



2.1  
~~3.5~~  
 4.7  
 6.3  
 6.5  
~~7.4~~  
~~7.8~~  
~~8.2~~  
 8.3  
 8.5

julia\_kloeckner@web.de

2. Mechanik

1. Welche der folgenden Einheiten ist keine Basiseinheit des Internationalen Einheitensystems (SI)?

- Volt (V)
- Newton (N) ✓ ⇒ b ist richtig
- Candela (Cd) ✓ ✗

2. Welche der folgenden Einheiten ist keine Einheit einer Leistung?

- (...) V · A
  - $\frac{N \cdot m}{s^2}$  ✗
  - (...)  $\frac{Gy \cdot kg}{s}$
- $w = \frac{Kraft}{zeit}$  Leistung =  $\frac{Energie}{zeit}$

3. Ein EKG wird mit einem Schreiber mit konstantem Papiervorschub von  $v = 50mm/s$  aufgezeichnet. Der mittlere Abstand zweier Ausschläge beträgt  $d = 38mm$ . Welchen Herzschlag hat der Proband?

- (...)  $t = 620ms$
  - $t = 750ms$  ✗
  - (...)  $t = 1220ms$
- $\frac{Abstand}{Vorschub} = \frac{d}{v}$

4. Bei einer Zentrifuge wird die Drehzahl von 10000 Umdrehungen/min auf 50000 Umdrehungen/min erhöht. Dies entspricht einer Zunahme der Zentrifugalbeschleunigung um das

- 5-fache ✗
  - (...) 50-fache
  - 25-fache ✗
- $a = \omega^2 \cdot r$   
 $\frac{\omega_2^2}{\omega_1^2}$  ↑ Winkelgeschwindigkeit

5. Ein Körper der Masse  $50kg$  besitzt ein Volumen von  $20dm^3$ . Er ist an einer Federwaage befestigt und vollständig in Wasser eingetaucht. Dann zeigt die Federwaage folgendes Gewicht an:

- (...) 25N
  - (...) 100N
  - 300N ✗
- $\Rightarrow F_G - F_H = 299N$   
 $F_H = 196$   $F_G - F_A =$   
 $50 \cdot 10 - 20 \cdot 10 = 300$

$\frac{v^2}{r} = \omega^2 r$

6. Eine Stahlkugel und eine Styroporkugel mit gleichem Radius werden in zwei gleichlangen evakuierten und senkrecht stehenden Röhren gleichzeitig fallen gelassen. Beide Kugeln kommen gleichzeitig am Boden der Röhren an weil

(...)  $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$  gilt, wobei  $\vec{F}$  die wirkende Kraft und  $\vec{a}$  die resultierende Beschleunigung bezeichnet.

(X) Beim freien Fall die Fallzeit unabhängig von der Masse ist

(...) Die Beschleunigungen der beiden Körper sich umgekehrt wie ihre Massen verhalten.

7. Ein Pkw ( $m = 1000\text{kg}$ ) wird zunächst von 0 auf  $v_0 = 36\text{km/h}$  beschleunigt, wozu eine Energie von  $W_0 = 50\text{kJ}$  benötigt wird. Anschließend wird er von  $v_0$  auf  $v = 72\text{km/h}$  beschleunigt. Für die dazu benötigte Energie  $W$  gilt:

(...)  $W = W_0$

(...)  $W = \frac{1}{2}W_0$

(X)  $W = 3 \cdot W_0$

$$W = \frac{1}{2} m (v^2 - v_0^2) = \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 36^2 - 134400 = 253600 \text{ J}$$

$36 \text{ km/h} = 10 \text{ m/s}$   
 $E = \frac{1}{2} m v^2$   
 $E_1 = 50 \text{ kJ}$   
 $E_2 = 200 \text{ kJ}$   
 $\Delta E = 150 \text{ kJ}$

8. Ein Gas mit Kompressibilität  $\kappa \approx 1\text{bar}^{-1}$  ist unter hohem Druck  $p$  in einem Volumen  $V$  eingeschlossen. Wird ein Ventil des Behälters geöffnet, so gilt für den Zusammenhang zwischen Druckentspannung  $-\Delta p$  und Volumenexpansion  $\Delta V$ .

(X)  $-\frac{\Delta p}{p} = \frac{\Delta V}{V}$

(...)  $-\frac{\Delta p}{V} = \frac{\Delta V}{p}$

(...)  $-\Delta p = \frac{\Delta V}{pV}$

9. Fließt eine Flüssigkeit durch eine zylindrische Röhre, so gilt in einer Verengung der Röhre folgende Aussage:

(X) die Strömungsgeschwindigkeit nimmt ab

(X) die Strömungsgeschwindigkeit nimmt zu

(...) die Strömungsgeschwindigkeit ändert sich nicht

10. Beim Hagen - Poiseuille'schen Gesetz gilt:

(X) der Strömungsleitwert nimmt mit dem Quadrat des Querschnitts zu

(X) der Strömungsleitwert nimmt mit dem Quadrat des Querschnitts ab

(...) der Strömungsleitwert nimmt mit dem Querschnitt zu

$L_w = \frac{\pi R^4}{8 \eta l}$   
 a)  $\uparrow$  Viskosität  $\uparrow$  Länge  
 b) Radius

11. Die Sedimentationsgeschwindigkeit eines globulären Teilchens nimmt

(...) mit wachsendem Radius des Teilchens linear zu

(X) mit wachsendem Radius des Teilchens quadratisch zu

(...) mit wachsender Viskosität des Teilchens linear zu

$$v_s = \frac{2}{9} r^2 g \frac{\rho_a - \rho_f}{\eta}$$

### 3 Thermodynamik

$$k_B = \frac{R}{N_A}$$

1. Die Zustandsgleichung eines idealen Gases lautet

- X (...)  $p = nk_B T$ ,  $n = N/V$
- J (...)  $pT = Nk_B V$
- (...)  $pV = \frac{N}{T} k_B$

$$pV = \overline{RT}$$

↑  
Teilchen

$$p = \frac{N}{V} \cdot \frac{R}{N_A} T$$

2. Der Volumenausdehnungskoeffizient von Wasser besitzt bei 4°C und Normaldruck ( $p = 0.1 \text{ MPa}$ ) eine Nullstelle. Dies ist gleichbedeutend mit

- (...) das spezifische Volumen hat ein Maximum an dieser Stelle
- X (...) die Dichte hat ein Maximum an dieser Stelle
- (...)  $\rho(T, p = \text{const.})$  besitzt einen Sattelpunkt an dieser Stelle

3. Der 1. Hauptsatz der Thermodynamik besagt für ein abgeschlossenes System:

- X (...) Die Summe aus ausgetauschter Wärme ( $\Delta Q$ ) und ausgetauschter Arbeit ( $\Delta W$ ) ist Null, d.h.  $\Delta Q + \Delta W = 0$
- X (...) Die Summe aus ausgetauschter Wärme und ausgetauschter Arbeit ist gleich der Änderung der inneren Energie ( $\Delta U$ ), d.h.  $\Delta Q + \Delta W = \Delta U$
- (...) Die Differenz  $\Delta Q - \Delta W = \Delta U$

1.HS:

Energieerhaltung:

$$\Delta U - Q + W = 0$$

↑            ↑            ↑  
innere Energie    Wärmemenge    Arbeit

4. Bei reversiblen Zustandsänderungen in Systemen in Kontakt mit einem Wärmebad gilt bei  $T = \text{const.}$

- (...)  $dS = TdQ$
- X (...)  $dS = \frac{dQ}{T}$
- (...)  $dQ = \frac{dS}{T}$

chemisches Gleichgewicht:  
gesch. Systeme mit therm. Kontakt

bedeutet:  $dS = 0$

mit  $S$  der Entropie des Systems,  $Q$  der ausgetauschten Wärme und  $T$  der Temperatur

5. In einem idealen (Wasserwert = 0) Kalorimeter stehen 0,2 kg Wasser mit einer Temperatur von 293K in Wärmekontakt mit 0,05 kg Eis mit einer Temperatur von 273K. Nach einer genügend langen Kontaktzeit befinden sich im Kalorimeter (Schmelzwärme von Eis:  $Q_S = 320 \text{ (J/g)}$ , spez. Wärme  $H_2O : 4,2 \text{ (J/(g \cdot K))}$ )

- (...) Eis und Wasser mit einer gemeinsamen Temperatur von 273K
- (...) Wasser mit einer Temperatur von 273K
- X (...) Wasser mit einer Temperatur  $T > 273K$

$$dQ = c_p \cdot dT$$

↑            ↑  
Wärmemenge    spez. Wärme

~~20 K~~

~~10 K~~

$Q_{\text{Eis}} = 16 \text{ kJ}$

$Q_{\text{H}_2\text{O}} = 840 \frac{\text{J}}{\text{K}}$

~~2,875~~

246,125

$$\frac{dQ_1}{c_{p1}} = \frac{dQ_2}{c_{p2}}$$

#### 4. Elektrodynamik

1. Welche Aussage ist richtig?

- (a) Positive Ladungen sind Quellen und negative Ladungen sind Senken des elektrischen Feldes
- (...) Positive Ladungen sind Senken und negative Ladungen sind Quellen des elektrischen Feldes
- (...) Ladungen sind immer Quellen elektrischer Felder

2. Elektrische Felder erzeugen in Dielektrika elektrische Polarisationen. Welche Aussage ist richtig?

- (...) Ein Dielektrikum verstärkt das angelegte Feld um den Faktor  $\epsilon$
- (b) Ein Dielektrikum schwächt das angelegte Feld um den Faktor  $\epsilon$
- (...) Ein Dielektrikum beeinflusst das angelegte Feld nicht

3. In mikroskopischer Schreibweise lautet das Ohm'sche Gesetz

- (...)  $\sigma \cdot \vec{j}(\vec{r}) = \vec{E}(\vec{r})$
- (a)  $\vec{j}(\vec{r}) = \sigma \cdot \vec{E}(\vec{r})$
- (...)  $\vec{j}(\vec{r}) = \rho \cdot \vec{E}(\vec{r})$

wobei mit  $\sigma$  die elektrische Leitfähigkeit und mit  $\rho$  der spez. Widerstand bezeichnet ist.

4. Eine Glühlampe trägt folgende Daten: 60W, 220V. Im Betrieb fließt daher ein Strom von

- (...)  $I = 3,67A$
- (b)  $I = 0,273A$
- (...)  $I = 0,367A$

5. Für die Lorentzkraft auf ein bewegtes, geladenes Teilchen in einem magnetischen Feld gilt

- (...) Sie nimmt mit wachsender Feldstärke ab
- (a) Sie ist proportional zum Skalarprodukt gebildet aus dem Vektor der Teilchengeschwindigkeit  $\vec{v}(\vec{r})$  und dem Vektor der magnetischen Kraftflußdichte  $\vec{B}$
- (...) Sie ist stets senkrecht zur momentanen Teilchengeschwindigkeit  $\vec{v}$  und zur Kraftflußdichte  $\vec{B}$

6. Für die Eigenfrequenz  $\omega_0$  eines freien elektrischen Schwingkreises gilt

- (...)  $\omega_0 = L \cdot C$
- (...)  $\omega_0 = \frac{R}{2L}$
- (c)  $\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$

$L = \text{Selbstinduktivität der Spule}$   
 $[ \frac{V \cdot s}{A} = \text{Henry} ]$

7. Wird ein elektrischer Schwingkreis von aussen durch eine Wechselspannung (Wechselstrom) mit variabler Frequenz angetrieben, so gilt

- die Resonanzüberhöhung der Spannungs- bzw. Strom-Amplitude nimmt mit steigendem Ohmschen Widerstand ab
- die Resonanzüberhöhung der Spannungs- bzw. Strom-Amplitude nimmt mit wachsender Differenz der Wechselstromimpedanzen  $(\omega L - \frac{1}{\omega C})$  zu

7. a)

## 5 Akustik

1. Die Schallgeschwindigkeit in Flüssigkeiten erhöht sich

- mit steigender Dichte der Flüssigkeit
- mit steigender Kompressibilität der Flüssigkeit
- mit steigendem Kompressionsmodul der Flüssigkeit

$$c^2 = \frac{K}{\rho}$$

2. Die Reflexion einer Schallwelle an der Grenzfläche zweier Medien hängt ab

- von der Differenz der Quadrate der Schallgeschwindigkeiten in beiden Medien
- vom Quadrat der Schallimpedanz  $Z_1$  im EinfallsmEDIUM 1
- vom Quadrat der Differenz der Schallimpedanzen in beiden Medien

7. a)

$$R = \left( \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right)^2$$

↑  
Reflexionskoeffizient

3. Beim akustischen Dopplereffekt erhöht sich die Frequenz des Schallsignals

- wenn sich der Empfänger auf die Quelle zubewegt
- wenn sich die Quelle vom Empfänger wegbewegt
- wenn sich der Empfänger von der Quelle wegbewegt

a)

4. Das Weber - Fechner'sche Gesetz lautet

$Lst(x) = \log \left( \frac{I(x)}{I(x=0)} \right) [Phon]$

$Lst(x) = 10 \cdot \log \left( \frac{I(x)}{I(x=0)} \right) [Phon]$

$Lst(x) = 10 \cdot \log \left( \frac{I^2(x)}{I^2(x=0)} \right)$

b)

wobei mit  $Lst(x)$  die Lautstärke am Ort  $x$  und mit  $I(x)$  die Intensität am Ort  $x$  bezeichnet ist.

## 6 Optik

1. Die Abbildungsgleichung einer einfachen Linse lautet

(...)  $\frac{1}{f} = \frac{g}{b}$

(...)  $\frac{1}{g} = \frac{1}{f} - \frac{1}{b}$

(...)  $\frac{1}{g} = \frac{1}{f} + \frac{1}{b}$

$b = \text{Bildweite}$   
 $g = \text{Gegenstandsweite}$   
 $f = \text{Brennweite}$

b)

2. Beim Übergang des Lichts vom optisch dünneren (1) in ein optisch dichteres (2) Medium gilt

(...)  $c_1 < c_2$

(...)  $c_2 = \frac{n_1}{n_2} c_1$

(...)  $\lambda_1 < \lambda_2$

$\frac{c_1}{\lambda_1} = c_1 \cdot n_2$

$c_{\text{Vak}} = c_1 \cdot n_1$   
 $c_{\text{Vak}} = c_2 \cdot n_2$

b)

wobei mit  $c_i$  die Phasengeschwindigkeit des Lichts im Medium  $i$  bezeichnet ist und  $n_i$  den Brechungsindex des Mediums  $i$  und  $\lambda_i$  die Wellenlänge des Lichts im Medium  $i$  bezeichnet.

3. Bei der Lichtzerlegung am Prisma gilt

(...) rotes Licht wird stärker gebrochen als blaues Licht

(...) blaues Licht wird stärker gebrochen als rotes Licht

(...) grünes Licht wird stärker gebrochen als blaues Licht



b)

4. Die Gesamtvergrößerung beim Lichtmikroskop kann erhöht werden, wenn

(...) Linsen mit großer Brennweite gewählt werden

(...) eine kleine Tubuslänge gewählt wird

(...) Linsen mit hoher Brechkraft gewählt werden

c)

5. Für die numerische Apertur  $A$  des Objektivs eines Lichtmikroskops gilt in guter Näherung

(...)  $A \approx n \cdot \cos(\alpha)$

(...)  $A \approx \frac{\lambda}{f}$

(...)  $A \approx \phi \cdot R$

$A = n \cdot \sin \alpha$

a)?

wobei mit  $\alpha$  der halbe Öffnungswinkel des Objektivs, mit  $\phi$  die Brechkraft der Linse, mit  $n$  der Brechungsindex und mit  $R$  der Radius des Objektivs bezeichnet ist.

6. Das Auflösungsvermögen beim Mikroskop kann erhöht werden, wenn

(...) ein Objektiv mit möglichst kleinem Durchmesser gewählt wird

(...) ein Objektiv mit kleiner numerischer Apertur gewählt wird

(...) eine möglichst kurze Wellenlänge verwendet wird

c)

7. Mit einem Lichtmikroskop können Objekte noch aufgelöst werden, die größer sind als

- (...)  $d_{obj} > 550nm$
- (...)  $d_{obj} > 550\mu m$
- (...)  $d_{obj} > 0,250\mu m$

a)

8. Das primäre Bild beim Mikroskop

- (...) bezeichnet das reelle Zwischenbild, das vom Objektiv erzeugt wird
- (...) die Beugungsbilder der Lichtquelle, die in der Brennebene des Objektivs entstehen
- (...) das vom Okular erzeugte virtuelle Bild des betrachteten Objekts

b)

9. Durchdringt eine Lichtwelle einen Absorber der Normdicke  $x_n$ , so gilt für die Intensität des austretenden Lichts

- (...)  $J(x_n) = J(x=0) \exp(\mu x_n)$
- (...)  $J(x_n) = J(x=0) \exp(-\frac{\mu}{x_n})$
- (...)  $\log\left(\frac{J(x=0)}{J(x_n)}\right) = \log(e) \cdot \mu \cdot x_n$

c)

wobei mit  $\mu$  der Absorptionskoeffizient bezeichnet wird

10. Das Lambert - Beer'sche Gesetz lautet

- (...)  $J(x) = J(x=0) \exp(-x/\mu)$
- (...)  $J(x) = J(x=0) \exp(-\mu \cdot x)$
- (...)  $J(x) = J(x=0) \exp(-\sigma_E \cdot n \cdot x)$

d)

wobei mit  $\sigma_E$  der Absorptionswirkungsquerschnitt der Absorbermoleküle und mit  $\mu$  der Absorptionskoeffizient bezeichnet wird.

## 7 Röntgenstrahlung

1. Der Bohr'sche Radius beträgt beim Wasserstoff Atom

- (...)  $r_H = 5,29(nm)$
- (...)  $r_H = 0,529(nm)$
- (...)  $r_H = 52,9(pm)$

e)

2. Das Pauli-Prinzip besagt:

- (...) Zwei Elektronen in einem Atomorbital müssen sich in mindestens einer der vier Quantenzahlen eines Elektrons unterscheiden.
- (...) Je zwei Elektronen eines Atoms müssen sich in ihrer Spin-Quantenzahl unterscheiden.

a)

(...) Alle Elektronen eines Atoms befinden sich im Gleichgewicht im elektronischen Grundzustand

3. Die Anodenspannung einer Röntgenröhre beträgt typischerweise

~~X~~ (...)  $U_A = 10 \dots 100 \text{ (keV)}$

(...)  $U_A = 10 \dots 100 \text{ (MeV)}$

(...)  $U_A = 500 \text{ (V)}$

4. Der Wirkungsgrad  $\eta$  einer Röntgenröhre mit Wolfram Anode ( $Z = 74, U_A = 100 \text{ kV}$ ) beträgt typischerweise

~~X~~ (...)  $\eta = 0,74\%$

(...)  $\eta = 7,4\%$

(...)  $\eta = 74\%$

*Wirkungsgrad ca. < 1%*

5. Für die Grenzwellenlänge  $\lambda_{\min}$  des Röntgenbremskontinuums gilt nach dem Duane - Hunt'schen Gesetz

~~X~~ (...)  $U_A \cdot \lambda_{\min} = \text{constant}$

(...)  $\frac{U_A}{\lambda_{\min}} = \text{constant}$

(...)  $U_A \propto \lambda_{\min}$

$$\lambda_{\min} = \frac{c \cdot h}{e \cdot U}$$

EES:

$E_{\text{erdt.}} = E_{\text{strahlung}}$

6. Für die Abschätzung der Lage der Röntgenlinien einer Röntgenröhre gilt:  $E_n = -13,6 \text{ (eV)} \cdot \left(\frac{Z}{n}\right)^2$ . Für Wolfram ( $Z = 74, e \cdot U_A = 74,5 \text{ (keV)}$ ) ergibt dies eine Wellenlänge von

(...)  $\lambda = 22 \text{ (nm)}$

~~X~~ (...)  $\lambda = 0,022 \text{ (nm)}$

(...)  $\lambda = 50 \text{ (nm)}$

$$\lambda_{\text{Grenz}} = \frac{1240}{U_{\text{Anode in [eV]}} \text{ [nm]}}$$

55 keV

7. Wird Röntgenstrahlung an einem LiF Kristall mit Netzebenenabstand  $d$  reflektiert, so kann nach der Bragg'schen Reflexionsbedingung ein Röntgenreflex am Detektor beobachtet werden, wenn gilt:

(...)  $2 \sin(\theta) = z \cdot \lambda \cdot d$

~~X~~ (...)  $2 \cdot d \cdot \sin(\theta) = z \cdot \lambda$

(...)  $2 \cdot d \cdot \lambda = \frac{z}{\sin(\theta)}$

$$n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin \theta$$

wobei  $\theta$  das Komplement des Einfallswinkels bezeichnet.

8. Bei der Absorption von Röntgenstrahlung bezeichne  $(\rho \cdot x_e)$  die zur Eindringtiefe  $x_e$  gehörige Massenbelegung. Dann gilt:

~~X~~ (...)  $\rho \cdot x_e = \frac{1}{\mu}$

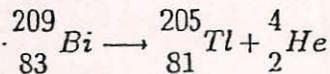
~~X~~ (...)  $\rho \cdot x_e = \frac{\rho}{\mu}$

(...)  $\frac{\rho}{x_e} = \frac{\rho}{\mu}$

wobei  $\rho$  die Massendichte und  $\mu$  gemäss dem Lambert'schen Absorptionsgesetz den Absorptionskoeffizient bezeichnet

## 8. Radioaktivität

1. Betrachten Sie folgendes Zerfallsschema:



Dabei handelt es sich um

- (X) einen  $\alpha$ -Zerfall
- (...) einen  $\beta^+$ -Zerfall
- (...) einen  $\beta^-$ -Zerfall

2. Das Spektrum eines  $\beta$ -Zerfalls ist kontinuierlich, weil

- (...) die emittierten Elektronen beim Zerfall eines Neutrons im Kern eine beliebige Energie  $E \leq E_{\max}$  als Bewegungsenergie mitbekommen
- (X) neben den Elektronen beim Zerfall auch noch Anti-Neutrinos entstehen und die Bindungsenergie des Elektrons im Nukleon statistisch auf beide Teilchen verteilt wird.
- (...) Die Bindungsenergie beim Zerfall eines Neutrons im Kern statistisch auf Elektron und Proton verteilt wird.

3. Wie hängt die Aktivität  $A(t)$  eines radioaktiven Präparates mit der Zahl der zum Zeitpunkt  $t$  noch vorhandenen Kernen  $N(t)$  des radioaktiven Nuklids zusammen?

- (...)  $A(t) = -N(t)$
- (...)  $A(t) = -\lambda \cdot \frac{dN(t)}{dt}$
- (X)  $A(t) = \lambda \cdot N(t)$

wobei  $\lambda$  die Zerfallskonstante darstellt.

4. Die Reichweite von  $\alpha$ -Teilchen mit einer Energie von ca. 1 MeV beträgt in Luft etwa

- (X) 1 cm
- (...) 1 mm
- (...) 1 m

5. Die Aktivität  $A(t)$  eines radioaktiven Präparates beträgt zum Zeitpunkt  $t_0$  gerade  $A(t_0) = 10^3 \text{ s}^{-1}$ . Wieviele Kerne  $N(t_0)$  sind zu diesem Zeitpunkt vorhanden, wenn die Halbwertszeit des Präparates  $t_{1/2} = 115 \text{ min.}$  beträgt?

- (X)  $N(t_0) = 10^7 > N(t)$
- (X)  $N(t_0) = 0,69 \cdot 10^6$
- (...)  $N(t_0) = 1,15 \cdot 10^5$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$$

$$N(t) = \frac{A(t)}{\lambda}$$

10

$$A = \frac{\Delta N}{\Delta t}$$

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \quad \text{gl. } N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

$$\lambda = 1,005 \cdot 10^{-4}$$

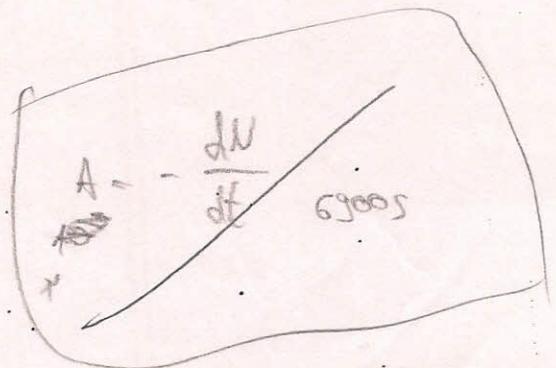
$$N(t) = 9954595,78$$

$$N_0 = \frac{N(t)}{e^{-\lambda t}}$$

$$N_0 = \frac{A(t)}{e^{-\lambda t} \cdot \lambda}$$

$$A(t) = N(t) \cdot \lambda = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \cdot \lambda$$

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$



$$A \cdot dt = -dN$$

$$10^3 \text{ s}^{-1} \cdot 6900 \text{ s} = 6900$$

## Röntgenstrahlung

$$E_{\text{kin}} = e \cdot U_A \\ = \frac{1}{2} \cdot m_e \cdot v_A^2$$

$$P = I_{e^-} \cdot U_A$$

$$E_{\text{Photon}} = h \cdot \nu \\ = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

$$c = \lambda \cdot \nu$$

- kurze Wellenlänge
- $U_A = 10 - 100 \text{ kV}$
- $E_{\text{kin}} = 100 \text{ keV}$
- $P = 1 \text{ kW}$
- $\eta = 10^{-9} \cdot e \cdot U_A < 1\%$

$$\text{Intensität} = \frac{\text{Energie}}{\text{Flächeneinheit} \cdot \text{Zeit}}$$

## Quanten-Hunt

$$h\nu_{\text{max}} = \frac{h \cdot c_0}{\lambda_{\text{min}}} = e U_A$$

$$\lambda_{\text{Röntgen}} = 0,05 \text{ nm}$$

$$N = I_{\nu} / h \cdot \nu$$

↑  
Quantenstromdichte

↑  
Energiestromdichte

## Röntgenlinien

$$E_n = -13,6 \text{ [eV]} \cdot \left( \frac{Z}{n} \right)^2$$

↑  
Ionisierungsenergie des H-Atoms

↑  
Hauptqz.

## Bragg

$$2 \cdot d \cdot \sin \Theta = z \cdot \lambda$$

## Absorption

lin. Schwächungskoeff.

$$I(x) = I_0 \cdot \exp(-\mu x)$$

$$= I_0 \cdot \exp\left(-\frac{\mu}{\rho} \cdot \rho x\right)$$

↑  
Massenschwächkoeff.

↑  
Dichte

↑  
Massenbedeckung

$$x_e = \text{Schwächkoeff.} = 1/\mu$$

$$d_{1/2} = \text{Halbwertschicht} = \ln 2 / \mu = 0,693 \cdot x_e$$

Energiedosis  $D_E = \frac{\Delta E}{\Delta m} \text{ [J/kg = Gy]}$

Iondosis  $D_I = \frac{\Delta Q}{\Delta m} \text{ [A-s/kg]}$

Strahlenbelastung:

- natürlich  $\sim 1 \text{ mGy/Jahr}$
- Tumor 30-100 Gy
- Röntgen 1-100 mGy
- tödlich (Ganzkörper) 10 Gy

Äquivalenzdosis  $D_q = q \cdot D_E \text{ [J/kg = Sv]}$

↑  
Bewertungs-  
faktor  
1-20

Radius H-Atom:  $0,529 \text{ \AA} \approx 10^{-11} \text{ m}$

Stokesche Regel & Franck-Condon-Prinzip:  $h\nu \approx h\nu_0$

Stefan-Boltzmann-Gesetz:

Strahlungsstrom  $\Phi_E = \sigma \cdot T^4$

↑  
Stefan-  
Boltzmann-  
konst.

UV-VIS : 180 - 800 nm  
(VIS : 400 - 800 nm)

## Fourier

$$y(t) = a_0 + \sum_{k=1}^n a_k \cos(k\omega_0 t) + \sum_{k=1}^n b_k \sin(k\omega_0 t)$$

→ Grundschwingung + Oberschwingung

$$\text{alt.: } x(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} c_k e^{ik\omega_0 t}$$

---

## Fouriertransf.

$$x(t) \rightarrow x(t - \tau)$$

FT ↓

$$x(\omega)$$

FT ↓

$$x(\omega) e^{-i\omega\tau}$$

---

## Diffusion

diff. Koef. =  $D = \frac{kT}{f_R}$   
(Einstein-Beziehung)

Walden-Produkt:  $D \cdot \eta = \text{const}$   
 $T = \text{const}$

stokes Reibungskoeff.:  $f_R = 6\pi r \eta$

stokes - Einstein-Beziehung:

$$D = \frac{kT}{6\pi r \eta}$$

---

## 1. Ficksches Gesetz:

→ stationär

$$j_x = -D \left( \frac{dc(x)}{dx} \right)_t = P \cdot \Delta c$$

↑  
stromdichte

↑  
Permeabilität  $P = \frac{D}{d} \leftarrow$  stochp

$$I_x = -D \cdot A \cdot \left( \frac{dc(x)}{dx} \right)_t$$

↑  
stromstärke

↑  
diff. koef. [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]

Gradient:  $\frac{\Delta c}{\Delta x}$

Snellius (Brechungsgesetz):

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2}$$

Drehmoment

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$$

Brechkraft:

$$\gamma = \frac{n}{\rho} \left[ \frac{d\rho}{dt} \right] \left[ m^{-1} \right]$$

Gravitation

$$F_G = \gamma \cdot \frac{m \cdot M}{r^2}$$

$\vec{g}$  = Erdbeschl.  
= Grav.feldstärke

↳ Gravitationskonstante

Newtonsche Axiome

1. Körperbewegung nur durch Kraft
2.  $F = m \cdot a$
3. Actio = Reactio

Freier Fall

$$s = \frac{1}{2} g t^2$$

$$v = g \cdot t$$

Reibung:

$$F_R = \mu \cdot N$$

Stokes Reibung:

$$F_R = 6\pi \cdot r \cdot \eta \cdot v$$

Widerstände:

Serie:  $R_{ges} = \sum_i R_i$

Parallel:  $\frac{1}{R_{ges}} = \sum_i \frac{1}{R_i}$

$$U = \sum_i U_i$$

$I = const.$

$U = const.$

$$I = \sum_i I_i$$

Reihe: Spannungsteilung

$$\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$$

Parallel: Stromteilung

$$\frac{I_1}{R_1} = \frac{I_2}{R_2}$$

Hookesches Gesetz

$$\sigma = E \cdot \epsilon$$

↳ Elastizitätsmodul

mech. Spannung

elastische Dehnung

$$F = D \cdot s$$

↳ Dehnung  
↳ Federkonstante  
↳ Zugkraft

$$E_{pot} = F_G \cdot h$$

Druck:

$$p = \frac{F}{A}$$

Hydrostatischer Druck:

$$p = \rho \cdot h \cdot g$$

Abbildungsformelung:

einfache Linse:

$$\frac{1}{g} = \frac{1}{f} - \frac{1}{b}$$

→ Brennweite  
→ Gegenstandsweite

→ Bildweite

$$E = h \cdot \nu$$

$$c = \lambda \cdot \nu$$

Übergang in optisch dichteres Medium:

$$\frac{c_2}{c_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

→ Brechungsindex  
→ Phasengeschwindigkeit des Lichts

Licht mit geringerer Wellenlänge wird stärker gebrochen!

Lichtgeschwindigkeit

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Wellen / Schwingungen

harmonisch

$$A(\vec{r}, t) = A_0 \sin(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})$$

→ Amplitude  
→ Auslenkung  
→ Kreisfrequenz  
→ Phase  
→ Phasenwinkel

optimale Vergrößerung beim Lichtmikroskop

- großer Linsenabstand

- kleine Brennweiten

- hohe Brechkraft

$$P = \frac{n}{f}$$

Wellenlänge

$$V_M = \frac{c}{f_{obj}} \cdot \frac{s}{f_{okul}}$$

→ deutliche Schwärze

numerische Apertur

$$A = n \cdot \sin \alpha$$

Auflösungsvermögen

$$A_v = \frac{n \cdot \sin \alpha}{\lambda}$$

Absorption

→ Dicke

$$\text{Extinction} = \log\left(\frac{I_0}{I(x)}\right) = \log(e) \cdot \mu \cdot x$$

→ Intensität

→ Absorptionskoeffizient

Lambert-Beer

$$I(x) = I_0 \cdot \exp(-\sigma \cdot n \cdot x)$$

→ Absorptionswirkungsschnitt

Leistung =  $\frac{\text{Energie}}{\text{Zeit}}$  bzw.  $\frac{\text{Arbeit}}{\text{Zeit}}$

$$P = \frac{W}{t}$$

$$[W] = [J/s]$$

$$= [V \cdot A]$$

$$= [kg \cdot m^2 / s^3]$$

$$= [N \cdot m / s]$$

$$\text{Arbeit } W = F \cdot s$$

$$\text{Kraft } F = m \cdot a$$

Zentrifugalbeschleunigung

$$a = \omega^2 \cdot r$$

↳ Radius

↳ Winkelgeschwindigkeit

~~Antrieb~~

~~$F_A \hat{=} \text{Gewicht der verdrängten Flüssigkeit}$~~

~~Körper in Wasser:~~

$$F_{Gw} = F_{GL} - F_A$$

Kinetische Energie

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

Durch  $\rightarrow$  Druckspannung  $\rightarrow$  Volumenerpansion

$$-\frac{\Delta p}{p} = \frac{\Delta V}{V}$$

~~Hagen-Poiseuille  
Strömungskoeffizient~~

~~$$L_w = \frac{r^4}{8 \eta l}$$~~

↳ Radius

↳ Länge

↳ Viskosität

~~Sedimentationsgeschwindigkeit~~

~~$$v_s = \frac{2}{9} r^2 g \frac{\rho_k - \rho_l}{\eta}$$~~

~~ideales Gas~~

~~$$pV = nRT$$~~
~~$$p = nk_B T$$~~
~~$$k_B = \frac{R}{N_A}$$~~

$n = \frac{N_A}{V}$

Thermodynamik

1. HS (Energieerhaltung):

$$\Delta U = \Delta Q + \Delta W = 0$$

↳ inner Energie

↳ Wärmemenge

↳ Arbeit

im abgeschl. System

Entropie (~~...~~)

$$dS = k \cdot \ln W$$

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

geschl. Systeme  
mit therm. Kontakt

ZHS:

isoliert:  
bzw. reversibel

$$dS = 0$$

irreversibel:

$$dS > 0$$

Wärmemenge

$$dQ = C \cdot dT$$

↳ spez. Wärme

↳ Wärmemenge

E-Feld

$$E = \frac{E_0}{\epsilon_r}$$

↳ relative Dielektrizitätskonstante

↳ E-Feldstärke

Elektr. Leistung

$$P = U \cdot I$$

Ohmsches Gesetz

$$\vec{j}(\vec{r}) = \sigma \cdot \vec{E}(\vec{r})$$

↳ elektr. Feldstärke

↳ Stromdichte

↳ elektr. Leitfähigkeit

Lorentzkraft

$$\vec{F}_L = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$$

↳ magnet. Kraftausdrücke

↳ Teilchengeschwindigkeit

↳ Ladung

Schwingkreis

frei:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{L \cdot C}}$$

↳ Kapazität

↳ Eigenfrequenz

↳ Selbstinduktivität der Spule

Schallgeschwindigkeit

$$c^2 = \frac{K}{\rho}$$

↳ Kompressionsmodul

in Flüssigkeiten

$$H_2O: 1485 \text{ m/s}$$

$$\text{Luft: } 355 \text{ m/s}$$

Reflexion von Schallwellen

$$R = \left( \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right)^2$$

↳ Reflexionskoeffizient

↳ Impedanz

Weber-Fechner:

$$Lst(x) = 10 \cdot \log \left( \frac{I(x)}{I_0} \right) [\text{Phon}]$$

## Röntgenröhre

Anodenspannung:  $U_A = 10$  bis  $100$  keV

Wirkungsgrad:  $\eta < 1\%$

## Grenzwellenlänge (Duane-Hunt)



$$\lambda_{\min} = \frac{c \cdot h}{e \cdot U_A} \quad \begin{matrix} [\text{nm}] \\ \rightarrow [\text{eV}] \end{matrix}$$



$$\lambda_{\min} = \frac{1240}{U_A}$$

## Bragg

$$\Delta = n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin \theta$$

↳ Gangunterschied

↳ Glanzwinkel  
(zwischen Strahl und Netzebene)  
↳ Abstand der  
Kristallebenen

Frequenz:

$$\nu = \frac{1}{t}$$

Kreisfrequenz:

$$\omega = 2\pi \cdot \nu$$

## Radioaktiver Zerfall

$$A(t) = \lambda \cdot N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \cdot \lambda$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad \text{Halbwertszeit}$$

A: Aktivität

N: Kernanzahl

$\lambda$ : Zerfallskonstante

$$A = \frac{\Delta N}{\Delta t}$$

~~VdW-Gleichung:~~

$$\left( p + \frac{a \cdot n^2}{V^2} \right) \cdot (V - b \cdot n) = n \cdot R \cdot T$$

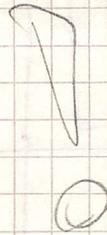
de Broglie (Materie)

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$$



Spektrallinien:

$$\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R_H \cdot \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$



## 2. Ficksches Gesetz

→ Diff. gl.

→ nicht stationär

$$\frac{\partial c(x,t)}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c(x,t)}{\partial x^2}$$

$$\mu = \frac{dG}{dN} = \frac{pdV}{dN}$$

$$\pi = c_s RT$$

↑  
Osm. Druck

↑  
Konz.  $\times$   $\frac{1}{\text{Fläche}}$

$\sim \ln(x_w)$   
in konz. Lsg.

## Thermodyn. Fundamentalgl.

$$Tds = du - \mu dN + pdV - x dx$$

$$dG = \mu dN + x dx$$

Onsager:  $L_{ij} = L_{ji}$

Transp. Flussgl.:  $\Delta \vec{\mu} = L^{-1} \cdot \vec{J} = R \cdot \vec{J}$

## NMR

$$E = h\nu$$

$$\omega_0 = \gamma B_0 \quad \text{Resonanzbedingung}$$

## Lambert-Beer

$$I = I_0 \exp(-\epsilon_{\text{abs}} \cdot N \cdot l)$$

$$= I_0 \cdot 10^{-\epsilon \cdot c \cdot l}$$

$$\text{OD} = \log\left(\frac{I_0}{I}\right) = \epsilon \cdot c \cdot l$$

↑  
mol. Ext. Koef.

## Transmission

$$T = I/I_0$$

## Extinktion

$$d \cdot \epsilon \sim -\log \langle T \rangle$$

## Infrarot

$$\lambda: 760 \text{ nm} - 1 \text{ mm}$$

$$\tilde{\nu}: ~~15000~~ \rightarrow 10 \text{ cm}^{-1} - 13000 \text{ cm}^{-1}$$

$$E: ~~15~~ 0,001 \text{ eV} - 1,5 \text{ eV}$$

$\Delta E_{\text{e-Übergang}} > 2 \text{ eV} \Rightarrow$  keine e-Übergänge bei Infrarot

Dipolmoment

$$M = p \cdot E$$

$$\text{Dipolmoment } \vec{p} = q \cdot \vec{r}$$

$$\omega^2 = \frac{k}{m} \leftarrow \text{Bind.stärke}$$

↑  
Eigenfrequenz

$$E_{\text{pot}} = \frac{1}{2} k \cdot (\Delta r)^2$$

$$= \omega \cdot \Delta r \cdot m$$

↑  
effektive Masse

Phonen = elastischer Quant

$$E_{\text{vib}} = h\nu \left(n + \frac{1}{2}\right)$$

↑  
Vib. qz.

$$RT = 300 \text{ K} \approx 25 \text{ meV}$$

## Polarisiertes Licht

$$\alpha = \frac{180}{20} (n_L - n_R) \cdot d \text{ [grad]}$$

## Elliptizität

$$\Theta = A \cdot c \cdot (E_L - E_R) \cdot d$$

$$= \arctan(b/a)$$

## kleine Elliptizitäten

$$\tan \Theta \approx \Theta = \frac{\Delta T}{4 \cdot \langle T \rangle}$$

## Circulardichroismus

$$\Delta \epsilon \approx \frac{\Delta T}{\langle T \rangle} \cdot \frac{1}{\ln 10}$$

# Radioaktivität

Kernvolumen  $V = \frac{4\pi}{3} \cdot (1,2 \cdot 10^{-15})^3 \cdot A_r \text{ [m}^3\text{]}$

Densität  $\rho = 2 \cdot 10^{17} \text{ [}\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\text{]}$

$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$

Aktivität  $A = \frac{\text{Zahl der Strahlungsemissionsrate}}{\text{Zeit}}$

$A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \text{ [s}^{-1} = \text{Bq]}$

$(\log A = \log A_0 - \lambda \cdot t \cdot \log e)$

$A(t) = - \frac{dN(t)}{dt} = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = \lambda \cdot N(t)$

Anzahl  $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

$dN = -\lambda \cdot N \cdot dt$

Halbwertszeit:  $\frac{N_0}{2} = N_0 \exp(-\lambda \cdot t_{1/2})$

$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$

Mittlere Lebensdauer:  $\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} = 1,44 \cdot t_{1/2}$

Photoeffekt:  $E = e \cdot U = E_{\text{kin}} \equiv h\nu - W_A$   
↑  
Ausrichtungsarbeit  
Arbeitsfunktion

$\alpha$ -Teilchen:  $E \approx 1-5 \text{ MeV}$

E zur Freisetzung eines Ionenpaars:  $E_I \approx 30 \text{ eV}$