

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

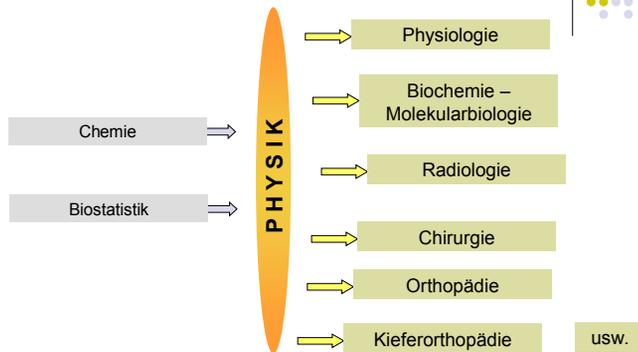
Röntgendiffraktion Optische Spektroskopie Mikroskopie Massenspektrometrie

Lebensprozesse

Diffusion Strömungen Hebelfunktion Wärmestrahlung elektrische Ströme ...

2

Physik in dem medizinischen Curriculum



3

Thematik der Vorlesungen



Unterrichts-woche	Datum	Thema	Vortragender
1	11.09	Einführung. Struktur der Materie, Atomare, molekulare Wechselwirkungen. Aggregatzustände: Gase	Tölgyesi Ferenc
2	18.09	Aggregatzustände: Flüssigkeiten, Festkörper, Flüssigkristalle	Tölgyesi Ferenc
3	25.09	Thermische, elektrische und mechanische Eigenschaften von Stoffen	Tölgyesi Ferenc
4	02.10	Licht in der Medizin. Medizinische Optik	Tölgyesi Ferenc
5	09.10	Lichtenstehung, Emissionsspektrometrie	Tölgyesi Ferenc

Abweichung für Zahnmediziner in den ersten drei Wochen:

Unterrichts-woche	Datum	Thema	Vortragender
1	11.09	Einführung. Biostatistik Deskriptive Statistik	Tölgyesi Ferenc Kaposi András
2	18.09	Deskriptive Statistik	Kaposi András
3	25.09	Deskriptive Statistik	Kaposi András
4	02.10	Licht in der Medizin. Medizinische Optik	Tölgyesi Ferenc
5	09.10	Lichtenstehung, Emissionsspektrometrie	Tölgyesi Ferenc

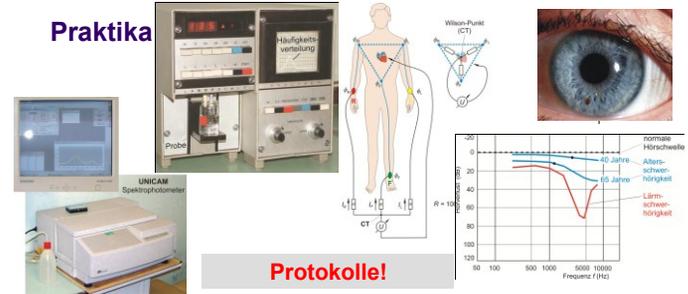
4

6	16.10.	Temperaturstrahlung, IR-Diagnostik, Lumineszenz und ihre Anwendungen	Tölgyesi Ferenc
7	23.10.	----- (unterrichtsfreier Feiertag)	-----
8	30.10.	Wechselwirkungen zwischen Licht und Materie. Reflexion und Streuung	Tölgyesi Ferenc
9	06.11.	Wechselwirkungen zwischen Licht und Materie. Absorptionsspektrometrie	Tölgyesi Ferenc
10	11.11.	Extravorlesung am Dienstag, den 11. November um 18:30 im Szent-Györgyi Saal! Biologische Wirkungen des Lichtes. Laser	Tölgyesi Ferenc
10	13.11.	Das Auge und das Sehen	Tölgyesi Ferenc
11	20.11.	Strahlungen (Überblick) Strukturuntersuchungsmethoden in der Medizin	Tölgyesi Ferenc
12	27.11.	Nuklearmedizin Atomkerne, Radioaktivität	Bérces Attila
13	04.12.	Wechselwirkungen der Kernstrahlungen mit der Materie. Detektoren	Bérces Attila
14	11.12.	Anwendung von Radioisotopen - nuklearmedizinische Verfahren	Bérces Attila

11. Woche: 2. DEMO

5

Praktika



Protokolle!

Hilfsmittel:

- Praktikum Medizinische Physik und Statistik, Semmelweis Verlag
- Biophysik für Mediziner, Medicina Verlag, Budapest
- Physikalische Grundlagen zum Lehrfach Medizinische Biophysik, herunterladbar von der Webseite des Instituts
- Aufgabensammlung zur Medizinischen Biophysik, herunterladbar von der Webseite des Instituts
- 3 Themenkataloge herunterladbar von der Webseite spätestens Montag der 5., 10. bzw. 14. Unterrichtswoche

6

Studienregel

Webseite: <http://biofiz.sote.hu>

Voraussetzungen für die Anerkennung des Semesters:

- Teilnahme an 75% der Vorlesungen und der Praktika
- Annahme der Messprotokolle durch den Praktikumsleiter aus jeder Messung des Semesters
- Mindestens 2 (genügend) (=50%) für die Grundklausur (3. Unterrichtswoche) und für beide Demos des Semesters (in den 6. und 11. Studienwochen). (Alle Zwischenprüfungen können jeweils zweimal wiederholt werden – Termine s. Webseite.)

Grundklausur (schriftlich):

- Etwa 33 Single-Choice-Testfragen (jeweils für 3 Punkte/falsche Antwort -1 Punkt)
(Unter den Testfragen auch leichtere Rechenaufgaben ohne Lösungsweg, nur das richtige Ergebnis ist anzukreuzen.)

Bestanden = 50%

Demo (schriftlich):

- 15 Single-Choice-Testfragen (jeweils für 4 Punkte/falsche Antwort -1 Punkt)
- 2 Rechenaufgaben (jeweils für 20 Punkte)

s. Probedemo unter Dokumenten auf der Webseite

Bestanden:
50% bei den Testfragen
und
50% bei den Rechenaufgaben

7

Befreiung vom Vortest, wenn die zwei Demos im Durchschnitt den 78% erreichen!

Kolloquium:

- **Schriftlicher Vortest** – diegleiche Struktur und Regeln wie bei den Demos, das Bestehen (=50%) ist Voraussetzung zum Antreten die mündliche Prüfung
- **Mündliche Prüfung**
 - 2 Themen aus den 3 Themenkatalogen
 - 1 Praktikumsthema mit Datenauswertung (s. Protokolle)

Alle Protokolle sind auf die Prüfung mitzubringen!

Studienwettbewerb:

- Anfang Mai
- Voraussetzung für die Teilnahme: entweder eine Kolloquiumsnote von 4 oder 5. Bei einer Kolloquiumsnote von 3 ist die Teilnahme noch möglich, falls die zwei Demos im 2. Semester im Durchschnitt den 78% erreichen.

Anerkennung von Scheinen von früheren Studien:

- Ausführliche Thematik – 75%-ige Überlappung der Thematiken
- Benotete Prüfungsscheine

8

Medizinische Biophysik

Struktur der Materie

I. Atome, molekulare Wechselwirkungen

1. Im Allgemeinen über Wechselwirkungen
2. Elektrische Wechselwirkung
 - a) Coulomb-Gesetz:
 - b) elektrische potenzielle Energie (E_{pot})
3. Aufbau des Atoms
 - a) Bauelemente und ihre Wechselwirkungen
 - b) Energiezustände
 - c) Elektronegativität =
4. Atome, molekulare Wechselwirkungen
 - a) Energiekurve
 - b) Primäre Bindungen
 - c) Sekundäre Bindungen
5. Energiezustände in Molekülen

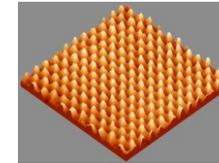
II. Aggregatzustände

1. Allgemeine Beschreibung
2. Einige grundlegenden Größen zur Beschreibung von Körpern:

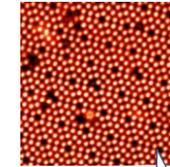
9

Atomarer Aufbau der Materie

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



Graphit

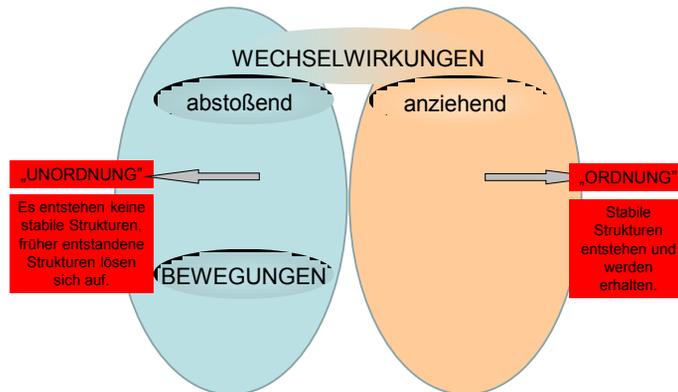


Si-Kristall mit Defekten

Was hält die Atome zusammen?
Warum ist eine Struktur stabil?

10

Entstehung von stabilen Strukturen - allgemeine Prinzipien



11

I. Atome, molekulare Wechselwirkungen

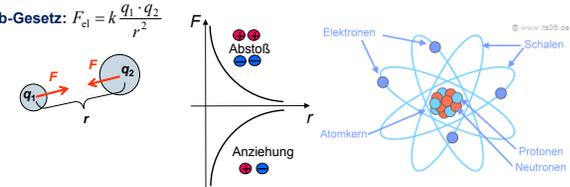
1. Im Allgemeinen über Wechselwirkungen

- a) Kraft, die newtonschen Gesetze und Beispiele für Kraftgesetze
- b) Arbeit und Energie
- c) Energieerhaltung
- d) Leistung
- e) Druck
- f) Elektrische Wechselwirkung – Coulomb-Gesetz

Vorkenntnisse (s. „Physikalische Grundlagen ...“)

2. Elektrische Wechselwirkung

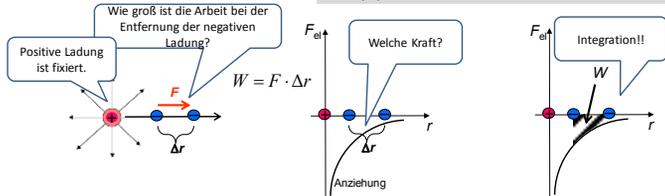
- a) Coulomb-Gesetz: $F_{el} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$



12

b) elektrische potenzielle Energie (E_{pot})

Energie(E): die im System gespeicherte Arbeit
 Arbeit(W): $W = F \cdot s = F \cdot \Delta r$



Berechnen wir die Arbeit, wenn man die negative Ladung bis zum Unendlichen entfernt.
 Da hier F nicht konstant ist:

$$W_{r \rightarrow \infty} = \int_r^{\infty} F dr = \int_r^{\infty} -F_{\text{el}} dr = \int_r^{\infty} -k \frac{q_1 q_2}{r^2} dr = k q_1 q_2 \left[\frac{1}{r} \right]_r^{\infty} = k q_1 q_2 \left(\frac{1}{\infty} - \frac{1}{r} \right) = -k \frac{q_1 q_2}{r}$$

Definition der elektrischen potenziellen Energie (E_{pot}): $E_{\text{pot}} = W_{\infty \rightarrow r}$

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

3. Aufbau des Atoms

a) Bauelemente und ihre Wechselwirkungen



$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2$

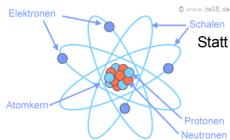
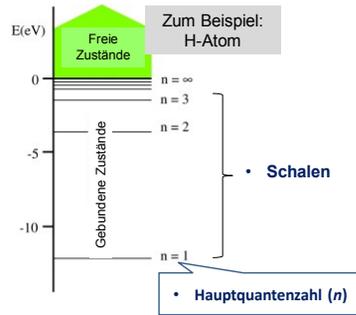
$E_{\text{pot}} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r}$

$E_{\text{gesamt}} = E_{\text{pot}} + E_{\text{kin}} < 0$ → gebundenes Elektron

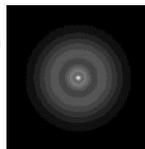
$E_{\text{gesamt}} = E_{\text{pot}} + E_{\text{kin}} > 0$ → freies Elektron

b) Energiezustände

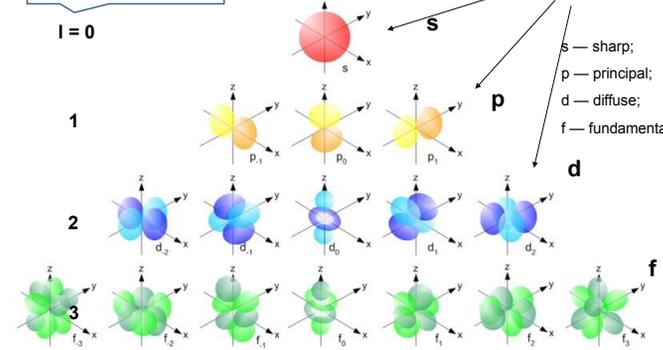
Spezielle Eigenschaft der Mikrowelt:
 — diskrete Energiezustände



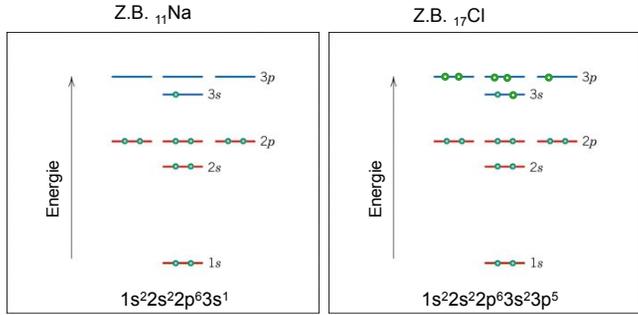
Statt Bahnen eher Elektronenwolken verschiedener Formen



• Nebenquantenzahl (l)



Weitere Prinzipien bei der Besetzung der Energiezustände (Schalen, Unterschalen):
 — Energieminimum
 — Pauli-Prinzip



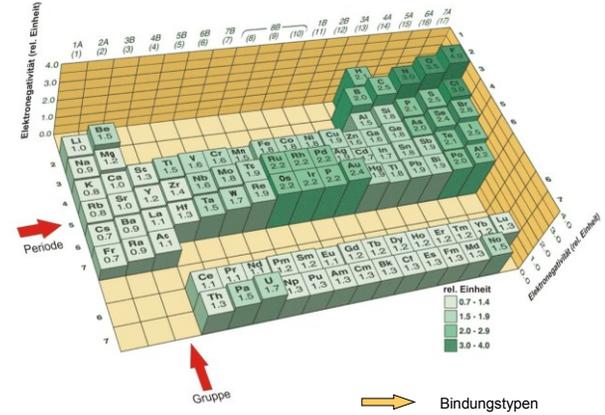
• **Ionisierungsenergie (I):**
Zur Entfernung des äußersten Elektrons benötigte Energie (eV/Atom; kJ/mol)

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

c) **Elektronegativität** = $|I| + |A|$

17

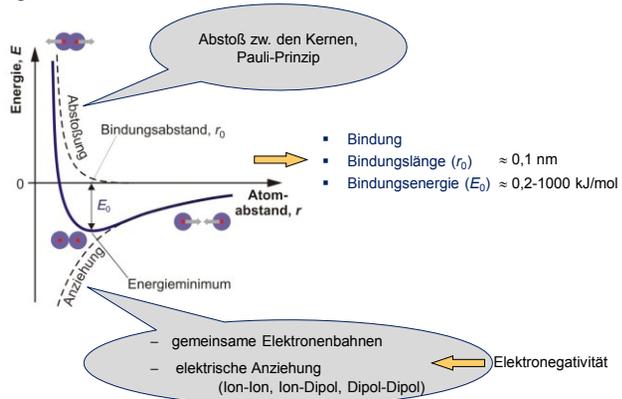
Elektronegativität - Pauling-Skala:



18

4. Atome, molekulare Wechselwirkungen

a) **Energiekurve**

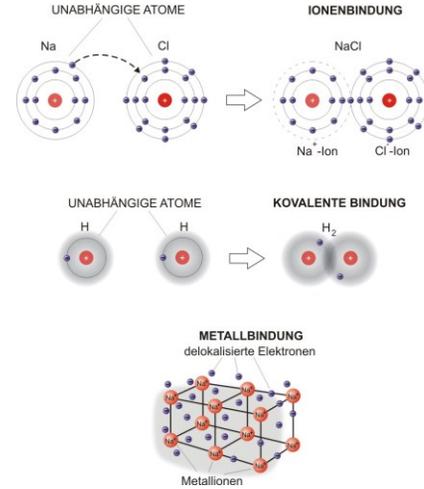


19

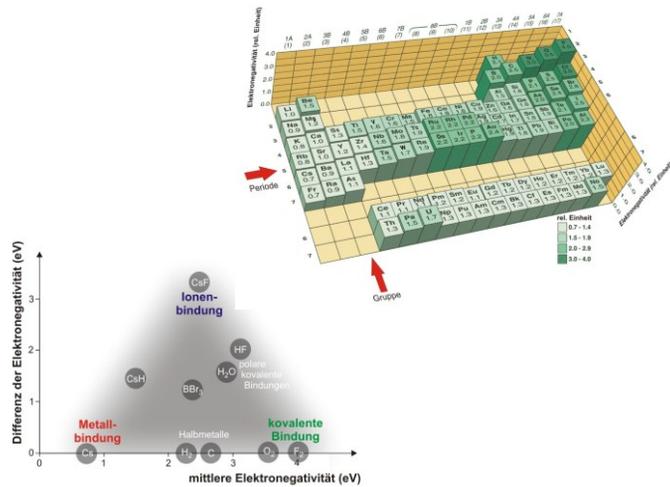
b) **Primäre Bindungen**

- Ionенbindung
- Kovalente Bindung
- Metallbindung

$\approx 100-1000 \text{ kJ/mol}$



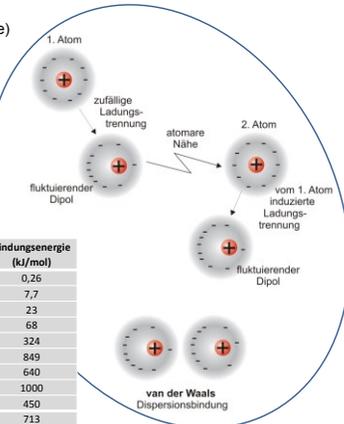
20



21

c) Sekundäre Bindungen ≈ 0,2-50 kJ/mol

- van der Waals (Dipol-Dipol)
 - Orientierung (2 permanente Dipole)
- Induktion (1 permanenter und 1 induzierter Dipol)
- Dispersion
- H-Brückenbindung



Bindungsstärke	Bindungstyp	Material	Bindungsenergie (kJ/mol)
schwach (sekundär)	van der Waals	Neon (Ne)	0,26
	H-Bindung	Argon (Ar)	7,7
stark (primär)	Metallbindung	Wasser (H ₂ O)	23
		Quecksilber (Hg)	68
	Ionenbindung	Aluminium (Al)	324
		Wolfram (W)	849
	kovalente Bindung	NaCl	640
		MgO	1000
		Silizium (Si)	450
		Kohlenstoff (C, Diamant)	713

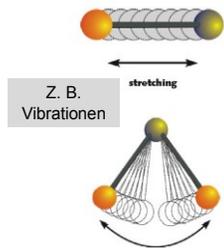
22

Primäre und sekundäre Bindungen → Moleküle, Aggregatzustände (flüssige und feste Körper)

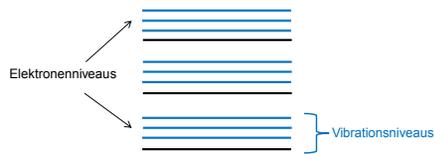
5. Energiezustände in Molekülen

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

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



• alle Energieformen sind quantiert



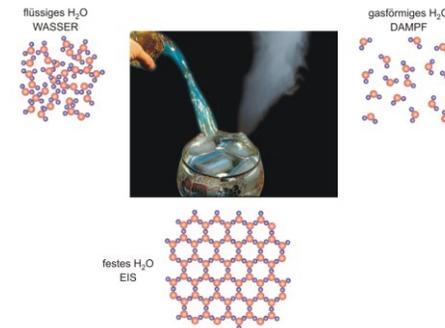
(Rotationsniveaus sind nicht gezeigt.)

23

II. Aggregatzustände

1. Allgemeine Beschreibung

	Fest	Flüssig	Gasförmig
Eigenvolumen	+	+	-
Eigenform	+	-	-



24

2. Einige grundlegenden Größen zur Beschreibung von Körpern:

- Zahl der Bauelemente (Atome oder Moleküle) im Körper (N)
- Stoffmenge (ν) in Mol: 1 mol enthält $6,03 \cdot 10^{23}$ Bauelemente

$$\nu = \frac{N}{N_A}$$

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

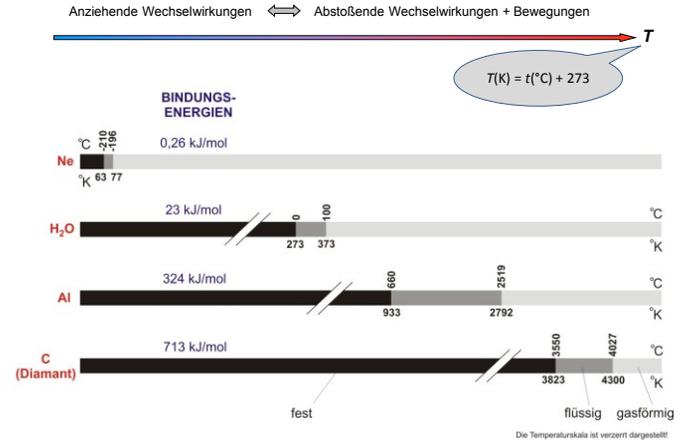
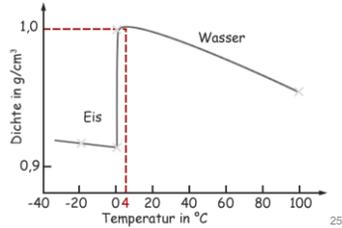
- Masse (m)
- Molare Masse (M): die Masse von einem Mol
- Volumen (V)

$$m = \nu \cdot M$$

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

Temperaturabhängigkeit der Dichte - $\rho(T)$: ?

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



Hausaufgaben:

- Neue Aufgabensammlung : 1.1 - 9
1.17 - 23
1.26 - 32

