

Prof. Dr. Tobias Brandes
Dr. Javier Cerrillo

1. Übungsblatt – Theoretische Festkörperphysik I,II

Abgabe: Di. 29.04.2014 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

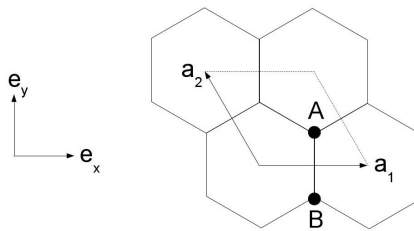
$$\mathbf{b}_1 = 2\pi \frac{\mathbf{a}_2 \times \mathbf{a}_3}{\mathbf{a}_1 \cdot \mathbf{a}_2 \times \mathbf{a}_3} \quad \text{et cyc.}$$

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 am Ort $\mathbf{s}_1 = \mathbf{0}$ und einem gleichen Atom am Ort $\mathbf{s}_2 = a'\mathbf{e}_x$ ($0 < a' < \frac{a}{2}$) bestehe. Die Atome in der Basis seien durch eine Kraftkonstante C verbunden und jeder Atom sei mit dem nächsten Atom in der Nachbarnbasis durch eine Kraftkonstante $C' = C \frac{a'^2}{(a-a')^2}$ 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 $a' = \frac{a}{2}$ 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 $a' = \frac{a}{2}$ 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 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 SS14

Vorlesung:

- Dienstags 10–12 Uhr im EW 203
- Mittwochs 10–12 Uhr im EW 203

Übungen:

- Mi 14–16 Uhr im EW 229

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 14 Tage später. Abgabezeit und -ort werden noch bekannt gegeben.

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