

Übungen zur Kernphysik WS2018/19, Prof. A. Melzer

Blatt 2

1. Massenspektrometer: (4P)

Ionen durchlaufen in einem Massenspektrometer zuerst einen zylindrischen Ablenkcondensator mit einer Feldstärke $E = 50 \text{ kV/m}$ mit einem Krümmungsradius von $r_E = 200 \text{ mm}$. Anschließend durchlaufen sie ein homogenes Magnetfeld mit $B = 0,2 \text{ T}$ bei einem Krümmungsradius $r_M = 244 \text{ mm}$. Die Bahn der Ionen ist dabei senkrecht zu B .

- Bestimmen Sie die Geschwindigkeit der Ionen, deren Ladungs-zu-Masse-Verhältnis und die Masse der Ionen unter der Annahme einwertiger Ionen.
- Um welches Nuklid könnte es sich hierbei handeln?

2. Formfaktor: (4P)

Für die elektrische Ladungsdichte ρ_e eines Atomkerns mit Kernradius a werde eine homogene Verteilung angenommen, d.h.

$$\rho_e = \frac{3Ze}{4\pi a^3} \quad .$$

- Berechnen Sie den Formfaktor $F(q)$ für diese Ladungsverteilung. Benutzen Sie hierfür, daß für kugelsymmetrische Ladungsverteilungen gilt (warum?):

$$F(q) = \left| \frac{4\pi}{q} \int_0^\infty \rho_e \sin(qr) r dr \right|^2 \quad .$$

- Für welchen Wert von qa findet man das erste und zweite Minimum von $F(q)$?
- Die Abbildung 1 zeigt den Verlauf des Formfaktors für Elektronen mit einem Impuls von $p = 757 \text{ MeV/c}$ als Funktion des Streuwinkels θ . Bestimmen Sie aus dem markierten, zweiten Minimum den Kernradius!

3. Quadrupolmoment: (4P)

Zeigen Sie, dass das Quadrupolmoment einer Ladungsverteilung, die einem Rotationsellipsoid mit den Achsen a und b entspricht, durch

$$Q = \frac{2}{5}Z(a^2 - b^2) \quad \text{oder} \quad Q = \frac{6}{5}ZR^2 \frac{\Delta R}{R}$$

beschrieben werden kann, mit $a = R + \Delta R$ und $b = R - (1/2)\Delta R$. Mit dieser Wahl von a und b ist das Volumen des Ellipsoids (Nachrechnen!)

$$V = \frac{4}{3}\pi ab^2 \approx \frac{4}{3}\pi R^3 \quad .$$

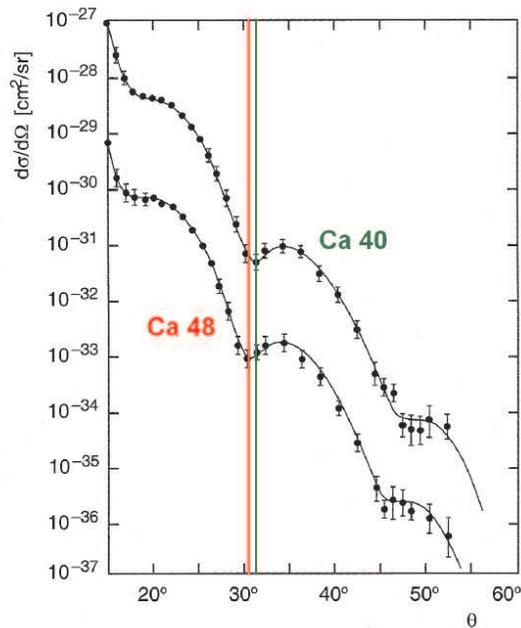


Abbildung 1: Formfaktor für Elektronenstreuung an Ca-Kernen als Funktion des Streuwinkels.

Der Kern $^{39}_{19}\text{K}$ hat ein Quadrupolmoment von 0,055 barn.

Der Kern $^{123}_{51}\text{Sb}$ hat ein reduziertes Quadrupolmoment $Q/(ZR^2)$ von -0,09.

Bestimmen Sie jeweils die Größen a , b und $\Delta R/R$.

4. Magnetische Momente: (3P)

Abbildung 2 zeigt das Resonanzspektrum von GaAs, wobei das magnetische Moment von Ga entscheidend ist. Hierbei werden elektromagnetische Wellen bei einer HF-Frequenz von 1.5 MHz in die Probe eingestrahlt. Die Magnetfelder, bei denen der Kernspin der verschiedenen Isotope des Ga die Resonanz zeigt, können aus der Abbildung abgelesen werden (Die sog. Quadrupolaufspaltung in 3 Linien der einzelnen Isotope soll hier nicht weiter betrachtet werden. Nehmen Sie jeweils die mittlere.)

Berechnen Sie den g_I -Faktor und das magnetische Moment μ (in Einheiten des Kernmagnetons μ_K) für die Ga-Isotope. Gallium hat einen Kernspin von $I_z = 3/2$.

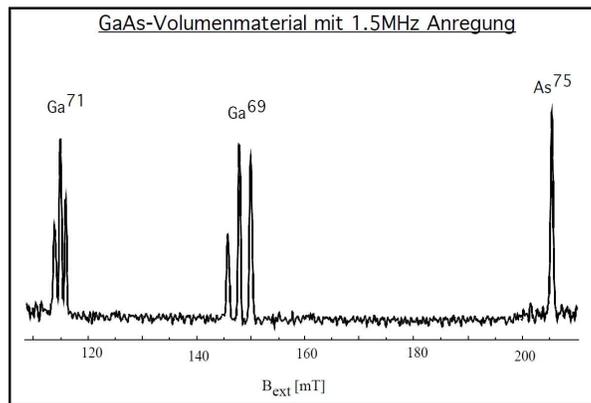


Abbildung 2: NMR-Spektrum von GaAs.