

9. Übung zur Struktur der Materie WS 2018/19

Ausgabe: 07.12.2018
Abgabe: bis 14.12.2018 12:00 Uhr

Prof. Dr. D. Suter
Dr. J. Weingarten

Aufgabe 1: Lineare Kette aus Molekülen

10 Punkte

Untersuchen Sie das Schwingungsverhalten einer linearen Kette mit identischen Massen M und alternierenden Kraftkonstanten C_1 und C_2 . Betrachten Sie nur Auslenkungen zwischen nächsten Nachbarn im Abstand a . Die Richtung der Auslenkung sei entlang der Kette.

- Fertigen Sie eine Skizze der Kette an.
- Stellen Sie die Bewegungsgleichungen auf und lösen Sie diese für eine ebene Welle.
- Bestimmen Sie die Dispersionsrelation. Welchen Wert nimmt die Dispersionsrelation an den Rändern der ersten Brillouin-Zone an, welchen bei $k = 0$?
Es ist zweckmäßig, den Ausdruck an gegebener Stelle so zu erweitern, dass die Relation $1 - \cos(ka) = 2 \sin^2(ka/2)$ genutzt werden kann.
- Skizzieren Sie die Dispersionsrelation innerhalb der ersten Brillouin-Zone. Identifizieren Sie den optischen und akustischen Zweig.

Aufgabe 2: Neutronenstreuung an Phononen

5 Punkte

- Geben Sie die Dispersionsrelation für Neutronen an.
- Stellen Sie die Phononenemission und -absorption durch ein Neutron dar, indem Sie grafisch die Dispersionsrelation für Neutronen mit der typischen Dispersionsrelation eines optischen und akustischen Phononenzweiges für eine eindimensionale Kette kombinieren.
- Die Schallgeschwindigkeit der langwelligen akustischen Phononen der Kette sei v_s . Der optische Zweig sei relativ schwach \vec{k} -abhängig und liege bei der charakteristischen Frequenz ω_0 . Wie beeinflussen die Werte für den Wellenvektor k_0 und die der Kreisfrequenz ω_N des Neutrons dessen Möglichkeit, Phononen zu absorbieren oder zu emittieren?

Aufgabe 3: Impuls von Phononen

5 Punkte

Zeigen Sie, dass Phononen keinen physikalischen Impuls besitzen. Benutzen Sie zur Berechnung des Impulses: $p = M \frac{d}{dt} \sum_n u_n$. M sei die Masse und u die Auslenkung eines Atoms. Welches \vec{k} entspricht einer gleichförmigen Translation des Kristalls als Ganzes?