode ser ser realçado é o tipo de conexão que tem primazia num determinado fenómeno... O mundo surge assim como uma complicada teia de acontecimentos, no qual as conexões de diversos tipos se alternam, sobrepõem ou combinam, determinando a textura do todo.* \*

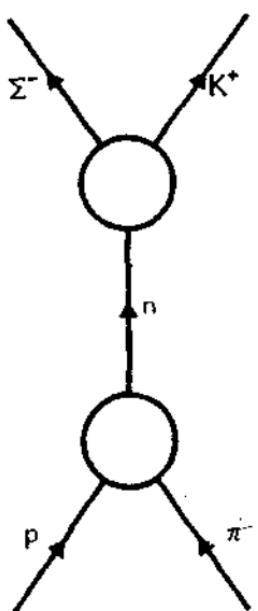
A teoria da relatividade, por outro lado, forçou-nos a conceber as partículas em termos de espaço-tempo: como padrões a quatro dimensões, como processos em vez de objectos. A teoria de matriz S vem combinar ambos os pontos de vista. Usando o formalismo matemático a quatro dimensões da teoria da relatividade, a teoria de matriz S descreve todas as propriedades dos hadrões em termos de reacções (ou, mais precisamente, em termos de probabilidades de reacção), e estabelece desse modo uma ligação íntima entre partículas e processos. Cada reacção envolve partículas que estão ligadas a outras reacções, constituindo assim toda uma estrutura de processos.

Um neutrão, por exemplo, pode participar em duas reacções sucessivas, envolvendo partículas diferentes; numa primeira reacção, um  $\pi^-$ , numa segunda  $\Sigma^+$  e um  $K^+$ . O neutrão interliga estas duas reacções e integra-as num processo maior [ver diagrama (a) na página seguinte]. Cada uma das partículas iniciais e finais, neste processo, está envolvida noutras reacções; o protão, por exemplo, pode ter surgido da interacção entre um  $K^+$  e um  $\Lambda$ ; o  $K^+$ , envolvido na reacção original, pode estar ligado a um  $K^-$  e um  $\pi^0$ ; o  $\pi^-$  a mais três piões (ver diagrama (b) da página seguinte).

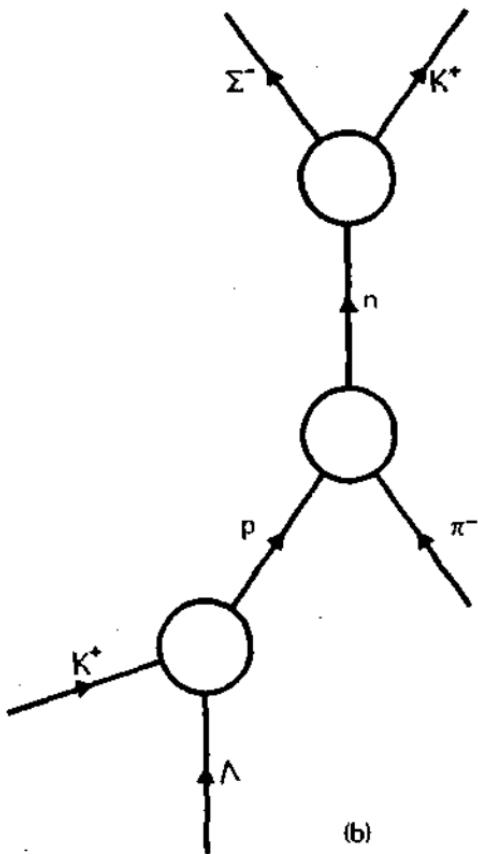
O neutrão original toma assim parte de uma estrutura de interacções, de uma «rede de acontecimentos», todos descritos pela matriz S. As interacções numa tal estrutura não podem ser determinadas com precisão, já que estão antes associadas com probabilidades. Cada reacção ocorre com alguma probabilidade, que depende da energia disponível e das características da reacção, e estas probabilidades são calculadas a partir dos vários elementos da matriz S.

Esta aproximação permite definir a estrutura de um hadrão de uma forma completamente dinâmica. O neutrão do nosso exemplo pode ser visto como um «estado ligado» do protão e do  $\pi^-$  dos quais surge, e da mesma forma como um «estado ligado» do  $\Sigma^+$  e do  $K^+$  nos quais se desintegra. Qualquer uma destas combinações hadrónicas, e muitas mais, podem formar um neutrão e, consequentemente, pode dizer-se que fazem parte da «estrutura» do neutrão. A estrutura de um hadrão, então, não pode ser compreendida como uma só combinação de partes constituintes, mas sim como o conjunto de todas as partículas que podem interactuar e formar o hadrão em consideração. Assim, um protão existe, potencialmente, como um par neutrão-pião, um par kaão-lambda, e por aí fora. O protão tem também a possibilidade de se desintegrar em qualquer uma destas combinações de partículas, se estiver disponível a energia necessária. A possibilidade de existência de um

\* W. Heisenberg, *Physics and Philosophy* (Allen & Unwin, Londres, 1963), p. 96.



(a)

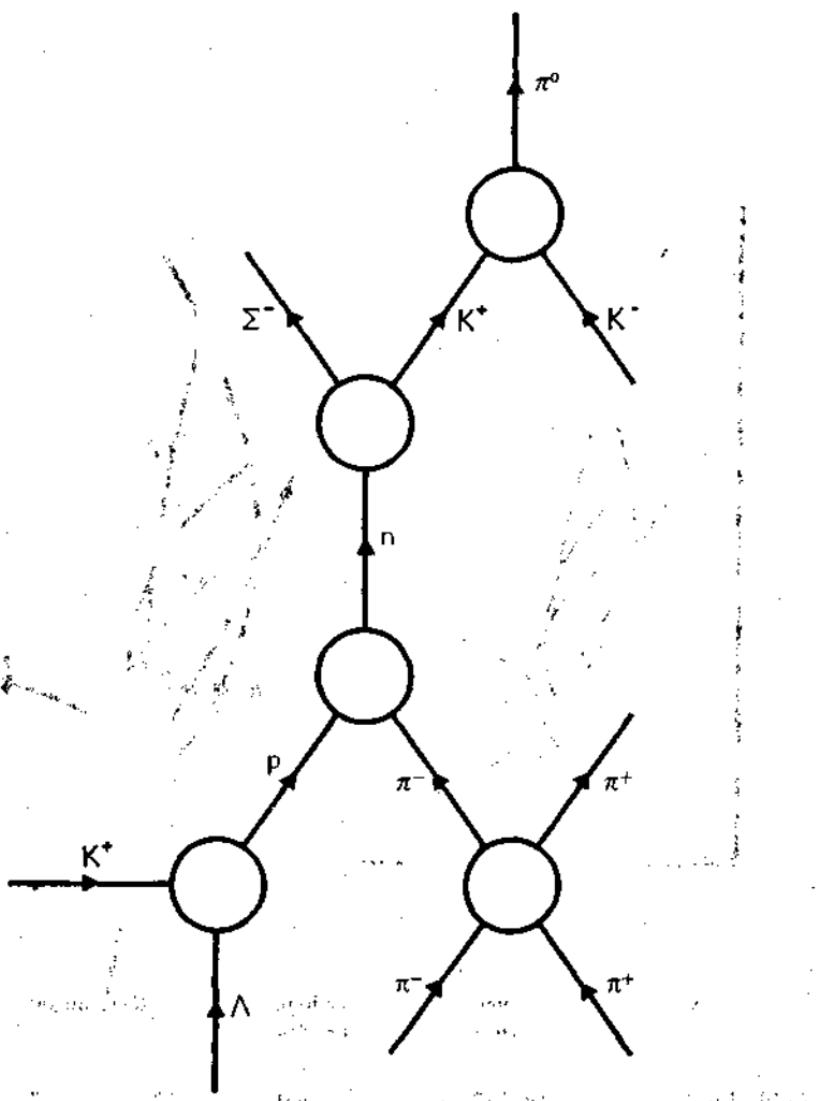


(b)

hadro em várias combinações é expressa pela probabilidade da interacção correspondente, a qual deve ser tomada como um aspecto da sua estrutura interna.

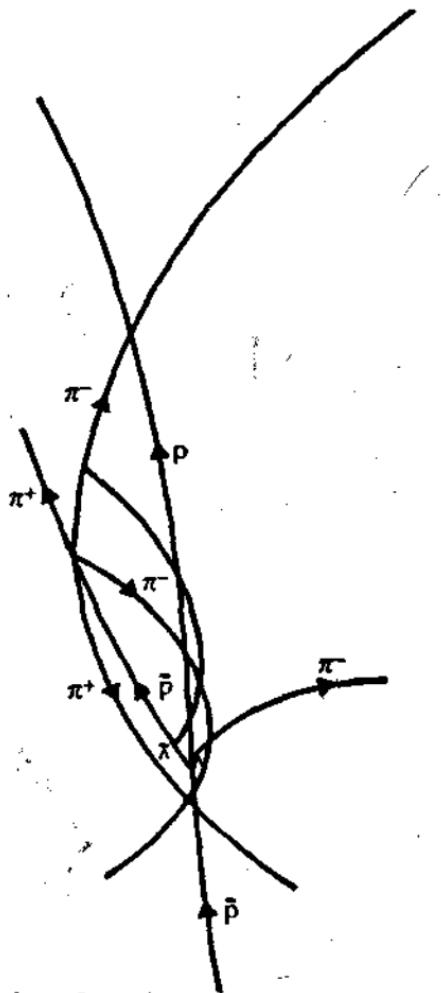
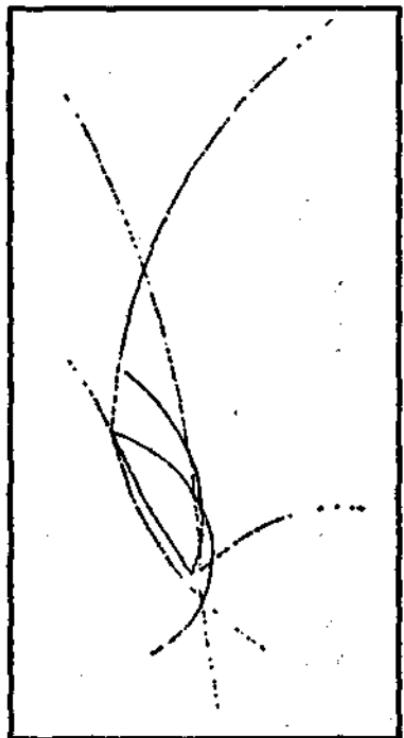
Ao definir a estrutura hadrónica e a sua probabilidade de ocasionar várias reacções, a teoria de matriz S dá ao conceito uma conotação essencialmente dinâmica. Simultaneamente, esta noção de estrutura está em perfeito acordo com os factos experimentais. Num processo de colisão de alta energia, um hadro desintegra-se em várias combinações que podem originar outros hadrões; podem dizer-se «constituídos», potencialmente, por estas combinações. Cada uma das partículas criada num tal processo poderá, por sua vez, dar origem a outras reacções, construindo assim toda uma estrutura de acontecimentos que podem ser fotografados numa câmara de bolhas. A fotografia da página 220 e as do capítulo 15 são exemplos de tais estruturas.

Cada estrutura, surgida de um processo de colisão, está determinada por regras bem definidas. Estas regras são as leis de conservação, mencionadas anteriormente; apenas as reacções com números quânticos bem definidos podem ocorrer de acordo com essas leis. Para começar, a energia total envolvida numa reacção tem de permanecer constante. Isto significa que uma determinada combinação de partículas apenas pode surgir numa reacção se a energia



disponível for suficientemente elevada para formar as suas massas. Mais ainda, o grupo de partículas criado deve, no conjunto, possuir os mesmos números quânticos que as partículas originais possuíam. Por exemplo, um protão e um  $\pi^+$ , transportando uma carga eléctrica total nula, podem surgir numa colisão e dar origem a um neutrão e um  $\pi^0$ , mas nunca poderiam originar um neutrão e um  $\pi^+$ , pois o par teria uma carga eléctrica +1.

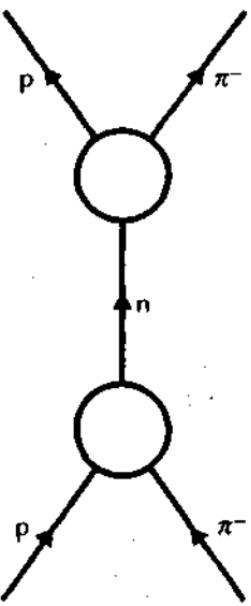
As reacções hadrónicas representam um fluir de energia no qual as partículas se criam e dissolvem, mas essa energia apenas pode percorrer determinados «canais», caracterizados pela conservação dos números quânticos nas interacções fortes. Na teoria de matriz S o conceito de canal de reacção é mais importante que o de partícula. Define-se tal canal como um conjunto de números quânticos que podem estar presentes, ou numa determinada combinação de hadrões ou



Uma sequência de interacções envolvendo protões, antiprotones, um par lambda-antilambda e vários piônes

num único hadrão. A combinação hadrónica que percorre um determinado canal é uma mera questão de probabilidades mas, acima de tudo, depende da energia disponível. O diagrama da página seguinte, por exemplo, ilustra a interacção entre um protão e um  $\pi^-$ , na qual se forma um neutrão como um estado intermédio. Assim, o canal de reacção é formado, em primeiro lugar, por dois hadrões, depois por um só hadrão e, finalmente, pelo par inicial. Se a energia disponível for mais elevada, o mesmo canal pode ser constituído pelos pares  $\Lambda - K^0$  ou  $\Sigma^- - K^+$ , ou várias outras combinações.

A noção de canais de reacção é particularmente apropriada para lidar com as ressonâncias, estados hadrónicos com tempos de vida extremamente curtos, que são características de todas as interacções fortes. São fenómenos tão efémeros que os físicos se mostraram inicialmente relutantes em classificá-los como partículas e, actualmente, o estudo das suas propriedades constitui um dos principais



objectivos da física experimental das altas energias. As ressonâncias surgem em colisões hadrónicas e desintegram-se logo após terem sido criadas. Não podem ser observadas numa câmara de bolhas, mas podem ser detectadas pelo estranho comportamento assumido pelas probabilidades da reacção. A probabilidade para que dois hadrões possam reagir — interactuem um com o outro — depende da energia envolvida na colisão. Se esta variável se altera, o mesmo acontecerá com a probabilidade do processo; pode aumentar ou diminuir, dependendo das características da reacção. No entanto, para certos valores de energia, observa-se que essa probabilidade aumenta drasticamente; uma reacção ocorre preferencialmente para estes valores de energia do que para quaisquer outros. Este fenómeno está associado com a formação de estados hadrónicos, de muito curta duração, com uma massa correspondente à energia para a qual se observa o aumento da probabilidade de ocorrência.

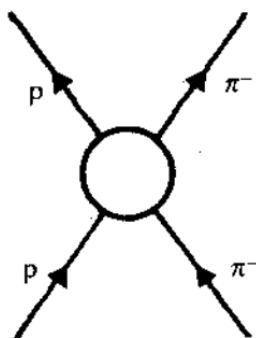
A razão pela qual se atribui o nome de ressonâncias a estes estados hadrónicos tem a ver com a analogia que pode ser estabelecida com os fenómenos de ressonância nas vibrações. No caso do som, por exemplo, o ar contido numa cavidade pouco reagirá, de uma forma geral, a uma influência ondulatória externa, mas começará a «ressoar», ou a vibrar com muita intensidade, se essa onda externa vibrar com uma determinada frequência a que se dá o nome de frequência de ressonância. O canal de uma reacção hadrónica pode ser comparado com a cavidade ressonante, visto a energia dos hadrões em colisão estar relacionada com a correspondente onda de probabilidade. Quando esta energia, ou frequência, atinge um determinado valor, o canal começa a ressoar; a amplitude das ondas de probabilidade torna-se muito elevada, originando um aumento muito grande na probabilidade da reacção. A maioria dos canais de reacção possui várias energias de

ressonância, cada uma das quais corresponde à massa de um efémero estado hadrónico intermédio, que surge quando a energia das partículas atinge esse valor.

Na estrutura de matriz S não existe o problema de chamar ou não «partícula» à ressonância. Todas as partículas são tidas como estados intermédios numa rede de reacções, e o facto de as ressonâncias existirem por períodos de tempo muito curtos não as torna, fundamentalmente, diferentes dos outros hadrões. De facto, a palavra «ressonância» é um termo muito apropriado. Aplica-se, simultaneamente, ao fenómeno originado no canal de reacção e ao hadrão que então se cria, mostrando assim a íntima ligação existente entre partículas e reacções. A ressonância é uma partícula mas não um objecto. É melhor descrito como um acontecimento ou ocorrência.

Esta descrição dos hadrões na física das partículas faz-nos recordar as palavras de D. T. Suzuki, citadas anteriormente \*: «os budistas conceberam um objectivo não como coisa ou substância mas sim como um acontecimento». O que os budistas apreenderam do seu sentir místico da natureza é agora redescoberto através das experiências e teorias matemáticas da ciência moderna.

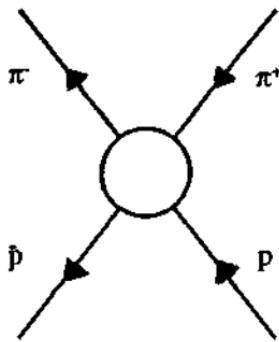
Por forma a descrever todos os hadrões como estados intermédios numa estrutura de reacção, tem de se ter em conta as forças pelas quais interactuam. Estas são as forças de interacção forte que deflectem, ou «dispersam», os hadrões em colisão, desintegrando-os e rearranjando-os em diversos padrões, ligando vários elementos sob a forma de estados intermédios. Na teoria de matriz S, tal como na



teoria de campo, as forças de interacção estão associadas com partículas, não sendo, no entanto, empregue o conceito de partículas virtual. A relação entre forças e partículas baseia-se numa propriedade singular da matriz S, conhecida por «cruzamento». Para ilustrar esta propriedade, observe-se o seguinte diagrama que mostra a interacção entre um protão e um  $\pi^-$ . Se este diagrama for rodado 90°, e se adoptarmos a convenção, anteriormente referida \*\*, que as setas que apontam para baixo indicam antipartículas, o novo diagrama representa uma reacção entre

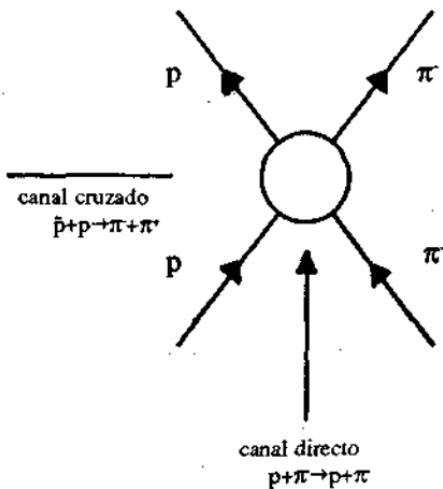
\* Ver página 170.

\*\* Ver página 153.



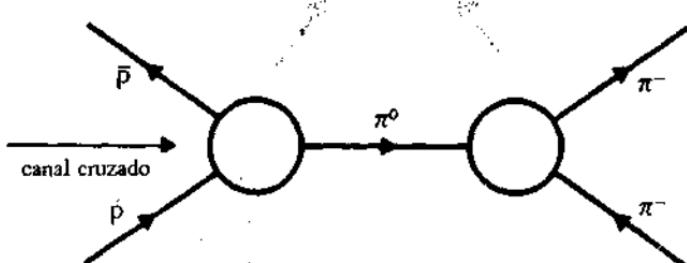
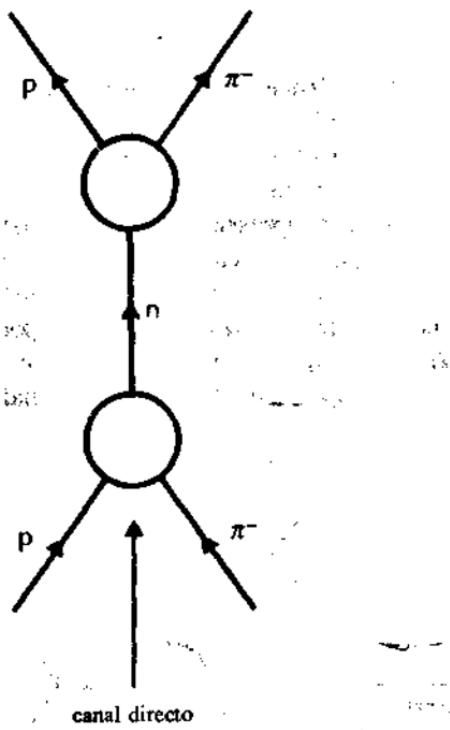
um antiproton ( $\bar{p}$ ) e um protão ( $p$ ), que originam um par de piões, sendo o  $\pi^+$  a antipartícula do  $\pi^-$  da reacção original.

A propriedade de «cruzamento» da matriz  $S$  está relacionada com o facto de ambos os processos serem descritos pelo mesmo elemento. Isto significa que os dois diagramas apenas representam dois aspectos diferentes, ou «canais», de uma mesma reacção \*. Os físicos de partículas estão habituados a mudarem de um canal para outro ao efectuarem os seus cálculos e, em vez de rodarem os diagramas, apenas os lêem de baixo para cima, ou da esquerda para a direita, e referem-se a tais processos como «canal directo» ou «canal cruzado». Assim, a reacção do nosso exemplo pode ser lida como  $p + \pi^- \rightarrow p + \pi^+$  no canal directo, e  $\bar{p} + p \rightarrow \pi^- + \pi^+$  no canal cruzado.



\* O diagrama pode continuar a ser rodado e as linhas podem «cruzar-se» para se obterem diferentes processos, que são descritos pelo mesmo elemento de matriz  $S$ . Cada elemento representa, simultaneamente, seis diferentes processos, mas apenas os dois acima mencionados são relevantes para a nossa discussão das forças de interacção.

A relação entre forças e partículas estabelece-se através dos estados intermédios nos dois canais. No canal directo do nosso exemplo, o protão e o  $\pi$  podem formar um neutrão intermédio, enquanto que no canal cruzado pode formar-se um pião neutro intermédio ( $\pi^0$ ). Este pião — o estado intermédio no canal cruzado — é interpretado como a forma pela qual se manifesta a força que actua no canal directo, ligando o protão e o  $\pi$  para formarem o neutrão. Assim, ambos os canais se tornam necessários para associar as forças com as partículas; o que surge como uma força num canal manifesta-se como uma partícula intermédia no outro.



Apesar de ser matematicamente muito fácil mudar de um canal para outro, torna-se extremamente difícil — se possível até — obter uma imagem intuitiva da situação. Isto porque o «cruzamento» é um conceito essencialmente

relativista, que surge no contexto do formalismo a quatro dimensões da teoria da relatividade, sendo assim muito difícil de visualizar. Uma situação similar surge na teoria de campo onde as forças de interacção são tidas como uma troca de partículas virtuais. De facto, o diagrama que ilustra um pião intermédio no canal cruzado é uma reminiscência do diagrama de Feynmann para este tipo de troca de partículas \*, e pode dizer-se, de certa forma, que o protão e o  $\pi$  interactuam «através da troca de um  $\pi^0$ ». Tais palavras são empregues com frequência pelos físicos, apesar de não descreverem com exactidão todo o processo. Uma descrição adequada apenas pode ser dada em termos de canal cruzado e directo, isto é, em conceitos abstractos que se tornam quase impossíveis de visualizar.

Apesar da dissemelhança no formalismo, a noção geral de uma força de interacção na teoria de matriz S é similar à usada da teoria de campo. Em ambas as teorias, a força manifesta-se sob a forma de partículas cuja massa determina o seu alcance \*\*, sendo reconhecida como uma propriedade intrínseca das partículas interactuantes; estas forças reflectem a estrutura das nuvens de partículas virtuais na teoria de campo, e são geradas pelos estados ligados, na teoria de matriz S, das partículas interactuantes. O paralelo com a visão oriental de força, discutido anteriormente \*\*\*, aplica-se assim a ambas as teorias. Este modelo das forças de interacção implica a importante conclusão que todas as partículas conhecidas devem ter algum tipo de estrutura interna, porque só em tais condições podem as partículas interactuar com o observador e serem assim detectadas. Nas palavras de Geoffrey Chew, um dos principais arquitectos da teoria de matriz S, «uma partícula verdadeiramente elementar — destituída de qualquer estrutura interna — não pode ser sujeita a qualquer tipo de força que permita a sua detecção. O mero conhecimento de existência de uma partícula, implica que ela possui uma estrutura interna!» \*\*\*\*.

Uma das vantagens do formalismo da matriz S é o facto de poder descrever a «troca» de toda uma família de hadrões. Como foi já mencionado no capítulo anterior, todos os hadrões parecem ajustar-se em sequências cujos elementos possuem propriedades idênticas, excepto relativamente às suas massas e *spin*. Um certo tipo de formalismo, originalmente proposto por Tullio Regge, torna possível encarar cada uma destas sequências como um único hadrão, que existe em vários estados excitados. Em anos recentes, foi possível incluir o formalismo de Regge na estrutura da matriz S, onde se mostrou muito útil na descrição das reacções hadrónicas. Este foi um dos desenvolvimentos mais importantes na teoria de matriz S e pode ser encarado como um primeiro passo para uma explicação dinâmica dos padrões das partículas.

\* Convém lembrar, no entanto, que os diagramas de matriz S não são diagramas de espaço-tempo, mas apenas representações simbólicas das reacções entre partículas. A mudança de um canal para outro acontece num espaço matemático abstracto.

\*\* Ver página 181.

\*\*\* Ver página 183.

\*\*\*\* G. F. Chew, «Impasse for the Elementary Particle Concept», *The Great Ideas Today* (William Benton, Chicago, 1974), p. 99.

A teoria de matriz S torna-se assim capaz de descrever a estrutura dos hadrões, as forças através das quais interactuam e alguns dos padrões que formam, de uma maneira dinâmica, na qual cada hadrão é entendido como uma parte integrante de uma rede inseparável de reacções. O maior desafio colocado à teoria de matriz S é o de como usar esta descrição dinâmica para explicar as simetrias que dão origem aos padrões hadrónicos e às leis de conservação discutidos no capítulo anterior. Numa tal teoria, as simetrias dos hadrões revelar-se-iam na estrutura matemática da matriz S de tal forma que esta conteria apenas os elementos correspondentes às reacções permitidas por essas leis de conservação. Estas leis deixariam de ter um estatuto de empirismo, passando a ser uma consequência da estrutura da matriz S, ou da natureza dinâmica dos hadrões.

Actualmente, os físicos tentam alcançar este ambicioso objectivo ao postular alguns princípios gerais, que restringem as possibilidades matemáticas de construção de elementos da matriz S, originando assim uma estrutura bem definida. Até agora, foram estabelecidos três destes princípios gerais. O primeiro é sugerido pela teoria da relatividade e pelo nosso sentir macroscópico de espaço e de tempo. Estabelece que as probabilidades de uma reacção (e assim os elementos da matriz S) devem ser independentes de deslocamentos impostos à montagem experimental no espaço e no tempo, e independentes do estado de movimento do observador. Como discutido no capítulo anterior, a não dependência de uma reacção entre partículas, relativamente a mudanças de orientação e deslocamento no espaço e no tempo, implica a conservação da quantidade total de rotação, momento e energia envolvidas. Estas «simetrias» são essenciais para o nosso trabalho científico. Se os resultados de uma experiência mudassem com o local e o momento em que se efectuou, a ciência, na sua forma actual, seria impossível. Finalmente, o último requisito, de os resultados experimentais não dependerem do estado de movimento do observador, é o princípio da relatividade — que é a base da teoria \*.

O segundo princípio é sugerido pela teoria quântica. Enuncia que o resultado de uma determinada reacção apenas pode ser previsto em termos de probabilidades e, mais ainda, que o somatório das probabilidades para todos os resultados possíveis — inclusive o caso de não haver reacção entre as partículas — tem de ser a unidade. Por outras palavras, podemos afirmar com certeza que as partículas ou interactuam entre si ou não. Este enunciado, aparentemente trivial, revela-se, de facto, um dos princípios mais importantes, conhecido pelo nome de princípio «unitário», tendo como consequência limitar severamente as possibilidades de construção de elementos da matriz S.

O terceiro e último princípio está relacionado com a nossa noção de causa e efeito, e é conhecido como o princípio da causalidade. De acordo com este, energia e momento são transferidos ao longo de distâncias espaciais apenas por partículas, e esta transferência ocorre de tal modo que uma partícula apenas pode ser criada numa reacção, e destruída noutra, se esta última ocorrer após a

\* Ver página 141.

primeira. A formulação matemática do princípio da causalidade implica a dependência da matriz S relativamente à energia e momento das partículas envolvidas numa reacção, excepto para valores para os quais se torna possível a criação de novas partículas. Nestes casos, a estrutura matemática da matriz S altera bruscamente a situação: depara-se-lhe aquilo a que os matemáticos dão o nome de «singularidade». Cada canal possui várias destas singularidades, isto é, existem vários valores de energia e momento que permitem a criação de novas partículas. As «energias de ressonância», mencionadas anteriormente, são exemplos de tais casos.

O facto de a matriz S exibir singularidades é uma consequência do princípio da causalidade, mas as suas localizações não são por ele determinadas. Os valores de energia e momento, para os quais se dá a criação de novas partículas, diferem de um canal de reacção para outro e dependem da massa e outras propriedades dessas partículas. A localização dessas singularidades reflecte assim as propriedades dessas partículas, e como todos os hadrões podem ser criados em reacções de partículas, as singularidades da matriz S são um espelho de todos os seus padrões e simetrias.

O objectivo principal da teoria de matriz S é, por conseguinte, o derivar das singularidades na sua estrutura a partir de princípios gerais. Até ao momento, não foi ainda possível construir um modelo matemático que satisfaça, simultaneamente, os três princípios, e pode muito bem acontecer que estes sejam suficientes para determinar todas as propriedades da matriz S — e assim todas as propriedades hadrónicas — de uma forma peremptória \*. Se essa hipótese vier a revelar-se como correcta, as implicações filosóficas que daí adviriam causariam profundas alterações. Todos os três princípios estão relacionados com os nossos métodos de observação e quantificação, isto é, com a estrutura científica empregue. Se estes forem suficientes para a determinação da estrutura hadrónica, isto significaria que as estruturas básicas do mundo físico se determinariam, finalmente, pela forma como encaramos o mundo. Qualquer alteração fundamental nos nossos métodos de observação implicaria uma modificação dos princípios gerais, o que levaria a uma teoria de matriz S totalmente diferente, implicando assim uma estrutura hadrónica diferente.

Uma tal teoria das partículas subatómicas reflecte a impossibilidade de separar o observador científico do fenómeno observado, o que foi já discutido aquando da referência à teoria quântica \*\*, na sua forma mais extrema. Implica assim, que as estruturas e fenómenos que observamos na natureza não são mais que criações da nossa mente caracterizante e quantificadora.

Um dos principais dogmas da filosofia oriental é que tudo se passa desta forma. O misticismo oriental afirma, repetidas vezes, que todas as coisas e

\* Esta conjectura, conhecida como a hipótese da «armadilha», será discutida com mais detalhe no capítulo seguinte.

\*\* Ver página 115.

acontecimentos que apercebemos são meras criações da mente, surgidas de um estado particular de consciência, que é o seu aval de existência. O hinduísmo afirma que todas as formas e objectos à nossa volta são criados pela mente sob o desígnio de *maya*, e revela a nossa tendência de lhes atribuir um grande significado como uma ilusão characteristicamente humana. Os budistas chamam a esta ilusão *avidya*, ou ignorância, e vêem-na como um estado de «conspurcação» da mente. Nas palavras de Asvaghosha,

*Quando não se reconhece o carácter único de todas as coisas surge a ignorância e a particularização, desenvolvendo-se assim em todas as fases de uma mente conspurcada... Todos os fenómenos no mundo não são mais que manifestações ilusórias da mente, não possuindo realidade por si próprios.* \*

Este é também o tema de recorrência da escola budista Yogacara, que afirma que todas as formas que sentimos são «apenas mente»; «projecções» ou «sombras» da mente:

*Fora da mente pululam coisas inumeráveis, condicionadas pela discriminação... As pessoas aceitam estas coisas como um mundo externo... O que aparenta ser externo não existe na realidade; é de facto mente encarada como multiplicidade; o corpo, propriedade e tudo o mais não são mais que mente.* \*\*

Na física das partículas, fazer derivar os padrões hadrónicos dos princípios gerais da teoria de matriz S é uma longa e árdua tarefa, e, até agora, apenas foram dados alguns passos nessa direcção. Apesar de tudo, deve encarar-se com seriedade a possibilidade de um dia se poderem deduzir as propriedades das partículas subatómicas gerais, em paralelo com a evolução da nossa estrutura científica. É uma perspectiva motivadora o facto de uma característica geral da física das partículas poder surgir em futuras teorias de interacções electromagnética, fraca e gravitacional. Se tal se efectivar, a física moderna ter-se-á aproximado da concordância com os sábios orientais, para os quais as estruturas do mundo físico são *maya*, ou «apenas mente».

A teoria de matriz S aproxima-se muito do pensamento oriental não só nas suas conclusões últimas, como também na sua visão geral da matéria. Descreve o mundo das partículas subatómicas como uma rede dinâmica de acontecimentos e enfatiza conceitos como mudança e transformação em detrimento de estruturas fundamentais ou entidades. No Oriente, tal preponderização é particularmente acentuada no pensamento budista, onde todas as coisas são vistas como dinâmicas, não permanentes e ilusórias. Escreve assim S. Radhakrishnan:

\* Asvaghosha, *The Awakening of Faith*, trad. D. T. Suzuki (Open Court, Chicago, 1900), pp. 79, 86.

\*\* *Lankavatara Sutra*, in D. T. Suzuki, *Studies in the Lankavatara Sutra* (Routledge & Kegan Paul, Londres, 1952), p. 242.

*Como é que pensamos em particularizações, em vez de processos no fluxo absoluto? Por fecharmos os olhos aos acontecimentos sucessivos, numa atitude artificial que bloqueia a corrente de mudança e lhes chama coisas... Quando conhecermos a verdade sobre as coisas, compreenderemos o absurdo de adorar produtos isolados da incessante série de transformações, como se fossem eternos e reais. A vida não é uma coisa ou estado, mas um movimento ou mudança contínuos.* \*

Tanto o físico moderno como o místico oriental apreenderam a relação dinâmica dos fenómenos deste mundo de mudança e transformação. Os hindus e os budistas encaram esta inter-relação como uma lei cósmica, a lei de *karma*, mas não estão, na generalidade, preocupados com quaisquer padrões específicos na rede universal de acontecimentos. A filosofia chinesa, por outro lado, que também atribui primordial importância ao movimento e mudança, desenvolveu a noção de padrões dinâmicos que se formam e dissolvem continuamente no fluir cósmico de *Tao*. No *I Ching*, ou Livro das Mudanças \*\*, estes padrões são desenvolvidos num sistema de símbolos, os comumente denominados hexagramas.

O princípio básico de ordenação dos padrões do *I Ching* é a inter-relação dos opostos polares *yin* e *yang*. O *yang* é representado pela linha sólida (—) e o *yin* pela linha descontínua (— —), e todo o sistema de hexagramas é constituído naturalmente a partir destas duas linhas. Fazendo combinações de dois obtém-se as seguintes configurações:



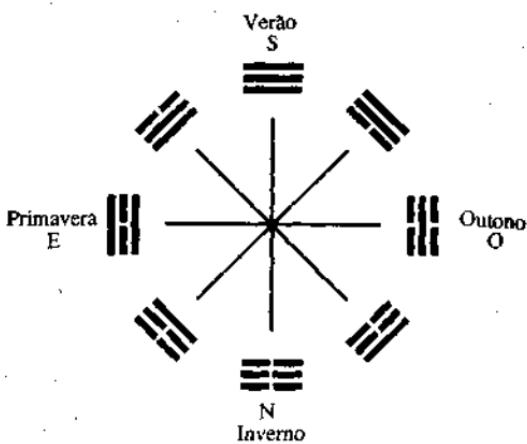
e por adição de uma terceira linha, obtém-se os oito «trigramas»:



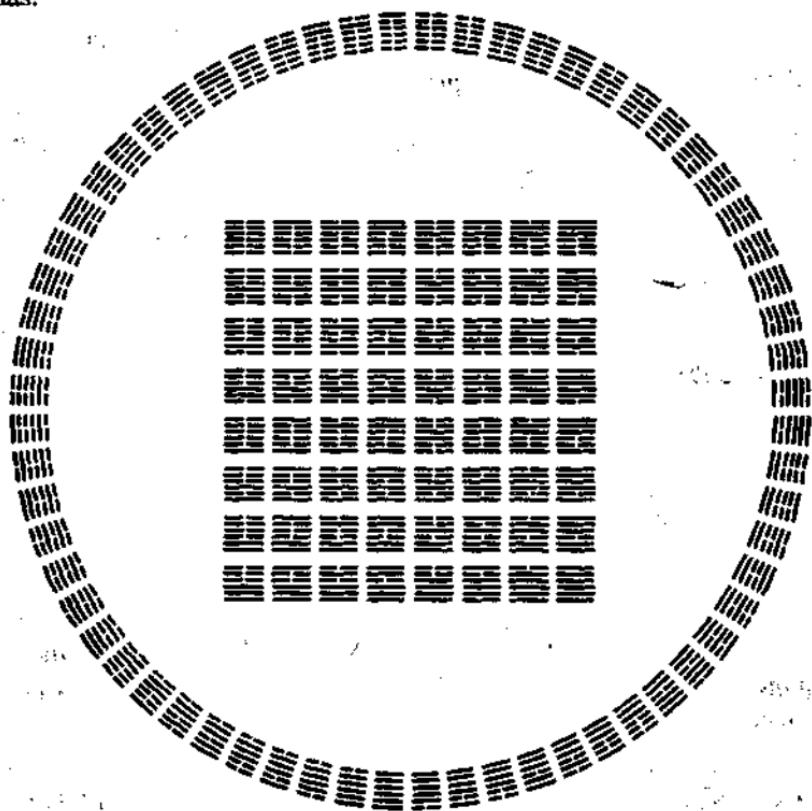
Na China antiga, estes trigramas eram considerados como representantes de todas as situações cósmicas e humanas possíveis. Atribuíam-se-lhes nomes que reflectiam as suas características básicas — tais como «o criativo», «o receptivo», «o que desperta», etc. — e estavam associados com muitas imagens retiradas da natureza e vida social. Representavam, por exemplo, o céu, a Terra, a trovoadas, a água, etc., bem como a família constituída por pai, mãe, três filhos e três filhas. Eram, mais ainda, associados com os pontos cardinais e com as estações do ano, de acordo com a disposição da página seguinte.

\* S. Radhakrishnan, *Indian Philosophy* (Allen & Unwin, Londres, 1961), p. 369.

\*\* Ver página 92.



Neste arranjo, os oito trigramas encontram-se agrupados em torno de um círculo na sua «ordem natural», na qual são originados, começando pelo topo (onde os chineses colocam sempre o Sul), e colocando os quatro primeiros trigramas no lado esquerdo e os quatro restantes no lado direito. Esta disposição revela um elevado grau de simetria — trigramas opostos possuem linhas de *yin* e *yang* trocadas.



dois arranjos regulares dos 64 hexagramas

Por forma a aumentar ainda mais o número de combinações possíveis, os oito trigramas são colocados aos pares, uns por cima dos outros. Desta forma, surgem sessenta e quatro hexagramas, cada um constituído por três linhas sólidas e três linhas descontínuas. É possível dispor os hexagramas em padrões regulares, sendo os mais comuns dentre eles os ilustrados na página anterior: um quadrado de oito hexagramas e uma sequência circular, revelando a mesma simetria do arranjo circular de trigramas.

Os sessenta e quatro hexagramas são os arquétipos cósmicos, nos quais se baseia o uso do livro do *I Ching* como oráculo \*. Para a interpretação de um qualquer hexagrama, tem de se ter em conta o significado dos dois trigramas constituintes. Por exemplo, quando se coloca o trígrama «o que desperta» sobre «o receptivo», o hexagrama resultante é interpretado como o movimento que se junta com a devoção, inspirando assim o entusiasmo.



o que desperta



o receptivo



entusiasmo

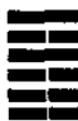
Para dar outro exemplo, tomemos o hexagrama «o progresso», que representa «a fidelidade» por cima de «o receptivo». Obtemos assim a imagem do Sol que se levanta sobre a Terra, sendo assim um símbolo de progresso rápido e fácil.



fidelidade



o receptivo



progresso

No *I Ching*, os trigramas e os hexagramas representam os padrões de *Tao* que são gerados pela inter-relação dinâmica de *yin* e *yang*, e que se reflectem em todas as situações cósmicas e humanas. Assim, estas situações não são tidas como estáticas, mas antes como estádios num constante fluir de mudança. É esta a ideia fundamental expressa no *Livro das Mudanças*, patente no seu próprio título. Todas as coisas e situações no mundo estão sujeitas à mudança e transformação, e também as suas imagens, os trigramas e os hexagramas. Estão num contínuo estado de transição: uns transformando-se noutros, as linhas sólidas esticando-se e partindo-se em duas, as linhas descontínuas encolhendo-se e juntando-se.

Devido à sua noção de padrões dinâmicos, gerados pela mudança e transformação, o *I Ching* é talvez a analogia que no pensamento oriental mais se aproxima da teoria de matriz S. Em ambos os sistemas, o fulcro está nos processos e não nos objectos. Na teoria de matriz S estes processos são as reacções

\* Ver página 92.

de partículas que dão origem a todos os fenómenos no mundo dos hadrões. No *I Ching*, os processos básicos são designados pelas «mudanças» e são vistos como essenciais para a compreensão de todos os fenómenos naturais:

*São as mudanças que permitem aos sábios sagrados alcançar as profundezas e agarrar as raízes de todas as coisas.* \*

Estas mudanças não são encaradas como leis fundamentais impostas ao mundo físico, mas antes — nas palavras de Hellmut Wilhelm — como «uma tendência interna segundo a qual o desenvolvimento surge natural e espontaneamente» \*\*. O mesmo pode ser afirmado acerca das «mudanças» no mundo das partículas. Também elas reflectem as tendências internas das partículas que se expressam, na teoria de matriz S, como probabilidades de ocorrência de uma reacção.

As mudanças no mundo dos hadrões dão origem a estruturas e padrões simétricos, que são representados, simbolicamente, pelos canais de reacção. Nem as estruturas nem as simetrias são tidas como características fundamentais do mundo hadrónico, sendo sim consequências da natureza dinâmica das partículas, isto é, das suas tendências para a mudança e transformação.

Também no *I Ching* as mudanças dão origem a estruturas — os trigramas e hexagramas. Estes são, tal como os canais de reacção das partículas, representações simbólicas de padrões de mudança. Da mesma forma que a energia flui por estes canais, também as «mudanças» fluem pelas linhas dos hexagramas:

*Alteração, movimento sem repouso,  
Fluir através de seis locais vazios,  
Erguendo-se e afundando-se sem uma lei determinada,*

*É só a mudança que funciona aqui.* \*\*\*

No imaginário chinês, todas as coisas e fenómenos à nossa volta surgem de padrões de mudança que são representados pelas várias linhas dos trigramas e hexagramas. Desta forma, as coisas no mundo físico não são vistas como estáticas, independentes, mas como meros estágios transitórios no processo cósmico que é o *Tao*:

*O Tao apresenta mudanças e movimentos. Por isso as linhas são denominadas como linhas de mudança. Estas linhas possuem graduações, representando assim coisas.* \*\*\*\*

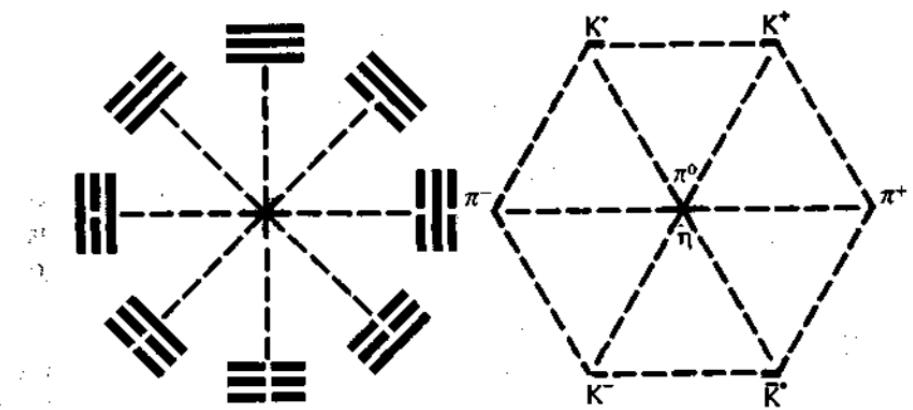
\* R. Wilhelm, *The I Ching or Book of Changes* (Routledge & Kegan Paul, Londres, 1968), p. 315.

\*\* H. Wilhelm, *Change* (Harper Torchbooks, Nova Iorque, 1964), p. 19.

\*\*\* R. Wilhelm, *op. cit.*, p. 348.

\*\*\*\* *Ibid.*, p. 352.

Tal como no mundo das partículas, as estruturas geradas pela mudança podem ser dispostas segundo vários padrões simétricos, como por exemplo o padrão octogonal formado pelos oito trigramas, no qual os elementos opostos têm linhas de *yin* e *yang* trocadas. Este padrão apresenta vagas semelhanças com o octeto mesônico discutido no capítulo anterior, no qual as partículas e as antipartículas ocupam lugares opostos. O facto importante, no entanto, não é a semelhança acidental, mas o facto de quer a física moderna quer o antigo pensamento chinês considerarem a mudança e a transformação como aspectos *primários* da natureza, e encararem as estruturas e as simetrias geradas como secundárias. Richard Wilhelm, na sua introdução à tradução do *I Ching*, encara esta ideia como o conceito fundamental do *Livro das Mudanças*:



*Os oito trigramas... são dispostos de modo a formarem um estado de transição contínua, um transformando-se noutro, tal como a transição de um fenômeno para outro se dá continuamente no mundo físico. Aqui está o conceito fundamental do Livro das Mudanças. Os oito trigramas são símbolos que representam estados de transição: são imagens que estão em constante mudança. A atenção centra-se não nas coisas e no seu estado de ser — como acontece predominantemente no Ocidente — mas sim nos seus movimentos e mudanças. Assim, os oito trigramas não representam coisas estanques mas a sua tendência para o movimento.* \*

Na física moderna começou a aperceber-se as «coisas» do mundo do subatômico de uma forma similar, salientando o movimento, a mudança e a transformação e encarando as partículas como estados transitórios num processo cósmico contínuo.

\* R. Wilhelm, *op. cit.*, p.1.

# Interpenetração

Até agora, a nossa exploração da visão do mundo sugerida pela física moderna mostrou-nos repetidas vezes que a ideia de «blocos de construção básicos» da matéria deixou de ter validade. No passado, este conceito mostrou-se adequado à explicação do mundo físico em termos de alguns átomos; a estrutura destes em termos de núcleos rodeados de electrões; e, finalmente, a estrutura dos núcleos em termos de outros «blocos constituintes» nucleares, o protão e o neutrão. Assim, átomos, núcleos e hadrões eram considerados como «partículas elementares». No entanto, nenhuma delas conseguiu estar à altura das expectativas — estas partículas pareciam ser, elas próprias, estruturas compostas, e os físicos tinham esperança que a próxima geração de constituintes se revelasse como os componentes últimos da matéria.

Por outro lado, as teorias da física atómica e subatómica tornaram cada vez menos provável a existência de partículas elementares. Elas vieram revelar uma interconexão básica da matéria, mostrando que a energia do movimento se pode transformar em massa, e sugerindo que partículas são processos, em vez de objectos. Todos estes desenvolvimentos indicam claramente que a imagem mecanicista de blocos de construção básicos tem de ser abandonada e, no entanto, muitos físicos têm relutância em admiti-lo. A tradição milenar de explicar estruturas complexas através do seu parcelamento em constituintes mais simples está tão profundamente enraizada no pensamento ocidental que ainda prossegue a indagação de tais elementos.

Existe, no entanto, uma escola de pensamento radicalmente diferente em física que parte da ideia que a natureza não pode ser reduzida a entidades fundamentais, como partículas elementares ou campos fundamentais. Tem de ser percebida através da sua própria densidade, com os seus componentes consistentes uns com os outros e consigo mesmos. Esta ideia surgiu no contexto da teoria de matriz S e é conhecida como a hipótese da «armadilha». O seu criador, e principal defensor, é Geoffrey Chew que, por um lado, desenvolveu a ideia numa filosofia geral de «armadilha» da natureza e, por outro lado, a usou (em colaboração com outros físicos) para construir uma teoria específica das partículas formulada na linguagem da matriz S. Chew descreveu a hipótese da armadilha em diversos artigos \*, que constituem a base para a descrição seguinte.

A filosofia da armadilha constitui o dobre de finados da visão mecanicista na física moderna. O universo newtoniano era construído a partir de um conjunto de entidades básicas com um certo número de propriedades fundamentais, as quais teriam sido criadas por Deus, sendo impossível a sua submissão a qualquer tipo de análise. De uma forma ou de outra esta noção estava implícita em todas as ciências naturais, até que a hipótese da armadilha veio afirmar, explicitamente, que o mundo não pode ser compreendido como um conjunto de entidades; na nova visão do mundo, o universo é visto como uma teia dinâmica de acontecimentos inter-relacionados. Nenhuma propriedade de qualquer das partes desta teia é fundamental; todas derivam das propriedades das outras partes, e a consistência total das suas inter-relações mútuas determina a estrutura de toda a teia.

Assim, a filosofia da armadilha representa o culminar de uma visão da natureza que surgiu na teoria quântica com a concretização de uma inter-relação essencial e universal, adquiriu o seu conteúdo dinâmico com a teoria da relatividade e é formulada em termos de probabilidade de reacção na teoria de matriz S. Ao mesmo tempo, esta visão da natureza aproximou-se cada vez mais da visão do mundo oriental, estando agora em harmonia com o pensamento oriental, tanto na sua filosofia geral como na sua visualização específica da matéria.

A hipótese da armadilha não só nega a existência de constituintes fundamentais da matéria, como também não aceita entidades fundamentais de qualquer espécie — leis fundamentais, equações ou princípios — abandonando assim outra ideia que tem sido uma parte essencial das ciências naturais ao longo de séculos. A noção de leis fundamentais da natureza deriva da crença num legislador divino, que se encontra profundamente enraizada na tradição judaico-cristã. Nas palavras de Tomás de Aquino:

*Existe uma determinada Lei Eterna, entenda-se, a Razão, que existe na mente de Deus e que governa todo o universo. \*\**

Esta noção de uma lei eterna, divina, influenciou grandemente a ciência e filosofia ocidentais. Descartes escreveu acerca das «leis que Deus imprimiu na natureza», e Newton acreditava que o objectivo maior do seu trabalho científico era o de evidenciar as «leis impostas à natureza por Deus». Desvendar as leis fundamentais da natureza foi o propósito fundamental dos cientistas naturais durante os três séculos que se seguiram a Newton.

\* G. F. Chew, «Bootstrap: A Scientific Idea?», *Science*, vol. 161 (Maio, 23, 1968), pp. 762-765; «Hadron Bootstrap: Triumph or Frustration?», *Physics Today*, vol. 23 (Outubro 1970), pp. 23-28; «Impasse for the Elementary Particle Concept», *The Great Ideas Today* (William Benton, Chicago, 1974), vol. xx, p.10.

\*\* Citação in J. Needham, *Science and Civilization in China* (Cambridge University Press, Londres, 1956), vol. II, p. 538.

Na física moderna surge uma atitude completamente diferente. Os físicos começaram a aperceber-se que todas as suas teorias dos fenómenos naturais, incluindo as «leis» que eles descrevem, são criações da mente humana, propriedades do nosso mapa conceptual da realidade, em vez da própria realidade. Este esquema conceptual é, necessariamente, limitado e aproximado \*, tal como o são todas as teorias científicas e as «leis da natureza» que contêm. Todos os fenómenos naturais estão, em última análise, inter-relacionados e, por forma a podermos explicar um, temos de compreender todos os outros, o que é obviamente impossível. O sucesso atribuído à ciência advém do facto de se poderem fazer aproximações. Se se admite um «conhecimento» aproximado da natureza, podem descrever-se grupos seleccionados de fenómenos desta forma, negligenciando outros que sejam menos relevantes. Podem assim explicar-se muitos fenómenos em termos de poucos e, consequentemente, compreender muitos aspectos da natureza de uma forma aproximada, sem ter de se conhecer tudo de uma vez. É este o método científico; todos os modelos e teorias científicas são aproximações da verdadeira natureza das coisas, mas o erro envolvido neste procedimento é por vezes muito pequeno para que se lhe possa atribuir algum significado. Na física das partículas, por exemplo, as forças de interacção gravitacional entre as partículas são usualmente ignoradas, pois revelam-se várias ordens de grandeza inferiores a todas as outras interacções. Apesar de o erro causado por esta omissão ser muito pequeno, torna-se evidente que as interacções gravitacionais terão de ser tomadas em linha de conta, se se pretender obter teorias mais precisas da física das partículas.

Assim, os físicos constroem uma sequência de teorias parciais e aproximadas, cada uma delas mais precisa que a anterior, mas não representando nenhuma delas uma imagem completa e final do fenómeno natural. Tal como estas teorias, todas as «leis da natureza» que descrevem são mutáveis, destinadas a ser substituídas por leis mais precisas à medida que as teorias são melhoradas. O carácter incompleto de uma teoria reflecte-se, usualmente, nos seus parâmetros arbitários ou «constantes fundamentais», isto é, em quantidades cujos valores numéricos não são explicados pela teoria, mas que nela necessitam de ser incorporados após terem sido determinados empiricamente. A teoria quântica não consegue explicar o valor que emprega para a massa do electrão, nem a teoria de campo a magnitude da sua carga, nem a teoria da relatividade a velocidade da luz. Na visão clássica, estas quantidades eram tidas como constantes fundamentais da natureza sem necessitarem de qualquer outra explicação para a sua existência. Na visão moderna, o seu papel de «constantes fundamentais» é tido como temporário, reflectindo apenas as limitações das teorias actuais. De acordo com a teoria da armadilha, devem ser explicadas, uma por uma, em teorias futuras, à medida que o seu alcance e precisão aumentam. Assim, a situação ideal pode ser aproximada mas nunca alcançada, a teoria não contém

\* Ver páginas 30 e 40.

«constante fundamental» alguma inexplicada, todas as suas «leis» derivam do requisito de uma autoconsistência total.

É importante compreender, no entanto, que mesmo uma tal teoria ideal tem de possuir algumas características inexplicáveis, sem que, necessariamente, estas surjam sob a forma de constantes numéricas. Enquanto teoria científica, terá de ser aceite, sem explicação, um certo número de conceitos que formam a linguagem científica. Alargar mais o alcance da ideia de armadilha levar-nos-ia para além da ciência:

*Num sentido lato a ideia de armadilha, apesar de fascinante e útil, é anticientífica... A ciência, como a conhecemos, requer uma linguagem que se baseie numa estrutura inquestionável. Assim, semanticamente, a uma atitude que vise explicar todos os conceitos não se pode naturalmente chamar «científica».\**

Torna-se evidente que a visão do mundo dada pela hipótese da armadilha, na qual todos os fenómenos no universo são unicamente determinados pela sua mútua autoconsistência, aproxima-se muito da visão oriental do mundo. Um universo indivisível, no qual todas as coisas e acontecimentos estão inter-relacionados, pouco sentido faria, a menos que seja ele próprio autoconsistente. De certa forma, o requisito da autoconsistência, que forma a base da hipótese da armadilha, e a unidade e inter-relacionamento de todos os fenómenos, que é enfatizada pelo misticismo oriental, são apenas diferentes aspectos de uma mesma ideia. Esta estreita ligação é expressa de forma mais clara no taoísmo. Para os sábios taoístas, todos os fenómenos no mundo eram parte de um caminho cósmico — *Tao* — e as leis seguidas pelo *Tao* não eram ditadas por um legislador divino, mas sim inerentes à sua própria natureza. Assim, é possível ler-se no *Tao Te Ching*:

*O homem segue as leis da Terra;  
A Terra segue as leis dos céus;  
Os céus seguem as leis de Tao;  
O Tao segue as leis da sua natureza intrínseca.\*\**

Joseph Needham, no seu aturado estudo da ciência e civilização chinesas, expõe com grande pormenor como o conceito ocidental de leis fundamentais da natureza, com ligação directa a um legislador divino, não encontra paralelo no pensamento chinês. «Do ponto de vista chinês», escreve Needham, «a harmoniosa cooperação de todas as coisas surgiu, não de ordens de uma autoridade superior externa, mas do facto de todas serem parte de uma ordenação formando um padrão cósmico, subordinadas às imposições da sua própria natureza.» \*\*\*

\* G. F. Chew, «Bootstrap: A Scientific Idea?», op. cit., pp. 762-763.

\*\* Lao Tzu, *Tao Te Ching*, Trad. Ch'u Ta-Kao (Allen & Unwin, Londres, 1970), cap. 25.

\*\*\* J. Needham, op. cit., vol. II, p. 582.

De acordo com Needham, os chineses nem sequer possuíam uma palavra para a correspondente ideia clássica ocidental de «lei da natureza». O termo que mais se aproxima é *li*, o qual é descrito pelo filósofo neoconfuciano Chu Hsi \* como «os inumeráveis padrões incluídos no *Tao* à semelhança de veias» \*\*. Needham traduz *li* como «princípio de organização», e afirma o seguinte.

*Na sua interpretação mais antiga, significava o padrão das coisas, as marcas no jade ou as fibras nos músculos... Adquiriu o significado enciclopédico de «princípio», conservando sempre o subentendido de «padrão»... Há «lei» implícita nele, mas esta lei é aquela à qual as partes do todo se têm de conformar pela simples razão de serem isso mesmo, partes do todo...*

O facto mais importante acerca das partes é o de terem de encaixar perfeitamente com as outras no organismo total que compõem. \*\*\*

É assim fácil discernir como uma tal perspectiva levou os pensadores chineses a uma ideia que apenas recentemente foi desenvolvida na física moderna — a autoconsistência é essencial a todas as leis da natureza. A seguinte passagem de Ch'en Shun, um dos discípulos directos de Chu Hsi, que viveu por volta de 1200 d. C., exemplifica claramente esta ideia em palavras que podem ser tomadas como explanação perfeita da noção de autoconsistência na filosofia da armadilha:

*Li é uma inviolável lei natural de coisas e relações...*

*O significado de «natural e inviolável» é que as relações humanas e as coisas naturais são feitas de modo a encaixarem perfeitamente no seu lugar. O significado de «lei» é o de esse encaixe ocorrer sem o mínimo de excesso ou defeito. Os antigos, ao investigarem as coisas até ao limite, na procura de li, queriam evidenciar a impossibilidade de fugir às relações humanas e às coisas naturais, o que significa muito simplesmente que o que procuravam era os lugares onde as coisas encaixavam perfeitamente. Apenas isso. \*\*\*\**

Na perspectiva oriental, como na perspectiva da física moderna, tudo no universo está ligado a tudo o resto, e nenhuma parte é fundamental. As propriedades de qualquer uma das partículas são determinadas, não por alguma lei fundamental, mas pelas propriedades de todas as outras partes. Tanto os físicos como os místicos compreenderam a impossibilidade de explicar completamente todos os fenómenos, mas as suas atitudes foram diferentes. Os físicos, como já foi discutido, estão satisfeitos com uma compreensão aproximada da natureza. Os místicos orientais, por outro lado, não estão interessados no

\* Ver página 87.

\*\* J. Needham, *op. cit.*, vol. II, p. 484.

\*\*\* *Ibid.*, pp. 558, 567.

\*\*\*\* Citação in J. Needham, *op. cit.*, vol. II, p. 566.

aproximado, mas sim no conhecimento «relativo». Estão preocupados com um conhecimento «absoluto» envolvendo a totalidade da compreensão da Vida. Estão bem cientes do inter-relacionamento essencial do universo, compreenderam que explicar algo significa, em última análise, mostrar como isso está relacionado com tudo o resto. Como tal é impossível, os místicos orientais insistem que um fenómeno isolado não pode ser explicado. Assim Ashvaghosha:

*Todas as coisas na sua natureza fundamental não são nomeáveis ou explicáveis. Não podem ser expressas formalmente por qualquer linguagem.* \*

Genericamente, os sábios orientais não estão portanto interessados em explicar coisas, mas antes em obter um sentir não intelectual directo da unidade de todas as coisas. Era esta a atitude de Buda, que respondia a todas as questões acerca do significado da vida, da origem do mundo, ou da natureza do *nirvana*, com um «nobre silêncio». As respostas, aparentemente sem nexo, dos mestres Zen, quando questionados em relação a qualquer coisa, parecem ter o mesmo propósito — fazer com que o estudante se aperceba que tudo é consequência de tudo o resto; que «explicar» a natureza apenas significa mostrar a sua unidade; que, por fim, nada existe para explicar. Quando um monge perguntou a Tozan, que estava a pesar linhaça, «o que é Buda?», Tozan respondeu, «esta linhaça pesa um quilo e meio» \*\*; e quando perguntaram a Joshu por que motivo Bodhidharma viera para a China, ele respondeu, «um carvalho no jardim» \*\*\*.

Libertar a mente humana de palavras e explicações é um dos principais objectos do misticismo oriental. Tanto os budistas como os taoístas falam de uma «rede de palavras», ou «rede de conceitos», estendendo assim a noção de interconexão ao domínio do intelecto. Sempre que tentamos explicar as coisas, deparamos com *karma*: ficamos retidos na nossa estrutura conceptual. Transcender palavras e explicações significa desfazer os laços que nos prendem a *karma* e obter a libertação.

A visão oriental do mundo partilha, com a filosofia da armadilha da física moderna, não só os conceitos de interacção mútua e autoconsistência de todos os fenómenos, como também a negação da matéria como constituída por entidades fundamentais. Num universo, que é um todo inseparável e onde todas as formas são fluidas e em constante mudança, não existe lugar para entidades fundamentais fixas. Assim, a noção de «blocos básicos de construção» da matéria não se encontra, de uma forma geral, no pensamento oriental. As teorias atómicas da matéria nunca foram desenvolvidas no pensamento chinês e, apesar de terem surgido em algumas escolas de filosofia indianas, estão sempre

\* Ashvaghosha, *The Awakening of Faith*, trad. D. T. Suzuki (Open Court, Chicago, 1900), p. 56.

\*\* In P. Reps, *Zen Flesh, Zen Bones* (Anchor Books, Nova Iorque), p. 104.

\*\*\* Ibid., p. 119.

situadas na periferia do misticismo indiano. No hinduísmo, o conceito de átomos tem um grande destaque no sistema Jaina (que é encarado como heterodoxo por não aceitar a autoridade dos Vedas). Na filosofia budista, as teorias atómicas surgiram em duas escolas do budismo Hinayana, sendo, no entanto, tratadas como produtos ilusórios de *avidya* pelo ramo Mahayana, consideravelmente mais importante. Assim, Ashvaghosha afirma:

*Quando dividimos matéria em estado bruto (ou composta), podemos reduzi-la a átomos. Mas à medida que o átomo é também sujeito a posteriores divisões, todas as formas de existência material, quer em estado bruto ou puras, não são mais que sombras de uma particularização e não podemos atribuir-lhes qualquer grau de realidade (absoluta ou independente). \**

Assim, as principais escolas do misticismo oriental alinharam com a visão da filosofia da armadilha — o universo é um todo interconexo, no qual nenhuma parte tem maior importância que qualquer outra, de tal forma que as propriedades de uma parte são determinadas pelas propriedades de todas as outras. Desta forma, pode afirmar-se que qualquer parte «contém» todas as outras e, de facto, a noção de incorporação mútua parece ser característica do sentir místico da natureza. Nas palavras de Sri Aurobindo:

*Nada é finito para o sentir supramental; experimenta-se um sentimento de tudo em cada e de cada em tudo. \*\**

O conceito de «tudo em cada e cada em tudo» encontrou um extenso desenvolvimento na escola *Avatamsaka* do budismo Mahayana \*\*\*, o qual é geralmente considerado como o culminar do pensamento budista. Baseia-se no *Avatamsaka Sutra*, que se crê, segundo as tradições, ter sido entregue pelo próprio Buda, enquanto se encontrava em profunda meditação após o Despertar. Este volumoso *sutra*, que não foi ainda traduzido para qualquer língua ocidental, descreve detalhadamente como se apreende o mundo num estado elevado de consciência, quando «as fronteiras da individualidade se dissolvem e o sentimento de finitude deixa de nos oprimir» \*\*\*\*. Na sua última parte, denominada *Gandavyuha*, conta a história de um jovem peregrino, Sudhana, trazendo a lume um relato vivo do seu sentir místico do universo, que lhe surge como uma rede perfeita de relações mútuas onde todas as coisas e acontecimentos interactuam entre si, de uma forma que cada um contém, em si mesmo, todos os outros. O seguinte

\* Ashvaghosha, *op. cit.*, p. 104.

\*\* S. Aurobindo, *The Synthesis of Yoga* (Aurobindo Ashram, Pondicherry, India, 1957), p. 989.

\*\*\* Ver pág. 84.

\*\*\*\* D. T. Suzuki, *On Indian Mahayana Buddhism*, ed. Eward Conze (Harper & Row, Nova Iorque, 1968), p. 150.

trecho do *sutra*, parafraseado por D. T. Suzuki, emprega a imagem de uma torre, magnificamente decorada, para exultar o sentir de Sudhana:

*A torre é tão vasta e espaçosa como o próprio céu. O pavimento está coberto com inumeráveis pedras preciosas de todos os tipos, e aí existem, no seu interior, inúmeros palácios, pórticos, janelas, escadarias, muros e passagens, todos eles feitos de sete variedades de gemas preciosas...*

*E no interior desta torre, espaçosa e gloriosamente ornamentada, existem também centenas de milhar de outras torres, cada uma delas tão gloriosamente ornamentada e vasta como o céu, tal como a torre principal. E todas estas torres, em número para além de qualquer cálculo, não se sobrepõem; cada uma preserva a sua existência individual em perfeita harmonia com tudo o resto; nada existe aqui que impeça uma torre de se fundir com todas as outras individual e colectivamente; existe um estado de interpenetração perfeito e, simultaneamente, uma ordem completa. Sudhana, o jovem peregrino, vê-se a si mesmo em todas as torres bem como em cada uma, onde tudo está contido num só e cada um contém o todo.* \*

A torre desta passagem é, naturalmente, uma metáfora do próprio universo, e a fusão mútua das suas partes é conhecida no budismo Mahayana como «interpenetração». O *Avatamsaka* torna claro que esta interpenetração é uma inter-relação essencialmente dinâmica que ocorre não apenas espacialmente como também temporalmente. Como mencionado anteriormente \*\*, espaço e tempo são também conceitos tidos como interpenetrados.

O sentir da interpenetração num estado de consciência elevado pode ser interpretado como visão mística da totalidade da estrutura da armadilha, onde todos os fenómenos do universo se encontram harmoniosamente inter-relacionados. Num tal estado de consciência o intelecto é transcendido e as explicações causais tornam-se desnecessárias, sendo substituídas pelo sentir directo da interdependência mútua de todas as coisas e acontecimentos. O conceito budista de interpenetração vai, desta forma, muito mais longe que a própria teoria da armadilha. Apesar de tudo, existem modelos de partículas subatómicas na física moderna, baseados na hipótese da armadilha, que exibem um paralelo impressionante com os pontos de vista do budismo Mahayana.

Quando a ideia da armadilha é formulada num contexto científico, tem de ser limitada e aproximada, e a sua maior aproximação consiste em ignorar tudo menos as interacções fortes. Como estas forças de interacções são cerca de uma centena de vezes superiores à interacção electromagnética, e algumas ordens de grandeza superiores às interacções gravitacionais, tal aproximação parece

\* *Ibid.*, pp. 183-184.

\*\* Ver página 145.

razoável. A armadilha científica lida, assim, exclusivamente com partículas sujeitas à interacção forte, os hadrões, sendo por este motivo designada por «armadilha hadrónica». É formulada na estrutura da teoria da matriz S e o seu objectivo é o de derivar todas as propriedades dos hadrões e as suas interacções, partindo simplesmente do requisito da autoconsistência. As únicas «leis fundamentais» aceites são os princípios gerais da matriz S, discutidos no capítulo anterior, que se tornam necessárias devido aos nossos métodos de observação e quantificação, constituindo assim a inquestionável estrutura para toda a ciência. Outras propriedades da matriz S podem ser provisoriamente postuladas como «princípios fundamentais», mas espera-se que surjam como uma consequência necessária da autoconsistência na teoria completa. O postulado de que todos os hadrões formam sequências como as descritas pelo formalismo de Regge \* pode ser um desses.

Assim, na linguagem da teoria da matriz S, a hipótese da armadilha sugere que a totalidade da matriz S, e assim todas as propriedades hadrónicas, podem ser determinadas unicamente a partir dos princípios gerais, porque só pode existir uma matriz S consistente com todos os três. Esta conjectura apoia-se no facto de os físicos nunca terem conseguido construir um modelo matemático que satisfaça os três princípios gerais. Se a única matriz S consistente é a que descreve *todas* as propriedades e interacções dos hadrões, como é assumido pela hipótese da armadilha, então está explicado o falhanço dos físicos na construção de uma matriz S parcial.

As interacções das partículas subatómicas são tão complexas que não é de todo certo poder vir a ser construída uma matriz S completa e autoconsistente, mas pode, no entanto, admitir-se uma série de modelos parciais com um alcance menor, cada um deles destinado a cobrir apenas uma parte da física das partículas, contendo alguns parâmetros inexplicados que representam as suas limitações, podendo os parâmetros de um modelo ser explicados por outro. Assim, mais e mais fenômenos podem ser gradualmente abarcados, com uma crescente precisão, por uma rede de modelos interligados, os quais permitirão a diminuição do número de parâmetros inexplicados. O uso da designação «armadilha» não é, de facto, apropriado para qualquer modelo individual, podendo apenas ser aplicado a uma combinação de modelos mutuamente consistentes, nenhum dos quais é mais importante que qualquer dos outros. Como afirma Chew, «um físico que consiga visualizar um determinado número de modelos parciais sem favorecer nenhum deles é, automaticamente, um criador da armadilha\*\*.

Existem já alguns modelos parciais dessa espécie, o que é indicativo de que o conceito da armadilha é completável num futuro não muito distante. No que se refere aos hadrões, o maior desafio colocado à teoria da matriz S e à teoria da armadilha tem sido o de ter em linha de conta a estrutura dos quarks, que é característica da interacção forte. Até há bem pouco tempo, a aproximação

\* Ver página 225.

\*\* G. F. Chew, «Hadron Bootstrap: Triumph or Frustration?», *op. cit.*, p. 27.

derivada da hipótese da armadilha não se revelava capaz de explicar estas regularidades impressionantes, e era esta a razão pela qual os físicos não as levavam muito a sério. A maioria dos físicos preferia lidar com o modelo de quarks, que fornecia, se não uma explicação intelectualmente consistente, pelo menos uma descrição fenomenológica credível. A situação alterou-se, no entanto, de uma forma radical nos últimos seis anos. Vários desenvolvimentos importantes na teoria da matriz S possibilitaram a dedução da maioria dos resultados característicos do modelo dos quarks, sem necessidade de postular a sua existência física \*. Estas conclusões geraram um grande entusiasmo entre os teóricos da matriz S e são capazes de forçar a comunidade física a reexaminar as suas atitudes relativamente à aproximação fornecida pela teoria da armadilha na física subatómica.

A imagem hadrónica que emerge da teoria da armadilha é geralmente resumida na paradoxal frase «cada partícula é constituída por todas as outras partículas». No entanto, não se deve pensar que cada hadrão contém todos os outros num sentido clássico, estático. Em vez de se «conterem» uns aos outros, os hadrões «envolvem-se» uns aos outros no contexto dinâmico e probabilístico da teoria da matriz S, sendo cada hadrão, potencialmente, um «estado ligado» de todos os conjuntos de partículas que podem interactuar entre si para formar o hadrão em consideração \*\*. Neste sentido, todos os hadrões são estruturas compostas cujas componentes são, de novo, hadrões, não sendo cada um deles menos fundamental que qualquer outro. As forças que interligam as estruturas manifestam-se através da troca de partículas, e estas são, novamente, hadrões. Cada hadrão, por isso, desempenha três papéis: é uma estrutura composta, pode ser um constituinte de um outro hadrão, e pode ainda ser trocado entre constituintes, sendo parte das forças associadas com a estrutura. O conceito de «cruzamento» é essencial neste contexto. Cada hadrão mantém-se uno por forças associadas com a troca de outros hadrões no canal cruzado, cada um dos quais, por sua vez, está ligado por forças para as quais contribui o primeiro hadrão. Assim, «cada partícula participa na geração de outras partículas que, por sua vez, lhe dão origem» \*\*\*. O conjunto de todos os hadrões gera-se a si próprio desta forma, ou autoforma-se, por assim dizer, através das suas «armadilhas». A ideia, então, é a de este mecanismo extremamente complexo da armadilha ser auto-determinante — existe apenas uma maneira pela qual pode ser consumado. Por outras palavras, existe apenas um conjunto autoconsistente de hadrões possível — o que se encontra na natureza.

Na armadilha hadrónica, todas as partículas são compostas dinamicamente umas das outras de uma forma autoconsistente, podendo, neste sentido, dizer-se que se «contêm» umas às outras. Uma noção muito semelhante, aplicada

\* Ver Posfácio.

\*\* Ver página 218.

\*\*\* G. F. Chew, M. Gell-Mann, A. H. Rosenfeld, «Strongly Interacting Particles», *Scientific American*, vol. 210 (Fevereiro, 1964), p. 93.

a todo o universo, surge no budismo Mahayana. Esta rede cósmica de coisas e acontecimentos interpenetrados é ilustrada no *Avatamsaka Sutra* pela metáfora da rede de Indra, uma vasta estrutura de gemas preciosas disposta sobre o palácio do deus Indra. Nas palavras de Sir Charles Eliot:

*No céu de Indra, diz-se existir uma estrutura de pérolas, disposta de tal forma que olhando para uma única pérola se vêem todas as outras nela reflectidas. Da mesma forma, cada objecto no mundo não é meramente ele próprio, mas envolve todos os outros e é, de facto, tudo o resto. «Em cada partícula de pó, existem Budas em número incontável.» \**

A proximidade desta imagem com a da armadilha hadrónica é verdadeiramente espantosa. A metáfora da rede de Indra pode, com alguma justeza, ser considerada como o primeiro modelo da armadilha, criada pelos sábios orientais cerca de 2500 anos antes do dealbar da física das partículas. Os budistas insistem que o conceito de inter penetração não é intelectualmente comprehensível, mas é para ser sentido por uma mente iluminada num estado de meditação. Assim, D. T. Suzuki escreve:

*Buda [no Gandavyuha] deixa de ser aquele que vive no mundo concebível do espaço e do tempo. A sua consciência não é a de uma mente usual, que tem de seguir os percursos dos sentidos e da lógica... O Buda do Gandavyuha vive num mundo espiritual que tem as suas próprias regras. \*\**

Na física moderna, a situação é bastante semelhante. A noção de que cada partícula contém todas as outras é inconcebível no espaço e tempo normais. Desereve uma realidade que, tal como a de Buda, tem as suas próprias regras. No caso da armadilha hadrónica, essas regras são as da teoria quântica e as da teoria da relatividade, sendo o conceito chave o de as forças que mantêm as partículas ligadas entre si serem elas próprias partículas trocadas nos canais cruzados. Este conceito pode ser definido de uma forma matemática precisa, mas é quase impossível ser visualizado. É uma característica específica da armadilha e, como não temos nenhuma experiência directa do mundo a quatro dimensões do espaço-tempo, é-nos extremamente difícil imaginar como é possível que uma única partícula possa conter todas as outras e, ao mesmo tempo, ser uma parte de cada uma delas. Esta é, exactamente, a visão Mahayana:

*Quando um está contra todos os outros, é visto como dominante de todos e, simultaneamente, albergador de todos em si próprio. \*\*\**

\* C. Eliot, *Japanese Buddhism* (Routledge & Kegan Paul, Londres, 1959), pp. 109-110.

\*\* D. T. Suzuki, *op. cit.*, p. 148.

\*\*\* D. T. Suzuki, *The Essence of Buddhism* (Hozokan, Kyoto, Japão, 1968), p. 52.

A noção de que cada partícula contém todas as outras não surgiu apenas no misticismo oriental, mas também no pensamento místico ocidental. Está implícito, por exemplo, nas famosas linhas de William Blake:

*Ver o mundo num grão de areia,  
E o céu numa flor silvestre.  
Segurar o infinito na palma da mão,  
E a eternidade numa hora.*

Aqui, novamente, a visão mística leva a uma imagem típica da armadilha; se o poeta vê o mundo num grão de areia, o físico moderno vê-o num hadrão.

Uma imagem semelhante surge na filosofia de Leibniz, que considera o mundo como sendo constituído de substâncias fundamentais designadas por «mónadas», cada uma das quais é um reflexo de todo o universo. Isto levou-o a uma visão da matéria que mostra semelhanças com a do budismo Mahayana e com a armadilha hadrónica \*. Na sua *Monadologia*, Leibniz escreve:

*Cada porção de matéria pode ser concebida como um jardim cheio de plantas, ou como um lago cheio de peixes. Mas os ramos de cada planta, os membros de cada animal, cada gota do seu humor são também esse jardim e esse lago.\*\**

É interessante que a semelhança entre estas linhas e as passagens do *Avatamsaka Sutra*, citadas anteriormente, podem ter origem numa influência budista de Leibniz. Joseph Needham refere \*\*\* que Leibniz estava bem esclarecido acerca do pensamento e cultura chinesas, através de traduções que recebia de monges jesuítas, e que a sua filosofia pode muito bem ter sido inspirada na escola neoconfuciana de Chu Hsi, com que Leibniz estava familiarizado. No entanto, esta escola tem algumas das suas raízes no budismo Mahayana, e em particular na escola *Avatamsaka* (*Hua-yen*, em chinês) do ramo Mahayana. Needham, de facto, menciona a parábola da rede de pérolas de Indra em ligação explícita com as móndadas de Leibniz.

Uma comparação mais detalhada da noção leibniziana das «relações de espelho» entre móndadas com a ideia de interpenetração no Mahayana parece mostrar, no entanto, que as duas são, de facto, bastante diferentes, e que a concepção budista de matéria se aproxima muito mais do espírito da física moderna que a de Leibniz. A diferença principal entre a *Monadologia* e a versão budista parece ser o facto de as móndadas de Leibniz serem substâncias fundamentais que são tidas como os constituintes últimos da matéria. Leibniz inicia a

\* Os paralelos entre a visão de matéria de Leibniz e a armadilha hadrónica foram recentemente discutidos; ver G. Gale, «Chew's Monadology», *Journal of History of Ideas*, vol. 35 (Abril-Junho 1974), pp. 339-348.

\*\* In P.P. Wiener, *Leibniz — Selections* (Charles Schribner's Sons, Nova Iorque 1951), p. 547.

\*\*\* In J. Needham, *op. cit.*, vol. II, pp. 496 e seguintes.

*Monadologia* com as palavras: «a mónica de que aqui falaremos é, apenas, uma simples substância que faz parte de compostos; *simples*, isto é, sem partes». E continua dizendo: «E estas mónadas são os verdadeiros átomos da natureza; numa palavra, os elementos de todas as coisas.» \* Tal ponto de vista «fundamentalista» está em marcado contraste com a filosofia da armadilha, e é também totalmente diferente da visão do budismo Mahayana, que rejeita todas as substâncias ou entidades fundamentais. O modo fundamentalista do pensamento de Leibniz está também implícito na sua ideia de forças, que descreve como leis «formuladas por vontade divina», essencialmente distintas da matéria. «Forças e actividades», escreve ele, «não podem ser meros estados passivos de coisas como a matéria.» \*\* Novamente, isto é contrário à moderna visão da física e do misticismo oriental.

No que concerne à realidade da inter-relação entre mónadas, a maior diferença, relativamente à armadilha hadrónica, parece residir no facto de as mónadas não interactarem entre si; elas «não têm janelas», tal como diz Leibniz, são meros espelhos umas das outras. Na armadilha dos hadrões, por outro lado, tal como no budismo Mahayana, o acento é oposto na interacção, ou «interpenetração», de todas as partículas. Mais ainda, as visões de matéria da armadilha e do Mahayana são ambas «espaço-temporais», o que revela os objectos como acontecimentos cujas interpenetrações mútuas apenas podem ser compreendidas se se interpretar o tempo e o espaço como inter-relacionados.

A teoria da armadilha hadrónica está longe de estar completa e as dificuldades envolvidas na sua formulação são ainda consideráveis. Apesar de tudo, os físicos começaram já a prolongar o princípio da autoconsistência para além das interacções fortes das partículas. Tal extensão, eventualmente, terá de ir além do actual contexto da teoria de matriz S, o qual foi desenvolvido, especificamente, para a descrição das interacções fortes. Uma estrutura mais geral terá de ser encontrada, e nesta nova estrutura alguns dos conceitos, que são actualmente aceites sem explicação, terão de ser «armadilhados»; terão de ser derivados da autoconsistência do todo. De acordo com Geoffrey Chew, tal remodelação afectará a nossa concepção de espaço-tempo macroscópico e, talvez mesmo, a consciência humana:

Levado aos seus extremos lógicos, a conjectura da armadilha implica que a existência de consciência, como todos os outros aspectos da natureza, é necessária para a autoconsistência do todo. \*\*\*

Este ponto de vista está novamente em perfeita harmonia com as concepções das tradições místicas orientais, as quais sempre encararam a consciência

\* In P. P. Wiener, *op. cit.*, p. 533.

\*\* *Ibid.*, p. 161.

\*\*\* G. F. Chew, «Bootstrap: A Scientific Idea?», *op. cit.*, p. 763.

como uma parte integrante do universo. Na visão oriental, os seres humanos, como todas as outras formas de vida, são partes de um todo orgânico inseparável. A sua inteligência, portanto, implica que o todo é, também, inteligente. Os seres humanos são vistos como a prova viva da inteligência cósmica; em nós o universo mostra, repetidamente, a sua capacidade para produzir formas através das quais se torna consciente de si próprio.

Na física moderna, a questão da consciência surgiu em conexão com a observação dos fenómenos atómicos. A teoria quântica tornou claro que estes fenómenos apenas podem ser compreendidos como elos numa cadeia de processos, cujo fim se situa na consciência do observador humano \*. Nas palavras de Eugene Wigner, «não foi possível formular as leis [da teoria quântica], de uma forma completamente consistente, sem fazer referência à consciência» \*\*. A formulação pragmática da teoria quântica, usada pelos cientistas no seu trabalho, não refere, explicitamente, a consciência. Wigner, e outros cientistas, argumentaram, no entanto, que a sua inclusão explícita pode ser um aspecto essencial nas futuras teorias da matéria.

Tal desenvolvimento abriria prometedoras possibilidades para uma interacção directa entre a física e o misticismo oriental. A compreensão da nossa consciência, e a sua relação com o resto do universo, é o ponto de partida de todo o sentir místico. Os místicos orientais exploraram, através dos séculos, vários estados de consciência, e as conclusões a que chegaram são, de uma forma geral, radicalmente diferentes das do Ocidente. Se os físicos desejam realmente incluir a natureza da consciência humana nos domínios da sua pesquisa, um estudo das ideias orientais pode muito bem fornecer-lhes novos e estimulantes pontos de vista.

Assim, o futuro desenvolvimento da armadilha hadrónica, com o necessário «armadilhar» do espaço-tempo e da consciência humana, faz surgir um número de possibilidades sem precedentes que pode ir além da estrutura convencional da ciência:

*Um passo futuro desse tipo pode muito bem ser imensamente mais profundo que alguma coisa que englobe a armadilha hadrónica; seríamos obrigados a confrontar o conceito ilusório de observação e, possivelmente, o de consciência. A nossa luta corrente com a armadilha hadrónica pode assim ser apenas uma previsão de uma forma completamente nova de empreendimento intelectual humano, que se situe não apenas fora da física mas que possa ser até descrito como «não científico».* \*\*

Onde nos leva então a ideia da armadilha? A resposta a esta pergunta é naturalmente desconhecida, mas é fascinante especular acerca do seu destino

\* Ver página 115.

\*\* E. P. Wigner, *Symmetries and Reflections — Scientific Essays* (M. I. T. Press, Cambridge, Mass., 1970), p. 172.

\*\*\* G. F. Chew, «Bootstrap: A Scientific Idea?», *op. cit.*, p. 765.

último. Pode imaginar-se uma rede de futuras teorias cobrindo uma crescente gama de fenómenos naturais com uma precisão cada vez maior; uma rede que conterá cada vez menos características inexplicáveis, derivando cada vez mais a sua estrutura da consistência mútua das suas partes. Um dia alcançar-se-á um ponto em que as únicas características inexplicadas desta rede de teorias serão os elementos da estrutura científica. Para além deste ponto, a teoria será incapaz de expressar os seus resultados por palavras, ou conceitos racionais, ultrapassará, assim, o nível da ciência. Ao invés de uma teoria da armadilha da natureza, tornar-se-á numa visão da armadilha da natureza, transcendendo o âmbito do pensamento e da linguagem, conduzindo-nos para além da ciência, até ao mundo de acintya, o impensável. O conhecimento contido numa tal visão será completo, mas não pode ser expresso por palavras. Será o conhecimento que Lao Tzu tinha em mente, há mais de dois mil anos atrás, ao dizer:

*Aquele que sabe não fala,  
Aquele que fala não sabe.* \*

\* Lao Tzu, Tao Te Ching, trad. Ch'u Ta-kao (Allen & Unwin, Londres, 1970), cap. 81.

# Epílogo

As filosofias religiosas orientais ocupam-se do conhecimento místico intemporal, que se situa para além da razão e não pode ser expresso adequadamente por palavras. A relação desse tipo de conhecimento com a física moderna é apenas um dos seus múltiplos aspectos, e, tal como todos os outros, não pode ser demonstrado de forma conclusiva, tem de ser sentido de uma forma directa e intuitiva. Espero ter alcançado por isso, não uma demonstração rigorosa, mas ter transmitido ao leitor uma oportunidade de reviver, aqui e ali, uma experiência que se tornou para mim uma fonte de constante inspiração e alegria; ter clarificado que os principais modelos e teorias da física moderna levam a uma visão do mundo estruturalmente consistente e em perfeita harmonia com as visões do misticismo oriental.

Para os que sentiram esta harmonia, a relevância dos paralelos entre a visão do mundo dos físicos e dos místicos está para além de qualquer dúvida. Deste modo, a questão pertinente não é a da existência destes paralelos, mas a da sua justificação; mais ainda, quais as implicações da sua existência.

Ao tentar compreender o mistério da Vida, seguiram-se muitas vias diferentes. De entre elas existem as vias dos cientistas e dos místicos, mas existem muitas mais; os caminhos dos poetas, crianças, palhaços, xamães, para nomear apenas alguns. Estes caminhos deram origem a diferentes descrições do mundo, verbais e não verbais, que realçam aspectos distintos. Todos são válidos e úteis no contexto em que surgem. Todos eles, no entanto, são apenas descrições, ou representações, da realidade, e são, por isso, limitados. Nenhum pode dar uma imagem global do mundo.

A visão mecanicista da física clássica é útil para a descrição daquele tipo de fenómenos que encontramos no nosso quotidiano e, dessa forma, apropriada para lidar com o nosso ambiente diário, mostrando-se também muito bem sucedida como uma base para a tecnologia. Torna-se, no entanto, inadequada para uma descrição dos fenómenos físicos no domínio submicroscópico. Oposta a esta visão mecanicista do mundo está a visão dos místicos, que pode ser classificada pela palavra «orgânica», que encara todos os fenómenos do universo como partes integrantes de um todo inseparável e harmônioso. Esta visão do mundo emerge nas tradições místicas de estados de consciência meditativos. Na sua descrição do mundo, os místicos utilizam conceitos que derivam deste sentir não usual, e que são, de uma forma geral, pouco apropriados para

uma descrição científica de fenómenos macroscópicos. A visão orgânica do mundo não é vantajosa do ponto de vista da construção de máquinas, nem adequada para lidar com os problemas técnicos de um mundo superpovoado.

Assim, na vida do dia-a-dia, tanto a visão orgânica como a visão mecanicista do mundo são válidas e úteis; uma para uma vida equilibrada e espiritualmente enriquecida, e a outra para a ciência e a tecnologia. Para além das dimensões do nosso mundo quotidiano, no entanto, os conceitos mecanicistas perdem a sua validade e têm de ser substituídos por conceitos orgânicos, que são muito semelhantes aos usados pelos místicos. É este o sentir essencial da física moderna e que tem sido o assunto da nossa discussão. A física no século XX veio mostrar que os conceitos da visão orgânica do mundo, apesar de pouco valiosos para a ciência e tecnologia a uma escala humana, se tornam extremamente úteis a um nível atómico e subatómico. Assim, esta visão orgânica parece assumir um carácter fundamental relativamente à mecanicista. A física clássica, que se baseia neste último conceito, pode ser derivada da teoria quântica, enquanto que o inverso não é possível. Isto parece fornecer uma primeira indicação para a explicação do parentesco da visão da física moderna e o misticismo oriental. Ambas surgem quando se questiona a natureza essencial das coisas — nas profundezas da matéria em física; nas profundezas da consciência no misticismo — onde se descobre uma realidade diferente, sob a aparência superficial e mecanicista do quotidiano.

Os paralelos entre a visão da física e o misticismo tornam-se ainda evidentes quando recordamos as outras semelhanças que existem, apesar das diferentes aproximações tomadas. Para começar, os seus métodos são completamente empíricos. Os físicos induzem o seu conhecimento a partir da experiência; os místicos, das introspecções meditativas. Ambas são observações e em ambos os campos estas são tidas como as únicas fontes de conhecimento. O objecto observado é, naturalmente, muito diferente nos dois casos. Os místicos observam-se interiormente e exploram a sua consciência nos seus vários níveis, o que inclui o corpo como uma manifestação física da mente. O sentir do nosso corpo é, de facto, enfatizado em muitas tradições orientais, e é, frequentemente, encarado como a chave para o sentir místico do mundo. Quando somos saudáveis, não sentimos partes dissociadas no nosso corpo, estamos sim cientes dele como um todo integrado, e este conhecimento gera um sentimento de bem-estar e felicidade. De uma forma semelhante, os místicos estão conscientes da totalidade do universo, que é sentido como uma extensão do corpo. Nas palavras do Lama Govinda:

*Para o homem iluminado, cuja consciência abarca todo o universo, este torna-se o seu «corpo», enquanto que o seu corpo físico se torna numa manifestação da Mente Universal, a sua visão interior como uma expressão da mais elevada realidade, e o seu discurso como uma expressão de verdade eterna e poder mântrico.* \*

\* Lama Anagarika Govinda, *Foundations of Tibetan Mysticism* (Rider, Londres, 1973), p. 225.

Em contraste com o místico, o físico começa por inquirir acerca da natureza essencial das coisas ao estudar o mundo material. Penetrando cada vez mais nos domínios da matéria, torna-se consciente da unidade fundamental de todas as coisas e acontecimentos. Mais do que isso, aprende que ele próprio e a sua consciência são partes integrantes dessa unidade. Assim, ambos chegam a conclusão similar; um, vindo dos domínios internos, e outro, do mundo exterior. A harmonia dos seus dois pontos de vista confirma a antiga sabedoria de que Brahman, a realidade última externa, é idêntica a Atman, a realidade interna.

Uma outra semelhança entre os itinerários dos físicos e dos místicos é o facto de as suas observações terem lugar em locais inacessíveis aos sentidos normais. Na física moderna, estes são os domínios do mundo atómico e subatómico; no misticismo, são os estados de consciência invulgares, nos quais o mundo dos sentidos é transcendido. Os místicos falam frequentemente acerca da sua percepção de dimensões mais elevadas, nas quais as impressões de diferentes centros de consciência se integram num todo harmonioso. Uma situação similar existe em física, onde o formalismo a quatro dimensões do «espaço-tempo» foi desenvolvido, unificando conceitos e observações pertencentes a diferentes categorias no mundo tridimensional do quotidiano. Em ambos os campos, as experiências multidimensionais transcendem o mundo sensorial e são, por isso mesmo, quase impossíveis de comunicar em linguagem vulgar.

Vemos que os percursos do físico moderno e do místico oriental, que pareciam a princípio não relacionáveis, têm, de facto, muito em comum. Não deve, portanto, espantar o facto de existirem muitos paralelos surpreendentes nas suas descrições do mundo. Uma vez aceites estes paralelos entre a ciência ocidental e o misticismo oriental, surge um grande número de questões concernentes às suas implicações. Estará a ciência moderna, com todo o seu sofisticado equipamento, a redescobrir, meramente, a antiga sabedoria, conhecida dos sábios orientais há milénios? Deverão os físicos, portanto, abandonar o método científico e começar a meditar? Ou poderá existir uma influência mútua entre a ciência e o misticismo, talvez até uma síntese?

Penso que todas estas perguntas têm de ser negativamente respondidas. Vejo a ciência e o misticismo como duas manifestações complementares da mente humana, das suas faculdades intuitivas e racionais. O físico moderno sente o mundo através de uma especialização externa da mente racional; o místico através de uma especialização da mente intuitiva. Os pontos de vista são completamente diferentes, e envolvem muito mais do que uma determinada visão do mundo. No entanto, eles são complementares, como é comum dizer-se em física. Nenhum está compreendido no outro, nem nenhum pode ser reduzido ao outro, são ambos necessários, complementares um do outro para um conhecimento pleno do mundo. Parafraseando um antigo ditado chinês, os místicos compreenderam as raízes de Tao, mas não os seus ramos; os cientistas compreendem os ramos, mas não as raízes. A ciência não necessita do misticismo, e este não necessita da ciência; mas todos precisam de ambos. O sentir místico é necessário para compreender a mais profunda natureza das coisas, e a ciência é essencial

para a vida moderna. O que necessitamos, portanto, não é de uma síntese, mas sim de um relacionamento dinâmico entre a intuição mística e a análise científica.

Até agora isto não foi alcançado na nossa sociedade. Presentemente, a nossa atitude é demasiado *yang* — para usar novamente a simbologia chinesa —, demasiado racional, masculina e agressiva. Os cientistas são, eles próprios, um exemplo eloquente. Apesar de as suas teorias estarem a conduzir a uma visão do mundo que é similar à dos místicos, é espantoso como isso pouco alterou as suas atitudes. No misticismo, o conhecimento não pode estar dissociado de um certo modo de vida, que se torna a sua manifestação viva. Adquirir conhecimento místico significa empreender uma transformação; pode até dizer-se que o conhecimento é a transformação. O conhecimento científico, por outro lado, pode frequentemente permanecer abstracto e teórico. Assim, a maioria dos físicos parece não se aperceber das implicações filosóficas, culturais e espirituais das suas teorias. Muitos deles apoiam activamente uma sociedade que se baseia numa visão mecanicista do mundo, fragmentada, sem se aperceberem que a ciência aponta para além dessa visão, na direcção de uma unidade do universo que inclui, não só o nosso ambiente natural, como também todos os seres humanos. Acredito que a visão do mundo transmitida pela física moderna é inconsistente com a nossa sociedade actual, que não reflecte a inter-relação que observamos na natureza. Para alcançar um tal estado de equilíbrio dinâmico, é necessária uma estrutura económica e social radicalmente diferente; uma revolução cultural no verdadeiro sentido da palavra. A sobrevivência de toda a nossa civilização pode depender de sermos capazes de originar uma tal mudança. Dependerá, em última análise, da nossa capacidade de adopção de algumas atitudes *yin* do misticismo oriental; do sentir da totalidade da natureza e da arte de viver em harmonia.

# Posfácio à segunda edição

## A nova física revisitada

Desde a primeira publicação de *O Tao da Física* tem havido consideráveis progressos nas várias áreas da física subatómica. Como afirmei no prefácio desta edição, os novos desenvolvimentos não invalidaram, de forma nenhuma, os paralelos com o pensamento oriental, vieram antes reforçá-los. Neste Posfácio gostaria de discutir os resultados mais relevantes da nova pesquisa, na física atómica e subatómica, até ao Verão de 1982.

Um dos paralelos mais fortes com o misticismo oriental tem sido o de os constituintes da matéria e os fenómenos básicos envolvidos estarem interligados; o de não poderem ser compreendidos como entidades isoladas mas apenas como partes integrantes de um todo unificado. A noção de uma «interconexão quântica» básica, que discuti com algum detalhe no capítulo 10, foi enfatizada por Bohr e Heisenberg ao longo da história da teoria quântica. Tem, no entanto, recebido uma renovada atenção durante as duas últimas décadas, durante as quais os físicos se aperceberam de que o universo pode, de facto, estar interligado de uma forma muito mais subtil do que se poderia pensar. O novo tipo de interconexão que emergiu recentemente não reforça apenas as similitudes entre os pontos de vista da física e os do misticismo; faz surgir também a intrigante possibilidade de ser possível relacionar a física subatómica com a psicologia de Jung e, talvez mesmo, com a parapsicologia; e lança uma nova luz no papel fundamental das probabilidades na física quântica.

Na física clássica, o conceito de probabilidade é empregue sempre que os detalhes envolvidos num acontecimento são desconhecidos. Por exemplo, quando lançamos um dado poderíamos — em princípio — predizer o resultado se tivéssemos conhecimento de todos os detalhes mecânicos envolvidos na operação: a composição exacta do dado, a superfície sobre a qual ele cai, e por aí fora. Estes detalhes tomam a designação de variáveis locais porque estão intimamente relacionados com os objectos envolvidos. Na física subatómica, as variáveis locais são representadas por conexões, sinais — partículas e redes de partículas — entre acontecimentos separados espacialmente que respeitam as leis dessa separação espacial. Por exemplo, nenhum sinal pode deslocar-se mais depressa que a velocidade da luz. Mas, para além destas ligações locais, surgiram recentemente outras não locais; conexões que são instantâneas e que não podem ser preeditas, presentemente, de uma forma precisa, matemática.

Estas ligações não locais são vistas por alguns físicos como a própria essência da realidade quântica. Na teoria quântica, acontecimentos individuais nem sempre aparecem ter uma causa bem definida. Por exemplo, o salto de um electrão de uma órbita para outra, ou o decaimento de uma partícula subatómica podem ocorrer espontaneamente, sem que haja qualquer tipo de acontecimentos que possa causar tal fenômeno. Nunca podemos prever quando ou como tal fenômeno se vai desenrolar; apenas podemos prever a sua probabilidade de ocorrência. Isto não significa que os acontecimentos atómicos ocorram de uma forma completamente arbitrária; apenas significa que não são causadas por efeitos locais. O comportamento de qualquer das partes é determinado pelas ligações não locais com o todo, e como não conhecemos estas ligações com precisão, temos de substituir o restrito conceito clássico de causa e efeito pelo conceito mais amplo de causalidade estatística. As leis da física atómica são leis estatísticas, as quais ditam as probabilidades dos acontecimentos atómicos de acordo com a dinâmica de todo o sistema. Enquanto que na física clássica as propriedades e o comportamento das partes determinam o todo, a situação inverte-se na física quântica: é o todo que determina o comportamento das partes.

A noção de probabilidade, então, é usada na física clássica e quântica por razões semelhantes. Em ambos os casos existem variáveis «ocultas», desconhecidas para nós, e esta ignorância impede-nos de formular previsões exactas. Existe, no entanto, uma diferença crucial. Enquanto que as variáveis ocultas são, na física clássica, mecanismos locais, as da física quântica são não locais; são conexões instantâneas com o universo como um todo. No dia-a-dia, as ligações não locais macroscópicas não têm muita importância e, por esse motivo, podemos referir-nos a objectos distintos e formular leis que descrevem o seu comportamento em termos de certezas. Mas, à medida que lidamos com dimensões cada vez menores, a influência de ligações não locais torna-se cada vez mais importante, as certezas dão lugar a probabilidades, torna-se muito mais difícil separar qualquer parte do universo do todo.

A existência de ligações não locais e o resultante papel fundamental das probabilidades de ocorrência foi algo que Einstein nunca pôde aceitar. Foi este o assunto do seu histórico debate com Bohr nos anos 20, no qual Einstein expressava a sua posição à interpretação de Bohr da teoria quântica na sua famosa metáfora, «Deus não joga aos dados» \*. No final desse debate, Einstein teve de admitir que a teoria quântica, como interpretada por Bohr e Heisenberg, formava um sistema de pensamento consistente, mas permaneceu convencido que uma interpretação determinista, em termos de variáveis locais ocultas, seria descoberta no tempo vindouro.

A essência do desacordo de Einstein com Bohr era a sua forte crença numa qualquer realidade externa, constituída por elementos independentes

\* Ver P. A. Schilpp (ed.), *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*.

separados espacialmente. Na sua tentativa de mostrar que a interpretação de Bohr da teoria quântica era inconsistente, Einstein formulou uma experiência imaginária que se tornou conhecida como a experiência de Einstein-Podolsky-Rosen (EPR) \*. Três décadas depois, John Bell formulou um teorema, baseado na experiência EPR, que prova que a existência de variáveis locais ocultas é inconsistente com as previsões estatísticas da teoria quântica \*\*. O teorema de Bell desferiu um golpe na posição de Einstein, ao mostrar que a concepção da realidade como constituída por partes separadas, ligadas por conexões locais, é incompatível com a teoria quântica.

Em anos recentes, a experiência EPR foi repetidamente discutida e analisada por físicos interessados na interpretação da teoria quântica, porque esta é ideal para mostrar a diferença entre conceitos quânticos e clássicos. \*\*\* Para o fim que temos em vista, ser-nos-á suficiente conhecermos uma versão simplificada da experiência, envolvendo dois electrões, baseada na comprehensiva discussão dada por David Bohm \*\*\*\*. Para nos apercebermos da essência da situação é necessário compreender algumas propriedades do spin dos electrões. A imagem clássica de uma bola de ténis em rotação não é totalmente adequada para a descrição de uma partícula subatómica. De uma certa forma, o spin de uma partícula é uma rotação em torno do eixo da própria partícula mas, como é costume na física subatómica, este conceito clássico é limitado. No caso do electrão, o spin está restringido a dois valores: a grandeza do spin é sempre a mesma, mas o electrão pode rodar num sentido ou noutro, no sentido dos ponteiros do relógio ou no sentido inverso, para um determinado eixo de rotação. Os físicos denominam usualmente estes dois valores por spin para «cima» ou spin para «baixo».

A propriedade crucial de um electrão em rotação, o que não pode ser entendido em termos clássicos, é o facto de o seu eixo de rotação não poder ser sempre definido com precisão. Tal como os electrões mostram tendência para existir em determinados locais, eles também mostram tendência para rodarem em torno de certos eixos. No entanto, sempre que é feita uma medição para um desses eixos, o electrão será encontrado a rodar num ou noutro sentido. Por outras palavras, o acto de quantificação atribui à partícula um eixo de rotação bem definido, mas antes de se efectuar essa quantificação não se pode afirmar que a rotação se faz em torno de um determinado eixo; o electrão apenas tem uma certa tendência, ou potencialidade, de o fazer.

Com estes conhecimentos acerca da rotação do electrão podemos então agora examinar a experiência EPR e o teorema de Bell. A experiência envolve dois electrões que rodam em sentidos opostos, de tal forma que o spin total é nulo. Existem vários métodos experimentais que permitem colocar dois

\* Ver D. Bohm, *Quantum Theory* (Prentice-Hall, Nova Iorque, 1951), pp. 614 e seguintes.

\*\* Ver H. P. Stapp, *op. cit.*

\*\*\* Ver, por exemplo, B. d'Espagnat, «The Quantum Theory and Reality», *Scientific American* (Novembro, 1979).

\*\*\*\* D. Bohm, *Quantum Theory*, pp. 614 e seguintes.

*electrões em tal estado, no qual o spin de cada partícula pode ser conhecido com precisão, sendo o spin combinado dos dois electrões definitivamente zero. Suponhamos agora que, por algum processo, se consegue separar estas duas partículas sem, no entanto, afetar o seu estado de rotação. Mesmo ao se afastarem em direcções opostas, o seu spin, tomado como um todo, continua a ser nulo e, uma vez que estejam separados por uma grande distância, mede-se o spin de cada partícula. Um aspecto importante da experiência é o facto de a distância entre as duas partículas poder ser arbitrariamente grande; uma partícula pode estar em Nova Iorque e a outra em Paris, ou então, uma na Terra e outra na Lua.*

*Suponhamos agora que o spin da partícula 1 é medido ao longo de um eixo vertical e se descobre que a sua orientação é para «cima». Como o conjunto do spin das partículas é nulo, esta medição indica-nos que o spin da partícula 2 deve ser para «baixo». Assim, ao medirmos o spin da partícula 1 estamos a quantificar indirectamente o spin da partícula 2 sem a perturbarmos de qualquer forma. O aspecto paradoxal da experiência EPR reside no facto de o observador poder escolher qual o eixo de medição. A teoria quântica diz-nos que os spins de dois electrões, relativamente a qualquer eixo, serão sempre opostos, mas que tal resultado existirá apenas como uma tendência, ou potencialidade, antes de se efectuar alguma medição. Uma vez escolhido, pelo observador, um eixo concreto e efectuada a medição do spin, estará a ser fornecido às partículas um eixo de rotação definido. O ponto crucial é o de se poder escolher o eixo ao longo do qual se efectua a medição quando os electrões já se encontram bastante afastados, no último momento. No instante em que se efectua a quantificação sobre a partícula 1, a partícula 2, que se encontra a milhares de quilómetros de distância, adquirirá um spin definido ao longo do eixo escolhido. Como é que a partícula 2 soube qual o eixo escolhido para a medição? Não houve tempo para a transmissão desse tipo de informação através de um sinal convencional.*

*É este o ponto capital da experiência EPR, e é aqui que Einstein discorria de Bohr. De acordo com Einstein, como não há qualquer sinal que possa deslocar-se mais rapidamente que a velocidade da luz, é impossível que a medição efectuada na partícula 1 vá determinar, instantaneamente, a direcção do spin da outra partícula, que se encontra a uma enorme distância. De acordo com Bohr, o sistema constituído pelas duas partículas é um todo indivisível, mesmo que estas se encontrem separadas por uma grande distância: o sistema não pode ser analisado em termos de partes independentes. Apesar de os electrões se encontrarem espacialmente afastados, eles estão, mesmo assim, ligados por conexões instantâneas, não locais. Estas conexões não são sinais no sentido de Einstein; transcendem a nossa noção convencional de transferência de informação. O teorema de Bell apoia a posição de Bohr e prova com rigor que a realidade de Einstein, constituída por elementos independentes, separados no espaço, é incompatível com a teoria quântica. Por outras palavras, o teorema de Bell demonstra que o universo é, fundamentalmente, interconexo, interdependente e inseparável. Tal como afirmou, há centenas de anos, o sábio*

budista Nagarjuna: \*

As coisas derivam a sua existência e natureza da dependência mútua e não são nada por si próprias.

*A pesquisa actual na física tem como objectivo a unificação destas duas teorias básicas, a teoria quântica e a da relatividade, numa teoria completa das partículas subatómicas. Não foi ainda possível a formulação de uma tal teoria completa, mas sim algumas teorias e modelos parciais, que descrevem com grande clareza alguns fenómenos subatómicos. Actualmente, existem dois tipos distintos de teorias «quântico-relativistas» na física das partículas, que têm sucesso em duas áreas distintas. A primeira é um grupo de teorias de campo quânticas (ver capítulo 14) que se aplicam às interacções fracas e electromagnéticas; a segunda é a teoria conhecida pelo nome de matriz S (ver capítulo 17) que tem tido bons resultados na descrição das interacções fortes. Um grande problema, que ainda não está resolvido, é o da unificação da teoria quântica com a teoria geral da relatividade numa teoria quântica da gravidade. Apesar dos recentes desenvolvimentos em teorias de «supergravidade»\*\* poderem representar um passo na resolução deste problema, ainda não foi encontrada uma resposta totalmente satisfatória.*

*As teorias de campo quânticas, descritas em detalhe no capítulo 14, baseiam-se no conceito de campo quântico, uma entidade fundamental que pode existir de uma forma contínua, como um campo, e de uma forma descontínua, como partícula, sendo associadas a diferentes campos diferentes partículas. Estas teorias substituíram a noção de partículas como objectos fundamentais pela noção muito mais subtil de campos quânticos. Apesar de tudo, elas lidam com entidades fundamentais e são, numa determinada perspectiva, teorias semi-clássicas que não revelam a natureza quântico-relativista da matéria subatómica até aos seus extremos.*

*A electrodinâmica quântica, a primeira das teorias de campo quânticas, deve o seu sucesso ao facto de as interacções electromagnéticas serem muito fracas, e poder assim manter-se, até certa medida, a distinção clássica entre matéria e forças de interacção \*\*\*.*

*O mesmo se passa com as teorias de campo que lidam com as interacções fracas. De facto, esta semelhança entre interacções electromagnéticas e fracas foi recentemente salientada pelo desenvolvimento de um novo tipo de teorias de campo quânticas, que tornaram possível unificar ambas as interacções. Na teoria*

---

\* Ver página 114.

\*\* Ver D. Z. Freedman, P. van Nieuwenhuizen, «Supergravity and the Unification of the Laws of Physics», *Scientific American* (Abril, 1981).

\*\*\* Em termos técnicos, isto significa que a constante de acoplamento electromagnética é tão pequena que uma expansão em termos de perturbações é uma aproximação excelente.

resultante — conhecida como teoria de Weinberg-Salam, devido aos seus dois criadores — as duas interacções permanecem distintas, mas tornam-se matematicamente idênticas, e são referidas, colectivamente, como interacções «electrofracas» \*.

Esta aproximação foi também estendida à interacção forte, com o desenvolvimento de uma teoria de campo designada por cromodinâmica quântica (CDQ), e muitos físicos tentam agora alcançar uma grande unificação entre a CDQ e a teoria de Weinberg-Salam \*\*.

No entanto, o uso deste tipo de teorias para a descrição de interacções fortes entre partículas é muito problemático. As interacções entre hadrões são tão fortes que a distinção existente entre partículas e forças se torna confusa e, consequentemente, a CDQ não tem alcançado muito sucesso neste tipo de processos. Funciona apenas para alguns fenómenos muito especiais — os designados por processos de dispersão «fortemente inelásticos» — nos quais as partículas se comportam, por razões ainda não bem compreendidas, como objectos, de alguma forma, clássicos. Apesar dos grandes esforços despendidos, os físicos não conseguiram aplicar a CDQ para além deste limitado campo de fenómenos, e o seu papel inicial de estrutura teórica, capaz de fornecer as propriedades de partículas interactuando fortemente, não foi ainda atingido \*\*\*.

A cromodinâmica quântica representa a actual formulação matemática do modelo de quarks (ver capítulo 16), estando os campos associados com os quarks, e o «cromo» referido às propriedades de cor atribuídas a esses campos. Cronologicamente, a CDQ surgiu após a electrodinâmica quântica (EDQ). Enquanto que na EDQ as interacções electromagnéticas são medidas pela troca de fotões entre as partículas carregadas, na CDQ as interacções fortes são-no pela troca de «gluões» \*\*\*\* entre os quarks coloridos. Estas não são partículas reais mas uma espécie de quanta que «cola» os quarks ao formarem mesões e bariões \*\*\*\*\*.

Durante a última década, o modelo de quarks necessitou de ser consideravelmente expandido e refinado, à medida que se descobria uma enorme quantidade de novas partículas, em colisões experimentais com energias cada vez maiores. Tal como foi descrito no capítulo 16, a cada um dos três quarks postulados originalmente, e designados por «cima», «baixo» e «estranho», foi atribuída uma cor, surgindo posteriormente um quarto, também em três cores diferentes, designado por charme. Recentemente, dois novos sabores foram

\* Ver G. 't Hooft, «Gauge Theories of the Forces between Elementary Particles», *Scientific American* (Junho, 1980).

\*\* Ver H. Georgi, «A Unified Theory of Elementary Particles and Forces», *Scientific American* (Abril, 1981).

\*\*\* Para uma perspectiva técnica dos êxitos e limitações da CDQ, ver T. Appelquist, R. M. Barnett, K. Lane, «Charm and Beyond», *Annual Review of Nuclear and Particle Science* (1978).

\*\*\*\* Originariamente da palavra inglesa *glue* — cola (N. do T.).

\*\*\*\*\* Para uma perspectiva recente e mais detalhada da CDQ e do modelo de quarks, ver H. Georgi, *op. cit.*

aditados ao modelo, designados por *t* e *b*, para «topo» e «fundo» (ou, mais poeticamente, «verdadeiro» e «belo») \*, o que eleva o número total de quarks para dezoito — seis sabores e três cores. Alguns físicos, não surpreendentemente, acham este grande número de blocos de construção fundamentais pouco atrativo e começam a sugerir que chegou o tempo para pensar mais pequeno, constituintes «verdadeiramente elementares» a partir dos quais seriam feitos os quarks...

Enquanto decorre toda esta teorização e construção de modelos, os experimentadores procuram formas que possibilitem detectar quarks livres, sem qualquer sucesso, e esta ausência persistente tem sido a grande dificuldade do modelo dos quarks. Na estrutura da CDQ foi atribuído a este fenómeno a designação de confinamento dos quarks; isto quer dizer que, por alguma razão, os quarks parecem estar permanentemente confinados no interior dos hadrões, não podendo, por este motivo, ser observados. Foram já propostos vários mecanismos que pretendem explicar esta situação, mas até agora não foi ainda encontrada uma teoria consistente.

É este, pois, o estado actual do modelo de quarks: de modo a poder apresentar uma explicação para o espectro de estruturas hadrónicas observadas, parecem ser necessários, pelo menos, dezoito quarks e oito gluões; nenhuma destas partículas foi ainda observada em estado livre, e a sua existência como constituintes físicos dos hadrões implica séries dificuldades teóricas; foram propostos vários mecanismos para explicar o seu confinamento permanente, mas nenhum representa uma teoria satisfatória e dinâmica, enquanto que a CDQ, a estrutura teórica do modelo dos quarks, apenas pode ser aplicada a um pequeno número de fenómenos. E, no entanto, apesar de todas estas dificuldades, a maioria dos físicos ainda segue esta ideia dos blocos básicos de construção da matéria, profundamente enraizada na nossa tradição científica ocidental.

Os desenvolvimentos mais impressionantes na física das partículas tiveram talvez lugar com a recente teoria da matriz *S*, e com a aproximação da armadilha (ver os capítulos 17 e 18), as quais não aceitam quaisquer entidades fundamentais, tentando sim compreender a natureza através da sua autoconsistência. Tornei claro neste livro que considero a filosofia da armadilha como o culminar do pensamento científico actual, e realcei também que é o que mais se aproxima do pensamento oriental, tanto na sua filosofia geral como na sua visão específica da natureza. Simultaneamente, estas teorias são uma aproximação física deveras complicada, sendo actualmente apenas seguidas por uma minoria de físicos. Para muitos membros da comunidade física, a filosofia da armadilha é demasiado estranha às formas tradicionais de pensamento, e esta subvalorização estende-se também à teoria de matriz *S*. É curioso, e bastante significativo, que apesar de os conceitos básicos da teoria serem usados pela maioria dos físicos na análise dos resultados de experiências de colisões e nas comparações com as previsões teóricas nem

\* As designações atribuídas aos quarks perdem o seu significado quando traduzidas. Assim, *t* e *b* correspondem, em inglês, a *top* e *bottom*, tal como as formas poéticas *true* e *beautiful* (*N. do T.*).

um único prémio Nobel tenha sido atribuído aos notáveis físicos que contribuíram para o desenvolvimento da teoria da matriz S, durante as duas últimas décadas.

O maior desafio colocado à teoria de matriz S e à teoria da armadilha tem sido o de explicar o modelo de quarks das partículas subatómicas. Apesar do nosso actual nível de conhecimentos acerca do mundo das partículas excluir a existência dos quarks como partículas físicas, não há dúvida que os hadrões exibem simetrias relativamente aos quarks, as quais terão de ser explicadas por alguma teoria de interacção forte. Ainda recentemente a aproximação da armadilha não conseguia explicar estas surpreendentes regularidades, mas durante os últimos seis anos um importante passo nessa direcção foi dado pela teoria de matriz S. Tal facto resultou numa teoria de armadilha das partículas que possibilita o enquadramento da estrutura de quarks observada sem que haja necessidade de postular a sua existência física. Mais ainda, esta nova teoria da armadilha vem eliminar um grande número de questões não explicadas anteriormente \*.

Para compreender a essência deste novo desenvolvimento, torna-se necessário clarificar o significado da estrutura de quarks no contexto da teoria de matriz S. Enquanto que no modelo de quarks as partículas são tidas, essencialmente, como bolas de bilhar contendo bolas de bilhar ainda mais pequenas, a aproximação da matriz S, sendo inteiramente dinâmica, vê as partículas como padrões de energia inter-relacionados num processo universal sempre em curso, como correlações, ou interconexões, entre partes de uma rede cósmica inseparável. Numa tal estrutura, o termo «estrutura de quarks» refere-se ao facto de a transferência de energia e o fluir de informação nesta rede de acontecimentos se processar ao longo de linhas bem definidas, produzindo a triade associada com os mesões, e a triade associada com os bariões. Esta é o equivalente dinâmico da afirmação que os hadrões são constituídos por quarks. Na teoria de matriz S não existem partes distintas nem blocos de construção básicos; existe apenas um fluir de energia que exibe um certo número de padrões bem definidos.

A questão é então: como surgem as estruturas de quarks? O elemento chave da nova teoria da armadilha é a noção de ordem como um novo e importante aspecto da física das partículas. Ordem, neste contexto, significa ordenação na interconexão dos processos subatómicos. Existem várias formas pelas quais as reacções de partículas se podem inter-relacionar e, consequentemente, podem definir-se várias categorias de ordem. A linguagem da topologia — bem conhecida dos matemáticos, mas nunca aplicada anteriormente à física das partículas — é usada na classificação destas categorias de ordem. Quando este conceito de ordem é incorporado na estrutura matemática da teoria de matriz S, apenas umas quantas categorias de relações ordenadas surgem como compatíveis com as propriedades desta teoria. Estas categorias são precisamente os padrões de quarks observados na natureza. Assim, a estrutura de quarks surge como uma manifestação de ordem e uma consequência necessária da autoconsistência, sem que haja necessidade de

\* Ver F. Capra, «Quark Physics Without Quarks», *American Journal of Physics*; «Bootstrap Theory of Particles», *Re-Vision* (Outono/Inverno, 1981).

*postular os quarks como constituintes físicos dos hadrões. O surgimento da ordem como um novo e importante conceito na física das partículas levou, não só a um importante desenvolvimento da teoria de matriz S, como também pode ter uma enorme influência na ciência como um todo. Presentemente, o significado de ordem na física das partículas é ainda algo de misterioso e não totalmente explorado. É curioso notar, no entanto, que tal como os três princípios da matriz S\*, a noção de ordem tem um papel básico na aproximação científica da realidade, e é um aspecto crucial dos nossos métodos de observação. A capacidade de reconhecer a ordem parece ser um aspecto essencial da mente racional; a percepção de um padrão é, de certa forma, a percepção de ordem. A clarificação do conceito de ordem num campo de pesquisa, onde padrões de matéria e padrões mentais são tidos cada vez mais como reflexos uns dos outros, promete a abertura de novas vias de conhecimento.*

*De acordo com Geoffrey Chew, que está na origem da ideia de armadilha e tem sido o catalisador e líder filosófico da teoria de matriz S nas duas últimas décadas, a extensão do alcance da armadilha para além da descrição dos hadrões pode levar à possibilidade nunca antes considerada da inclusão explícita do estudo da consciência humana nas futuras teorias da matéria. «Um tal passo», escreve Chew, «seria imensamente mais profundo que alguma coisa abrangida pela armadilha hadrónica... A nossa luta actual com a armadilha hadrónica pode assim ser apenas a previsão de uma forma completamente nova de empreendimento intelectual humano.» \*\**

*Desde a escrita destas palavras, há cerca de quinze anos, os novos desenvolvimentos da teoria de matriz S aproximaram Chew cada vez mais de lidar explicitamente com a consciência. De facto, não é apenas ele o único físico que se move nessa direcção. Na pesquisa mais recente, um dos desenvolvimentos mais excitantes foi a nova teoria proposta por David Bohm, que foi talvez mais longe que qualquer outro no estudo da relação entre consciência e matéria num contexto científico. A aproximação de Bohm é muito mais geral e ambiciosa que a actual teoria de matriz S, e pode ser vista como uma tentativa de «armadilhar» o espaço-tempo, conjuntamente com alguns conceitos fundamentais da teoria quântica, por forma a derivar uma consistente teoria quântico-relativista da matéria \*\*\*.*

*O ponto de partida de Bohm, tal como indiquei no capítulo 10, é a noção de «tudo inquebrável», e encara as ligações não locais, exemplificadas pela experiência EPR, como um aspecto essencial desse todo. As ligações não locais surgem agora como a fonte da formulação estatística das leis da física quântica, mas Bohm quer ir além da noção de probabilidade e explorar a ordem que crê ser inerente a uma rede cósmica de relações a um nível mais profundo. «não manifestável». Designa isto por uma ordem «implícita», ou «entretecida», na qual as interconexões*

\* Ver página 215.

\*\* Ver página 234.

\*\*\* D. Bohm, *Wholeness and the Implicate Order* (Routledge & Kegan Paul, Londres, 1980).

do todo nada têm a ver com a localização no espaço e no tempo, exibindo uma característica completamente diferente — a de envolvimento.

Bohm usa o holograma como analogia para esta ordem implícita, porque cada uma das suas partes, de uma certa forma, contém o todo \*. Se iluminarmos apenas uma parte de um holograma, surgirá a imagem completa, embora com um detalhe menor que o conseguido no holograma completo.

Bohm comprehende, evidentemente, que a analogia do holograma é demasiado limitada para que possa ser empregue como modelo científico da ordem implícita ao nível subatómico; para expressar a natureza essencialmente dinâmica da realidade a este nível, forjou o termo «holomovimento» como designação para estas entidades. O holomovimento, do ponto de vista de Bohm, é um fenómeno dinâmico a partir do qual fluem todas as formas materiais do universo. O objectivo da sua aproximação é o de estudar a ordem entrelacada neste holomovimento, não pela estrutura dos objectos, mas pela estrutura do movimento, tendo assim em conta tanto a unidade como a natureza dinâmica do universo.

De acordo com Bohm, o espaço e o tempo emergem do holomovimento como formas, estando elas também implícitas na sua ordem. Bohm crê que a compreensão dessa ordem levará não só a um melhor conhecimento da probabilidade na física quântica, como também tornará possível derivar as propriedades básicas do espaço-tempo relativista. Assim, a teoria da ordem implícita deverá fornecer uma base comum para a teoria quântica e relativista. Com o fim de compreender esta ordem, Bohm achou necessário encarar a consciência como uma característica essencial do holomovimento, a qual deve ser explicitamente incorporada na sua teorização. Ele encara a matéria e a mente como interdependentes e correlacionadas, mas não de uma forma causal. São projecções mutuamente envolventes de uma realidade mais elevada, que não é nem matéria nem consciência. Presentemente, a teoria de Bohm está ainda num estado pouco desenvolvido e, apesar de estar a desenvolver um formalismo matemático que envolve matrizes e topologia, muitas das suas afirmações são de ordem qualitativa, em vez de quantitativa. No entanto, parece existir uma intrigante afinidade, mesmo neste estado preliminar, entre a sua teoria da ordem implícita e a teoria da armadilha de Chew. Ambas as aproximações baseiam-se na mesma visão do mundo como uma teia dinâmica de relações: ambas atribuem um papel primordial à noção de ordem; ambas empregam matrizes para a representação da mudança e transformação, bem como a topologia para a classificação das ordens. Por fim, ambas as aproximações reconhecem que a consciência pode ser um aspecto essencial do universo, que terá necessariamente de ser incluída numa futura teoria dos fenômenos físicos. Tal futura teoria poderá surgir pela fusão das teorias de Bohm e Chew, as quais representam duas das mais profundas e imaginativas aproximações da realidade física.

\* A holografia é uma técnica fotográfica que não faz uso de lentes, baseando-se nas propriedades de interferência das ondas luminosas. A fotografia resultante é denominada um «holograma»; ver R. J. Collier, «Holography and Integral Photography», Physics Today (Julho, 1968).

# Bibliografia

- H. Alfvén, *Worlds-Antiworlds* (W. H. Freeman, São Francisco, 1966).
- Ashvaghosha, *The Awakening of Faith*, trad. D. T. Suzuki (Open Court, Chicago, 1900).
- S. Aurobindo, *The Synthesis of Yoga* (Aurobindo Ashram, Pondicherry, Índia, 1957).  
*On Yoga II* (Aurobindo Ashram, Pondicherry, Índia, 1958).
- D. Bohm, B. Hiley, «On the Intuitive Understanding of Nonlocality as Implied by Quantum Theory», *Foundations of Physics*, vol. 5 (1975).
- N. Bohr, *Atomic Physics and Human Knowledge* (John Wiley & Sons, Nova Iorque, 1958).  
*Atomic Physics and the Description of Nature* (Cambridge University Press, Londres, 1934).
- M. Čapek, *The Philosophical Impact of Contemporary Physics* (D. Van Nostrand, Princeton, Nova Jérsia, 1961).
- C. Castaneda, *The Teachings of Don Juan* (Penguin Books, Inglaterra, 1970).  
*A Separate Reality* (Bodley Head, Londres, 1971).  
*Journey to Ixalan* (Bodley Head, Londres, 1973).  
*Tales of Power* (Simon and Schuster, Nova Iorque, 1974).
- G. F. Chew, «Bootstrap: A Scientific Idea?», *Science*, vol. 161 (Maio, 23, 1968), pp. 762-765.  
«Hadron Bootstrap: Triumph or Frustration?», *Physics Today*, vol. 23 (Outubro, 1970), pp. 23-28.  
«Impasse for the Elementary Particle Concept», *The Great Ideas Today* (William Benton, Chicago, 1974).
- G. F. Chew, M. Gell-Mann, A. H. Rosenfeld, «Strongly Interacting Particles», *Scientific American*, vol. 210 (Fevereiro, 1964), pp. 74-83.
- Chuang Tzu, trad. James Legge, composto por Clae Waltham (Ace Books, Nova Iorque, 1971).
- Chuang Tzu, *Inner Chapters*, trad. Gia-Fu Feng e Jane English (Wildwood House, Londres, 1974).
- A. K. Coomaraswamy, *Hinduism and Buddhism* (Philosophical Library, Nova Iorque, 1943).  
*The Dance of Shiva* (The Noonday Press, Nova Iorque, 1969).
- M. P. Crosland (ed.), *The Science of Matter* (History of Science Readings, Penguin Books, Inglaterra, 1971).

- A. David-Neel, *Tibetan Journey* (John Lane The Bodley Head, Londres, 1936).
- A. Einstein, *Essays in Science* (Philosophical Library, Nova Iorque, 1934).  
*Out of My Later Years* (Philosophical Library, Nova Iorque, 1950).
- A. Einstein et al., *The Principle of Relativity* (Dover Publications, Nova Iorque, 1923).
- C. Eliot, *Japanese Buddhism* (Routledge & Kegan Paul, Londres, 1959).
- R. P. Feynman, R. B. Leighton, M. Sands, *The Feynman Lectures on Physics* (Addison-Wesley, Reading, Mass, 1966).
- K. W. Ford, *The World of Elementary Particles* (Blaisdell, Nova Iorque, 1965).
- Fung Yu-Lan, *A Short History of Chinese Philosophy* (Macmillan, Nova Iorque, 1958).
- G. Gale, «Chew's Monadology», *Journal of History of Ideas*, vol. 35 (Abril-Junho), pp. 339-48.
- Lama Anagarika Govinda, *Foundations of Tibetan Mysticism* (Rider, Londres, 1973).  
«Logic and Symbol in the Multi-Dimensional Conception of the Universe», *The Middle Way* (Buddhist Society, London), vol. 36 (Fevereiro, 1962), pp. 151-5.
- W. K. Guthrie, *A History of Greek Philosophy* (Cambridge University Press, Londres, 1969).
- W. Heisenberg, *Physics and Philosophy* (Allen & Unwin, Londres, 1963).  
*Physics and Beyond* (Allen & Unwin, Londres, 1971).
- E. Herrigel, *Zen in the Art of Archery* (Vintage Books, Nova Iorque, 1971).
- F. Hoyle, *The Nature of the Universe* (Penguin Books, Inglaterra, 1965).  
*Frontiers of Astronomy* (Heinemann, Londres, 1970).
- R. E. Hume, *The Thirteen Principal Upanishads* (Oxford University Press, Londres, 1934).
- W. James, *The Varieties of Religious Experience* (Fontana, Londres, 1971).
- J. Jeans, *The Growth of Physical Science* (Cambridge University Press, Londres, 1951).
- P. Kapleau, *Three Pillars of Zen* (Beacon Press, Boston, 1967).
- J. Kennett, *Selling Water by the River* (Vintage Books, Nova Iorque, 1972).
- G. Keynes (ed.), *Blake Complete Writings* (Oxford University Press, Londres, 1969).
- G. S. Kirk, *Heraclitus — The Cosmic Fragments* (Cambridge University Press, Londres, 1970).
- A. Korzybski, *Science and Sanity* (The International Non-Aristotelian Library, Conn., E.U.A., 1958).
- J. Krishnamurti, *Freedom from the Known*, editado por Mary Lutyens (Gollancz, Londres, 1969).
- Kuan-Tzu, trad. W.A. Rickett (Hong Kong University Press, 1965).
- Lao Tzu, *Tao Te Ching*, trad. Ch'u Ta-Kao (Allen & Unwin, Londres, 1970).  
*Tao Te Ching*, trad. Gia-Fu Feng e Jane English (Wildwood House, Londres, 1972).

- T. Leggett, *A First Zen Reader* (C. E. Tuttle, Rutland, Vermonte, 1972).
- A. C. B. Lovell, *The Individual and the Universe* (Oxford University Press, Londres, 1958).
- Our Present Knowledge of the Universe* (Manchester University Press, 1967).
- Maharishi Mahesh Yogi, *Bhagavad Gita*, Capítulos 1-6, trad. e comentários (Penguin Books, Inglaterra, 1973).
- J. Mascaro, *The Bhagavad Gita* (Penguin Books, Inglaterra, 1970).
- Tha Dhammapada* (Penguin Books, Inglaterra, 1973).
- J. Mehra (ed.), *The Physicist's Conception of Nature* (D. Reidel, Dordrecht, Holanda, 1973).
- I. Miura, R. Fuller-Sasaki, *The Zen Koan* (Harcourt Brace & World, Nova Iorque, 1965).
- F. M. Muller (ed.), *Sacred Books of the East* (Oxford University Press), vol. XLIX, «Buddhist Mahayana Sutras».
- T. R. V. Murti, *The Central Philosophy of Buddhism* (Allen & Unwin, Londres, 1955).
- J. Needham, *Science and Civilisation in China* (Cambridge University Press, Londres, 1956).
- J. R. Oppenheimer, *Science and the Common Understanding* (Oxford University Press, Londres, 1954).
- S. Radhakrishnan, *Indian Philosophy* (Allen & Unwin, Londres, 1951).
- P. Reps, *Zen Flesh, Zen Bones* (Anchor Books, Nova Iorque).
- N. W. Ross, *Three Ways of Asian Wisdom* (Simon and Schuster, Nova Iorque, 1966).
- B. Russel, *History of Western Philosophy* (Allen & Unwin, Londres, 1961).
- M. Sachs, «Space Time and Elementary Interactions in Relativity», *Physics Today*, vol. 22 (Fevereiro 1969), pp. 51-60.
- D. W. Sciama, *The Unity of the Universe* (Faber and Faber, Londres, 1959).
- P. A. Schilpp (ed.), *Albert Einstein: Philosopher-Scientist* (The Library of Living Philosophers, Evanston, Illinois, 1949).
- W. T. Stace, *The Teachings of the Mystics* (New American Library, Nova Iorque, 1960).
- H. P. Stapp, «S-Matrix Interpretation of Quantum Theory», *Physical Review*, vol. D3 (Março, 15, 1971), pp. 1303-20.
- D. T. Suzuki, *The Essence of Buddhism* (Hozokan, Kyoto, Japão, 1968).  
*Outlines of Mahayana Buddhism* (Schocken Books, Nova Iorque, 1963).  
*On Indian Mahayana Buddhism*, ed. Edward Conze (Harper & Row, Nova Iorque, 1968).  
*Zen and Japanese Culture* (Bollingen Series, Nova Iorque, 1959).  
*Studies in the Lankavatara Sutra* (Routledge & Kegan Paul, Londres, 1952).  
Prefácio a B. L. Suzuki, *Mahayana Buddhism* (Allen & Unwin, Londres, 1959), p. 33.
- W. Thirring, «Urbausteine der Materie», *Almanach der Österreichischen Akademie Der Wissenschaften*, vol. 118 (1968), pp. 153-62.

- S. Vivekananda, *Jnana Yoga* (Advaita Ashram, Calcutta, Índia, 1972).
- A. W. Watts, *The Way of Zen* (Vintage Books, Nova Iorque, 1957).
- V.F. Weisskopf, *Physics in the Twentieth Century—Selected Essays* (M. I. T. Press, Cambridge, Mass., 1972).
- H. Weyl, *Philosophy of Mathematics and Natural Science* (Princeton University Press, 1949).
- A. N. Whitehead, *The Interpretation of Science, Selected Essays*, ed. por A. H. Johnson (Bobbs-Merrill, Indianapolis, Nova Iorque, 1961).
- P. P. Wiener, *Leibniz—Selections* (Charles Scribner's Sons, Nova Iorque, 1951).
- E. P. Wigner, *Symmetries and Reflections — Scientific Essays* (M. I. T. Press, Cambridge, Mass., 1970).
- H. Wilhelm, *Change* (Harper Torchbooks, Nova Iorque, 1964).
- R. Wilhelm, *The I Ching or Book of Changes* (Routledge & Kegan Paul, Londres, 1968).
- The Secret of the Golden Flower* (Routledge & Kegan Paul, Londres, 1972).
- F. L. Woodward (trad. e ed.), *Some Sayings of the Buddha According to the Pali Canon* (Oxford University Press, Londres, 1973).
- H. Zimmer, *Myths and Symbols in Indian Art and Civilisation* (Princeton University Press, 1972).

## Índice

PREFÁCIO À SEGUNDA EDIÇÃO.....	13
PREFÁCIO À PRIMEIRA EDIÇÃO .....	17
<b>PRIMEIRA PARTE — OS CAMINHOS DA FÍSICA</b>	
1. Física moderna — Uma via coerente? .....	21
2. Conhecendo e observando .....	29
3. Acerca da linguagem .....	43
4. A nova física .....	49
<b>SEGUNDA PARTE — O CAMINHO DO MISTICISMO ORIENTAL</b>	
5. O hinduísmo.....	75
6. O budismo .....	80
7. O pensamento chinês .....	86
8. O taoísmo.....	94
9. O zen .....	99
<b>TERCEIRA PARTE — OS PARALELOS</b>	
10. A unidade de todas as coisas .....	107
11. Para lá do mundo dos opostos.....	118
12. Espaço-tempo .....	136
13. O universo dinâmico.....	158
14. Vazio e forma .....	172
15. A dança cósmica.....	186
16. A simetria dos quarks — um novo <i>koan</i> ? .....	204
17. Padrões de mudança.....	214
18. Interpenetração.....	234
<b>EPILOGO.....</b>	249
<b>POSFÁCIO À SEGUNDA EDIÇÃO — A NOVA FÍSICA REVISITADA.....</b>	253
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	263