

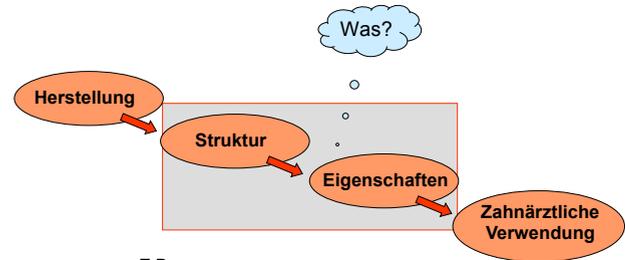


Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

Einführung

Warum?

1



Z.B.:



alle: Al_2O_3 !

2

| Woche | Datum | Thema |
|-------|--------|--|
| 1 | 10.09. | Struktur der Materie Atomare Wechselwirkungen, Bindungen, Multiatomare Systeme: Gase, Boltzmann-Verteilung |
| 2 | 17.09. | Flüssigkeiten, feste Körper, Flüssigkristalle |
| 3 | 24.09. | Kohäsion, Adhäsion, Grenzflächeneigenschaften. Phase, Phasendiagramm, Phasenumwandlungen |
| 4 | 01.10. | Strukturuntersuchungsmethoden (Mikroskopie, Diffraction, Spektroskopie) |
| 5 | 08.10. | Materialfamilien: Metalle, Legierungen, Keramiken, Polymere, Komposite |
| 6 | 15.10. | Eigenschaften der Materialien Mechanische Eigenschaften 1: Elastisches Verhalten |
| 7 | 22.10. | Mechanische Eigenschaften 1: Elastisches Verhalten |
| 8 | 29.10. | Mechanische Eigenschaften 2: Plastische Verformung, Bruch, Härte |
| 9 | 05.11. | Mechanische Eigenschaften 3: Viskoelastisches Verhalten, Materialermüdung, Verschleiß |
| 10 | 12.11. | Thermische und elektrische Eigenschaften |
| 11 | 19.11. | Optische Eigenschaften, Vergleichende Zusammenfassung der Eigenschaften |
| 12 | 26.11. | Biomechanik Struktur und mechanische Eigenschaften von biologischen Geweben (Gastvortragende: Dr. Kiss Balázs) |
| 13 | 03.12. | Biomechanische Grundlagen der Implantologie |
| 14 | 10.12. | 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 20. Oktober (Dienstag) 17:00-18:00, EOK Békésy Hörsaal
 - 13. Studienwoche 01. Dezember (Dienstag) 17:00-18:00, EOK Békésy Hörsaal
- Konsultationen:
 - 7. Studienwoche 19. Oktober (Montag) 18:30-20:00, EOK Hevesy Hörsaal
 - 13. Studienwoche 30. November (Montag) 18:30-20:00, EOK Hevesy Hörsaal
- Prüfungsform: Kolloquium (mündlich); Prüfungsstoff: Skripte + Lehrbuch

Note:



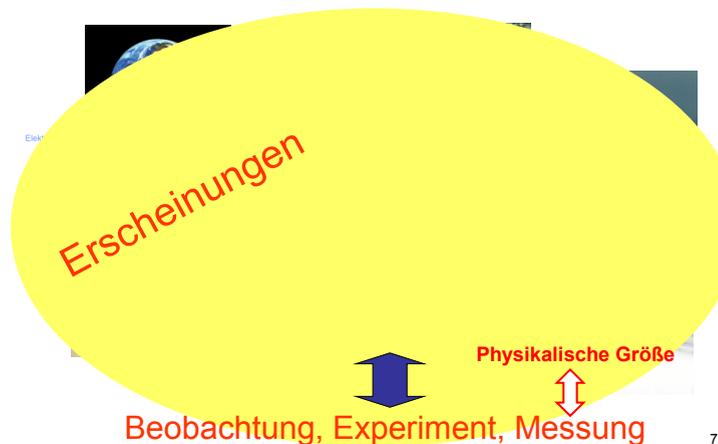
Ab 45 Punkte: **2** Ab 55 Punkte: **3** Ab 65 Punkte: **4** Ab 75 Punkte: **5** 😊

5

| Woche | Datum | Thema |
|-------|--------|---|
| 1 | 10.09. | Struktur der Materie Atomare Wechselwirkungen, Bindungen, Multiatomare Systeme: Gase, Boltzmann-Verteilung |
| 2 | 17.09. | Flüssigkeiten, feste Körper, Flüssigkristalle |
| 3 | 24.09. | Kohäsion, Adhäsion, Grenzflächenerscheinungen, Phase, Phasendiagramm, Phasenumwandlungen |
| 4 | 01.10. | Strukturuntersuchungsmethoden (Mikroskopie, Diffraktion, Spektroskopie) |
| 5 | 08.10. | Materialfamilien: Metalle, Legierungen, Keramiken, Polymere, Komposite |
| 6 | 15.10. | Eigenschaften der Materialien Mechanische Eigenschaften 1: Elastisches Verhalten |
| 7 | 22.10. | Mechanische Eigenschaften 1: Elastisches Verhalten |
| 8 | 29.10. | Mechanische Eigenschaften 2: Plastische Verformung, Bruch, Härte |
| 9 | 05.11. | Mechanische Eigenschaften 3: Viskoelastisches Verhalten, Materialermüdung, Verschleiß |
| 10 | 12.11. | Thermische und elektrische Eigenschaften |
| 11 | 19.11. | Optische Eigenschaften. Vergleichende Zusammenfassung der Eigenschaften |
| 12 | 26.11. | Biomechanik Struktur und mechanische Eigenschaften von biologischen Geweben (<i>Gastvortragende: Dr. Kiss Balázs</i>) |
| 13 | 03.12. | Biomechanische Grundlagen der Implantologie |
| 14 | 10.12. | Biomechanische Grundlagen der Kieferorthopädie (<i>Gastvortragende: Dr. Nemes Bálint, Klinik für Kinderzahnheilkunde und Kieferorthopädie</i>) |

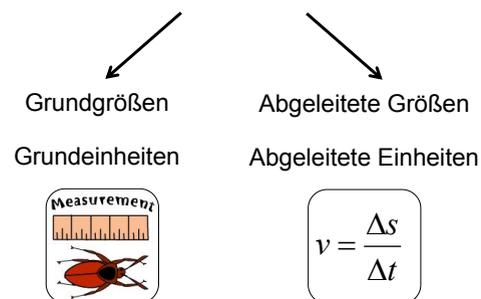
6

Kurz über die naturwissenschaftliche Denkweise



7

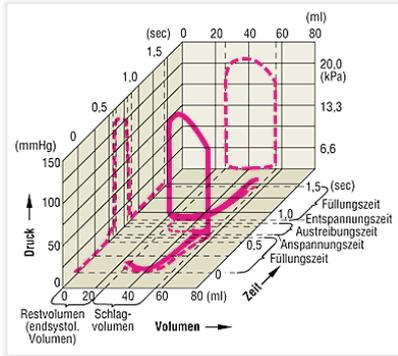
Physikalische Größe = Zahlenwert · Maßeinheit



8

Zusammenhänge, Gesetze

$$\frac{\Delta l}{l} = \alpha \Delta T$$



Anwendungen



Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

1.

Struktur der Materie

Atomare Wechselwirkungen. Multiatomare Systeme - Gase

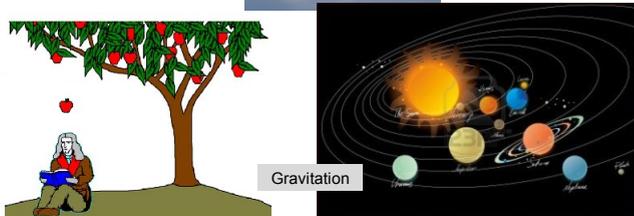
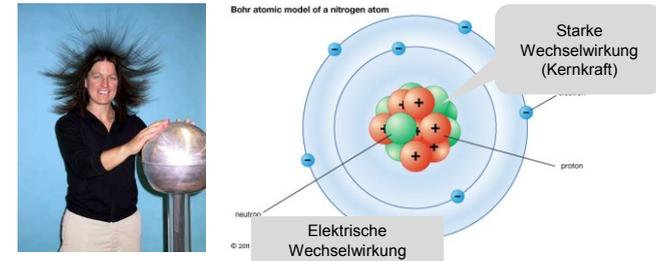
Schwerpunkte:

- ❖ Wechselwirkungen und ihre Bedeutung
- ❖ Beschreibung der W.w. – Wiederholung des gymnasialen Stoffes
- ❖ Energiekurve der atomaren und molekularen W.w.
- ❖ Kinetische Deutung der Temperatur
- ❖ Boltzmann-Verteilung

Kapitel des Lehrbuches: 1, 2, 3

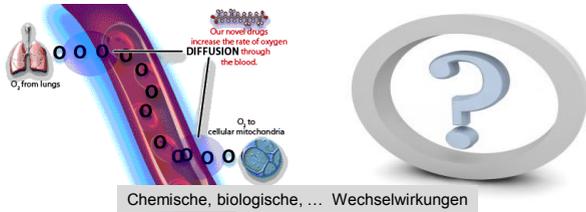
Aufgaben: 1. Abschnitt: 1, 3, 9, 10, 13, 17, 19

Wechselwirkungen





Thermische Wechselwirkung (Wärme)

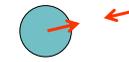


Chemische, biologische, ... Wechselwirkungen

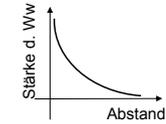
13

Beschreibung der Wechselwirkungen:

□ Symmetrie!



□ Bei fernwirkenden Ww: Abklingen mit wachsendem Abstand



□ Größen und Gesetze:

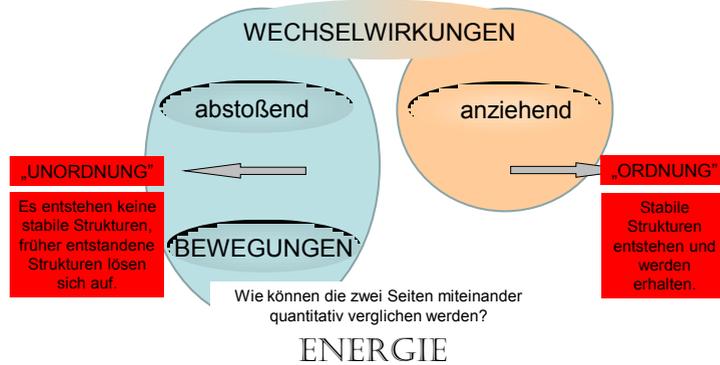
- Kraft, die newtonschen Gesetze und Beispiele für Kraftgesetze
- Arbeit und Energie
- Energieerhaltung
- Leistung
- Druck

KRAFT ENERGIE

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

14

Allgemeine Prinzipien des Aufbaus von Körpern

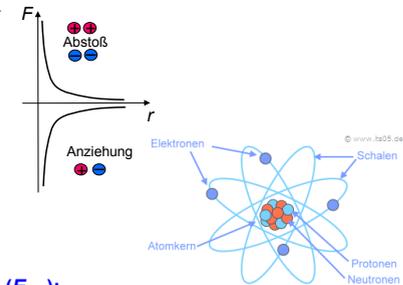
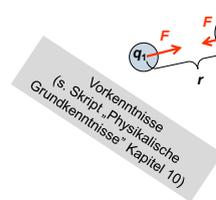


Wechselwirkungsenergie
 Bewegungsenergie

Wechselwirkungsenergie 15

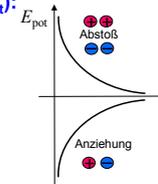
Elektrische Wechselwirkung

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

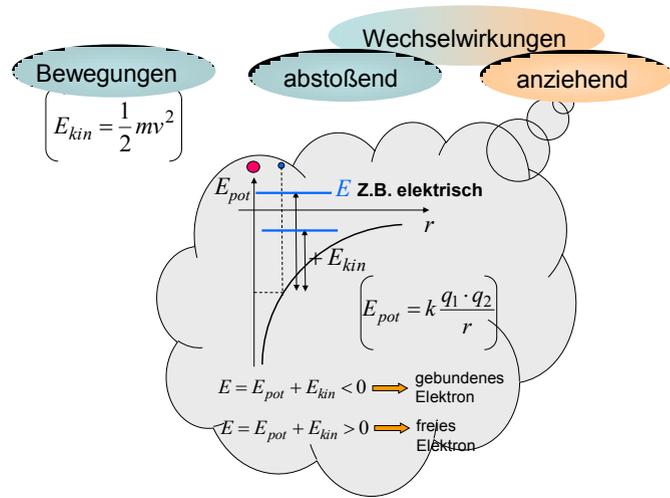


elektrische potenzielle Energie (E_{pot}):

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



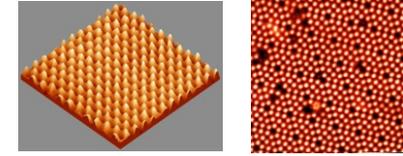
16



17

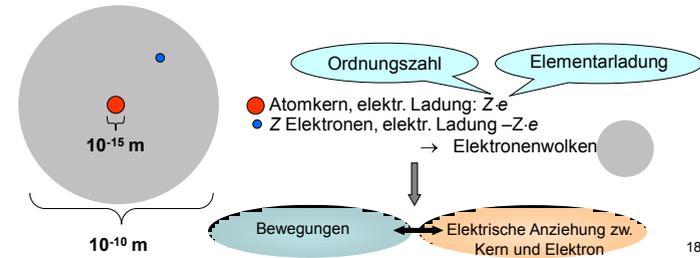
Atomarer Aufbau der Materie

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



Graphit

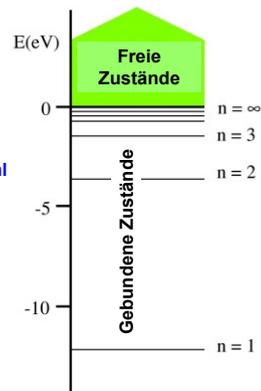
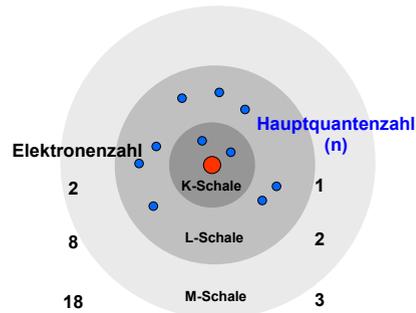
Si Kristall mit Defekten



18

- Energieminimum
- Diskrete Energiezustände
- Pauli-Prinzip

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

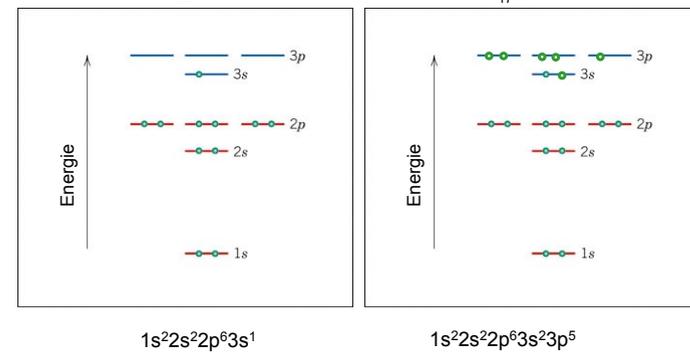


19

Elektronenkonfiguration:

Z.B. $_{11}\text{Na}$

Z.B. $_{17}\text{Cl}$

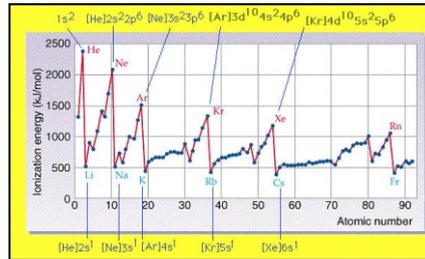


20

Elektronegativität

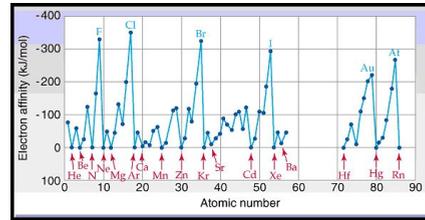
Ionisationsenergie (I):

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



Elektronaffinität (A):

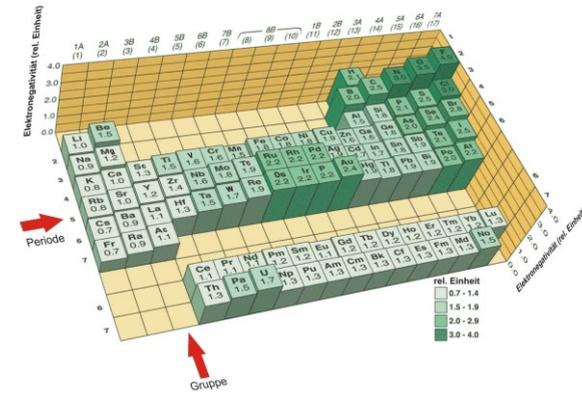
Bei der Aufnahme eines Elektrons freigesetzte Energie (eV/Atom; kJ/mol)



Elektronegativität = $|I| + |A|$

21

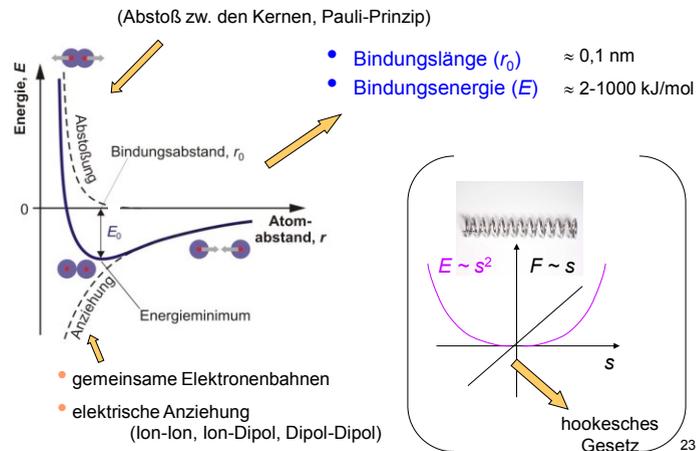
Pauling-Skala:



Siehe www.ptable.com

22

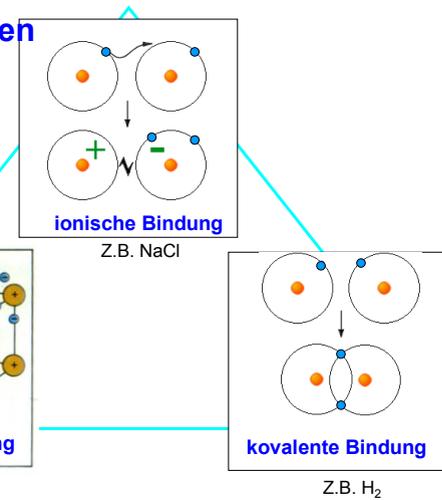
Atomare Wechselwirkungen



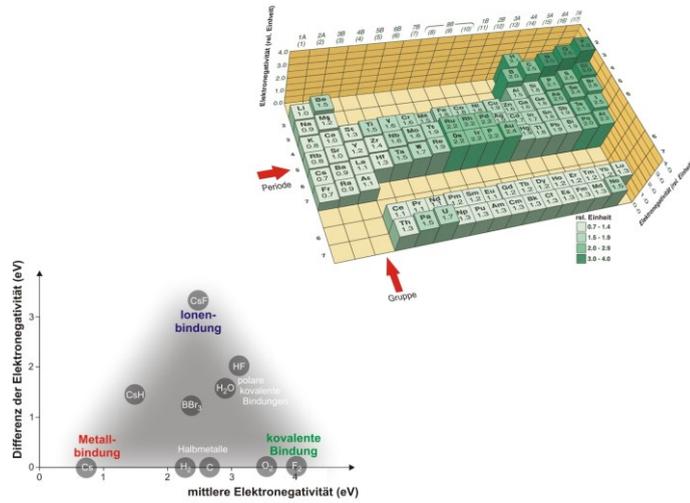
23

Bindungstypen

- primäre ≈ 100 kJ/mol
 - kovalente
 - metallische
 - ionische

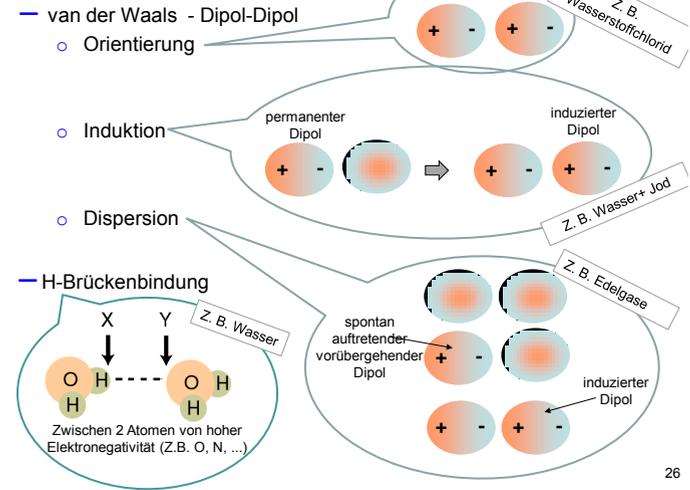


24



25

• sekundäre (schwache) ≈ 10 kJ/mol



26

Das Thema ist in dem Lehrbuch nicht zu finden!

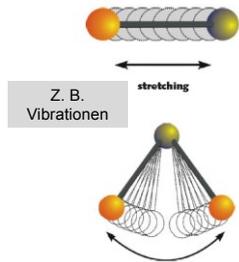
Energiezustände in Molekülen

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

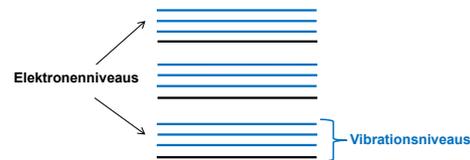
≈ 1 eV

$\approx 0,1$ eV

$\approx 0,01$ eV



• alle Energieformen sind quantiert!

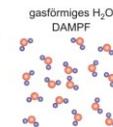
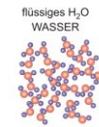


(Rotationsniveaus sind nicht gezeigt.)

27

Aggregatzustände

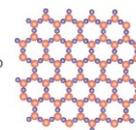
| | T | | |
|--------------|------|---------|-----------|
| | Fest | Flüssig | Gasförmig |
| Eigenvolumen | + | + | - |
| Eigenform | + | - | - |



Dichte (ρ):

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

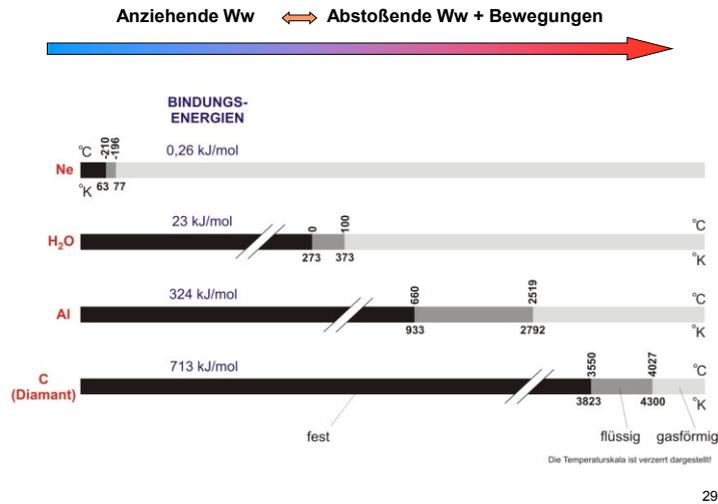
festes H₂O
EIS



Spezifisches Volumen (v):

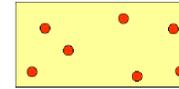
$$v = \frac{1}{\rho} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)$$

28



29

Gase



Makroskopische Beschreibung:

- Kein Eigenvolumen und keine Eigenform
- Isotrop
- Messbare Größen:
 - Druck p
 - Volumen V
 - Stoffmenge v
 - Temperatur T

$$pV = \nu RT$$

(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
Gas: N₂

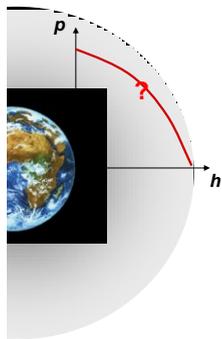
Anteil der Moleküle mit der Geschwindigkeit v (%)

Geschwindigkeit der Moleküle, v (m/s)

Temperatures shown: $T = 273^\circ\text{K}$, $T = 523^\circ\text{K}$, $T = 1273^\circ\text{K}$

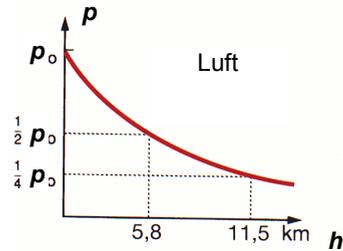
30

Gas im Gravitationsfeld – barometrische Höhenformel:

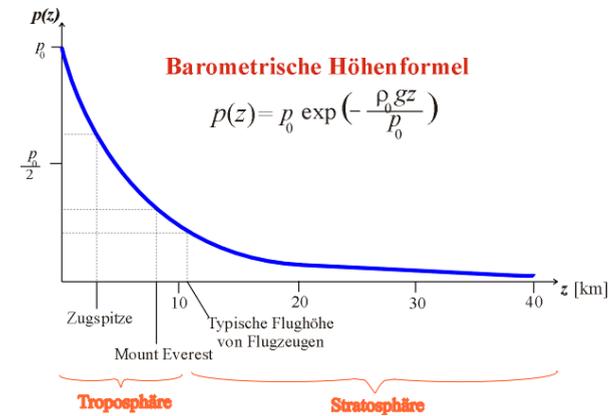


Im thermischen Gleichgewicht:

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



31



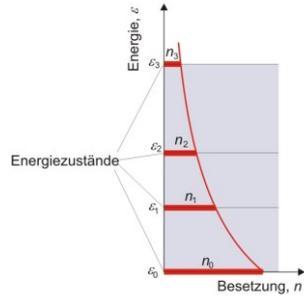
32

Boltzmann-Verteilung im Allgemeinen

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

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

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



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

33

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

34