

## 5.4 Teilchen 200

### 3 Sorten von Leptonen-Teilchen:

- leptone Quarks  $\sim$  nur Quarks passen manchmal Teilchen
- Antiteilchen, der kein Quark ist "Hadron"

a) Leptone - 3 elektrisch neutrale geladene und 3 neutrale und dazwischen liegende mit aufgegabelten Ladung

	geladen	neutral	leptonisch
1	$e^+$	$e^-$	$L_x = 1 \quad L_y = 0 \quad L_z = 0$
2	$\mu^+$	$\mu^-$	$0 \quad 1 \quad 0$
3	$\tau^+$	$\tau^-$	$0 \quad 0 \quad 1$

Alle Leptone haben Spin  $\frac{1}{2}$ , punktförmig, aus Überlappung

Massen  $m > 6.6 \cdot 10^{-8} \text{ g}$

Myon in Konsistenter Strahlung entdeckt (1936 Anderson & Hoddamann)

zuerst für Elektron-Antiteilchen da schweren Neutronen  $\omega$  gebaut und deswegen falsch benannt Myron genannt

1947 wurde ebenfalls ein Vierneutrinostrom des Protons entdeckt

$T^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$  Proton ist Antiteilchen  $\pi^- + \bar{\nu}_\mu$

Myon ist instabil,  $\tau = 2.3 \mu s$

$e^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e$

Tau-lepton  $\tau = 195$  in Stoßfeld ( $\pi^- \text{Pb}$ ) entdeckt

$e^+ e^- \rightarrow e^+ e^- + \bar{\nu}_e$

Lösungsdauer  $\tau_\nu = (283.3 \pm 0.5) \cdot 10^{-8} \text{ s} \approx 87 \text{ nm}$

wegen großer Masse viele Zerfallswege möglich daher so kurz

Neutrinos elektrisch neutral, haben Klasse, Neutrinooszillationen müssen

geometrische Neutrinoformeln  $\Delta m^2$ , für Neutrino selbst bisher nur Vermutungen

$m_{\nu} < 2 \text{ eV}$

$\nu_e + \text{re}$  entdeckt in Brookhaven National Laboratory 1960er Jahren

zu jedem Teilchen gibt es Antiteilchen, Potentielle Klasse und lebendiger Spin, aber aufgegabelte Ladung (elektrische Ladung, aber auch alle bahnparallel Quantenzahlen)

Proton  $p^-$  entdeckt als Lösung der Dirac-Gleichung

Konsequenz von  $e^+ p^+ + e^- p^-$  "Elektron mit negativer Energie"

berigt mich in einem Feld, als hätte er eine positive Ladung" (Dirac)

1931 postuliert Dirac Existenz eines weiteren Antiteilchens

Antiteilchen, gleiche Klasse, das mit Elektron aussieht

1932 wurde Positron durch Anderson entdeckt, in Konsistenter Strahlung

"Ladungsneutralität" erlaubt, daß Teilchen und Antiteilchen sich annähern

$e^+ e^- \rightarrow \gamma \gamma$  entdeckt  $\gamma$  sehr  $\frac{1}{2}$

an Hadrons gibt es Antiteilchen als Antiteilchen

analog zu Atom gibt es Antiproton  $\bar{p}$  gleicher Symbol wie

Hadron Antiteilchen  $\bar{n}$  Teilchen mit -

Hadron Antiteilchen  $\bar{\nu}_e, \bar{\nu}_\mu, \bar{\nu}_\tau$  gleicher Symbol

b) 6 Quarks je 3 Quark mit Ladung  $q = +\frac{2}{3} e$ , je 3 Quark mit  $g = -\frac{1}{3} e$

alle Quarks haben Spin  $S = \frac{1}{2}$ , jedes Quark hat zwei Farben

mitgebrachte Farbe

up-Quark  $u^{+\frac{2}{3}}$   $I_u = +\frac{1}{2}$  Quarks kommen in der Natur nicht

down-Quark  $d^{-\frac{1}{3}}$   $I_d = -\frac{1}{2}$  vor, sondern nur als gebundene

Strange-Quark  $s^{-\frac{1}{3}}$   $I_s = -1$  Zustände

charm-Quark  $c^{+\frac{2}{3}}$   $C_c = 1$  "Confirmeant"

strangeness  $b^{-\frac{1}{3}}$   $B_b = -1$  experimentell  $\text{Bd} < 10^{-22}$

top-Quark  $t^{+\frac{2}{3}}$   $T_t = 1$   $\text{Weltlinien} < 9.5 \cdot 10^{-17} / 1.2 \cdot 10^{-8} \text{ s}$

Proton  $I_p = \frac{1}{2}$  besteht aus  $u u u$  und aus  $u d d$  im Vergleich

strangeless  $S = 0$   $I_S = 0$   $\text{Strangeness} < 10^4 / \text{Jahrs}$

charmless  $C = 0$   $I_C = 0$   $\text{Charmless Shashay} < 10^4 / \text{Jahrs}$

Beauty  $B = 0$   $I_B = 0$   $\text{Beauty} < 10^4 / \text{Jahrs}$

Topless  $T = 0$   $I_T = 0$   $\text{Topless} < 10^4 / \text{Jahrs}$

Konzept Quarks 1964 ausbildung von Gell-Mann und Zweig

drei Quarks angehören

4. Rank 1974 gleichzeitig Gell-Mann und Glashow entdeckt als  $cc\bar{c}$  ge-

bunden Zustand

$S = 1/2 \rightarrow J = X \quad 13-7.5 \text{ GeV} \quad ? \quad 7 \text{ GeV} \rightarrow \mu^+ \mu^- \text{ } \rightarrow$

$\text{B. Reaktion } e^+ e^- \rightarrow \mu^+ \mu^- \text{ } \rightarrow 13-3.07 \text{ GeV}$

1977 in Fermilab  $b\bar{b}$  Quark als 5. Rank entdeckt

4000 GeV  $p \gg \text{GeV}$   $\rightarrow Y \rightarrow X \rightarrow m_c > 10 \text{ GeV}$

seitdem Suche nach 6. Quark, 1985 am Tevatron in Fermilab entdeckt

$p = 1.8 \text{ TeV} \quad p + \bar{p} \rightarrow t + \bar{t} \rightarrow$

$p \rightarrow Q \bar{Q} \rightarrow t + \bar{t}$  Top-Quark zerfällt mit  $\tau = 4 \cdot 10^{-25} \text{ s}$

$\bar{p} \rightarrow Q \bar{Q} \rightarrow t + \bar{t}$  in  $b$ -Quark und  $W^\pm - 8$  boson

$t \rightarrow b + W^\pm$

Quarks tragen nur zusätzliche Ladung, über die sie wechselseitigen

Feldwechsel 3 mögliche  $t, g, b$  und dann Antiquarks  $\bar{t}, \bar{g}, \bar{b}$

z.B. Antisymmetrische  $\bar{s} \bar{g} + \bar{g} \bar{s} \in S = 1$  in  $t$  oder  $\bar{g}$  oder  $\bar{b}$

Namen eigentlich "Strongquarks", können nur für Top-Quarks

nicht genutzt werden, folgen aus Eigenschaften der aus Quarks

zusammengesetzten Teilchen und ihrerseits Käppelde

gebundene Zustände aus Quark: "Hadronen"

- 3 Valenzquark unterschiedlichen Farbe "Baryonen" → Fermionen  
z.B. Proton und Neutron und
- je 1 Valenzquark und ein Valenzantiquark entgegengesetzte Farbe "Mesonen" → Boson  
z.B. Pion

Quarks und Hadronen wechselwirken stark, em, schwach  
Leptonen " nicht stark, em, schwach"

starke WW bildet Quark in Hukleonen,

" Hukleonen in Atomkernen

em Elektronen und Atomkerne zu Atomen"

Antimaterie: Antikern aus Antiprotonen und Antineutronen

z.B.  ${}^3\text{He}$  und  ${}^4\text{He}$  bei RHIC und LHC produziert

Antiwasserstoff: Antiproton plus Positron