

Alles sollte so einfach wie möglich gemacht werden, aber nicht einfacher.
— Albert Einstein



Physik

Formelsammlung

Dr. Florian Leupold
Kantonsschule Uster

14. August 2024

Inhaltsverzeichnis

1 Physik Allgemein	3
1.1 Physikalische Grössen	3
1.2 Messung und Messungenauigkeit	3
2 Klassische Mechanik	4
2.1 Kinematik	4
2.2 Dynamik des Massenpunkts	6
2.3 Fluidstatik	9
2.4 Starrer Körper	9
3 Thermodynamik	10
3.1 Temperatur und Ausdehnung	10
3.2 Ideales Gas	10
3.3 Zustandsänderungen und Wärmemengen	11
3.4 Wärmetransport	11
4 Elektrizität	12
4.1 Elektrostatik	12
4.2 Gleichstrom	14
4.3 Magnetismus und Induktion	15
4.4 Wechselstrom (AC)	16
5 Kernphysik	17
6 Schwingungen und Wellen	18
6.1 Harmonische Schwingung	18
6.2 Harmonische Welle	18
6.3 Strahlenoptik	19
6.4 Akustik	19
6.5 Wellenoptik	20
A Mathematik	24
A.1 Geometrie	24
A.2 Algebra	24
A.3 Proportionalitäten und Funktionen	25
A.4 Vektoren	26
A.5 Differentialrechnung	27
A.6 Komplexe Zahlen	28
B Tabellen	29

Fehler und Anmerkungen bitte adressieren an: florian.leupold@ksuster.ch.

1. Physik Allgemein

1.1. Physikalische Grössen

Grössenwert	$G = \{G\} \cdot [G]$	$\{G\}$: Zahlenwert $[G]$: Einheit
Signifikante Stellen	Aussagekräftige Ziffern einer Zahl, d.h. die erste von Null verschiedene Stelle bis zur Rundungsstelle.	
Faustregel Multiplikation	Das Ergebnis bekommt genauso viele signifikante Stellen wie die Zahl mit den wenigsten signifikante Stellen	
Faustregel Addition	Das Ergebnis bekommt genauso viele Nachkommastellen wie die Zahl mit den wenigsten Nachkommastellen.	

1.2. Messung und Messungenauigkeit

Arithmetischer Mittelwert wiederholter Messungen	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	x_i : i -ter Messwert n : Anzahl Messwerte
Standardabweichung	$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$	68 % aller Messwerte zwischen $\bar{x} - s$ und $\bar{x} + s$
Mittlerer Fehler von \bar{x}	$\Delta x = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$	
Angabe des Resultats	$x = \bar{x} \pm \Delta x$	
Relativer Fehler von \bar{x}	$\delta x = \frac{\bar{x}}{\Delta x}$	$[\delta x] = \%$

Quellen schliessen ein:

- DMK, DPK, DCK, *Formeln, Tabellen, Begriffe*, Orell Füssli Verlag, 6. Auflage (2017)
- Wikipedia

2. Klassische Mechanik

2.1. Kinematik

Ort, Geschwindigkeit, Beschleunigung

Zeitpunkt ↔ Zeitintervall	$t_1, t_2 \leftrightarrow \Delta t = t_2 - t_1$	$[t] = \text{s}$
Ort ↔ Verschiebung	$x_1, x_2 \leftrightarrow \Delta x = x_2 - x_1$	$[x] = \text{m}$
Mittlere Geschwindigkeit	$\bar{v}_x = \frac{\Delta x}{\Delta t}$	$[v] = \text{m/s}$
Momentane Geschwindigkeit	$v_x = \frac{dx}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$	$(v = v_x : \text{Tempo})$
Mittlere Beschleunigung	$\bar{a}_x = \frac{\Delta v_x}{\Delta t}$	$[a] = \text{m/s}^2$

Gleichmässig beschleunigte Bewegung

Ort, Position:

$$x = x_0 + v_{x,0} \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a_x \cdot t^2$$

$$v_x = \frac{dx}{dt} \quad \left. \vphantom{\frac{dx}{dt}} \right\} \Delta x = \bar{v}_x \cdot \Delta t$$

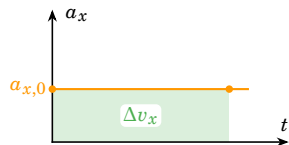
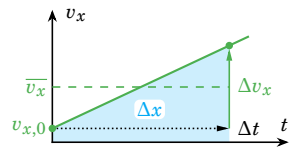
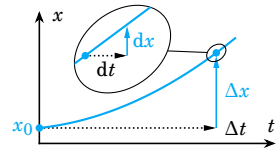
Geschwindigkeit:

$$v_x = v_{x,0} + a_x \cdot t$$

$$a_x = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} \quad \left. \vphantom{\frac{\Delta v_x}{\Delta t}} \right\} \Delta v_x = a_x \cdot \Delta t$$

Beschleunigung:

$$a_x = \text{konstant}$$



Spezielle Formeln

$$v_x^2 = v_{x,0}^2 + 2a_x(x - x_0) \quad (\text{ohne } t)$$

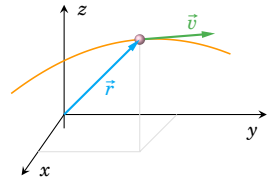
$$x = x_0 + \frac{v_x + v_{x,0}}{2} \cdot t \quad (\text{ohne } a_x)$$

Räumliche Bewegung

Ortsvektor, Geschwindigkeit $\vec{r} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}, \quad \vec{v} = \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{pmatrix}$

Geschwindigkeit $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$

Bahngeschwindigkeit $v = |\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$



Gleichmässig beschleunigte Bewegung $\vec{a} = \text{konst.}$

$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$

$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2$

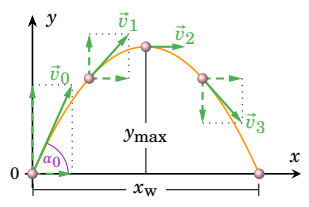
$\vec{a} = 0$: unbeschleunigt
 \vec{v}_0 : Startgeschwindigkeit
 \vec{r}_0 : Startort
 g : Ortsfaktor

Schiefer Wurf $\vec{a} = \begin{pmatrix} 0 \\ -g \end{pmatrix}$

$y = x \tan \alpha_0 - \frac{g \cdot x^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha_0}$

$y_{\text{max}} = \frac{v_0^2}{2g} \sin^2 \alpha_0$

$x_w = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha_0$



Gleichförmige Kreisbewegung ($\omega = \text{konst.}$)

Umlaufzeit T

Frequenz $f = \frac{1}{T}$

Winkelkoordinate $\varphi = \frac{b}{r}$

Winkelgeschwindigkeit $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$

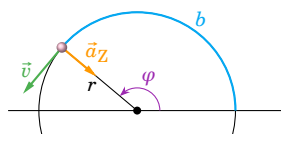
Bahngeschwindigkeit $v = r\omega$

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

Kreisbahnbedingung $\vec{F}_{\text{res}} = m\vec{a}_Z$

$[T] = \text{s}$
 $[f] = \text{Hz (Hertz)}$
 $[\varphi] = \text{m/m} = \text{rad (Radiant)}$
 b : Bogenlänge
 r : Kreisbahnradius

$[\omega] = \text{rad/s} = \text{s}^{-1}$



2.2. Dynamik des Massenpunkts

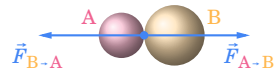
Masse	m	$[m] = \text{kg}$
Dichte	$\rho = \frac{m}{V}$	$[\rho] = \text{kg/m}^3$ $[V] = \text{m}^3$ (Volumen)

Newton'sche Gesetze

Trägheitsprinzip (NEWTON I) In einem Inertialsystem beschleunigt ein Körper nicht, wenn die Summe der an ihm angreifenden Kräfte Null ist.

Aktionsprinzip (NEWTON II) $\vec{F}_{\text{res}} = m\vec{a}$ $[F] = \text{kgm/s}^2 = \text{N}$ (Newton)

Wechselwirkungsprinzip
(Actio = Reactio, NEWTON III) $\vec{F}_{\text{B-A}} = -\vec{F}_{\text{A-B}}$



Kräfte

Gewichtskraft, Gewicht	$F_G = mg$	g : Fallbeschleunigung
Federkraft (HOOKE'sches Gesetz)	$F_F = Dy = D(l - l_0)$	$[D] = \text{N/m}$ Federkonstante y : Dehnung (positiv) l_0 : Länge entspannte Feder
Normalkraft	F_N	senkrecht zur Kontaktfläche
Haftkraft	$F_H \leq F_H^{(\text{max})} = \mu_H F_N$	μ_H : Haftreibungskoeffizient
Gleitreibungskraft	$F_{GR} = \mu_G F_N$	μ_G : Gleitreibungszahl
Rollreibungskraft	$F_{RR} = \mu_R F_N$	μ_R : Rollreibungszahl
Strömungswiderstand	$F_W = \frac{1}{2} c_W A \rho_{\text{fl}} v^2$	$[c_W] = 1$ (Widerstandszahl) A : Stirnfläche ρ_{fl} : Dichte des Fluids v : Relativgeschwindigkeit

Energetik

Energie

Energieerhaltung beim abgeschlossenen System

$$E$$

$$E = \sum_i E_i = \text{konst.}$$

$$[E] = \text{Nm} = \text{Ws} = \text{J (Joule)}$$

E : Gesamtenergie
 E_i : Teilenergien

Potenzielle Energie

$$E_{\text{pot}} = mgh$$

h : Höhe über Bezugsniveau

Kinetische Energie

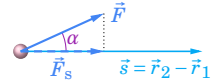
$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} mv^2$$

Spannenergie einer Feder

$$E_F = \frac{1}{2} Dy^2$$

Arbeit ($\vec{F} = \text{konst.}$)

$$W = \vec{F} \cdot \vec{s} = F_s \cdot s = F s \cos \alpha$$



Reibungsarbeit

$$W_R = \vec{F}_R \cdot \vec{s} = -F_R s$$

ΔE : Energieänderung

Energie und Arbeit beim geschlossenen System

$$\Delta E = \sum_i \Delta E_i = W$$

$$W > 0 \quad \text{vs.} \quad W < 0$$

verrichtet *am/vom* System

Leistung (mittlere)

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

$$[P] = \text{J/s} = \text{W (Watt)}$$

Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{W_{\text{nutz}}}{W_{\text{zu}}} = \frac{P_{\text{nutz}}}{P_{\text{zu}}}$$

$$[\eta] = \%$$

Impuls und Stöße

Impuls

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

$$[p] = \text{kgm/s}$$

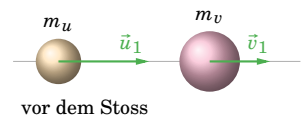
Impulserhaltung

$$\sum_i \vec{p}_i = \text{konst.}$$

Vollk. elastischer Stoß

$$\vec{u}_2 = \frac{(m_u - m_v)\vec{u}_1 + 2m_v\vec{v}_1}{m_u + m_v}$$

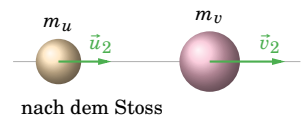
$$\vec{v}_2 = \frac{(m_v - m_u)\vec{v}_1 + 2m_u\vec{u}_1}{m_u + m_v}$$



Vollk. inelastischer Stoß

$$\vec{u}_2 = \vec{v}_2 = \frac{m_u\vec{u}_1 + m_v\vec{v}_1}{m_u + m_v}$$

$$\Delta E_{\text{kin}} = -\frac{m_u m_v (\vec{u}_1 - \vec{v}_1)^2}{2(m_u + m_v)}$$



KEPLER'sche Gesetze

Bahnkurve (KEPLER I)

Ellipse mit M in einem der beiden Brennpunkte.

Perihel P: sonnennächster Punkt

Aphel A: sonnenernster Punkt

Flächensatz (KEPLER II)

$$\frac{\Delta A}{\Delta t} = \text{konst.}$$

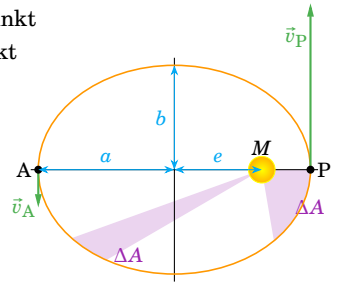
$$\frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{(a - e)}{2} v_P = \frac{(a + e)}{2} v_A$$

KEPLER III

$$\frac{a^3}{T^2} = \text{konst.} \left(= \frac{GM}{4\pi^2} \right)$$

Numerische Exzentrizität

$$\varepsilon = \frac{e}{a}$$



e : lineare Exzentrizität

Gravitation und KEPLER-Bahnen

Gravitationskraft

$$\vec{F}_{Gr} = -G \frac{mM}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$$

(Massenpunkte oder Kugeln)

G : Gravitationskonstante

M : Masse des Zentralkörpers

\vec{r} : Abstandsvektor

Potenzielle Energie

$$E_{pot} = -G \frac{mM}{r}$$

$E_{pot} = 0$ für $r \rightarrow \infty$

Gravitationspotenzial

$$\Phi = \frac{E_{pot}}{m} = -G \frac{M}{r}$$

$\Phi = 0$ für $r \rightarrow \infty$

Perihel-Geschwindigkeit

$$v_P = \sqrt{\frac{GM}{a} \frac{a+e}{a-e}}$$

Aphel-Geschwindigkeit

$$v_A = \sqrt{\frac{GM}{a} \frac{a-e}{a+e}}$$

1. kosmische Geschwindigkeit

$$v_1 = \left(\frac{GM}{r} \right)^{1/2}$$

Kreisbahngeschwindigkeit

2. kosmische Geschwindigkeit

$$v_2 = \left(\frac{2GM}{r} \right)^{1/2}$$

Fluchtgeschwindigkeit

Gesamtenergie

$$E = -G \frac{mM}{2a}$$

Vis-Viva-Gleichung

$$v = \sqrt{GM \cdot \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)}$$

2.3. Fluidstatik

Druck	$p = \frac{F_N}{A}$	$[p] = \text{N/m}^2$ F_N : Kraft \perp Fläche A
Gesamt- und Schweredruck (inkompressible Fluide)	$p = p_0 + p_S$ $p_S = \rho_{\text{fl}} g h$	p_0 : Druck an der Oberfläche ρ_{fl} : Dichte des Fluids h : Eintauchtiefe im Fluid
Barometrische Höhenformel	$p = p_0 \cdot e^{-\frac{\rho_0 g}{p_0} \cdot h}$	ρ_0, p_0 : Werte bei $h = 0$ (ideales Gas, T konstant)
Auftrieb	$F_A = m_{\text{fl}} g = \rho_{\text{fl}} V_v g$	m_{fl} : verdrängte Fluidmasse V_v : verdrängtes Volumen

2.4. Starrer Körper

Drehmoment	$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$ $M = r F \sin \varphi = r F_{\perp}$	$[M] = \text{Nm}$ $\varphi = \angle(\vec{r}, \vec{F})$
Gleichgewichtsbedingungen	$\vec{F}_{\text{res}} = \sum_i \vec{F}_i = 0$ $\vec{M} = \sum_i \vec{M}_i = 0$	Kräftegleichgewicht Drehmomentengleichgewicht (Bezugspunkt frei wählbar)

3. Thermodynamik

Thermodynamisches System	Ein thermodynamisches System ist ein wohl definierbares Teilstück der Welt, beschrieben durch Zustandsgrößen wie Temperatur, Druck, Volumen und Teilchenzahl.	
• offenes System:	Energie- und Materieaustausch mit der Umgebung	
• geschlossenes System:	Energie-, aber kein Materieaustausch mit der Umgebung	
• abgeschlossenes System:	weder Energie- noch Materieaustausch mit der Umgebung	

3.1. Temperatur und Ausdehnung

Temperaturskalen	$\{T\} = \{\vartheta\} + \{T_n\}$	$[T] = \text{K}; [\vartheta] = ^\circ\text{C}$ $T_n = 273.15\text{K}$ (Normtemp.)
Temperaturdifferenz	$\{\Delta T\} = \{\Delta\vartheta\}$	
Längenausdehnung	$\Delta l = \alpha l_0 \Delta T$	$[\alpha] = \text{K}^{-1}$ (LA-Koeffizient) l_0 : Anfangslänge
Volumenausdehnung	$\Delta V = 3\alpha V_0 \Delta T = \gamma V_0 \Delta T$	$[\gamma] = \text{K}^{-1}$ (VA-Koeffizient) V_0 : Anfangsvolumen

3.2. Ideales Gas

Stoffmenge	$n = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$	$[n] = \text{mol}$ N : Teilchenzahl N_A : AVOGADRO-Konstante
Molare Masse	$M = \frac{m}{n} = N_A \cdot m_M$	$[M] = \text{kg/mol}$ m : Masse der Substanz m_M : Teilchenmasse
Zustandsgleichung	$pV = nRT = Nk_B T$	R : univers. Gaskonstante k_B : BOLTZMANN-Konstante
Mittlere Translationsenergie	$\bar{E}_{\text{kin},M} = \frac{1}{2} m_M \bar{v}^2 = \frac{3}{2} k_B T$	
Teilchengeschwindigkeiten	$\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$ $v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$ $v_w = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$	

3.3. Zustandsänderungen und Wärmemengen

Wärmemenge, innere Energie	Q, U	$[Q] = [U] = J$
Erster Hauptsatz der Thermodynamik	$\Delta U = Q + W$	$Q > 0$: Wärme zugeführt $W > 0$: verrichtet am System
Spezifische Wärmekapazität c	$Q_c = cm\Delta T$	$[c] = J/(kgK)$
Spez. Schmelzwärme L_f	$Q_f = L_fm$	$[L_f] = J/kg$
Spez. Verdampfungswärme L_v	$Q_v = L_vm$	$[L_v] = J/kg$
Spez. Heizwert H	$Q_H = Hm$	$[H] = J/kg$

3.4. Wärmetransport

Wärmeleitfähigkeit λ	$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = -\lambda A \frac{\Delta T}{\Delta x}$	$[\lambda] = W/(Km)$ A : Querschnittfläche $\Delta T/\Delta x$: Temperaturgradient
Wärmedurchgangskoeff. U	$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = -UA\Delta T$	$[U] = W/(Km^2)$ ΔT : Differenz innen–ausen
Wärmestrahlung (STEFAN-BOLTZMANN-Gesetz)	$P = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \varepsilon\sigma AT^4$	ε : Emissionszahl σ : STEFAN-BOLTZMANN-K. A : Oberfläche T : Oberflächentemperatur

Licht und Schwarzkörperstrahlung

Lichtgeschwindigkeit c	$c = \lambda f$	λ : Wellenlänge f : Frequenz
Photonenenergie	$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$	h : PLANCK'sches Wirkungsq.
WIEN'sches Verschiebungsges.	$\lambda_{\max}T = b$	λ_{\max} : λ des Strahlungsmax. b : WIEN'sche Konstante

4. Elektrizität

4.1. Elektrostatik

Ladung	Q, q	$[Q] = [q] = \text{As} = \text{C}$ (Coulomb)
Elektrische Feldstärke	\vec{E}	$[E] = \text{V/m} = \text{N/C}$
Elektrische Kraft	$\vec{F}_E = q \cdot \vec{E}$	
Spannung	$U_{AB} = \frac{W_E(A-B)}{q}$	$[U] = \text{J/C} = \text{V}$ (Volt) W_E : Arbeit vom E-Feld
Potenzial	$\varphi(A) - \varphi(B) = U_{AB}$ $\varphi(A) = U_{AZ}$	$[\varphi] = \text{V}$ Z: Bezugspunkt mit $\varphi(Z) = 0$

Punktladung

COULOMB'sches Gesetz für die elektrische Kraft	$\vec{F}_E = k_C \frac{qQ}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$	k_C : Coulomb-Konstante \vec{r} : Abstandsvektor
Elektrische Feldstärke	$\vec{E} = k_C \frac{Q}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$	
Potenzial	$\varphi = k_C \frac{Q}{r}$	Bezugspunkt bei $r \rightarrow \infty$

Homogenes Feld

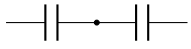
Elektrische Arbeit	$W_E = \vec{F}_E \cdot \vec{s} = q\vec{E} \cdot \vec{s}$ $= qEs \cdot \cos(\varphi)$	\vec{s} : Verschiebung $\varphi = \angle(\vec{E}, \vec{s})$
Spannung	$U_{AB} = \vec{E} \cdot \vec{s}$ $= Es \cdot \cos(\varphi)$	$\vec{s} = \overrightarrow{AB}$ $\varphi = \angle(\vec{E}, \vec{s})$

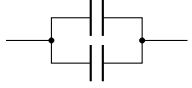
Kondensator

Kapazität $C = \frac{Q}{U}$ $[C] = C/V = F$ (Farad)

Kapazität eines Plattenkondensators $C = \epsilon_0 \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$
 ϵ_0 : elektrische Feldkonstante
 ϵ_r : relative Permittivität
 A : Fläche einer Platte
 d : Plattenabstand; $d \ll \sqrt{A}$

Spannung $U = Ed$

Serieschaltung $\frac{1}{C_{\&}} = \sum_i \frac{1}{C_i}$ 

Parallelschaltung $C_{\parallel} = \sum_i C_i$ 

Elektrische Energie im geladenen Kondensator $E_E = \frac{QU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$

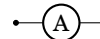
4.2. Gleichstrom

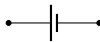
Stromstärke	$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$	$[I] = \text{A (Ampere)}$
Technische Stromrichtung	Flussrichtung positiver Ladungsträger	
Widerstand (absolut)	$R = \frac{U}{I}$	$[R] = \text{V/A} = \Omega \text{ (Ohm)}$
OHM'sches Gesetz	$R = \text{konst.} \Rightarrow U \propto I$	
Spezifischer Widerstand ρ_E	$R = \rho_E \frac{l}{A}$	$[\rho_E] = \Omega \text{m}$ l/A : Leiterlänge/-querschnitt


Schaltzeichen


 Schalter

 Widerstand


 Amperemeter

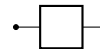
 Batterie

 Glühlampe

 Voltmeter

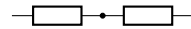
 Spannungsquelle

 Erdung

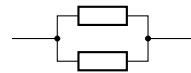
 Gerät

Kombination von Widerständen

Serieschaltung $R_{\&} = \sum_i R_i$



Parallelschaltung $\frac{1}{R_{\parallel}} = \sum_i \frac{1}{R_i}$



Umwandlung elektrischer Energie

Leistung $P = UI$

verrichtet *vom* elektr. Strom

JOULE'sche Wärme $P = RI^2 = \frac{U^2}{R}$

4.3. Magnetismus und Induktion

Magnetfelder und Kräfte im magnetischen Feld

Magnetische Flussdichte	\vec{B}	$[B] = \text{Vs/m}^2 = \text{T (Tesla)}$
Magnetische Permeabilität	$\mu = \mu_r \mu_0$	μ_0 : magn. Feldkonstante μ_r : relative Permeabilität
Magnetfeld eines unendlich langen, geraden Leiters	$B = \frac{\mu}{2\pi} \cdot \frac{I}{r}$	r : Abstand zum Leiter
Magnetfeld in einer langen, dünnen Zylinderspule	$B = \mu \cdot \frac{NI}{l}$	N : Anzahl Windungen l : Länge der Spule
Magnetfeld im Zentrum einer HELMHOLTZ-Spule	$B = \left(\frac{4}{5}\right)^{3/2} \cdot \frac{\mu NI}{R}$	R : Spulenradius
Magnetische Kraft auf stromführenden Leiter	$\vec{F}_B = I \cdot \vec{l} \times \vec{B}$ $F_B = IlB \cdot \sin(\varphi)$	\vec{l} : Leiterrichtung $\varphi = \angle(\vec{l}, \vec{B})$
Magnetische Kraft auf bewegte Ladung	$\vec{F}_B = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$ $F_B = q vB \cdot \sin(\varphi)$	\vec{v} : Geschwindigkeit $\varphi = \angle(\vec{v}, \vec{B})$
Drei-Finger-Regel	Daumen: I/\vec{v} — Zeigefinger: \vec{B} — Mittelfinger: \vec{F}_B	

Induktion

Magnetischer Feldfluss	$\Phi_m = \vec{B} \cdot \vec{A} = BA \cdot \cos \alpha$	\vec{A} : Flächennormale $\alpha = \angle(\vec{B}, \vec{A})$
Induktionsgesetz (FARADAY)	$U_{\text{ind}} = -N \cdot \frac{d\Phi_m}{dt}$	(Ableitung nach der Zeit)
LENZ'sche Regel	Die Induktionswirkung hemmt ihre eigene Ursache.	
Induktivität und induzierte Spannung in einer schlanken Zylinderspule	$L = \mu \cdot \frac{N^2 A}{l}$ $U_{\text{ind}} = -L \cdot \frac{dI}{dt}$	$[L] = \text{Vs/A} = \text{H (Henry)}$ A : Querschnittsfläche l : Länge der Spule; $l \ll \sqrt{A}$
Transformatorgleichung	$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$	unbelasteter Transformator

4.4. Wechselstrom (AC)

Wechselspannung	$u = \hat{u} \sin(\omega t + \varphi_u)$ $\tilde{u} = \hat{u} e^{j(\omega t + \varphi_u)}$ $U = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}}$	u, i : Momentanwerte \hat{u}, \hat{i} : Amplituden \tilde{u}, \tilde{i} : komplexe Werte j : imaginäre Einheit U, I : Effektivwerte
Wechselstrom	$i = \hat{i} \sin(\omega t + \varphi_i)$ $\tilde{i} = \hat{i} e^{j(\omega t + \varphi_i)}$ $I = \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}}$	φ_u, φ_i : Nullphasen
Impedanz	$\tilde{Z} = \frac{\tilde{u}}{\tilde{i}}$ $= Z \cdot e^{j\Delta\varphi}$ $= R + jX$	$[Z] = \Omega$ Z : Scheinwiderstand $\Delta\varphi$: Phasenverschiebung R : Resistanz X : Reaktanz
Scheinwiderstand	$Z = \tilde{Z} = \frac{\hat{u}}{\hat{i}} = \frac{U}{I}$	
Wirkleistung	$P = UI \cdot \cos(\Delta\varphi)$	$[S] = W$
Scheinleistung	$S = UI$	$[S] = VA$
Blindleistung	$Q = UI \cdot \sin(\Delta\varphi)$	$[Q] = var$

Passive Bauelemente

	Ohm'scher Wdst.	Kondensator	Ideale Spule
Komplexe Spannung	$\tilde{u}_R = R \cdot \tilde{i}$	$\tilde{u}_C = \frac{1}{C} \cdot \int dt \tilde{i}$	$\tilde{u}_L = L \cdot \frac{d\tilde{i}}{dt}$
Impedanz	$\tilde{Z}_R = R$	$\tilde{Z}_C = \frac{1}{j\omega C}$	$\tilde{Z}_L = j\omega L$
Scheinwiderstand	$Z_R = R$	$Z_C = \frac{1}{\omega C}$	$Z_L = \omega L$
Phasenverschiebung	$\Delta\varphi_R = 0$	$\Delta\varphi_C = -\frac{\pi}{2}$	$\Delta\varphi_L = +\frac{\pi}{2}$
Resistenz $R = \text{Re}\{\tilde{Z}\}$	$R_R = R$	—	—
Reaktanz $X = \text{Im}\{\tilde{Z}\}$	—	$X_C = -\frac{1}{\omega C}$	$X_L = \omega L$

5. Kernphysik

Massenzahl (Nukleonenzahl)

$$A = Z + N$$

Z : Ordnungszahl

N : Neutronenzahl

Radioaktivität

Halbwertszeit

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

$[\lambda] = \text{s}^{-1}$: Zerfallskonstante

Zerfallsgesetz

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} = N_0 \cdot 2^{-t/T_{1/2}}$$

N, N_0 : Anzahl Kerne

Aktivität

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

$[A] = \text{s}^{-1} = \text{Bq}$ (Becquerel)

Dosimetrie

Energiedosis

$$D = \frac{\Delta E}{m}$$

$[D] = \text{J/kg} = \text{Gy}$ (Gray)

ΔE : absorbierte
Energienmenge

m : Gewebemasse

Äquivalentdosis

$$H = w_R \cdot D$$

$[H] = \text{J/kg} = \text{Sv}$ (Sievert)

w_R : Strahlungs-Wichtungsfaktor

Effektive Dosis

$$\mathcal{E} = w_T \cdot H$$

$[E] = \text{Sv}$

w_T : Gewebe-Wichtungsfaktor

6. Schwingungen und Wellen

6.1. Harmonische Schwingung

Kreisfrequenz	$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$	$[\omega] = \text{s}^{-1}$ T : Schwingungsdauer f : Frequenz
Auslenkung (Elongation)	$y = \hat{y} \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$	\hat{y} : Amplitude
Geschwindigkeit	$v_y = \dot{y} = \omega \cdot \hat{y} \cdot \cos(\omega t + \varphi_0)$	$\omega t + \varphi_0$: Phase
Beschleunigung	$a_y = \ddot{y} = -\omega^2 \cdot \hat{y} \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$	φ_0 : Nullphase
Resultierende Kraft	$F_{\text{res},y} = -ky$	$[k] = \text{N/m}$ Richtgrösse
Schwingungsdauer	$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$	m : Masse des Oszillators
• Federpendel	$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}}$	D : Federkonstante
• Fadenpendel	$T \approx 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	l : Fadenlänge

6.2. Harmonische Welle

Laufende Sinuswelle	$u(x, t) = \hat{u} \cdot \sin(kx - \omega t)$	u : Oszillierende Grösse \hat{u} : Amplitude
Ausbreitungsgeschwindigkeit	$c = \lambda f$	$[\lambda] = \text{m}$ Wellenlänge
Wellenzahl	$k = \frac{2\pi}{\lambda}$	$[k] = \text{m}^{-1}$

6.3. Strahlenoptik

Reflexionsgesetz	$\alpha_r = \alpha_1$	α_1 : Einfallswinkel zum Lot α_r : Reflexionswinkel
Brechungsindex	$n = \frac{c_0}{c}$	c : Lichtgeschw. im Medium c_0 : Lichtgeschw. im Vakuum
SNELLIUS'sches Brechungsgesetz	$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1}$	α_2 : Brechungswinkel
Linsen- und Spiegelgleichung	$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$	f : Brennweite g : Gegenstandsweite b : Bildweite
Abbildungsmaßstab	$\beta = \frac{B}{G} = \frac{b}{g}$	G : Gegenstandsgröße B : Bildgröße
Brechkraft	$D = \frac{1}{f}$	$[D]$ = dpt (Dioptrie)
System von zwei Linsen	$D = D_1 + D_2$	

6.4. Akustik

Stehende Welle	$u(x, t) = \hat{u} \cdot \sin(kx) \cdot \cos(\omega t)$	\hat{u} : Amplitude
Schwebungsfrequenz	$f_{\text{Schwebung}} = f_2 - f_1 $	
Tonintervall = Frequenzverhältnis	$\frac{f_2}{f_1}$	f_1 : Frequenz des Grundtons f_2 : Freq. des höheren Tons
Partialtöne	$f_n = n \cdot \frac{c}{2l}$ $f_n = (2n - 1) \cdot \frac{c}{4l}$	l : Saiten-/Pfeifenlänge $n = 1, 2, 3, \dots$
DOPPLER-Effekt	$f_E = f_S \cdot \frac{c \pm v_E}{c \mp v_S}$	E : Empfänger, S : Sender oberes Zeichen: Annäherung

6.5. Wellenoptik

HUYGENSSches Prinzip

Jeder Punkt einer Wellenfront ist Ausgangspunkt einer neuen kugelförmigen Elementarwelle mit gleicher Frequenz und Geschwindigkeit. Die Einhüllende aller Elementarwellen ergibt die Wellenfront zu einem späteren Zeitpunkt.

Intensitätsverteilung am Beugungsgitter

$$I = I_0 \cdot \underbrace{\left[\frac{\sin\left(\pi \cdot \frac{a}{\lambda} \cdot \sin \vartheta\right)}{\pi \cdot \frac{a}{\lambda} \cdot \sin \vartheta} \right]^2}_{\text{Einzelspaltfunktion}} \cdot \underbrace{\left[\frac{\sin\left(N \cdot \pi \cdot \frac{d}{\lambda} \cdot \sin \vartheta\right)}{\sin\left(\pi \cdot \frac{d}{\lambda} \cdot \sin \vartheta\right)} \right]^2}_{\text{Gitterfunktion}}$$

ϑ : Winkel zur opt. Achse
 I_0 : Intensitätsmaximum

a : Spaltbreite
 d : Spaltabstand
 N : Anzahl Spalte

Intensitätsmaxima am Beugungsgitter

$$\sin \vartheta_m = m \cdot \frac{\lambda}{d}$$

$$m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

m : Beugungsordnung

Intensitätsminima am Einzelspalt

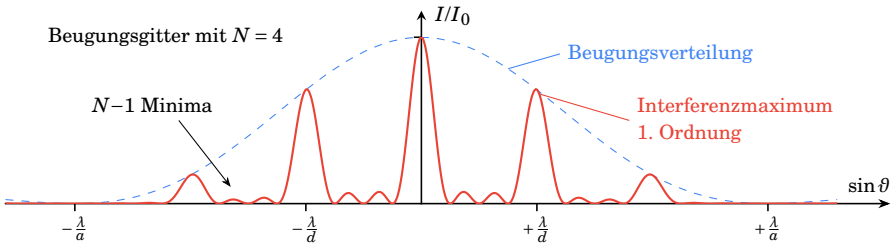
$$\sin \vartheta_k = k \cdot \frac{\lambda}{d}$$

$$k = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

Intensitätsminima am Loch

$$\sin \vartheta_k = z_k \cdot \frac{\lambda}{D}$$

D : Lochdurchmesser
 $z_1 \approx 1.2197$
 $z_2 \approx 2.2331$
 $z_3 \approx 3.2383$



A. Mathematik

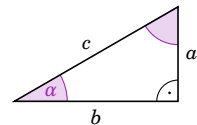
A.1. Geometrie

Umfang, Flächen- und Rauminhalt

Dreiecksfläche	$A = \frac{1}{2}gh$	g : Grundlinie, h : Höhe
Kreisumfang und -inhalt	$u = 2\pi r$ $A = \pi r^2$	r : Radius
Kugeloberfläche und -volumen	$A = 4\pi r^2$ $V = \frac{4}{3}\pi r^3$	

Trigonometrie

Sinus	$\sin \alpha = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}} = \frac{a}{c}$
Cosinus	$\cos \alpha = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}} = \frac{b}{c}$
Tangens	$\tan \alpha = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}} = \frac{a}{b}$



Satz des PYTHAGORAS	$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$	$a^2 + b^2 = c^2$
Additionstheoreme	$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cdot \cos \beta \pm \cos \alpha \cdot \sin \beta$ $\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta \mp \sin \alpha \cdot \sin \beta$	

A.2. Algebra

Potenz	$a^n = \underbrace{a \cdot a \cdot a \dots a}_{n \text{ Faktoren}}$	Potenzwert = Basis ^{Exponent}
	$a^{-n} = \frac{1}{a^n}$ $a^{1/n} = \sqrt[n]{a}$	$n \in \mathbb{N}$
Potenzgesetze	$a^{p+q} = a^p \cdot a^q$	$p, q \in \mathbb{Q}$
	$a^{p \cdot q} = (a^p)^q$	
	$(a \cdot b)^p = a^p \cdot b^p$	
Binomische Formeln	$(a \pm b)^2 = a^2 \pm 2ab + b^2$ $(a + b)(a - b) = a^2 - b^2$	

A.3. Proportionalitäten und Funktionen

Direkte Proportionalität Gehört zum k -Fachen eines Wertes einer Grösse x stets das k -Fache einer anderen Grösse y , so heissen die beiden Grössen direkt proportional (verhältnisgleich).

$$y \propto x \Rightarrow \frac{y}{x} = m \Rightarrow y = mx$$

Indirekte Proportionalität Gehört zum k -Fachen eines Wertes einer Grösse x stets das $\frac{1}{k}$ -Fache einer anderen Grösse y , so heissen die beiden Grössen indirekt proportional (produktgleich).

$$y \propto \frac{1}{x} \Rightarrow y \cdot x = A \Rightarrow y = \frac{A}{x}$$

Lineare und quadratische Funktionen

Geradengleichung $y = mx + q$ m : Steigung
 q : Ordinatenabschnitt

- Zwei-Punkt-Form $y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1) + y_1$

Parabelgleichung $y = ax^2 + bx + c$

- Scheitelpunktform $y = a(x - x_S)^2 + y_S$ (x_S, y_S) : Scheitelpunkt

- Nullstellen $x_{\pm} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ «Mitternachtsformel»

Fit-Funktionen

Potenzfunktion $y = a \cdot x^b + c$

Exponentialfunktion $y = a \cdot e^{-\gamma x} + b$

- invers $y = a \cdot (1 - e^{-\gamma x}) + b$

Logarithmusfunktion $y = a \cdot \ln(-bx)$

Sinusfunktion $y = a \cdot \sin(bx + c) + d$

- gedämpft $y = a \cdot e^{-\gamma x} \cdot \sin(bx + c) + d$

Normalverteilung $y = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$

A.4. Vektoren

Vektor in \mathbb{R}^2

$$\vec{v} = \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \end{pmatrix}$$

v_x, v_y : Vektorkomponenten

Betrag eines Vektors

$$v = |\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

Vektorgleichung

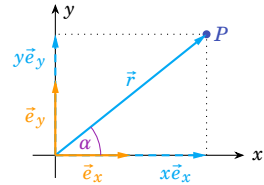
$$\vec{v} = \vec{w} \Leftrightarrow \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} w_x \\ w_y \end{pmatrix} \Leftrightarrow \begin{cases} v_x = w_x \\ v_y = w_y \end{cases}$$

Einheitsvektoren in \mathbb{R}^2

$$\vec{e}_x = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \vec{e}_y = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Ortsvektor der Ebene

$$\vec{r} = x\vec{e}_x + y\vec{e}_y = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$



Summe zweier Vektoren

$$\vec{a} + \vec{b} = \begin{pmatrix} a_x + b_x \\ a_y + b_y \end{pmatrix}$$

Multiplikation mit Skalar

$$\lambda \vec{a} = \begin{pmatrix} \lambda a_x \\ \lambda a_y \end{pmatrix}$$

Skalarprodukt

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a \cdot b \cdot \cos \varphi \quad \varphi = \angle(\vec{a}, \vec{b})$$

- Rechenregeln

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = \vec{b} \cdot \vec{a}, \quad \vec{a} \cdot (\vec{b} + \vec{c}) = \vec{a} \cdot \vec{b} + \vec{a} \cdot \vec{c}, \quad (\lambda \vec{a}) \cdot \vec{b} = \lambda(\vec{a} \cdot \vec{b})$$

Vektorprodukt

$$\vec{a} \times \vec{b} = \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} b_x \\ b_y \\ b_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_y b_z - a_z b_y \\ a_z b_x - a_x b_z \\ a_x b_y - a_y b_x \end{pmatrix}$$

- Rechenregeln

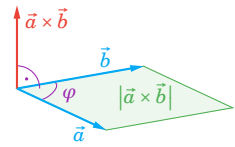
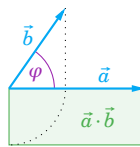
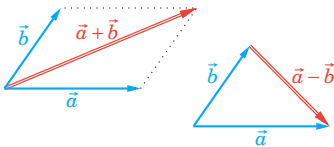
$$|\vec{a} \times \vec{b}| = a \cdot b \cdot \sin \varphi$$

- Eigenschaften

$$\vec{a} \times \vec{b} \text{ steht senkrecht auf } \vec{a} \text{ und } \vec{b}$$

$$\vec{a}, \vec{b} \text{ und } \vec{a} \times \vec{b} \text{ bilden ein Rechtssystem}$$

$$|\vec{a} \times \vec{b}| \text{ ist die Fläche des aufgespannten Parallelogramms}$$



A.5. Differentialrechnung

$$\text{Differenzenquotient} \quad \frac{\Delta f}{\Delta x} = \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} \quad \Delta x = x - x_0 \neq 0$$

$$\text{Ableitung} \quad f'(x_0) = \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0}$$

$$\text{Ableitungsfunktionen} \quad f' = \frac{df}{dx} \quad f'' = \frac{d^2 f}{dx^2}$$

$$\text{Summenregel} \quad f(x) = u(x) \pm v(x) \quad f'(x) = u'(x) \pm v'(x)$$

$$\text{Produktregel} \quad f(x) = u(x) \cdot v(x) \quad f'(x) = u'(x) \cdot v(x) + u(x) \cdot v'(x)$$

$$\text{Kettenregel} \quad f(x) = u(v(x)) \quad f'(x) = u'(v(x)) \cdot v'(x)$$

Ableitungen spezieller Funktionen

$$(x^s)' = s x^{s-1} \quad (e^x)' = e^x \quad (\ln x)' = \frac{1}{x}$$

$$(\sin x)' = \cos x \quad (\cos x)' = -\sin x \quad (\tan x)' = \frac{1}{\cos^2 x}$$

A.6. Komplexe Zahlen

Imaginäre Einheit j mit $j^2 = -1$

Kartesische Form $\tilde{z} = x + j y$

$x = \text{Re}\{\tilde{z}\}$: Realteil
 $y = \text{Im}\{\tilde{z}\}$: Imaginärteil

Polarform $\tilde{z} = r (\cos \varphi + j \sin \varphi)$

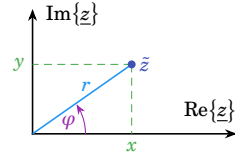
$r = |\tilde{z}|$: Betrag
 $[\varphi] = \text{rad}$: Winkel

Exponentialform $\tilde{z} = r e^{j \varphi}$

EULER'sche Formel $e^{j \varphi} = \cos \varphi + j \sin \varphi$

EULER'sche Identität $e^{j \pi} + 1 = 0$

GAUSS'sche Zahlenebene Die Punkte der Ebene mit der reellen Abszisse und der imaginären Ordinate repräsentieren komplexe Zahlen.



Umrechnungen $r = \sqrt{x^2 + y^2}, \quad \varphi = \text{atan}\left(\frac{y}{x}\right)$

$$x = r \cos \varphi, \quad y = r \sin \varphi$$

Operationen

Komplexe Konjugation $\bar{\tilde{z}} = x - j y$

Betrag $r = |\tilde{z}| = \sqrt{\tilde{z} \cdot \bar{\tilde{z}}}$

Addition $\tilde{z}_1 + \tilde{z}_2 = (x_1 + x_2) + j(y_1 + y_2)$

Multiplikation $\tilde{z}_1 \cdot \tilde{z}_2 = r_1 r_2 \cdot e^{j(\varphi_1 + \varphi_2)}$

B. Tabellen

Dichte

Festkörper bei 20 °C in 10 ³ kg/m ³					
Aluminium	2.70	Marmor	2.7	Silber	10.5
Beton	2.2	Kork	0.3	Silizium	2.42
Blei	11.34	Kupfer	8.92	Stahl V2A	7.9
Buchenholz	0.7	Messing	8.47	Styropor	0.02
Diamant	3.51	Natrium	0.97	Tannenholz	0.5
Eis bei 0 °C	0.917	Nickel	8.90	Uran	18.7
Eisen	7.86	Paraffin	0.9	Wolfram	19.3
Glas	2.5	Platin	21.45	Ziegelstein	1.6
Gold	19.29	Plexiglas	1.18	Zink	7.14
Graphit	2.24	Porzellan	2.4	Zinn	7.29
Invar	8.00	Quarzglas	2.2		

Flüssigkeiten bei 20 °C in 10 ³ kg/m ³					
Aceton	0.788	Glycerin	1.261	H ₂ SO ₄	1.84
Benzol	0.878	Heizöl EL	0.86	CCl ₄	1.594
Benzin	0.744	Methanol	0.792	Wasser	0.998
Diethylether	0.714	Olivenöl	0.92	D ₂ O	1.105
Ethanol	0.789	Quecksilber	13.546		

Gase bei 0 °C und 1.013 · 10 ⁵ Pa in kg/m ³					
Ammoniak	0.771	CO	1.250	SO ₂	2.926
Argon	1.784	Luft	1.293	Stickstoff	1.250
Butan	2.732	Methan	0.717	Wasserstoff	0.0899
Erdgas	0.830	Neon	0.900	Xenon	5.897
Helium	0.179	Propan	2.010		
CO ₂	1.977	Sauerstoff	1.429		

Reibungskoeffizienten

Materialkombination	μ_G	μ_H	Materialkombination	μ_G	μ_H
Glas auf Glas	0.40	0.94	NaCl auf NaCl	1.2	1.5
Holz auf Holz	0.3	0.6	Pneu auf trock. Strasse	0.7	0.9
Stahl auf Stahl	0.1	0.15	Pneu auf nasser Strasse	0.3	0.5
Stahl auf Eis	0.014	0.027	Pneu auf Eis	0.05	0.1

Thermische Eigenschaften von Festkörpern

α	Längenausdehnungskoeffizient bei 20 °C
c	Spezifische Wärmekapazität bei 20 °C
ϑ_f, L_f	Schmelz- und Erstarrungspunkt, Spezifische Schmelzwärme
λ	Wärmeleitfähigkeit bei 20 °C

	α $10^{-6} \frac{1}{K}$	c $\frac{10^3 J}{kgK}$	ϑ_f °C	L_f $10^5 \frac{J}{kg}$	λ $\frac{W}{Km}$
Aluminium	23.8	0.896	660.1	3.97	239
Blei	31.3	0.129	327.4	0.23	34.8
Eis bei 0 °C	37.0	2.1	0	3.338	2.2
Eisen	12.0	0.45	1535	2.77	80
Glas	8.5	0.8			1.0
Kupfer	16.8	0.383	1083	2.05	390
Messing	18	0.380	905	1.6	79
Silber	19.7	0.235	960.8	1.045	428
Silizium	7.6	0.705	1410	1.654	153
Stahl V2A	16.0	0.510			14
Wolfram	4.3	0.134	3380	1.92	177
Zink	26.3	0.385	419.5	1.11	112

Thermische Eigenschaften von Flüssigkeiten

γ	Volumenausdehnungskoeffizient bei 20 °C
c	Spezifische Wärmekapazität bei 20 °C
ϑ_f, L_f	Schmelz- und Erstarrungspunkt, Spezifische Schmelzwärme
ϑ_v, L_v	Siede- und Kondensationspunkt, Spezifische Verdampfungswärme (Normdruck)

	γ $10^{-3} \frac{1}{K}$	c $\frac{10^3 J}{kgK}$	ϑ_f °C	L_f $10^5 \frac{J}{kg}$	ϑ_v °C	L_v $10^5 \frac{J}{kg}$	λ $\frac{W}{Km}$
Aceton	1.49	2.16	-94.86	0.98	56.25	5.25	0.162
Benzin	0.90	2.02					
Ethanol	1.10	2.43	-114.5	1.08	78.33	8.40	0.165
Glycerin	0.50	2.39	18.4	2.01	290.5	8.54	0.285
Heizöl EL	0.92						
Quecksilber	0.182	0.139	-38.87	0.12	356.58	2.85	8.2
Wasser	0.207	4.182	0.00	3.338	100.00	22.56	0.598

Thermische Eigenschaften von Gasen

c_p, c_V	Spezifische Wärmekapazität für konst. Druck bzw. Volumen bei 20 °C
C_p, C_V	Molare Wärmekapazität für konst. Druck bzw. Volumen bei 20 °C
χ	Adiabatexponent
ϑ_f, L_f	Schmelz- und Erstarrungspunkt, Spezifische Schmelzwärme
ϑ_v, L_v	Siede- und Kondensationspunkt, Spezifische Verdampfungswärme (Normdruck)

	c_p $\frac{10^3 \text{ J}}{\text{kgK}}$	C_p $\frac{\text{ J}}{\text{molK}}$	χ $= \frac{c_p}{c_v}$	ϑ_f °C	L_f $10^5 \frac{\text{ J}}{\text{kg}}$	ϑ_v °C	L_v $10^5 \frac{\text{ J}}{\text{kg}}$
Argon	0.523	20.9	1.648	-189.38	0.30	-185.88	1.614
Helium	5.23	20.9	1.63			-268.94	0.211
Kohlendioxid	0.837	36.8	1.293			-78.45	
Luft	1.005	29.1	1.402				
Methan	2.219	35.6	1.308	-182.52	0.59	-161.5	4.806
Neon	1.031	20.8	1.64	-248.61		-246.06	
Sauerstoff	0.917	29.3	1.398	-218.79	0.14	-182.97	2.131
Stickstoff	1.038	29.1	1.401	-210.00	0.26	-195.82	1.994
Wasserdampf	1.863	33.6	1.33	0.00		+100	
Wasserstoff	14.32	28.9	1.41	-259.20	60.00	-252.77	4.458

Wärmetransport

Emissionszahl ϵ bei 20 °C Oberflächentemperatur

Alu eloxiert	0.92	Eis	0.97	Silber poliert	0.02
Alu oxidiert	0.3	Glas	0.9	Textil	0.85
Alu poliert	0.04	Menschl. Haut	0.97	Wasser	0.98

Wärmeleitfähigkeit λ von Baustoffen in W/(Km)

Backstein	0.47	Isolierstoffe	0.04	Ruhende Luft	0.025
Fensterglas	0.8	Leichtbeton	0.22	Stahlbeton	1.85

Wärmedurchgangskoeffizient U von Bauelementen in W/(Km²)

Backsteinmauser (30 cm)	1.15	Fenster – Einfachglas	5.8
Leichtbetonwand (25 cm)	0.2	Fenster – Doppelverglasung	2.5
Massivholzwand (20 cm)	0.5	Fenster – Isolierverglasung	1.1

Planeten-, Mond- und Sonnendaten

	m 10^{24} kg	R 10^6 m	a 10^6 km	T a	ϵ
Merkur	0.33022	2.4398	57.9	0.241	0.206
Venus	4.8685	6.0516	108.2	0.615	0.007
Erde	5.9737	6.3782	149.6	1.000	0.017
Mars	0.64185	3.397	227.9	1.881	0.093
Jupiter	1898.7	71.34927	778.3	11.868	0.048
Saturn	568.51	60.2671	1427	29.458	0.056
Uranus	86.849	25.559	2870	84.014	0.047
Neptun	102.44	24.764	4496	164.793	0.009
Pluto	0.0130	1.187	5900	248.68	0.250
Mond	0.07349	1.7375	0.384	0.0748	0.055
Sonne	$1.9884 \cdot 10^6$	696.0			

Spezifischer elektrischer Widerstand

Leiter bei 20 °C in $10^{-8} \Omega\text{m}$					
Aluminium	2.650	Kupfer (rein)	1.754	Wolfram	5.5
Eisen	9.61	Messing	8.0	Wolfram (1 kK)	24.3
Gold	2.214	Nickel	6.93	Wolfram (2 kK)	55.7
Graphit	300	Platin	10.5	Wolfram (3 kK)	90.4
Konstantan	49	Silber	1.587	Zink	5.90
Halbleiter bei 20 °C in Ωm					
Germanium	0.46	Muskelgewebe	2	Silicium	640
Isolierstoffe bei 20 °C in Ωm					
Bernstein	10^{18}	Luft	10^{13}	Quarzglas	10^{12}
Glimmer	$5 \cdot 10^{14}$	Plexiglas	10^{13}	Styropor	10^{17}
Hartgummi	10^{15}	PVC	$5 \cdot 10^{12}$	Wasser (dest.)	10^5

Wichtungsfaktoren der Dosimetrie

Strahlenart	w_R	Gewebe/Organ	w_T	Gewebe/Organ	w_T
γ -, Röntgenstrahlen	1	Brust	0.12	Knochenmark	0.12
Elektronen, Myonen	1	Lunge	0.12	Keimdrüsen	0.08
Neutronen	5–20	Magen	0.12	Schilddrüse	0.04
α -Strahlen	20	Dickdarm	0.12	übrige	0.28

Periodensystem der Elemente

1																		18																											
1	1.0079 H Wasserstoff																	2	4.0025 He Helium																										
3	6.941 Li Lithium	2																4	9.0122 Be Beryllium																										
11	22.990 Na Natrium	12	24.305 Mg Magnesium																	13	26.982 B Bor	14	12.011 C Kohlenstoff	15	14.007 N Stickstoff	16	15.999 O Sauerstoff	17	18.998 F Fluor	18	20.180 Ne Neon														
19	39.098 K Kalium	20	40.078 Ca Calcium	21	44.956 Sc Scandium	22	47.867 Ti Titan	23	50.942 V Vanadium	24	51.996 Cr Chrom	25	54.938 Mn Mangan	26	55.845 Fe Eisen	27	58.933 Co Cobalt	28	58.693 Ni Nickel	29	63.546 Cu Kupfer	30	65.39 Zn Zink	31	69.723 Ga Gallium	32	72.64 Ge Germanium	33	74.922 As Arsen	34	78.96 Se Selen	35	79.904 Br Brom	36	83.8 Kr Krypton										
37	85.468 Rb Rubidium	38	87.62 Sr Strontium	39	88.906 Y Yttrium	40	91.224 Zr Zirkonium	41	92.906 Nb Niob	42	95.94 Mo Molybdän	43	96 Tc Technetium	44	101.07 Ru Ruthenium	45	102.91 Rh Rhodium	46	106.42 Pd Palladium	47	107.87 Ag Silber	48	112.41 Cd Cadmium	49	114.82 In Indium	50	118.71 Sn Zinn	51	121.76 Sb Antimon	52	127.6 Te Tellur	53	126.9 I Iod	54	131.29 Xe Xenon										
55	132.91 Cs Caesium	56	137.33 Ba Barium	57-71	La-Lu Lanthanoide	72	178.49 Hf Hafnium	73	180.95 Ta Tantal	74	183.84 W Wolfram	75	186.21 Re Rhenium	76	190.23 Os Osmium	77	192.22 Ir Iridium	78	195.08 Pt Platin	79	196.97 Au Gold	80	200.59 Hg Quecksilber	81	204.38 Tl Thallium	82	207.2 Pb Blei	83	208.98 Bi Bismut	84	209 Po Polonium	85	210 At Astat	86	222 Rn Radon										
87	223 Fr Francium	88	226 Ra Radium	89-103	Ac-Lr Actinoide	104	261 Rf Rutherfordium	105	262 Db Dubnium	106	266 Sg Seaborgium	107	264 Bh Bohrium	108	277 Hs Hassium	109	268 Mt Meitnerium	110	281 Ds Darmstadtium	111	280 Rg Roentgenium	112	277 Cn Copernicium	113	287 Nh Nihonium	114	289 Fl Flerovium	115	288 Mc Moscovium	116	289 Lv Livermorium	117	293 Ts Tenness	118	294 Og Oganesson										
																		↑																											
57	138.91 La Lanthan	58	140.12 Ce Cer	59	140.91 Pr Praseodym	60	144.24 Nd Neodym	61	145 Pm Promethium	62	150.36 Sm Samarium	63	151.96 Eu Europium	64	157.25 Gd Gadolinium	65	158.93 Tb Terbium	66	162.50 Dy Dysprosium	67	164.93 Ho Holmium	68	167.26 Er Erbium	69	168.93 Tm Thulium	70	173.04 Yb Ytterbium	71	174.97 Lu Lutetium																
89	227 Ac Actinium	90	232.04 Th Thorium	91	231.04 Pa Protactinium	92	238.03 U Uran	93	237 Np Neptunium	94	244 Pu Plutonium	95	243 Am Americium	96	247 Cm Curium	97	247 Bk Berkelium	98	251 Cf Californium	99	252 Es Einsteinium	100	257 Fm Fermium	101	258 Md Mendelevium	102	259 No Nobelium	103	260 Lr Lawrencium																

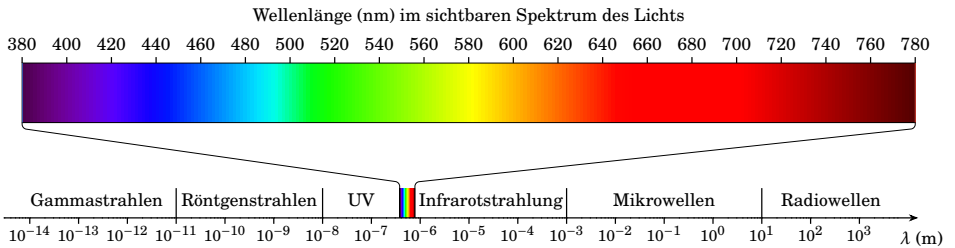
Molare Masse (g/mol)	1.0079
Ordnungszahl	1
Symbol	H
Name	Wasserstoff

fest
flüssig
gasförmig
künstlich
unbekannt

Alkalimetalle
Erdalkalimetalle
Übergangsmetalle
Halbmetalle
Nichtmetalle

Halogene
Edelgase
Lanthanoide/Actinoide
unbekannt

Spektrum der elektromagnetischen Strahlung



Verschiedene Einheiten und Umrechnungen

Länge	1 Å	= 10^{-10} m	(Ångström)
	1 inch	= 2.540 cm	
	1 mile	= 1609.344 m	
	1 AE	= $1.49597870700 \cdot 10^{11}$ m	(Astronomische Einheit)
	1 Lj	= $9.460730472 \cdot 10^{15}$ m	(Lichtjahr)
Volumen	1 gallon (US)	= $3.785411784 \cdot 10^{-3}$ m ³	
Geschwindigkeit	1 m/s	= 3.6 km/h	
Masse	1 pound	= 0.45359237 kg	
	1 u	= $1.66053892 \cdot 10^{-27}$ kg	(Atomare Masseneinheit)
Energie	1 kWh	= $3.6 \cdot 10^6$ J	(Kilowattstunde)
	1 eV	≈ $1.602176487 \cdot 10^{-19}$ J	(Elektronvolt)
	1 cal	= 4.182 J	(Kalorie nach IUNS)
Leistung	1 PS	= 735.49875 W	(Pferdestärke)
Druck	1 bar	= 10^5 N/m ²	= 10^5 Pa
	1 atm	= 101325 Pa	= 1.01325 bar
Temperatur	K → °C	$\vartheta = (T - 273.15 \text{ K}) \cdot ^\circ\text{C/K}$	

Griechisches Alphabet

Alpha	α	A	Eta	η	E	Nu	ν	N	Upsilon	υ	Y
Beta	β	B	Theta	ϑ, θ	Θ	Omicron	o	O	Phi	φ, ϕ	Φ
Gamma	γ	Γ	Iota	ι	I	Pi	π	Π	Chi	χ	X
Delta	δ	Δ	Kappa	κ	K	Rho	ϱ, ρ	R	Psi	ψ	Ψ
Epsilon	ε, ϵ	E	Lambda	λ	Λ	Sigma	σ	Σ	Omega	ω	Ω
Zeta	ζ	Z	Mu	μ	M	Tau	τ	T			

Allgemeine Konstanten

Gravitationskonstante	G	$6.67384 \cdot 10^{-11}$	Nm^2/kg^2
Lichtgeschwindigkeit	c_0	$2.99792458 \cdot 10^8$	m/s
Coulomb-Konstante	k_C	$8.98755179 \cdot 10^9$	Nm^2/C^2
Elektrische Feldkonstante	ϵ_0	$8.85418782 \cdot 10^{-12}$	$\text{As}/(\text{Vm})$
Magnetische Feldkonstante	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7}$	$\text{Vs}/(\text{Am})$
PLANCK'sches Wirkungsquantum	h	$6.62606957 \cdot 10^{-34}$	J s
Elementarladung	e	$1.60217657 \cdot 10^{-19}$	C
Masse des Elektrons	m_e	$9.10938291 \cdot 10^{-31}$	kg
Masse des Protons	m_p	$1.67262178 \cdot 10^{-27}$	kg
Masse des Neutrons	m_n	$1.67492747 \cdot 10^{-27}$	kg
BOHR'scher Radius	a_0	$0.52917721 \cdot 10^{-10}$	m
Druck bei Normbedingungen		101325	Pa
Temperatur bei Normbedingungen		273.15	K
Temperatur bei Laborbedingungen		293.15	K
AVOGADRO-Konstante	N_A	$6.02214129 \cdot 10^{23}$	1/mol
BOLTZMANN-Konstante	k_B	$1.3806488 \cdot 10^{-23}$	J/K
Universelle Gaskonstante	R	8.3144598	J/(molK)
STEFAN-BOLTZMANN-Konstante	σ	$5.670373 \cdot 10^{-8}$	$\text{W}/(\text{m}^2 \text{K}^4)$
WIEN'sche Konstante	b	$2.8977685 \cdot 10^{-3}$	Km
Solarkonstante	S_0	1380	W/m^2
Normwert der Fallbeschleunigung		9.81	m/s^2
Gravitationsparameter der Erde	GM_E	$3.986004418 \cdot 10^{14}$	m^3/s^2
Gravitationsparameter der Sonne	GM_S	$1.327124400 \cdot 10^{20}$	m^3/s^2

Einheitenpräfixe

10^{24}	Y	Yotta	10^9	G	Giga	10^{-1}	d	Dezi	10^{-12}	p	Pico
10^{21}	Z	Zetta	10^6	M	Mega	10^{-2}	c	Zenti	10^{-15}	f	Femto
10^{18}	E	Exa	10^3	k	Kilo	10^{-3}	m	Milli	10^{-18}	a	Atto
10^{15}	P	Peta	10^2	h	Hekto	10^{-6}	μ	Mikro	10^{-21}	z	Zepto
10^{12}	T	Tera	10^1	da	Deka	10^{-9}	n	Nano	10^{-24}	y	Yokto