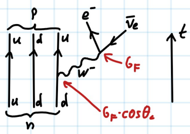
Nr. 1

Kopplungsstärke / Fermi-Konstante $G_F = \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{\pi \alpha g^2 (\hbar c)^3}{e^2 M_W^2 c^4} \approx 1{,}166 \cdot 10^{-5}\,\mathrm{GeV}^{-2}$ (mit $c = \hbar = 1$)

1.a)

$n \rightarrow p e^- \bar{\nu}_e$:



Gesamtwahrscheinlichkeit

$M_{fi} \sim G_F^2 \cos\theta_c$

$\frac{\sigma(n \rightarrow p e^- \bar{\nu}_e)}{\sigma(\mu^- \rightarrow \nu_\mu e^- \bar{\nu}_e)} \approx 0{,}97 \Rightarrow$ fast gleich wahrscheinlich da schwache WW

$\frac{\sigma(s \rightarrow u W^-)}{\sigma(d \rightarrow u W^-)} \approx 0{,}23 \Rightarrow$ iwie nicht gleich, wird durch Cabibbo Winkel erklärt

$\binom{u}{d'}, \binom{c}{s'}, \binom{t}{b'}$

mit 2 Familien: $d' = \cos\theta_c \cdot d + \sin\theta_c \cdot s$ $\quad \theta_c \hat{=}$ Cabibbo Winkel

$s' = \cos\theta_c \cdot s + \sin\theta_c \cdot d$ $\quad = 13{,}15°$

$\rightsquigarrow$ $d \rightarrow u$ mit $g \cdot \cos\theta_c \approx 0{,}98 g$

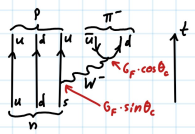
$s \rightarrow u$ mit $g \cdot \sin\theta_c \approx 0{,}22 g \Rightarrow$ unterdrückt

mit 3 Familien: CKM-Matrix

$$\begin{pmatrix} |d'\rangle \\ |s'\rangle \\ |b'\rangle \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_{ud} & V_{us} & V_{ub} \\ V_{cd} & V_{cs} & V_{cb} \\ V_{td} & V_{ts} & V_{tb} \end{pmatrix} \begin{matrix} |d\rangle \\ |s\rangle \\ |b\rangle \end{matrix}$$

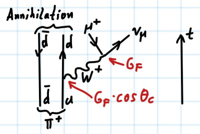
b)

$\Lambda \rightarrow p \pi^-$:



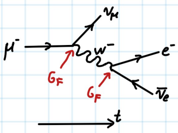
c)

$\pi^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$:



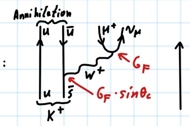
d)

$\mu^- \rightarrow e^- \bar{\nu}_e \nu_\mu$:



e)

$K^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$:



2.)

$\frac{\Gamma(\pi^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu)}{\Gamma(K^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu)} \begin{matrix} \propto (G_F^2 \cos\theta_c)^2 \\ \propto (G_F^2 \sin\theta_c)^2 \end{matrix}$

$\Leftrightarrow (\tan\theta_c)^2 = \frac{\Gamma_{\pi^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu}}{\Gamma_{K^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu}}$

Nr. 2

1., 2. a)

$\underset{uud}{\gamma + p} \rightarrow \underset{uds}{\Lambda} + X$ mit $X = W^- \rightarrow e^- \bar{\nu}_e$ und $E_s = M(\Lambda) + M(X) - M(p)$ $\quad X = \underset{\bar{s}u}{K^+}$ ($\bar{s}s$ aus Vakuum erzeugt)

Schwerpunktsenergie

$s = (\underset{\text{Beam}}{P_b} + \underset{\text{Target}}{P_t})^2 = P_b^2 + P_t^2 + 2P_bP_t = M_b^2 + M_p^2 + (2E_bE_t - \underbrace{\vec{p}_b\vec{p}_t}_{=|p_b||p_t|\cos\theta})$

$\underbrace{\sqrt{s} = \sum_f M_f}_{\text{hiermit } s \text{ berechnen}}$ ← final (Zerfallsprodukte) $\quad \Leftrightarrow E_b = \frac{s - M_t^2 - M_b^2}{2M_t}$ $\quad$ =0 da Target in Ruhe

$\Rightarrow E_\gamma = 911\,MeV$

b)

$\underset{uud}{\gamma + p} \rightarrow \underset{uss}{\Xi^0} + X$ mit $X = 2W^- \rightarrow 2e^- 2\bar{\nu}_e$ und $E_s = M(\Xi^0) + M(X) - M(p)$ $\quad X = \underset{\bar{s}u}{K^+} + \underset{\bar{s}d}{K^0}$ $\quad E_\gamma = 2365\,MeV$

c)

$\underset{\bar{u}d}{\pi^-} + \underset{uud}{p} \rightarrow \underset{dss}{\Xi^-} + X$ mit $X = 2W^- \rightarrow 2(e^- \bar{\nu}_e)$ und $E_s = M(\Xi^-) + M(X) - M(p) - M(\pi^-)$ $\quad X = \underset{\bar{s}u}{K^+} + \underset{\bar{s}d}{K^0}$ $\quad E_{\pi^-} = 2232\,MeV$

d)

$\underset{uud}{\gamma + p} \rightarrow \underset{sss}{\Omega^-} + X$ mit $X = 3W^- \rightarrow 3(e^- \bar{\nu}_e)$ und $E_s = M(\Omega^-) + M(X) - M(p)$ $\quad X = \underset{\bar{s}u}{K^+} + \underset{\bar{s}u}{K^+} + \underset{\bar{s}d}{K^0}$ $\quad E_\gamma = 4843\,MeV$

e)

$\underset{\bar{d}\bar{u}\bar{u}}{\bar{p}} + \underset{uud}{p} \rightarrow \underset{sss}{\Omega^-} + X$ mit $X = ?$ und $E_s = M(\Omega^-) + M(X) - M(p) - M(\bar{p})$ $\quad X = \underset{\bar{s}\bar{s}\bar{s}}{\bar{\Omega}^+}$ $\quad E_{\bar{p}} = 5024\,MeV$

Nr. 3

Helizität: Erhaltungsgröße, Komponente des Spins eines Teilchens, die in Richtung seines Impulses zeigt, für masselose Neutrinos negativ (Antineutrinos positiv).

Für massebehaftete Teilchen nie 100% nur links oder rechts, Gegenanteil der "Hauptshelizität" durch $1-\beta$ gegeben.

Die schwache WW koppelt nur an linkshändige (h = negativ) Fermionen und rechtshändige (h = positiv) Antifermionen.

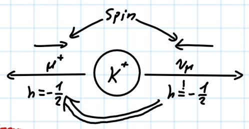
1. a) $\quad$ Wuu & Goldhaber Experimente kennen!

$K^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$

$\uparrow \quad \uparrow\uparrow$

$s=0 \quad s=\frac{1}{2}$

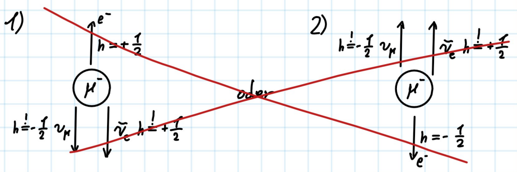
$J=0 \quad J \overset{!}{=} 0$ ⇒ Spins müssen entgegengesetzt sein



⇒ Für $\beta \rightarrow 1$ da Antifermion rechtshändig sein müsste

b)

$\mu^- \rightarrow e^- \bar{\nu}_e \nu_\mu$



Impuls, spin

6 Möglichkeiten: $\overset{\uparrow\uparrow}{e^-} + \overset{\downarrow\downarrow}{\bar{\nu}_e} + \overset{\downarrow\uparrow}{\nu_\mu}$ ← Neutrino helizität gegeben da masselos, elektron folgt aus Gesamtimpulserhaltung (μ als spin ↑ festgelegt)

$\overset{\downarrow\uparrow}{e^-} + \overset{\uparrow\uparrow}{\bar{\nu}_e} + \overset{\uparrow\downarrow}{\nu_\mu}$

$\overset{\downarrow\downarrow}{e^-} + \overset{\uparrow\uparrow}{\bar{\nu}_e} + \overset{\downarrow\uparrow}{\nu_\mu}$

$\overset{\uparrow}{e^-} + \overset{\downarrow\downarrow}{\bar{\nu}_e} + \overset{\uparrow\downarrow}{\nu_\mu}$ ↯

$\overset{\downarrow}{e^-} + \overset{\downarrow\downarrow}{\bar{\nu}_e} + \overset{\uparrow\downarrow}{\nu_\mu}$ ↯

$\overset{\uparrow\downarrow}{e^-} + \overset{\uparrow\uparrow}{\bar{\nu}_e} + \overset{\downarrow\uparrow}{\nu_\mu}$

bei $\beta \rightarrow 1$ verboten da Elektronen linkshändig sein müssten

2.)

Platzierung der Detektoren: Einer in Richtung des Myonenspins und der andere genau gegenüber. So kann eine Asymmetrie der emittierten Elektronen beobachtet werden, in welcher sich die Paritätsverletzung manifestiert.

Da Elektronen sehr leicht sind im Vergleich zu Myonen werden sie mit hoher Geschwindigkeit emittiert, für sie gilt $\beta \rightarrow 1$ und sie werden hauptsächlich entgegen der Spinrichtung emittiert.

Nr. 4

$|V_{ud}| = 0{,}97370 \pm 0{,}00014$ $\quad$ $|V_{us}| = 0{,}2245 \pm 0{,}0008$ $\quad$ $|V_{ub}| = (3{,}82 \pm 0{,}24) \cdot 10^{-3}$

$|V_{cd}| = 0{,}221 \pm 0{,}004$ $\quad$ $|V_{cs}| = 0{,}987 \pm 0{,}011$ $\quad$ $|V_{cb}| = (41{,}0 \pm 1{,}4) \cdot 10^{-3}$

$|V_{td}| = (8{,}0 \pm 0{,}3) \cdot 10^{-3}$ $\quad$ $|V_{ts}| = (38{,}8 \pm 1{,}1) \cdot 10^{-3}$ $\quad$ $|V_{tb}| = 1{,}013 \pm 0{,}030$

$\alpha = (84{,}9^{+5{,}1}_{-4{,}9})^\circ$

$\sin(2\beta) = 0{,}699 \pm 0{,}017$

$\gamma = (72{,}1^{+4{,}1}_{-4{,}5})^\circ$

$$\Rightarrow \left|\frac{V_{ud} V_{ub}^*}{V_{cd} V_{cb}^*}\right| = 0{,}41 \pm 0{,}03 \qquad (1)$$

$$\Rightarrow \left|\frac{V_{td} V_{tb}^*}{V_{cd} V_{cb}^*}\right| = 0{,}894 \pm 0{,}055 \qquad (2)$$

$\rho_\gamma = \cos\gamma \cdot (1) = 0{,}126 \pm 0{,}031$

$\eta_\gamma = \sin\gamma \cdot (1) = 0{,}391 \pm 0{,}030$

$\rho_\beta = 1 - \cos\beta \cdot (2) = 0{,}172 \pm 0{,}051$

$\eta_\beta = \sin\beta \cdot (2) = 0{,}338 \pm 0{,}023$

$\Rightarrow \sigma\rho \sim 0{,}760$

$\quad \sigma\eta \sim 1{,}40$ $\quad$ Abweichung