

1. Übungsblatt

Struktur der Materie (Kernphysik)

Einfache Fragen

Frage 1:

Was versteht man unter dem Wirkungsquerschnitt einer Reaktion? Welche Größenordnung besitzt der Wirkungsquerschnitt für eine typische kernphysikalische Reaktion? Wie viele m^2 bzw. cm^2 sind ein barn bzw. ein mikrobarn μb ? Wofür wurde diese Einheit eingeführt?

Frage 2:

Was versteht man in der Kernphysik unter Isotopen, Isotonen und Isobaren?

Frage 3:

Beschreiben Sie kurz das Rutherford'sche Streuexperiment. Welche Eigenschaft von Atomen konnte aus diesem Experiment abgeleitet werden?

Frage 4:

Was beschreibt der Formfaktor $F(q)$? Wie lässt sich aus einer Messung des Formfaktors eines Atomkerns auf dessen Ladungsverteilung schließen?

Frage 5:

Wie sehen die Ladungsdichte $\rho(r)$ und der Formfaktor $F(q)$ eines Positrons e^+ , eines ^{27}Al - und eines ^{81}Br -Atomkerns aus?

Übung

Aufgabe I:

Um die Struktur von Atomkernen zu untersuchen, werden Teilchen meist auf sehr hohe Energien beschleunigt. Aktuelle Teilchenbeschleuniger liefern unter anderem folgende Energien:

- TANDEM-Beschleuniger (IKP Köln): Protonen mit 20 MeV
- CEBAF (Jefferson Lab): Elektronen mit 12 GeV
- LHC (Cern): Protonen mit 7 TeV

Wie groß ist die de Broglie-Wellenlänge der entsprechenden Teilchen? Welche Strukturen können Sie damit auflösen? Welche Wechselwirkungen sind dabei jeweils relevant?

Aufgabe II:

Jede Sekunde treffen ca. $6,5 \cdot 10^{10} \frac{\text{Neutrinos}}{\text{cm}^2}$ auf die Erdoberfläche. Die Wechselwirkung von Neutrinos mit Materie ist äußerst schwach. Der Wirkungsquerschnitt liegt in der Größenordnung von 10^{-20} b. Schätzen Sie ab, wie dick ein Absorber aus Eisen ($\rho = 7874 \text{ kg/m}^3$)

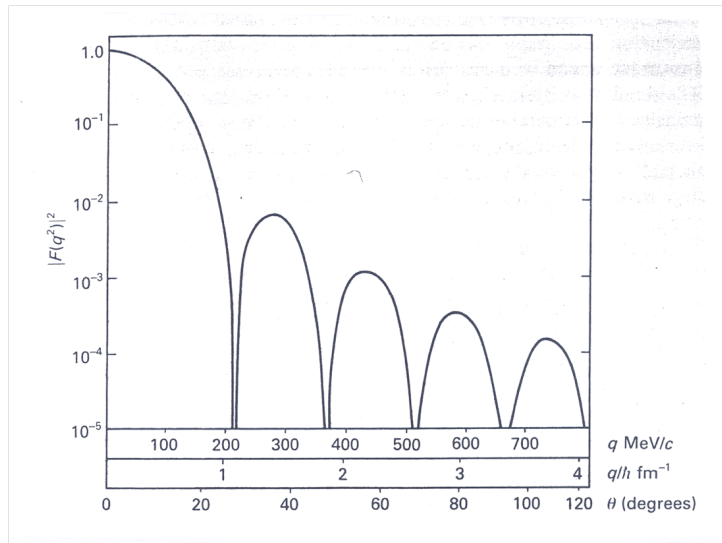
mit einer Eintrittsfläche von 1 m^2 sein müsste, um die Intensität eines Neutrinostrahls um den Faktor 2 zu reduzieren.

Aufgabe III:

Mit welcher Energie muss ein ^{16}O -Kern auf einen Silberkern ($A=197$) geschossen werden, damit sich beide Kerne berühren?

Aufgabe IV:

Bei einem Streuexperiment mit Elektronen der Energie $E_0 = 450 \text{ MeV}$ an einem Atomkern wurde der folgende Formfaktor $|F(q)|^2$ gemessen (aus W.S.C. Williams, Nuclear and Particle Physics, Fig. 3.3):



(a) Bei welcher Art von Experimenten im Bereich der Optik werden ähnliche Streumuster beobachtet? Welche Gemeinsamkeiten gibt es dabei?

(b) Wie groß ist der maximale Impulsübertrag des Elektrons auf den Kern?

(c) Welche Energie E_0 müssen die einfallenden Elektronen mindestens besitzen, damit man das erste Minimum noch vermessen kann?

(d) Der dargestellte Formfaktor hat die Form

$$F(q) = \frac{3(\sin x - x \cos x)}{x^3}$$

mit $x = qR/\hbar$. R ist ein Maß für die Größe des Streuzentrums. Schätzen Sie mithilfe der ersten Nullstelle von $F(q)$ bei $x_0 = 4.493$ die Massenzahl des Targetkerns ab.

(e) Skizzieren Sie die Ladungsverteilung des betreffenden Atomkerns.

(f) Wie würde sich der gemessene Formfaktor qualitativ verändern, wenn anstatt des vermessenen Atomkerns (i) ein Isotop schwererer Masse, (ii) ein Isoton schwererer Masse, (iii) ein Isobar mit höherem Z vermessen wird?