

Übungen Moderne Experimentalphysik III (Kerne und Teilchen) Sommersemester 2013

Übungsblatt Nr. 4

Bearbeitung bis 20.05.2013

Bitte geben Sie Ihren Namen und Ihre Tutorium-Gruppe (A-K) an.

Aufgabe 1: Strahlenwirkung

(2 Punkte)

Informieren Sie sich über die Auswirkungen von radioaktiver Strahlung auf den Menschen (z.B. <http://www.kernenergie.de/kernenergie-wAssets/docs/service/013radioaktivitaet-u-strahlenschutz2012.pdf>). Definieren Sie die Einheiten Becquerel, Gray und Sievert. Welche natürlichen und zivilisatorischen Ursachen tragen zur Strahlenbelastung bei? Welche gesundheitlichen Folgen hat die Strahlung?

Aufgabe 2: ^{14}C -Methode

(3 Punkte)

Durch die Höhenstrahlung wird in der Atmosphäre das Isotop ^{14}C mit einer konstanten Rate erzeugt. Da ^{14}C mit einer Halbwertszeit von 5730 Jahren zerfällt, bildet sich in der Atmosphäre ein konstantes Verhältnis von ^{14}C zum stabilen Isotop ^{12}C . Dieses Verhältnis beobachtet man auch in allen Lebewesen, die den Kohlenstoff durch ihren Stoffwechsel aufnehmen. Die durch den Zerfall von ^{14}C hervorgerufene spezifische Aktivität beträgt 0.255 Bq pro Gramm Kohlenstoff in natürlichem, lebendem Gewebe. Sobald ein Lebewesen stirbt, nimmt die ^{14}C -Konzentration durch den radioaktiven Zerfall ab. Diese Tatsache nutzt man z.B. in der Archäologie zur Altersbestimmung.

- Aus welcher Zeit stammt eine Probe von 2 g Kohlenstoff mit einer Aktivität von 0.395 Bq?
- Wieviele ^{14}C -Atome waren zu dieser Zeit in der Probe? Wieviele sind es jetzt?
- Wie lange muss die Aktivität der Probe gemessen werden, um ihr Alter mit einem relativen statistischen Fehler von 1% zu bestimmen? Zur Erinnerung: Der statistische Fehler einer Messung von N Ereignissen ist \sqrt{N} .

Aufgabe 3: Feynman-Diagramme

(2 Punkte)

Zeichnen Sie jeweils ein Feynman-Diagramm für β^- -Zerfall, β^+ -Zerfall und Elektroneneinfang. Beachten Sie dabei, dass das ausgetauschte W -Boson an Vertices mit Nukleonen und an Vertices mit Leptonen koppelt. Vertices mit Nukleonen und Leptonen gleichzeitig kommen nicht vor.

Aufgabe 4: Phasenraum beim β -Zerfall

(3 Punkte)

Das Impulsspektrum der Elektronen bzw. Positronen aus dem β -Zerfall ist durch Fermis goldene Regel gegeben:

$$N(p_e)dp_e = \frac{2\pi}{\hbar} \cdot |M_{fi}|^2 \cdot \frac{dn_e \cdot dn_\nu}{dE}$$

Dabei ist p_e der Impuls der Elektronen bzw. Positronen, M_{fi} das Übergangsmatrixelement und $dn_e dn_\nu/dE$ die Dichte der Endzustände im Phasenraumintervall dE . Da das Matrixelement nur schwach von der Energie abhängt ist das Impulsspektrum im Wesentlichen durch den Phasenraumfaktor gegeben. Berechnen Sie den Phasenraumfaktor als Funktion des Impulses bzw. der Energie des Elektrons/Positrons für masselose und für massive Neutrinos. Vernachlässigen Sie dabei die Rückstoßenergie des Tochterkerns. Wie kann man aus der Messung des Impulsspektrums der Elektronen bzw. Positronen etwas über die Masse der (Anti-)Neutrinos lernen?