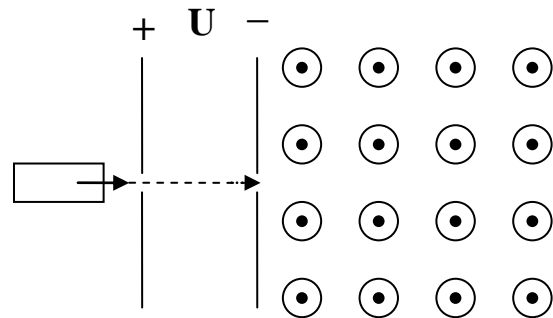


# Leistungsfach Physik ~ Klausur Nr. 2

## Aufgabe 1

Aus einer Ionenquelle treten Ionen mit vernachlässigbarer Anfangsgeschwindigkeit in das elektrische Feld eines Plattenkondensators ein. Die Beschleunigungsspannung beträgt  $400V$ . Nach Verlassen des Kondensators treten die Ionen senkrecht zu den magnetischen Feldlinien in ein homogenes Magnetfeld mit der magnetischen Flussdichte  $B=85mT$  ein. Alle Ionen haben die gleiche Masse von  $m=4,48 \cdot 10^{-26} kg$ , tragen aber verschiedene Ladung.



- a) Beschreibe und begründe, wie sich die Ionen im elektrischen Feld und im Magnetfeld bewegen!  
 b) Mit Hilfe der dargestellten Experimentieranordnung lässt sich die Ladung von Ionen nach der Gleichung  $Q = \frac{2 \cdot U \cdot m}{B^2 \cdot r^2}$  ermitteln. Leite diese Gleichung her!

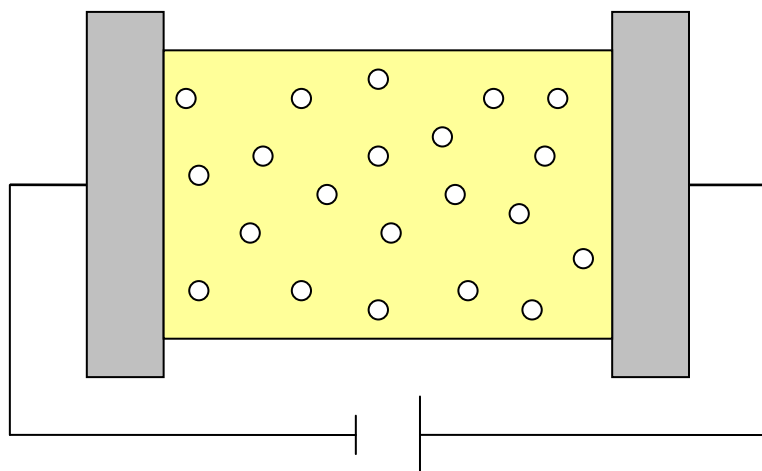
Wie wirkt sich eine unterschiedliche Ladung bei gleicher Masse auf die Bahnform aus?

- c) Im Experiment werden Ionenbahnen mit den Radien  $r_1=3,2cm$  und  $r_2=4,5cm$  gemessen. Berechne die Ladungen  $Q_1$  und  $Q_2$  dieser Ionen!  
 [Mögliche Ergebnisse für die Ladungen:  $\approx 15 \cdot e$  bzw.  $\approx 30 \cdot e$ ].  
 d) Berechne die Zeit, die die Ionen mit der größeren Ladung  $\approx 30 \cdot e$  benötigen, um einen Halbkreis zurückzulegen!

## Aufgabe 2

Eine Silberfolie ist zwischen zwei Metallblöcken eingespannt, die an eine Spannungsquelle angeschlossen sind.

Die Silberfolie ist  $b=2,0cm$  breit,  
 $d = \frac{5}{100} mm$  dick und  $l=8,0cm$  lang.



- a) Ergänze die Abbildung durch die Darstellung eines homogenen Magnetfeldes, das über die Fläche der Silberfolie hinaus lotrecht in die Zeichenebene hinein weist! Erläutere und begründe die physikalischen Vorgänge, die durch das Zuschalten des Magnetfeldes im Hinblick auf die Ladungsträger ablaufen! Ergänze die Abbildung durch die zur Erläuterung erforderlichen vektoriellen Größen!

- b) Zeige, dass für die mittlere Driftgeschwindigkeit der Ladungsträger in Silber gilt:  $v = \frac{U_H}{B \cdot b}$  !

Im Experiment wurden gemessen:  $I=18,7A$ ,  $B=0,78T$  und  $U_H=2,6 \cdot 10^{-5} V$ . Berechne  $v$  !

[Mögliches Ergebnis:  $v \approx 1,6667 \cdot 10^{-3} \frac{m}{s}$ .]

# Leistungsfach Physik ~ Klausur Nr. 2

c) Unter der Ladungsträgerdichte  $n$  versteht man den Quotienten aus der Anzahl der in einem Volumenelement vorhandenen Ladungsträger  $N$  und dem Volumenelement  $\Delta V$ , also  $n = \frac{N}{\Delta V}$ .

Zeige, dass folgende Beziehung gilt:  $n = \frac{I}{b \cdot d \cdot e \cdot v}$ !

d) Berechne aus den angegebenen Versuchsdaten die Anzahl der freien Elektronen je  $\text{cm}^3$  und je  $\text{kmol}$  Silber! (Atommasse von Silber: 107,87; Dichte von Silber:  $10,49 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ).

Wie viel freie Elektronen kommen demnach im Mittel auf 1 Silberatom?

# Leistungsfach Physik ~ Klausur Nr. 2

## Lösungen

### Aufgabe 1

#### a) im elektrischen Feld:

Auf die Ionen wirkt im elektrischen Feld die Kraft  $F_{el} = Q \cdot E = Q \cdot \frac{U}{d}$ , mit der sie beschleunigt werden. Da U und d konstant sind, gilt  $F_{el} \sim Q$ . Die Ionen erreichen abhängig von ihren Ladungen unterschiedliche Geschwindigkeiten. Energetisch gilt:  $Q \cdot U = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ , also:  $v = \sqrt{\frac{2 \cdot Q \cdot U}{m}}$ . Auch hieran sieht man, dass v von Q abhängt:  $v \sim \sqrt{Q}$ . Eine seitliche Ablenkung findet nicht statt.

#### im Magnetfeld:

Die Ionen treten senkrecht zu  $\vec{B}$  mit der Geschwindigkeit  $\vec{v}$  in das Magnetfeld ein. Die Richtung von  $\vec{v}$  ist für alle Ionen gleich, nicht jedoch der Betrag. Im Magnetfeld erfahren sie die Lorentzkraft  $\vec{F}_L$  mit  $F_L = Q \cdot v \cdot B$ .  $\vec{F}_L$  steht senkrecht zu  $\vec{B}$  und zu  $\vec{v}$  und beschleunigt die Ionen auf Kreisbahnen mit unterschiedlichen Radien. Bezogen auf die Zeichnung krümmen sich die Bahnen mit Beginn im Kathodenloch nach unten. Für ein bestimmtes Ion ist  $Q \cdot v$  konstant, also ist auch der Radius seiner Kreisbahn nur von Q abhängig (s.o.).

#### b) Hat man a) sehr ausführlich diskutiert, gibt es hier nicht mehr so viel zu tun!

Da die Lorentzkraft als Zentralkraft wirkt, gilt:  $\frac{m \cdot v^2}{r} = Q \cdot v \cdot B$ . Formt man mit  $v = \sqrt{\frac{2 \cdot Q \cdot U}{m}}$

(s.o.) nach r um, gilt:  $r = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot U}{Q \cdot B^2}}$ . Mit zunehmender Ladung wird der Radius kleiner! Formt man

nach Q um, ergibt sich die angegebene Gleichung:  $Q = \frac{2 \cdot U \cdot m}{B^2 \cdot r^2}$ .

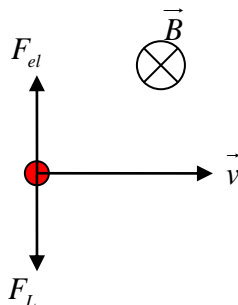
c) Mit  $r_1 = 3,2 \text{ cm}$  folgt:  $Q_1 \approx 4,8443 \cdot 10^{-18} \text{ C} \approx 30 \cdot e$

Mit  $r_2 = 4,5 \text{ cm}$  folgt:  $Q_2 \approx 2,4497 \cdot 10^{-18} \text{ C} \approx 15 \cdot e$

d) Für einen Halbkreis gilt, da v konstant ist:  $v = \frac{\pi \cdot r}{t} \Rightarrow t = \frac{\pi \cdot r}{v} = \frac{\pi \cdot r}{\sqrt{\frac{2 \cdot Q \cdot U}{m}}} \approx 3,4180 \cdot 10^{-7} \text{ s}$ .

### Aufgabe 2

a) In die Zeichnung werden in gleichen Abständen zueinander Symbole für magn. Feldlinien, die in die Zeichenebene hinein zeigen, gezeichnet: kleine Kreise mit Kreuz. Elektronen bewegen sich von links nach rechts, in diese Richtung zeigt ihr Geschwindigkeitsvektor. Die technische Stromrichtung verläuft damit von rechts nach links.



Auf die bewegten Elektronen wirkt die Lorentzkraft  $\vec{F}_L$ , sie steht senkrecht auf  $\vec{v}$  und senkrecht auf  $\vec{B}$ . Sie führt die Elektronen an den unteren Rand der Silberfolie, so dass zwischen dem oberen und dem unteren Rand eine Hallspannung entsteht. Diese hat ihren konstanten Maximalwert erreicht, wenn keine weiteren Elektronen mehr nach unten bewegt werden können, da die elektrische Feldkraft des Feldes zwischen der Ober- und Unterkante der Silberfolie dies verhindert.

## Leistungsfach Physik ~ Klausur Nr. 2

b) Aus dem Kräftegleichgewicht folgt:  $e \cdot E = e \cdot v \cdot B$ . Da  $E = \frac{U_H}{b}$ , folgt:  $v = \frac{U_H}{B \cdot b}$ . Numerisch ergibt

sich dann aus den Messdaten:  $v \approx 1,6667 \cdot 10^{-3} \frac{m}{s}$ .

c) Nach Definition gilt:  $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{N \cdot e}{\Delta t}$ . Mit  $v = \frac{l}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta t = \frac{l}{v}$  folgt:  $I = \frac{N \cdot e \cdot v}{l}$ . Mit

$n = \frac{N}{\Delta V} \Leftrightarrow N = n \cdot \Delta V = n \cdot b \cdot d \cdot l$  gilt nun:  $I = \frac{n \cdot b \cdot d \cdot l \cdot e \cdot v}{l} = n \cdot b \cdot d \cdot e \cdot v$ . Daraus folgt:

$$n = \frac{I}{b \cdot d \cdot e \cdot v}.$$

d) Für die Anzahl freier Elektronen in  $1 \text{ cm}^3$  gilt:  $n = \frac{N}{\Delta V} \Rightarrow N = n \cdot 1 \text{ cm}^3$ . Numerisch ergibt sich

dann aus den Messdaten: In  $1 \text{ cm}^3$  Silber sind ca.  $7,0027 \cdot 10^{22}$  freie Elektronen enthalten.

1 kmol Silber hat die Masse 107,87 kg (Atommasse in kg).

$1 \text{ cm}^3$  Silber hat die Masse  $10,49 \text{ g} = 10,49 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$  (siehe Dichte). Hieraus folgt, dass 1 kmol

Silber das Volumen besitzt:  $\frac{107,87 \text{ kg}}{10,49 \cdot 10^{-3} \text{ kg}} \text{ cm}^3 \approx 1,0283 \cdot 10^4 \text{ cm}^3$ .

Da  $1 \text{ cm}^3$  ca.  $7,0027 \cdot 10^{22}$  freie Elektronen enthalten, enthält 1 kmol Silber ca.

$1,0283 \cdot 10^4 \cdot 7,0027 \cdot 10^{22} \approx 7,2009 \cdot 10^{26}$  freie Elektronen.

In einem kmol Silber sind  $N_A = 6,0221 \cdot 10^{26}$  Silberatome enthalten (Avogadro-Konstante). Teilt

man die Anzahl freier Elektronen im kmol durch  $N_A$ , so ergibt sich  $1,1957 \approx 1,2$ . Pro Silberatom gibt es also im Mittel ca. 1,2 freie Elektronen.