

5. Übungsblatt zur "Einführung in die Festkörperphysik" WS 05/06

M. Wolf/K. Starke/I. Torrente

Ausgabe: 21.11.05

Abgabe: Dienstag, 29.11.2005, bis 17 Uhr
Postfach Torrente, bei Raum 0.3.18
Postfach Starke, bei Raum 1.2.46

1. Debye-Modell in verschiedenen Dimensionen (10 P)

Allgemein gilt für einen d-dimensionalen harmonischen Kristall, dass bei Verwendung der Debyeschen Näherung die Phononen-Zustandsdichte $D(\omega)$ proportional zu ω^{d-1} ist. Die spezifische Wärme c_V ist dann bei tiefen Temperaturen proportional zu $(T/\theta_D)^d$; (θ_D = Debyetemperatur).

a) Zeigen Sie diese Aussagen für den ein- und zweidimensionalen Kristall.

b) Zeigen Sie an einem Beispiel das Folgende: Wenn die Phononenfrequenz $\omega(q)$ nicht proportional zu q ist (wie im Debye-Modell), sondern proportional zu q^m , dann ist c_V bei tiefen Temperaturen proportional zu $(T/\theta_D)^{d/m}$.

2. Inelastische Neutronenstreuung (14 P)

Ein Neutronenstrahl mit einer Wellenlänge von $3,5 \text{ \AA}$ trifft entlang der $[100]$ -Richtung auf einen monoatomaren, einfach kubischen Kristall mit Gitterkonstante $a=4,25 \text{ \AA}$. Es werden Neutronen mit einem Impuls entlang $[111]$ und einer Wellenlänge von $2,33 \text{ \AA}$ nachgewiesen, die jeweils an einem Kristallphonon gestreut worden sind.

(a) Gibt es in diesem Kristall optische Phononen? (1P)

(b) Berechnen Sie die Frequenz $f = \omega/2\pi$ des Phonons. Wurde es absorbiert oder emittiert? (3P)

(c) Bestimmen Sie die an der Streuung beteiligten möglichen reziproken Gittervektoren $G = (h,k,l) 2\pi/a$. Nutzen Sie dabei die Zylindersymmetrie des Problems aus. Wie groß ist jeweils der Phononenimpuls q ? (10P)

Hinweis: Benutzen Sie die Kugelkonstruktion nach Ewald für inelastische Streuprozesse: Siehe z.B. Kap. 2.4 (Phononenspektroskopie) in K. Kopitzki: „Einführung in die Festkörperphysik“ (Teubner, Stuttgart, 1993).