

## Übung 3 zur Vorlesung Physik V

### Aufgabe 1: Rutherford-Streuung

- a) Ein Strahl von  $\alpha$ -Teilchen mit kinetischer Energie  $E_{\text{kin}} = 27 \text{ MeV}$  und der Stromstärke  $I = 0,35 \text{ nA}$  durchquert eine Bleifolie ( $^{208}\text{Pb}$ ) mit Massenbelegung  $dM/dA = 2 \text{ mg/cm}^2$ . In  $d = 1,4 \text{ m}$  Abstand von der Folie befindet sich unter einem Winkel von  $\theta = 60^\circ$  zur Strahlrichtung ein auf die Folie gerichteter Geigerzähler mit  $S = 1,7 \text{ cm}^2$  aktiver Fläche. Wie groß ist die vom Geigerzähler gemessene Zählrate? **3 (B)**
- b) Bei Variation der Energie der  $\alpha$ -Teilchen beobachtet man mit dem Detektor unter dem oben angegebenen Streuwinkel von  $60^\circ$  ab einer bestimmten Energie  $E_\alpha$  eine Abweichung von der Rutherford-Streuformel. Der minimale Abstand zwischen  $\alpha$ -Teilchen und Blei-Kern bei einem Streuwinkel von  $60^\circ$  beträgt:

$$r_{\min}(60^\circ) = \frac{3e^2}{8\pi\epsilon_0 E_\alpha} Z_\alpha \cdot Z_{\text{target}}$$

Berechnen Sie daraus den Kernradius  $R_{\text{Pb}}$  von Blei unter Berücksichtigung der Ausdehnung des  $\alpha$ -Teilchens. Nehmen Sie an, dass alle Kernradien der Formel  $R = r_0 A^{1/3}$  mit festem  $r_0$  folgen. **2 (A)**

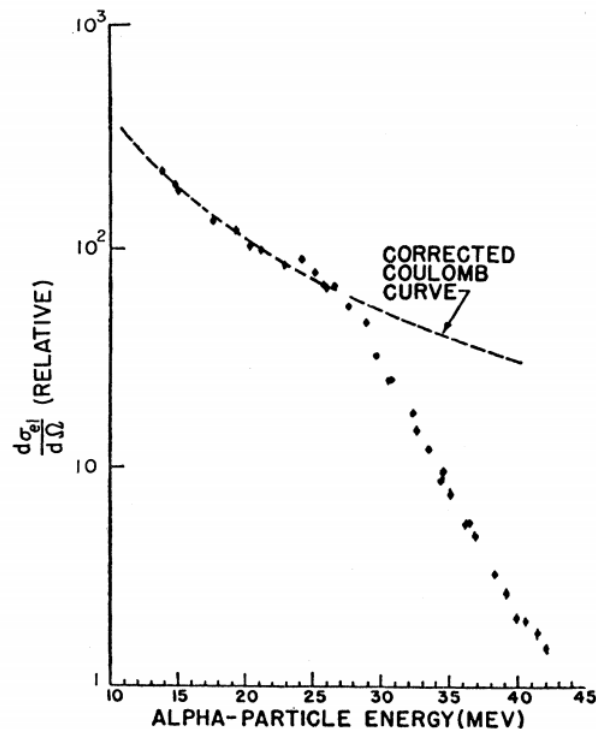


Fig. 5. Differential cross section for the elastic scattering of alpha particles by Pb at  $60^\circ$  as a function of the alpha-particle energy.

### Aufgabe 2: Wechselwirkung zwischen Elektronen und Materie

Ein Elektronenstrahl mit einem Impuls von 2 GeV trifft senkrecht auf eine Bleifolie ( $^{208}\text{Pb}$ ,  $\rho = 11,35\text{g/cm}^3$ ) mit einer Dicke von 0,25 Strahlungslängen ( $X_0 = 0,56\text{cm}$ ).

- a) Wie groß ist die mittlere Winkelabweichung  $\theta_{rms}$  der Elektronen durch Vielfachstreuung nach Durchqueren der Folie? 1 (A)
- b) Wie groß ist der Energieverlust der Elektronen durch Bremsstrahlung? 1 (A)
- c) Wie groß ist der Energieverlust der Elektronen durch Ionisation unter Vernachlässigung der Dichtekorrektur? 1 (A)

### Aufgabe 3: Wechselwirkung zwischen Protonen und Materie

4 (C)

Bestimmen sie näherungsweise die Reichweite von Protonen mit 200 MeV kinetischer Energie in Gewebe. Berücksichtigen Sie nur die Ionisationsverluste und vernachlässigen sie die Dichtekorrektur. Die Dichte von Gewebe kann gut durch die Dichte von Wasser angenähert werden. Aus Probemessungen ist bekannt, dass die Reichweite von  $\alpha$ -Teilchen mit einer kinetischen Energie von 10 MeV in Wasser etwa  $1,2 \cdot 10^{-4}\text{m}$  beträgt.  
Hinweis: Integration der Bethe-Bloch-Formel für kleine Impulse.

### Aufgabe 4: Wechselwirkung zwischen Photonen und Materie

Die wichtigsten Prozesse bei der Wechselwirkung zwischen Photonen und Materie sind der photoelektrische Effekt, die Compton-Streuung und die Elektron-Positron-Paarzeugung.

- a) Wozu benötigt man das Coulombfeld eines Kerns bei der Paarzeugung? 2 (A)
- b) Leiten Sie die Gleichung für die Differenz der Wellenlängen eines Photons vor und nach der Compton-Streuung her:

$$\lambda' - \lambda = \frac{2h}{m_e c} \sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right),$$

Dabei ist  $\theta$  der Streuwinkel,  $\lambda$  die Wellenlänge vor und  $\lambda'$  nach der Streuung,  $m_e$  die Masse des Elektrons und  $h$  das Planck'sche Wirkungsquantum.

In welchem der folgenden Fälle verliert das Photon relative gesehen die meiste Energie?

- i) Einfache Compton-Streuung mit  $\theta = 180^\circ$ ?
  - ii) Zweifache Compton-Streuung, jeweils mit  $\theta = 90^\circ$ ?
  - iii) Dreifache Compton-Streuung, jeweils mit  $\theta = 60^\circ$ ? 4 (B)
- c) Photoelektrischer Effekt: Der Photoeffekt kann nur bei gebundenen Elektronen stattfinden. Zeigen Sie, dass freie Elektronen keine Photonen absorbieren können. 2 (A)