

No mundo macroscópico a energia sempre se conserva, porém microscopicamente a Mecânica Quântica mostra que pode haver pequenas violações ΔE durante um tempo Δt de modo que $\Delta E \times \Delta t = h = 6,6 \cdot 10^{-22}$ MeV.s. Quando uma partícula livre emite um fóton, o desbalanço de energia é dado pela energia do fóton, de modo que quanto maior for essa energia, tanto mais rapidamente ele deve ser absorvido por outra partícula a fim de restabelecer o balanço energético. Quer dizer, quanto maior a violação da conservação da energia, tanto mais rapidamente deve ser restabelecido o equilíbrio energético. Essa violação virtual da energia é, portanto, importante na interação entre partículas. Fótons “reais”, assim como elétrons, por exemplo, podem ter uma vida infinita desde que não interajam com outras partículas. Fótons “virtuais”, por outro lado, têm uma vida muito curta.

O alcance da interação causada pela troca de partículas virtuais (quanta virtuais) está intimamente relacionado à massa de repouso dos quanta trocados. Quanto maior a massa da partícula, tanto menor o espaço permitido a ela pela relação de incerteza da Mecânica Quântica. Fótons, por exemplo, não têm massa, de modo que o alcance da interação eletromagnética para partículas carregadas é infinito. Grávitons também não têm massa, de sorte que o alcance da interação gravitacional é igualmente infinito. Por outro lado, as interações forte e fraca são mediadas por partículas massivas e são de curto alcance.

As classificações de partículas e interações feitas até aqui estão diagramadas nos mapas conceituais apresentados nas Figs. 1 e 2.

Um Mapa Conceitual para Partículas Elementares

No mapa conceitual apresentado na Fig. 1, o próprio conceito de partículas elementares aparece no topo como sendo o mais abrangente dessa área de conhecimento. Logo abaixo, aparecem os conceitos de férmions e bósons como duas grandes categorias de partículas elementares. (Esta clas-

sificação não se refere apenas às partículas elementares, mas também a quaisquer partículas que obedecem as leis da Mecânica Quântica como, por exemplo, as partículas alfa.) O fato de que os férmions obedecem ao Princípio da Exclusão de Pauli e os bósons não, é a principal diferença entre essas categorias. A partir dessa distinção inicial, pode-se prosseguir com outras categorizações como a de classes de férmions (léptons, quarks e bárions) e classes de bósons (partículas mediadoras de interações e mésons). Léptons e quarks são os férmions fundamentais: a rigor, toda a matéria é constituída de quarks e léptons, pois as demais partículas ou são compostas de quarks ou antiquarks (bárions) e pares quarks-antiquarks (mésons) ou são partículas mediadoras das interações fundamentais (glúons, Z e W , fótons e grávitons).

Tanto os léptons como os quarks têm seis variedades ou *sabores*, como indicado no mapa conceitual. Entretanto, diferentemente dos léptons, cada sabor de quark existe em três variedades distintas em função de uma propriedade chamada *cor*, ou *carregada cor*. Contudo, quarks não existem livremente, só podem ser observados em combinações que são neutras em relação à cor; estão sempre confinados em partículas compostas chamadas hádrons. Hádrons podem ser fermiônicos quando formados por quarks ou antiquarks (nesse caso são chamados bárions) ou bosônicos quando constituídos por um quark e um antiquark (então chamados mésons).

Tudo isso está “mapeado” na Fig. 1 que, de certa forma, “termina” com os “conhecidos” elétrons (são léptons), prótons e nêutrons (ambos são bárions; têm estrutura interna) que formam átomos e moléculas que constituem a matéria macroscópica tal como a percebemos.

Um Mapa Conceitual para Interações Fundamentais

O mapa conceitual mostrado na Fig. 2 também começa com o conceito mais abrangente: interações fundamentais. Logo abaixo aparecem as quatro interações existentes na natureza: gravitacional, eletromagnética,

fraca e forte. As interações eletromagnética e fraca podem ser interpretadas, teoricamente, como instâncias de uma única interação, a eletrofraca. A interação forte que existe entre bárions e mésons pode ser interpretada como fundamental ou residual quando decorre de um balanço imperfeito das atrações e repulsões entre os quarks e antiquarks que constituem tais partículas.

Essas quatro (ou três) interações são mediadas por partículas (portadoras de força) elementares - grávitons (gravitacional), fótons (eletromagnética), W e Z (fraca) e glúons (forte) - e descritas por campos de força. Os mésons mediam a interação forte residual. Quer dizer, além dos campos gravitacional e eletromagnético, que são relativamente familiares, há também o campo forte e o campo fraco. A energia armazenada nesses campos não está neles distribuída de maneira contínua; está quantizada, *i.e.*, concentrada nos chamados quanta de energia. Assim, os fótons são os quanta do campo eletromagnético, as partículas W e Z são os quanta do campo fraco, os glúons do campo forte e os grávitons do campo gravitacional.

A cada campo está associado um tipo de força: força gravitacional, força eletromagnética (elétrica e magnética), força fraca, e força cor (forte ou fundamental, e residual). Contudo, no domínio das partículas elementares, em reações altamente energéticas, partículas são criadas, destruídas e recriadas novamente, com velocidades e trajetórias com determinado grau de incerteza. Assim, o conceito de força não tem um significado muito preciso nesse domínio, e é preferível falar em interações, ou seja, a ação entre partículas. Por esta razão, no mapa da Fig. 2 as interações fundamentais aparecem na parte superior do mapa e as forças na parte inferior. Nesse contexto, interação é um conceito hierarquicamente superior ao de força.

Conclusão

Embora seja uma construção humana espetacular, presente em toda parte e, particularmente, na natureza científica do homem (Kelly, 1963), isto