Übungsblatt Kernphysik I

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 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:
Welche Vereinfachungen sind implizit in der Rutherford'schen Streuformel enthalten? Welche Korrekturen müssen berücksichtigt werden, um den experimentellen Wirkungsquerschnitt zu berechnen?

Frage 5:
Was beschreibt der Formfaktor $F(q)$? Wie lässt sich aus einer Messung des Formfaktors eines Atomkerns auf dessen Ladungsverteilung schließen?

Frage 6:
Wie sehen die Ladungsdichte $\rho(r)$ und der Formfaktor $F(q)$ eines Positrons e^+, eines ^{9}Be- und eines ^{90}Zr-Atomkerns aus?

Hausübung

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

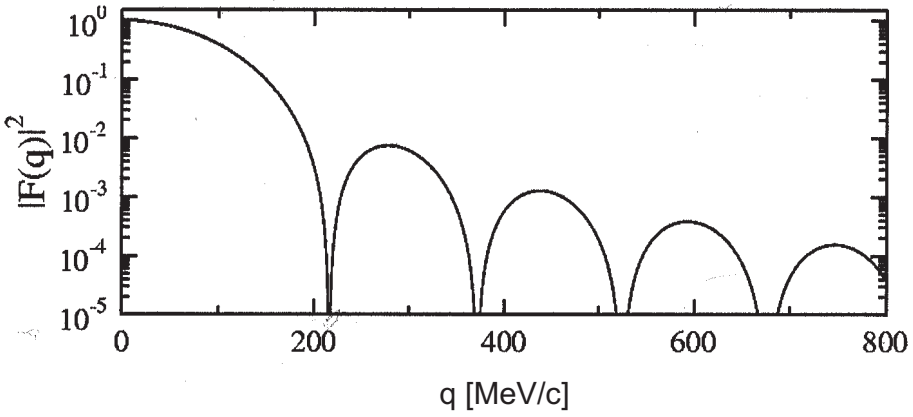
- TANDEM-Beschleuniger (IKP Köln): Protonen mit 20 MeV
- CEBAF (Jefferson Lab): Elektronen mit 12 GeV
- LHC (Cern): Protonen mit 14 TeV

Wie groß ist die de Broglie-Wellenlänge der entsprechenden Teilchen? Welche Strukturen können Sie damit auflösen?

Aufgabe II:
Mit welcher Energie muss ein α-Teilchen auf einen Silberkern (A=107) geschossen werden, damit sich beide Kerne berühren?

Aufgabe III:
(a) Berechnen Sie den differentiellen Wirkungsquerschnitt für die Streuung von α-Teilchen ($^4He^{2+}$) an ^{197}Au bei einer Energie von 5 MeV bei den folgenden Winkeln: (i) $\theta = 15°$, (ii) $\theta = 90°$, (iii) $\theta = 180°$. Nehmen Sie an, dass der Wirkungsquerschnitt durch die Rutherford'sche Streuformel gegeben ist. Wie groß ist jeweils der Impulsübertrag auf das α-Teilchen?

Aufgabe IV:
Bei einem Streuexperiment mit Elektronen der Energie $E_0 = 450$ MeV an einem Atomkern wurde der folgende Formfaktor $|F(q)|^2$ gemessen:



(a) Unter welchem Streuwinkel besitzt der Formfaktor sein erstes Minimum?

(b) Wie groß ist der maximale Impulsübertrag des Elektrons an den Atomkern?

(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. Bestimmen Sie R anhand der Nullstelle des Diagramms und schätzen Sie die Massenzahl des Targetkerns ab. (Tipp: Bestimmen Sie die Nullstelle von $F(q)$ numerisch bzw. graphisch mit Hilfe eines geeigneten Computerprogramms).

(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 schwererer Masse vermessen wird?