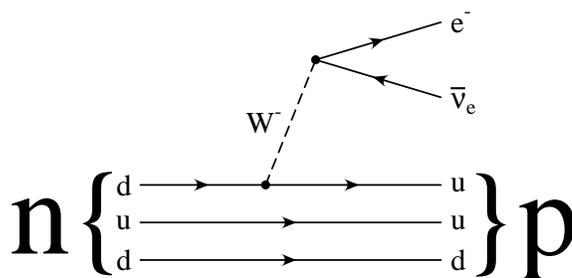


Lösungen zur Klausur Moderne Experimentalphysik III

Aufgabe 1: ^{14}C -Methode

Beim Zerfall $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} e^- \bar{\nu}_e$ handelt es sich um einen β^- -Zerfall. (0,5 P)

Skizze (1,5 P):



Die Probe hat eine spezifische Aktivität von $2.55 \text{ Bq}/40 \text{ g} = \frac{1}{4} \cdot 0.255 \text{ Bq/g}$, d.h. genau ein Viertel der spezifischen Aktivität von lebendem Gewebe. Das Alter entspricht also gerade der doppelten Halbwertszeit : 11460 Jahre. (1,0 P)

Aufgabe 2: Tröpfchenmodell

Volumenenergie: $\propto A$ (0,5 P)

Oberflächenenergie: $\propto A^{2/3}$ (0,5 P)

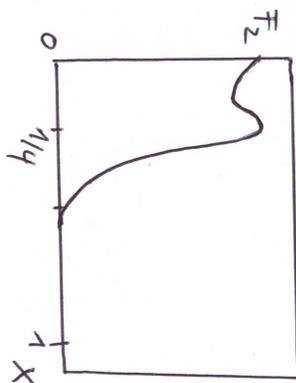
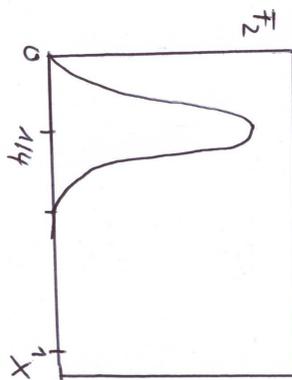
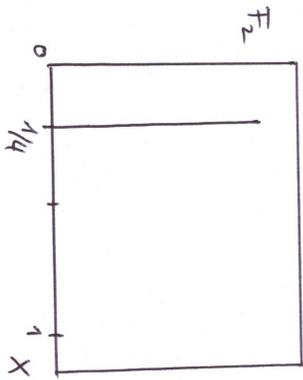
Coulombterm: $\propto Z^2 A^{-1/3}$ (0,5 P)

Asymmetrieterm: $\propto (N - Z)^2/A$ (0,5 P)

Paarungsterm: $\propto A^{-1/2}$ (0,5 P)

Der wichtigste Beitrag ist die Volumenenergie. (0,5 P)

Aufgabe 3: Strukturfunktion



Bei vier nicht wechselwirkenden Partonen teilt sich der Protonimpuls gleichmässig auf die vier Partonen auf, d.h. $x = 1/4$. **(0,5 P)**

Durch die Wechselwirkung kommt es zu einer Verschmierung der Impulsanteile um $x = 1/4$. **(0,5 P)**

Seequarks entstehen durch Gluonen, die von Quarks abgestrahlt werden und virtuelle Quark-Antiquark-Paare bilden. Deren Impuls muss also kleiner sein als der des ursprünglichen Partons, so dass es zu einer Zunahme bei kleinen x -Werten kommt. **(0,5 P)**

Aufgabe 4: Ξ -Teilchen

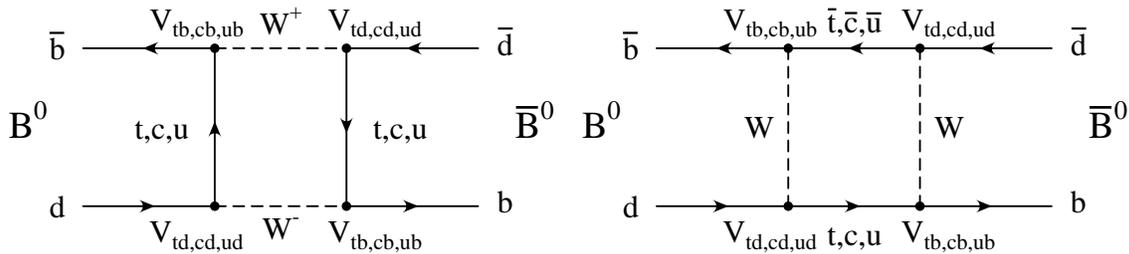
Strangeness = -2 bedeutet, dass zwei s-Quarks enthalten sind. Da es sich um ein Baryon handelt, fehlt also nur noch ein Quark.

Für das neutrale Ξ^0 bieten sich das u- oder das c-Quark an, was zusammen mit den beiden s-Quarks eine elektrische Ladung von Null ergibt. Da aber nur das u-Quark isospin besitzt, fällt das c-Quark raus und die Lösung ist: $\Xi^0 = [uss]$. (1,0 P)

Für das negativ geladene Ξ^- bietet sich als drittes Quark das d-Quark an oder das b-Quark. Wegen des Isospins, den das b-Quark nicht besitzt, bleibt hier als Lösung: $\Xi^- = [dss]$. (1,0 P)

Aufgabe 5: Oszillation von B-Mesonen

Skizze: (1,0 P) pro Skizze plus (0,5 P) pro Skizze für die Matrixelemente.



Bei B_s^0 - statt B^0 -Mesonen hat man ein s statt eines d -Quarks. Dadurch ändern sich auch die beteiligten CKM-Matrixelemente: $V_{td} \rightarrow V_{ts}$, $V_{cd} \rightarrow V_{cs}$, und $V_{ud} \rightarrow V_{us}$. (1,0 P)

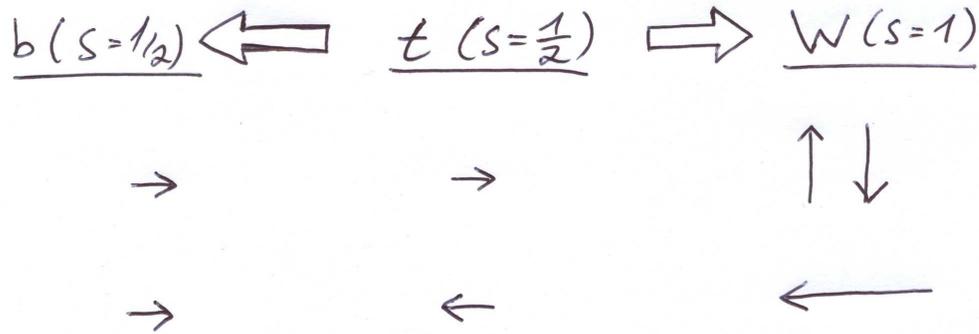
B_s^0 -Mesonen oszillieren schneller als B^0 -Mesonen. Das liegt daran, dass das Matrixelement V_{ts} größer als V_{td} ist. Beim B_s^0 -Mesonen hat man an diesem Vertex einen Übergang über eine Generation, beim B^0 -Mesonen über zwei Generationen. Damit ist der B^0 -Oszillationsprozess stärker unterdrückt. (1,0 P)

Aufgabe 6: Top-Quark-Zerfall

Ist das b-Quark masselos, so muss es linkshändig sein. Daraus ergeben sich für die Spin-Orientierung des W-Bosons zwei Möglichkeiten: entweder ist es longitudinal polarisiert (Spin steht senkrecht zur Impulsrichtung) oder ebenfalls linkshändig (Spin ist antiparallel zur Impulsrichtung).

Skizze: (1,0 P) pro Möglichkeit.

Wenn man die Masse des b-Quarks nicht mehr vernachlässigt, so kann der Spin des b-Quarks auch parallel zu seinem Impuls eingestellt sein, da dann dieses rechtshändige b-Quark aufgrund der Masse einen kleinen linkshändigen Anteil hat, an den die schwache Wechselwirkung koppeln kann. Somit ergibt sich ein (sehr) kleiner Anteil von rechtshändigen W-Bosonen im Top-Quark-Zerfall. (1,0 P)



Aufgabe 7: Solares Neutrino-Defizit

Unter der Annahme dass das Standard-Sonnenmodell korrekt ist, lässt sich der Fluss von Elektron-Neutrinos, die bei den in diesem Modell beschriebenen Prozessen in der Sonne entstehen, vorhersagen. Mit mehreren auf Elektron-Neutrinos spezialisierten Detektoren wurde der Elektron-Neutrino-Fluss gemessen. Dabei stellte sich heraus, dass der gemessene Fluss nur etwa die Hälfte der Vorhersage betrug. Die Erklärung dieses Defizits liegt nicht etwa darin, dass das Sonnen-Modell falsch ist, sondern an der Oszillation der Elektron-Neutrinos auf ihrem Weg von der Sonne zur Erde in Myon-Neutrinos. Diese können in den Elektron-Neutrino-Detektoren nicht nachgewiesen werden. Je **1,0 P** für Beschreibung des Problems und der Lösung.

Aufgabe 8: Teilchenreaktionen

0,5 P pro Prozess.

- $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ elektromagnetische WW
- $J/\psi \rightarrow e^+e^-$ elektromagnetische WW
- $K^0 \rightarrow \pi^0\pi^0$ schwache WW
- $J/\psi \rightarrow \nu_\tau\bar{\nu}_\tau$ schwache WW
- $p \rightarrow n\pi^+$ nicht möglich: Energie ist nicht erhalten ($m_p < m_n + m_\pi$)
- $\tau^- \rightarrow \pi^-\nu_\tau$ schwache WW
- $\pi^0 \rightarrow \gamma e^+e^-$ elektromagnetische WW
- $e^- + \gamma \rightarrow e^-$ nicht möglich: Impuls- und Energieerhaltung verletzt
- $\nu_\mu + p \rightarrow \mu^+n$ nicht möglich: Leptonzahl nicht erhalten

j) $\nu_e + e^- \rightarrow \nu_\mu \mu^-$ nicht möglich: Leptonfamilienzahl nicht erhalten

Aufgabe 9: Luminosität und Wirkungsquerschnitt

Die Reaktionsrate ist gegeben durch das Produkt aus Luminosität und Wirkungsquerschnitt: **(1,0 P)**

$$R = \mathcal{L} \cdot \sigma$$

Die Luminosität ist proportional zur Anzahl der Teilchen in den Strahlen:

$$\mathcal{L} \propto N_1 \cdot N_2$$

Ausserdem ist die Luminosität proportional zur Kollisionsrate ν und zur Anzahl der Pakete n und anti-proportional zur effektiven Fläche A , mit der die beiden Strahlen aufeinandertreffen:

$$\mathcal{L} = \frac{\nu n \cdot N_1 \cdot N_2}{A}$$

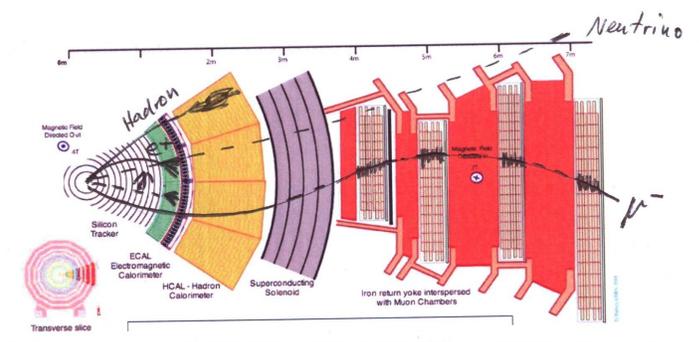
Für die Proportionalitäten insgesamt: **1,0 P**

Zwei Kugeln wechselwirken, wenn ihr Abstand kleiner als $R_1 + R_2$ ist. Dies entspricht einer Fläche und damit einem Wirkungsquerschnitt von

$$\sigma = \pi(R_1 + R_2)^2.$$

Setzt man den Protonen-Radius von $R = 10^{-15}$ m ein, erhält man für den Wirkungsquerschnitt 126mb. **2,0 P**

Aufgabe 10: CMS-Detektor



Je **(1,0 P)** pro Teilchen.