

Hinweis

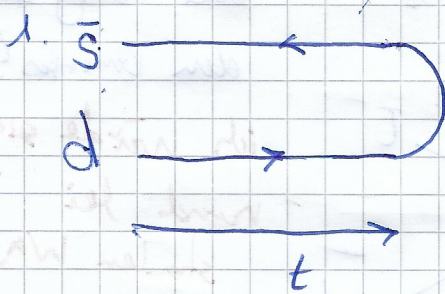
Die vorliegende Lösung wurde im Rahmen der jeweiligen Lehrveranstaltung an der Universität Bonn erstellt. Sofern im oberen Teil der ersten Seite oder auf der unten angegebenen Webseite nicht anders vermerkt, wurde diese Lösung von mir, Marvin Zanke, alleine angefertigt und eingereicht. Bei allem in einer anderen Farbe als dem üblichen Blau handelt es sich in der Regel um Korrekturen von mir oder des Tutors. Für mehr Informationen und meine gesamten Unterlagen, siehe:

<https://www.physics-and-stuff.com/>

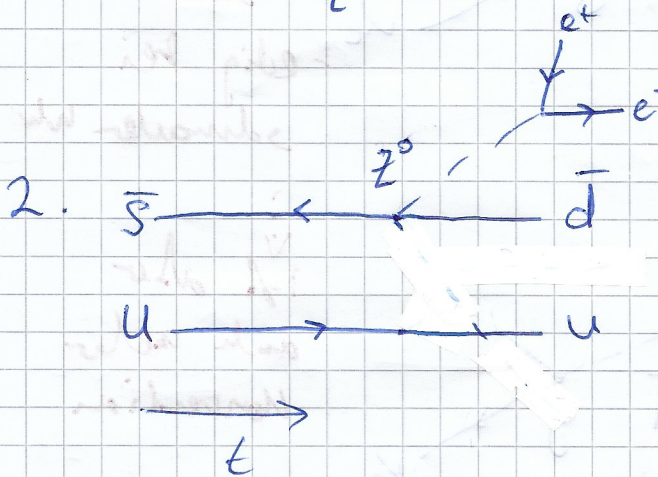
Ich erhebe keinen Anspruch auf Richtigkeit und Vollständigkeit der vorliegenden Lösungen! Dies gilt ebenso für obengenannte Korrekturen.

Dieses Werk von [Marvin Zanke](#) ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung – Nicht-kommerziell – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz](#).

Nr. 1



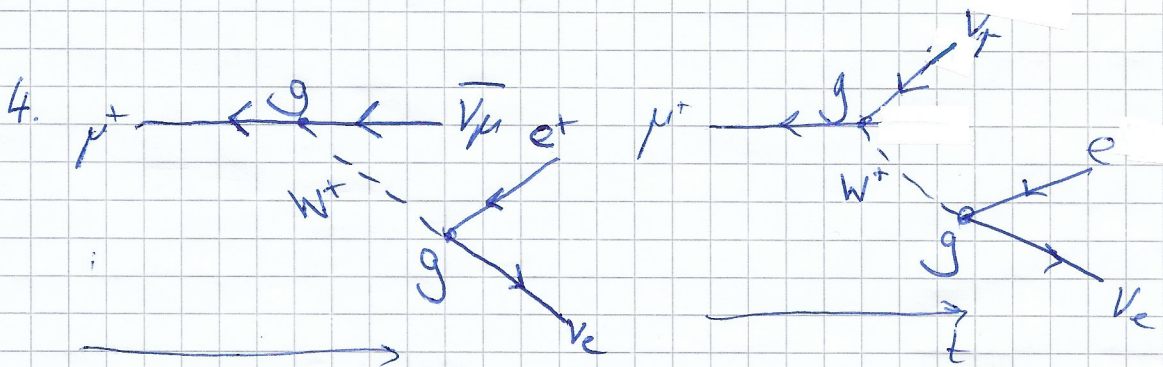
tabell 12:
315/400
Gesamt:
315/400
①



②

3. Der GIM-Mechanismus unterdrückt flavor-ändernde Neutrale Ströme sehr stark.

Er beruht auf der Einführung einer weiteren Quark-Familie $\begin{pmatrix} c \\ s' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c \\ s \cos \theta_c - d \sin \theta_c \end{pmatrix}$, wodurch für die Z^0 -Erzeugung ein weiterer möglicher Kanal entsteht. Die Überlagerung aller Kanäle verbietet dann die Änderung der Strangeness für Z^0 -Bosonen. ③

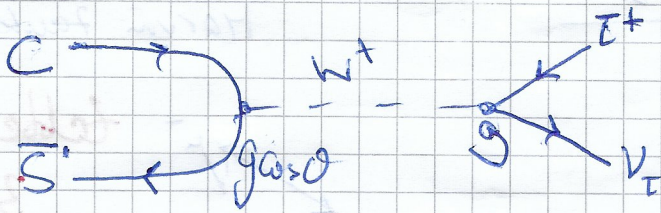


④

?

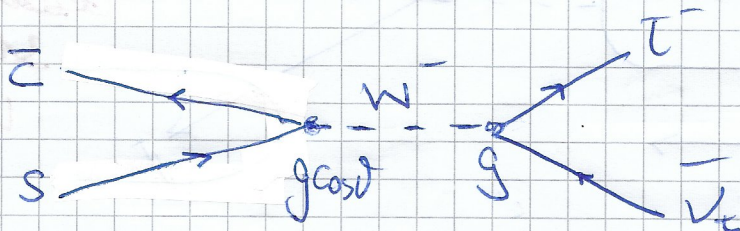
Welcher ist richtig (besser)? Muss das $\bar{\nu}_\mu$ eine Knode haben? egal → keine Veränderung nur die Vertices

5.



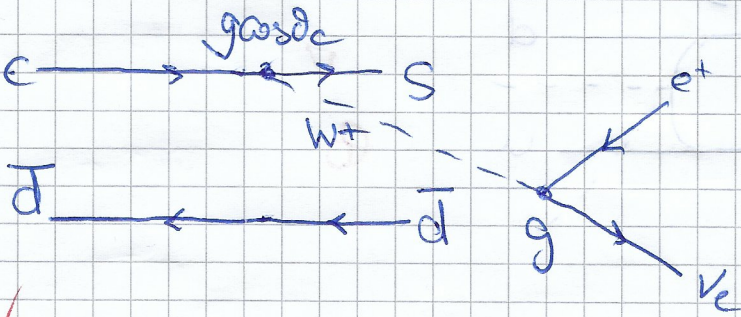
lieber abgelenkt
oder edig bei
dem Quark?

(2) ✓



ich würde sagen:
- rund bei
starken WW
- edig bei
schwachen WW

6.



ist aber
auch mehr
Konvention

(2) ✓

Nr. 2

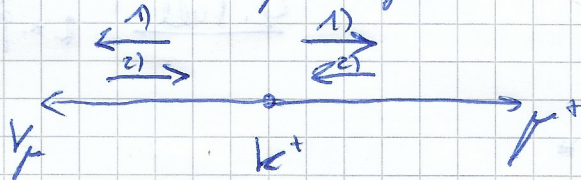
$$1. \quad K^+ \longrightarrow \mu^+ \nu_\mu, \quad K^+ \hat{=} u \bar{s}$$

$$h = \frac{\vec{s} \cdot \vec{p}}{|\vec{s}| |\vec{p}|} = \cos(\angle \vec{s}, \vec{p})$$

Das K^+ besitzt $J^P = 0^-$

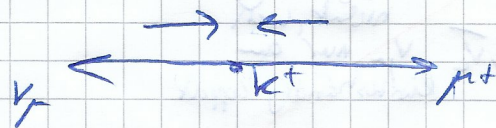
Die Spins von μ^+ und ν_μ müssen also zu 0 koppeln.

Da aus Impulserhaltungsgründen auch die Impulse in entgegengesetzte Richtungen zeigen müssen, folgt zuerst:



angekommen

Da Neutrinos masselos sind, kann man hier eine exakt definierte Helizität annehmen. Da die Schwache W.W. nur an linksständige Neutrinos koppelt, gilt also der Fall (2) über aus der Zeichnung:



Das Antiteilchen μ^+ besitzt nun negative Helizität (linkshändig).

Das W-Boson koppelt allerdings nur an rechtshändige Antiteilchen.

Das Antiteilchen besitzt allerdings auch einen rechtshändigen Anteil

$\sim 1 - \beta$; an diese kann das W-Boson koppeln

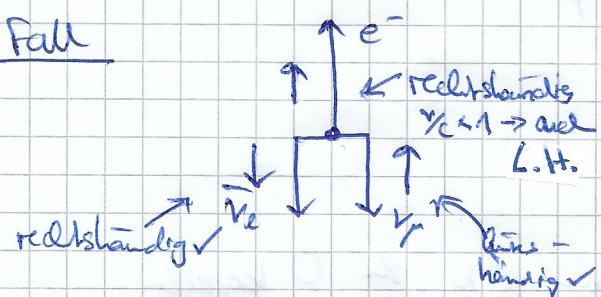
Ist nun $v \approx c \Rightarrow \beta \approx 1 \Rightarrow$ rechtshändiger Anteil verschwindet

und der Zerfall ist so nicht mehr möglich.

✓
①

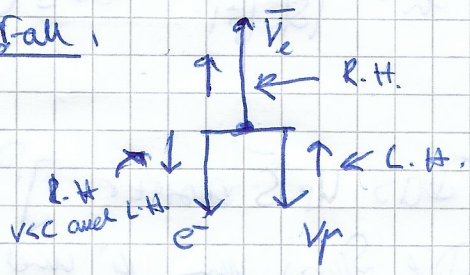
2. $\mu^- \rightarrow e^- \bar{\nu}_e \nu_\mu$, Das μ^- hat (Anfangs) Spin $1/2$ (nach oben)
 Aus Impulserhaltungsgründe muss 1 Teilchen in die andere Richtung
 als die anderen beiden laufen. Es muss $1/2$ -Spin nach
 oben resultieren aus Drehimpulserhaltungsgründen.

1. Fall



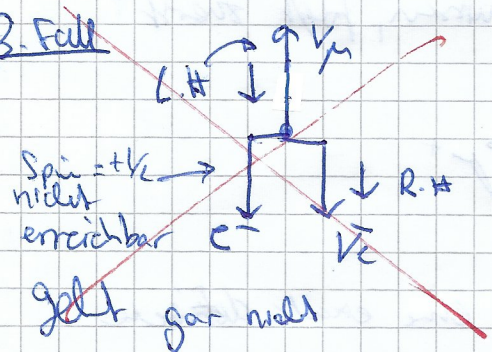
$v \approx c \Rightarrow$ nicht möglich

2. Fall



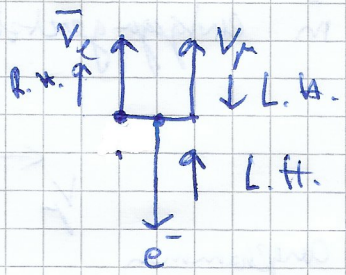
$v \approx c \Rightarrow$ nicht möglich

3. Fall



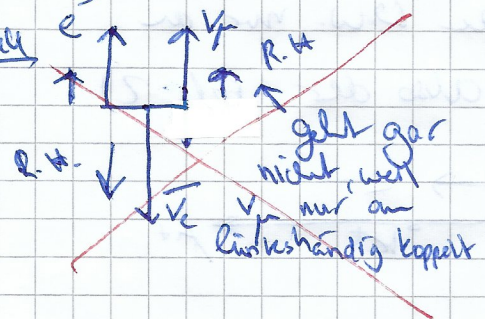
geht gar nicht

4. Fall

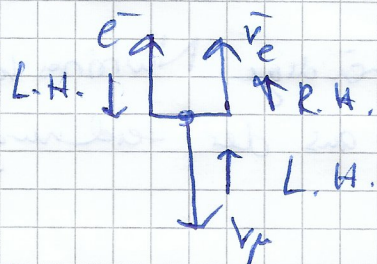


$v \approx c$ funktioniert trotzdem, da immer noch linkshändig.

5. Fall



6. Fall

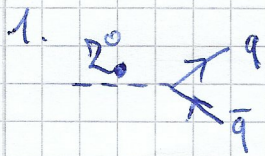


geht immer, da W-Boson an linkshändiges e^- koppelt.

✓ (2)

3. Das Elektron kriegt maximale Energie, falls es einen Impuls entgegen der beiden anderen Teilchen hat (Fall 1 und Fall 4).
 Ein Detektor kommt also in den Norden und einer in den Süden. Fall 1 ist (stark) unterdrückt, da das W-Boson nur an den linkshändigen, linkshändigen Teil des e^- koppelt. Im Südlichen Detektor messen wir also deutlich mehr Ereignisse, da der Spin in beiden Fällen nach oben ausgerichtet ist. ✓ (4)

Aufgabe 3



alle Quarks außer t, da zu schwer



alle Leptonen (welche... Liste)

0.5

nicht gefordert
nur auf Quark,
da Vertex

2. $\hat{g}_L(f) = T_3 - 2q_f \sin^2(\theta_W)$, $\hat{g}_R(f) = -2q_f \sin^2(\theta_W)$

Fermion	e, μ, τ	e^+, μ^+, τ^+	u, c	d, s, b	ν_e, ν_μ, ν_τ
\hat{g}_L^2	0,073	0,053	0,12	0,179	0,25
\hat{g}_R^2	0,053	0,073	0,24	0,06	0
$\hat{g}_L^2 + \hat{g}_R^2$	0,126	0,126	0,144	0,185	0,25

$Z^0 \rightarrow f \bar{f}$
immer beides

Wieso negative Werte für Quarks?

Antiteilchen jeweils immer genau so vertauscht

$Z^0 \rightarrow f \bar{f} \quad \Gamma_f = \Gamma_0 (\hat{g}_L^2(f) + \hat{g}_R^2(f)) = \frac{g_f^2}{3 \cdot 4 \pi \cdot (\hbar c)^3} (\hat{g}_L^2(f) + \hat{g}_R^2(f))$

=> Neutrinos koppeln am stärksten, da $\hat{g}_L^2 + \hat{g}_R^2$ hier am größten ist.

3. $\hat{g}_L = 0$, ja so kann man das auch machen

$\Gamma_{\text{tot}} = \Gamma_0 (3 \cdot \hat{g}_R^2_{e,\mu,\tau} + \hat{g}_R^2 \cdot 3 + (2\hat{g}_R^2_{u,c} + 3 \cdot \hat{g}_R^2_{d,s,b}) \cdot 3)$
 $= 236,1 \text{ MeV}$

4. $\Gamma_{\text{tot}} = \sum_i (\Gamma_0 (\hat{g}_L^2 + \hat{g}_R^2)) \cdot F = 2454,4 \text{ MeV}$

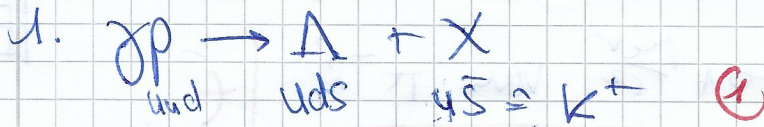
1 bei Leptonen
3 bei Quarks

5. $\Gamma_{\text{tot gemessen}} = 2495,2 \text{ MeV}$

gemessener Wert ist höher, da Feynmann Diagramme höherer Ordnung nicht berücksichtigt wurden.

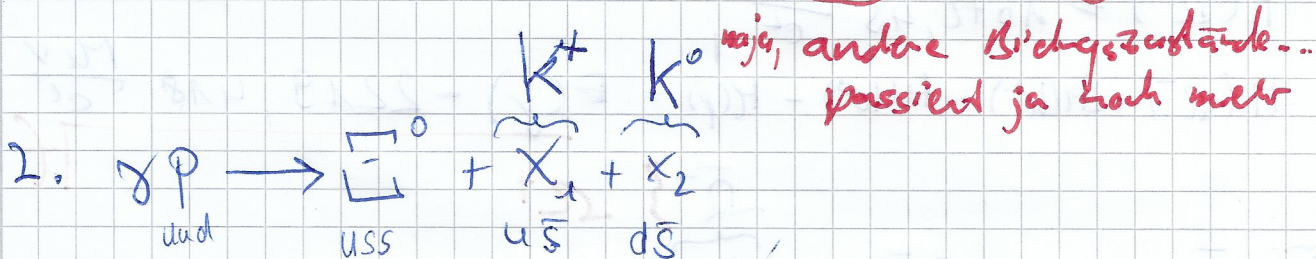
Stahlungswechselwirkungen

Nr. 4



EM: Brauchen \bar{s} in X , damit Strangeness erhalten ist
 Außerdem können wir nicht über das Photon

den Flavor ändern, sodass nur X ein u
 bekommen muss. Damit erzeugt das Photon ein $s\bar{s}$.

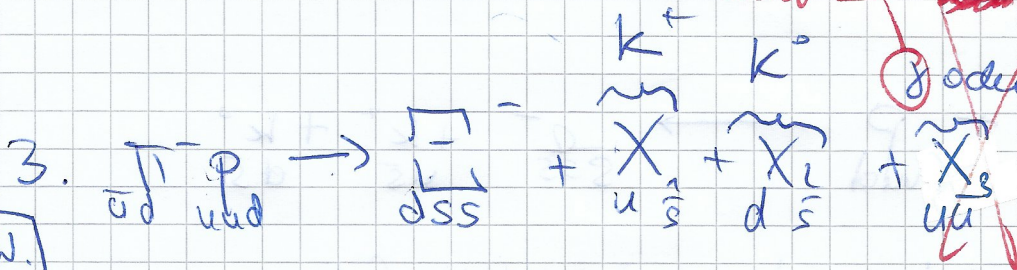


EM: Brauchen $2 \times \bar{s}$ in X_1 bzw. X_2 wegen Strangeness
 Erhaltung. $s\bar{s}$ ist kein gebundener Zustand. $\textcircled{1}$

Außerdem müssen u und d erhalten sein. ✓

~~erst recht, ~~erhalten~~ nicht~~

annihilieren die sich und geben Energie für das $s\bar{s}$ oder wird ein π^0 daraus!



St.W.W.

Wegen Baryonenzahlerhaltung brauchen wir X_1 und X_2 und X_3 .

$\textcircled{2}$ In dem müssen $2 \times \bar{s}$ sein. *hier?*

Die übrigen u, d, u, u müssen erhalten bleiben. *"wir kann neg"*

Die in der Summe leichtesten Teilchen sind dann

$$M(K^+) = 493,677 \frac{\text{MeV}}{c^2}, \quad M(K^0) = 497,614 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

$$M(\pi^0) = 134,98 \frac{\text{MeV}}{c^2}, \quad M(\pi^-) = 139,57 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

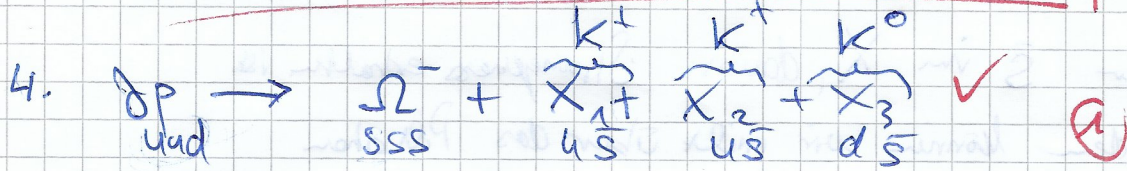
$$M(\underbrace{\square^+}_{u\bar{s}\bar{s}}) = 1,322 \frac{\text{GeV}}{c^2}, \quad M(p) = 938 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

$$M(p) + M(\pi^-) = 1077,57 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

$$M(\Sigma^-) + M(K^0) + M(K^+) + M(\pi^0) = 2448,271 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

⇒ Strahlenergie: $1370,701 \frac{\text{MeV}}{c^2}$ vom π^- | f

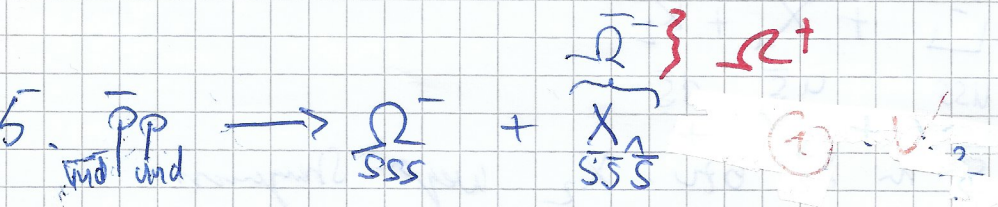
EM



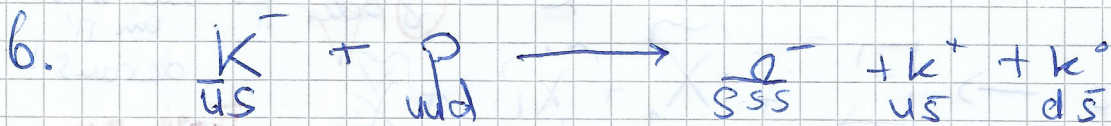
$3 \times \bar{s}$. 3 Mesonen wegen Baryonenzahlhaltung? eher | f
u, u, d bleiben erhalten.

$$M(\Sigma^-) = 1672,45 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

$$M(\Sigma^-) + 2M(K^+) + M(K^0) - M(p) = E(\gamma) = 2219,418 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$



$$M(\bar{p}) + M(p) - (M(\Sigma^-) + M(\bar{\Sigma}^-)) = -1468,9 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$



\bar{K}^- eignet sich gut, weil es eine relativ hohe Masse hat, und eine nicht zu kurze Lebenszeit. ✓

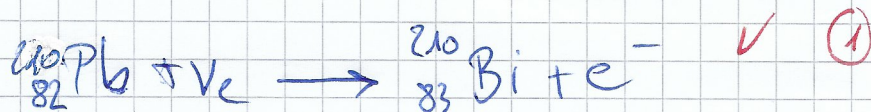
→ wofür die Masse? (1)
Warum nicht K^0

- Begründungen teilweise unpräzise/falsch
(Baryonenzahl / $\bar{u}\bar{u}$)
✓

- Schwerenergie: nicht ganz so einfach, so verletzt ihr Impulserhaltung

Nr. 5

$$1. \dot{N}_{\nu_e} = 65 \cdot 10^9 \frac{1}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}} =$$
$$\sigma_a = 22 \cdot 10^{-42} \text{ cm}^2$$



da der β^- -Zerfall ${}_{82}^{210}\text{Pb} \rightarrow {}_{83}^{210}\text{Bi} + e^- + \bar{\nu}_e$
kommt natürlich vor.

$$2. D = 1,2756 \cdot 10^7 \text{ m} = 1,2756 \cdot 10^9 \text{ cm}$$

$$\frac{N_D}{F} = \frac{N_a}{\dot{N}_{\nu_e}}$$

$$\frac{N_D}{F} = \frac{J_{\text{Pb}} \cdot l}{207 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}$$

$$11,342 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 11,342 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$$

$$\Leftrightarrow N_a = \dot{N}_{\nu_e} \cdot \frac{J_{\text{Pb}} \cdot l}{207 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}} \cdot D$$

$$= 60,21 \frac{1}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}} \quad \checkmark$$

$$\frac{\dot{N}_{\nu_e}}{N_a} \approx 1,08 \cdot 10^9$$

Jedes 1 Milliardste Neutrino streut
und kommt nicht an.

Die Annahme des dünnen Targets ist gerechtfertigt,
da so wenige Teilchen gestreut werden, dass eine
Zweipolige Streuung so oder so selten passiert. \checkmark

(3)