

Übungen zu Experimentalphysik V WS 2014/2015

Prof. Dr. Karl Jakobs, Dr. Karsten Köneke

Übungsblatt Nr. 5

Die Lösungen müssen bis 10:10 Uhr am Dienstag den 25.11.2014 in den Briefkasten 1 im Erdgeschoss des Gustav-Mie-Hauses eingeworfen werden!

Bitte geben sie die Übungsgruppennummer auf Ihren Lösungen an.

1. Altersbestimmung

- a) 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 0,404 Bq? [1 Punkt]
 - Wie viele ^{14}C -Atome waren zu dieser Zeit in der Probe? Wie viele sind es jetzt? [1 Punkt]
 - Wie lange muss die Aktivität der Probe gemessen werden, um ihr Alter mit einem relativen statistischen Fehler von 1% zu bestimmen? [1 Punkt]
- b) Eine Gesteinsprobe wurde chemisch aufbereitet und die Bestandteile in einem Massenspektrometer nachgewiesen. Dabei wurden pro Gramm Gestein $6,4 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^3$ Argon und $280 \cdot 10^{-9} \text{ g}$ Kalium gefunden. Welche Zeit ist vergangen, seit diese Menge ^{40}Ar aus dem ^{40}K gebildet wurde ($t_{1/2} = 1,28 \cdot 10^9 \text{ a}$)? Beachten Sie, dass das ^{40}K mit einer Isotopenhäufigkeit von 0,0118 % vorliegt und sowohl durch β^- -Zerfall als auch durch K-Einfang zerfallen kann. Die totale Zerfallskonstante beträgt $\lambda = \lambda_{\beta} + \lambda_{E_K} = 5,32 \cdot 10^{-10} \text{ a}^{-1}$ und das Verhältnis $\lambda_{E_K}/\lambda_{\beta} = 0,123$. [2 Punkte]

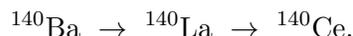
2. Klassifizierung eines Betazerfalls

Die folgenden Fragen beziehen sich auf den Betazerfall $^6\text{He}(0^+) \rightarrow ^7\text{Li}(1^+)$, welcher eine Halbwertszeit von 0,81 s hat. Die maximale Energie des Elektrons ist 3,5 MeV.

- Klassifizieren Sie diesen Zerfall (Fermi, Gamov-Teller, erlaubt, verboten). [1 Punkt]
- Erklären Sie kurz welche Faktoren für die Größenordnung der Lebensdauer wichtig sind. Hierbei sollen Sie kurz angeben welche Proportionalität zwischen der Lebensdauer und dem Matrixelement besteht. [0,5 Punkte]
- Erstellen Sie eine Skizze des erwarteten Energiespektrums des resultierenden Elektrons. Benennen Sie hierbei signifikante Werte auf der Energieachse. [0,5 Punkte]

3. Bariumzerfall

Um eine Quelle radioaktiven Lanthans herzustellen, bedient man sich des Bariumzerfalls



Barium zerfällt mit einer Halbwertszeit von 300 h in Lanthan, das seinerseits mit einer Halbwertszeit von 40,2 h in Cer zerfällt. Zum Zeitpunkt $t = 0$ betrage die Aktivität der ^{140}Ba Quelle 5 mCi.

- a) Nach welcher Zeit erreicht die Lanthan-Aktivität ein Maximum? Benutzen Sie zur Lösung die in der Vorlesung angegebene Formel

$$N_2(t) = N_1(0) \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} \left(e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t} \right).$$

Leiten Sie hieraus eine allgemeine Formel für die gesuchte Zeit t_2^{\max} ab, und setzen Sie entsprechende Zahlen ein. [1 Punkt]

- b) Wie groß sind zu diesem Zeitpunkt die Aktivitäten $A_1(t_2^{\max})$ und $A_2(t_2^{\max})$? [1 Punkt]
- c) Nach der Zeit t_2^{\max} wird ^{140}La durch eine schnelle chemische Trennung vom Barium separiert. Man hat damit im Idealfall zunächst wieder eine reine Bariumprobe. Es bildet sich dann wieder Lanthan bis zu einer maximalen Lanthan-Aktivität, bei der man separiert u.s.w.... Dieser Prozeß wird fortgesetzt, bis die ^{140}La -Aktivität in der letzten Probe unter 1 mCi gesunken ist. Wie viele Proben können hergestellt werden? Welche Aktivität hat die letzte ^{140}La -Probe im Augenblick ihrer Separation? [1 Punkt]

4. Aktivität

Durch Bestrahlung an einem Kernreaktor wird eine radioaktive Substanz erzeugt, die mit der Zerfallskonstante λ wieder zerfällt. Die Produktionsrate der radioaktiven Substanz soll als zeitlich konstant angenommen werden, pro Zeiteinheit sei die Zahl der erzeugten radioaktiven Kerne p . Berechnen Sie die Aktivität der erzeugten Probe als Funktion der Zeit. Stellen Sie hierzu die entsprechende Differentialgleichung auf und lösen Sie diese explizit. [2 Punkte]

5. Helizität und Parität

Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen jeweils mit wenigen Sätzen.

- a) Wie lässt sich aus den Ergebnissen des Wu-Experimentes auf die Helizität des Antineutrinos schließen? Gehen Sie davon aus, dass der Kern keinen Rückstoß aufnimmt und dass vollständige Paritätsverletzung vorliegt. [1 Punkt]
- b) Die Helizität von Antineutrinos ist genau umgekehrt zu der Helizität von Neutrinos. Erklären Sie am Beispiel des Neutrinos warum die Verletzung der Parität dann auch eine Verletzung der C-Parität beinhaltet und warum hier die Kombination von C- und P-Parität nicht verletzt ist. Die C-Parität entspricht einer Ladungskonjugation und ersetzt Teilchenzustände durch Antiteilchen. [1 Punkt]
- c) Wann könnte sich die Helizität von Neutrinos ändern? [1 Punkt]