

Übungsaufgabenblatt XI

Experimentalphysik V, WS 2015/16

Prof. Grundmann

Ausgabe: 11. 01. 2016

Abgabe: **18. 01. 2016, 13:00 Uhr**

- 33.** Ein Kaliumkristall (kubisch raumzentriert, Gitterkonstante $a = 5,3\text{\AA}$, $m^* = 1,25m_0$) befindet sich in einem Magnetfeld $B = 0,8\text{ T}$.
- Berechnen Sie die Hall-Konstante und vergleichen Sie Ihr Resultat mit dem experimentellen Wert $R_H = -4,7 \cdot 10^{-10} \text{ m}^3/\text{As}$.
 - Wie viele Landau-Röhren sind bei $T = 0\text{ K}$ besetzt?
 - Welchen Radius haben die Extremalbahnen im Ortsraum?
 - Wie groß muss die mittlere Stoßzeit τ der Elektronen mindestens sein, damit die De-Haas-van-Alphen-Oszillationen gut messbar sind?

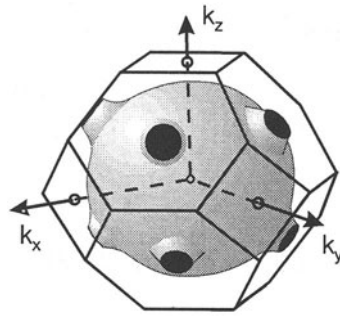
[4 Punkte]

- 34.** Bei tiefer Temperatur und in sehr starken Magnetfeldern lässt sich beobachten, dass die magnetische Suszeptibilität eines Metalles in Abhängigkeit von der magnetischen Flussdichte B Oszillationen aufweist, welche periodisch in $1/B$ sind. Dieser Effekt, genannt "de Haas-van Alphen-Effekt", erlaubt mittels der Beziehung

$$\Delta\left(\frac{1}{B}\right) = \frac{2\pi e}{\hbar A_k}$$

eine Bestimmung von Extremalflächen A_k der Fermikugel, welche im k -Raum von Elektronenbahnen senkrecht zur Richtung des magnetischen Feldes umschlossen werden.

- Gold besitzt eine Ladungsträgerdichte von $n = 5,90 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-3}$. Betrachten Sie das Elektronengas von Gold als ein System freier Elektronen, und schätzen Sie ab, welche Größe für die Extremalfläche der Fermikugel von Gold zu erwarten ist. **[2 Punkte]**
- Das Experiment liefert für ein in [001]-Richtung eines Gold-Einkristalles orientiertes Magnetfeld Oszillationen mit der Periode $\Delta(1/B) = 1,95 \cdot 10^{-5} \text{ T}^{-1}$. Weist das Magnetfeld dagegen in [111]-Richtung, so werden zwei sich überlagernde Oszillationen beobachtet, welche die Perioden $2,05 \cdot 10^{-5} \text{ T}^{-1}$ bzw. $6 \cdot 10^{-4} \text{ T}^{-1}$ besitzen. Berechnen Sie jeweils die Größe der dazugehörigen Extremalfläche A_k und interpretieren Sie die Ergebnisse anhand der in der Abbildung dargestellten Fermifläche von Gold. **[4 Punkte]**



35. Transparente leitfähige Oxide (TCO) wie Indium-Zinnoxid (ITO), Fluor-dotiertes Zinnoxid (FTO) oder Aluminium-dotiertes Zinnoxid (AZO) sind elektrisch leitend und im sichtbaren Bereich transparent. Diese TCOs besitzen deshalb eine große Bedeutung für die Bildschirmtechnik und als Elektrode für Dünnschichtsolarzellen.

(a) Eine TCO-Schicht soll eine Ladungsträgerdichte von $1 \cdot 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ haben. Bis zu welcher Wellenlänge ist sie transparent?

(Verwenden Sie $m_{\text{eff}} = 0,3m_e$ und $\epsilon_{\infty} = 3,8$)

[2 Punkte]

(b) Bei welcher Wellenlänge ist die Reflektivität in guter Näherung minimal?

[2 Punkte]

Zusatzaufgabe:

ZA04. In einem statischen Magnetfeld bewegen sich Ladungsträger auf geschlossenen Kreisbahnen in der Ebene senkrecht zu \vec{B} . Wird eine Probe mit einem Laser bestrahlt, dessen Frequenz gerade der Kreisumlauf Frequenz ω_c entspricht, so tritt Absorption auf. In sogenannten Zyklotron-Resonanz-Experimenten wird die Reflexion der Strahlung in Abhängigkeit vom äusseren Magnetfeld gemessen. Im Spektrum treten mehrere Minima auf, die Absorptionslinien entsprechen. Da die effektive Masse m^* in die Definition der Zyklotronfrequenz eingeht, entspricht jeder Peak einer anderen Sorte von Ladungsträgern (z.B. Elektronen, leichte Löcher, schwere Löcher). Für ein Experiment, das bei Raumtemperatur durchgeführt wird, stehen eine p-Typ Ge-Probe mit Mobilität $\mu_p = 1800 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ (bei 300K), ein Zyanlaser mit Wellenlänge $\lambda = 337 \mu\text{m}$ und ein Magnetfeld $B \leq 15 \text{ T}$ zur Verfügung. Die erwartete effektive Masse der schweren Löcher in Germanium ist $m_{\text{hh}} \sim 0,3m_0$.

(a) Ist die Resonanz mit den gegebenen experimentellen Parametern zu beobachten?

(b) Warum ist die Resonanz bei tiefen Temperaturen deutlich stärker ausgeprägt?

(c) Wie könnte man Elektronen und Löcher in einem solchen Experiment unterscheiden, wenn man keinerlei Angaben über die erwarteten effektiven Massen hat?

[5 Punkte]