

Übungen zur Einführung in die Festkörperphysik SS14

Vorlesung: Prof. S.F. Fischer; Übungen: Dr. R. Mitdank, S. Weidemann

Aufgaben zur 7. Übung – Besprechung am 04.06.14



23. Dispersion der ZA-Mode in Graphen

In Graphen existiert ein Schwingungszeit (ZA-Mode), der den Schwingungen der Atome senkrecht zur Ebene des zweidimensionalen Gitters entspricht (out-of-plane vibration). Diese Schwingungen können mittels der Differentialgleichung der Ausbreitung vertikaler Scherwellen in Platten der Dicke d und der Dichte ρ beschrieben werden (Kirchhoff'sche Plattentheorie, Chladni'sche Klangfiguren). Der zeitunabhängige, ortsabhängige Teil der Differentialgleichung, welcher die Ausbreitung ungedämpfter BiegeWellen beschreibt, lautet:

$$(\Delta - \beta^4)z(x) = 0 \quad \text{mit} \quad \beta^2 = \omega \sqrt{\left(\frac{\rho h}{D}\right)}$$

wobei D der Biegesteifigkeit und ω der Kreisfrequenz entspricht.

- Ermitteln Sie die Dispersionsrelation $\omega(q)$ mittels des Lösungsansatzes $z(x) \sim \exp(-iqx)$.
- Berechnen Sie die Gruppengeschwindigkeit der Welle für $q = 1 \text{ nm}^{-1}$ mit $D = 1 \text{ eV}$ und einer Flächenmassendichte von $d\rho = 7,6 \cdot 10^{-7} \text{ kg/m}^2$

24. Phonon Bandlücke in einer zweiatomigen Kette

Betrachten Sie eine zweiatomige Kette mit den Atommassen m_1 und m_2 . Nehmen Sie weiter an, dass die Federkonstante g (oder f) für alle Bindungen gleich ist.

- Für welchen Punkt der Brillouinzone ist das Gap zwischen akustischem und optischem Zweig minimal?
- Notieren Sie einen Ausdruck für das auf $\sqrt{(g/m_1)}$ normierte Gap als Funktion von m_1/m_2 .

25. Einstein- und Debyetemperatur

Betrachten Sie die zweiatomige Kette aus Aufgabe 24, wobei die Atome mit den Massen m_1 und m_2 den gleichen Abstand a haben. Die spezifische Wärme für den akustischen Zweig werde durch das Debyemodell und im Falle des optischen Zweiges durch das Einsteinmodell beschrieben. Nehmen Sie an, dass die konstante Frequenz ω_E im Einstein Modell dem Mittelwert aus minimaler und maximaler Frequenz des optischen Zweiges entspricht. Zeigen Sie, dass das Verhältnis von Einstein- und Debyetemperatur mittels des Massenverhältnisses m_2/m_1 folgendermaßen ausgedrückt werden kann:

$$\frac{\theta_E}{\theta_D} = \frac{1}{\pi} \left(\sqrt{\frac{m_1}{m_2}} + \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} + \sqrt{1 + \frac{m_2}{m_1}} \right)$$

26. Freies Elektronengas – kinetische Energie und Fermienergie

Man berechne die gesamte kinetische Energie eines freien Elektronengases bei $T = 0 \text{ K}$. Drücken Sie das Ergebnis als Funktion der Fermienergie E_F und der Gesamtzahl der Elektronen N aus.