

# Übungsaufgabenblatt V

## Experimentalphysik V, WS 2015/16

Prof. Grundmann

Ausgabe: 16. 11. 2015

Abgabe: **23. 11. 2015, 13:00 Uhr**

- 15.** Zur Untersuchung der Dispersionsrelation von Phononen in einem Kupfer-Einkristall (fcc-Struktur,  $a = 3,615 \text{ \AA}$ ) werden Streuexperimente mit Neutronen durchgeführt. Probe, Detektor und Neutronenquelle spannen eine Ebene parallel zu den (001)-Netzebenen des Kristalls auf. Der Neutronenstrahl mit Wellenlänge  $\lambda_i = 2,178 \text{ \AA}$  fällt parallel zur [100]-Richtung ein, die gestreuten Neutronen der Wellenlänge  $\lambda_f = 1,375 \text{ \AA}$  werden unter dem Winkel  $2\theta = 34,78^\circ$  beobachtet.

- Werden Phononen erzeugt oder vernichtet? **[1 Punkte]**
- Wie groß ist die Frequenz  $\nu$  der am Streuprozess beteiligten Phononen? **[2 Punkte]**
- Der Streuvektor ist  $\vec{G} = \frac{4\pi}{a} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ . Skizzieren Sie die Streuung im reziproken Raum! **[3 Punkte]**
- Welche Länge und Richtung hat der Wellenvektor  $\vec{q}$  der beteiligten Phononen? **[2 Punkte]**

- 16.** Die Dispersionsrelation einer linearen Kette von im Abstand  $a$  angeordneten Massepunkten der Masse  $M$ , welche nur mit dem nächsten Nachbarn wechselwirken, lautet:

$$\omega = \omega_{\max} \left| \sin \frac{ka}{2} \right|,$$

wobei  $\omega_{\max}$  die Maximalfrequenz von Phononen im longitudinalen Phononenspektrum der linearen Kette darstellt.

- Berechnen Sie die Zustandsdichtefunktion  $D(\omega)$  longitudinaler Phononen. Skizzieren Sie den Verlauf dieser Funktion und vergleichen Sie das Ergebnis mit dem, welches sich aus der Debye'schen Kontinuumsnäherung ergibt. **[4 Punkte]**
  - Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Maximalfrequenz  $\omega_{\max}$  des Phononenspektrums und der oberen Grenzfrequenz  $\omega_D$ , welche in der Kontinuumsnäherung angesetzt wird? **[3 Punkte]**
- 17.** Die Bose-Einstein Statistik beschreibt ein Ensemble von Bosonen (Teilchen mit ganzzahligem Spin) unter die auch die Phononen fallen. Wir betrachten einen schmalen Frequenzbereich zwischen  $4 \cdot 10^6 \text{ Hz}$  und  $4,1 \cdot 10^6 \text{ Hz}$ . Wieviele Phononen gibt es näherungsweise bei  $T = 300 \text{ K}$  in einem Kristall mit Volumen  $1 \text{ cm}^3$  in diesem Frequenzbereich innerhalb eines Phononenzweiges? Die Schallgeschwindigkeit sei  $6000 \text{ m/s}$ .

**[4 Punkte]**