



Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

Einführung

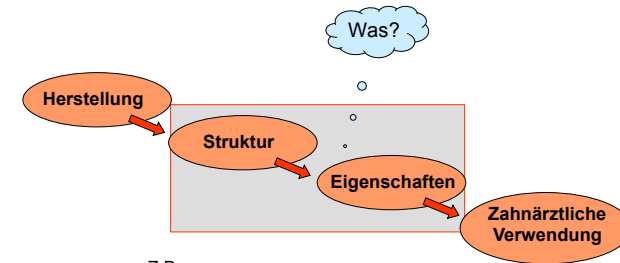
Warum?

1

Woche	Datum	Thema
1	09.12.	Struktur der Materie Atomare Wechselwirkungen, Bindungen. Multiatomare Systeme: Gase, Boltzmann-Verteilung
2	09.19.	Flüssigkeiten, feste Körper, Flüssigkristalle
3	09.26.	Kohäsion, Adhäsion, Grenzflächenerscheinungen. Phase, Phasendiagramm, Phasenumwandlungen
4	10.03.	Strukturuntersuchungsmethoden (Mikroskopie, Diffraktion, Spektroskopie) (Gastvortragende: Dr. Gergely Agócs)
5	10.10.	Materialfamilien: Metalle, Legierungen und Keramiken
6	10.17.	Materialfamilien: Polymere, Komposite
7	10.24.	Eigenschaften der Materialien Mechanische Eigenschaften 1: Elastisches Verhalten
8	10.31.	Mechanische Eigenschaften 2: Plastische Verformung, Bruch, Härte
9	11.07.	Mechanische Eigenschaften 3: Viskoelastisches Verhalten, Materialermüdung, Verschleiß
10	11.14.	Thermische, elektrische und optische Eigenschaften
11	11.21.	Vergleichende Zusammenfassung der Eigenschaften
12	11.28.	Biomechanik Struktur und mechanische Eigenschaften von biologischen Geweben
13	12.05.	Biomechanische Grundlagen der Implantologie
14	12.12.	Biomechanische Grundlagen der Kieferorthopädie (Gastvortragende: Dr. Nemes Bálint, Klinik für Kinderzahnheilkunde und Kieferorthopädie)

Wie?

3



Z.B.:



alle: Al_2O_3 !

2



The most exciting phrase to hear in science, the one that heralds new discoveries, is not 'Eureka!' (I found it!), but 'That's funny...'

(Isaac Asimov)

"Sage es mir, und ich vergesse es; zeige es mir, und ich erinnere mich; lass es mich tun, und ich verstehe es.."

(Konfuzius)



4

Nützliche Infos

- **Lehrbeauftragter:** Tölgyesi Ferenc, Dozent (tolgyesi.ferenc@med.semmelweis-univ.hu)
- **Webseite:** <http://biofiz.semmelweis.hu>
- **Lehrbuch:** Tölgyesi, Derka, Módos: Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde, elektronisches Lehrbuch (erreichbar auf der Webseite des Instituts)
- Weitere Literatur:
 - W.D. Callister: Materials Science and Engineering. An Introduction (7th ed.), Wiley&Sons, 2007
 - K.J. Anusavice: Phillips' Science of Dental Materials (11th ed.), Saunders, 2003
 - Damjanovich, Fidy, Szöllösi: Medizinische Biophysik, Medicina 2008
- **2 Demos**
 - 7. Unterrichtswoche 24. Oktober (Donnerstag) 16:15-16:45, EOK Szent-Györgyi Hörsaal
 - 13. Unterrichtswoche 5. Dezember (Donnerstag) 16:15-16:45, EOK Szent-Györgyi Hörsaal
- **Konsultationen** nach Bedarf
- **Prüfung:** Kolloquium (mündlich); Prüfungsstoff: Skripte + Lehrbuch
 Prüfungsbonus: Wenn man bei den zwei Demos in dem Semester aus den insgesamt 40 Punkten 25 Punkte erreicht, wird man von der Rechenaufgabe in dem Kolloquium befreit.

5



Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

1.

Struktur der Materie

Atomare Wechselwirkungen. Multiatomare Systeme - Gase

Schwerpunkte:

- ❖ Wechselwirkungen und ihre Bedeutung
- ❖ Energiekurve der atomaren und molekularen W.w.
- ❖ Kinetische Deutung der Temperatur
- ❖ Boltzmann-Verteilung

Kapitel des Lehrbuches:
1, 2, 3

Aufgaben:
1. Abschnitt:
1, 3, 9, 10, 13, 17, 19

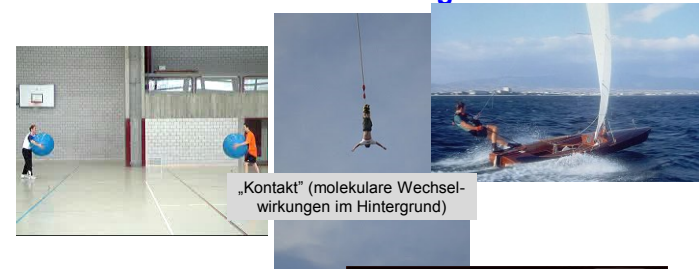
7

Woche	Datum	Thema
1	09.12.	Struktur der Materie
2	09.19.	Atomare Wechselwirkungen, Bindungen. Multiatomare Systeme: Gase, Boltzmann-Verteilung
3	09.26.	Flüssigkeiten, feste Körper, Flüssigkristalle
4	10.03.	Kohäsion, Adhäsion, Grenzflächeneigenschaften. Phase, Phasendiagramm, Phasenumwandlungen
5	10.10.	Strukturuntersuchungsmethoden (Mikroskopie, Diffraction, Spektroskopie) (Gastvortragende: Dr. Gergely Ágócs)
6	10.17.	Materialfamilien: Metalle, Legierungen und Keramiken
7	10.24.	Materialfamilien: Polymere, Komposite
8	10.31.	Eigenschaften der Materialien
9	11.07.	Mechanische Eigenschaften 1: Elastisches Verhalten
10	11.14.	Mechanische Eigenschaften 2: Plastische Verformung, Bruch, Härte
11	11.21.	Mechanische Eigenschaften 3: Viskoelastisches Verhalten, Materialermüdung, Verschleiß
12	11.28.	Thermische, elektrische und optische Eigenschaften
13	12.05.	Vergleichende Zusammenfassung der Eigenschaften
14	12.12.	Biomechanik
		Struktur und mechanische Eigenschaften von biologischen Geweben
		Biomechanische Grundlagen der Implantologie
		Biomechanische Grundlagen der Kieferorthopädie (Gastvortragende: Dr. Nemes Bálint, Klinik für Kinderzahnheilkunde und Kieferorthopädie)

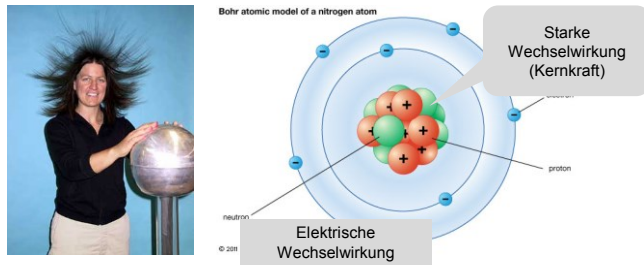


6

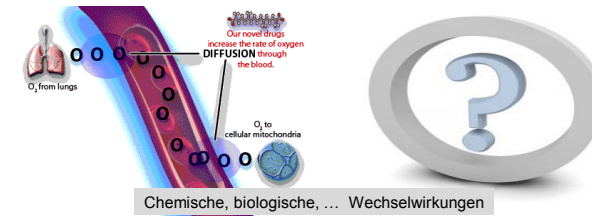
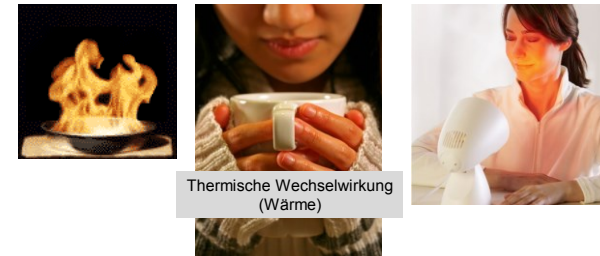
Wechselwirkungen



8



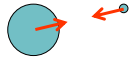
9



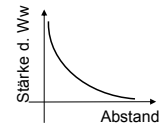
10

Beschreibung der Wechselwirkungen:

□ Symmetrie!



□ Bei fernwirkenden Ww: Abklingen mit wachsendem Abstand



□ Größen und Gesetze:

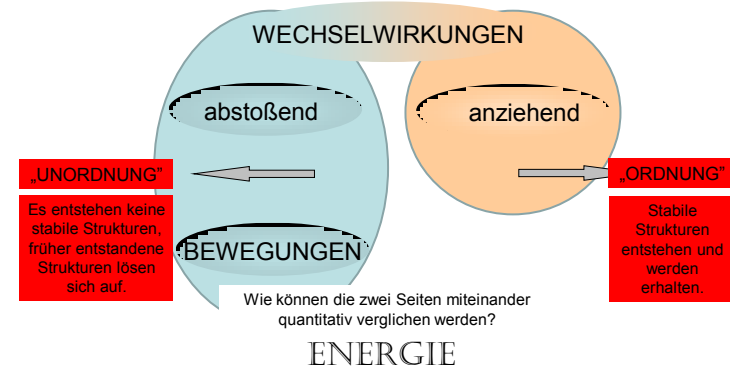
- **Kraft, die newtonschen Gesetze und Beispiele für Kraftgesetze**
- **Arbeit und Energie**
- **Energieerhaltung**
- **Leistung**
- **Druck**

Vorkenntnisse
(s. Skript „Physikalische Grundkenntnisse“ Kapitel 4-6)

KRAFT ENERGIE

11

Allgemeine Prinzipien des Aufbaus von Körpern



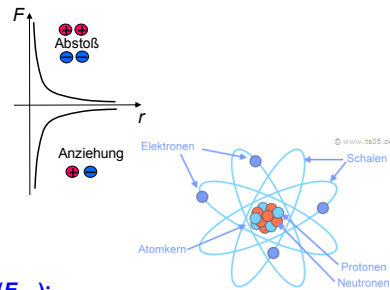
Wechselwirkungsenergie
Bewegungsenergie

Wechselwirkungsenergie 12

Elektrische Wechselwirkung

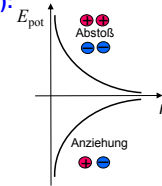
Coulomb-Gesetz: $F_{\text{el}} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$

Vorkenntnisse
(s. Skript „Physikalische
Grundkenntnisse“ Kapitel 10)



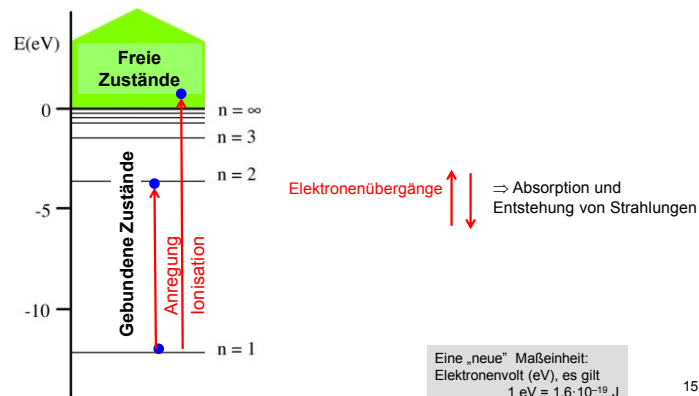
elektrische potenzielle Energie (E_{pot}):

$$E_{\text{pot}} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r}$$



13

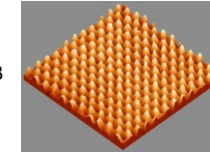
- Energieminimum
- Diskrete Energiezustände
- Pauli-Prinzip



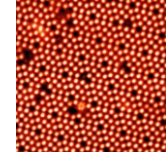
15

Atomarer Aufbau der Materie

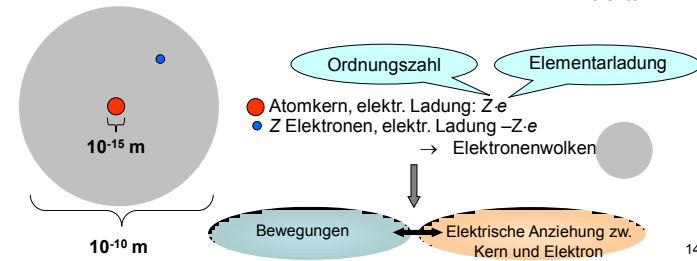
- Demokritos 5. Jht v. Chr.
- Daltonsches Gesetz 1803
- Moderne Mikroskope:



Graphit



Si Kristall mit Defekten



14

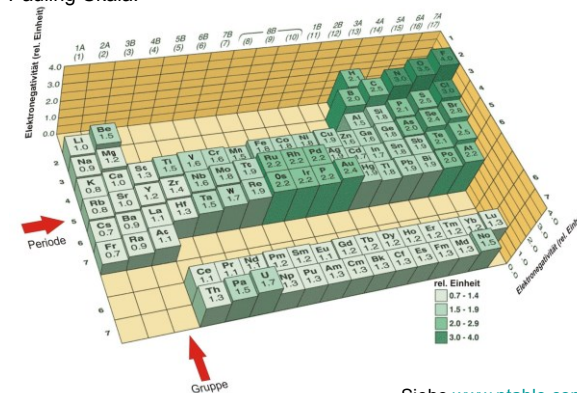
Elektronegativität

Ionisationsenergie (I): Zur Entfernung des äußersten Elektrons benötigte Energie (eV/Atom; kJ/mol)

Elektronaffinität (A): Bei der Aufnahme eines Elektrons freigesetzte Energie (eV/Atom; kJ/mol)

Elektronegativität = $|I| + |A|$

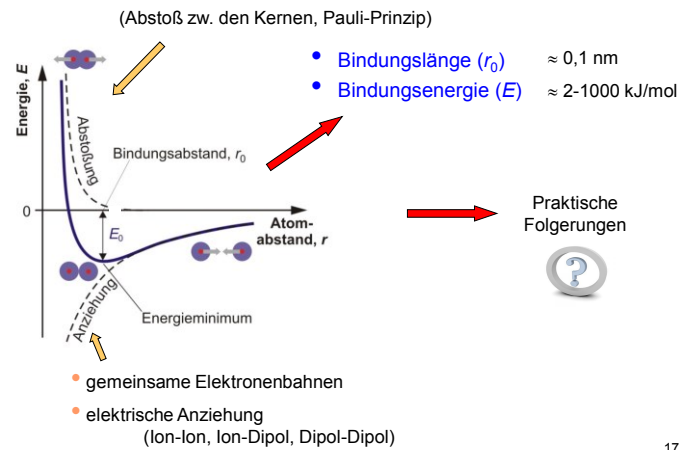
Pauling-Skala:



Siehe www.ptable.com

16

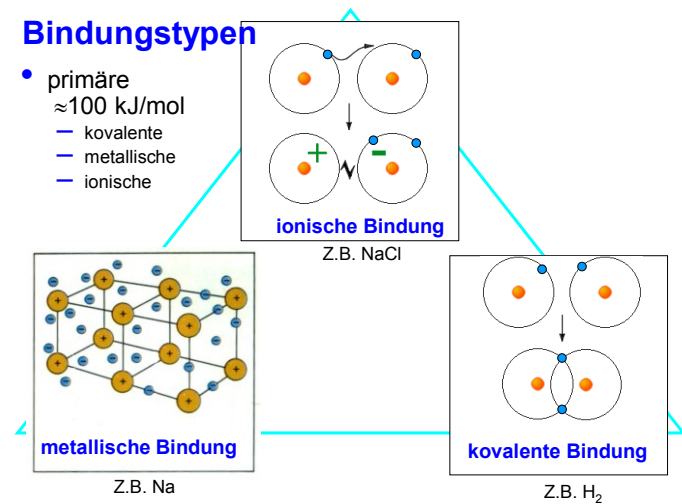
Atomare Wechselwirkungen



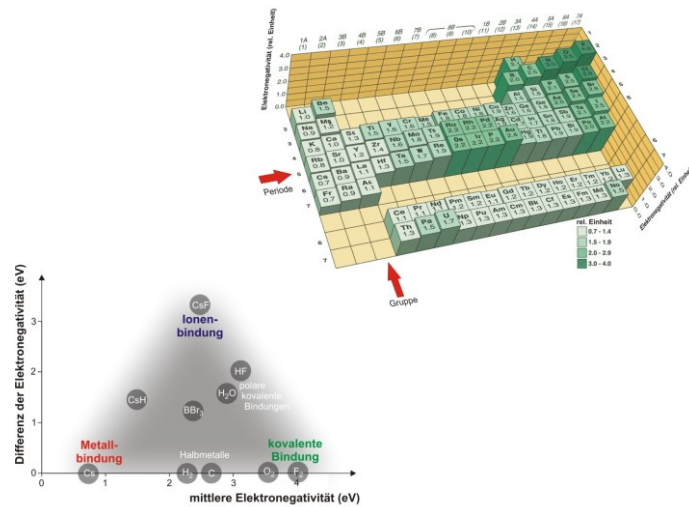
17

Bindungstypen

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



18



19

- sekundäre (schwache) $\approx 10 \text{ kJ/mol}$

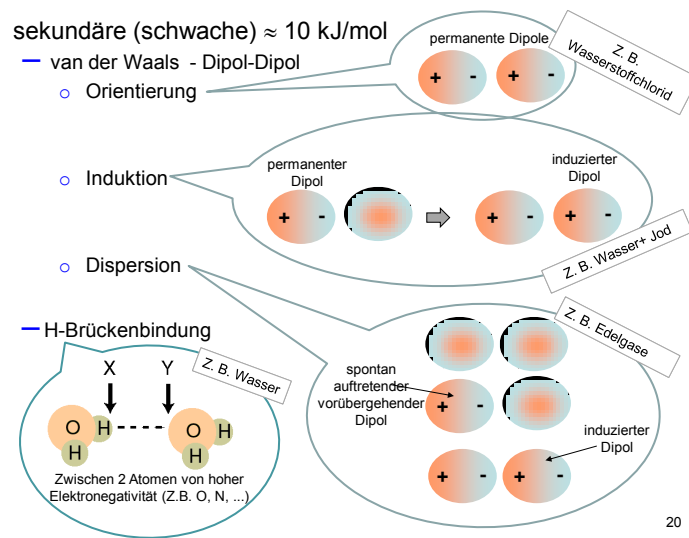
— van der Waals - Dipol-Dipol

- Orientierung

- Induktion

- Dispersion

— H-Brückenbindung



20

Das Thema ist in dem Lehrbuch nicht zu finden!

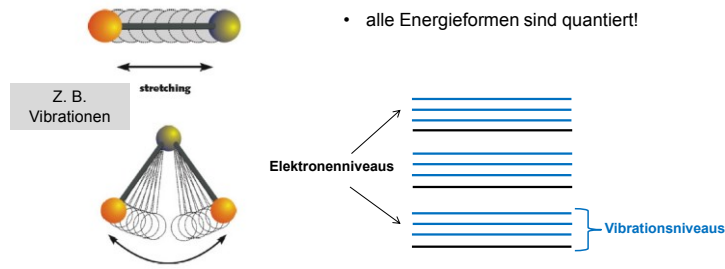
Energiezustände in Molekülen

$$E_{\text{Molekül}} = E_{\text{Elektron}} + E_{\text{Vibration}} + E_{\text{Rotation}}$$

≈ 1 eV

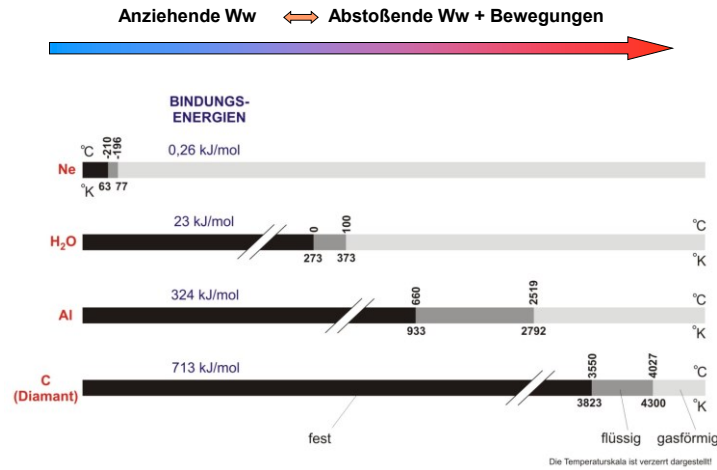
≈ 0,1 eV

≈ 0,01 eV



(Rotationsniveaus sind nicht gezeigt.)

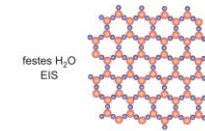
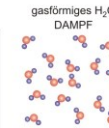
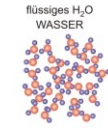
21



23

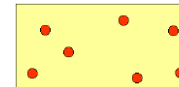
Aggregatzustände

	T →		
	Fest	Flüssig	Gasförmig
Eigenvolumen	+	+	-
Eigenform	+	-	-



22

Gase



Makroskopische Beschreibung:

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

Druck, Volumen, Stoffmenge, Temperatur

$$pV = \nu RT$$

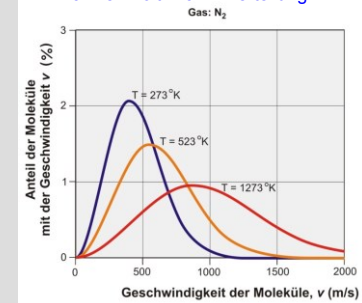
(für ideale Gase)

Mikroskopische Beschreibung:

- Ungeordnet
- Starke und fast freie Bewegung

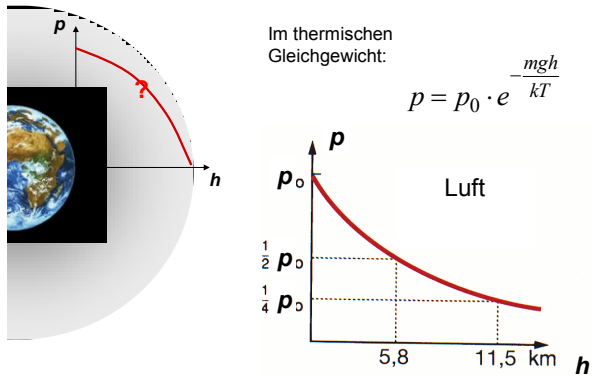
$$\frac{1}{2} m \bar{v}^2 = \frac{3}{2} kT$$

Maxwell-Boltzmann-Verteilung



24

Gas im Gravitationsfeld – barometrische Höhenformel:

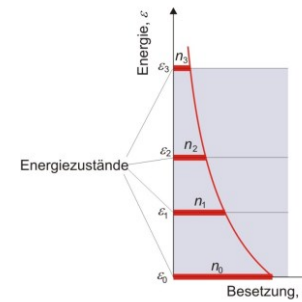


25

Boltzmann-Verteilung im Allgemeinen

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

$$\left. \begin{array}{l} n_i \\ n_0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \varepsilon_i \\ \varepsilon_0 \end{array} \Delta \varepsilon \quad n_i = n_0 \cdot e^{-\frac{\varepsilon_i - \varepsilon_0}{kT}}$$



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

26

Anwendungen der Boltzmann-Verteilung:

- 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
- ...

Nächste Vorlesung:
Kapitel 4 und 5

27