

ZOO ADRONICO

A bassa energia $SM \rightarrow QCD + QED$ e possiamo scrivere una Lagrangiana "vectorlike" (cioè non chirale) per i quark:

$$\mathcal{L}_{(E \ll m_W)}^{\text{LEFT} \rightarrow \text{Low-energy CFT}} = -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} - \frac{1}{4} G_{\mu\nu} G^{\mu\nu} + \sum_q \bar{q} (i\not{D} - m_q) q + (\text{operatori di dim} \geq 6)$$

$$q = u, d, s, c, b;$$

$$D_\mu = \partial_\mu + iQ_q e A_\mu + i g_s T^a G_\mu^a$$

$$m_u \approx 2 \text{ MeV}$$

$$m_c \approx 1,28 \text{ GeV}$$

$$m_d \approx 4,7 \text{ MeV}$$

$$m_b \approx 4,18 \text{ GeV}$$

$$m_s \approx 96 \text{ MeV}$$

Nel limite $m_u = m_d = m_s = 0$ ed $e=0$

i quark u, d, s sono identici.

accoppiamento
← elettrico

⇒ Simmetria globale approssimata

$SU(3)_I$
ISOSPIN

$$q_i \sim \begin{pmatrix} u \\ d \\ s \end{pmatrix}_i$$

rappresentazione
fondamentale
↓

3 di $SU(3)_I$

Se prendiamo $m_u = m_d = 0$ ma $m_s \neq 0$
allora la simmetria di isospin è $SU(2)_I$: $q_i = \begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix}_i$: 2 di $SU(2)_I$

Ad energie ~ 1 GeV la costante di accoppiamento $\alpha_s(Q)$ diventa non perturbativa e si forma un condensato di quark

$$\langle 0 | \bar{q}_i^a q_{j\alpha} | 0 \rangle = -f^2 B_0 \delta_{ij}$$

indice di colore $SU(3)_c$

indice di isospin (sapore) $SU(3)_F$

Per la rottura spontanea di simmetria chirale
vedi lezioni dedicate.

La QCD confina: stati fisici sono solamente singoletti di gauge sotto $SU(3)_c$ (QCD).

MESONI

$\langle 0 | \bar{q}_i \gamma_5 q_j | M_{ij} \rangle$ sotto ISOSPIN $SU(3)_I$

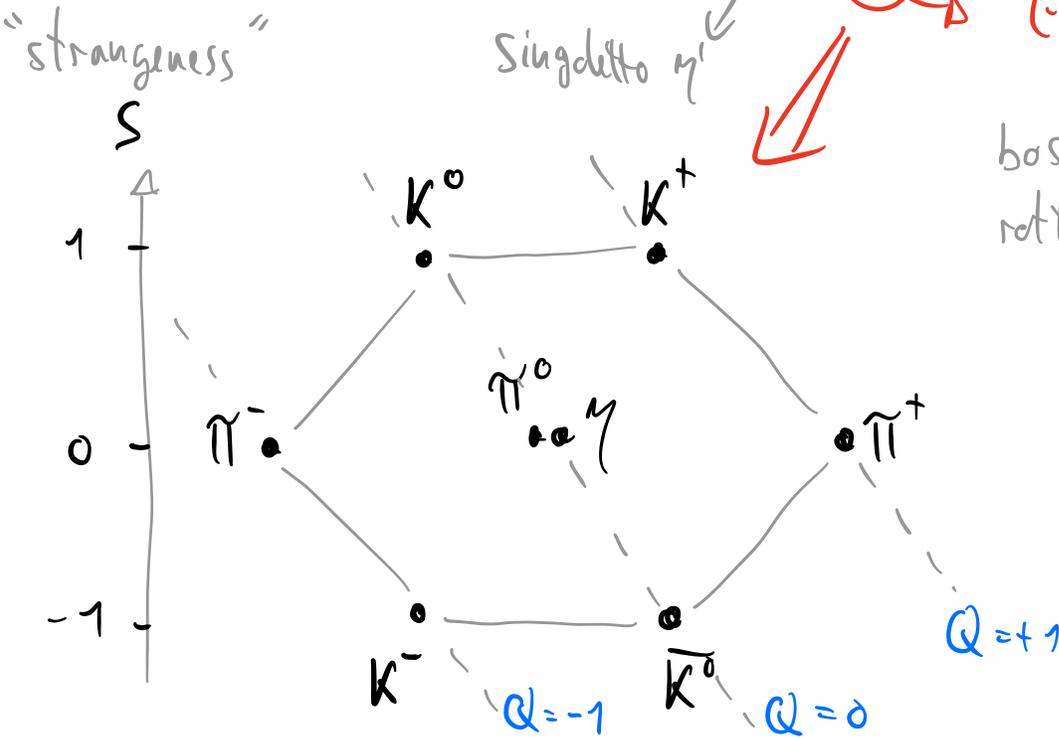
$$\bar{3} \otimes 3 = 1 \oplus 8$$

← rapp. aggiunta

Singletto η'

Eightfold way

↓
bosoni di Goldstone della rottura di simm. chirale
 $SU(3)_L \times SU(3)_R \rightarrow SU(3)_I$



Usando la Lagrangiana chirale (vedi altre parti del corso)
le masse dei mesoni sono date da:

$$m_{\pi}^2 = B_0 (m_u + m_d)$$

$$m_{K^\pm}^2 = B_0 (m_s + m_u)$$

$$m_{K^0}^2 = B_0 (m_s + m_d)$$

$$m_{\eta}^2 = \frac{1}{3} B_0 (4m_s + m_u + m_d)$$

Contenuto partonico

[PDF.75, Wikipedia "List of Mesons"]

Mesoni

$$\pi^+ \sim (\bar{d}u) , \quad \pi^- \sim (\bar{u}d) , \quad \pi^0 \sim (\bar{u}u - \bar{d}d)$$

$$K^+ \sim (\bar{s}u) , \quad K^- \sim (\bar{u}s) , \quad K^0 \sim (\bar{s}d) , \quad \bar{K}^0 \sim (\bar{d}s)$$

$$\eta \sim (\bar{u}u + \bar{d}d - 2\bar{s}s)$$

Stati eccitati : vettori spin 1

$$\rho^+ \sim (\bar{d}u) , \quad \rho^- \sim (\bar{u}d) , \quad \rho^0 \sim c_1 \bar{u}u + c_2 \bar{d}d$$

$$K^{*+} \sim (\bar{s}u) , \quad K^{*-} \sim (\bar{u}s) , \quad K^{*0} \sim (\bar{s}d) , \quad \bar{K}^{*0} \sim (\bar{d}s)$$

$$\phi \sim \bar{s}s , \quad \psi/\psi \sim (\bar{c}c)$$

Mesoni con CHARM e BEAUTY

$$D^+ \sim (\bar{d}c) \quad D^- \sim (\bar{c}d) \quad D^0 \sim (\bar{u}c) \quad \bar{D}^0 \sim (\bar{c}u)$$

$$D_s^+ \sim (\bar{s}c) \quad D_s^- \sim (\bar{c}s) \quad \eta_c \sim (\bar{c}c)$$

$$B^+ \sim (\bar{b}u) \quad B^- \sim (\bar{u}b) \quad B^0 \sim (\bar{b}d) \quad \bar{B}^0 \sim (\bar{d}b)$$

$$B_c^+ \sim (\bar{b}c) \quad B_c^- \sim (\bar{c}b) \quad B_s^0 \sim (\bar{b}s) \quad \bar{B}_s^0 \sim (\bar{s}b)$$

$$\eta_b \sim (\bar{b}b)$$