

Il Modello Standard delle Particelle Elementari

Stefano Spagocci

GACB



Il Mondo Classico

- Fin dai tempi dell'antica Grecia, Democrito aveva supposto l'esistenza di particelle indivisibili, gli atomi, che componevano la materia.
- Il concetto fu ripreso nell'antica Roma da Lucrezio, nel *De Rerum Natura*.



La Chimica

- Solo nel XIX secolo, però, il concetto di atomo fu ripreso scientificamente.
- Si notò che gli elementi chimici si combinavano sempre in proporzioni fisse per dare i composti.
- Questo si spiega solo con l'esistenza di atomi quali mattoncini fondamentali della materia.



La Meccanica dei Gas

- Nel XIX secolo si spiegò anche il comportamento dei gas.
- Si poterono spiegare le proprietà di pressione dei gas supponendo che fossero formati da atomi non interagenti tra loro.



La Radioattività

- Gli atomi in chimica o meccanica dei gas erano concepiti quali mattoncini fondamentali, non composti da particelle più piccole.
- La scoperta della radioattività suggerì che gli atomi potessero emettere particelle più piccole, quindi contenerle.
- Vi sono tre tipi di radioattività: α (nuclei di elio), β (elettroni), γ (quanti elettromagnetici), di cui parleremo in seguito.



Rutherford

- Rutherford, agli inizi del XX sec., bombardando atomi con particelle α dimostrò che negli atomi c'è un nucleo con carica positiva, circondato da particelle negative.
- Nei tubi catodici furono infatti scoperte particelle negative (elettroni), positive (protoni).
- In seguito furono scoperte particelle neutre (neutroni).



Altre Particelle

- Era ormai chiaro che gli atomi sono composti da particelle elementari.
- Nei primi decenni del '900, nei raggi cosmici si scoprirono i muoni e i pioni.
- Nella stessa epoca si realizzarono i primi acceleratori che permisero, assieme ai raggi cosmici, di scoprire centinaia di nuove particelle.



L'Antimateria

- Sempre nei primi decenni del secolo scorso, si scoprirono particelle che erano identiche ad altre particelle, tranne per l'averne carica opposta.
- Si scoprì così l'antimateria.
- Ogni particella, in natura, possiede un'antiparticella identica ma di carica opposta.



Il Modello Standard

- Abbandoniamo ora il criterio cronologico e descriviamo il modello standard delle particelle elementari, che pone ordine tra di esse.
- Il modello standard fu elaborato da Glashow, Salam e Weinberg sul finire degli anni '60 del secolo scorso.



Proprietà di una Particella

- Massa.
- Carica elettrica.
- Spin (rotazione su se stessa).
- Numero barionico.
- Numero leptonic.
- Altri numeri quantici.
- Soggetta a forza elettromagnetica, debole o forte.



Tre tipi di Particelle

- I quark e gli antiquark (spin $\frac{1}{2}$).
- Tre quark combinandosi danno un barione.
- Un quark e un antiquark combinandosi danno un mesone.
- Barioni e mesoni, considerati assieme, sono detti adroni.
- I leptoni e gli antileptoni (spin $\frac{1}{2}$).
- I bosoni di gauge (mediatori delle forze).



I Quark

- d = down, carica = $-1/3$
- u = up, carica = $2/3$

- s = strange, carica = $-1/3$
- c = charm, carica = $2/3$

- b = beauty, carica = $-1/3$
- t = top, carica = $2/3$

- Più i relativi antiquark.



I Mesoni

- π^+ = pione positivo = $u\bar{d}$, carica = 1.
- π^- = $\bar{u}d$, pione negativo, carica = -1 (antiparticella).
- Decadono in un muone.
- π^0 = pione neutro = $u\bar{u} + d\bar{d}$, carica = 0.
- Decade in due fotoni.
- ...

I Barioni

- $p = \text{protone} = uud, \text{ carica} = 1$
- $n = \text{neutrone} = udd, \text{ carica} = 0$

- $\bar{p} = \text{antiprotone} = \underline{uud}, \text{ carica} = -1$
- $\bar{n} = \text{antineutrone} = \underline{udd}, \text{ carica} = 0$

- ...



I Leptoni

- e = elettrone, carica -1.
- ν_e = neutrino elettronico, carica 0.
- μ = muone, carica -1 (decade in elettrone).
- ν_μ = neutrino muonico, carica 0.
- τ = tauone, carica -1 (decade in elettrone o muone).
- ν_τ = neutrino tauonico, carica = 0.
- E le relative antiparticelle.



Le Forze

- Nella Meccanica quantistica le forze sono viste come risultanti dello scambio di opportune particelle, i bosoni di gauge.
- Forza elettromagnetica (mediata dal fotone γ).
- Forza debole (mediata dalle particelle W_+ , positiva, W_- , negativa e Z_0 , neutra).
- Forza forte (mediate dagli 8 gluoni, ognuno dei quali ha un “colore”).



Le Forze

- Tutte le particelle cariche sentono la forza elettromagnetica.
- I leptoni e gli adroni sentono la forza debole.
- Solo gli adroni (dunque i quark) sentono la forza forte.



La Forza Elettrodebole

- Nel modello standard si assume l'esistenza di una particella neutra, il bosone di Higgs (non ancora scoperto).
- Ad alte energie la forza elettromagnetica e quella debole hanno lo stesso mediatore, dunque coincidono.
- A basse energie il fotone, le W e le Z interagiscono con l'Higgs in maniera differente e dunque si differenziano tra loro.



L'Unificazione delle Forze

- La forza forte rimane fuori dall'unificazione.
- Tuttavia teorie più avanzate del Modello Standard includono anche la forza forte nell'unificazione.
- Altre teorie tentano di includervi anche la gravità.



Conclusioni

- Il Modello Standard ha un'importanza fondamentale per la Fisica delle Particelle.
- Tuttavia esso lascia fuori dall'unificazione le forze forti e non spiega le diverse masse e cariche delle particelle.
- Vi sono teorie più avanzate che suppliscono alle sue mancanze, ma per ora non sono verificate.
- L'LHC forse ci permetterà di progredire nella ricerca di una nuova teoria.

