

# 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 Schwingungszweig (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  $\rho$  beschrieben werden (Kirchhoff'sche Plattentheorie, Chladni'sche Klangfiguren). Der zeitunabhängige, ortsabhängige Teil der Differentialgleichung, welcher die Ausbreitung ungedämpfter Biegewellen beschreibt, lautet:

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

wobei  $D$  der Biegesteifigkeit und  $\omega$  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 gleiche 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  $\omega_E$  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.