

O Bosão de Higgs

A teoria electrofraca foi construída como uma generalização da teoria do electromagnetismo. Por outras palavras, as suas equações de campo são uma generalização das equações de Maxwell. Escrever aqui essas equações seria absolutamente inútil pois a sua compreensão necessitaria de um curso avançado de Teoria do Campo Quântica. Contudo, o que importa dizer é que essas equações mostram a existência de quatro campos, designados por W^+, W^-, W^0 e B . Em contrapartida as equações de Maxwell só comportam um campo, o campo electromagnético, ou seja, só comportam um tipo de ondas que são as ondas electromagnéticas.

Esta teoria, sem mais nenhum conteúdo, não pode explicar o que observamos, pois nenhum dos quatro tipo de campos tem massa, e nós sabemos que, na realidade, só os fotões (quanta do campo electromagnético) é que não têm massa.

O mecanismo de geração de massa necessita que a teoria tenha mais um ingrediente. Este ingrediente é um dubleto de campos de spin zero. Notemos que os campos anteriores (W e B) têm todos spin 1. Seja

$$\begin{pmatrix} \varphi^- \\ \varphi^0 \end{pmatrix} \quad (0.1)$$

este dubleto.

Para além de termos as equações da teoria temos ainda de determinar qual é o estado fundamental da teoria, isto é, o estado de energia mínima. A este estado os físicos costumam chamar o vácuo da teoria. Nos teorias mais simples o seu palpite de que este estado de energia mínima deve corresponde a ter todos os campos iguais a zero e portanto ter uma energia mínima de zero está absolutamente correcto. Mas existem outras possibilidades.

Em particular, na teoria electrofraca o vácuo corresponde a ter todos os campos iguais a zero com a excepção da componente inferior do dubleto (0.1) que tem um determinado valor v , constante. Nestas condições, ocorre uma transição de fase e dos quatro campos de spin 1 inicialmente sem massa resultam três com massa, W^+, W^- e Z e um sem massa, o fotão, γ . Notemos que o Z e γ resultam da mistura de W^0 e B . Nesta transição de fase a simetria da teoria é substancialmente reduzida e é em resultado dela que as partículas com a excepção do fotão adquirem as suas massas.

Mais uma vez não adiantaria escrever aqui as equações que explicam em detalhe como é que isto ocorre. O que importa é reter que a sua massa resulta de elas existirem num vácuo que, ao contrário dos casos mais usuais, não está vazio. Tem uma energia constante, o tal v , cujo valor é de cerca de 200 GeV.

Termino com uma analogia que talvez possa ajudar. Todos sabemos que, no vazio, fótons de uma determinada energia ($E = h\nu$), isto é, luz com uma determinada cor, têm momento linear tal que:

$$E = c|\vec{p}|. \quad (0.2)$$

Se recordarmos a relação fundamental

$$(c|\vec{p}|)^2 + (mc^2)^2 = E^2 \quad (0.3)$$

Concluimos que a eq. (0.2) mostra que os fótons não têm massa.

Ao momento linear dado por (0.2) corresponde um vector de onda \vec{k} dado por:

$$\vec{p} = \hbar\vec{k}. \quad (0.4)$$

Posto isto, imaginemos a seguinte experiência. Um feixe de luz verde incide num vidro. A luz no vidro continua a ser verde, os fótons continuam a ter a mesma energia mas o vector de onda no meio é agora $\vec{k}' \neq \vec{k}$. Dizemos que o vidro tem um índice de refração, $n > 1$ e a velocidade dos fótons é agora menor que c . É como se estes fótons dentro do vidro tivessem adquirido uma massa.

Para as partículas, depois da tal transição de fase, o vácuo deixou de ser um vazio com energia nula e **passou a ser um vidro** com energia de cerca de 200 GeV.