Lezione 17

Quark, gluoni e interazione forte

Quark di valenza
determinano i numeri quantici del nucleone.

Quark del mare
coppie di quark-antiquark che non contribuiscono a definire i numeri quantici del nucleone.

Quark costituenti
3 quark vestiti dall'interazione.

Masse quark nudi $m_u \simeq 2 - 8$ MeV $m_d \simeq 2 - 8$ MeV
Masse quark costituenti $m \simeq 300$ MeV

Adroni composti da quark e gluoni classificati in

Barioni spin semi-intero.

Sono formati da 3 quark.

nucleone: p e n spin 1/2

Δ: $\Delta^{++}, \Delta^{+}, \Delta^{0}, \Delta^{-}$, spin 3/2

Conservazione del numero barionico.

B=1 per barioni B=-1 per antibarioni.

B=1/3 per quark, B=-1/3 per antiquark. Le altre particelle hanno B=0.

$$p \to \pi^0 + e^+$$

energeticamente permessa ma non si verifica.

Violazione della conservazione del numero barionico.

$$\tau(p \to \pi^0 + e^+) > 5.5\, 10^{32}\, y$$

Mesoni spin intero

composti da $q\,\bar{q}$

pioni tripletto di isospin $m_\pi \simeq 140$ MeV

$$|\pi^+ >= |u\bar{d}> \qquad |\pi^0 >= \frac{1}{\sqrt{2}}\Big(|u\bar{u}> - |d\bar{d}>\Big) \qquad |\pi^- >= |d\bar{u}>$$

Decadimento in leptoni.

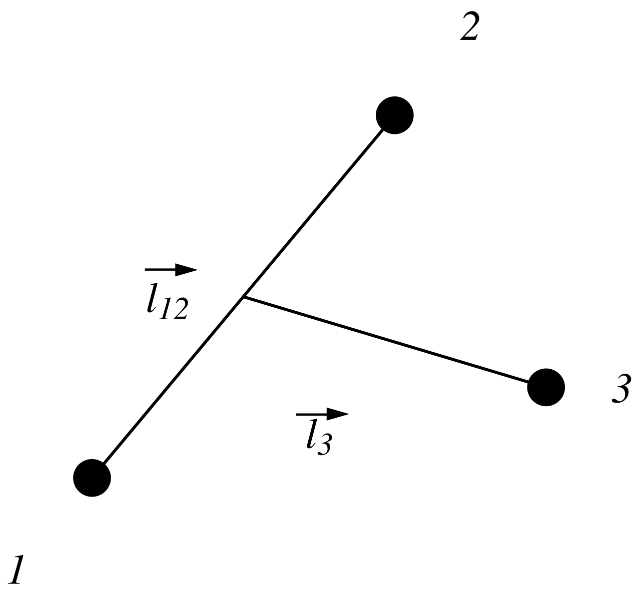
Non c'è conservazione del numero di mesoni.

La composizione di $q\,\bar{q}$ ha B=0.

Numero quantico di

C O L O R E

Δ^{++} formata da (uuu); $J = 3/2$; $\Pi = 1$.
Barione più leggero di questo tipo quindi L=0.



$$\mathbf{L} = \mathbf{l}_{12} + \mathbf{l}_3$$

Funzione d'onda della Δ^{++}

$$\Psi = \Phi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{r}_3)\, \chi(1,2,3)\, \xi_S(1,2,3)$$

Φ parte radiale (simmetrica $L = 0$)
χ termine di spin (simmetrico)
ξ termine di sapore (simmetrico)

Per salvare il principio di esclusione di Pauli si introduce il numero quantico di colore. La funzione d'onda viene moltiplicata per un termine antisimmetrico per lo scambio di due colori, singoletto di colore.

I gluoni hanno un contenuto di colore anticolore, ad es. $r\bar{g}$.

Analogia SU(2) indica come accoppiare due sistemi con spin 1/2 .
1 stato di singoletto

$$|S = 0, M = 0 >= \frac{1}{\sqrt{2}}(\uparrow\downarrow - \downarrow\uparrow)$$

3 stati di tripletto

$$|S = 1, M = 1 >= \uparrow\uparrow$$
$$|S = 1, M = 0 >= \frac{1}{\sqrt{2}}(\uparrow\downarrow + \downarrow\uparrow)$$
$$|S = 1, M = -1 >= \downarrow\downarrow$$

SU(3) indica come accoppiare due sistemi con numeri quantici che possono assumere 3 possibili valori.

Singoletto

$$\frac{1}{\sqrt{3}}\left(r\bar{r}+b\bar{b}+g\bar{g}\right)$$

Ottetto

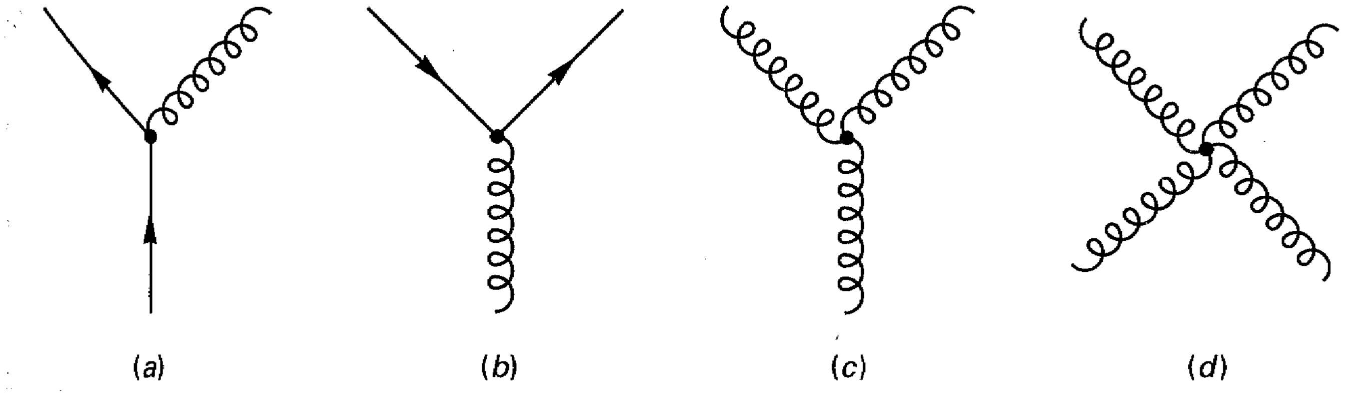
$$r\bar{g} \qquad r\bar{b} \qquad g\bar{b} \qquad g\bar{r} \qquad b\bar{r} \qquad b\bar{g}$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(r\bar{r}-g\bar{g}) \qquad \frac{1}{\sqrt{6}}\left(r\bar{r}+g\bar{g}-2b\bar{b}\right)$$

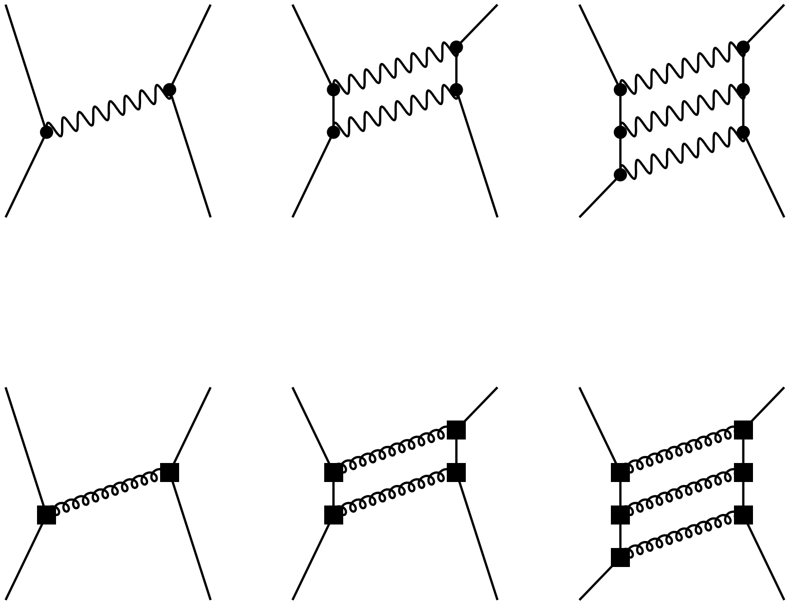
Confinamento

Mai identificata la presenza di quark liberi.
Mai identificati stati $|qq>$ oppure $|qq\bar{q}>$.

QCD non esclude stati come $|q\bar{q}q\bar{q}>$ oppure glueballs.
Mai identificati



Libertà asintotica



Sviluppo perturbativo

$$\alpha_S(Q^2) = \frac{12\pi}{(33 - 2n_F)\ln(\frac{Q^2}{\Lambda^2})}$$

$n_F = 3 - 6 \qquad \Lambda \simeq 250 MeV \qquad \alpha_S \ll 1$ per $Q^2 \gg \Lambda^2 \simeq 0.06\,\mathrm{GeV}^2$

Domande

[P1-3] [P1-4] [P1-8] [P1-9] [P1-10] [P3-2] [P3-3] [P3-4] [P3-5]