

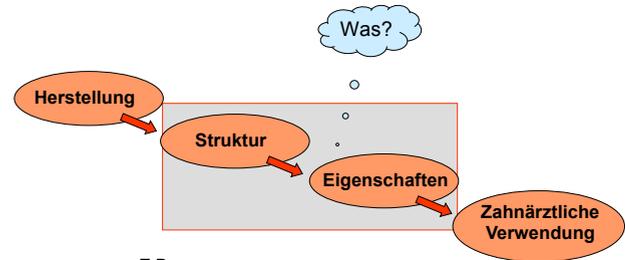


Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

Einführung

Warum?

1



Z.B.:



alle: Al₂O₃ !

2

Woche	Datum	Thema
1	08.09.	Struktur der Materie Atomare Wechselwirkungen, Bindungen, Multiatomare Systeme: Gase, Boltzmann-Verteilung
2	15.09.	Flüssigkeiten, feste Körper, Flüssigkristalle
3	22.09.	Kohäsion, Adhäsion, Grenzflächeneigenschaften. Phase, Phasendiagramm, Phasenumwandlungen
4	29.09.	Strukturuntersuchungsmethoden (Mikroskopie, Diffraktion, Spektroskopie) (Gastvortragende: Dr. Gergely Agócs)
5	06.10.	Materialfamilien: Metalle, Legierungen
6	13.10.	Materialfamilien: Keramiken, Polymere, Komposite
7	20.10.	Eigenschaften der Materialien Mechanische Eigenschaften 1: Elastisches Verhalten
8	27.10.	Mechanische Eigenschaften 2: Plastische Verformung, Bruch, Härte
9	03.11.	Mechanische Eigenschaften 3: Viskoelastisches Verhalten, Materialermüdung, Verschleiß
10	10.11.	Thermische und elektrische Eigenschaften
11	17.11.	Optische Eigenschaften, Vergleichende Zusammenfassung der Eigenschaften
12	24.11.	Biomechanik Struktur und mechanische Eigenschaften von biologischen Geweben
13	01.12.	Biomechanische Grundlagen der Implantologie
14	08.12.	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:
 - 7. Studienwoche 19. Oktober (Mittwoch) 18:30-19:10, EOK Szent-Györgyi Hörsaal
 - 13. Studienwoche 30. November (Mittwoch) 18:30-19:10, EOK Szent-Györgyi Hörsaal
- Konsultationen:
 - 7. Studienwoche 17. Oktober (Montag) 17:40-18:20, EOK Hevesy Hörsaal
 - 13. Studienwoche 28. November (Montag) 17:40-18:20, EOK Hevesy Hörsaal
- Prüfungsform: Kolloquium (mündlich); Prüfungsstoff: Skripte + Lehrbuch

Note:

$$\begin{matrix} \text{1. Test} & + & \text{2. Test} & + & \text{Kolloquium} & = & \text{insgesamt} \\ \text{20 Punkte} & & \text{20 Punkte} & & \text{50 Punkte} & & \text{90 Punkte} \\ & & & & \text{Min. 20 Punkte!!} & & \end{matrix}$$

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

5

Woche	Datum	Thema
1	08.09.	Struktur der Materie Atomare Wechselwirkungen, Bindungen, Multiatomare Systeme: Gase, Boltzmann-Verteilung
2	15.09.	Flüssigkeiten, feste Körper, Flüssigkristalle
3	22.09.	Kohäsion, Adhäsion, Grenzflächenerscheinungen. Phase, Phasendiagramm, Phasenumwandlungen
4	29.09.	Strukturuntersuchungsmethoden (Mikroskopie, Diffraction, Spektroskopie) (Gastvortragende: Dr. Gergely Ágócs)
5	06.10.	Materialfamilien: Metalle, Legierungen
6	13.10.	Materialfamilien: Keramiken, Polymere, Komposite
7	20.10.	Eigenschaften der Materialien Mechanische Eigenschaften 1: Elastisches Verhalten
8	27.10.	Mechanische Eigenschaften 2: Plastische Verformung, Bruch, Härte
9	03.11.	Mechanische Eigenschaften 3: Viskoelastisches Verhalten, Materialermüdung, Verschleiß
10	10.11.	Thermische und elektrische Eigenschaften
11	17.11.	Optische Eigenschaften. Vergleichende Zusammenfassung der Eigenschaften
12	24.11.	Biomechanik Struktur und mechanische Eigenschaften von biologischen Geweben
13	01.12.	Biomechanische Grundlagen der Implantologie
14	08.12.	Biomechanische Grundlagen der Kieferorthopädie (Gastvortragende: Dr. Nemes Bálint, Klinik für Kinderzahnheilkunde und Kieferorthopädie)

1. Test

2. Test

6



Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

1.

Struktur der Materie

Atomare Wechselwirkungen. Multiatomare Systeme - Gase

Schwerpunkte:

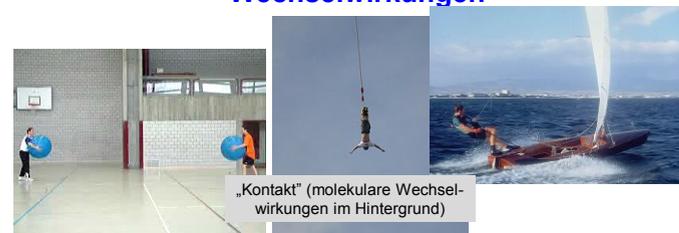
- ❖ Wechselwirkungen und ihre Bedeutung
- ❖ Energiekurve der atomaren und molekularen W.w.
- ❖ Kinetische Deutung der Temperatur
- ❖ Boltzmann-Verteilung

Kapitel des Lehrbuches:
1, 2, 3

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

7

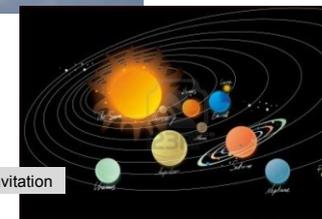
Wechselwirkungen



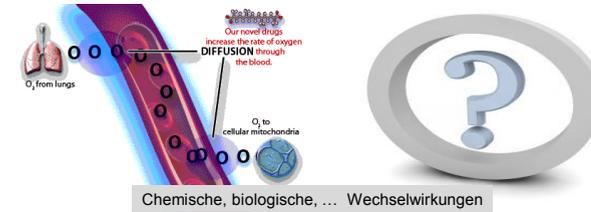
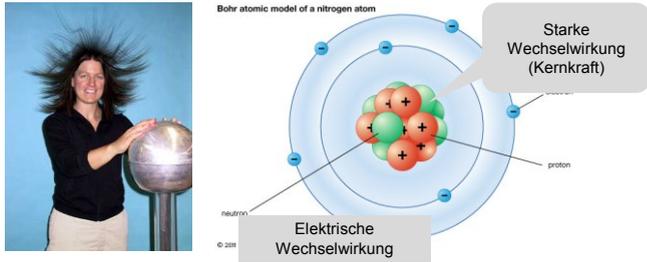
„Kontakt“ (molekulare Wechselwirkungen im Hintergrund)



Gravitation



8

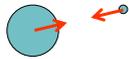


9

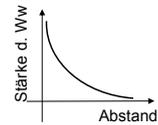
10

Beschreibung der Wechselwirkungen:

□ Symmetrie!



□ Bei fernwirkenden Ww: Abklingen mit wachsendem Abstand



□ Größen und Gesetze:

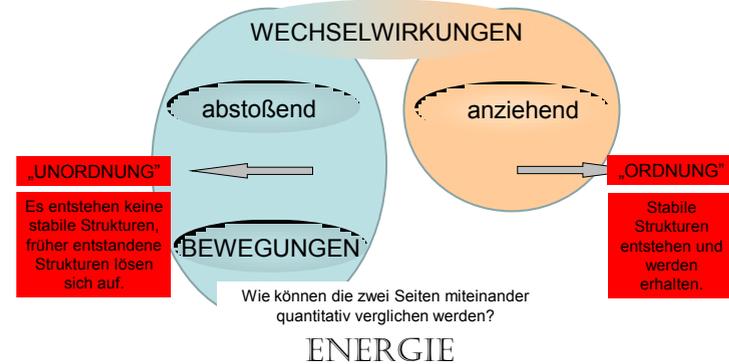
- Kraft, die newtonschen Gesetze und Beispiele für Kraftgesetze
- Arbeit und Energie
- Energieerhaltung
- Leistung
- Druck

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

KRAFT ENERGIE

11

Allgemeine Prinzipien des Aufbaus von Körpern



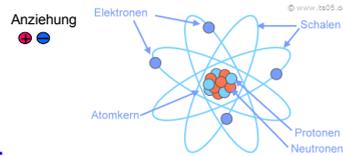
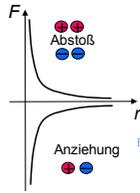
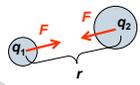
Wechselwirkungsenergie
Bewegungsenergie

Wechselwirkungsenergie 12

Elektrische Wechselwirkung

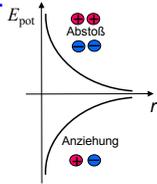
Coulomb-Gesetz: $F_{el} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$

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

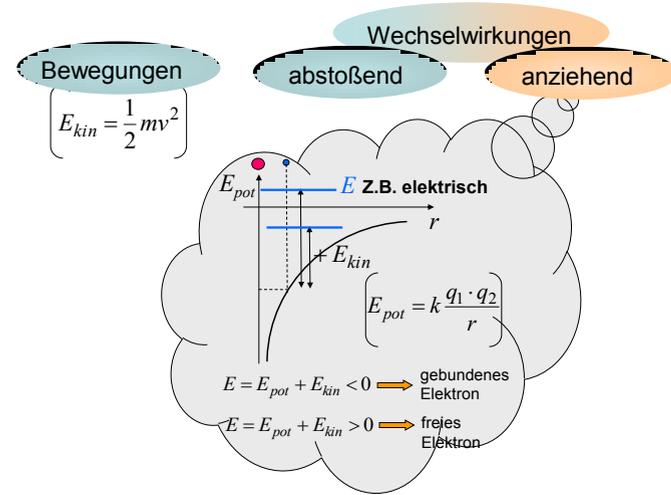


elektrische potenzielle Energie (E_{pot}):

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



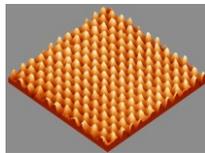
13



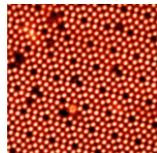
14

Atomarer Aufbau der Materie

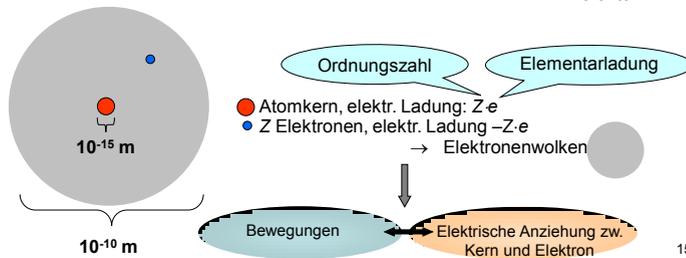
- Demokritos 5. Jht v. Chr.
- Daltonsches Gesetz 1803
- Moderne Mikroskope:



Graphit



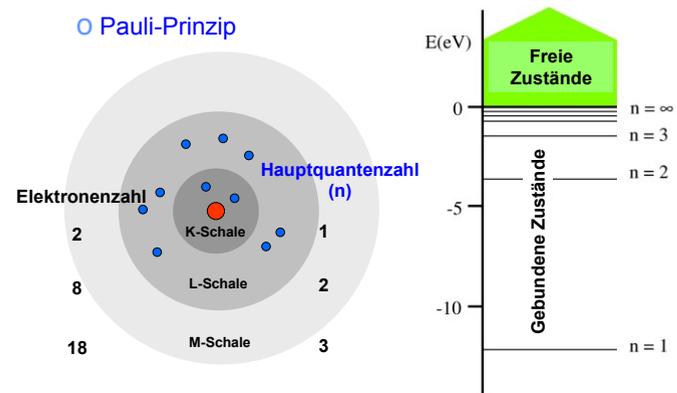
Si Kristall mit Defekten



15

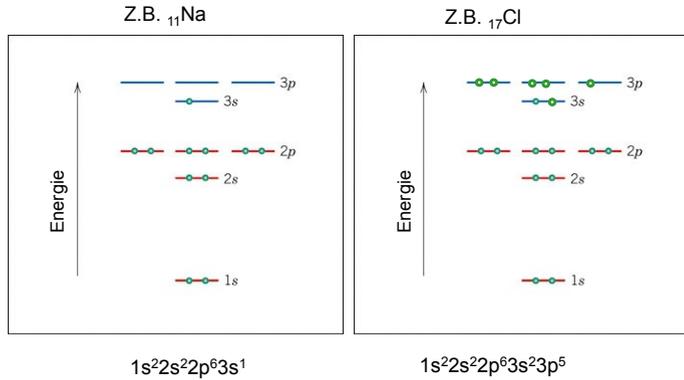
- Energieminimum
- Diskrete Energiezustände
- Pauli-Prinzip

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



16

Elektronenkonfiguration:

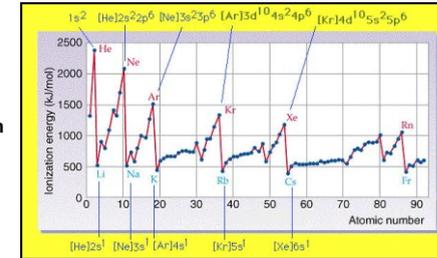


17

Elektronegativität

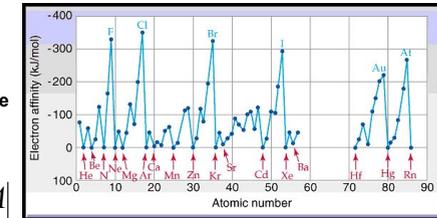
Ionisationsenergie (I):

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



Elektronaffinität (A):

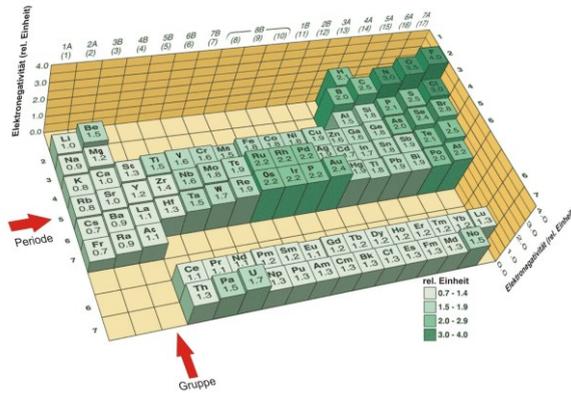
Bei der Aufnahme eines Elektrons freigesetzte Energie (eV/Atom; kJ/mol)



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

18

Pauling-Skala:

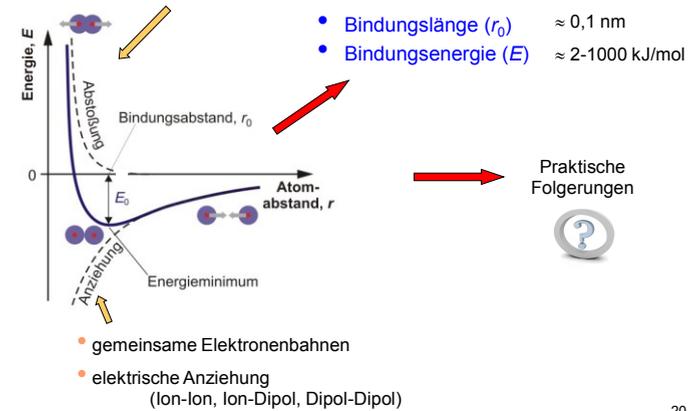


Siehe www.ptable.com

19

Atomare Wechselwirkungen

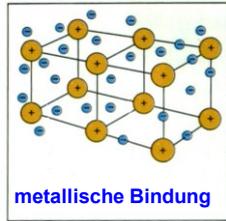
(Abstoß zw. den Kernen, Pauli-Prinzip)



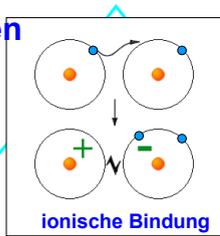
20

Bindungstypen

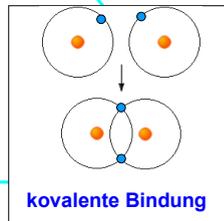
- primäre
 $\approx 100 \text{ kJ/mol}$
 - kovalente
 - metallische
 - ionische



Z.B. Na

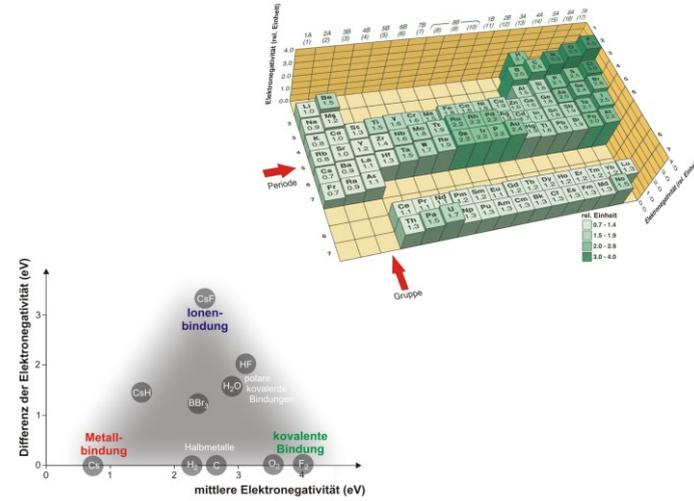


Z.B. NaCl



Z.B. H₂

21



22

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

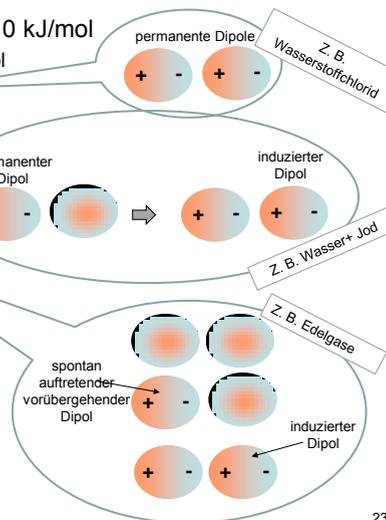
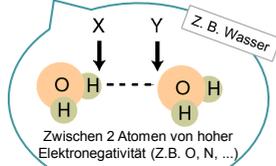
— van der Waals - Dipol-Dipol

- Orientierung

- Induktion

- Dispersion

— H-Brückenbindung

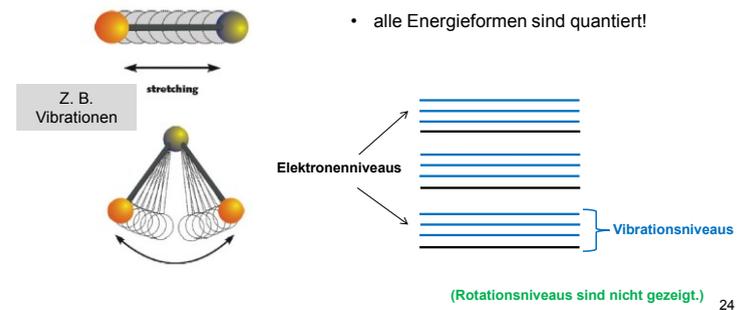


23

Energiezustände in Molekülen

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

$$\approx 1 \text{ eV} \quad \approx 0,1 \text{ eV} \quad \approx 0,01 \text{ eV}$$



24

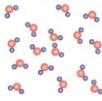
Aggregatzustände

	Fest	Flüssig	Gasförmig
Eigenvolumen	+	+	-
Eigenform	+	-	-

flüssiges H₂O
WASSER



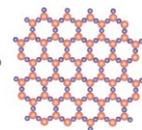
gasförmiges H₂O
DAMPF



Dichte (ρ):

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

festes H₂O
EIS



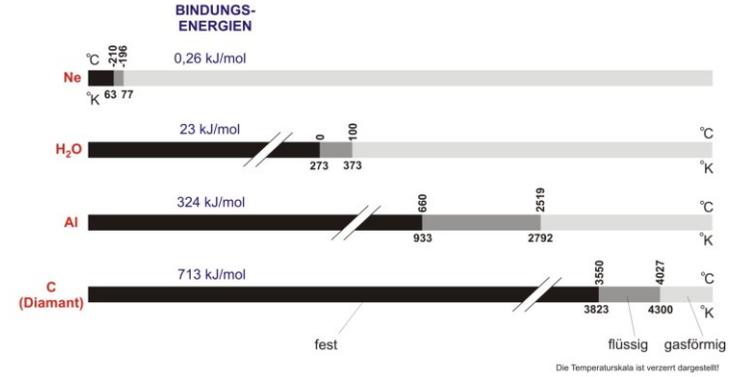
Spezifisches Volumen (v):

$$v = \frac{1}{\rho} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)$$



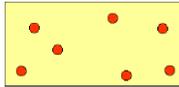
25

Anziehende Ww ↔ Abstoßende Ww + Bewegungen



26

Gase



Makroskopische Beschreibung:

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

Druck Volumen Stoffmenge
 p, V, ν, T Temperatur

$$pV = \nu RT$$

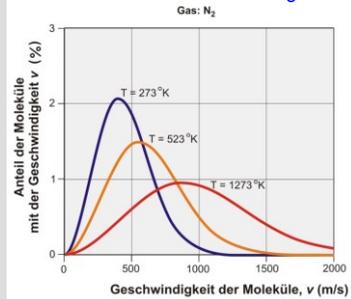
(für ideale Gase)

Mikroskopische Beschreibung:

- Ungeordnet
- Starke und fast freie Bewegung

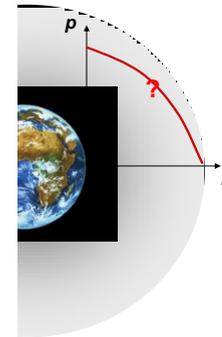
$$\frac{1}{2} m \overline{v^2} = \frac{3}{2} kT$$

Maxwell-Boltzmann-Verteilung



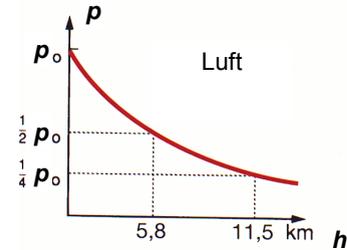
27

Gas im Gravitationsfeld – barometrische Höhenformel:



Im thermischen Gleichgewicht:

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



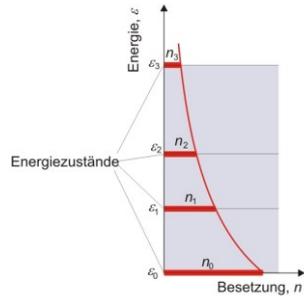
28

Boltzmann-Verteilung im Allgemeinen

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

$$\begin{array}{l} n_i \text{ --- } \varepsilon_i \\ n_0 \text{ --- } \varepsilon_0 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} n_i \\ n_0 \end{array}} \right\} \Delta\varepsilon$$

$$n_i = n_0 \cdot e^{-\frac{\varepsilon_i - \varepsilon_0}{kT}}$$



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

29

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

30