

Fortgeschrittene Experimentalphysik für Lehramtsstudenten

Elizabeth von Hauff, Markus Schumacher

Übungsblatt IX

Alina Chanaewa, Martin Flechl, Stan Lai

10/11 Juli 2013

Anwesenheitsaufgaben

Aufgabe 1 *Aktivierung einer Probe*

Durch Neutronen- oder Protonenbeschuss kann eine Probe aktiviert werden, das heisst in ein radioaktives Präparat umgewandelt werden. Dieses Verfahren wird häufig in der Medizin angewendet, um spezielle radioaktive Marker zu erzeugen.

- (a) Formuliert eine Gleichung für $\frac{dN(t)}{dt}$ als Funktion von:
- P , die Anzahl der Kerne, die pro Sekunde aktiviert werden
 - $N(t)$, die Anzahl der aktivierten Kerne
 - λ , die Zerfallskonstante für die aktivierte Kerne
- (b) Die Integration dieser Gleichung liefert

$$N(t) = \frac{P}{\lambda}(1 - e^{-\lambda t}).$$

Zeigt dass dies die Gleichung von Teil (a) erfüllt.

- (c) Was ist die maximal mögliche Anzahl von aktivierten Kernen?
(d) Betrachtet die Zeit $t = 3\tau$. Was ist der Anteil der Probe, der aktiviert ist?

Aufgabe 2 *Datierungsmethoden*

Zerfallsreihen kann man benutzen, um das Alter einer Materialprobe zu bestimmen. Betrachtet einen Mutterkern (Anzahl N_1 , Zerfallskonstante λ_1) und seinen Tochterkern (Anzahl N_2 , Zerfallskonstante λ_2), wobei der Anfangswert von N_2 bei $t = 0$ $N_2(0) = 0$ ist. Die Abhängigkeit für N_2 kann so geschrieben werden:

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

Was ist das Verhältnis $N_2(t)/N_1(t)$, wenn man $\lambda_2 = 0$ annimmt (Tochterkern stabil)?

Aufgabe 3 *Beta-Zerfälle und Neutrinos*

Betrachtet einen Zwei-Körper-Zerfall: $A \rightarrow BC$ im Ruhesystem von Teilchen A .

- (a) Zeigt dass die folgende Gleichungen für die Energien der Teilchen B und C gültig sind:

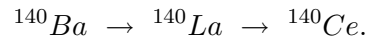
$$E_B = \frac{m_A^2 + m_B^2 - m_C^2}{2m_A} \quad E_C = \frac{m_A^2 - m_B^2 + m_C^2}{2m_A}.$$

- (b) Wir wissen heutzutage dass der β -Zerfall eines Neutrons durch $n \rightarrow p^+ e^- \bar{\nu}$ geschieht, und nicht durch $n \rightarrow p^+ e^-$. Welchen experimentellen Nachweis gibt es für diese Tatsache?
- (c) Zeichnet grob eine Kurie-Darstellung, und erläutere, wie man aus dem Kurie-Darstellung die Neutrinomasse bestimmen kann.

Hausaufgaben

Aufgabe 4 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 Ce zerfällt. Zum Zeitpunkt $t = 0$ betrage die Aktivität der ^{140}Ba Quelle 2×10^8 Bq (Bequerel).

- (a) Nach welcher Zeit erreicht die Lanthan-Aktivität ein Maximum? Benutzt zur Lösung die angegebene Formel:

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

Leitet hieraus eine allgemeine Formel für die gesuchte Zeit t_2^{max} ab und setzt entsprechende Zahlen ein.

- (b) Wie groß sind zu diesem Zeitpunkt die Aktivitäten $A_1(t_2^{max})$ und $A_2(t_2^{max})$?

Aufgabe 5 Altersbestimmung

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.

- (a) Aus welcher Zeit stammt eine Probe von 2 g Kohlenstoff mit einer Aktivität von 0.404 Bq?
- (b) Wieviele ^{14}C -Atome waren zu dieser Zeit in der Probe? Wieviele sind es jetzt?
- (c) Wie lange muss die Aktivität der Probe gemessen werden, um ihr Alter mit einem relativen statistischen Fehler von 1% zu bestimmen?