

Name:

Gruppe:

Aufgabenblatt 10 - Physik V - WS 2011/2012

Abgabetermin: 12./13.1.2012 in den Übungsgruppen

Aufgabe 10.1 Dispersionsrelation von Phononen (30 Punkte)

(a) Cäsiumchloridkristalle haben sc-Struktur mit zweiatomiger Basis. In [100]-Richtung können wir näherungsweise diesen Kristall als lineare Kette betrachten, die allerdings in alle drei Raumrichtungen schwingen darf.

Wieviele akustische und wieviele optische Phononenzweige gibt es hier?

(b) Silber liegt als fcc-Kristall mit einatomiger Basis vor. Die kubische Gitterkonstante beträgt $a = 4,08 \text{ \AA}$. Wir betrachten wieder nur die Wellenausbreitung in [100]-Richtung (Näherung einer linearen Kette wie oben). Am Brillouinonenrand beträgt die Frequenz der longitudinalen akustischen Phononen 5,0 THz. Die longitudinale Schallgeschwindigkeit beträgt 3650 m/s.

Skizzieren Sie basierend auf diesen Zahlen die Dispersionsrelation für longitudinal akustische Phononen. Beschriften Sie auch die Achsen.

Zeichnen Sie *qualitativ* die Dispersionsrelation für transversal akustische Phononen mit ein. Warum sind die transversalen Zweige in diesem Fall entartet?

Aufgabe 10.2 Modell der eindimensionalen linearen Kette (40 Punkte)

Im Modell der eindimensionalen Kette sind N identischen Atome mit jeweils der Masse M paarweise durch Federn mit der Kraftkonstanten C verbunden. Schwingungen dieses Gebildes sind nur in Kettenrichtung erlaubt, nicht senkrecht dazu. Wir berücksichtigen nur die Wechselwirkung mit den nächsten Nachbarn und erhalten folgende Dispersionsrelation:

$$\omega(q) = 2\sqrt{\frac{C}{M}} \sin\left(\frac{qa}{2}\right) \quad (1)$$

für $0 \leq q \leq \pi/a$.

(a) Wir nehmen periodische Randbedingungen an. Wie groß ist die Phononenzustandsdichte im q -Raum?

(b) Berechnen Sie die Phononenzustandsdichte $D(\omega)$ im Frequenzraum.

(c) Berechnen Sie $D(\omega)$ in der Debye-Näherung, also unter der Annahme konstanter Gruppengeschwindigkeit und der Bedingung $N = \int_0^{\omega_D} D(\omega) d\omega$.

(d) Berechnen Sie in der Debye-Näherung die innere Energie $U(T)$ und die molare Wärmekapazität $C_V(T)$ im Grenzfall hoher Temperaturen ($T \rightarrow \infty$).

Aufgabe 10.3 Gold und Diamant - Debye-Temperatur versus Schallgeschwindigkeit (30 Punkte)

Aus temperaturabhängigen Messungen der spezifischen Wärme findet man folgende Debye-Temperaturen für Gold und Diamant: $\Theta_{\text{Gold}} = 164 \text{ K}$ und $\Theta_{\text{Diamant}} = 2230 \text{ K}$. Die Massendichten betragen $\rho_{\text{Gold}} = 19,3 \text{ g/cm}^3$ und $\rho_{\text{Diamant}} = 3,52 \text{ g/cm}^3$. Die longitudinalen Schallgeschwindigkeiten bestimmt man zu $v_{\text{Gold}} = 1740 \text{ m/s}$ und $v_{\text{Diamant}} = 18000 \text{ m/s}$.

Berechnen Sie aus Teilchendichte und Schallgeschwindigkeit die jeweilige Debye-Temperatur und vergleichen Sie diese mit den oben angegebenen Messwerten. Nehmen Sie bei der Berechnung vereinfachend an, dass die Debye-Geschwindigkeit 80 % der longitudinalen Schallgeschwindigkeit beträgt.