

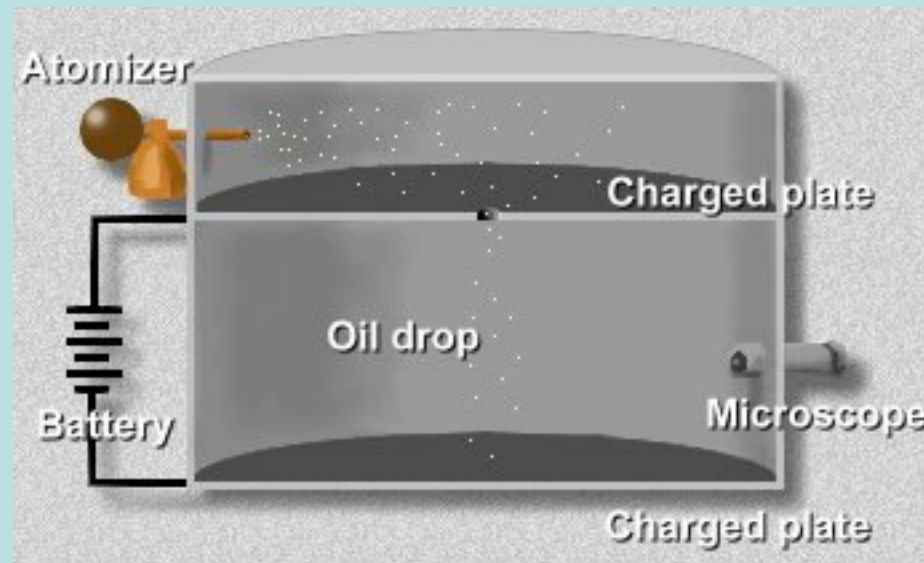
Ipotesi Atomica

- L'Ipotesi atomica (Dalton, 1811) spiega:
- Proporzioni nelle reazioni chimiche
- Elettrolisi ($F = Ne$)
- Struttura cristalli;
- Definizione di temperatura

L'Atomo da Ipotesi a Oggetto di Studio

- Studio rapporto q/m nei raggi catodici (J.J. Thompson, 1896)
- Misura del Numero di Avogadro (Perrin, 1908, moto browniano di particelle solide di gommaresina, diametro 6×10^{-4} cm, in sospensione liquida: conferma teoria Einstein 1905)

Esperimento di Millikan (1910)



$$qE = mg$$

Diffrazione raggi X incidenti su cristalli (von Laue)

(Nota sui Raggi X: sono prodotti quando un elettrone ad alta energia incide su un metallo; sono prodotti, in aggiunta alla luce fluorescente, quando i raggi catodici colpiscono lo schermo fluorescente del tubo. Röntgen, 1895)

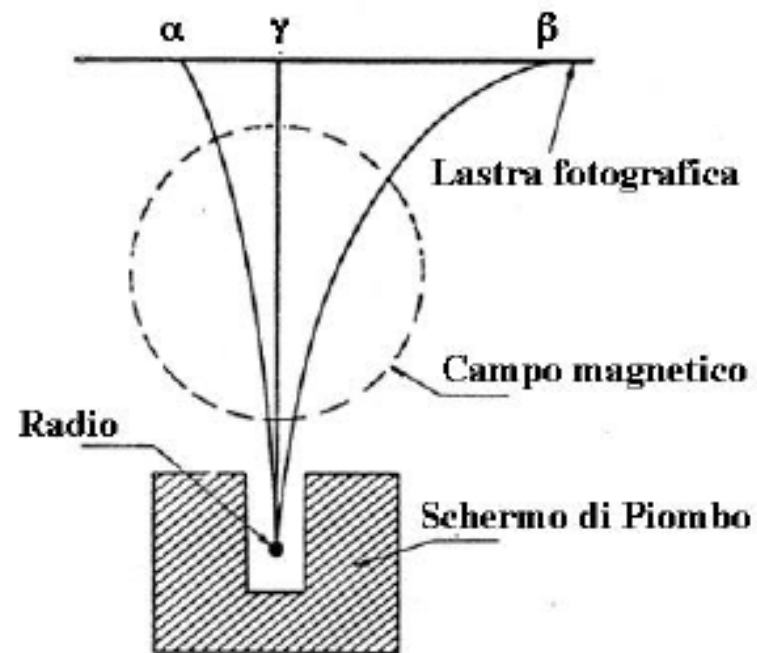
L'Uranio impressiona lastre fotografiche (Becquerel, 1898)

Raggi alfa, beta e gamma: separazione con campo B (Becquerel, Rutherford)
(Becquerel studiava la fosforescenza, ossia l'emissione di luce per un certo tempo dopo esposizione a luce solare)

$$\mathbf{F} = q \mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

Sostanza fotosensibile: AgBr

Comportamento in campo magnetico delle radiazioni emesse dal radio: le radiazioni β (carica $-$) e quelle α (carica $+$) vengono deviate dal campo magnetico; quelle γ , di natura elettromagnetica, non vengono invece deviate.



Raggi beta e Raggi gamma

- Verso il 1900 Becquerel misurò con il metodo di Thomson il rapporto q/m (uguale a quello dei raggi catodici) dei raggi beta.
- Villard formulò l'ipotesi che i raggi gamma fossero onde elettromagnetiche.

Altri materiali radioattivi

- Polonio (Pierre e Marie Curie, 1898)
- Radio (Pierre e Marie Curie, 1898)
- (Misurazioni mediante elettrometro)

Raggi alfa

Esperimenti di Rutherford su Raggi alfa:
righe rosso-arancione dell'He (1906-1908)

(eccitazione mediante elettricità di
particelle alfa imprigionate in un tubo a
vuoto)

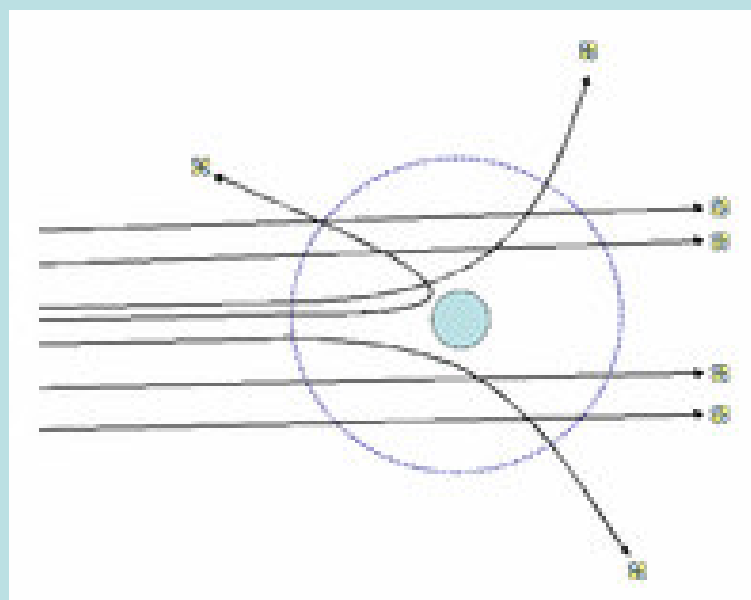
Nuova Misura Numero di Avogadro

Nuova misura del Numero di Avogadro
mediante scintillazione di Solfuro di Zinco
colpito da Raggi alfa (Rutherford, 1908)
(numero di particelle alfa; numero di atomi
di uranio in un campione; numero di atomi
in un gramma-atomo)

$$N = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Esperimento di Rutherford (1911)

- Piombo come collimatore delle particelle alfa
- Oro come bersaglio
- Solfuro di Zinco per la rivelazione mediante scintillazione



Isotopi

Ipotesi isotopica (Soddy, 1910),
confermata da J.J. Thomson con
misura q/m dopo separazione di ioni
 $_{10}\text{Ne}^{20}$ e $_{10}\text{Ne}^{22}$

(Atomi chimicamente indistinguibili
differiscono per la massa)

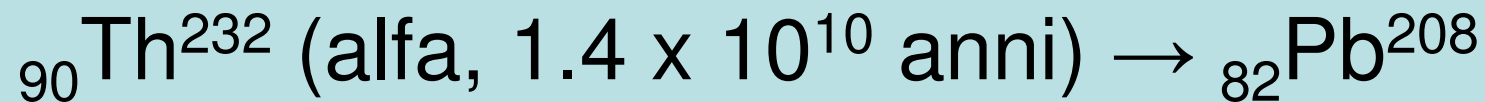
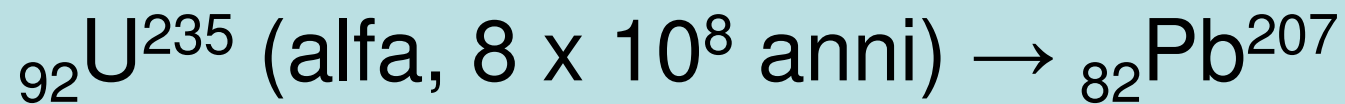
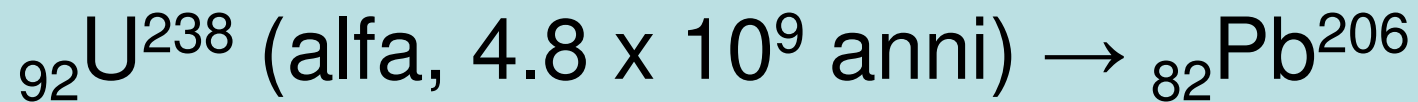
Esempi di reazioni

- ${}_{92}\text{U}^{238} \rightarrow {}_{90}\text{Th}^{234} + {}_2\alpha^4$ (tempo di dimezzamento: 4.8 miliardi di anni, circa l'età della terra)
- ${}_{82}\text{Pb}^{210} \rightarrow {}_{83}\text{Bi}^{210} + {}_{-1}\beta^0$

Legge esponenziale.

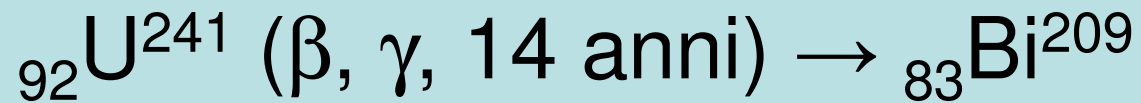
Tempo di dimezzamento. (${}_6\text{C}^{14}$: 5760 anni)

Serie Radioattive (Soddy)



Ulteriore serie radioattiva

- (Parte da un prodotto artificiale)



Il complesso decadimento del Po^{218}

- ${}_{84}\text{Po}^{218}$: tempo di dimezzamento: 3 minuti (il numero di nuclei decresce)
- ${}_{82}\text{Pb}^{214}$: 26.8 minuti (cresce e poi decresce)
- ${}_{83}\text{Bi}^{214}$: 19.7 minuti (cresce e poi decresce)
- ${}_{82}\text{Pb}^{210}$: 25 anni (cresce)

Disintegrazione nucleare dell'Azoto (Rutherford, 1913):

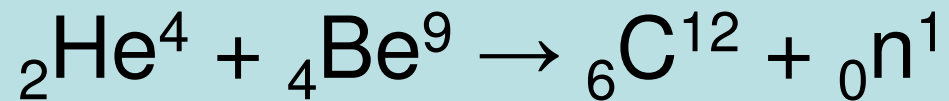
Scoperta del Protone:



Radiazione emessa da Berillio colpito da raggi alfa

- Radiazione emessa di Boro o Berillio colpito da Raggi alfa (Bothe, 1930): priva di carica, avente alta energia
- Esperimento di Irène Curie e Joliot (Polonio come sorgente di raggi alfa, Berillio): la radiazione emessa dal Berillio colpisce paraffina: viene emesso un gran numero di protoni. Per ragioni energetiche, non può consistere in raggi gamma.

Interpretazione di Chadwick (1932): scoperta del Neutrone



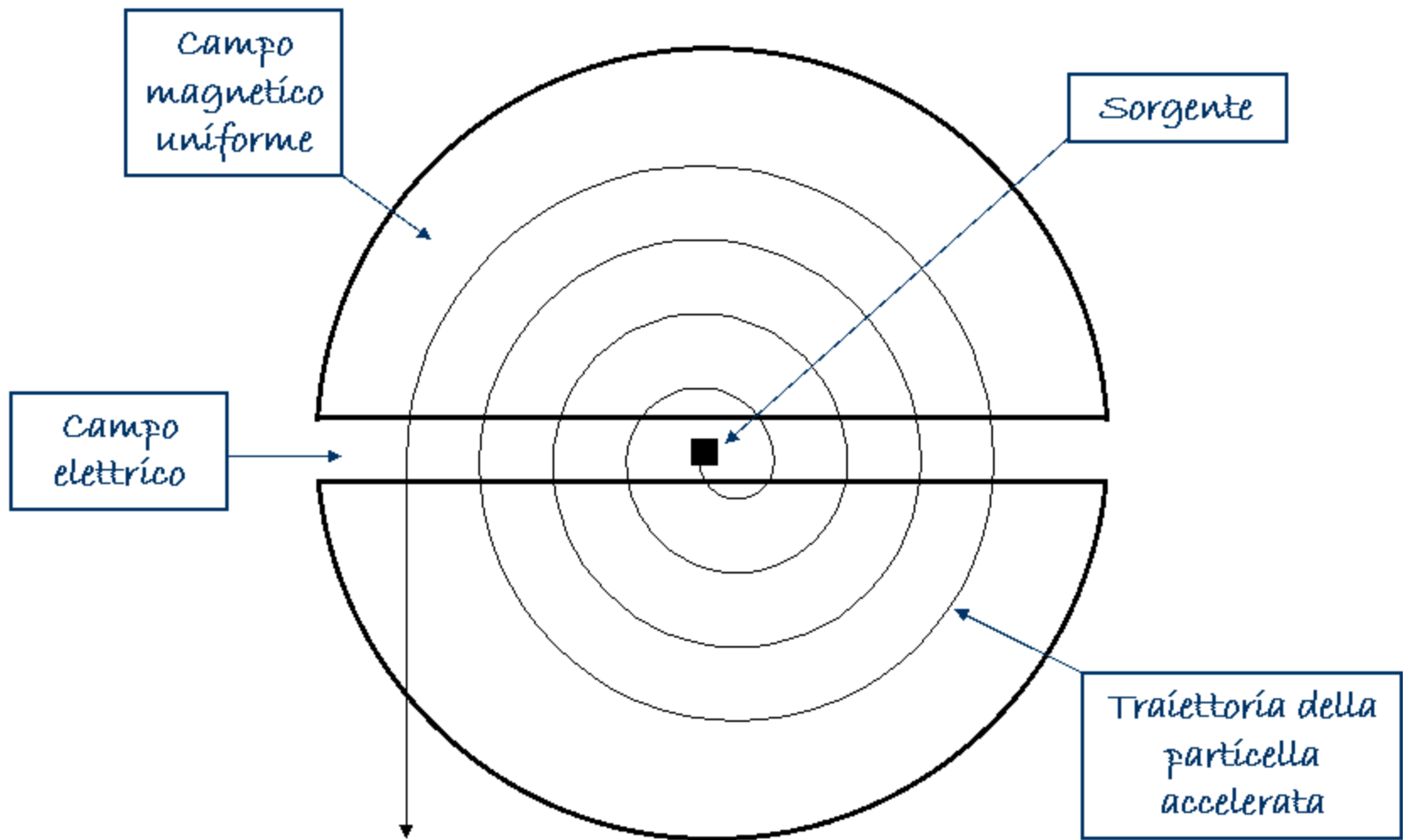
Particelle osservate fino ad ora: fotoni,
protoni, neutroni, elettroni.

Difetto di massa

Difetto di massa: Protone: 1.007276;
Neutrone: 1.008685; somma:
2.015941. La massa del nucleo di
Deuterio è invece 2.013553 (energia
di legame)

Ciclotrone (Lawrence, 1930)

Il Ciclotrone è un acceleratore circolare costituito da due elettrodi cavi a forma di D, immersi in un campo magnetico costante e collegati ad una differenza di potenziale alternata a frequenza costante. Le particelle passano ripetutamente nella stessa cavità accelerante.



Teoria dell'Interazione Forte (Yukawa, 1935)

- Prevede il mesone (con massa 200-300 volte maggiore della massa dell'elettrone)
- Nei raggi cosmici esiste una particella, detta mesone μ o muone, con massa 207 volte quella dell'elettrone: però non interagisce fortemente con i nuclei.

Pioni nei raggi cosmici (Powell e Occhialini, 1946)

Tre particelle (mesoni π o pioni) di massa circa 270 volte quella dell'elettrone

(lastre fotografiche impressionate dai raggi cosmici).

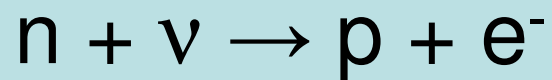
Queste particelle furono assunte come le particelle scambiate fra nucleoni durante l'interazione forte.

Breve raggio d'azione dell'Interazione Forte

- Questo spiega il decadimento alfa

Interazione Debole

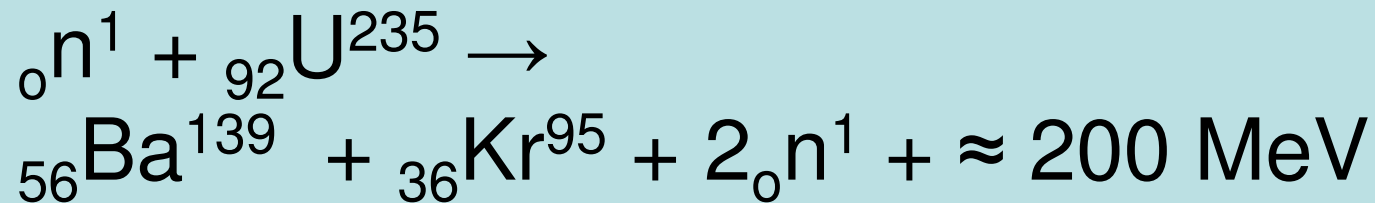
L'emissione beta è dovuta all'urto fra un neutrone e una nuova particella, detta neutrino (Pauli, 1933; Fermi, 1934)



L'Interazione Debole spiega perché non esistono nuclei stabili contenenti un numero di neutroni molto più alto del numero di protoni.

Fissione nucleare

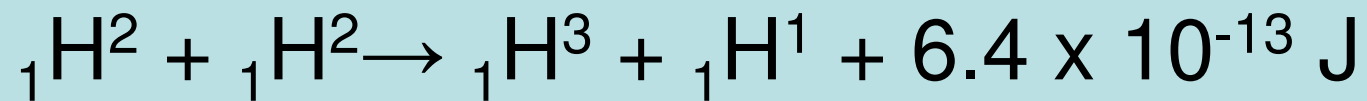
Esempio di reazione a catena:



*Nota: L'**uranio arricchito** è una miscela di isotopi dell'uranio, che differisce dall'uranio naturale estratto dalle miniere per un **maggior contenuto dell'isotopo U²³⁵**, ottenuto attraverso il processo di separazione isotopica. L'**U²³⁵** è infatti l'unico isotopo esistente in natura in quantità apprezzabili che possa essere sottoposto a fissione nucleare innescata da neutroni termici; nell'uranio naturale, invece, la percentuale di questo isotopo è, in peso, circa 0,711%, mentre la maggior parte del materiale è composta dall'isotopo U²³⁸.*

Fusione nucleare

Tipico esempio di reazione di fusione:

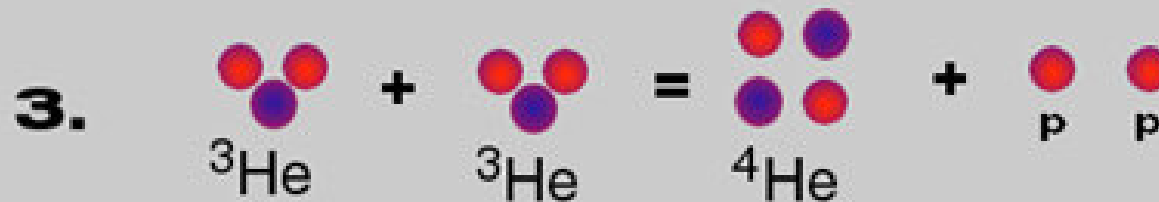
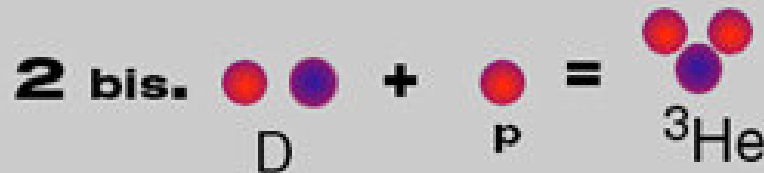
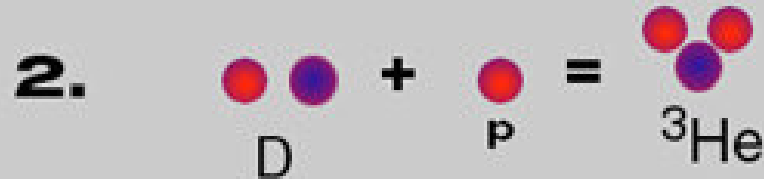
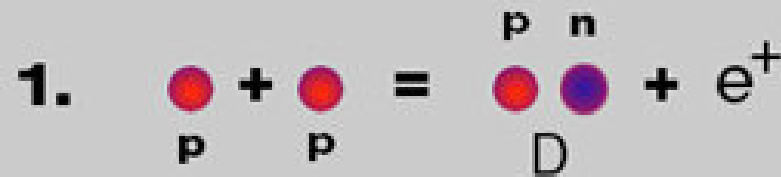


Fusione Nucleare nel Sole

Nell'interno del Sole avviene la fusione di quattro nuclei di Idrogeno (protoni) in un nucleo di Elio.

Fusione dell'elio

Ciclo protone - neutrone



 protone  neutrone

Particelle elementari

Si dividono in:

- **Leptoni** (neutrino, muone, elettrone)
- **Adroni**: solo interazione forte

A loro volta gli adroni si dividono in:

- **Mesoni** (bosoni) (pione o mesone π , kaone o mesone K, D, F)
- **Barioni** (fermioni) (protone, neutrone, lambda, sigma, omega)

Particelle stabili

- Protone: barione stabile di spin $\frac{1}{2}$ e carica +1
- Neutrone: barione stabile di spin $\frac{1}{2}$ e carica 0
(**tuttavia**: vita media fuori dal nucleo: 887 s)
- Elettrone: leptone stabile di spin $\frac{1}{2}$ e carica -1
- Neutrino: leptone stabile di spin $\frac{1}{2}$, carica 0 e massa 0 (o piccolissima)
- Fotone: bosone stabile di massa 0, carica 0, spin 1, energia hf e massa equivalente hf/c^2

Tipi di interazione

- Gravitazionale (comune a tutte le particelle)
- Elettromagnetica (tipica delle particelle cariche)
- Forte (tipica degli adroni)
- Debole (tipica dei leptoni)

Modello Standard

Il Modello Standard (MS) è una teoria che descrive tutte le particelle elementari ad oggi note e tre delle quattro forze fondamentali. Si tratta di una **Teoria di Campo Quantistica**, coerente sia con la Meccanica Quantistica sia con la Relatività Speciale.

Teoria Quantistica di Campo

- Elettrodinamica Quantistica (QED)
(fondata da Dirac e sviluppata negli anni 40 da Feynman, Schwinger e Tomonaga).
- Cromodinamica quantistica (interazione forte) (QCD)
- Teoria Elettrodebole (Glashow, Weinberg e Salam)

Osservazione: Nel modello fornito dalla teoria quantistica dei campi, le particelle sono rappresentate dallo stato eccitato di un campo quantizzato.

Teorema CPT

Tutte le interazioni sono invarianti rispetto ad una operazione simultanea di coniugazione di carica, riflessione spaziale ed inversione temporale.

Particelle stabili

- Fotone, Elettrone, Neutrino, Protone
- A queste si aggiunge il Gravitone, che non è stato osservato

Violazione della P-invarianza

- Ipotesi della violazione della P-invarianza (specularità) nelle reazioni deboli (Tsung Dao Lee e Chen Ning Yang, 1956);
esperim. di Chien Shiung Wu.

Quark (Gell.Man e Zweig, 1963)

- 1. Quark **Up** (carica $+2/3$)
- 2. Quark **Down** (carica $-1/3$)
- 3. Quark Strange (carica $-1/3$)
- 4. Quark Charm
- 5. Quark Bottom
- 6. Quark Top

Il **protone** è costituito da 3 quark, 2 di tipo Up e 1 di tipo Down, il **neutrone** da 1 di tipo Up e 2 di tipo Down.

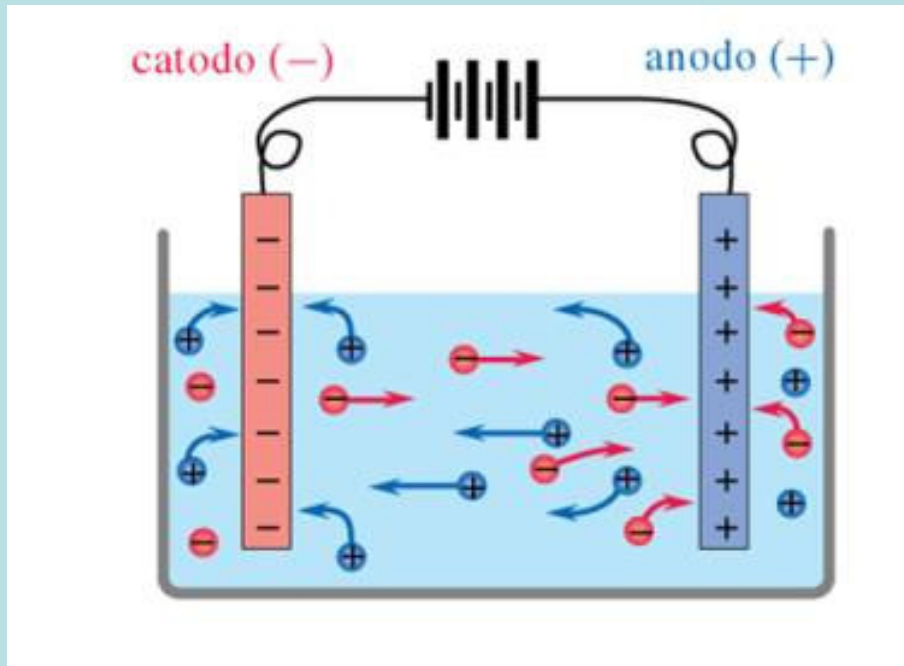
Teoria Elettrodebole (Weinberg, Salam)

- **Particelle virtuali W^- e W^+** (Rubbia e Van der Meer, 1983). Hanno massa 80 volte quella del protone e raggio d'azione di soli 10^{-17} m.
- Teoria di Higgs: Il **Campo di Higgs**, che permea l'universo, fornisce massa a tutte le particelle in seguito a **rottura spontanea della simmetria elettrodebole del modello standard**.

Large Hadron Collider

- Accelera protoni e ioni pesanti fino al 99,99999991% della velocità della luce
- Energia: 14 teraelettronvolt
- Tunnel di 27 Km a 100 m di profondità
- Magneti superconduttori producono campo magnetico di circa 8 T
- I magneti sono raffreddati da He liquido superfluido a 1.9 K

Elettrolisi



Elettrolisi

- Massa m (in grammi) di metallo (p. es. Ag) depositata al catodo = massa di uno ione (M/N_{AV}) x numero di ioni (n^*) = $M n^* / N_{AV}$
- Carica Q che ha attraversato la soluzione = carica di uno ione ($Z e$) x numero di ioni (n^*) = $Z e n^*$
- Quindi: $m = Q (M / Z) / (N_{AV} e)$
 $(N_{AV} e = 6.02 \times 10^{23} \times 1.6 \times 10^{-19})$
 $= 9.65 \times 10^4 \text{ C}$