

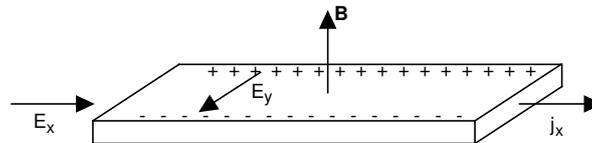
## 10. Übungsblatt

Verteilung 27. November 2007  
Besprechung 5./6. Dezember 2007

## Thema: Elektronentransport

## Aufgabe 1: Der Hall-Effekt im Drude-Modell

In dieser Aufgabe soll der Hall-Koeffizient  $R_H$  und der (longitudinale) Magnetowiderstand  $\rho(B)$  im Drude-Modell bestimmt werden. Man betrachtet ein Metallplättchen in einem Magnetfeld  $\vec{B} = (0, 0, B)$  senkrecht zur Ebene (siehe Figur). Fließt ein Strom mit Stromdichte  $\vec{j} = (j_x, j_y, j_z) = -ne\vec{v}$ , so stellt sich das entsprechende (elektrische) Hall-Feld  $\vec{E} = (E_x, E_y, 0)$  in der Ebene ein ( $E_y < 0$  für Elektronen). Dabei bezeichnet  $\vec{v}$  die Driftgeschwindigkeit der Elektronen.



1. Stellen Sie die Newtonsche Bewegungsgleichung für den gemittelten Elektronenimpuls auf. Berücksichtigen Sie einen Kraftterm für die Einwirkung von äusseren  $E$ - und  $B$ -Feldern, sowie einen "Reibungsterm" für die Streuprozesse. Zur Bestimmung des Reibungsterms nehmen Sie an, dass die Elektronen im Mittel über eine Streuzeit  $\tau$  beschleunigt werden. Danach erfolgt ein Streuprozess in eine zufällige Richtung.
2. Leiten Sie aus der Bewegungsgleichung allgemeine Beziehungen für die Komponenten der Stromdichte  $\vec{j}$  im stationären Zustand her. Wenden Sie diese dann auf den Fall der Hallmessung an und bestimmen Sie Hall-Koeffizient und Magnetowiderstand

$$R_H \equiv \frac{E_y}{j_x B},$$

$$\rho(B) \equiv \frac{E_x}{j_x}.$$

Wie hängen die Ergebnisse von der Temperatur, der Streuzeit  $\tau$ , dem Magnetfeld  $B$  und den Materialkonstanten ab?

3. Das Drude-Modell für  $R_H$  stimmt relativ gut für die Alkalimetalle (Li, Na, K, Rb, Cs), weniger gut für die Edelmetalle (Cu, Ag, Au), und überhaupt nicht für z.B. Magnesium oder Aluminium. Welche Annahmen des Drude-Modells sind zu einfach?

Inwiefern wird das Modell problematisch, wenn man es mit wirklich zweidimensionalen metallischen Systemen (z.B. einer GaAs/AlGaAs-Heterostruktur) zu tun hat?

## Aufgabe 2: Leitwert in dünnen Filmen

Der spezifische Leitwert eines makroskopischen Metallstückes hängt nicht von der Geometrie ab. Er wird durch die mittlere freie Weglänge  $\lambda_0$  bestimmt, also den mittleren von den Ladungsträgern zurückgelegten Weg zwischen zwei Streuprozessen. Diese Näherung bricht zusammen, wenn  $\lambda_0$  mit der Dicke  $d$  des Leiters vergleichbar wird. Zeigen Sie, dass der spezifische Leitwert eines dünnen Filmes folgender Relation genügt:

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = \frac{\lambda}{\lambda_0} = \frac{3d}{4\lambda_0} + \frac{d}{2\lambda_0} \log\left(\frac{\lambda_0}{d}\right).$$

Dabei ist  $\sigma$  der spezifische Leitwert und  $\lambda$  die mittlere freie Weglänge des dünnen Filmes;  $\sigma_0$  und  $\lambda_0$  sind die entsprechenden Grössen des makroskopischen Metallstückes. Nehmen Sie an, dass die Streuung an der Grenzfläche diffusiv (d.h. zufällig) ist.

*Hinweis:* Berechnen Sie die effektive mittlere freie Weglänge im dünnen Film für Teilchen, die mit zufälligem Winkel an der Grenzfläche gestreut werden. Diese bestimmt über das Drude-Modell den spezifischen Leitwert.