

# Carica di colore

---

Da Wikipedia, l'enciclopedia libera.

Nella fisica delle particelle la **carica di colore** è una proprietà dei quark e gluoni nel contesto della cromodinamica quantistica (QCD: *quantum chromodynamics*), che descrive l'interazione forte.

La carica di colore è analoga alla nozione di carica elettrica, ma a causa degli aspetti matematici della QCD vi sono numerose differenze tecniche. Venne proposta da Oscar W. Greenberg poco dopo aver avanzato l'ipotesi dell'esistenza dei quark nel 1964, per spiegare come essi, pur avendo caratteristiche identiche, possano coabitare negli adroni senza contraddire il principio di esclusione di Pauli.

Il "colore" di quark e gluoni non ha nulla a che vedere con i colori percepiti dall'occhio umano. Si tratta semplicemente di un termine scelto a caso tra i tanti possibili per indicare una proprietà che si manifesta soltanto al di sotto delle dimensioni del nucleo atomico.

## Indice

---

**Rosso, blu e verde**

**Costante di accoppiamento e carica**

**I campi dei quark e dei gluoni e le cariche di colore**

**Le caratteristiche dei quark**

**Note**

**Bibliografia**

**Voci correlate**

**Altri progetti**

**Collegamenti esterni**

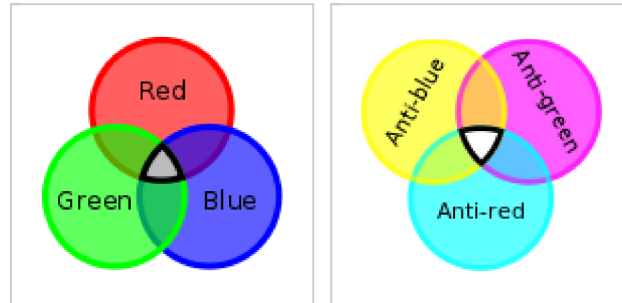
## Rosso, blu e verde

---

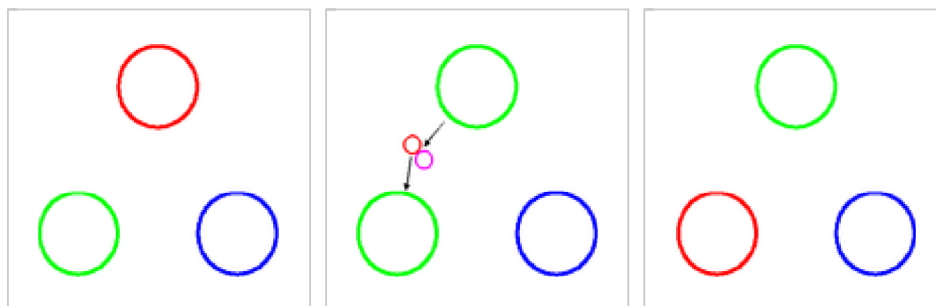
I colori dei quark sono tre: **rosso**, **blu** e **verde**; gli antiquark si presentano con gli **anticolori**: **antirosso**, **antiblu** e **antiverde** (che vengono rappresentati come ciano, giallo e magenta). Allo stesso modo i gluoni hanno una mescolanza di due colori, per esempio rosso-antiverde, che costituisce la loro carica di colore. In base a questo si è stabilito che vi sono otto gluoni indipendenti, invece delle nove combinazioni possibili (3 colori e tre anticolori), in funzione di considerazioni matematiche, riportate nell'articolo

"gluone". Ulteriori approfondimenti riguardanti la carica di colore richiedono un po' di nozioni in più che si possono trovare nell'articolo sottostante ed alla voce "costanti di accoppiamento".

Le costanti di accoppiamento per le particelle dotate di carica di colore hanno queste caratteristiche:



La sovrapposizione dei tre colori (rosso, verde, blu) dei quark dà luogo ad assenza di colore. Anche la sovrapposizione dei tre anticolori (antirosso, antiverde, antiblu) dà luogo ad assenza di colore.



Un generico adrone costituito dai tre colori di quark (rosso, verde, blu) prima del cambio di colore. Il quark rosso diventa verde emettendo un gluone rosso-antiverde (quest'ultimo rappresentato in color magenta, nella figura). Il quark verde dopo aver assorbito il gluone rosso-antiverde diventa rosso. In questo modo la carica di colore è conservata.

## Costante di accoppiamento e carica

In una teoria quantistica dei campi il concetto di costante di accoppiamento e di carica (fisica) sono differenti ma in relazione tra loro. La costante di accoppiamento stabilisce la grandezza della forza di interazione; per esempio, nell'elettrodinamica quantistica (QED), la costante di struttura fine è la costante di accoppiamento.

La carica in una teoria di gauge ha a che vedere con il modo in cui una particella si trasforma nell'ambito della simmetria di gauge, come ad esempio la sua rappresentazione nell'ambito del gruppo di gauge. L'elettrone, ad esempio, ha carica -1 e il positrone ha carica +1 e ciò comporta che la trasformazione di gauge abbia, in qualche modo, effetti opposti su di loro. In particolare, se una trasformazione locale di gauge  $\phi(x)$  viene applicata in elettrodinamica, si ha che

$$\begin{aligned}A_\mu &\rightarrow A_\mu + \partial_\mu \phi(x), \\ \psi &\rightarrow \exp[iQ\phi(x)]\psi \text{ e} \\ \bar{\psi} &\rightarrow \exp[-iQ\phi(x)]\bar{\psi}\end{aligned}$$

dove  $\mathbf{A}_\mu$  è il campo del fotone e  $\psi$  è il campo dell'elettrone con  $Q = -1$  (una barra sopra  $\psi$  denota la sua antiparticella, il positrone).

Poiché la QCD è una teoria non-abeliana, le rappresentazioni, e da questo momento la carica di colore, sono più complicate. Le trattiamo nella sezione successiva.

## **I campi dei quark e dei gluoni e le cariche di colore**

Nella QCD il gruppo di gauge è il gruppo non-abeliano SU(3). La costante di accoppiamento running coupling è solitamente indicata con il simbolo  $\alpha_s$ . Ogni sapore di quark fa parte della rappresentazione fondamentale (**3**) e contiene una tripletta di campi indicata col simbolo  $\psi$ . Il campo dell'antiquark fa parte della rappresentazione coniugata complessa (**3**<sup>\*</sup>) ed anch'esso contiene una tripletta di campi. Possiamo quindi scrivere

$$\psi = \begin{pmatrix} \psi_1 \\ \psi_2 \\ \psi_3 \end{pmatrix} \text{ e } \bar{\psi} = \begin{pmatrix} \bar{\psi}_1^* \\ \bar{\psi}_2^* \\ \bar{\psi}_3^* \end{pmatrix}$$

Il gluone contiene un ottetto di campi, appartiene alla rappresentazione aggiunta (**8**) e può essere scritta usando le matrici di Gell-Mann come

$$\mathbf{A}_\mu = A_\mu^a \lambda_a.$$

Tutte le particelle fanno parte della rappresentazione triviale (**1**) della SU(3) di colore. La carica di colore di ciascuno di questi campi è completamente specificata dalle rappresentazioni. I quark e gli antiquark hanno carica di colore 2/3 mentre i gluoni hanno carica di colore 8. Tutte le altre particelle hanno carica di colore zero. Dal punto di vista matematico, la carica di colore di una particella corrisponde al valore di un dato operatore quadratico di Casimir nella rappresentazione della particella.

Nel linguaggio semplificato introdotto precedentemente, i tre indici “1”, “2” e “3” nella tripletta di quark di cui sopra sono solitamente identificati con i tre colori. Questo linguaggio però manca del seguente punto. Una trasformazione di gauge SU(3) del colore può essere scritta come

$$\psi \rightarrow \mathbf{U}\psi$$

dove  $\mathbf{U}$  è una matrice 3x3 che appartiene al gruppo SU(3). Quindi, dopo la trasformazione di gauge, i nuovi colori sono trasformazioni lineari dei vecchi colori. In breve, il linguaggio semplificato introdotto precedentemente non è un'invariante di gauge.

La carica di colore è conservata ma la registrazione interessata è più complicata della semplice somma delle cariche, così come invece succede nell'elettrodinamica quantistica. Un modo semplice per fare ciò è determinare il vertice dell'interazione e sostituirlo con la rappresentazione della linea di colore. Il significato è il seguente. Rappresentiamo con  $\psi_i$  la componente  $i$ -esima del campo di un quark (approssimativamente chiamato  $i$ -esimo colore). Il *colore* di un gluone è similmente dato da  $\mathbf{a}$  che corrisponde alla specifica matrice di Gell-Mann alla quale è associato; la matrice ha indici  $\mathbf{i}$  e  $\mathbf{j}$ . Queste sono le *etichette di colore* del gluone.

Al vertice dell'interazione si ha

$$q_i \rightarrow q_{ij} + q_j$$

La rappresentazione a *linea di colore* definisce questi indici. La conservazione della carica di colore significa che la fine di queste linee di colore deve trovarsi o nello stato iniziale o in quello finale e, in modo equivalente, che non vi deve essere rottura di linee nel mezzo del diagramma.

Poiché i gluoni portano una carica di colore, due gluoni possono anche interagire tra loro. Un tipico vertice di interazione per i gluoni (detto vertice di tre gluoni) coinvolge  $\mathbf{g}+\mathbf{g}\rightarrow\mathbf{g}$ , insieme alla sua rappresentazione della linea di colore. I diagrammi di linea di colore possono essere ri-enunciati in termini di leggi di conservazione del colore; comunque, come è stato specificato prima, questo non è un linguaggio a invarianza di gauge. Da notare che in una tipica teoria di gauge non-abeliana il bosone di gauge porta la carica prevista dalla teoria e di conseguenza ha interazioni di questo tipo, come ad esempio il bosone W della teoria elettrodebole. In questa teoria il bosone W trasporta anche una carica elettrica e perciò interagisce con i fotoni.

## Le caratteristiche dei quark

I quark si differenziano dai leptoni per la carica elettrica. I leptoni (come l'elettrone, il muone, il tau o i neutrini) hanno carica intera (+1, 0 o -1) mentre i quark hanno carica +2/3 o -1/3. Tutti i quark hanno spin 1/2  $\hbar$ , ovvero sono fermioni.

Nome	Carica	Massa stimata (MeV)
<u>Up</u> (u)	+2/3	da 1,5 a 4 <sup>[1]</sup>

<u>Down</u> (d)	-1/3	da 4 a 8 <sup>[1]</sup>
<u>Strange</u> / <u>Sideways</u> (s)	-1/3	da 80 a 130
<u>Charm</u> / <u>Centre</u> (c)	+2/3	da 1.150 a 1.350
<u>Bottom</u> / <u>Beauty</u> (b)	-1/3	da 4.100 a 4.400
<u>Top</u> / <u>Truth</u> (t)	+2/3	174.300 ± 5.100

## Note

---

1. Le stime della massa di u e d sono controverse e ancora in fase di investigazione; infatti esistono suggerimenti in letteratura che il quark u sia essenzialmente privo di massa.

## Bibliografia

---

- (**EN**)  Richard Feynman, *The reason for antiparticles*, in *The 1986 Dirac memorial lectures*, Cambridge University Press, 1987, ISBN 0-521-34000-4.
- (**EN**)  Richard Feynman, *Quantum Electrodynamics*, Perseus Publishing, 1998, ISBN 0-201-36075-6.
- Richard Feynman, *QED: La strana teoria della luce e della materia*, Adelphi, ISBN 88-459-0719-8.
- (**EN**)  Steven Weinberg, *The quantum theory of fields, Volume 1: Foundations*, Cambridge University Press, 1995, ISBN 0-521-55001-7.
- (**EN**)  Claude Cohen-Tannoudji, Jacques Dupont-Roc e Gilbert Grynberg, *Photons and Atoms: Introduction to Quantum Electrodynamics*, John Wiley & Sons, 1997, ISBN 0-471-18433-0.
- (**EN**)  J. M. Jauch e F. Rohrlich, *The Theory of Photons and Electrons*, Springer-Verlag, 1980, ISBN 0-201-36075-6.

## Voci correlate

---

- Quark (particella)
- Antiquark
- Sapore (fisica)
- Cromodinamica quantistica
- Modello a quark costituenti
- Gluone
- Glueball
- Pentaquark
- Tetraquark
- Lista delle particelle
- Costanti di accoppiamento

## Altri progetti

---

-  [Wikimedia Commons \(https://commons.wikimedia.org/wiki/?uselang=it\)](https://commons.wikimedia.org/wiki/?uselang=it) contiene immagini o altri file su **carica di colore** ([https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Quantum\\_chromodynamics?uselang=it](https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Quantum_chromodynamics?uselang=it))

## Collegamenti esterni

---

- 
- (**EN**)  *Carica di colore*, su *Enciclopedia Britannica*, Encyclopædia Britannica, Inc.

**Controllo di  
autorità**

**GND** (**DE**) 4260187-3 (<https://d-nb.info/gnd/4260187-3>)

---

Estratto da "[https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Carica\\_di\\_colore&oldid=110805900](https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Carica_di_colore&oldid=110805900)"

---

**Questa pagina è stata modificata per l'ultima volta il 12 feb 2020 alle 13:31.**

Il testo è disponibile secondo la licenza [Creative Commons Attribuzione-Condividi allo stesso modo](#); possono applicarsi condizioni ulteriori. Vedi le [condizioni d'uso](#) per i dettagli.