

E4 - Physik kondensierter Materie
Mitschrift zur Vorlesung von Prof. Bogdan Sepiol und Prof.
Gero Vogl

Markus Drapalik und Bernhard Reiter
Version vom 14.03.2006

Einleitung

Literatur:

- Kittel, Charles: ..., Oldenburg, 14. dt. Aufl.
- Ibach / Lüth: ..., : 2002, 6. Aufl.
- Ashcroft / Mermin: ..., : 2005, 2. dt. Aufl.

KAPITEL 1

Bindung

Bedingung für Bindung:

Energie gesamt muss kleiner Energie der separaten Atome sein

$$E_{\text{kondensiert}} < E_{\text{seperate}}$$

Einteilung in 4 Bindungsarten¹

1.1. Ionische Bindung

auch: heteropolare Bindung

nur f. Moleküle verschiedener Elemente

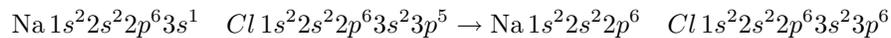
e^- -Transfer von einem zum anderen Partner

Elektronen-Affinität²

ungerichtete Bindung

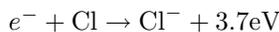
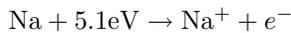
ausgeprägtestes Bsp: Bindung von Alkalimetallen an Halogene

Bsp:



1.1.1. Molekül. Abschätzung der Bindungsenergie: Born-Haber-Prozess³

Na-Gas wird ionisiert: 5.1eV Ionisierungsenergie



kombinieren Ionen:



durch Coulomb-WW, Gleichgewichtsabstand 2.81Å

Bilanz: $5.1\text{eV} - 3.7\text{eV} - 4.5\text{eV} = -3.1\text{eV}$

$$V_{ij} = \pm \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_{ij}} + \frac{B}{r_{ij}^n} \quad n = 10 - 16 \quad \text{Graphik: Molekülpotential}$$

1.1.2. Festkörper. alle Ionen berücksichtigen

$V_i = \sum_{i \neq j} V_{ij} \quad r_{ij} = R \cdot p_{ij}$ R: Wechselwirkungsabstand Graphik: Gitter

Gesamte WW-Energie $V_{\text{tot}} = NV_i = N \left(-\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 R} \sum_{i \neq j} \left(\pm \frac{1}{p_{ij}} \right) + \frac{B}{R^n} \frac{1}{p_{ij}^n} \right)$

$\sum_{i \neq j} \left(\pm \frac{1}{p_{ij}} \right) =: A$ Madelung-Konstante

NaCl-Struktur: $A = 1.748$

CsCl-Struktur: $A = 1.763$

1-dim NaCl-Struktur: $A = 2 \ln 2$ Graphik: NaCl-Kette

¹Holzhammermethode: natürlich immer Mischung verschiedener

²Was heißt Affinität - einfach Liebe!"

³findet sich nur mehr in alten Kittel-Ausgaben

Ionenkristall: praktisch keine e^- -Leitung; aber bei Hochtemperatur Ionenleitung

1.2. Kovalente Bindung

(“Quantenchemie”)

gerichtete Bindung

1.2.1. Molekül. Einfaches Bsp $H_2^+ = 2p + 1e^-$

Zeitunabhängige Schrödingergleichung

$$H\psi = E\psi, H = -\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + V$$

$$V = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_a} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_b} + \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 R}$$

Anschaulich: Graphik H_2^+ -Potential (1. Teildiagramm)

$$E = -13.6 \text{ eV}$$

2. Teildiagramm

Reicht das?

Abschätzung: Graphik Abschätzung

Graphik klein

1.2.2. Festkörper. Bsp: Tetraeder. Bindung des Kohlenstoffs im Diamant

C: $n = 2$, Si $n = 3$, Ge $n = 4$

$4e^-$ in äußerster Schale

Graphik $4e^-$

	$E_{\text{Lücke}}$
$E_{b,\text{Diamant}} = 7.3 \text{ eV/Atom}$	GeV
$E_{b,\text{Si}} = 4.6 \text{ eV/Atom}$	1.2 eV
$E_{b,\text{Ge}} = 3.9 \text{ eV/Atom}$	0.7 eV

1.3. Metallische Bindung

Kovalente Bindung dehnt sich über gesamten Festkörper aus \rightarrow Elektronengas
ungerichtete Bindung

1.3.1. Alkalimetalle.

EXAMPLE. Na $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$

das Wesentliche des Metalls ist, dass die s-Schale so stark aufgespalten ist

1.3.2. Übergangsmetalle.

- Fe-Metalle
- Hochschmelzende Metalle

haben beide ungefüllte d-Schalen \rightarrow kovalentes Gerüst

kurz: bcc=body centered cubic-Struktur

1.3.3. Edelmetalle. Au, Ag, Cu

d-Schale voll

$E_{b,Cu} = 3.5 \text{ eV/Atom}$, sehr gute Leiter

1.4. Van-der-Waals-Bindung

Dipol-Dipol-Wechselwirkung

jedes Atom stellt kurzzeitig fluktuierenden Dipol dar

Reichweite der Van-der-Waals-Kraft für ein Teilchen: $\frac{1}{r^3}$

d.h. insgesamt mit $\frac{1}{r^6}$, also sehr schneller Abfall

sehr kleine Schmelzpunkte

$E_{b, \text{Van der Waals}} = 0.4 \text{ eV/Atom}$

1.5. Wasserstoff-Brücken-Bindung

für alle Lebensprozesse bedeutend, da sehr schwache Bindung, die von Organismen manipuliert werden kann

Bionanophysik

H-Bindung tritt bei Hydriden auf

EXAMPLE. H_2O

um O-Atom sind zwei H^+ -Ionen, O^{2-} hat bereits e^- an sich gezogen

die zwei e^- das O kann jetzt an andere H^+ binden

Bindungen ordnen sich wieder in Tetraederform an

Anordnung in Eis

wenn Eis aufschmilzt, bleiben Cluster in dieser Form erhalten (Erscheinungsbild aber bereits Wasser) → Anomalie des Wassers

weitere Beispiele für H-Brücken: DNS, Cellulose, Knochen

08.03.

Sepiol: Zettel