

- 1.** Zweifach ionisierte Argon-Atome bewegen sich mit der Energie  $E = 10^3 \text{ eV}$  durch ein magnetisches  $60^\circ$ -Sektorfeld.

→ Wie groß muß das Magnetfeld  $B$  sein, damit die Brennweite  $f = 30 \text{ cm}$  beträgt?  
(Lösung:  $B = 55,41 \text{ mT}$ )

Hinweis:  $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,  $u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .

- 2.** Die elektrostatische Elektronenlinse: Das elektrische  $\phi(r, z)$  entlang der Achse ( $r = 0$ ) einer zylindersymmetrischen Elektronenlinse sei

$$\phi(z) = \begin{cases} \phi_0 & z < 0 \\ \phi_0 + az^2 & 0 \leq z \leq z_0 \\ \phi_0 + az_0^2 & z > z_0 \end{cases}$$

Elektronen treten mit der Geschwindigkeit  $v_0 = \sqrt{\frac{2e\phi_0}{m}}$  in die Linse ein.

→ Wie groß ist die Brennweite der Linse? (Lösung:  $f = \frac{2\sqrt{\frac{\phi_0}{a}}}{\ln\left[z_0 + \sqrt{\frac{\phi_0}{a} + z_0^2}\right] - \ln\left(\sqrt{\frac{\phi_0}{a}}\right)}$ )

- 3.** Alpha-Teilchen mit einer Energie von  $E = 4,83 \text{ MeV}$  treffen auf eine Goldfolie der Dicke  $d = 5 \mu\text{m}$ . Ihre Dichte ist  $\rho = 19,3 \text{ gcm}^{-3}$ , und ihre molare Masse beträgt  $M = 197 \text{ gmol}^{-1}$ .

a) Man berechne die Anzahl Goldatome je  $\text{cm}^3$ ,  $n_V$ , sowie die Anzahl  $n_F$  der Atome in einem  $\text{cm}^2$  der Folie. (Lösung:  $n_V = 5,9 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-3}$ ,  $n_F = 2,95 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-2}$ )

b) Man berechne den Stossparameter  $b$ , bei welchem der Ablenkwinkel der  $\alpha$ -Teilchen bei Rutherford-Streuung nur mehr  $\theta = 3^\circ$  beträgt. (Lösung:  $b = 9 \cdot 10^{-11} \text{ cm}$ )

c) Wie groß ist die Anzahl  $m$  der Streueignisse für Rutherford-Streuung mit dem in Punkt (b) ermittelten Stossparameter  $b \cong 9 \cdot 10^{-11} \text{ cm}$  im Vergleich zur Thomson-Streuung (Stossparameter  $b \cong 10^{-8} \text{ cm}$ )? Wieso ist der Stossparameter im Thomson-Modell wesentlich größer als im Rutherford-Modell? (Lösung:  $m_R = 0,75$ ,  $m_T = 9263$ )

d) Man vergleiche bei der Winkelauflösung  $d\theta = 1^\circ$  die relativen Streudaten für  $(1,0 \pm 0,5)^\circ$  und  $(5,0 \pm 0,5)^\circ$  für das Thomson-Modell und das Rutherford-Modell. Für die Thomson-Streuung nehme man einen mittleren Streuwinkel von  $\bar{\theta} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$  für die Streuung an einem Atom an.

(Lösung:  $[N(1,0 \pm 0,5)^\circ / N(5,0 \pm 0,5)^\circ]_{\text{Rutherford}} = 217,8$ ,  $[N(1,0 \pm 0,5)^\circ / N(5,0 \pm 0,5)^\circ]_{\text{Thomson}} = 1,12 \cdot 10^7$ )

Hinweis:

- Abweichungen von Mittelwerten sind als "Rechtecksbreiten" zu interpretieren (ein Detektor sammelt die gestreuten Teilchen in einem Winkelintervall auf);
- bei der Thompsonstreuung an der Goldfolie kann es zu Mehrfachstreuungen kommen. Dies ist zu berücksichtigen

Bitte Seite wenden!

- 4. Rutherford-Rückstreuung:** Die Rutherford-Streuung ist einer jener Fälle, in der die klassische und die quantenmechanische Lösung des Streuproblems übereinstimmen. Ein besonders einfacher Fall ist jener der **Rutherford-Rückstreuung**, welche (im **nichtrelativistischen** Fall) mit der Lösung des zentralen elastischen Stoßes einer **Masse  $m_2$**  mit der Geschwindigkeit  $v_2$  (**Teilchen 2**) auf eine **ruhende Masse  $m_1$**  (**Teilchen 1**) übereinstimmt.

Man berechne

- die kinetische Energie von Teilchen 1 und Teilchen 2 nach dem Stoß,
- die **Änderung** der kinetischen Energie von Teilchen 2.
- Man drücke  $m_1$  als Funktion der Masse, sowie der Energie von Teilchen 2 vor und nach dem Stoß aus.

*Hinweis:* Die Lösung für das Problem des zentralen elastischen Stoßes kann der Literatur entnommen werden

- 5.** Das **Plancksche Strahlungsgesetz** der spektralen Energiedichte der Hohlraumstrahlung als Funktion von deren Frequenz  $\nu$  lautet

$$w(\nu)d\nu = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} \cdot \frac{d\nu}{e^{\frac{h\nu}{k_B T}} - 1}$$

- Man leite aus dieser Beziehung das Stefan-Boltzmann-Gesetz für die **je Flächeneinheit in den gesamten Halbraum emittierte Strahlungsleistung** der Hohlraumstrahlung durch Integration über alle Frequenzen ab. Wie lautet der analytische Ausdruck für die Konstante  $\sigma$  im Stefan-Boltzmann-Gesetz, welche Einheit hat sie und was ist ihr numerischer Wert?  
(*Lösung:*  $dW/dt = \sigma T^4$ ,  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ )

Herleitung des **Wienschen Verschiebungsgesetzes** aus dem Plancksches Strahlungsgesetz.

- Man drücke das Plancksche Strahlungsgesetz als Funktion der Wellenlänge  $\lambda$  aus.
- Man bestimme das Maximum der Wellenlängenverteilung.
- Hat die Konstante des Wienschen Verschiebungsgesetzes einen analytischen Wert? Was ist ihre Einheit und ihr numerischer Wert? (*Lösung:*  $\lambda_{\max} T = C_{\text{Wien}}$ ,  $C_{\text{Wien}} = 2,88 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$ )

- 6.** Das **Bohrsche Atommodell:** Man bestimme die **Bahnradien**, **Bahngeschwindigkeiten**, sowie **kinetische, potentielle und Gesamtenergie** der **stabilen Bahnen** für **wasserstoffähnliche Atome** mit der **Kernladungszahl  $Z$**

- unter der Annahme, dass die **Kernmasse** viel größer ist als die **Elektronenmasse**.
- unter **Berücksichtigung der Kernmasse**.