

**Moderne Experimentalphysik II (Festkörperphysik) : Klausur am 22.02.2011**

- 1) Bestimmen Sie für Wolfram, das ein kubisch-raumzentriertes (bcc) Gitter besitzt, die ersten drei Streuwinkel unter denen in einer Debey-Scherrer-Aufnahme Reflexe zu finden sind. Zur Lösung dieser Aufgabe führen Sie folgende Schritte durch:
- Betrachten Sie das bcc-Gitter als einfach kubisches Gitter, das eine Basis aus zwei identischen Atomen hat, und bestimmen Sie die Gitterkonstante  $a$ .
  - Wie lautet hier die Strukturamplitude? Welche Reflexe verschwinden?
  - Berechnen Sie die ersten drei Winkel aus der Bragg-Bedingung ( $n = 1$ ) für die relevanten Reflexe.

Zahlenwerte: spezifisches Gewicht von Wolfram  $\rho_W = 19,25 \text{ g/cm}^3$ , Massenzahl  $A_W = 184$ ,  
Wellenlänge der verwendeten Röntgenstrahlung  $\lambda = 0,1 \text{ nm}$

- 2) Freies Elektronengas:
- Leiten Sie die Zustandsdichte  $D(E)$  für ein freies Elektronengas in drei Dimensionen her. Geben Sie Zwischenschritte an, bzw. erläutern Sie Ihr Vorgehen.
  - Berechnen Sie die Fermi-Energie, die Fermi-Geschwindigkeit, und die Fermi-Temperatur für Aluminium ( $k_f = 1,75 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ ).
- 3) Berechnen Sie die Zahl der Phononen in einem Kristall mit einatomiger Basis im Frequenzintervall von  $f_1 = 4,0 \cdot 10^6 \text{ 1/s}$  bis  $f_2 = 4,1 \cdot 10^6 \text{ 1/s}$  bei Zimmertemperatur, sodass alle Moden im Frequenzintervall besetzt sind. Das Volumen des Kristalls ist  $V = 1 \text{ cm}^3$ , die Schallgeschwindigkeit ist einheitlich für alle Moden  $v_s = 6 \cdot 10^3 \text{ m/s}$ .

Hinweis: Benutzen Sie die Zustandsdichte  $D(k)$  und die Debeysche Näherung.

- 4) Skizzieren Sie schematisch die Phononen-Dispersionsrelation eines Kristalls mit zwei-atomiger Basis. Wie viele Zweige gibt es?

Bitte Rückseite beachten!

- 5) In einem n-Typ Halbleiter werden mittels eines Hall-Experiments bei einer Stromdichte von  $j = 40 \text{ A/cm}^2$  und einem Magnetfeld in z-Richtung mit der Flussdichte  $B = 1 \text{ T}$  folgende Werte gewonnen: Hall-Feldstärke  $E_H = 8 \text{ V/cm}$ , Leitfähigkeit  $\sigma = 2 \text{ A/(Vcm)}$  und effektive Elektronenmasse  $m = 7 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ .
- Berechnen Sie die Ladungsträgerdichte  $n$  und die Zeit  $\tau$  zwischen zwei Stößen für die Elektronen in diesem Material.
  - Wie groß müsste das angelegte Magnetfeld mindestens sein, um in diesem Material die Zyklotron-Resonanz messen zu können?

Hinweis: Die benötigten Formeln können ohne Herleitung benutzt werden.

- 6) Supraleitung:
- Was ist der Isotopeneffekt der Supraleitung?
  - Die Supraleitung von elementarem Zinn ( $T_c = 3,722 \text{ K}$ ) lässt sich ausgezeichnet durch die BCS-Theorie beschreiben. Bestimmen Sie die supraleitende Energielücke  $\Delta(0)$  von Zinn nahe dem absoluten Nullpunkt (Formel muss nicht hergeleitet werden!).
  - Wodurch unterscheiden sich Typ-I und Typ-II-Supraleiter? Erläutern Sie dies kurz unter Verwendung von deren Magnetisierungskurven.

---

Benötigte Konstanten:

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As (Elementarladung)}$$

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg (Elektronenmasse)}$$

$$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js (Plancksche Konstante)}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol (Avogadrozahl)}$$

$$k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Ws/K (Boltzmannkonstante)}$$