

## I PREMI NOBEL PER LA SCIENZA 2004



### Fisica: la libertà asintotica dei quark

La costruzione del Modello Standard delle particelle elementari è stata uno dei compiti più rilevanti della fisica della seconda metà del Novecento. La comprensione del mondo delle particelle elementari, e quindi la loro classificazione, è legata alla conoscenza delle forze che agiscono a livello subatomico: l'interazione elettromagnetica, l'interazione debole e l'interazione forte; a ciascuna di esse è associato un tipo di particelle, che definiscono le caratteristiche della forza, rispettivamente i fotoni, i deboloni, i gluoni.

Particolarmente problematica è la descrizione dell'interazione forte. Essa si esercita fra le particelle elementari denominate *quark*. Come la grandezza fisica legata alla forza gravitazionale è la massa e quella legata all'interazione elettromagnetica è la carica elettrica, così esiste anche una grandezza fisica legata all'interazione forte: la carica di colore. I *quark* possono avere tre diversi «colori»: rosso, blu o verde. Per ogni *quark* (come per tutte le particelle elementari) esiste un *antiquark*, che possiede gli anticolori: antirosso, antiverde, antiblu. Aggregati stabili di *quark* devono essere «bianchi», cioè devono possedere un colore e un anticore, oppure tutti e tre i colori. Ciò viene espresso dai fisici delle particelle con una frase quasi scherzosa: «la natura è bianca». Naturalmente il nome «colore» è assolutamente convenzionale, motivato forse solo dal fatto che se la natura deve essere «bianca» servono tre diverse cariche di colore, come nel mondo macroscopico per ottenere il bianco servono tre colori. La necessità di una denominazione convenzionale (invece che colore avrebbe potuto benissimo essere odore, o qualsiasi altro termine) dipende dal fatto che la carica di colore, a differenza della carica elettrica, non ha alcuna possibilità di essere studiata a livello macroscopico, e rimane quindi una caratteristica inaccessibile ai nostri sensi, confinata nel mondo delle particelle elementari.

La forza fra i *quark*, mediata dai gluoni, è quindi legata alla carica di colore. Per questo la teoria che studia le interazioni fra i quark prende nome di *Quantum Chromodynamics* (QCD).

Particolarmente importanti sono le aggregazioni formate da tre quark, di differenti colori, i protoni e i neutroni, costituenti del



David J. Gross (1941- )  
Nato a Washington, lavora all'Università di Santa Barbara, California (USA).

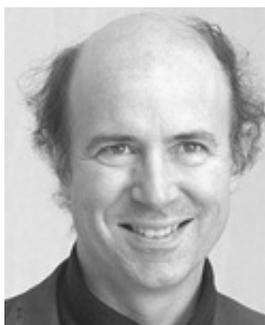


H. David Politzer (1949- )  
Cittadino americano, lavora al Caltech di Pasadena (USA).

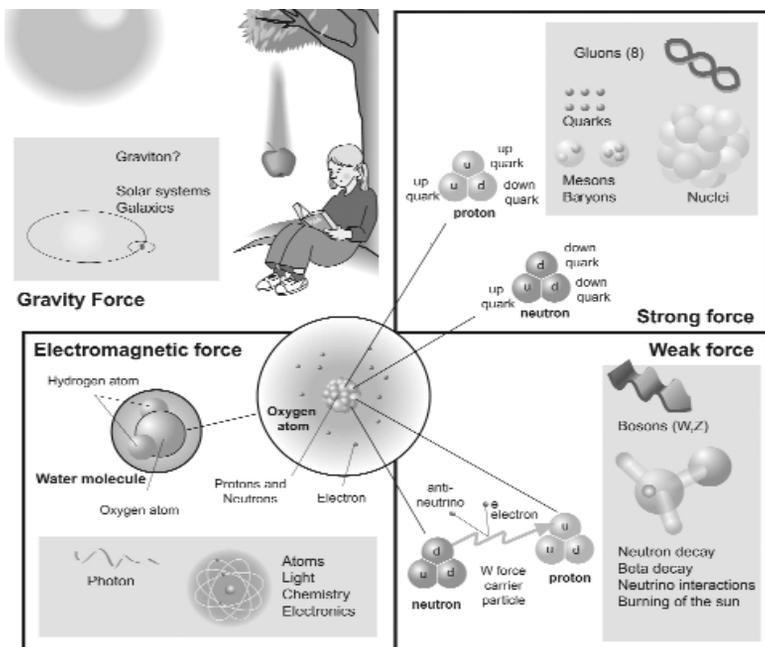
nucleo atomico: la materia ordinaria (a parte gli elettroni) è quindi costituita dai *quark*. Tuttavia i quark non si possono studiare direttamente, perché non esistono liberi: la forza che li lega cresce con la distanza, come una forza elastica. Non è quindi possibile studiare direttamente le interazioni di un quark singolo. Questa difficoltà costituiva, all'inizio degli anni Settanta del Novecento, un ostacolo apparentemente insuperabile per la formulazione di una QCD verificabile sperimentalmente.

A questo livello si situa il contributo dei tre premi Nobel di quest'anno David J. Gross, David H. Politzer, Frank A. Wilczek. In due articoli, pubblicati nel 1973, questi scienziati formulano delle ipotesi e sviluppano una teoria, per cui l'interazione mediata dai gluoni si affievolisce quando la distanza fra i *quark* è estremamente piccola: è il concetto di «libertà asintotica» dei *quark*. Libertà asintotica significa che la forza di interazione fra i *quark* tende a zero al tendere a zero della loro distanza.

È quindi possibile verificare sperimentalmente la teoria delle interazioni tra singoli *quark* quando essi sono estremamente vicini, e quindi il contributo dei tre scienziati ha permesso la costruzione di una QCD in grado di fare previsioni verificabili. È stato però necessario lo sviluppo (negli anni Ottanta-Novanta) di potenti acceleratori, perché la situazione di *quark* molto vicini richiede altissime energie di interazione. La conferma sperimentale della QCD è stata alla fine ottenuta, e in particolare è stata verificata la previsione della libertà asintotica dei *quark*.



Frank A. Wilczek (1951- ) Nato a Queens (NY), lavora al Dipartimento di Fisica del MIT a Cambridge (USA).



Il lavoro dei tre scienziati ha quindi costituito un importante passo verso quello che sembra l'obiettivo finale dei fisici delle particelle: una descrizione unitaria delle quattro forze fondamentali dell'universo, quella che alcuni definiscono (secondo altri con un eccesso di ottimismo e forse un po' di presunzione) la «teoria del tutto» che dovrebbe comprendere qualsiasi fenomeno fisico, sia a livello macroscopico, sia a livello microscopico.

Lorenzo Mazzoni