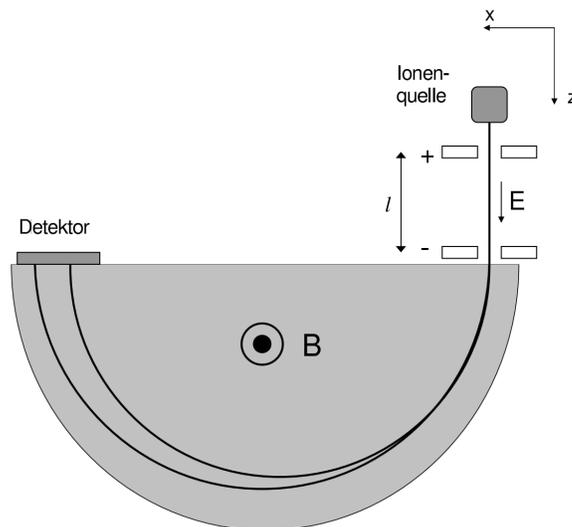


## Übungen zur Physik IV : Integrierter Kurs (Exp) Sommersemester 2023

Prof. Dr. Mikhail Fonin

Übungsblatt 2, Ausgabe: 24.04.2023, Abgabe: 01.05.2023  
Besprechung in den Übungen am 03.05.2023

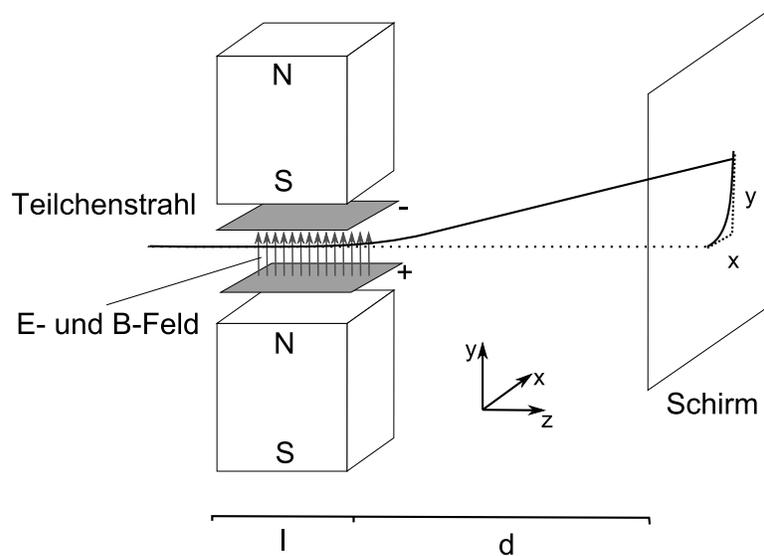
### Aufgabe 1: Ionen (schriftlich abzugeben) (10 Punkte)



- a) Einfach geladene Ionen werden zunächst in einem elektrischen Feld beschleunigt. Beim Eintritt haben sie Geschwindigkeit Null. Anschließend durchlaufen sie in einem senkrecht zur Bildebene stehenden magnetischen Feld Halbkreisbahnen. Leiten Sie her, dass der Radius einer solchen Bahn

$$r = \sqrt{\frac{2mEl}{e}} \frac{1}{B}$$

beträgt, wobei  $m$  die Masse des Ions und  $e$  die Elementarladung ist.



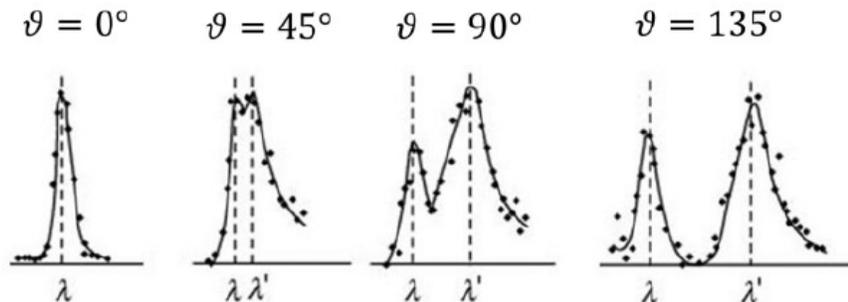
- b) Betrachten Sie jetzt einen Aufbau bei welchem die Teilchen (ebenfalls einfach geladen) auf einer Länge  $l$  parallele  $\vec{E}$ - und  $\vec{B}$ -Felder durchlaufen (Kaufmann-Spektrometer). Dadurch werden sie sowohl beschleunigt als auch abgelenkt. Die Detektion erfolgt auf einem im Abstand  $d$  platzierten Schirm. Die Ionen sollen hier bereits mit einer Anfangsgeschwindigkeit  $v$  in den Feldbereich eintreten. Diese darf nicht zu gering sein, muss jedoch nicht für alle Teilchen gleich sein. Zeigen Sie, dass von einem Strahl polyenergetischer Teilchen identischer Masse  $m$  und Ladung  $e$  auf dem Schirm eine Parabel  $y = Ax^2$  abgebildet wird. Nehmen Sie im Feld eine Geschwindigkeit  $v \approx v_z = \text{const}$  an, berechnen Sie damit die Ablenkung  $x(v)$  und  $y(v)$  am Schirm und eliminieren Sie  $v$ . Das Ergebnis lautet:

$$y(x) = \frac{mE}{eB^2} \left( ld + \frac{l^2}{2} \right)^{-1} x^2.$$

- c) Berechnen Sie für den Aufbau aus a) zum einen den Abstand auf dem Detektor, in dem Wasserstoffionen  $H^+$  und Molekülionen  $H_2^+$  voneinander auftreffen und zum anderen den Abstand, in dem Ionen der Isotope  $^{16}O^+$  und  $^{18}O^+$  aufkommen. Dabei sei  $E = 5000\text{V/m}$ ,  $l = 40\text{cm}$  und  $B = 1\text{T}$  (Die Massenzahl der Ionen sei als Massenzahl mal Protonenmasse hinreichend genau berechnet).
- d) Recherchieren Sie, wie der Wien-Geschwindigkeitsfilter funktioniert und leiten Sie die Durchlassgeschwindigkeit her.

## Aufgabe 2: Compton-Versuch (1 Kreuzchen)

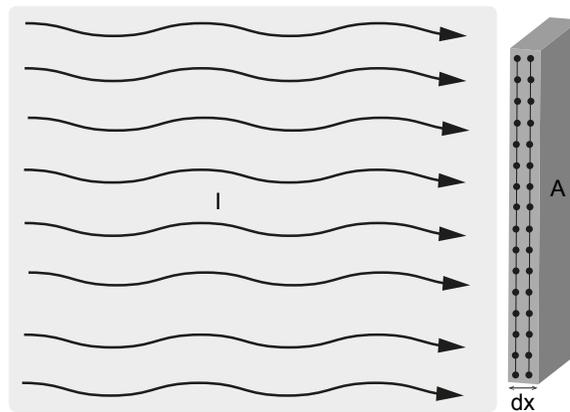
Der Compton-Effekt ist ein Streuprozess eines Röntgen-Photons an einem freien oder schwach gebundenen Elektron. Beim Streuvorgang überträgt das Photon einen Teil seiner Energie  $E = h \cdot c$  und einen Teil seines Impulses  $p = h/\lambda$  auf das Elektron. Deshalb beobachtet man nach dem Streuprozess Röntgenstrahlung mit größerer Wellenlänge  $\lambda_S$  als vor dem Streuprozess ( $\lambda_0$ ). Die Wellenlängenänderung  $\Delta\lambda = \lambda_s - \lambda_0$  hängt vom Streuwinkel  $\theta$  ab.



- Informieren Sie sich über den Versuchsaufbau.
- Leiten Sie aus Energie- und Impulserhaltung die Compton-Formel ( $\Delta\lambda = \lambda_S - \lambda_0 = \frac{h}{m_e c}(1 - \cos\theta)$ ) her.
- Bestimmen Sie die Wellenlängenverschiebung  $\Delta\lambda$  für die besonderen Streuwinkel  $\theta = 0^\circ$ ,  $\theta = 45^\circ$ ,  $\theta = 90^\circ$ ,  $\theta = 135^\circ$ .
- Wie groß ist die Wellenlänge von Molybdän  $K_{\alpha 1}$ -Strahlung nach dem Streuprozess für diese besonderen Streuwinkel (Übergangsenergie: 17479,10 eV)?
- Warum wird der Compton-Effekt bei sichtbarem Licht nicht beobachtet?

### Aufgabe 3: Teilchenfluss und Streuung (1 Kreuzchen)

In dieser Aufgabe wird erarbeitet, wie in Streuexperimenten die mittlere freie Weglänge  $\lambda$  vom Wirkungsquerschnitt  $\sigma$  und der Teilchenkonzentration  $n$  (Anzahl pro Volumen) abhängt. Gegeben sei ein Neutronenstrahl der Intensität  $I$  (Anzahl Neutronen pro Fläche und Zeit). Er treffe auf einen Festkörper mit  $n$  Atomen pro Volumen, und der Wirkungsquerschnitt der Neutronenstreuung an diesen Atomen sei  $\sigma$ . Betrachten Sie einen ganz kleinen Ausschnitt des Geschehens, d.h. eine gedachte Box mit einer Fläche  $A$  quer zum Strahl, die kleiner als der Querschnitt des Strahls ist, und einer Dicke  $dx$ , so dünn, dass nur wenige Atome enthalten sind (siehe Skizze).



- Wieviele Atome enthält diese Box?
- Wie groß ist die Fläche, die für die Neutronen durch die Atome in der Box abgedeckt wird?
- Wieviele Neutronen pro Zeit werden aus dem Strahl herausgestreut?
- Wieviele Neutronen pro Fläche und Zeit werden aus dem Strahl herausgestreut?
- Die Antwort aus d) ist gerade die Intensitäts-Abnahme nach Durchdringen einer Schicht der Dicke  $dx$ . Schreiben Sie nun eine Differenzialgleichung auf für die Intensität des Neutronenstrahls  $I(x)$ .
- Lösen Sie diese Differenzialgleichung, um einen exponentiellen Zerfall zu erhalten. Die Zerfallslänge darin ist gerade die mittlere freie Weglänge  $\lambda$ .
- Wie lautet also der Zusammenhang zwischen  $\lambda$ ,  $\sigma$  und  $n$ ?