

A Descoberta do Higgs

Fim do Reduccionismo ?

Gustavo Burdman

Departamento de Física Matemática - IFUSP

A Descrição das Partículas Elementares

• Interações de todas as partículas conhecidas

Modelo Padrão:

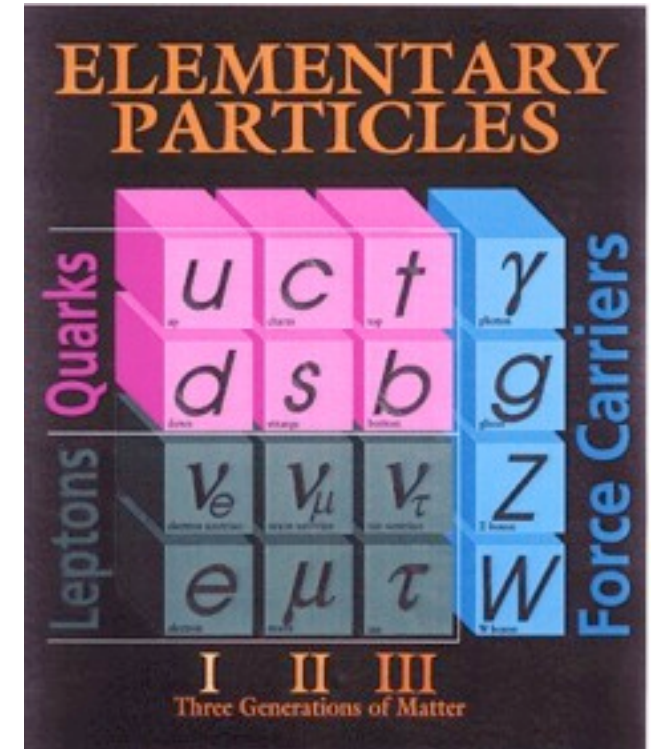
- Interações Fortes, **QCD**
- Interações Eletrofracas:
Eletromagnetismo, **QED**

+

Interações Fracas: decaimentos

$$n \rightarrow p^+ e^- \bar{\nu}_e$$

$$\pi^- \rightarrow \mu^- \bar{\nu}_\mu$$



O Papel do Higgs

- Origem das Massas das partículas elementares
 - Simetrias (de gauge) do MP: proíbem massas das partículas elementares
 - Mas partículas elementares tem massas
 - Mecanismo de Higgs:

Campo de Higgs
modifica o vácuo

3 bósons adquirem massa: W^+, W^-, Z^0

glúons e fótons: $M_g, M_\gamma = 0$

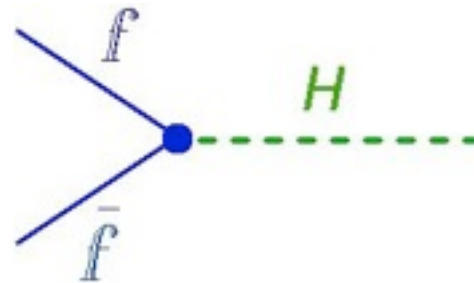
Todos os férmions adquirem massas

H: partícula escalar ($s=0$) remanescente

A Hierarquia de Massas

- Massas dos férmions:

Interação com **H**

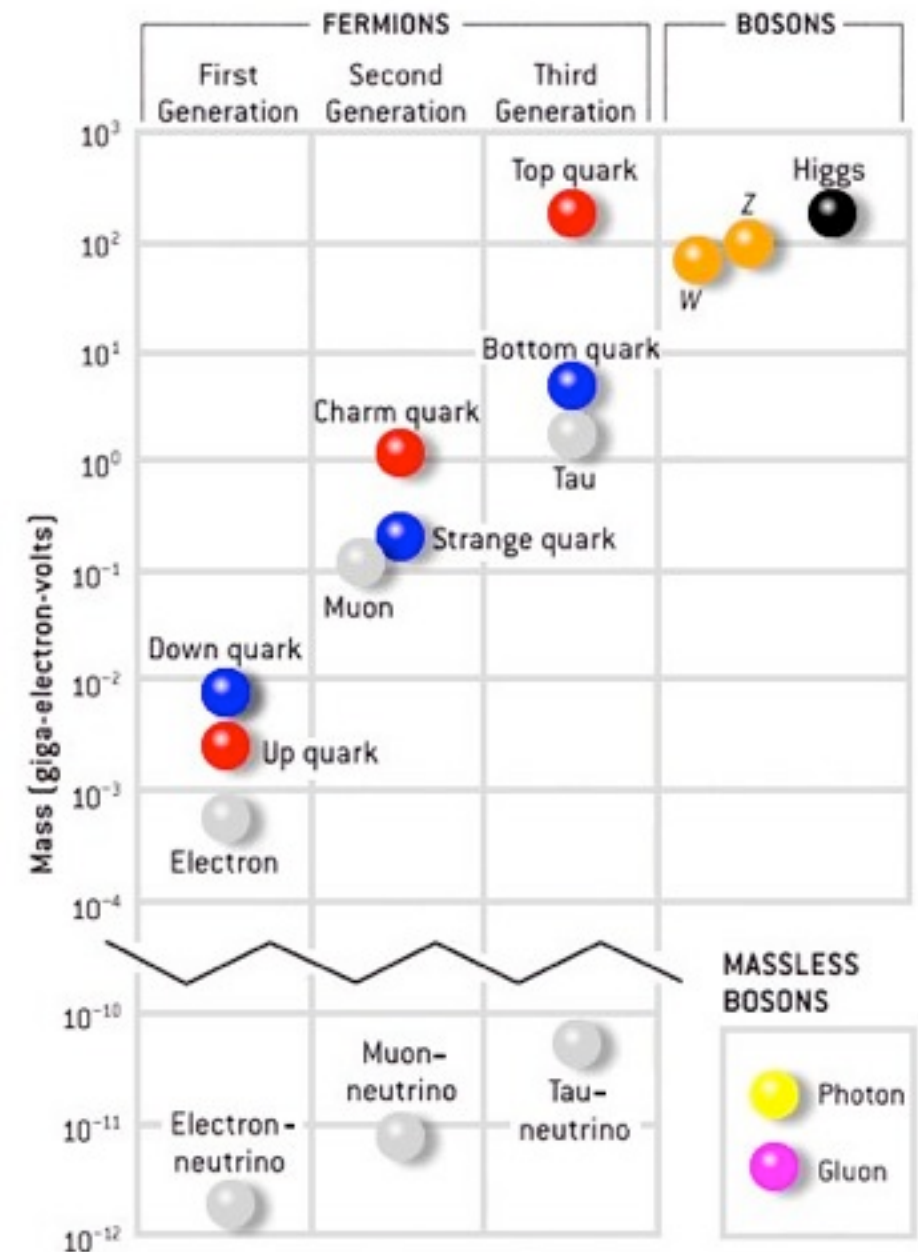


- Massas dos bósons da mesma ordem

$$M_W \simeq M_Z \simeq M_H$$

- Mas grande hierarquia nos férmions

Sem explicação no Modelo Padrão



Origem do Setor de Higgs

- **Higgs**: é a única partícula elementar escalar ($spin=0$)

- Dinâmica do setor de Higgs:

Vácuo é modificado pela energia potencial do **H**

A forma escolhida é *ad hoc*

→ De onde vem o setor de **Higgs** ?

Origem do Setor de Higgs

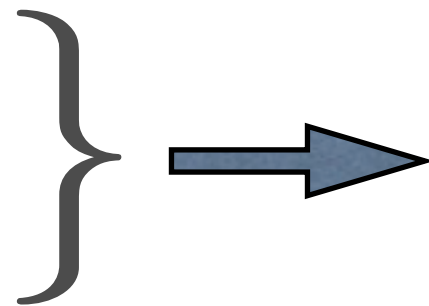
● O Exemplo da Supercondutividade

Podemos descrever SC com uma teoria de *Landau-Ginzburg (1950)*

Campo escalar ϕ é um parâmetro de ordem da transição de fase

$$T > T_c \Rightarrow \phi = 0$$

$$T \leq T_c \Rightarrow \phi \neq 0$$



Quebra Espontânea do
Eletromagnetismo

Dentro do SC o fóton adquire massa

Origem do Setor de Higgs

Mas descrição em termos de ϕ não é microscópica

- Teoria **BCS (1957)**: graus de liberdade são elétrons, com interações
- Formam pares de Cooper.
- Podemos obter ϕ a partir da **BCS**
- Mas Landau-Ginzburg \longrightarrow $\left\{ \begin{array}{l} \text{Quebra espontânea de EM,} \\ \text{Gap, Efeito Meissner, ...} \end{array} \right.$



Existe uma teoria “**BCS**” por trás do setor de **Higgs** do MP ?

Problemas de um Higgs Elementar

Mecânica Quântica + Relatividade = Teoria Quântica de Campos

TQC \Rightarrow {

- **H** elementar não interage (trivialidade)
- M_H é divergente

$M_H \simeq \Lambda$

Λ : escala de validade da teoria (MP)

Mas no MP precisamos $M_H < 1\text{TeV}$

Problema da Hierarquia: o que estabiliza $M_H \simeq 125 \text{ GeV}$?

Física Além do Modelo Padrão

Nova física para estabilizar M_H :

- **H** não é elementar, é composto de (novos) férmions:
Similar à Supercondutividade. \Rightarrow Novas interações
Escala de energia associada à formação de **H** dever ser

$$\Lambda < 1 \text{ TeV}$$

- Novas simetrias estabilizam M_H

E.g.: Supersimetria, Novas simetrias globais, etc.



Novas partículas

Física Além do Modelo Padrão

- Novas partículas e/ou novas interações além do MP

- Em que escala de energias devem aparecer ?

Argumentos da TQC sugerem $\Lambda \simeq 1 \text{ TeV}$

Escala de energias começando a ser estudada no LHC

- Vínculos importantes já no LHC com $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}$

- A partir do 2014 com a máxima energia do LHC

$$\sqrt{s} = 14 \text{ TeV}$$

esperamos descobertas ou dicas de nova física

Física Além do Modelo Padrão

Outros problemas do MP que requerem nova física:

- Matéria Escura
- Assimetria matéria/anti-matéria
- Massas dos neutrinos
 -
 -
 -

Mas essa nova física pode ou não aparecer em aceleradores

Conclusões

- Com a descoberta do **Higgs** o MP está completo
- Próximo passo: entender a origem do setor de Higgs
- Extensões do MP serão testadas no **LHC** nos próximos anos
- Meta é construir uma teoria microscópica do setor de Higgs que possa ser testada (e descoberta !) no **LHC**