

LE QUATTRO FORZE FONDAMENTALI

INTRODUZIONE:

A tutt'oggi sappiamo che nell'universo agiscono **quattro tipi di forze** :

la forza gravitazionale, la forza elettromagnetica, la forza nucleare debole e la forza nucleare forte.

- La **forza gravitazionale** è comune a tutta la materia : tutti i corpi materiali si attirano reciprocamente.
- La **forza elettromagnetica** è prodotta dalle cariche elettriche : essa è sia attrattiva che repulsiva.
- La **forza nucleare debole** agisce all'interno dei nuclei atomici : essa è responsabile della radioattività.
- La **forza nucleare forte** agisce all'interno dei nuclei atomici : essa tiene assieme protoni e neutroni.

La forza elettromagnetica e la forza nucleare debole sono in effetti due manifestazioni della stessa forza : la **forza elettrodebole**.

Tutti i **fenomeni noti sono spiegabili in quanto manifestazioni di queste forze** (o almeno dovrebbero).

Lo sforzo attuale dei fisici è quello di **unificare** tutte le forze in una sola forza, cioè di dimostrare che tutte le forze presenti in natura, anche se appaiono diverse, in effetti sono **manifestazioni di una sola forza**.

Il processo di unificazione è molto complesso e, nonostante le energie profuse, il traguardo è ancora lontano (se mai raggiungibile). E' anche probabile che nel tentativo di unificare le forze si scopra qualcosa che mette in crisi le conoscenze attuali e che costringa gli scienziati a rivedere, correggere ed ampliare le loro vedute.

Nella storia della scienza ciò è avvenuto più volte : proprio nel momento in cui si pensava di avere spiegato ogni cosa e scritto teorie omnicomprensive e omniesplicative, una grande rivoluzione è avvenuta che ha radicalmente cambiato il nostro modo di spiegare il cosmo.

Si pensi che alla fine dell'800 solo pochi fenomeni non si era ancora riusciti a spiegare con le teorie allora note. Fra questi l'**effetto fotoelettrico** e la inesplicabile **elusività dell'etere** dentro il quale le onde elettromagnetiche erano considerate propagarsi. Di fronte a questi pochi fenomeni inspiegabili, tantissimi altri erano perfettamente descritti e spiegati (entro i limiti di precisione degli strumenti scientifici di allora).

La **teorie della gravitazione universale di Newton** descriveva estremamente bene i moti dei pianeti attorno al sole e la **teoria dell'elettromagnetismo di Maxwell** spiegava con grande precisione (per allora) tutti i fenomeni elettromagnetici noti.

Il tentativo di fare rientrare nelle teorie note anche quegli "strani" fenomeni portò, invece, alla creazione della **teoria della relatività** e della **meccanica quantistica** che sconvolsero la nostra visione del cosmo. Pochi fenomeni anomali, che non stavano "alle regole", misero in crisi teorie che sembravano a prova di "bomba".

Queste due teorie, purtroppo **non conciliabili** nei principi su cui si fondano e nella forma matematica con cui sono espresse, sono tuttora alla base delle teorie fisiche attuali e la loro incompatibilità (la prima spiega i fenomeni macroscopici, la seconda quelli microscopici) è il grande problema ancora irrisolto.

Forse, nel tentativo di risolvere questa loro contraddizione, si dovrà creare una **nuova teoria**, completamente diversa dalle precedenti, che le **contenga** però come **casi particolari**, come **casi limite**, così come la teoria della relatività e la meccanica quantistica contengono le precedenti teorie di Newton e Maxwell come casi limite.

In questo nostro percorso andremo ad analizzare innanzitutto le quattro forze fondamentali una alla volta, tentando di spiegare le applicazioni fisiche. In seguito analizzeremo il modo in cui i fisici moderni hanno cercato di unificare le quattro forze mediante una teoria denominata G.U.T.: “teoria di grande unificazione”.

FORZA GRAVITAZIONALE

La legge di gravitazione universale fu introdotta da Isaac Newton nel testo fondamentale “*Principia Mathematica*” nel 1687:

"Qualsiasi oggetto dell'Universo attrae ogni altro oggetto con una forza diretta lungo la linea che congiunge i baricentri dei due oggetti, di intensità direttamente proporzionale al prodotto delle loro masse ed inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza".

Ciò equivale alla seguente formulazione algebrica:

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

dove :

- F = modulo della forza gravitazionale intercorrente tra i corpi;
- G = costante di gravitazione universale;
- m_1 = massa del primo corpo;
- m_2 = massa del secondo corpo;
- r = modulo della distanza tra i due corpi.

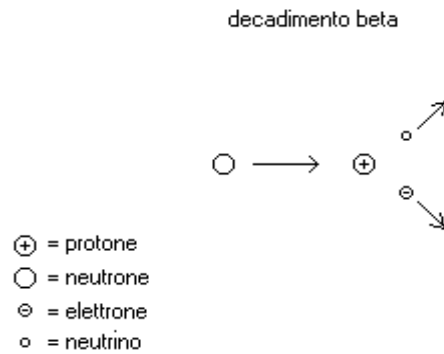
FORZA ELETTROMAGNETICA

L'elettromagnetismo è la branca della fisica che studia i fenomeni di natura elettrica e magnetica, tra cui i campi magnetici prodotti dalle correnti elettriche, e le correnti elettriche prodotte dai campi magnetici variabili, il cui comportamento classico è descritto dalle equazioni di Maxwell, e quantisticamente dall'elettrodinamica quantistica. Tra la forza elettrica e magnetica esiste una forte analogia, infatti entrambe sono sia attrattive che repulsive e diminuiscono con il crescere del quadrato della distanza. Tuttavia, una grande differenza è che mentre esistono cariche elettriche positive o negative isolate, sia a livello microscopico che a livello macroscopico, non esistono monopoli magnetici separati (+ o -) ma dipoli + -.

La teoria dell'elettromagnetismo permette di dare un'interpretazione generale del magnetismo riconducendolo sempre al moto di cariche elettriche. Ci possono essere due casi: quando una carica è fissa rispetto ad un osservatore situato nel campo circostante, egli percepisce solo la presenza di un campo elettrico; quando invece la carica si muove, l'osservatore percepisce anche la presenza di un campo magnetico. Questi si interpretano con il fatto che il magnetismo è una conseguenza del moto relativo di una carica rispetto all'osservatore, e ciò è una conseguenza di una teoria ancora più generale che è la relatività. Una interpretazione congiunta dei fenomeni elettrici e di quelli magnetici venne fornita da Maxwell, sottolineando l'importanza delle induzioni generate dai campi stessi. In quattro leggi fondamentali, egli riunisce tutti gli studi e i fenomeni elettromagnetici osservati nel diciannovesimo secolo.

FORZA NUCLEARE DEBOLE

La forza nucleare debole è l'unica forza che agisce su le coppie di particelle elementari. Ha raggio d'azione breve ed è 100.000 volte più debole della forza forte. Questa forza non è in grado di tenere unite delle particelle e, data la sua debolezza, permette al neutrone di scindersi in un protone, elettrone e neutrino(decadimento beta).



I fenomeni legati alla forza nucleare debole sono strettamente legati a quelli elettromagnetici. Per questo è stata creata la forza elettrodebole, la quale interpreta entrambi i fenomeni in un'unica teoria.

FORZA NUCLEARE FORTE

La forza nucleare forte tiene uniti i protoni ed i neutroni all'interno del nucleo di un atomo. La forza elettromagnetica tende a far allontanare le particelle con carica uguale(protoni), ma la forza forte anche se ha un raggio d'azione breve riesce a vincere questa repulsione e tiene il nucleo unito. All'interno dei nucleoni i quark vengono tenuti ben saldati da questa forza, che è la più forte di tutte, scambiandosi le particelle virtuali che fungono da mediatori.

La forza nucleare forte è estremamente intensa e, se liberata, essa sprigiona immense energie. L'energia che le stelle producono è dovuta alle reazioni nucleari che avvengono nel loro interno. Qui sulla terra, l'uomo sta utilizzando questa energia per tentare di risolvere per sempre i propri bisogni energetici ma tuttora i problemi relativi alla produzione di questa energia sono enormi sia in termini di impatto ambientale (scorie radioattive) che in termini di controllo della medesima (problema del confinamento della fusione).

TEORIA DELLA GRANDE UNIFICAZIONE

Il **Modello Standard** della fisica delle particelle è una teoria che descrive insieme tre delle quattro forze fondamentali, cioè l'interazione nucleare forte, l'elettromagnetismo e l'interazione nucleare debole (queste ultime due unificate nell'interazione elettrodebole), nonché le proprietà di tutte le particelle fondamentali che costituiscono la materia. Si tratta di una teoria di campo quantistica, coerente sia con la meccanica quantistica che con la relatività speciale.

Riportiamo ora la tabella di confronto tra le quattro forze fondamentali:

Forza	Agisce su	Intensità	Raggio d'azione
Forte	Particelle nucleari	$\sim 10^4$ N	10^{-15} ∞
Elettromagnetica	Cariche elettriche	$\sim 10^2$ N	∞
Debole	Particelle elementari	$\sim 10^{-2}$ N	$< 10^{-17}$ ∞
Gravitazionale	Tutte le masse	$\sim 10^{-34}$ N	∞

Sinteticamente esse possono essere racchiuse nel seguente schema:

