

Zusammenfassung 14/01/04

Quantenchromodynamik (QCD) = Eichtheorie der starken Wechselwirkung

1. Historische Entwicklung:

- 1961 Gell-Mann, Ne'eman: "Eightfold Way" Ordnung d. Hadronen $SU(3)_F$
- 1964 Gell-Mann, Zweig: Quarks = Fund. Darstellung, $u, d, s \rightarrow$ stat. Quarkmod.
- 1969 Feynman: dyn. Partonmodell $\Rightarrow$ jets
- 1975 SPEAR (SLAC) Beobachtung von Jets in $e^+e^- \rightarrow$ Hadronen
- 1973 Gross, Politzer: asympt. Freiheit $\rightarrow$ QCD als Eichth. $\Rightarrow$ Gluonen
- 1979 PETRA (DESY): Entdeckung des Gluons (3 Jet-Ereignisse)

Mittlere Energien: QCD (lokale Farb- $SU(3)$) etabliert als Theorie der starken WW bei hohen Energien

Kleine Energien: "confinement", immer noch schwierig!

2. $SU(3)$ -Symmetrie

Flavour - $SU(3)$

3 Quarks u, d, s

- globale, ungefähre Symmetrie

$\rightarrow$ Beschreibung des Hadron-Spektrums

$$\psi'_F = U \psi_F$$

Colour - $SU(3)$

3 Farben: r, g, b

- lokale, exakte Symmetrie
 $\rightarrow$ Eichtheorie!

$\rightarrow$ Beschreibung der Dynamik (Kräfte!)

$$\psi'_c = U \psi_c$$

$U = \text{unitäre } 3 \times 3 \text{ Matrizen mit } \det U = +1$

Vergleich

$$\underline{SU(2)}$$

$$U = \exp\left(\frac{i}{2} \vec{\alpha} \vec{\tau}\right)$$

τ_i = Pauli-Matrizen

infinitesimale Transformation:

$$U = 1 + \frac{i}{2} \vec{\alpha} \vec{\tau}$$

$$\underline{SU(3)}$$

$$U = \exp\left(\frac{i}{2} \sum_{j=1}^8 \alpha_j \lambda_j\right)$$

λ_i = Gell-Mann-Matrizen

infinitesimale Transformation:

$$U = 1 + \frac{i}{2} \sum_{j=1}^8 \alpha_j \lambda_j$$

Darstellung der λ_j :

$$\lambda_1 = \begin{pmatrix} \tau_1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \quad \lambda_2 = \begin{pmatrix} \tau_2 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \quad \lambda_3 = \begin{pmatrix} \tau_3 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\lambda_4 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad \lambda_5 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -i \\ 0 & 0 & 0 \\ i & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\lambda_6 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & \tau_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad \lambda_7 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & \tau_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\lambda_8 = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -2 \end{pmatrix}$$

Für Flavour-SU(3):

λ_3 = Isospinoperator

λ_8 : hängt zus. mit Strangeness:

$$S = \frac{\lambda_8}{\sqrt{3}} - \frac{1}{3}$$

222