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

- **a)** Man berechne die **Anzahl Goldatome je cm³**, $\boldsymbol{n_V}$, sowie die Anzahl $\boldsymbol{n_F}$ der Atome in **einem cm²** der Folie. *(Lösung: $n_V = 5{,}9 \cdot 10^{22}\ \mathrm{cm^{-3}}$, $n_F = 2{,}95 \cdot 10^{19}\ \mathrm{cm^{-2}}$)*
- **b)** Man berechne den **Stossparameter** $\boldsymbol{b}$, bei welchem der **Ablenkwinkel der α-Teilchen** bei Rutherford-Streuung nur mehr $\boldsymbol{\theta = 3°}$ beträgt. *(Lösung: $b = 9 \cdot 10^{-11}$ cm)*
- **c)** Wie groß ist die **Anzahl $\boldsymbol{m}$ der Streuereignisse** für **Rutherford-Streuung** mit dem in Punkt (b) ermittelten Stossparameter $b \cong 9 \cdot 10^{-11}\,\mathrm{cm}$ im Vergleich zur **Thomson-Streuung** (Stossparameter $b \cong 10^{-8}\,\mathrm{cm}$)? 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 $\boldsymbol{d\theta = 1°}$** die **relativen Streudaten** für **$(1{,}0 \pm 0{,}5)°$** und **$(5{,}0 \pm 0{,}5)°$** für das Thomson-Modell und das Rutherford-Modell. Für die **Thomson-Streuung** nehme man einen **mittleren Streuwinkel von** $\bar{\theta} = 2 \cdot 10^{-4}\,\mathrm{rad}$ für die Streuung an einem Atom an. *(Lösung: $[N(1{,}0 \pm 0{,}5)°/N(5{,}0 \pm 0{,}5)°]_{\mathrm{Rutherford}} = 217{,}8$, $[N(1{,}0 \pm 0{,}5)°/N(5{,}0 \pm 0{,}5)°]_{\mathrm{Thomson}} = 1{,}12 \cdot 10^{7}$)*

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*

2. **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 $\boldsymbol{m_2}$** mit der Geschwindigkeit $\boldsymbol{v_2}$ (**Teilchen 2**) auf eine **ruhende Masse $\boldsymbol{m_1}$** (**Teilchen 1**) übereinstimmt.

Man berechne

- **a)** die kinetische Energie von Teilchen 1 und Teilchen 2 nach dem Stoß,
- **b)** die **Änderung** der kinetischen Energie von Teilchen 2.
- **c)** Man drücke $\boldsymbol{m_1}$ 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

3. **Photoelektrischer Effekt:**

- **a)** Man bestimme die **Grenzwellenlänge**, ab der Elektronen aus einem **Festkörper mit 4,55 eV Austrittsarbeit** freigesetzt werden können. *(Lösung: $\lambda_g = 272{,}46$ nm)*
- **b)** Unter der Annahme, dass die auf den Festkörper auftreffende Lichtintensität $\boldsymbol{8 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{Wcm^{-2}}}$ beträgt und **innerhalb der Grenzwellenlänge** vollkommen von den im Festkörper befindlichen Elektronen (Elektronendichte $\rho_e \approx 10^{23}\ \mathrm{cm^{-3}}$) aufgenommen wird, berechne man klassisch die **mittlere Energieaufnahme** eines Elektrons.
- **c)** Wie lange dauert es, bis nach diesem klassischen Ansatz ein Elektron aus dem gegebenen Festkörper emittiert wird? *(Lösung: $\Delta t = 2{,}48 \cdot 10^{5}$ s)*
- **d)** Bestimmen Sie das **Planck'sche Wirkungsquantum $\boldsymbol{h}$**, wenn Photoelektronen, die aus der Oberfläche eines Metalls durch Licht mit einer Frequenz $\boldsymbol{\nu_1 = 2{,}2 \cdot 10^{15}\ \mathrm{s^{-1}}}$ herausgelöst werden, über eine entgegenwirkende Spannung von $\boldsymbol{U_1 = 6{,}6\ \mathrm{V}}$ **vollständig zurückgehalten** werden, und die zu Licht mit einer Frequenz von $\boldsymbol{\nu_2 = 4{,}6 \cdot 10^{15}\ \mathrm{s^{-1}}}$ gehörigen Photoelektronen über eine entgegenwirkende Spannung von $\boldsymbol{U_2 = 16{,}5\ \mathrm{V}}$ **vollständig zurückgehalten** werden.

Bitte Seite wenden!

4. **Flugzeit-Massenspektrometrie**: In einem **Flugzeit-Massenspektrometer** mit der Beschleunigungsspannung $\boldsymbol{U} = \mathbf{5\ kV}$ und der Länge $\boldsymbol{L} = \mathbf{3\ m}$ werden folgende drei Peaks zu drei verschieden **Zeitpunkten** $\boldsymbol{T_1}$, $\boldsymbol{T_2}$ und $\boldsymbol{T_3}$ mit den Intensitäten $\boldsymbol{I_1}$, $\boldsymbol{I_2}$ und $\boldsymbol{I_3}$ detektiert: $\boldsymbol{T_1} = \mathbf{16{,}1632\ \mu s}$, $\boldsymbol{T_2} = \mathbf{17{,}2747\ \mu s}$, $\boldsymbol{T_3} = \mathbf{19{,}3015\ \mu s}$; $\boldsymbol{I_1} = \mathbf{185640\ cts}$, $\boldsymbol{I_2} = \mathbf{49980\ cts}$, $\boldsymbol{I_3} = \mathbf{2380\ cts}$.

➔ Man bestimme die Art des Gases, unter der Annahme, dass es sich um **einfach ionisierte Teilchen** handelt und dass **alle ionisierten Teichen detektiert werden**.
(Lösung: m_1=28,013 u, m_2= 31,998 u, m_3= 39,94 u, *mit* 1 u = 1,66 · 10^{-27} kg*)*

5. **Mechanische Effekte von Licht:** Wir betrachten ein **^{23}Na Atom** und seine Wechselwirkung mit **nahe resonantem** Laserlicht:

Na:

Massenzahl:	$\boldsymbol{A}$**=23**	
Wellenlänge $5S_{1/2} - 5P_{3/2}$	$\boldsymbol{\lambda}$**=589,2 nm**	
Lebensdauer	$\boldsymbol{\tau}$**= 16,25 ns**	$\boldsymbol{\Gamma=1/\tau}$

a) wie groß ist der **Rückstossimpuls** der von einem Photon übertragen wird? Wie groß die Änderung der Geschwindigkeit des Na Atoms. *(Lösung:* p = 1,125 · 10^{-27} kg·m·s^{-1} , v = 29,5 mm·s^{-1} *)*

b) wie groß ist die **Energie**, die ein Na Atom, welches vor dem Stoss in Ruhe ist, nach einem Photonrückstoss hat. Geben Sie diese Energie in verschiedenen Einheiten an (J, eV, äquivalente Temperatur) *(Lösung:* E = 1,03 · 10^{-10} eV *)*

c) was ist die **maximale Kraft** (Beschleunigung), die ein Laserstrahl auf das Na Atom ausüben kann *Hinweis: die maximale Streurate* $R_{max}=\Gamma/2=1/(2\tau)$. *(Lösung:* F = 3,462 · 10^{-20} N *)*

d) In welcher Zeit (über welche Strecke) kann ein thermisches Na Atom ($E_{kin} \sim k_B T$ T=300 K) mit dieser maximalen Kraft **abgebremst** werden. *(Lösung:* s = 0,12 m *)*

e) Wie viele Photonen können gestreut werden bis der **Dopplereffekt** die Frequenz des Laserlichtes um eine Linienbreite Γ verschiebt. *(Lösung:* N = 1230*)*

6. **Zweifach ionisierte Argon-Atome** bewegen sich mit der Energie $\boldsymbol{E} = \mathbf{10^3\ eV}$ durch ein magnetisches 60°-Sektorfeld.

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

Hinweis: e = 1,602 · 10^{-19} C, u = 1,66 · 10^{-27} kg.