

Übungen zur Physik V: Festkörperphysik (WS 2012/2012)

Prof. Dr. H. v. Löhneysen / Dr. G. Fischer

Übungsblatt 6

Besprechung am 06. Dezember 2012

Aufgabe 1 (1 Punkte)

Zur Strukturanalyse von Festkörpern können Elektronen, Neutronen oder Photonen (Röntgenstrahlen) eingesetzt werden. Dabei muss die Wellenlänge der Analysestrahlen im atomaren Bereich liegen. Bei welcher Energie (in J und eV angeben) beträgt die De-Broglie-Wellenlänge eines Elektrons, Neutrons oder Photons $\lambda = 0,2 \text{ nm}$? Bei welcher Temperatur haben Elektronen und Neutronen diese mittlere kinetische Energie?

Aufgabe 2 (3 Punkte)

Um die Dispersionsrelation der Phononen von LiF zu untersuchen, werden Neutronen der Wellenlänge $\lambda_0 = 1.80 \text{ Å}$ an einem LiF Einkristall (fcc Gitter, $a = 4.02 \text{ Å}$ der kubischen Zelle) gestreut. Die Probe, der Detektor und die Neutronenquelle spannen eine Ebene parallel zu den (001)-Ebenen des Kristalls auf. Fällt der Neutronenstrahl parallel zur [100]-Richtung ein, so beobachtet man unter einem Ablenkwinkel von 30° gestreute Neutronen mit der Wellenlänge $\lambda = 1.15 \text{ Å}$.

- Werden Phononen erzeugt oder vernichtet? Warum können Sie für dieses Streuproblem nicht die Ewaldkonstruktion verwenden? (0,5 P.)
- Berechnen Sie die Frequenz der Phononen (Energie $E = \hbar\omega$) unter der Annahme, dass pro gestreutem Neutron nur ein Phonon teilnimmt (Ein-Phonon-Streuung). (0,5 P.)
- Berechnen Sie den Streuvektor und skizzieren Sie den Streuvorgang (im reziproken Raum). (1,5 P.)
- Geben Sie den Phononwellenvektor in SI-Einheiten an, der an diesem Streuvorgang teilnimmt. (0,5 P.)

Aufgabe 3 (2,5 Punkte)

Brillouin-Streuung eines monochromatischen Lichtstrahls mit $\lambda = 632,8$ nm in Wasser erzeugt bei einem Streuwinkel von 90° ein Brillouin-Seitenband mit einer Verschiebung von $\Delta\nu = 4,3 \cdot 10^9$ Hz zur Zentrallinie. Wie groß ist die Schallgeschwindigkeit in Wasser bei Zimmertemperatur, wenn der Brechungsindex von Wasser 1,33 beträgt? Welche Annahmen müssen Sie machen?

Nützliche Formel: $\cos \varphi = 1 - 2 \sin^2(\varphi/2)$.

Aufgabe 4 (3,5 Punkte)

Der lineare thermische Ausdehnungskoeffizient α ist definiert als

$$\alpha = \frac{1}{3V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p = \frac{1}{3B} \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_V$$

mit dem isothermen Kompressionsmodul B . Zeigen Sie, dass zwischen der spezifischen Wärme c_V und α folgender Zusammenhang gilt: $\alpha = \gamma c_V / 3B$. Geben Sie den aus dieser Rechnung resultierenden Ausdruck für γ an.

Hinweis: Berechnen Sie $p(T) = -(\partial F / \partial V)_T$ mit der freien Energie $F = U - TS$. U ist die innere Energie des Kristalls: $U = U_b + \sum_{\vec{k},s} \hbar \omega_s(\vec{k}) \left(\frac{1}{2} + n_{\vec{k},s} \right)$ und S die Entropie:

$$S = \int_0^T \frac{c_V}{T'} dT'.$$