

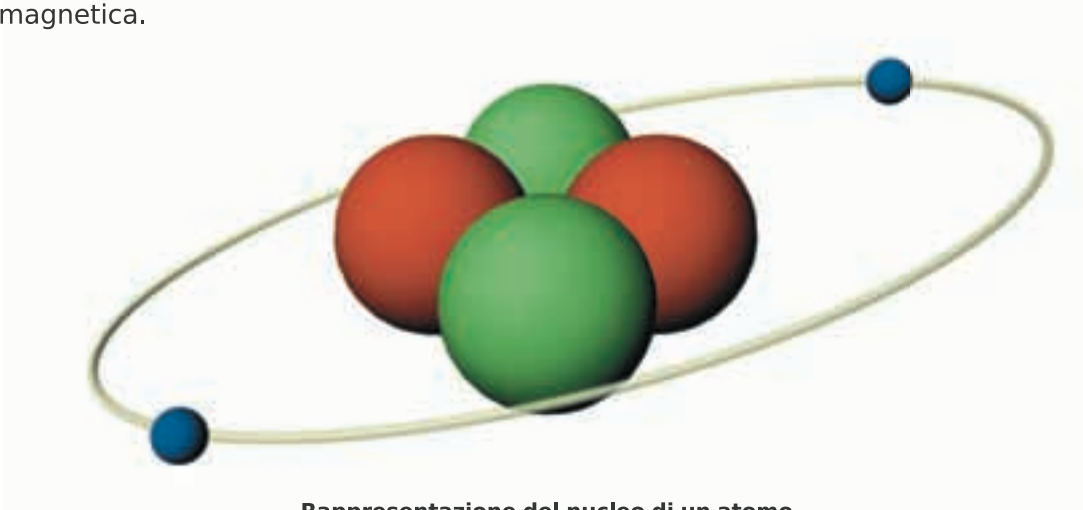


SCHEDA | 05

# Nuclei, quark e gluoni



All'interno del nucleo atomico, a distanze più piccole di qualche milionesimo di miliardesimo di metro, si trovano i **neutroni** e i **protoni**. La loro massa è quasi duemila volte maggiore di quella degli elettroni e, seppur costretti in uno spazio davvero "scomodo", nei nuclei più pesanti essi possono convivere anche in più di duecento. Mentre i neutroni non hanno alcuna carica elettrica, sono i protoni a dare al nucleo la carica positiva che lo caratterizza. Ma come fanno a convivere senza respingersi in un volume così ristretto? A distanze come le dimensioni di un nucleo, vi è una forza molto più intensa dell'interazione elettromagnetica, in grado di vincere la repulsione tra i protoni carichi e, allo stesso tempo, di legare i protoni e i neutroni tra loro. È l'**interazione forte**, il "collante" nucleare che agisce solo a distanze brevissime ed è cento volte più intenso della forza elettromagnetica.



Rappresentazione del nucleo di un atomo, formato da protoni (in rosso) e neutroni (in verde). Intorno al nucleo orbitano gli elettroni (in blu).

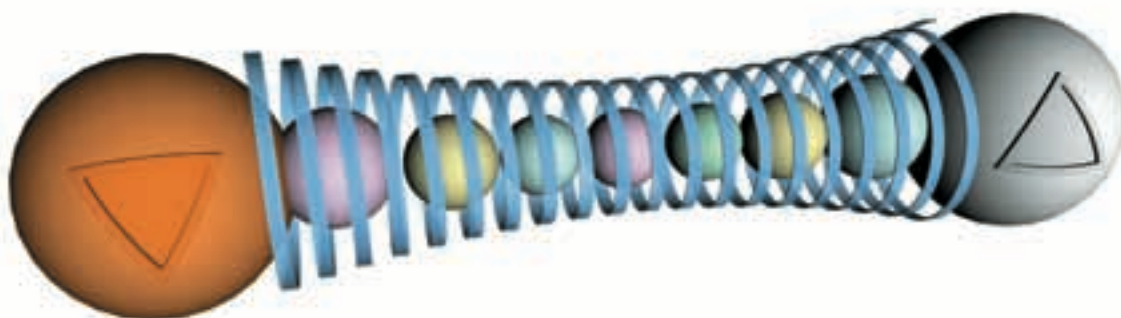
## Forte ma impercettibile ...

Per quanto sia la più intensa esistente in Natura, l'interazione forte non è certo molto familiare. Essa tiene insieme tutta la materia, eppure non ce ne accorgiamo mai! Il motivo della nostra "insensibilità" è nel **raggio d'azione** dell'interazione, la massima distanza, cioè, a cui una forza può far sentire i suoi effetti. Contrariamente a quello della forza elettromagnetica, che è infinito, il raggio d'azione dell'interazione forte ha un valore finito e piccolissimo, delle dimensioni di un nucleo atomico. Per questo non ne sentiamo gli effetti: un'azione a distanze così piccole, per quanto intensa, per noi è impercettibile

## APPROFONDIMENTO

L'origine dell'interazione forte è da ricercare a distanze ancora più piccole delle dimensioni dei neutroni e dei protoni. Neanche questi costituenti del nucleo, infatti, sono indivisibili: essi sono formati da **quark**, particelle elementari come gli elettroni (così, almeno, si ritiene oggi). I neutroni e i protoni esistono proprio grazie all'interazione forte tra i quark ed è per un effetto "residuo" di questa interazione che essi si legano a costituire il nucleo. Per formare neutroni e protoni, però, servono dei quark con una "firma" speciale. I quark, infatti, possono esistere in sei diversi "sapori" - *up, down, charm, strange, top e bottom* - ma solo i tipi *up* e *down*, a gruppi di tre, formano i protoni (*up, up e down*) e i neutroni (*down, down e up*).

Anche l'interazione forte, come le altre interazioni, richiede l'intervento di particelle mediatrici che hanno la stessa funzione di scambio dei fotoni nel caso della forza elettromagnetica. Il loro nome originale, **gluoni**, viene dalla versione inglese della parola "colla" e questo rende chiara l'azione della forza forte! Come una colla, l'interazione non consente ai quark di esistere isolati: ognuno di essi crea attorno a sé un **campo di forza** che lo lega a un altro compagno tramite uno scambio continuo di gluoni. Quando due quark si allontanano l'uno dall'altro, l'intensità dell'interazione aumenta proprio come farebbe una molla tesa. E come la molla, che oltre una certa estensione si rompe, così il legame tra i quark a un certo punto si spezza trasformando la sua energia in due nuovi compagni per i quark di partenza.



**Rappresentazione dell'interazione forte tra due quark.**  
La forza è simile a quella esercitata da una molla: quanto più i due quark sono lontani, tanto più la molla è tesa e li richiama l'uno verso l'altro.

## Uniti dal colore

Come la forza elettromagnetica agisce solo tra particelle con carica elettrica, l'interazione forte deve la sua esistenza a una particolare caratteristica dei quark: la carica di colore (che non ha nulla in comune con i colori a cui siamo abituati). La carica di colore può assumere tre forme, *rosso, verde e blu*, e tre corrispondenti cariche di colore complementari, o anti-colore. Tuttavia non si sono mai osservate particelle "colorate" isolate, ma solo a coppie o a gruppi di tre (come avviene per i quark). E la combinazione delle tre è tale che tutte le particelle osservabili hanno complessivamente un "colore neutro".

## APPROFONDIMENTO