



Übungsblatt I

Einfache Fragen

Frage 1:

Was versteht man unter dem Wirkungsquerschnitt einer Reaktion? Welche Größenordnung besitzt der Wirkungsquerschnitt für eine typische kernphysikalische Reaktion?

Frage 2:

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?

Frage 3:

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

Frage 4:

Welche Vereinfachungen wurden bei der Herleitung der Rutherford'schen Streuformel gemacht? Welche Korrekturen müssen berücksichtigt werden, um den experimentellen Wirkungsquerschnitt zu berechnen?

Frage 5:

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

Frage 6:

Wie kann man den Formfaktor $F(q)$ eines Atomkerns im Experiment bestimmen? Welche experimentellen Schwierigkeiten treten dabei auf? Wie sehen die Ladungsdichte $\rho(r)$ und der Formfaktor $F(q)$ eines Positrons e^+ , eines ${}^9\text{Be}$ - und eines ${}^{90}\text{Zr}$ -Atomkerns aus?

Frage 7:

Was versteht man unter dem Tröpfchenmodell für Atomkerne? Nennen Sie die einzelnen Beiträge zur Bindungsenergie eines Atomkerns im Tröpfchenmodell und deren Abhängigkeit von Kernmasse A , Protonenzahl Z und Neutronenzahl N . Wie lässt sich hieraus die Masse eines Atomkerns bestimmen?

Vertiefende Aufgaben

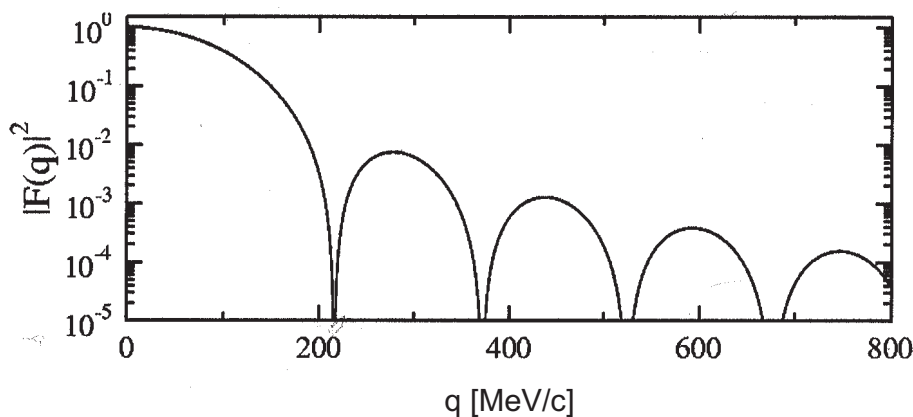
Aufgabe I:

In einem Experiment soll der Wirkungsquerschnitt für die Streuung von α -Teilchen an ^{197}Au bei einer Energie von $E_\alpha = 5 \text{ MeV}$ vermessen werden. Hierzu wird eine α -Quelle mit einer Intensität von $I = 10^8$ Zerfällen pro Sekunde verwendet, die sich in einem Abstand von $a = 20 \text{ cm}$ zur Goldfolie befindet. Die Goldfolie besitzt einen Durchmesser von $2r = 1 \text{ cm}$ und eine Dicke von $d = 50 \text{ }\mu\text{m}$.

- Wie groß ist der differentielle Wirkungsquerschnitt für α -Streuung unter einem Winkel von $\theta_1 = 15^\circ$, $\theta_2 = 90^\circ$ und $\theta_3 = 150^\circ$, wenn man von reiner Rutherfordstreuung ausgeht?
- Um die gestreuten α -Teilchen nachzuweisen, werden nun Teilchen-Detektoren unter die genannten Winkel θ_1 , θ_2 und θ_3 gestellt. Die Detektoren besitzen eine kreisförmige Detektorfläche mit Durchmesser $d_{\text{Detektor}} = 2 \text{ cm}$ und stehen in einem Abstand von jeweils $R = 20 \text{ cm}$ zur Goldfolie. Wie viele α -Teilchen werden pro Sekunde in jedem Detektor nachgewiesen? (Tipp: Nehmen Sie zur Vereinfachung an, dass der Wirkungsquerschnitt über die Kreisfläche jedes einzelnen Detektors konstant bleibt)
- Wie lange müssen Sie in diesem Experiment messen, um den Wirkungsquerschnitt unter jedem der genannten Winkel mit einem statistischen Fehler von weniger als 1% zu vermessen. Wie ließe sich die Zählrate in den Detektoren erhöhen?

Aufgabe II:

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



- Unter welchem Streuwinkel besitzt der Formfaktor sein erstes Minimum?
- Wie groß ist der maximale Impulsübertrag des Elektrons an den Atomkern?
- 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).

d) Skizzieren Sie die Ladungsverteilung des betreffenden Atomkerns.