

ticulas de spin $1/2$, sem cor, que podem ter carga elétrica ou não (neutrinos). Parecem ser partículas verdadeiramente elementares, *i.e.*, nenhuma delas aparenta ter uma estrutura interna como a dos hádrons. O elétron é o lépton mais familiar, mas além dele existem o múon (μ), o tau (τ) e três neutrinos (neutrino do elétron, neutrino do múon e neutrino do tau). Como a cada lépton corresponde um antilépton, parece haver um total de 12 léptons na natureza.

Começamos falando de elétrons, prótons e nêutrons e chegamos a léptons, passando por hádrons, bárions e mésons. Mas essa história ainda vai longe. Para se ter uma idéia da constituição da matéria, não basta saber que existem tais e tais partículas, que umas parecem ser realmente elementares e outras são compostas por “sub-partículas” confinadas. É preciso também levar em conta como elas interagem, como integram sistemas estáveis e como se desintegram, ou seja, é preciso considerar *interações e campos de força*, o que nos leva a outra categoria de partículas, as chamadas partículas mediadoras das interações fundamentais da natureza.

Interações Fundamentais

Há quatro tipos de interações fundamentais: eletromagnética, gravitacional, forte e fraca. A interação entre um elétron e um núcleo atômico é um exemplo de interação eletromagnética; a atração entre quarks é do tipo interação forte; o decaimento β (por

exemplo, um nêutron decaindo para próton pela emissão de um elétron e um neutrino) exemplifica a interação fraca; a interação gravitacional atua entre todas as partículas massivas, e é a que governa o movimento dos corpos celestes, mas é irrelevante em domínios muito pequenos, assim como as demais podem não ser relevantes em alguns domínios.

A interação forte, como sugere o nome, é a mais forte no âmbito das

partículas elementares e mantém juntos prótons e nêutrons no núcleo atômico. Afeta somente hádrons. A interação fraca é responsável pelo decaimento relativamente lento de partículas como nêutrons e múons, e também por todas reações envolvendo neutrinos.

Tais interações são descritas através de campos de força. Campo é um conceito fundamental nas teorias sobre partículas elementares. Aliás, é um conceito fundamental em toda a Física. Os *quanta* desses campos são partículas mediadoras das interações correspondentes.

Assim, o fóton é o *quantum* do campo eletromagnético e media a interação eletromagnética, os glúons são os quanta do campo forte e mediam a interação forte, o gráviton é o *quantum* do campo gravitacional, mediando a interação gravitacional, e as partículas denominadas W^+ , W^- e Z^0 são os quanta do campo fraco e são mediadoras da interação fraca. Tais partículas são chamadas bósons, um termo genérico para partículas de spin inteiro (férmions é o termo genérico para partículas de spin $1/2, 3/2, 5/2, \dots$; léptons e quarks são férmions). De todas essas partículas, a única que ainda não foi detectada experimentalmente é o gráviton⁴.

Mediar a interação significa que a força existente entre as partículas

Mediar a interação significa que a força existente entre as partículas interagentes resulta de uma “troca” (emissão e absorção) de outras partículas (virtuais) entre elas

interagentes resulta de uma “troca” (emissão e absorção) de outras partículas (virtuais) entre elas. Assim, a força eletromagnética resulta da troca de fótons entre as partículas (eletricamente carregadas) interagentes. Fótons são portadores

da força eletromagnética, são partículas de radiação, não de matéria; têm spin 1, não têm massa e são idênticos às suas antipartículas. É a energia de um fóton que determina seu “tipo”:

fótons de ondas de rádio, de luz visível, de radiação ultravioleta, de raios-X, de raios γ (embora seja γ o símbolo que representa qualquer fóton).

Analogamente, o campo de forças produzido por quarks e antiquarks, atuando sobre eles, é chamado de campo de glúons, e a força entre eles resulta da troca de glúons. Glúons representam para o campo de glúons o

mesmo que os fótons para o campo eletromagnético. Quarks emitem e absorvem glúons e assim exercem a interação forte entre si. Glúons, tal como os fótons,

têm spin 1, mas, diferentemente deles, têm cor, *i.e.*, fótons são incolores, ou “brancos”, e glúons não. Assim como a carga elétrica é a fonte do campo fotônico, as cargas cor são a fonte dos campos gluônicos (há oito tipos de glúons)⁵.

Da mesma forma, a interação fraca é mediada por partículas, conhecidas como W (do inglês *weak*, que significa fraca) e Z , *i.e.*, pela troca de tais partículas, assim como a interação gravitacional é, teoricamente, mediada pela troca de grávitons.

A rigor, todas estas interações são mediadas por partículas virtuais. Consideremos, por exemplo, a interação eletromagnética entre um elétron livre e um próton livre: uma das partículas emite um fóton e a outra o absorve; no entanto, esse fóton não é um fóton livre ordinário, pois aplicando as leis de conservação da energia e *momentum* a tal processo poder-se-ia mostrar que haveria uma violação da conservação da energia (a energia do fóton emitido não seria igual ao produto de seu *momentum* pela velocidade da luz, como seria de se esperar para um fóton livre). Mas seria uma violação virtual porque, devido ao Princípio da Incerteza de Heisenberg⁶, a incerteza na energia do fóton implica que tal violação ocorreria em intervalos de tempo muito pequenos. Isso significa que o fóton seria imediatamente absorvido, *i.e.*, não seria livre, mas sim virtual.