

## Übungen zur Modernen Experimentalphysik II

Festkörperphysik WS 2021/2022

Besprechung am 18. November 2021

---

### Aufgabe 4.1: Das Periodensystem und Bindungstypen (4 Punkte)

- Erklären Sie warum Nickel eine höhere Ordnungszahl hat als Kobalt, obwohl die Atommasse von Nickel kleiner ist als die von Kobalt.
- Die Reihenfolge, nach der die Elektronen die Orbitale besetzen, wird durch Madelung-Regel beschrieben. Jedoch gibt es ein paar Ausnahmen z.B.:

$$\text{Cu} = [\text{Ar}] 4s^1 3d^{10}$$

$$\text{Pd} = [\text{Kr}] 5s^0 4d^{10}$$

$$\text{Ag} = [\text{Kr}] 5s^1 4d^{10}$$

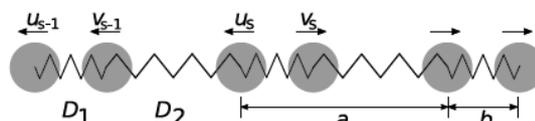
$$\text{Au} = [\text{Xe}] 6s^1 4f^{14} 5d^{10}$$

Schreiben Sie die elektronische Konfiguration für die obengenannten Atome, mit Hilfe der Madelung-Regel und das Aufbauprinzip.

- Diskutieren Sie das Ergebnis für ein Kupferatom.
- Beschreiben Sie qualitativ Van-der-Waals-Kräfte. Erklären Sie, dass die Anziehungskraft zwischen zwei Atome mit Atomabstand  $R$ , proportional ist zu  $1/R^7$ .
- Definieren Sie folgende Begriffe, intramolekulare Kräfte, kovalente Netzwerke, Elektronegativität, Wasserstoffbrückenbindung, und Hybridisierung.

### Aufgabe 4.2: Dispersionsbeziehungen der Schwingungen I (4 Punkte)

Eine lineare Kette mit einer Basis  $s$  aus zwei identischen Atomen der Masse  $M$  habe eine Gitterkonstante  $a$ . Der Gleichgewichtsabstand  $b$  der beiden Basisatome sei kleiner als die halbe Gitterkonstante,  $b < a/2$ . Zwischen den Basisatomen wirke eine Federkraft mit Kraftkonstante  $D_1$  und zwischen nebeneinander liegenden Atomen benachbarter Basen eine Federkraft mit Kraftkonstante  $D_2$ . Das linke Atom der Basis  $s$  habe die Auslenkung  $u_s$  aus der Ruhelage, das rechte Atom die Auslenkung  $v_s$ . Stellen Sie die Bewegungsgleichungen für die beiden Atome der



Basis  $s$  auf und bestimmen Sie mit Hilfe eines Lösungsansatzes zweier propagierender Wellen die Dispersionsrelation  $\omega(k)$  der longitudinalen Schwingungen der Basis (sog. akustische Phononen) und der longitudinalen Schwingungen der Atome in der Basis relativ zueinander (sog. optische Phononen). Skizzieren Sie die resultierenden Dispersionszweige in der 1. Brillouinzone für  $D_1/M = 50 \text{ sec}^{-2}$  und  $D_2/M = 25 \text{ sec}^{-2}$ . Warum spricht man von akustischen und optischen Zweigen? Skizzieren Sie die Zustandsdichte und markieren Sie die Van Hove Singularitäten, was ist hier besonders und warum?

### Aufgabe 4.3: Dispersionsbeziehungen der Schwingungen II (2 Punkte)

Betrachten Sie eine lineare Kette, diesmal mit einer einatomigen Basis. Erweitern Sie das Modell, indem Sie nicht nur Federn zwischen nächsten Nachbarn sondern auch Federn zwischen übernächsten Nachbarn berücksichtigen. Seien die Federkonstanten zwischen nächsten Nachbarn  $D_1$  und übernächsten Nachbarn  $D_2$ , jedes Atom habe die Masse  $m$ .

- (a) Berechnen Sie die Dispersionskurve  $\omega(k)$  für dieses Modell
- (b) Berechnen Sie die Schallgeschwindigkeit für  $k \ll \pi/a$ . Wie groß ist die Gruppengeschwindigkeit am Rand der Brillouinzone ?

*Hint: Gehen Sie analog zu Aufgabe 4.2 vor.*