

Aufgabe 1: Formelsammlung

1

Erstellen Sie eine Formelsammlung zum Stoff der Vorlesungen der letzten Woche und dieser Übung, damit Sie vor der Klausur am 4.2.19 schon eine Übersicht über den behandelten Stoff haben. Geben Sie die Formelsammlung auf einem separaten Blatt zusammen mit den Lösungen zu den anderen Aufgaben ab. Vergessen Sie bitte auf allen Zetteln nicht, Ihren Namen, die Matrikelnummer und Ihre Übungsgruppe anzugeben.

Aufgabe 2: Wirkungsquerschnitt bei HERA

HERA war ein Elektron-Proton-Beschleuniger mit 6,3 km Umfang. Elektronen und Protonen kreisen gegenläufig in Paketen von typisch 10^{11} Teilchen je Bunch. Die Luminosität beträgt $L = 10^{31} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$.

- a) Der totale Wirkungsquerschnitt für ep Streuung bei HERA-Energien beträgt ca. 10 mb. Vergleichen Sie diese Zahl mit dem geometrischen Querschnitt des Protons. Was bedeutet dieses Resultat? **2**
- b) Um wie viel schwächt sich der Elektron- und Proton-Strahl innerhalb einer Stunde aufgrund der Streuprozesse ab? **2**

Aufgabe 3: Totaler Wirkungsquerschnitt und Absorption

In einen Protonenstrahl mit $dN/dt = 10^6$ Teilchen/s wird ein ^{12}C Target mit 5 cm Dicke und Dichte $\rho = 2,265 \text{ g/cm}^{-3}$ eingesetzt. Der Wirkungsquerschnitt beträgt $\sigma = 198,4 \text{ mb}$.

- a) Berechnen Sie die mittlere freie Weglänge (Wechselwirkungslänge) in dem ^{12}C -Target. **2**
- b) Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein einzelnes Proton mit den ^{12}C -Kernen im Target wechselwirkt? **1**
- c) Berechnen Sie die Interaktionsrate. **1**

Aufgabe 4: Differentielle Wirkungsquerschnitt

Der differentielle Wirkungsquerschnitt für die Annihilation $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ in natürlichen Einheiten ist:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{\alpha^2}{4s}(1 + \cos^2 \theta)$$

mit s der Schwerpunktsenergie zum Quadrat und θ dem Polarwinkel des Myons relativ zur Elektronrichtung.

- a) Berechnen Sie den gesamten (totalen) Wirkungsquerschnitt. 2
- b) Wie groß ist der Wirkungsquerschnitt für 5,5 GeV frontal kollidierende Elektronen-Positronenstrahlen? 1

Aufgabe 5: Rutherford-Streuung

- a) Ein Strahl von α -Teilchen mit kinetischer Energie $E_0 = 27$ MeV und der Stromstärke $I = 0,35$ nA durchquert eine Bleifolie (^{208}Pb) mit Massenbelegung $dM/dA = 2$ mg/cm². In $d = 1,4$ m Abstand von der Folie befindet sich unter einem Winkel von $\theta = 60^\circ$ zur Strahlrichtung ein auf die Folie gerichteter Geigerzähler mit $S = 1,7$ cm² aktiver Fläche. Wie groß ist die vom Geigerzähler gemessene Zählrate? 3
- b) Zeigen Sie über Drehimpuls- und Energieerhaltung, dass der minimale Abstand zwischen α -Teilchen und Blei-Kern für den Streuwinkel θ und die Energie der einfallenden Teilchen E_0

$$r_{min}(\theta) = \frac{Z_\alpha Z_{Pb} \alpha}{2E_0} \left(1 + \frac{1}{\sin(\theta/2)} \right)$$

beträgt. Benutzen Sie den aus der Vorlesung bekannten Zusammenhang zwischen Impaktparameter b und Streuwinkel θ von $b = \frac{Z_\alpha Z_{Pb} \alpha}{2E_0} \cot \frac{\theta}{2}$. 3

- c) Bei Variation der Energie der α -Teilchen beobachtet man mit dem Detektor unter dem oben angegebenen Streuwinkel von 60° ab einer bestimmten Energie E_0 eine Abweichung von der Rutherford-Streuformel. Lesen Sie E_α aus dem Diagramm ab und berechnen Sie mit der Formel aus b) den Kernradius R_{Pb} von Blei unter Berücksichtigung der Ausdehnung des α -Teilchens. Nehmen Sie an, dass alle Kernradien der Formel $R = r_0 A^{1/3}$ mit festem r_0 folgen.

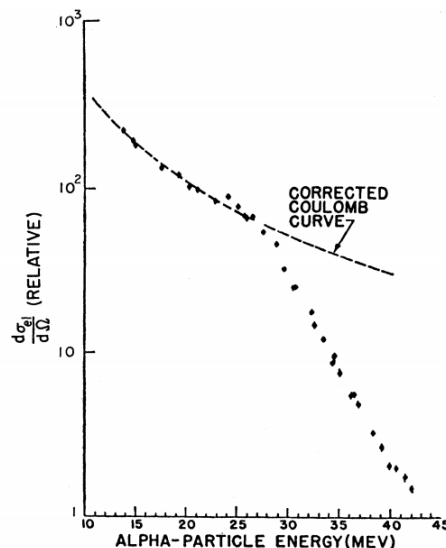


Fig. 5. Differential cross section for the elastic scattering of alpha particles by Pb at 60° as a function of the alpha-particle energy.