Struktur der Materie - Festkörperphysik
Übungsblatt 5

Besprechung am Do. 19. Dez. 2013
ACHTUNG: die Übung findet im Hörsaal II statt

Aufgabe 3.2: Röntgenstrukturbestimmung III

In der Debye-Scherrer-Methode wird eine *pulverförmige* Probe untersucht, in der alle Kristallorientierungen zufällig verteilt vorliegen. Erklären Sie, weshalb es dabei (trotzdem!) diskrete Röntgenreflexe gibt statt eines diffusen Kontinuums. Wie sieht das Bild eines solchen Reflexes auf einem Schirm bzw. einer Fotoplatte aus?

Aufgabe 3.3: Phononen - zweiatomige Kette

a) Berechnen Sie die Dispersionsrelation der ("unendlich" ausgedehnten) zweiatomigen linearen Kette. Stellen Sie hierzu unter Berücksichtigung der Wechselwirkung ausschließlich nächster Nachbarn die Bewegungsgleichungen für longitudinale Auslenkungen zweier benachbarter Atome mit Massen M und m und einer Kraftkonstanten C auf. Skizzieren und interpretieren Sie das Ergebnis für $\omega(k)$. Hinweis: Es ist hilfreich, das Problem über die *Auslenkungen* u_s und v_s aus der Ruhelage für die unterschiedlichen Massen zu parametrisieren (s. Kittel, Kap. 4). Sie bekommen dann zwei Bewegungsgleichungen, welche sich mit dem Ansatz einer ebenen Welle $u_s = u \exp(iska - i\omega t)$ bzw. $v_s = v \exp(iska - i\omega t)$ lösen lassen ($k = 2\pi/\lambda$: Wellenzahl; a: Gitterkonstante).

b) Zeigen Sie, dass für $M = m$ die Dispersionsrelation für die einatomige Kette reproduziert wird. Berechnen Sie für eine Kette aus Atomen der molaren Masse $M_{\text{Mol}} = 200$ g mit der Gitterkonstante $a = 4$ Å und der Schallgeschwindigkeit $v_s = 4000\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ die Kraftkonstante C und die Frequenz am Rand der Brillouinzone.

Aufgabe 3.4: Wärmekapazität

a) Berechnen Sie die spezifische Wärme eines einatomigen Kristalls mit Gitterkonstante a und Volumen $V = L^d$ im Einsteinmodell für $d = 1, 2, 3$ Dimensionen.

b) Bestimmen Sie für das gleiche System wie oben die phononische Zustandsdichte $D(\omega)$ und die Wärmekapazität im Debye-Modell.

c) Vergleichen Sie die Ergebnisse aus a) und b) und diskutieren Sie den Einfluss der Dimension d.

Aufgabe 4.3: Mittlere kinetische Energie

Berechnen Sie die mittlere kinetische Energie eines Elektrons im freien Elektronengas mit einer Fermienergie von 5 eV bei $T = 0$.

Aufgabe 4.4: Leitfähigkeit von Silber

Silber hat eine hohe Leitfähigkeit ($\sigma = 6 \times 10^7/\Omega\mathrm{m}$), viele seiner Eigenschaften können im Modell eines (quasi-)freien Elektronengases beschrieben werden. Berechnen Sie die elektrische Feldstärke, die erforderlich ist, um die Fermikugel um 0.01 k_F zu verschieben. Verwenden Sie dazu die Fermienergie von Silber aus Aufgabe 4.2 sowie die Hallkonstante $R_\mathrm{H} = -9 \times 10^{-11}$ m^3/C. Bestimmen Sie weiterhin die resultierende Stromdichte und die mittlere freie Weglänge der Elektronen.

Aufgabe 5.1: Fragestunde

Welche Themen aus den Übungen (oder der Vorlesung) würden Sie gerne nochmal wiederholen oder vertiefen?