

Biophysik für Pharmazeuten

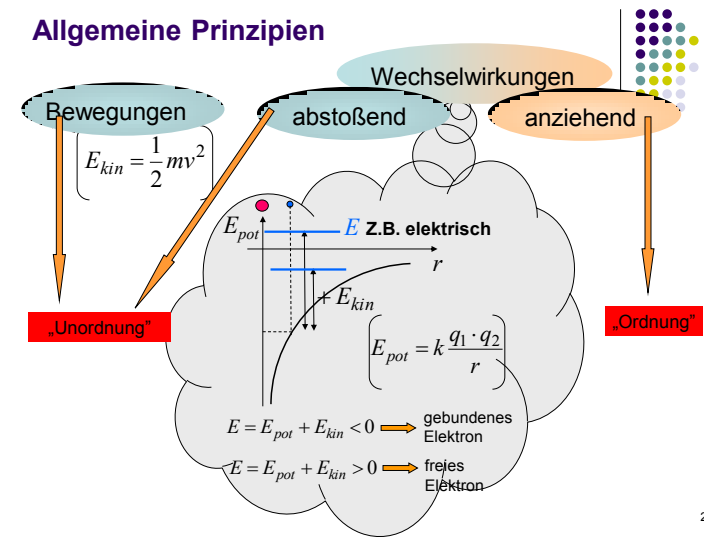
3

Struktur der Materie



1

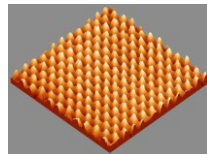
Allgemeine Prinzipien



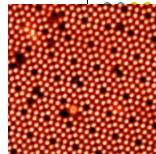
2

Atomarer Aufbau der Materie

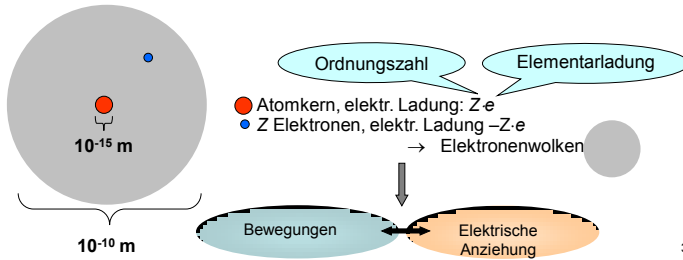
- Demokritos 5. Jht v. Chr.
- Daltonsches Gesetz 1803
- Moderne Mikroskope:



Graphit

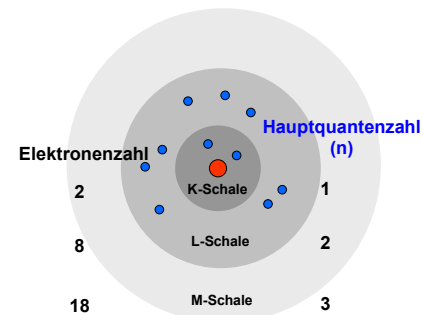


Si Kristall mit Defekten

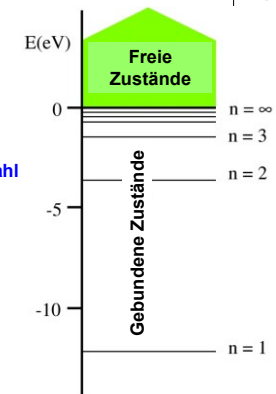


3

- Energieminimum
- Diskrete Energiezustände
- Pauli-Prinzip

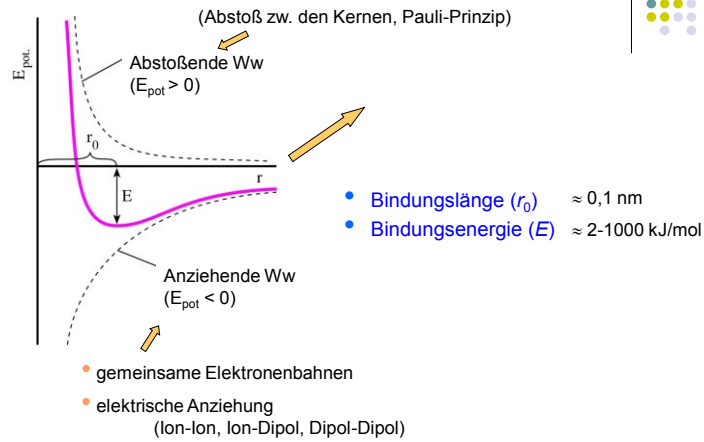


Eine „neue“ Maßeinheit:
Elektronenvolt (eV), es gilt
 $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$



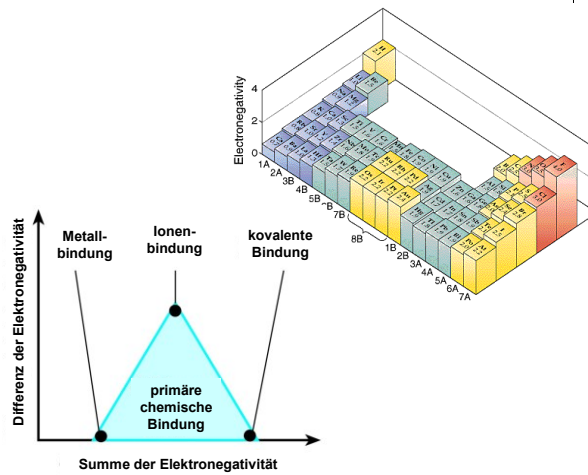
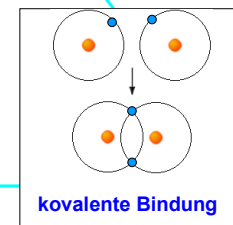
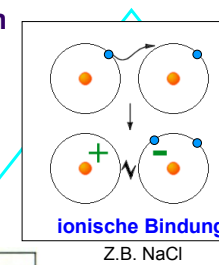
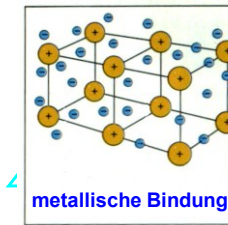
4

Atomare Wechselwirkungen



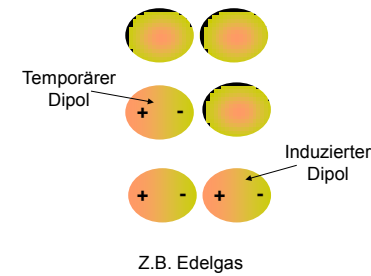
Bindungstypen

- primäre $\approx 100 \text{ kJ/mol}$
 - kovalente
 - metallische
 - ionische

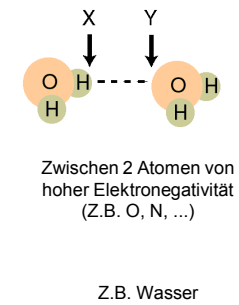


- sekundäre $\approx 10 \text{ kJ/mol}$
 - van der Waals (Orientierung, Induktion, Dispersion)
 - H-Brückenbindung

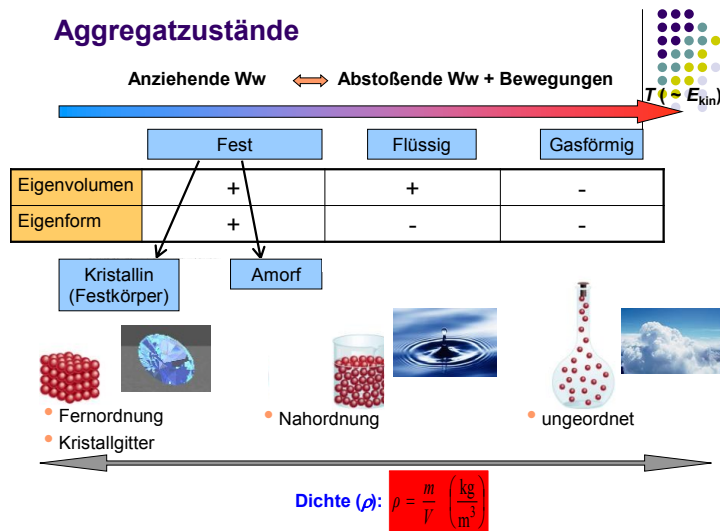
van der Waals Bindung (Dispersionskräfte)



H-Brückenbindung

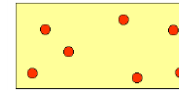


Aggregatzustände



9

Gase



Makroskopische Beschreibung:

- Kein Eigenvolumen und keine Eigenform
- Isotrop
- Messbare Größen:

Druck p , Volumen V , Stoffmenge ν , Temperatur T

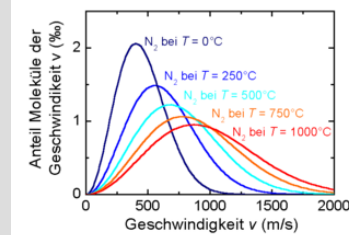
$$pV = \nu RT$$

(Für ideale Gase: punktförmige Atome ohne Wechselwirkungen)

Mikroskopische Beschreibung:

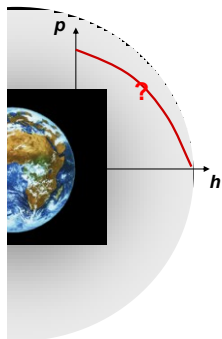
- Ungeordnet
- Starke und fast freie Bewegung

Maxwell-Boltzmann-Verteilung



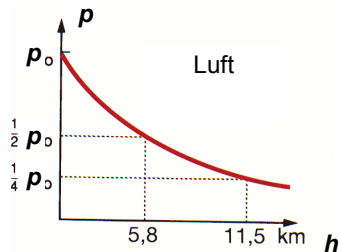
10

Gas im Gravitationsfeld – barometrische Höhenformel:



Im thermischen Gleichgewicht:

$$p = p_0 \cdot e^{-\frac{mgh}{kT}}$$



11

Boltzmann-Verteilung im Allgemeinen

Die Verteilung der Teilchen auf die Energiezustände im thermischen Gleichgewicht ($T = \text{konstant}$):

$$\frac{n_i}{n_0} = \frac{e^{-\frac{\epsilon_i}{kT}}}{e^{-\frac{\epsilon_0}{kT}}} = e^{-\frac{\Delta\epsilon}{kT}}$$

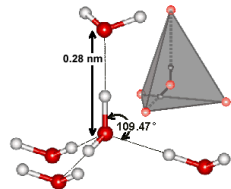
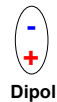
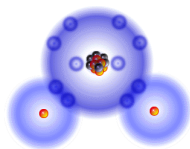
$$n_i = n_0 \cdot e^{-\frac{\epsilon_i}{kT}} = n_0 \cdot e^{-\frac{\Delta\epsilon}{kT}} = n_0 \cdot e^{-\frac{\Delta E}{RT}} \quad \left(\begin{array}{l} \Delta E = \Delta\epsilon \cdot N_A \\ R = k \cdot N_A \end{array} \right)$$

12

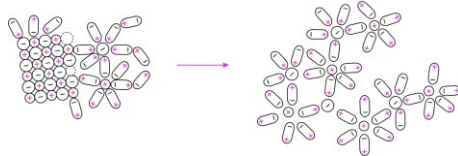
Anwendungen:

- Barometrische Höhenformel
- Thermische Elektronenemission von Metallen
- Konzentrationselemente, Nernst-Gleichung
- Chemische Reaktionen (Geschwindigkeits- und Gleichgewichtskonstante)
- Konzentration von thermischen Punktdefekten (in Kristallen und Makromolekülen)
- Elektrische Leitfähigkeit von Halbleitern
- ...

Wasser

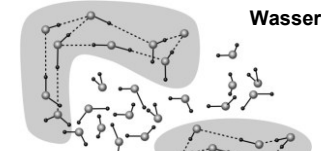


- hohe spezifische Wärmekapazität, Schmelzwärme und Verdampfungswärme
- hohe Oberflächenspannung
- gutes Lösungsmittel

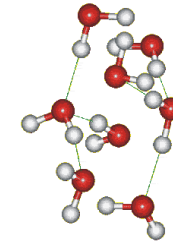


15

Flüssigkeiten



- Eigenvolumen
- Keine Eigenform/flüssig – keine innere Scherkräfte
- Nahordnung
10-100 nm große geordnete dynamische Bereiche
- Viele Strukturdefekte
- mittelstarke Bewegungen
- Isotrop



14

Feste Körper

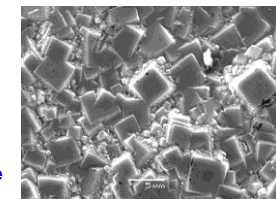
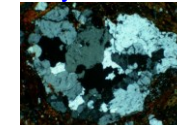
(Kristall = Festkörper)

Kristalline
Stoffe

Amorphe
Stoffe

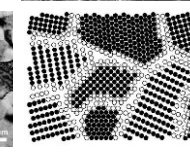
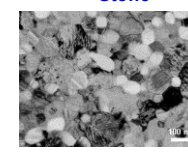
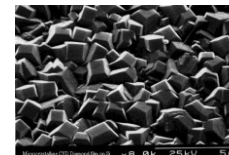
Einkristalle

Polykristalle



Mikrokristalline
Stoffe

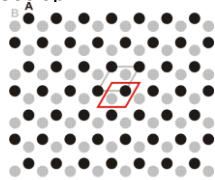
Nanokristalline
Stoffe



16

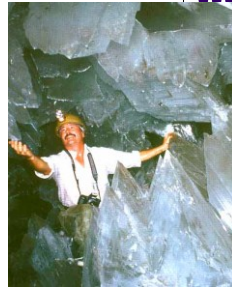
Festkörper (Kristalle)

- Eigenvolumen/Eigenform
- Fernordnung
geordnete Struktur in makroskopischen Bereichen
- Periodizität, Elementarzelle, Kristallgitter
- Wenig Defekte
- Schwache Bewegungen
- Oft anisotrop



Kristallgitter
(Raumgitter)

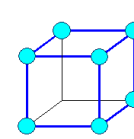
Elementarzelle



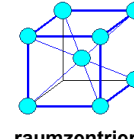
17

Raumgitter (Kristallklassen)

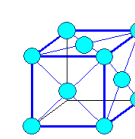
kubisch



einfach

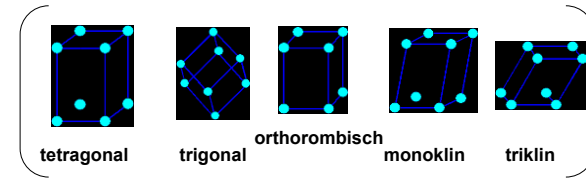
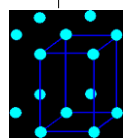


raumzentriert



flächenzentriert

hexagonal



18



19

Kristalltypen

- Atomkristall



Diamant



Si

- Ionenkristall



Salz



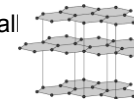
Apatit

- Metallkristall

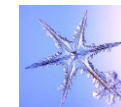


Gold

- Molekülkristall



Graphit

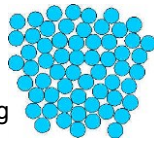


Eis

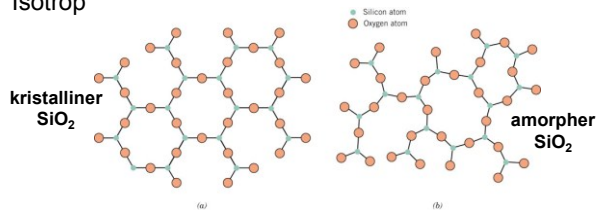
20

Amorphe (feste) Körper

- Eigenvolumen
- Mechanisch hart
- Keine Eigenform/flüssig
sehr hohe Viskosität;
„gefrorene Flüssigkeit“
- Nahordnung
- Viele Defekte
- Isotrop

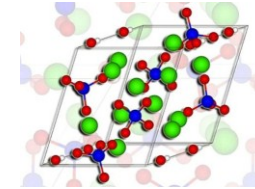
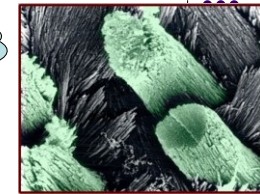
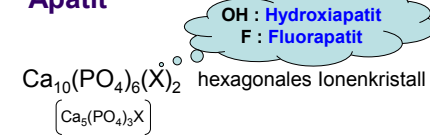


Z.B. Glas, Harz,
Wachs, Bitumen,



21

Apatit



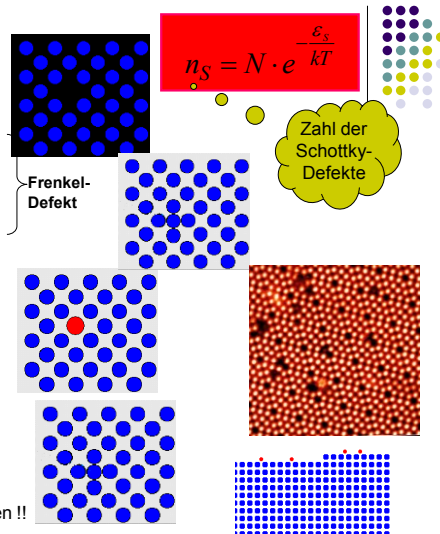
Dentin, Knochen: 20-60 nm x 6 nm große Kristalle
 Zahnschmelz: 500-1000 nm x 30 nm große Kristalle

22

Gitterdefekte

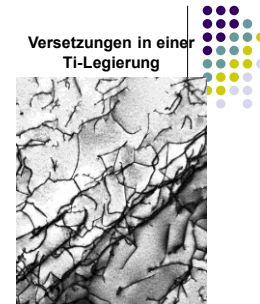
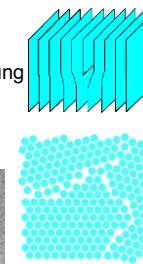
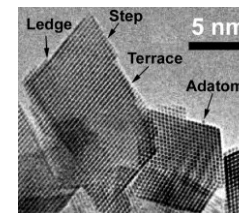
• Punktdefekte

- thermisch
 - Vakanz/Leerstelle (Schottky-Defekt)
 - Interstitielles Atom (Zwischengitteratom)
- Fremdatom
 - An einer Gitterstelle (Substitutionsatom)
 - An einer Zwischengitterstelle (interstitielles Atom)

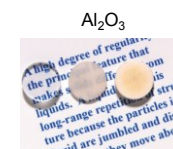


23

- Versetzungen
 - Stufenversetzung
 - Schraubenversetzung
- Korngrenzen



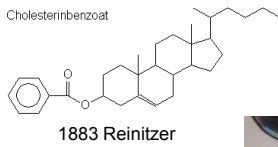
Gitterdefekte \Rightarrow Eigenschaften!!



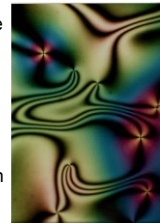
24

Flüssigkristalle

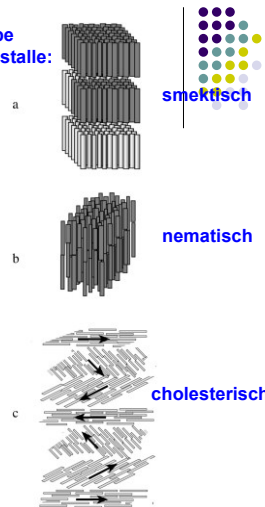
Cholesterinbenzoat



- Anisodimensionale Moleküle
- Mesophase
- Flüssig
- Teilweise geordnete Strukturen
- Optisch anisotrop
- Gegen äußere Einwirkungen empfindliche Struktur



Termotrope
Flüssigkristalle:

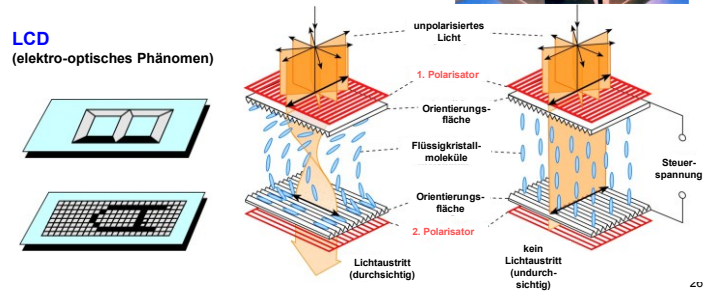


25

Kontaktthermographie/Plattenthermographie (thermo-optisches Phänomen)

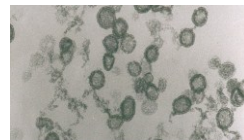
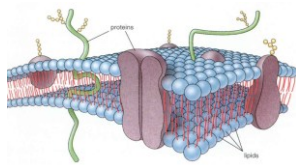
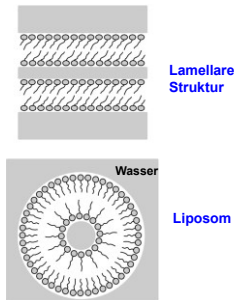
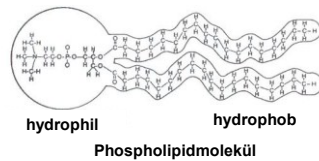


LCD (elektro-optisches Phänomen)



26

Lyotrope Flüssigkristalle:



27