

Le forze fondamentali

In Natura si manifestano molti tipi di forze. Nel corso del tempo si è constatato che alcune di queste sono in realtà manifestazioni diverse di una stessa forza. Il primo caso di unificazione tra forze si ebbe nel 1680 quando lo scienziato inglese Isaac Newton dimostrò che la forza di attrazione terrestre e quella tra gli astri non sono altro che espressioni della stessa interazione, quella gravitazionale.

Nel 1830 furono unificate la forza elettrica e la forza magnetica grazie al lavoro del fisico-chimico britannico Michael Faraday e del fisico francese André-Marie Ampère. Pochi anni dopo il matematico e fisico scozzese James Clerk Maxwell unificò le forze elettriche e magnetiche con le interazioni della luce con la materia (onde elettromagnetiche). Nel XX secolo si individuarono la forza forte e la forza debole per spiegare la struttura del nucleo atomico, i fenomeni tra particelle nucleari e i processi di decadimento radioattivo. L'INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare) ha organizzato una mostra proprio sulle forze fondamentali, «La Natura si fa in 4», da cui abbiamo tratto i brani seguenti.

La Natura si fa in 4



Come comunica la Natura?

I fisici hanno scoperto che la Natura «parla» usando quattro diversi linguaggi che si manifestano come le **quattro forze fondamentali**: elettromagnetica, forte, debole e gravitazionale. Anche il nostro corpo, così come accade per la Terra, il Sole e l'intero Universo, è tenuto insieme e si trasforma proprio grazie a queste quattro forze.

[...]

Generalmente, però, ignoriamo che le forze in gioco quando corriamo, come l'attrito tra noi e il terreno, e la forza chimica, che mette in azione i muscoli, sono in realtà espressioni di una sola forza fondamentale. La stessa che origina le onde captate o inviate dal nostro cellulare... è la **forza elettromagnetica**.

E forse non siamo abituati a pensare che ciò che rende così difficoltoso sollevare una pesante valigia è in realtà una forza molto comune, la stessa che tiene la Terra in orbita intorno al Sole: è la **forza gravitazionale**, che detta legge sul moto di tutti i corpi celesti.

Proprio il Sole, inoltre, è sede di fenomeni legati a una terza forza poco familiare, la **forza forte**: quella che tiene unito il nucleo degli atomi e può rendere disponibili quantità enormi di energia. Per questo ha reso possibile la realizzazione delle centrali nucleari, ma anche della bomba atomica.

Vi è poi una quarta forza, a livello del nucleo atomico, che causa una particolare forma di radioattività ed è coinvolta inoltre nei processi di fusione termonucleare nelle stelle: è la **forza debole**.

[...]

Approfondimento

Le forze chimica, di attrito, muscolare, di coesione, la forza peso... sono quindi solo diverse manifestazioni di queste forze fondamentali. In realtà, noi abbiamo a che fare soprattutto con fenomeni elettromagnetici e gravitazionali e non abbiamo esperienza diretta delle forze nucleari, se non nel constatare che i nuclei che compongono noi e quanto ci circonda stanno insieme... Eppure, insieme alle forze elettromagnetica e gravitazionale, la forza forte e la forza debole danno conto di tutti gli scambi di energia tra le particelle che compongono la materia e sono quindi responsabili della struttura complessiva dell'intero Universo.

Se pensiamo alla forza di gravità tra il Sole e la Terra, inoltre, ci rendiamo conto che una forza può agire senza che vi sia un contatto «fisico» fra i corpi che le sperimentano. Anche per questo le forze, in fisica, sono preferibilmente chiamate **interazioni**.

[...]

Ogni interazione, per manifestarsi, richiede la presenza di almeno due corpi. Così è, ad esempio, nell'interazione gravitazionale che tiene in orbita i pianeti attorno al Sole o i satelliti intorno alla Terra. Tuttavia, la sola presenza del Sole crea nello spazio un **campo di forza** (in questo caso gravitazionale) che si manifesta come interazione quando nello spazio ci sono altri corpi. In generale, però, può esistere una distanza massima oltre la quale gli effetti del campo diventano nulli. È il **raggio d'azione**. Nel caso dell'interazione gravitazionale, essendo il raggio d'azione infinito, gli effetti del campo non si annullano mai. Questo significa che la forza agisce anche allontanandosi all'infinito dalla sorgente del campo, ma la sua intensità diventa sempre più bassa. Lo stesso vale per l'interazione elettromagnetica, ma non per le interazioni forte e debole che agiscono solo a distanze piccolissime, più piccole di un nucleo atomico.

In tabella viene riportato il confronto fra le 4 forze fondamentali della Natura ed il loro raggio d'azione.

	intensità relativa	raggio d'azione	mediatore della forza	azioni principali
forza forte	1	10^{-15}m	 gluone	tenere assieme il nucleo
forza elettromagnetica	10^{-2}	infinito	 fotone	tenere assieme atomi e molecole
forza debole	10^{-5}	$<10^{-17}\text{m}$	 bosone W o Z	far avvenire processi di trasformazione
forza gravitazionale	10^{-38}	infinito	 gravitone	tenere assieme corpi come sistemi planetari e stellari, galassie, ecc.

L'interazione elettromagnetica e quella debole sono state «unificate», ossia interpretate come manifestazioni diverse di una stessa forza (**forza elettrodebole**), dagli scienziati Abdus Salam, Sheldon Lee Glashow e Steven Weinberg, i quali, per questa loro scoperta, hanno ricevuto il Premio Nobel per la Fisica nel 1979.

A tutt'oggi sono in corso numerose ricerche da parte sia dei fisici sperimentali sia di quelli teorici per arrivare alla grande unificazione di tutte le forze della natura. Nel 2050 si arriverà a tale unificazione, come si interroga lo stesso Steven Weinberg in un suo famoso (per gli specialisti) articolo? (A Unified Physics by 2050? *Scientific American*, December 1999, by Steven Weinberg).