

Prof. Dr. Tobias Brandes  
 Dr. Clive Emary, Dr. Carsten Weber

## 1. Übungsblatt – Theoretische Festkörperphysik I,II

**Abgabe: Fr. 23.04.2010 , Abgabezeit und -ort werden noch bekannt gegeben**

Bei den schriftlichen Ausarbeitungen werden ausführliche Kommentare zum Vorgehen erwartet. Dafür gibt es auch Punkte! Die Abgabe soll in Dreiergruppen erfolgen.

### Aufgabe 1 (4 Punkte): Reziprokes Gitter

Der Zusammenhang zwischen den Basisvektoren eines allgemeinen Bravais-Gitters  $\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \mathbf{a}_3$  und den Basisvektoren des reziproken Gitters  $\mathbf{b}_1, \mathbf{b}_2, \mathbf{b}_3$  ist durch

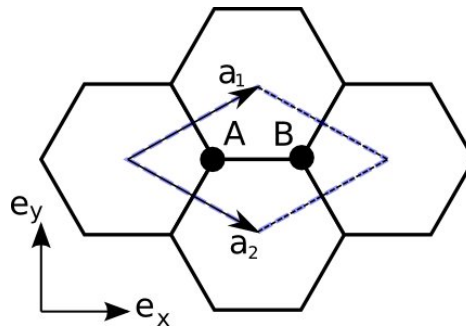
$$\mathbf{b}_1 = 2\pi \frac{\mathbf{a}_2 \times \mathbf{a}_3}{\mathbf{a}_1 \cdot \mathbf{a}_2 \times \mathbf{a}_3} \text{ et cyc.}$$

gegeben.

i) Zeigen Sie, dass das Volumen der primitiven Elementarzelle des reziproken Gitters gleich  $(2\pi)^3/V$  ist, wobei  $V$  das Volumen der primitiven Elementarzelle ist. ii) Beweisen Sie, dass das reziproke Gitter eines reziproken Gitters wieder das ursprüngliche, reale Gitter ist.

### Aufgabe 2 (6 Punkte): Hexagonales Gitter von Graphen

Betrachten Sie das skizzierte Kristallgitter von Graphen. Es handelt sich um ein Honigwabengitter mit dem Bindungsabstand  $a_0 \approx 0.142\text{nm}$  zwischen zwei Kohlenstoff-Atomen.



i) Geben Sie mit Hilfe der Einheitsvektoren  $\mathbf{e}_x$  und  $\mathbf{e}_y$  die beiden Translationsvektoren der Elementarzelle  $\mathbf{a}_1$  und  $\mathbf{a}_2$  an. ii) Schreiben Sie die Positionen der zwei Atome  $A$  und  $B$  innerhalb der Elementarzelle als Funktion von  $\mathbf{a}_1$  und  $\mathbf{a}_2$ . iii) Bestimmen Sie die beiden reziproken Gittervektoren  $\mathbf{b}_1$  und  $\mathbf{b}_2$  und konstruieren Sie daraus das reziproke Gitter und die erste Brillouin-Zone.

### Aufgabe 3 (10 Punkte): Schwingungen eines eindimensionalen Kristalls

Ein eindimensionaler Kristall sei durch ein Gitter mit Basisvektor  $\mathbf{a} = a\mathbf{e}_x$  ( $a$ : Gitterkonstante) und eine zweiatomige Basis gegeben, wobei letztere aus einem Atom der Masse  $M_1$  am Ort  $\mathbf{s}_1 = \mathbf{0}$  und einem Atom der Masse  $M_2$  am Ort  $\mathbf{s}_2 = \frac{a}{2}\mathbf{e}_x$  bestehe. Jedes Atom sei mit seinen zwei nächsten Nachbarn jeweils durch eine Kraftkonstante  $C$  verbunden.

i) Leiten Sie im Rahmen dieses klassischen Modells die Dispersionsrelation  $\omega(k)$  der Normalschwingungen her. Skizzieren Sie  $\omega(k)$  und diskutieren Sie die möglichen Schwingungsformen.

ii) Für  $M_1 = M_2$  gebe man Dispersionsrelation, Gruppengeschwindigkeit  $\frac{d\omega(k)}{dk}$  und Phasengeschwindigkeit  $\frac{\omega(k)}{k}$  an. Interpretieren Sie die Grenzfälle  $k \rightarrow 0$  und  $k \rightarrow \pm \frac{\pi}{a}$  physikalisch.

iii) Für den Fall  $M_1 = M_2$  kann man den Kristall auch durch ein Gitter mit der halben Gitterkonstante  $\frac{a}{2}$  und einer einatomigen Basis, gegeben durch ein Atom der Masse  $M_1$  am Ort  $\mathbf{s}_1 = \mathbf{0}$ , beschreiben. Leiten Sie für diesen Fall analog zu 3(i) die Dispersionsrelation  $\omega(k)$  her. Warum erhält man im Gegensatz zu 3(ii) nur einen Dispersionszweig? Ist das ein Widerspruch?

**Bitte Rückseite beachten! →**

## 1. Übung TFP SS10

- Vorlesung:**
- Dienstags 10–12 Uhr im EW 203
  - Mittwochs 10–12 Uhr im EW 203

- Übungen:**
- Mi 14–16 Uhr im EW 229
  - Do 12–14 Uhr im EW 731

### Anmeldung:

Die Übungseinteilung, Punkteverteilung und Scheinvergabe zur Vorlesung erfolgt über das Moseskontosystem: <https://moseskonto.tu-berlin.de/moseskonto> vom 01.04.-14.04.2010 (Mitternacht).

Eine spätere Anmeldung ist nicht möglich. Benötigt wird ein tubit Nutzerkonto. Alternativ kann ein temporärer Account im Mathematikservicezentrum MA 708 erstellt werden.

- Scheinkriterien:**
- Mindestens 60% der Übungspunkte
  - Regelmäßige und aktive Teilnahme in den Übungen

### Literatur zur Lehrveranstaltung:

- Ashcroft, Mermin, *Festkörperphysik* (Oldenbourg)
- Kittel, *Quantentheorie der Festkörper* (Oldenbourg)
- Czycholl, *Theoretische Festkörperphysik* (Springer)
- Ibach, Lüth, *Festkörperphysik* (Springer)
- Jäger, Valenta, *Festkörpertheorie* (Wiley)
- U. Rössler, *Solid State Theory* (Springer)
- Haug, Koch, *Quantum Theory of the Optical and Electronic Properties of Semiconductors* (World Scientific)
- Haken, *Quantenfeldtheorie des Festkörpers* (Teubner)
- Scherz, *Quantenmechanik* (Teubner)

Es existiert in der Abteilungsbibliothek Physik ein Semesterapparat zu dieser Vorlesung.

### Hinweise:

Die Übungsblätter werden in der Regel am Dienstag in der Vorlesung ausgegeben. Die Abgabe erfolgt dann (10 Tage später) am Freitag. Abgabezeit und -ort werden noch bekannt gegeben.

Weitere Informationen können auf der Vorlesungshomepage <http://www.itp.tu-berlin.de/itp/menue/lehre/lv/ss10/wahlpflichtveranstaltungen/tfp> gefunden werden.