



Übungsblatt I

Einfache Fragen

Frage 1:

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 bestenfalls damit auflösen?

Frage 2:

Was versteht man unter dem Wirkungsquerschnitt einer Reaktion? Welche Größenordnung besitzt der Wirkungsquerschnitt für eine typische kernphysikalische Reaktion? Vergleichen Sie dies mit der Größe eines Atomkerns!

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 korrekt zu beschreiben?

Frage 5:

Wie lässt sich die Ladungsverteilung eines Atomkerns experimentell bestimmen? Welche Schwierigkeiten treten dabei auf? Welche Projektile eignen sich besonders für diese Messung?

Frage 6:

Skizzieren Sie die Ladungsdichte $\rho(r)$ und den Formfaktor $F(q)$ eines Positrons e^+ , eines ${}^9\text{Be}$ - und eines ${}^{90}\text{Zr}$ -Atomkerns!

Hausübung

Aufgabe I:

10 Pkt

In einem Experiment soll der Wirkungsquerschnitt für die Streuung von α -Teilchen an ^{197}Au bei einer Energie von $E_\alpha = 5$ 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 $a = 20$ cm zur Goldfolie befindet. Die Goldfolie besitzt einen Durchmesser von $2r = 1$ cm und eine Dicke von $d = 50$ μm .

a) 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? *2 Pkt*

b) 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 $d_{\text{Detektor}} = 2$ cm und stehen in einem Abstand von jeweils $R = 20$ 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) *5 Pkt*

c) 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? *3 Pkt*

Aufgabe II:

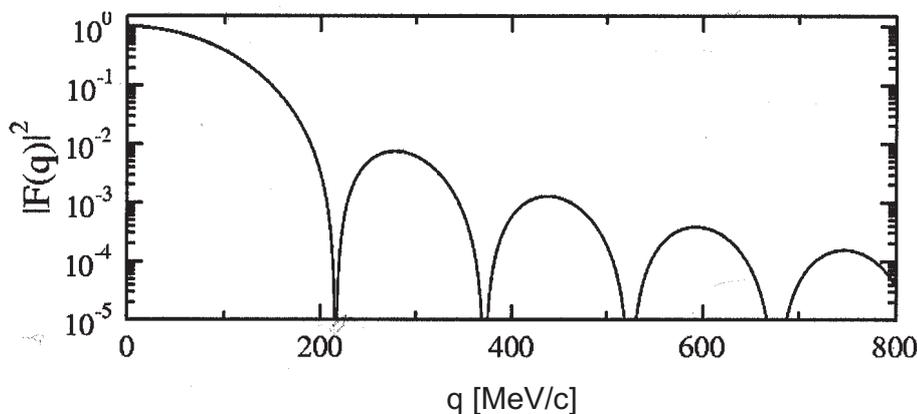
3 Pkt

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

Aufgabe III:

6+4*

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



a) Unter welchem Streuwinkel besitzt der Formfaktor sein erstes Minimum? *2 Pkt*

b) Wie groß ist der maximale Impulsübertrag des Elektrons an den Atomkern? *1 Pkt*

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

2 Pkt

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 Computerprogramm).

4* Pkt

e) Skizzieren Sie die Ladungsverteilung des betreffenden Atomkerns.

1 Pkt

Gesamtpunktzahl: **19 Punkte + 4 Zusatzpunkte**