# Riassunto lezione precedente

- applicazioni delle funzioni d'onda di barione e mesone secondo SU(6) $\otimes$ O(3): calcolo del momento magnetico di N

- mixing tra stati dell'ottetto (**8**,**1**) e del singoletto (**1**,**1**); nonetto mesonico vettoriale: stato di puro strange per la $\phi$; applicazioni a transizioni tra mesoni vettori e pseudoscalari

- nonetto mesonico pseudoscalare e mixing tra (**8**,**1**) e (**1**,**1**); determinazione dell'angolo di mixing

# spettro di massa e “pure mixing”

mesoni vettori stato come combinazione di flavors q,q’,.. : |q,q’,..>

$m_V$ = <q,q’,..| $\mathcal{H}$ |q,q’,..> = $M_1$ + m(q) + m(q’) + ..

dove

$M_1$ = contributo comune legato a struttura $^{2S+1}L_J = {}^3S_1$

risulta $2\, m(K^{*0}) \approx m(\omega) + m(\phi)$

$m(\phi)-m(K^{*0}) = m(K^{*0})-m(\omega) = |m(u)-m(s)| \sim 130$ MeV

$m(\omega) \approx m(\rho^0)$

cioè “pure mixing” $\phi=\{s\bar{s}\}$, $\omega=\{uu+d\bar{d}\}$ compatibile con i dati

mesoni pseudoscalari $M_0$ = contributo da struttura $^{2S+1}L_J = {}^1S_0$

formula Gell-Mann—Okubo $4\, m(K^+)-m(\pi^+) = 3\, m(\eta_8) \sim 3\times 620$ ⟨ m(η’)=960, m(η) =550

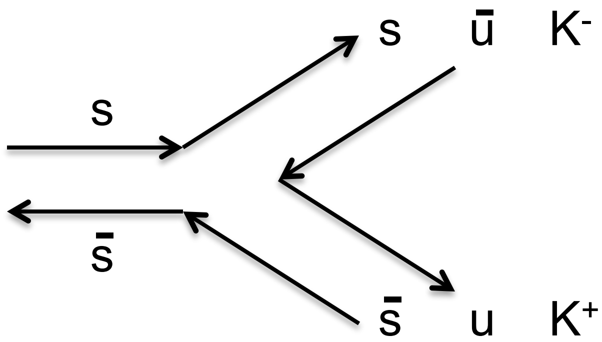
$$+ \quad \begin{cases} \eta = \cos\theta\, \eta_8 + \sin\theta\, \eta_1 \\ \eta' = -\sin\theta\, \eta_8 + \cos\theta\, \eta_1 \end{cases} \quad \Rightarrow \quad tg^2\theta \approx 0.2$$

$2\, m(K^0) \neq m(\eta) + m(\eta')$ no “pure mixing”

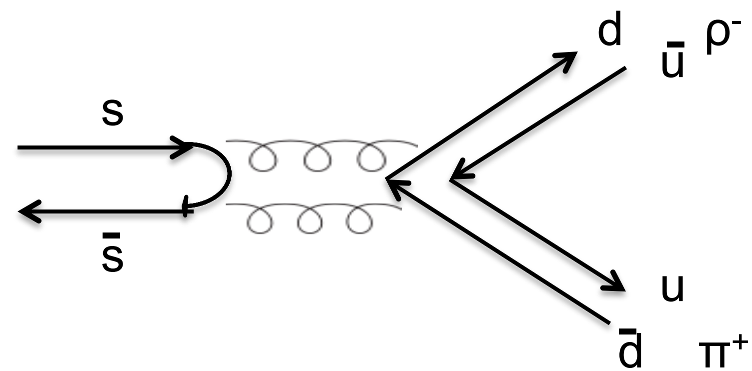
mixing con $^1S_0(c\bar{c})$ : $\cos\alpha\, |\mathbf{1},1\rangle + \sin\alpha\, |c\bar{c}\rangle \Rightarrow \boxed{\sin^2\alpha \approx 3/4\ !}$

# “pure mixing” e la regola di OZI

$\phi \to K\bar{K}$




$\phi \to \rho\pi \to 3\pi$




sperimentalmente $\dfrac{\Gamma(\phi \to 3\,\pi)}{\Gamma(\phi \to K\overline{K})} \approx \dfrac{1}{5}$ anche se spazio fasi $3\pi$ favorito

regola di OZI : transizioni sono proibite se rappresentate da diagrammi che possono essere tagliati da linea originante fuori dagli adroni e che non attraversa nessuna linea di quark

Okubo 1963
Zweig 1964
Iizuka 1966

compatibile con “pure mixing” $\phi = \{ s\bar{s} \}$ e con QCD
ma regola non esatta

# origini dello splitting di massa

<u>forza spin-spin</u> $\mathbf{S}_1 \cdot \mathbf{S}_2$

stati con stessa stranezza e $S_{tot}$ diverso

m(π, S=0) ≠ m(ρ, S=1); m(K, S=0) ≠ m(K*, S=1)

m(N, S=½) ≠ m(Δ, S=3/2)

stati nello stesso multipletto

$\Sigma^0$ in $56_S$ ∝ (ud+du)s $(ud)_{I=1}$ S=1

$\Lambda^0$ " " ∝ (ud-du)s $(ud)_{I=0}$ S=0 $m(\Lambda^0) \neq m(\Sigma^0)$

ma splitting dovuto a forza spin-spin produce $\Delta m(3/2^+ - ½^+) = - 3/2\, \Delta m(1^- - 0^-)$

mentre Δm( Δ – N ) = ½ Δm( ρ - π ) !

<u>forza spin-orbita</u> $\mathbf{L} \cdot \mathbf{S}$ attiva per mesoni/barioni eccitati con L>0

mesoni :

| $J^{PC}$ | $0^{++}$ | $1^{++}$ | $1^{+-}$ | $2^{++}$ |
|---|---|---|---|---|
| **L · S** | -2 | -1 | 0 | 1 |

⇒ $\Delta m(2^{++}-1^{++}) = 2\, \Delta m(1^{++}-0^{++})$

non verificato sperimentalmente

barioni : Δm(**10** - **8**) = Δm(**8** - **1**) per forza spin-spin

splitting in ciascun multipletto per spin-orbita

Ex: (**8**,**4**) L=1 S=3/2

| J | 5/2- | 3/2- | ½- |
|---|---|---|---|
| **2 L · S** | 3 | -2 | -5 |

$\Delta m(3/2^- - ½^-) = ⅗\, \Delta m(5/2^- - 3/2^-)$

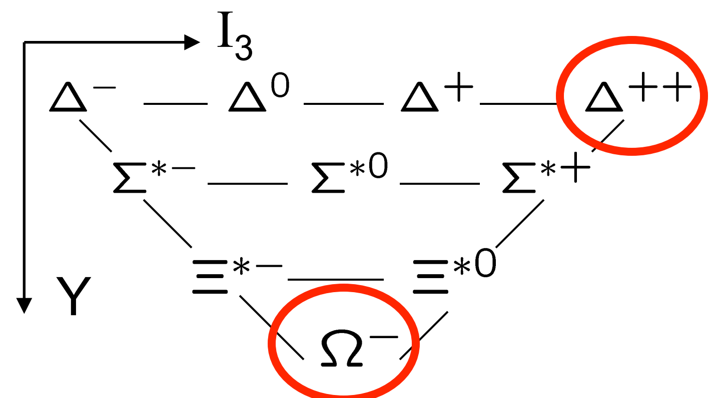
non verificato sperimentalmente

idem per (**8**,**2**)

# perché il "colore" dei quark ?

motivi "spettroscopici"

- abbiamo già visto che forza spin-spin produce splitting $^3S_1$-$^1S_0$ e $^4S_{3/2}$-$^2S_{½}$ ma con ampiezza e segno (solo per i barioni) sbagliati
- in spettroscopia dei barioni abbiamo incontrato nel decupletto (**10**,**4**) del multipletto $56_S$ in stato fondamentale
  le particelle $\Delta^{++}$ e $\Omega^-$ che quindi hanno
  L=0, S=3/2, I=3/2 $\Delta^{++}=\{u^\uparrow u^\uparrow u^\uparrow\}$, $\Omega^-=\{s^\uparrow s^\uparrow s^\uparrow\}$
  cioè funz.d'onda simmetrica $|\chi_S\rangle|\phi_S\rangle$
  ma S=3/2 ⇒ fermioni!




- in generale come si conciliano funz.d'onda $[SU(6)\otimes O(3)]_S$ per barioni che seguono statistica di Fermi-Dirac e soddisfano principio di Pauli?

motivi "dinamici"

•rapporto $R = \dfrac{\sigma(e^+e^- \to \text{hadrons})}{\sigma_{\text{QED}}(e^+e^- \to \mu^+\mu^-)} = \sum_i e_i^2 = \dfrac{2}{3}$ ma risulta = 2 per s < $(m_c)^2$

•$A(\pi^0\to\gamma\gamma) \propto \Sigma_i\, I_3^{\,i}\, e_i^2 = 1/6$ ma dati suggeriscono ½
•adroproduzione di coppie di leptoni ("Drell-Yan"): $d\sigma(pp\to\mu^+\mu^-X) \propto N_c=3$