

COLABORADORES

pesquisadores visitantes
e bolsistas de pós-doutorado,
doutorado, mestrado
e iniciação científica

O vocabulário das partículas elementares



Para descrever uma partícula elementar, vários conceitos e métodos teóricos tiveram que ser desenvolvidos. Com eles, tentamos entender uma nova e estranha realidade na qual as partículas se transformam de matéria em energia e vice-versa.

Uma partícula é uma entidade caracterizada por um conjunto limitado de propriedades. A escolha dessas propriedades é feita tendo como critério as simetrias satisfeitas pelas interações da partícula.

Existem algumas simetrias que podem ser consideradas fundamentais, dada a relação íntima que elas guardam com as nossas próprias percepções de espaço e de tempo. Uma delas é a simetria em relação à escolha de um ponto a partir do qual podemos começar a medir distâncias no espaço vazio. Podemos também escolher qualquer instante para começar a contar o tempo – quando não está acontecendo nada –, assim como qualquer direção do espaço (vazio).

Também sabemos que não podemos distinguir entre repouso e movimento com velocidade constante – lembremo-nos da experiência de estar em um trem, observando outro trem paralelo ao nosso em movimento.

Em particular, sabemos que, como consequência da existência das simetrias acima, deve existir uma série de quantidades que mantêm o seu valor inalterado à medida que o tempo passa. Podemos citar alguns exemplos: a conservação da energia é consequência da si- >>>



Figura 1. Uma partícula elementar caracteriza-se pelo conteúdo de cada ‘cesta’ (por exemplo, dentro da cesta ‘energia’, a partícula tem um total de duas unidades básicas de energia), que reflete os diferentes valores que essas grandezas podem tomar. Os conteúdos das cestas podem mudar durante interações entre as partículas, sempre conservando a quantidade total da grandeza em questão.

metria por escolha da origem do tempo; a conservação do momentum linear – também chamado quantidade de movimento, numericamente equivalente ao produto da massa pela velocidade da partícula – é consequência da simetria por escolha da origem das coordenadas no espaço. E assim por diante.

LISTA DE PROPRIEDADES. Essas simetrias mostraram-se tão exatas no contexto do mundo macroscópico que tornaram a sua extrapolação natural para o contexto microscópico (ou subatômico), em que a natureza das observações é certamente muito mais indireta.

No nível microscópico, freqüentemente ocorre de a medida de uma grandeza interferir, de modo incontornável, na medida de outra. Por exemplo, posição e velocidade de uma partícula não podem ser conhecidas simultaneamente com precisão arbitrária. Aqui aparece o papel das constantes de movimento: existe um conjunto máximo de informações sobre um sistema que pode ser conhecido simultaneamente de modo exato.

Conhecer os valores tomados pelas constantes de movimento compatíveis entre si – ou seja, cujas medidas não se interferem mutuamente – é dizer o máximo possível sobre a partícula em um dado instante de tempo. Do ponto de vista físico, o que resta a ser dito é como duas ou mais partículas, descritas por essa lista de propriedades, interagem entre si (figura 1).

SEQÜÊNCIA DE FOTOGRAFIAS. Os tipos de interação existentes entre as partículas determinam, de modo fundamental, a maneira pela qual a evolução se dá. Afinal, a física é a ciência da mudança. Se todas as coisas permanecessem estáticas e imutáveis o tempo todo, não haveria necessidade da física – nem da ciência, de uma forma geral.

Percebemos o mundo através da percepção de suas mudanças, sem o que nenhum tipo de conhecimento seria possível. A pretensão da física é prever, a partir de uma ‘fotografia’ (descrição) do sistema, produzida em um certo tempo, qual a seqüência de ‘fotografias’ irá se suceder. Em outras palavras, prever a mudança.

Na física, vista do ponto de vista microscópico, a informação máxima contida na ‘fotografia’ é obtida através de uma função matemática, denominada função de onda. Essa função, que contém toda a informação possível de ser obtida sobre o sistema em um dado tempo t , muda continuamente à medida que o tempo passa.

Teoricamente, é possível prever a mudança da função de onda através de um conhecimento da energia associada ao sistema. Nada mais razoável, se nos lembrarmos da conexão, vista acima, entre energia e simetria por translações temporais – estas podem ser traduzidas também como mudanças no tempo. Mostra-se que o problema de determinar a forma teórica da energia, como função dos parâmetros que caracterizam as partículas, reduz-se à determinação da energia de interação entre as partículas, que chamamos de V . Essa interação V deve respeitar todas as simetrias que ajudam a caracterizar as partículas (figura 2).

TAREFA DAS MAIS COMPLEXAS. Em muitos aspectos, a descrição atual das partículas elementares ainda é incompleta e insatisfatória para muitos físicos. Há um número excessivo de parâmetros – dos quais não se conhece a origem – no modelo teórico correspondente às interações (ou forças) eletromagnética, fraca e forte.

Também temos que apelar para mecanismos teóricos surpreendentes, como o mecanismo de geração de massa para as partículas W^+ , W^- e Z^0 , que intermedeiam as interações fracas. Ou mesmo mecanismos teóricos incompreendidos, como o que mantém os quarks e os glúons (partículas que interagem através da força nuclear forte) sempre confinados, ou seja, essas partículas nunca são observadas livres.

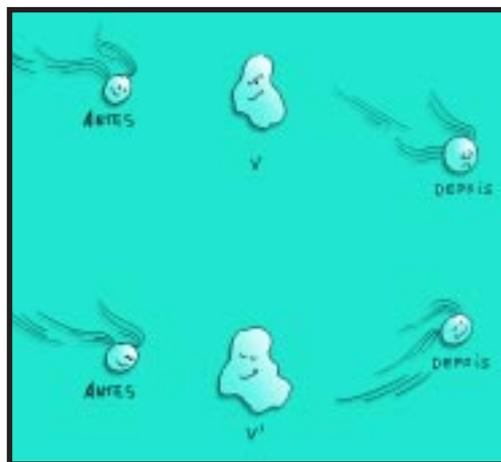


Figura 2. Colisões entre partículas têm seu resultado determinado pela forma específica da interação entre elas. Diferentes interações V produzem resultados de colisão diferentes.

Reduzir o número desses parâmetros e entender os mecanismos teóricos em ação nessas teorias é tarefa das mais complexas e que ocupa hoje inúmeros físicos em todo o mundo. Com a finalidade de reduzir a complexidade da pesquisa a níveis mais tratáveis, consideram-se diversos limites das teorias, em dimensões menores, por exemplo, ou com um conteúdo de partículas simplificado, em relação à situação realista.

SUPERSIMETRIA E UMA NOVA FÍSICA. O número de parâmetros tende também a ser reduzido se consideramos uma nova simetria, chamada supersimetria, que envolve trocas de partículas de spin inteiro (bósons) por partículas de spin semi-inteiro (férmions). Para uma melhor visualização, podemos associar a grandeza spin a um estado de rotação (horário ou anti-horário) das partículas. O interessante é que a supersimetria prevê a existência de uma vasta classe de partículas ainda não detectadas e ainda não produzidas (excitadas) nos aceleradores de altas energias. Esses novos constituintes da natureza podem ser uma grande porção daquilo a que, hoje, a física chama 'matéria escura' do universo.

Sléptons, squarks, charginos, neutralinos e gravitino são as partículas supersimétricas que, esperamos, poderão vir a ser descobertas em uma nova geração de aceleradores que está sendo construída – mais especificamente, esses aceleradores são o Novo Colisor de Léptons e o Grande Colisor de Hádrons.

ALÉM DAS QUATRO DIMENSÕES. A cosmologia do universo primordial propõe que essas partículas supersimétricas tenham sido produzidas no universo em seus primeiríssimos instantes

LINHAS DE PESQUISA INCLUEM SUPERSIMETRIA E TEORIAS M

As linhas de pesquisa desenvolvidas atualmente no Grupo de Campos e Partículas do CBPF dizem respeito à análise das propriedades de teorias relacionadas às quatro interações (ou forças) da natureza.

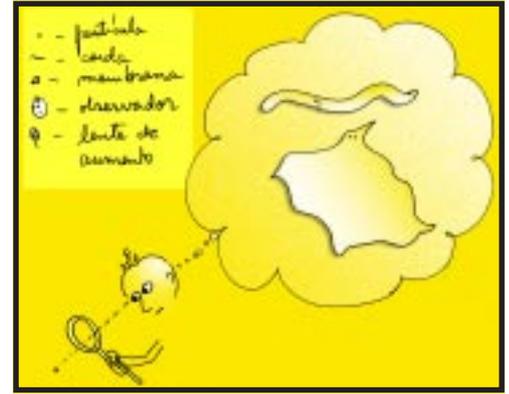
Estudamos, particularmente, as diversas conseqüências dinâmicas da supersimetria. Dimensões diferentes de quatro também são interessantes, por possibilitarem soluções exatas em certos casos (duas dimensões); por exibirem fenômenos peculiares que podem ser aplicados em descrições efetivas (duas e três dimensões); ou por aparecerem em propostas de mistura da gravitação e da supersimetria (dez e 11 dimensões).

O estudo das chamadas teorias M, que incorporam cordas e membranas,

também está em curso atualmente em nosso grupo já dentro do contexto da unificação das três interações com a gravitação. Cabe ressaltar que as interações eletromagnética e nuclear fraca já foram enquadradas em um esquema unificador no final da década de 1960, naquele que hoje se conhece como o modelo eletrofraco de Weinberg-Salam-Glashow.

O leitor interessado em mais detalhes sobre os temas tratados neste artigo poderá encontrá-los em <http://www.aventuradasparticulas.ift.unesp.br/> (página sobre a física das partículas elementares em termos básicos), bem como em <http://www.cbpf.br/>, clicando no item 'Campos e Partículas' – neste último endereço, está o trabalho do nosso grupo.

Figura 3. Modernas teorias propõem que, quando observadas suficientemente de perto, as partículas elementares revelam-se com o sendo cordas ou mesmo membranas.



de existência, e que hoje possam ser encontradas como reliquias de um passado de cerca de 15 bilhões de anos em muitas das galáxias. Porém, há uma interação a ser entendida, mesmo que de modo parcial, como as outras: a gravitação. Esta, cuja forma foi a primeira a ser proposta classicamente, ainda no século 17, pelo físico e matemático inglês Isaac Newton (1642-1727), resiste ainda a uma descrição microscópica, que é denominada gravitação quântica.

Na tentativa de produzir essa descrição, têm sido consideradas teorias que descrevem, de modo unificado, todas as quatro interações conhecidas, ou seja, as forças eletromagnética, gravitacional, nuclear forte e nuclear fraca. As mais promissoras, até agora, envolvem uma modificação básica: considerar que as diversas partículas elementares, vistas em escalas de distância muito menores que as atualmente acessíveis, seriam diferentes aspectos de uma mesma entidade – no caso, uma corda ou uma membrana.

O acréscimo de dimensões a partículas que tinham dimensão zero introduz diversas possibilidades de novas interação entre as partículas, agora vistas como descrições efetivas das cordas ou membranas, em distâncias maiores. Entre as novas características que aparecem juntamente com essas teorias, está a possibilidade de o espaço-tempo ter dimensão dez (no caso, de cordas) ou mesmo onze (no caso, de membranas), seis ou sete a mais que as atuais (e visíveis) quatro dimensões (figura 3).

Finalizando, poderíamos concluir enfatizando que o grande compromisso – a busca do Graal – da física teórica de altas energias contemporânea é a formulação de modelos consistentes para as quatro interações fundamentais da natureza; se possível – e este tem sido o esforço maior – a elaboração de uma teoria da grande unificação consistente e que consiga abranger, em um esquema único, todas as escalas de energia, desde a escala atômica (aproximadamente 10^{-8}cm) à escala planckiana (da ordem de 10^{-33}cm). ■