

Skript :

<http://info.tuwien.ac.at/e142/NPTheory/deutsch/Lehre/ASAPhHome.html>

sestud: ed AM4 * 1

Standardmodell

/ Leptonen

/ Quarks

$$\begin{pmatrix} e^- & \mu^- & \tau^- \\ \nu_e & \nu_\mu & \nu_\tau \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} u & c & t \\ d & s & b \end{pmatrix}$$

Eichbosonen

$\gamma, W^\pm, Z^0, 8 g$ / gluon

Higgs H, ξ

Breit - Wigner - Resonanz

nur über 1 dom.

1 Partialwellen

Wirkungsquerschnitt

$$\sigma = \frac{\pi}{k^2} (2J+1) \frac{\Gamma_i \Gamma_f}{(\sqrt{s} - m_0 c^2)^2 + (\frac{\Gamma}{2})^2}$$

Γ : Breite

starke WW - $\sigma \sim 10^{-21} - 10^{-24}$ S

$s = (p_1 + p_2)^2 c^2$ // in Viererschreibweise

$$p^\mu = \left(\frac{E}{c}, \vec{p} \right)$$

s : Quadrat d. Schwerpunktenergie

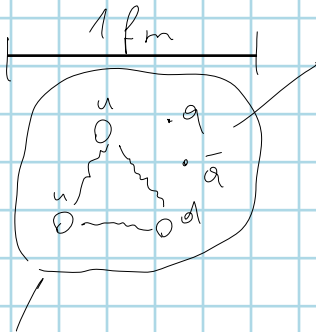
$$p_\mu = \left(\frac{E}{c}, -\vec{p} \right)$$

$$\begin{aligned} \rightarrow s &= c^2 (p_1^2 + p_2^2 + 2p_1 p_2) \\ &= m_1^2 c^4 + m_2^2 c^4 + 2E_1 E_2 \\ &\quad - 2\vec{p}_1 \vec{p}_2 c^2 \end{aligned}$$

Nur auf Systeme v. leichten Quarks beschränken

u d haben in normaler Mat d. multipl. Anteil

(s) // Nur Anteile, haben keinen Valenzanteil, sind nur im Quarksee



Seaquarks, inner Paare

Nur Valenzquarks, multipl hier u, u, d

Gluonenfeld

Wie kann man durch WW dieser Valenzquarks das Baryon aufbauen?

u & d sind leicht $1 - 7 \text{ MeV}$ / etwa gleich schwer tragen wenig zur Baryonenmasse bei

Isospin für u & d : 3. Komponente unterscheidet sie
// $\pm \frac{1}{2}$

3 Teilchen alle parallel : $I = \frac{3}{2}$

gemischt : $I = \frac{1}{2}$

↑
Baryonen

Mesonen : analog zu Baryonen, nur 2 Teilchen

$I = 1, 0$

π^0 : $I = 0$ (Goldstone Boson)

1947

Roberts, Butler

Nebelkammer - Versuche

K^0 & Λ // Lambda Meson auf

$$\Lambda \rightarrow p + \pi^- \quad \tau \sim 2,6 \cdot 10^{-10} \text{ s}$$

$$K^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- \quad \tau \sim 0,89 \cdot 10^{-10} \text{ s}$$

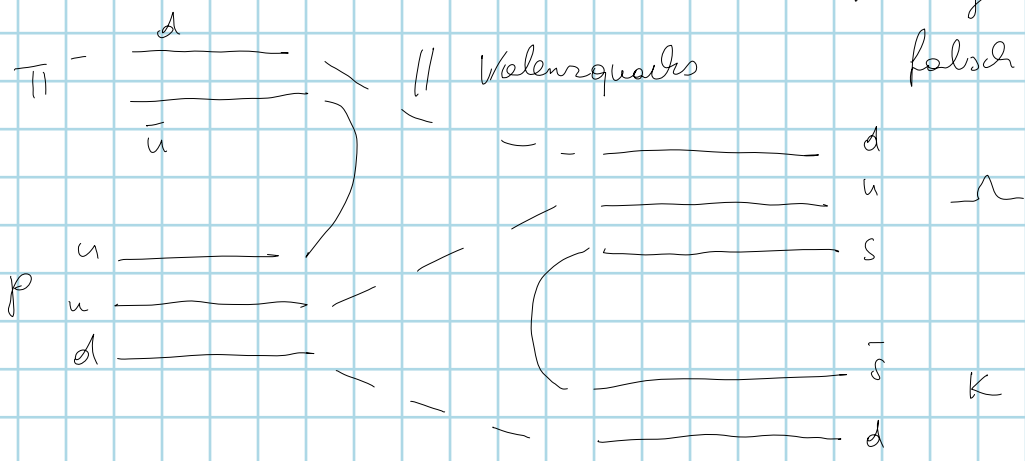
Streucharakteristik etc.?

Muss eine starke WW sein aber die Lebensdauern passen eher zum schwachen WW \rightarrow seltsame Teilchen

// streben immer paarweise auf

$$\pi^- + p \rightarrow \Lambda + K$$

// vorige Stunde falsch!



Prozess benötigt schwache WW!

d & \bar{s} Quark
|
hat I kern I

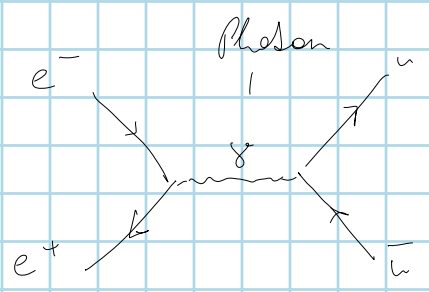
K: Proton kommt vom d!

Fig 1.4

\rightarrow 3. Termschema; alle Teilchen mit 1 s-Quark!

Streuung von e^+ , e^-

$$e^+ e^- \rightarrow c \bar{c} \quad // \text{ können entstehen}$$



s muss ausreichen, um $c \bar{c}$ zu produzieren $\sim 3 \text{ GeV}$
 $b \bar{b} \sim 10 \text{ GeV}$

+ kann mit e^+ / e^- nicht erzeugt werden!

Massen von $c \sim 1,5 \text{ GeV}$

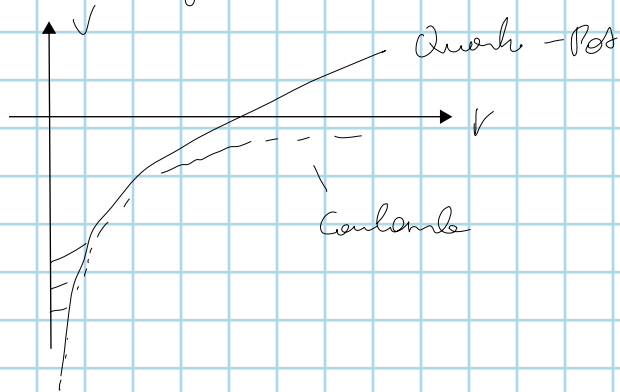
gebundenes $c\bar{c}$

$$m(c\bar{c}) < 2m_c$$

// Massendefekt

Charmonium od J/ψ -Teilchen

Bindungsstände von Quarks



// Änderung ist Confinement!

Selb. Zustände gehen Coulomb-Anteil

10 GeV Resonanz J/ψ

$b\bar{b}$

Υ

Υ psilon

Bottomonium

Top Quark: $p\bar{p}$

Kollisionen

- Einfluss von starker WW

groß - schwierig

Energien viel höher ...

180 GeV e^- geht ist gut weil die Masse nicht so groß

ist dass es im Synchrotron funkt (Abstrahlung)

Linear beschl. wäre OK

Gamma wäre sehr hoch

$$\left(\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \right)^{-1}$$

Δ -Teilchen: $I = \frac{3}{2}$

$3 \times \frac{1}{2} T \rightarrow \frac{3}{2} \Rightarrow$ symmetr. Zustand!

$$\left| \frac{3}{2} \right\rangle \otimes \left| \frac{1}{2} \right\rangle \otimes \left| \frac{1}{2} \right\rangle$$

$$\left| \frac{3}{2} m \right\rangle = \left| m_1 m_2 m_3 \right\rangle$$

// $\left| +\frac{1}{2} +\frac{1}{2} +\frac{1}{2} \right\rangle$

Ist in den Spin & Isospin QZ symmetrisch

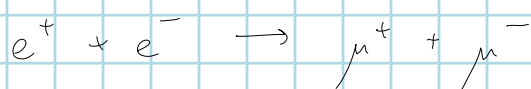
Wie ist Ortsraum?

R	Spin	Isospin	Baryon	$s = \frac{3}{2}, \frac{1}{2}$
$L = 0$	symm	symm	\rightarrow	Fermion

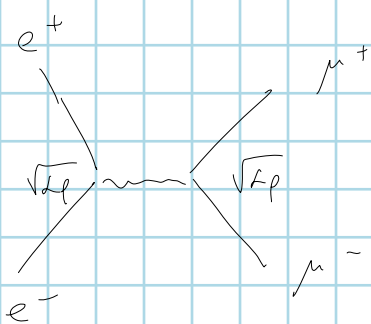
↓
der niedrigste (symmetr.)

D.h. Pauli Prinzip's problem

Experiment:



Muon-Produktion



$$\sqrt{s} < 80 \text{ GeV}$$

Können kein W_1 anregen

Annihilation mit μ^- Paarprodukt

Wirkungsquerschnitt

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{\pi L_f^2}{2s} (1 + \cos^2 \theta) \sin^2 \theta$$

θ : Winkel zw. einlaufenden e^- &

$$\rightarrow \sigma = \frac{4\pi L_f^2}{3s}$$

auslaufenden μ^-
im L ist die Ladung dT zum Quadr.
dreh!

Verhältniss:

$$R(E) = \frac{\sigma(e^+e^- \rightarrow \text{stark WW Teilchen})}{\sigma(e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-)}$$

Fig 1.7 Parameter bis zu 6 GeV

von 10 - 50 GeV glatte Kurve!

$R(E) \sim 4$ von 10 - 50 GeV // Z & W kann keine

Rolle spielen — Nur Photon kann Austausch. sein!

Γ geht im Energiebereich nicht!

$$G_{\text{hadron}} = \frac{4\pi L_f^2}{3s} \left[\underbrace{\left(\frac{2}{3}\right)^2}_u + \underbrace{\left(-\frac{1}{3}\right)^2}_d + \underbrace{\left(-\frac{1}{3}\right)^2}_s + \underbrace{\left(\frac{2}{3}\right)^2}_c + \underbrace{\left(-\frac{1}{3}\right)^2}_b \right]$$

$$= \frac{4\pi L_f^2}{3s} \frac{11}{9} \quad // \text{ ohne Polaris. \& QCD Effekte}$$

$$\sigma_{e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-} = \frac{4\pi L_f^2}{3s}$$

$$\rightarrow R(E) = \frac{11}{9} \quad // + 3 \quad // \text{ sehr viel niedriger als } 4!!$$

$$= \frac{11}{9} \quad // \text{ es fehlt ein Faktor von } 3!$$

Annahme: Von jedem Quark gibt es 3 Flavours
(Basiszustände)

\rightarrow zusätzlichen Freiheitsgrad "Farbe" // 8 andere Indizes

Antisymmetrie liegt in der Farbe — beobachtbar sind nur

farblose T

30 GeV 820 GeV

HERA (Kombi)

$e^- - p$

Struktur von Proton mit

e^- Strahl proden

Weder LS noch SPS

Ladungswert von Proton testen

\rightarrow Messung von freien Partonen des Protons

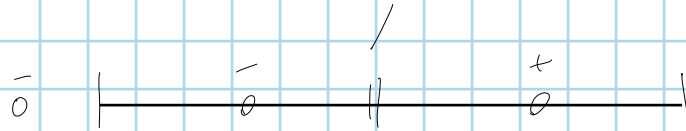
Anteile — Quarks
 — Seaquarks
 — Gluonen

Spin d. Protons hängt nicht vom Spin der Valenzquarks ab!

Auch Gluonen & Seequarks tragen bei!

Some Particle accelerators Tandem - besch!

Folie // umladen



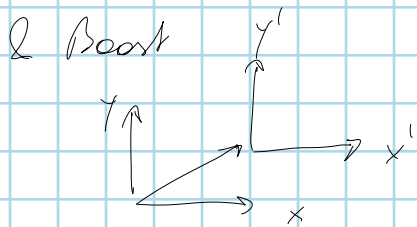
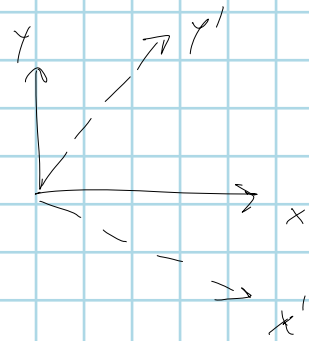
Relat. Theorie VH

System K, K'

$$x^0 = ct = x'^0 = ct' = \emptyset ?$$

also Lorentztransf.

Rotation



$$x'^0 = ct' = ct = x^0$$

$$x'^1 = x' = x \cos \alpha + y \sin \alpha = x^1 \cos \alpha + x^2 \sin \alpha$$

$$x'^2 = y' = -x \sin \alpha + y \cos \alpha = -x^1 \sin \alpha + x^2 \cos \alpha$$

$$x'^3 = z' = z = x^3$$

Boost in z - Richtung

$$x'^0 = ct' = \gamma(ct - \beta z) = x^0 \cosh \xi - x^3 \sinh \xi$$

$$x'^1 = x' = x = x^1$$

$$x'^2 = y' = y = x^2$$

$$x'^3 = z' = \gamma(z - \beta ct) = -x^0 \sinh \xi + x^3 \cosh \xi$$

$$x^\mu = (ct, x, y, z)$$

Kontra von Koord - Vektoren

$$x'^\mu = L^\mu_\nu x^\nu$$

$$\beta = \frac{v}{c} \quad \gamma = (1 - \beta^2)^{-1/2}$$
$$\gamma = \cosh \xi$$

Abstand, $(\Delta s)^2 = (\Delta x^0)^2 - (\Delta x^1)^2 - (\Delta x^2)^2 - (\Delta x^3)^2$ skalare

$$(\Delta s')^2 = (\Delta s)^2$$

Größe

$$(\Delta s)^2 = g_{\mu\nu} x^\mu x^\nu$$

$$g_{\mu\nu} = \begin{pmatrix} 1 & & & \\ & -1 & & \\ & & -1 & \\ & & & -1 \end{pmatrix}$$