

Organisationsziele in der Mitte der Vorlesung

Festkörperphysik:

Atomphysik / Quantenmechanik des festen Zustandes

typisch: viele Atome $\sim 10^{23} \text{ cm}^{-3}$: N -Körper Problem
also komplexer als Atom / Molekülphysik.

Wesentliche Vereinfachung: elementare Bausteine
auf regelmäßigen Gitterplätzen

(Baustein = Atom, Molekül, Ion)

\Rightarrow kristalliner Festkörper

3 dim. periodische Anordnung von Bausteinen

jeder Baustein hat eine best. Umgebung, die sich
periodisch wiederholt.

Raumgitter

Symmetrie: Translationsymmetrie

weitere Symmetrien: Drehung und Spiegelung

Kristalleigenschaften häufig Anisotrop

Anisotrope Festkörper z.B. (Float) Glas

Polymere, Gels,

„regellose“ Anordnung von Atomen / Bausteinen

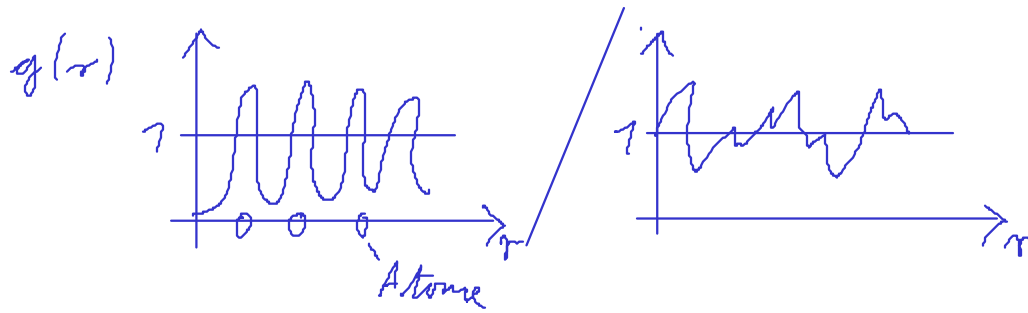
\Rightarrow keine atomare Fernordnung

nur Nahordnung

\Rightarrow statistische Beschreibung über Verteilungsfunktion

$g(r)$ der Abstände zwischen den Atomen

Bsp: SiO_2 Kristall / Glas



Modell: Kristallgitter, Korngrenzen

Auch in Kristallen gibt es Gitterbaufehler „Defekte“
- auch technisch wichtig

Historie

seit ~ 150 Jahren: makroskop. Eigenschaften,
Zusammenhang mit Symmetrie
(mech. opt. el. Eigenschaften)

Bsp Wiedemann-Franz-Gesetz (1857)

$$\frac{\kappa}{\sigma \cdot T} = \text{const}$$

für versch.
Metalle

κ Wärmeleitfähigkeit
(Kappa)

σ Wärmeleitfähigkeit

T abs. Temperatur

1900 klas. Theorie des Elektronengases
in Metallen (Drude)

1910 (V. Laue, Ewald, Bragg)
Strukturanalyse mit Röntgenstrahlen

1911 (Kamerlingh - Onnes)
Helium Verflüssigung - Supraleitung

1933 Bethe, Sommerfeld
Fermi-Statistik auf Elektronen im Festkörper

Born: Gitterdynamik

1948 Bardeen, Britton, Shockley:

Transistor

1957 Bardeen, Cooper, Schrieffer

Theorie der Supraleitung (mit Störungstheorie)

mit 1960 Methodenentwicklung zur theoreti.

Beschreibung von Festkörpern

z.B. Kohn „Orbitalfunktionstheorie“

kurze Heutige Festkörperphysik

a) **grundlegende Eigenschaften**

z.B. Wechselwirkung zwischen Elektronen

„Vielteilcheneffekte“

→ magnet. Eigenschaften

→ Ww in Supraleitern

b) **neue Phänomene**

Quanten-Hall-Effekt (v. Klitzing, 1979)

fraktionierter Q-Hall-Effekt

Störmer et al. 1981

„Hochtemperatur“-Supraleitung $T_S \sim 160 \text{ K}$

Bednorz Müller 1986

(bis dahin: bis $T_C \sim 20 \text{ K}$)

(Frage war: sind Keramiken Supraleiter?)

c) **Materialwissenschaft („materials science“)**

z.B. Halbleiter „nach Maß“

für opto-el. wie Halbleiter-Laser

amorphe Festkörper (bulk metallic glasses)

Magnet: Nd - Fe - B

H in Metallen (Energiespeicher)

d) künstliche Strukturen

Vielstschichten („artificial superlattice“)

z.B. Fert, Grünberg 1988

„Riesenmagnetwiderstand“

gig - magnetic - resistance

Nanostrukturen (Abmessung kleiner 100 nm)

QM-Effekte im el. Transport

e) Oberflächenphysik

wichtig für HL-Technik

Katalyse (Ertl)

f) experimentelle Techniken

Spektroskopien (Licht, z.B. Synchrotronstrahlung
Neutronen)

Rastertunnelmikroskop (Binnig, Rohrer 1981)

Elektronenmikroskopie

Festkörperphysik: Teil der „Physik kondensierter Materie“

z.B. Quantenflüssigkeiten ^4He , ^3He

(Suprafluid)

ultrakalte atomare Gase in opt. Fallen

Cohen-Tannoudji ~ 1998

Bose-Einstein-Kondensat

Cornell, Wieman, Ketterle 1995

„Kristalle“ aus ultrakalten Atomen in optischen Gittern

Organisatorisches:

- Überblick im Netz
- Bilder im Netz
- Rechnungen

Tutorien:

Anmeldung

www.physik.uni-karlsruhe.de/Tutorium/
WS0809 / Physik 5

Einteilung:

www.pi.uni-karlsruhe.de/lehre/lehre.html

Übungsblätter:

www.pi.uni-karlsruhe.de/lehre/

erstes Tut: 30.10.08

1. Bindungstypen

1.1 Allgemeines

Wenn sich Bausteine im Kristall zusammenfinden:
Erniedrigung der Gesamtenergie

$$(\text{Energie frei Bausteine}) - (\text{Energie Bausteine im Kristall}) = \text{Bindungsenergie } U_b$$

im Kristall: wohldef. Gleichgewichtslage der Bausteine

anziehende Kräfte bei großen Abständen

abstoßende " " kleinen "

⇒ stabile Lage wird möglich

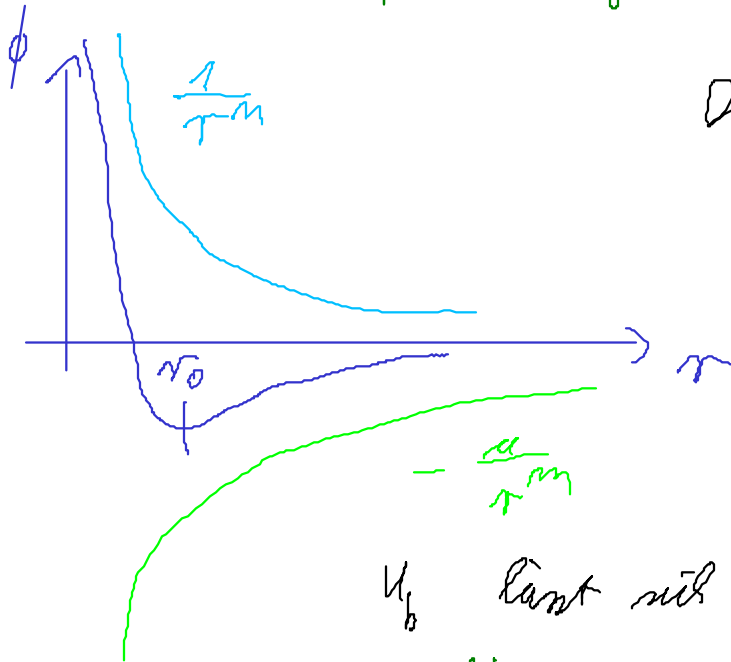
Allg. Ansatz für potentielle Energie zw. 2 Atomen

(Ionen, Molekülen)

im Abstand $r_{ij} = r_i - r_j$

$$\phi_{ij} = -\frac{a}{r_{ij}^n} + \frac{b}{r_{ij}^m}$$

$a, b, n, m > 0$
Konstanten



Damit eine stabile Lage
entsteht, muss gelten $n > m$

U_b lässt sich aus ϕ_{ij} berechnen:

$$U_b = \frac{N}{2} \sum_{j=1}^N \phi_{ij}(r_0)$$

↳ Bindung von $i-j$ und $j-i$ nicht doppelt

Näherung, der evtl. 3-Körper WW wichtig

Typische Energien: $U_b \sim 0,1 \dots 10 \text{ eV/Atom}$

Für Bindung verantwortlich: elast. Kräfte der
Elektronenhüllen und Ionenrümpfe

4 Grundtypen • kovalente Bindung (Überlapp der
Wellenfkt)

- ionische Bindung
- metallische Bindung (Wellenfkt der Electr.
→ Atomabstand)
- van-der-Waals-Bindung
- Wasserstoff-Brücken-Bindung