

Medizinische Biophysik I.

0

Dr. Ferenc Tölgyesi

tolgyesi.ferenc@med.semmelweis-univ.hu

Institut für Biophysik und Strahlenbiologie



1

Physik in der Medizin



Diagnostik

Röntgendiagnostik Sonographie Optische Tomographie MRI EKG Endosko

Therapie

Gamma-Messer Phototherapie Laserchirurgie Defibrillator Nierensteinzertrüm

Medizinische Forschung

Röntgendiffraktion Optische Spektroskopie Mikroskopie Massenspektrometrie

Lebensprozesse

Diffusion Strömungen Hebelfunktion Wärmestrahlung elektrische Ströme ...

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)



3

Beschreibung des Kurses, Thematik und Regeln



s. die Webseite:
<http://biofiz.semmelweis.hu>

Hilfsmittel:

- Skript „Physikalische Grundkenntnisse“ (herunterladbar von der Webseite des Instituts)
- Wahlfach „Grundlagen der medizinischen Biophysik“
- Vorlesungsskripte (herunterladbar von der Webseite des Instituts in der Regel schon einen Tag vor der aktuellen Vorlesung)
- „Praktikum medizinische Biophysik“ 2017, Semmelweis Verlag, Budapest (erhältlich in der Buchhandlung des Verlags im EOK)
- Biophysik für Mediziner, 2008, Medicina Verlag, Budapest (erhältlich in der Buchhandlung des Verlags in der Üllői Str. gegenüber der Metrostation „Klinikák“)
- Aufgabensammlung zur medizinischen Biophysik (herunterladbar von der Webseite des Instituts)

4

Medizinische Biophysik

Struktur der Materie

1. Vorlesung
12. 09. 2018

I. Atome, Moleküle und ihre Wechselwirkungen

Allgemein über Wechselwirkungen

1. Aufbau des Atoms

- a) Bauelemente und ihre Wechselwirkungen
- b) Energiezustände und Übergänge

2. Energiezustände in Molekülen

II. Aggregatzustände

1. Allgemeine Beschreibung

2. Einige grundlegenden Größen zur Beschreibung von Körpern

3. Gasförmiger Aggregatzustand

- a) Makroskopische Beschreibung
- b) Mikroskopische Beschreibung
- c) Kinetische Deutung der Temperatur
- d) Maxwell-Boltzmann-Verteilung
- e) Barometrische Höhenformel (Gas im Gravitationsfeld)
- f) Boltzmann-Verteilung

5

I. Atome, Moleküle und ihre Wechselwirkungen

Allgemein über Wechselwirkungen

Beispiele:



„Kontakt“ (molekulare Wechselwirkungen im Hintergrund)



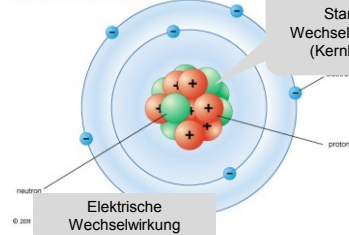
Gravitation



6



Bohr atomic model of a nitrogen atom

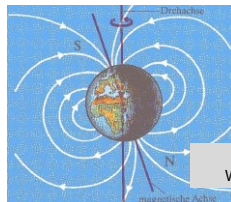
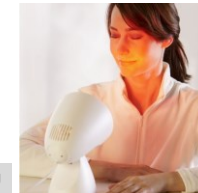


Starke Wechselwirkung (Kernkraft)

Elektrische Wechselwirkung



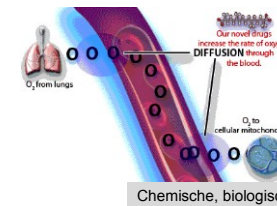
Thermische Wechselwirkung (Wärme)



Magnetische Wechselwirkung



7



Chemische, biologische, ... Wechselwirkungen



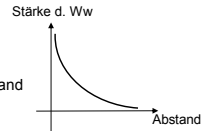
8

Beschreibung der Wechselwirkungen:

- Symmetrie!



- Bei fernwirkenden Ww: Abklingen mit wachsendem Abstand



- Größen und Gesetze:

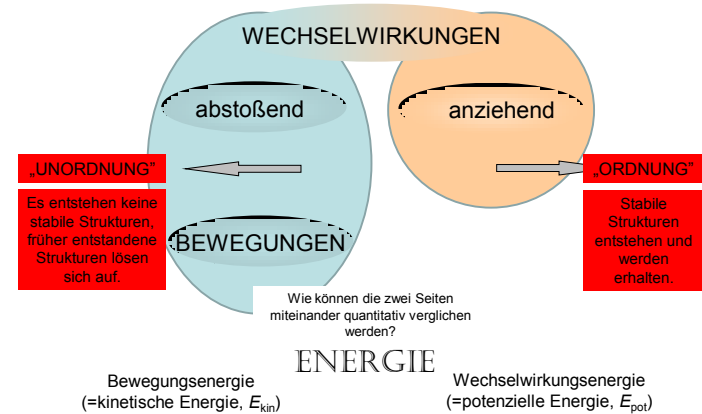
- Kraft, die newtonschen Gesetze und Beispiele für Kraftgesetze
- Arbeit und Energie
- Energieerhaltung
- Leistung
- Druck

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

KRAFT ENERGIE

9

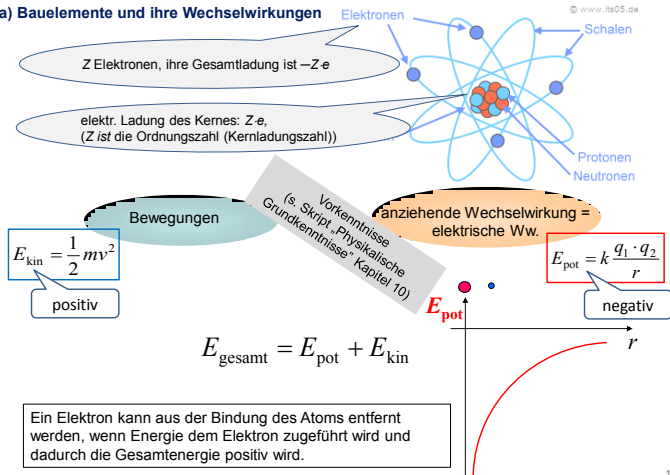
Entstehung von stabilen Strukturen - allgemeine Prinzipien



10

1. Aufbau des Atoms

a) Bauelemente und ihre Wechselwirkungen



11

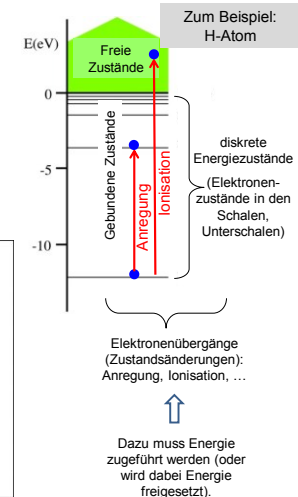
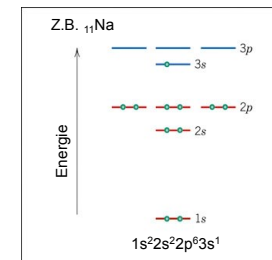
b) Energiezustände und Übergänge

Eine spezielle Eigenschaft der Mikrowelt:

- diskrete (quantisierte) gebundene Energiezustände

Prinzipien bei der Besetzung der Energiezuständen (Schalen, Unterschalen):

- Energieminimum
- Pauli-Prinzip



12

Durch primäre und sekundäre Bindungen (Wechselwirkungen) →

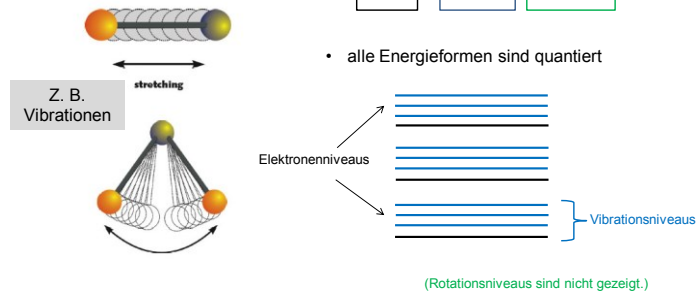
- Moleküle
- Aggregatzustände (flüssige und feste Körper)

2. Energiezustände in Molekülen

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

$$\begin{aligned} &\approx 1 \text{ eV} \\ &\approx 0,1 \text{ eV} \\ &\approx 0,01 \text{ eV} \end{aligned}$$

- alle Energieformen sind quantisiert

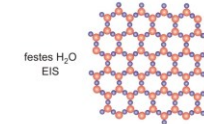
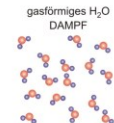
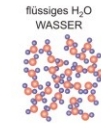


13

II. Aggregatzustände

1. Allgemeine Beschreibung

	Fest	Flüssig	Gasförmig
Eigenvolumen	+	+	-
Eigenform	+	-	-



14

2. Einige grundlegenden Größen zur Beschreibung eines Körpers

Mengengrößen

- Masse (m)
- Volumen (V)
- Stoffmenge (ν)

Avogadro-Konstante (N_A): $N_A = 6,03 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$

- Teilchenanzahl (N)
(Anzahl der Bauelemente (Atome oder Moleküle) im Körper)

$$\nu = \frac{N}{N_A} \quad \text{oder} \quad N = \nu \cdot N_A$$

Bezogene Größen

Stoffmengenbezogen (molare Größen)

- Molare Masse (M)

$$M = \frac{m}{\nu} \quad \text{oder} \quad m = \nu \cdot M$$

Volumenbezogen

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

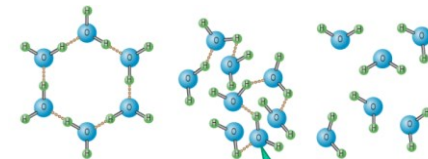
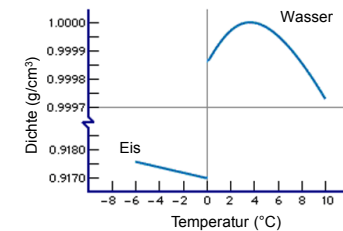
15

Mehr über die Dichte:

Stoff	$\rho \text{ (g/cm}^3\text{)}$
Wasser	1
Fettgewebe	$\approx 0,9$
Blut	$\approx 1,05$
Knochen	$\approx 1,8$
Körporgewebe (Mittelwert)	$\approx 1,04$

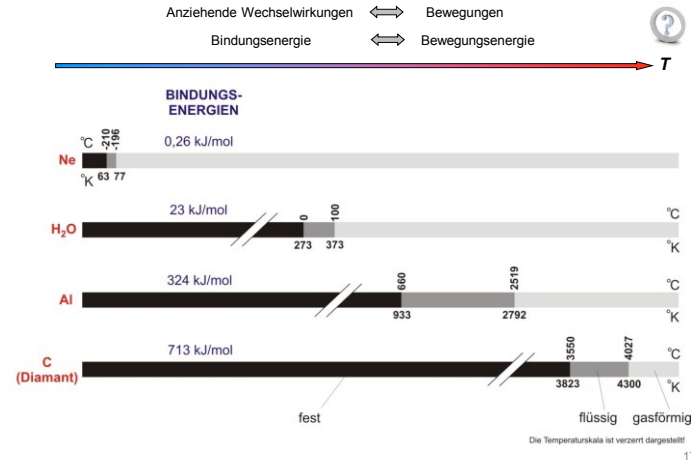
Temperaturabhängigkeit:

$$\rho(T)$$



16

Was entscheidet darüber, in welchem Aggregatzustand sich ein Stoff bei einer gegebenen Temperatur befindet?



Eine andere Form:

durchschnittliche kinetische Energie **von einem Mol**

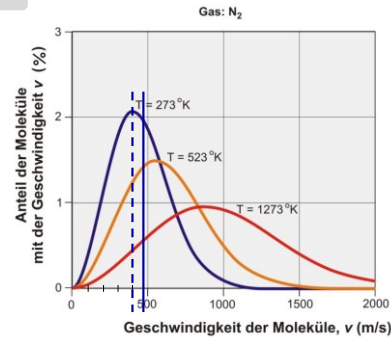
Allgemeine Gaskonstante $R = 8,34 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$

$$\bar{E}_{\text{kin, mol}} = \frac{1}{2} M \bar{v}^2 = \frac{3}{2} RT$$

$RT = \text{„molare thermische Energie“}$

Molare Masse

d) Maxwell-Boltzmann-Verteilung



19

3. Gasförmiger Aggregatzustand

a) Makroskopische Beschreibung:

- Kein Eigenvolumen und keine Eigenform
- Isotrop
- Messbare Größen: p , V , v , T

Druck Volumen Stoffmenge

Vorkenntnisse
(s. Skript „Physikalische
Grundkenntnisse“ Kapitel 9)

allgemeine Gaskonstante
 $R = 8,31 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$

$$pV = \nu RT \quad (\text{für ideale Gase})$$

b) Mikroskopische Beschreibung:

- Ungeordnet
- Starke und fast freie Bewegungen



c) Kinetische Deutung der Temperatur

durchschnittliche kinetische
Energie **eines** Teilchens

Boltzmann-Konstante
 $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

$$\bar{E}_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \bar{v}^2 = \frac{3}{2} kT$$

Masse **eines**
Teilchens

Geschwindigkeit
des Teilchens

Temperatur

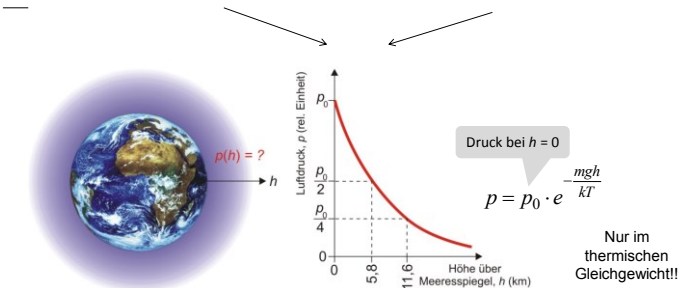
$kT = \text{„thermische Energie“}$

18

e) Barometrische Höhenformel (Gas im Gravitationsfeld)

Gravitation
(ohne Bewegungen, d. h. $T = 0$)

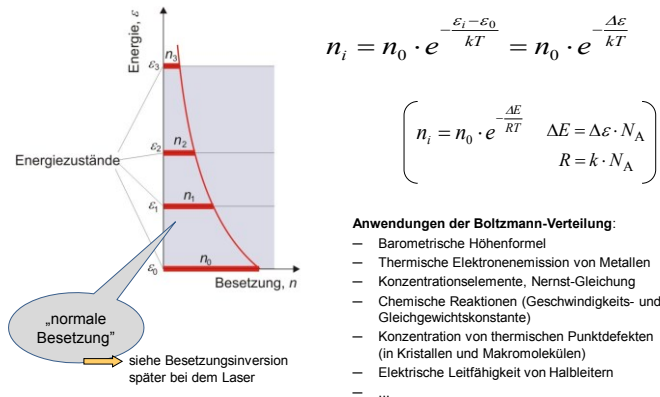
Bewegung
(ohne Gravitation)



20

f) Boltzmann-Verteilung

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



(Gilt aber nicht z. B. bei der Besetzung der Elektronenschalen in einem Atom!)

21

4. Flüssiger Aggregatzustand

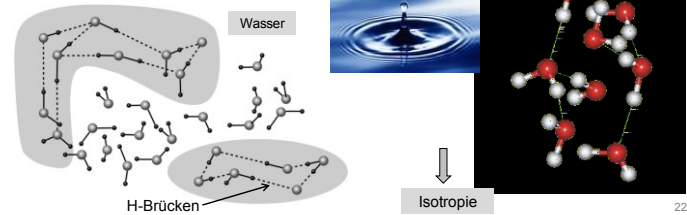
a) Makroskopische Beschreibung:

- Eigenvolumen aber keine Eigenform
- Isotrop
- Viskosität (s. später bei Transportprozessen)



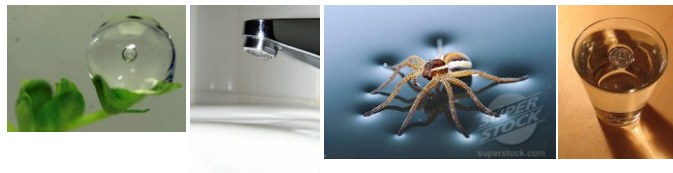
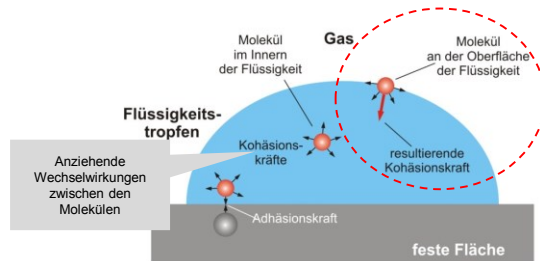
b) Mikroskopische Beschreibung:

- Dynamische Nahordnung
- Mittelstarke Bewegungen



22

c) Oberflächenspannung



23

- Oberflächenspannung, oder spezifische Oberflächenenergie (σ):

Zur Flächenvergrößerung von ΔA nötige Energie

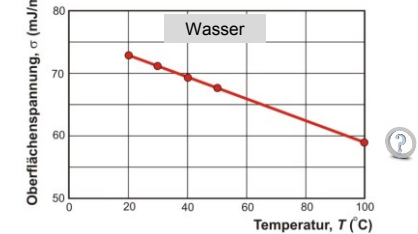
$$\sigma = \frac{\Delta E}{\Delta A} \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{m}^2} = \frac{\text{N}}{\text{m}} \right)$$

Oberflächenvergrößerung

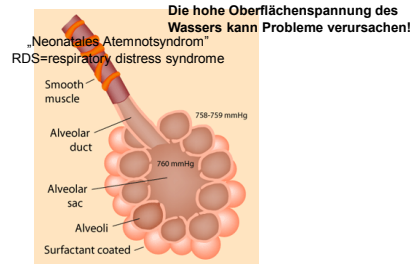
Stoff	$\sigma \text{ (J/m}^2 \text{)}$ *
Wasser	0,073
Blut	0,06
Speichel	0,05
Alkohol	0,023
Quecksilber	0,484

* In Bezug auf Luft, 20°C

Die Temperaturabhängigkeit der Oberflächenspannung:

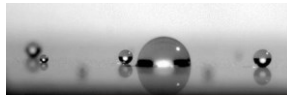


24



Weitere Erscheinungen, wobei die Oberflächenspannung eine Rolle spielt:

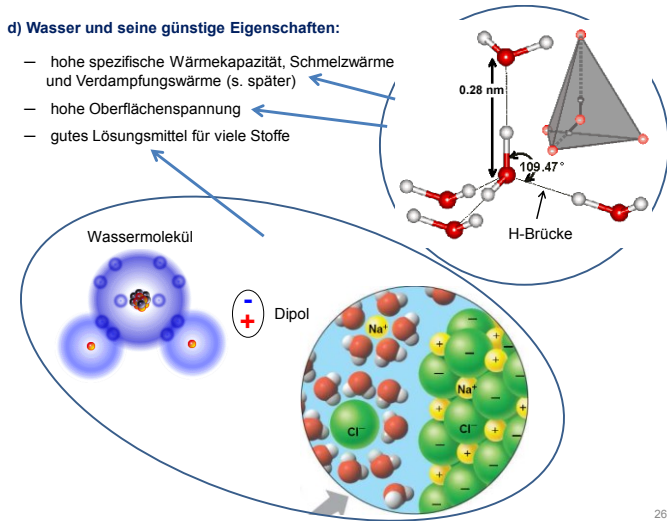
➡ Benetzung



25

d) Wasser und seine günstige Eigenschaften:

- hohe spezifische Wärmekapazität, Schmelzwärme und Verdampfungswärme (s. später)
- hohe Oberflächenspannung
- gutes Lösungsmittel für viele Stoffe



26

Hausaufgaben:

- Aufgabensammlung :
 1. 22, 26, 27, 31, 34, 36, 40



27