

Übungen Moderne Experimentalphysik III (Kerne und Teilchen)

Sommersemester 2011

Übungsblatt Nr. 3

Bearbeitung bis 05.05.2011

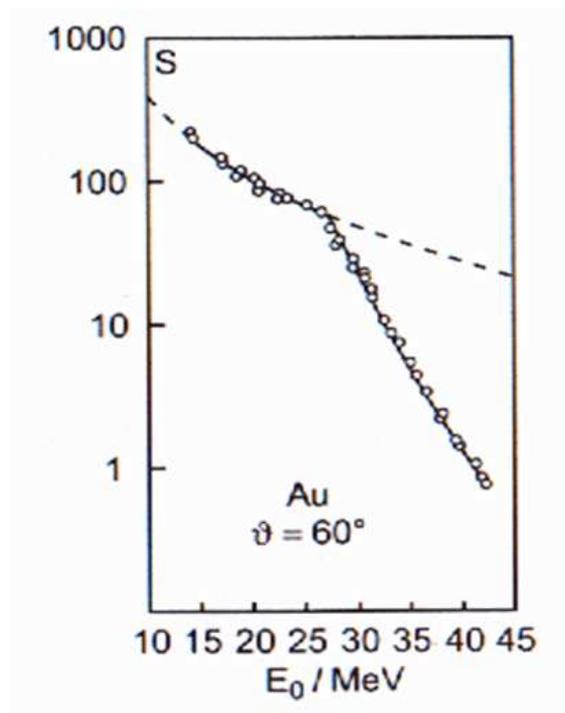
Aufgabe 1: Rutherford-Streuung

(2 Punkte)

- a) Ein Strahl von α -Teilchen der kinetischen Energie $E_{kin} = 27$ MeV und der Stromstärke 2 nA durchquert eine 2 mg/cm^2 dicke Goldfolie. In 20 cm Abstand davon unter 60° zur Strahlrichtung befindet sich ein auf das Target gerichteter Zähler mit 4 cm^2 aktiver Fläche. Wie groß ist die Zählrate?
- b) Bei Variation der Einschussenergie beobachtet man mit dem Detektor unter dem angegebenen Streuwinkel von 60° für Einschussenergien $E_\alpha \geq 27$ MeV eine Abweichung von der Rutherford-Streuformel. Der klassisch aus Energie- und Drehimpulserhaltung berechnete minimale Abstand $r_{min}(\theta)$ ist

$$r_{min}(\theta) = \frac{Z_\alpha \cdot Ze^2}{8\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{E_\alpha} \cdot \left[1 + \frac{1}{\sin \theta/2} \right].$$

Verwenden Sie diese Formel, um den Radiusparameter r_0 ($R = r_0 \cdot A^{1/3}$) und den Kernradius R unter Berücksichtigung der Ausdehnung von Target und Projektil zu berechnen.



Aufgabe 2: Weizsäcker-Massenformel

(3 Punkte)

- Bestimmen Sie analytisch aus der Weizsäcker-Massenformel die Ladungszahl Z des stabilsten Isobars in Abhängigkeit von A . Nehmen Sie dabei Z als kontinuierliche Variable an und vernachlässigen Sie die Paarungsenergie.
- Welche kinetische Energie wird frei, wenn ein ^{238}U -Kern symmetrisch in zwei identische Bruchstücke gespalten wird?
- Nehmen Sie an, dass jedes Bruchstück durch β -Zerfall weiter bis zum Massental hin zerfällt. Welches stabile Element wird erreicht und wieviel kinetische Energie wird insgesamt bei den β -Zerfällen frei?

Aufgabe 3: Spiegelkerne

(1 Punkt)

Ein ^{27}Si -Kern zerfällt durch β^+ -Zerfall in seinen Spiegelkern ^{27}Al . Dabei beträgt die Summe der kinetischen Energien von Positron und Neutrino 3.80 MeV.

Welche Terme (der Weizsäcker-Massenformel) tragen zu dieser Energie bei? Berechnen Sie aus der Energie den Kernradius R und den Radiusparameter r_0 ($R = r_0 \cdot A^{1/3}$). Gehen Sie dabei davon aus, dass die Ladungsverteilung des Kerns der einer homogenen Kugel entspricht und somit folgende Energie hat:

$$E_c = \frac{3}{5} \cdot \frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{R}$$

Aufgabe 4: ^{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 0.404 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} .