

## Übungen zur Experimentalphysik II — Blatt 9

### Aufgabe 1: Elektrische Leitfähigkeit eines Halbleiters

6 Punkte

In der Vorlesung (Skriptteil 5, Abbildung 29) wird die elektrische Leitfähigkeit  $\sigma$  eines Halbleiters als Funktion der inversen absoluten Temperatur  $T$  graphisch dargestellt.

Dieser Halbleiter soll nun zur Temperaturmessung benutzt werden. Dazu wird an einen Zylinder der Länge  $L = 3 \text{ cm}$  und Querschnittsfläche  $F = 1 \text{ mm}^2$  eine Spannung von  $U = 4 \text{ V}$  angelegt und der Strom  $I$  gemessen.

Parametrisieren Sie mit Hilfe der Abbildung die Temperaturabhängigkeit der elektrischen Stromstärke mit einer möglichst einfachen Formel, die die Celsius-Temperatur  $\tilde{T}$  (zwischen  $250^\circ\text{C}$  und  $1300^\circ\text{C}$ ) als Funktion der gemessenen Stromstärke  $I$  angibt. Welche Temperatur herrscht bei einer Stromstärke von  $I_{\text{test}} = 0,25 \text{ A}$ ?

### Aufgabe 2: Zyklotronfrequenz

4 Punkte (2 + 1 + 1)

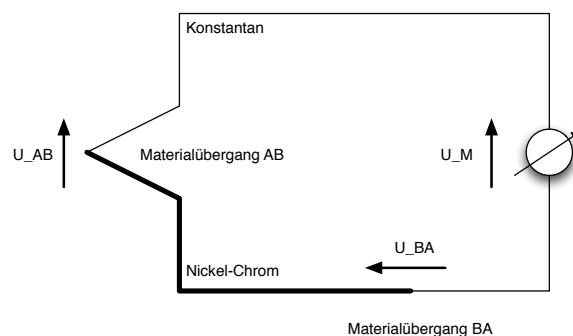
Ein Proton bewegt sich senkrecht zu einem Magnetfeld von  $1,1 \text{ T}$  auf einer Kreisbahn (Radius  $r = 32 \text{ cm}$ ).

- Wie lange braucht das Proton für einen Umlauf?
- Wie schnell fliegt das Proton? Ist eine nichtrelativistische Rechnung erlaubt?
- Wie groß ist die Zyklotronfrequenz (Frequenz, mit der das Proton kreist)? Ist diese von  $r$  abhängig?

### Aufgabe 3: Thermospannungen

3 Punkte (1 + 2)

Die Temperatur einer stark exothermen chemischen Reaktion soll überwacht werden. Sie verwenden dazu das in der Abbildung gezeigte Messgerät. Für einen Testaufbau wird an der Messstelle (AB) eine Temperatur von  $200^\circ\text{C}$  erzeugt. Am Materialübergang BA beträgt die Temperatur  $40^\circ\text{C}$ . Als Materialien verwenden Sie Konstantan (A) (Thermokoeffizient  $k_{\text{Konst.,Pt}} = -3,2 \text{ mV}/100\text{K}$ ) und Nickel-Chrom (B) (Thermokoeffizient  $k_{\text{Ni-Cr,Pt}} = 2,2 \text{ mV}/100\text{K}$ ) (die Thermokoeffizienten sind jeweils relativ zu Platin angegeben).



- Wie bezeichnet man das abgebildete Messgerät und wie lautet der zu Grunde liegende physikalische Effekt?
- Bestimmen Sie die Spannung  $U_M$ .

## Aufgabe 4: Galvanische Vernickelung

4 Punkte (1 + 2 + 1)

Ein Stahlzylinder von 10 cm Durchmesser und 75 cm Länge soll in einem Nickelsalzbad galvanisch mit einer 0,15 mm starken Nickelschicht gleichmäßig und vollständig überzogen werden. Die Stromdichte soll  $30 \text{ A/m}^2$  nicht überschreiten.

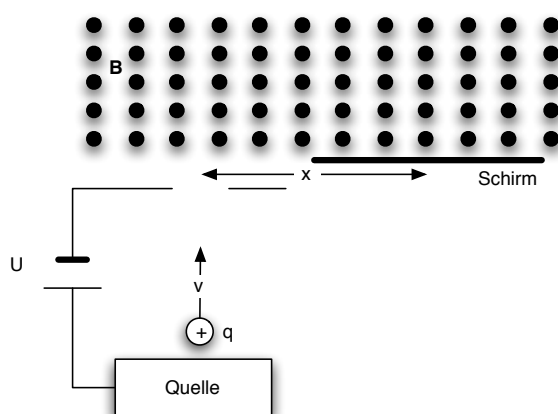
- Welcher Maximalstrom  $I_{\max}$  ist möglich?
- Wie groß ist die Masse der Ionen, die beim Ladungstransport von 1 C bei Nickel abgeschieden wird (dies nennt man auch das elektrochemische Äquivalent  $\ddot{A}_c [\text{g/C}]$ )?
- Wie lange muss der Zylinder im Bad bleiben, wenn der Strom  $I_{\max}$  fließt?

Hinweis: Nickelionen sind zweifach geladen,  $m_{Ni} = 58,69 \text{ u}$ ,  $\rho_{Ni} = 8,9 \text{ g/cm}^3$

## Aufgabe 5: Massenspektrometer

8 Punkte (3 + 2 + 3)

- Ein  $\text{Na}^+$ -Ion der Masse  $m$  wird mit Hilfe einer Beschleunigungsspannung  $U$  auf die Geschwindigkeit  $\vec{v}$  beschleunigt. Es tritt danach durch einen Eintrittsspalt in ein homogenes Magnetfeld ein, welches senkrecht zu  $\vec{v}$  steht, und tritt im Abstand  $x$  vom Eintrittsfenster auf einen Leuchtschirm auf. Welche Form hat die Bahnkurve des Ions im Magnetfeld? Wie gross ist die Masse des beschleunigten Ions, wenn die gemessene Strecke  $x = 1,38 \text{ cm}$  beträgt. Gegeben sind  $B = 1,0 \text{ T}$ ,  $U = 100 \text{ V}$ .



- Gewinnt man die  $\text{Na}^+$ -Ionen aus einem heißen Gas und beschleunigt sie nicht mit der Spannung  $U$ , so treffen Ionen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten auf das B-Feld. Konstruieren Sie mit Hilfe eines E- und eines B-Feldes einen Geschwindigkeitsfilter vor dem Eintrittsspalt, d.h. ein Instrument, das nur Ionen mit einer gegebenen Geschwindigkeit  $v$  selektiert. Zeigen Sie, wie er funktioniert und welchen Nachteil er ggf. hat.
- Nehmen Sie nun an, dass (anders als in a)) die Ionen nun unter verschiedenen Winkeln zwischen  $\pm\alpha/2$  ( $\alpha$  klein) gegen den senkrechten Einfall und mit gleichen Geschwindigkeiten auf den Eintrittsspalt treffen. Wie ändert sich das gemessene Bild für einen Winkel  $\alpha = 3^\circ$ ? Skizzieren und berechnen Sie explizit die Abweichung von der ursprünglichen Auftreffposition und nähern Sie ggf. geeignet.

**Allgemeiner Hinweis:** Bitte rechnen Sie grundsätzlich so lange wie möglich mit den Variablen, d.h. setzen Sie die gegebenen Zahlenwerte erst ganz am Schluss ein. Fertigen Sie außerdem aussagekräftige Skizzen an wo immer es hilfreich ist.