

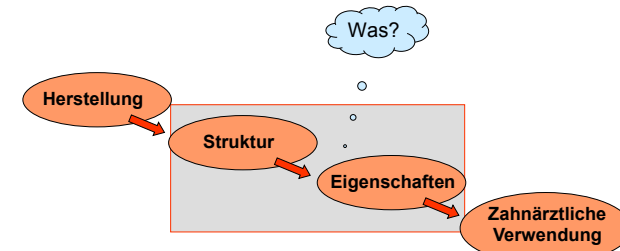


Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

Einführung

Warum?

1



Z.B.:



alle: Al_2O_3 !

2

Woche	Datum	Thema
1	09.13.	Struktur der Materie Atomare Wechselwirkungen, Bindungen. Multiatomare Systeme: Gase, Boltzmann-Verteilung
2	09.20.	Flüssigkeiten, feste Körper, Flüssigkristalle
3	09.27.	Kohäsion, Adhäsion, Grenzflächenerscheinungen. Phase, Phasendiagramm, Phasenumwandlungen
4	10.04.	Strukturuntersuchungsmethoden (Mikroskopie, Diffraktion, Spektroskopie) (Gastvortragende: Dr. Gergely Agócs)
5	10.11.	Materialfamilien: Metalle, Legierungen und Keramiken
6	10.18.	Materialfamilien: Polymere, Komposite (Gastvortragende: Dr. Gergely Agócs) Eigenschaften der Materialien Mechanische Eigenschaften 1: Elastisches Verhalten
7	10.25.	Mechanische Eigenschaften 2: Plastische Verformung, Bruch, Härte
8	11.01.	----- (Feiertag)
9	11.08.	Mechanische Eigenschaften 3: Viskoelastisches Verhalten, Materialermüdung, Verschleiß
10	11.15.	Thermische und elektrische Eigenschaften
11	11.22.	Optische Eigenschaften. Vergleichende Zusammenfassung der Eigenschaften
12	11.29.	Biomechanik Struktur und mechanische Eigenschaften von biologischen Geweben
13	12.06.	Biomechanische Grundlagen der Implantologie
14	12.13.	Biomechanische Grundlagen der Kieferorthopädie (Gastvortragende: Dr. Nemes Bálint, Klinik für Kinderzahnheilkunde und Kieferorthopädie)

Wie?

3



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

- Tölgyesi Ferenc, Dozent (tolgyesi.ferenc@med.semmelweis-univ.hu)
- Institut für Biophysik und Strahlenbiologie Webseite: <http://biofiz.semmelweis.hu>
- 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 Zwischenprüfungen
- Konsultationen
- Prüfungsform: Kolloquium (mündlich); Prüfungstoff: Skripte + Lehrbuch

Note:

1. Test 20 Punkte + 2. Test 20 Punkte + Kolloquium 50 Punkte = insgesamt 90 Punkte
 Min. 20 Punkte!!

Ab 45 Punkte: 2 Ab 55 Punkte: 3 Ab 65 Punkte: 4 Ab 75 Punkte: 5 😊

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:

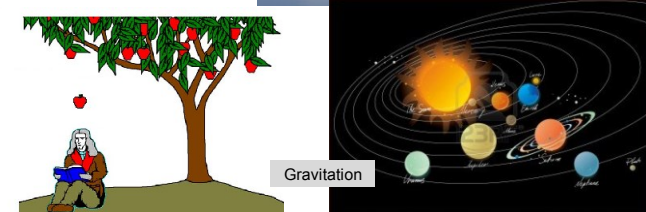
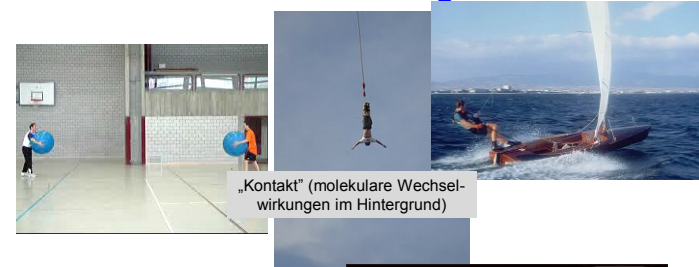
1. Abschnitt:
1, 3, 9, 10, 13, 17, 19

7

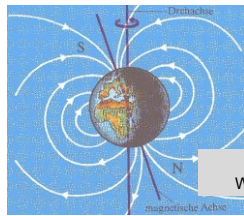
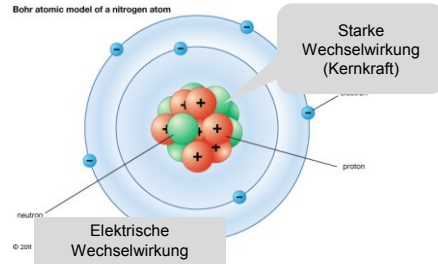
Woche	Datum	Thema
1	09.13.	Struktur der Materie Atomare Wechselwirkungen, Bindungen. Multiatomare Systeme: Gase, Boltzmann-Verteilung
2	09.20.	Flüssigkeiten, feste Körper, Flüssigkristalle
3	09.27.	Kohäsion, Adhäsion, Grenzflächenerscheinungen, Phase, Phasendiagramm, Phasenumwandlungen
4	10.04.	Strukturuntersuchungsmethoden (Mikroskopie, Diffraktion, Spektroskopie) (Gastvortragende: Dr. Gergely Agócs)
5	10.11.	Materialfamilien: Metalle, Legierungen und Keramiken
6	10.18.	Materialfamilien: Polymere, Komposite (Gastvortragende: Dr. Gergely Agócs) Eigenschaften der Materialien Mechanische Eigenschaften 1: Elastisches Verhalten
7	10.25.	Mechanische Eigenschaften 2: Plastische Verformung, Bruch, Härte
8	11.01.	----- (Feiertag)
9	11.08.	Mechanische Eigenschaften 3: Viskoelastisches Verhalten, Materialermüdung, Verschleiß
10	11.15.	Thermische und elektrische Eigenschaften
11	11.22.	Optische Eigenschaften. Vergleichende Zusammenfassung der Eigenschaften
12	11.29.	Biomechanik Struktur und mechanische Eigenschaften von biologischen Geweben
13	12.06.	Biomechanische Grundlagen der Implantologie
14	12.13.	Biomechanische Grundlagen der Kieferorthopädie (Gastvortragende: Dr. Nemes Bálint, Klinik für Kinderzahnheilkunde und Kieferorthopädie)

6

Wechselwirkungen



8



Magnetische Wechselwirkung

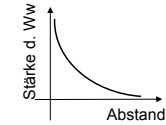
9

Beschreibung der Wechselwirkungen:

□ Symmetrie!



□ Bei fernwirkenden Ww: Abklingen mit wachsendem Abstand



□ Größen und Gesetze:

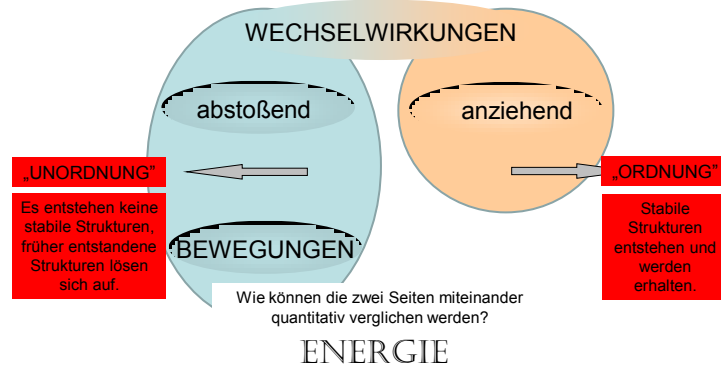
- Kraft, die newtonschen Gesetze und Beispiele für Kraftgesetze
- Arbeit und Energie
- Energieerhaltung
- Leistung
- Druck

KRAFT

ENERGIE

10

Allgemeine Prinzipien des Aufbaus von Körpern

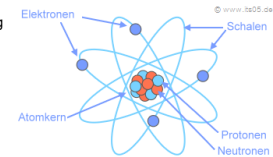
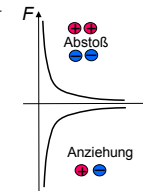
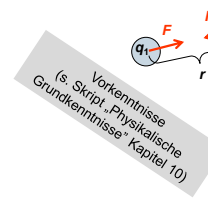


Wechselwirkungsenergie
Bewegungsenergie

Wechselwirkungsenergie 11

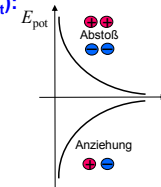
Elektrische Wechselwirkung

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



elektrische potenzielle Energie (E_{pot}):

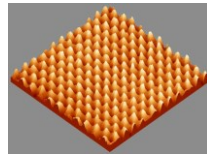
$$E_{pot} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r}$$



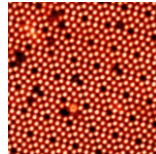
12

Atomarer Aufbau der Materie

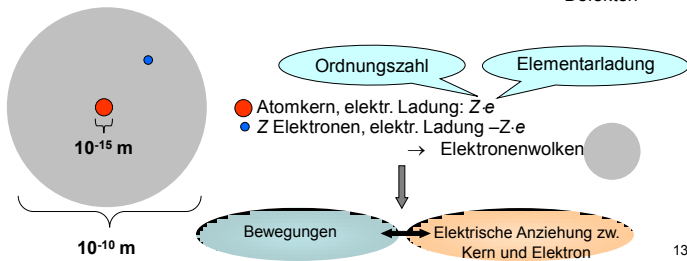
- Demokritos 5.Jht v.Chr.
- Daltonsches Gesetz 1803
- Moderne Mikroskope:



Graphit

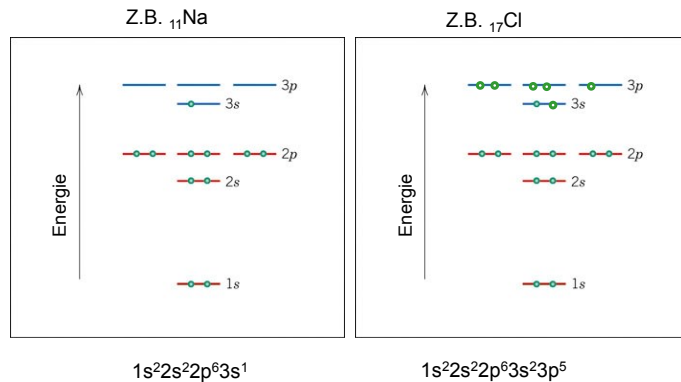


Si Kristall mit Defekten



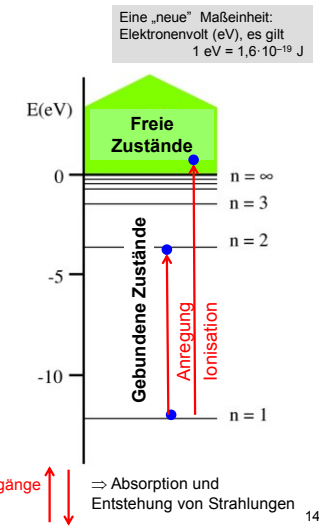
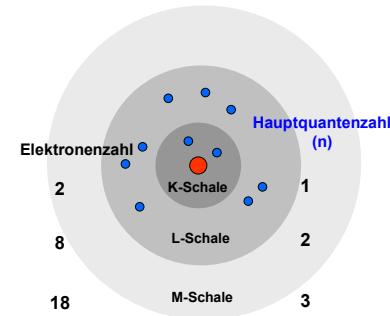
13

Elektronenkonfiguration:



15

- Energieminimum
- Diskrete Energiezustände
- Pauli-Prinzip

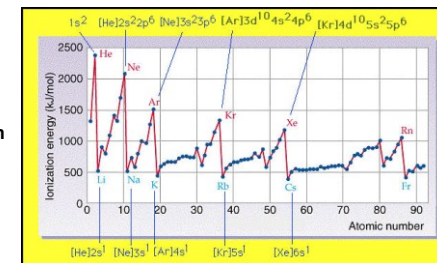


14

Elektronegativität

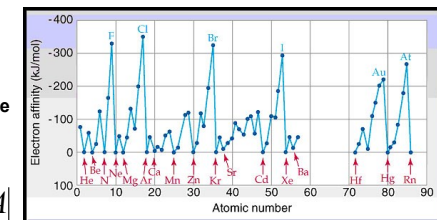
Ionisationsenergie (I):

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



Elektronaffinität (A):

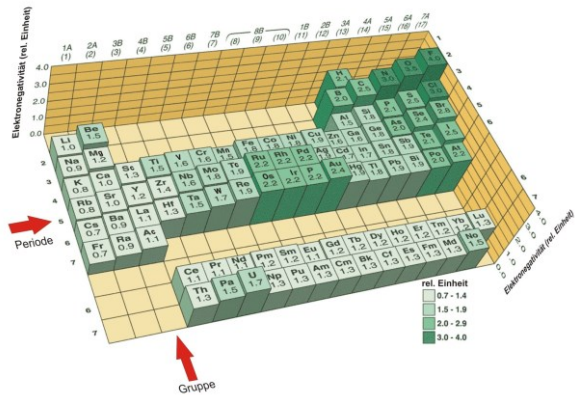
Bei der Aufnahme eines Elektrons freigesetzte Energie (eV/Atom; kJ/mol)



16

$$\text{Elektronegativität} = |I| + |A|$$

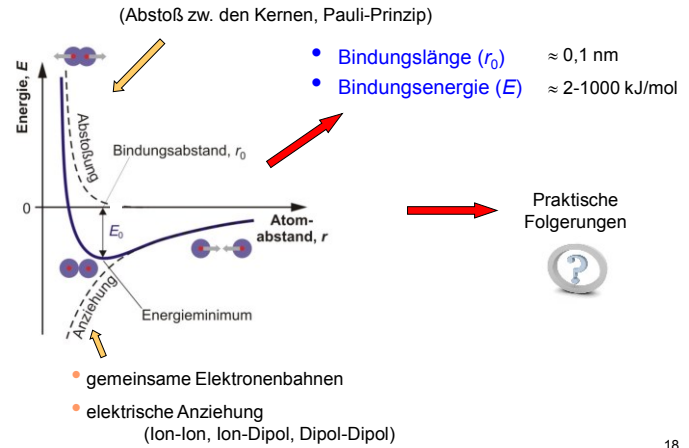
Pauling-Skala:



Siehe www.ptable.com

17

Atomare Wechselwirkungen



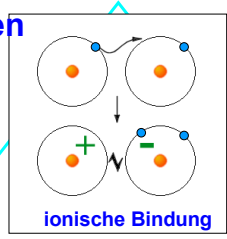
18

Bindungstypen

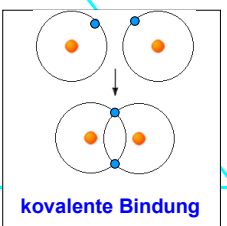
- primäre $\approx 100 \text{ kJ/mol}$
 - kovalente
 - metallische
 - ionische



Z.B. Na

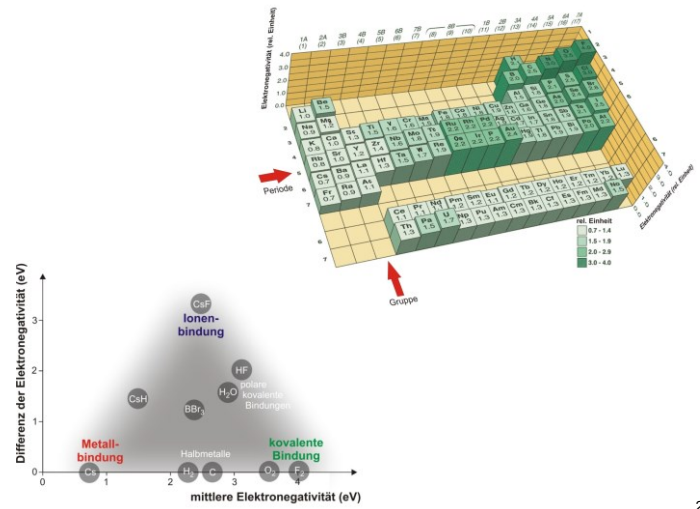


Z.B. NaCl



Z.B. H_2

19

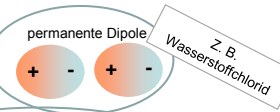


20

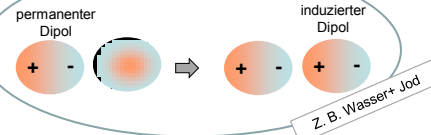
- sekundäre (schwache) $\approx 10 \text{ kJ/mol}$

— van der Waals - Dipol-Dipol

- Orientierung

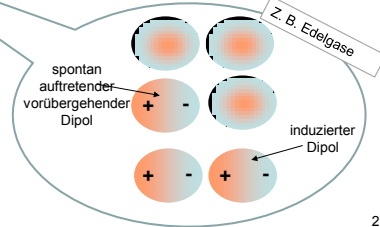
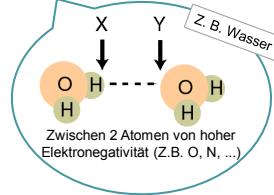


- Induktion



- Dispersion

— H-Brückenbindung



21

Das Thema ist in dem Lehrbuch nicht zu finden!

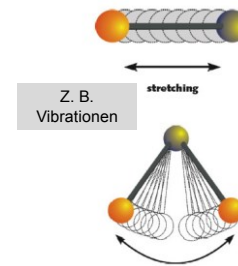
Energiezustände in Molekülen

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

$\approx 1 \text{ eV}$

$\approx 0,1 \text{ eV}$

$\approx 0,01 \text{ eV}$



- alle Energieformen sind quantiert!

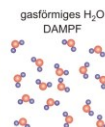
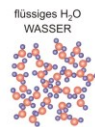


(Rotationsniveaus sind nicht gezeigt.)

22

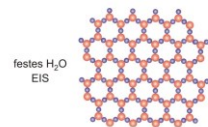
Aggregatzustände

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



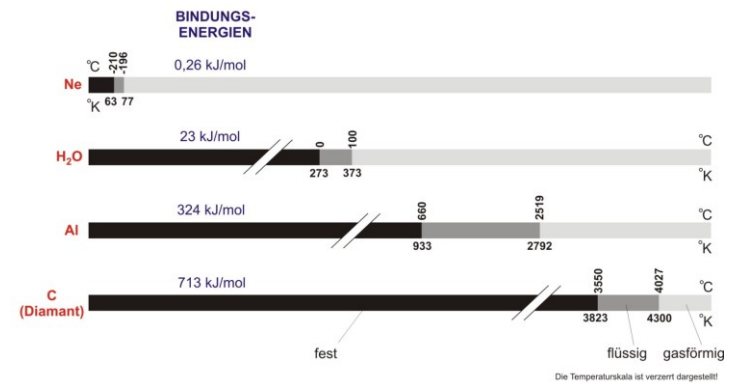
Dichte (ρ):

$$\rho = \frac{m}{V} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$



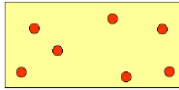
23

Anziehende Ww ↔ Abstoßende Ww + Bewegungen



24

Gase



Makroskopische Beschreibung:

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

Druck, Volumen, Stoffmenge, p, V, ν, T , Temperatur

$$pV = \nu RT$$

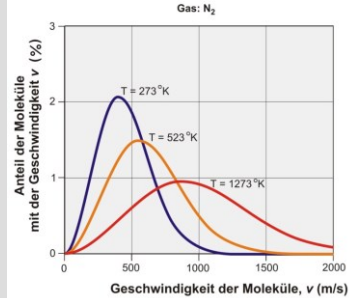
(für ideale Gase)

Mikroskopische Beschreibung:

- Ungeordnet
- Starke und fast freie Bewegung

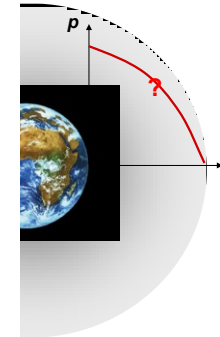
$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}kT$$

Maxwell-Boltzmann-Verteilung



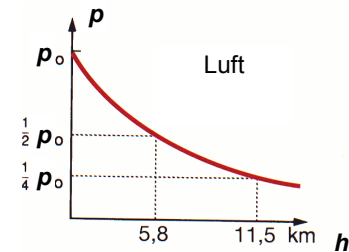
25

Gas im Gravitationsfeld – barometrische Höhenformel:



Im thermischen Gleichgewicht:

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

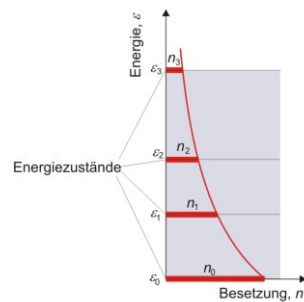


26

Boltzmann-Verteilung im Allgemeinen

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

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



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

27

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

28