

Übungen zur Einführung in die Festkörperphysik SS15

Vorlesung: Prof. S.F. Fischer; Übungen: Dr. R. Mitdank, D. Kojda, C. Grosse

Aufgaben zur 6. Übung - Besprechung am 27.05. bzw. 29.05.15



21. Schallgeschwindigkeit – eindimensionale Kette

Man betrachte eine einatomige, eindimensionale Kette mit Wechselwirkung nächster Nachbarn.

Gegeben sei eine Federkonstante $f = 25 \text{ N/m}$, eine Atommasse $m/m_0 = 28$ und eine Gitterkonstante von $a = 0,5 \text{ nm}$.

Berechnen Sie die Schallgeschwindigkeit und die maximal mögliche Phononenfrequenz.

22. Optische Phononen

Gegeben sei eine 2-atomige Kette, z.B. eine NaCl-Kette. Für die optischen Phononen berechne man die Phasen- und die Gruppengeschwindigkeit in den Fällen $q = 0$ und $q = \pi/a$.

(a bezeichnet den Abstand zwischen 2 Na bzw. 2 Cl-Atomen.)

23. Zustandsdichte von Phononen

a) Geben Sie die Zustandsdichte $D(\omega)$ der Phononen eines einatomigen dreidimensionalen Kristalls in der Debey'schen Kontinuumsnäherung an (ω sei die Phononenkreisfrequenz).

Hinweis: Verwenden Sie den Zusammenhang $Z(\vec{q})d^3q = \frac{V}{(2\pi)^3} q^2 dq$ sowie eine lineare

Dispersionsrelation für die akustischen Zweige.

b) Kupfer besitzt eine Dichte von $\rho = 8.93 \text{ g/cm}^3$ und die molare Masse $m_{\text{mol}} = 63.55 \text{ g/mol}$. Die Schallgeschwindigkeit in Kupfer beträgt $v_L = 4760 \text{ m/s}$ bei longitudinaler bzw. $v_T = 2325 \text{ m/s}$ bei transversaler Polarisierung der Welle. Berechnen Sie mit Hilfe dieser Angaben die Debye-Frequenz von Kupfer, außerdem die mittels $\hbar\omega_D = k_B\Theta_D$ definierte "Debye-Temperatur" Θ_D des Festkörpers.

c) Berechnen Sie für die Debyefrequenz die Zustandsdichte $Z(\omega_D)$. Berücksichtigen Sie, dass Cu eine fcc-Struktur besitzt. Verwenden Sie für V das Volumen der primitiven Elementarzelle.

24. Phononen im 2-dimensionalen Gitter - Graphen

Graphen besitzt drei akustische Schwingungszweige. Im zweidimensionalen Fall werden eine longitudinal akustische und eine transversal akustische Mode erwartet. Diese zeichnen sich durch lineare Dispersion mit den Schallgeschwindigkeiten v_{LA} und v_{TA} aus. Zusätzlich existiert ein Schwingungszweig (ZA-Mode), der den Schwingungen der Atome senkrecht zur Ebene des zweidimensionalen Gitters entspricht (out-of-plane vibration). Die Dispersionsrelation ist quadratisch entsprechend der Gleichung q Die 2D-Zustandsdichte (Zahl der Zustände je Frequenzintervall und Flächeneinheit) je Schwingungszweig lautet $Z(\omega) = q(\omega)/[2\pi v_G(\omega)]$ mit v_G als

Gruppengeschwindigkeit.

Notieren Sie die Zustandsdichte für eine sehr niedrige Frequenz und eine Frequenz nahe der Debye-Frequenz (Es gilt $v_{GLA} > v_{GTA} > v_{GZA}$).