

FORMELSAMMLUNG - Physik für Biologinnen und Biologen und LA-BU

SI-Grundgrößen:

Länge [s]	Zeit [t]	Masse [m]	Stromstärke [I]	Lichtstärke [I _v]	Temperatur [T]	Stoffmenge [n]
m	sek	kg	A	Cd	K	mol

SI-Vorsilben:

10 ⁻¹⁸	10 ⁻¹⁵	10 ⁻¹²	10 ⁻⁹	10 ⁻⁶	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	10	10 ³	10 ⁶	10 ⁹	10 ¹²	10 ¹⁵	10 ¹⁸
atto	femto	pico	nano	micro	milli	centi	dezi	deka	kilo	Mega	Giga	Tera	Peta	Exa

Kreis $U = 2 \cdot r \cdot \pi$; $A = r^2 \cdot \pi$; **Rechteck** $A = a \cdot b$; **Dreieck** $A = \frac{1}{2} \cdot c \cdot h$; **Kugel** $O = 4 \cdot r^2 \cdot \pi$; $V = \frac{4 \cdot r^3 \cdot \pi}{3}$

Zylinder $O = 2 \cdot r^2 \cdot \pi + 2 \cdot r \cdot \pi \cdot h$; $V_Z = r^2 \cdot \pi \cdot h$; **Quader** $O = 2 \cdot (a \cdot b + b \cdot c + a \cdot c)$; $V = a \cdot b \cdot c$

Mittelwert $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} = \frac{\sum_{j=1}^M n_j \cdot x_j}{\sum_{j=1}^M n_j}$; **Standardabweichung** $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$; ($N > 30$): $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}$

Kraft $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ $[F] = N = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{sek}^2}$ $[m] = \text{kg}$ $[a] = \frac{\text{m}}{\text{sek}^2}$ m...Masse a...Beschleunigung

Arbeit $A = \vec{F} \cdot \vec{s}$ ($= |\vec{F}| \cdot |\vec{s}| \cdot \cos \cdot \varphi$) $[A] = N \cdot m = J$ s...Weg φ ...Winkel zwischen \vec{F} , \vec{s}

Leistung $P = \frac{A}{t}$ bzw. $\frac{E}{t}$ $[P] = W$ od. J/s t...Zeit **Impuls** $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$; $[\vec{p}] = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{sek}}$

kinetische Energie $E_{\text{kin}} = m \cdot \vec{a} \cdot \vec{s} = \frac{m \cdot v^2}{2}$ v...Geschwindigkeit $[v] = \frac{\text{m}}{\text{sek}}$

potentielle Energie $E_{\text{pot}} = \vec{F}_G \cdot \vec{h} = m \cdot g \cdot h$ $g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{sek}^2}$...Schwerebeschleunigung h...Höhe

gleichförmig Bewegung $s = v \cdot t$ $v = \frac{s}{t}$ $s = s_0 + v \cdot t$ $[s] = m$

ungleichförmige Bewegung $v = \frac{ds}{dt}$ $v = v_0 + a \cdot t$ $s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{a}{2} \cdot t^2$; $s = \frac{g}{2} \cdot t^2$

Kreisbewegung $\vec{\omega} = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$ $[\vec{\omega}] = \frac{\text{rad}}{s}$ $\vec{\omega}$...Winkelgeschwindigkeit

$\vec{\alpha} = \frac{\Delta \vec{\omega}}{\Delta t}$ $[\vec{\alpha}] = \frac{\text{rad}}{s^2}$ bzw. $[\vec{\alpha}] = \frac{1}{s^2}$ $\vec{\alpha}$...Winkelbeschleunigung

Kreisfrequenz $\omega = 2\pi \cdot f$ f...Frequenz

Zentripetalkraft $F = m \cdot r \cdot \omega^2 = m \cdot \frac{v^2}{r}$ r...Radius

Bahngeschwindigkeit $v = \omega \cdot r$ **Zentripetalbeschleunigung** $a = \omega^2 \cdot r$

Trägheitsmoment $I = m \cdot r^2 = \int dm \cdot r^2$ $[I] = \text{kg} \cdot \text{m}^2$ **Drehimpuls** $\vec{L} = I \cdot \vec{\omega}$ $[\vec{L}] = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{sek}}$

Rotationsenergie $E_{\text{Rot}} = \frac{I \cdot \omega^2}{2}$, $[E_{\text{Rot}}] = J$; **Drehmoment** $\vec{D} = \vec{F} \times \vec{r}$ $\vec{D}_1 = \vec{D}_2$ bzw. $\sum \vec{D}_i = 0$

Druck = $\frac{\text{Kraft} \perp \text{Fläche}}{\text{Fläche}}$ $[p] = \frac{N}{m^2} = \text{Pa}$ $10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ bar} = 760 \text{ mm Hg}$

Kompressibilität $K = -\frac{1}{V} \cdot \frac{dV}{dp}$ **hydrostatischer Druck** $p = \rho \cdot g \cdot h$

barometrische Höhenformel $p = p_0 \cdot \exp\left(-\frac{\rho_0}{p_0} \cdot g \cdot h\right)$

Auftriebskraft $F_A = \rho_F \cdot g \cdot V_K$ **Dynamischer Auftrieb** $F_A = \frac{1}{2} c_A \cdot \rho \cdot A \cdot v^2$

Empfindlichkeit $\varepsilon = \frac{\varphi}{\Delta m}$ **Feder** $\vec{F} = -k \cdot \vec{x}$

Dichte $\rho = \frac{m}{V}$ **Oberflächenspannung** $\sigma = \frac{\text{Energie}}{\text{Fläche}} = \frac{\text{Kraft}}{\text{Länge}}$ $[\sigma] = \text{N/m}$

Druck in Kugel: $p = \frac{2\sigma}{r}$ **Druck in Blase:** $p = \frac{4\sigma}{r}$

Steighöhe $h = \frac{2 \cdot \sigma}{r \cdot \rho \cdot g}$ bzw. $h = \frac{2 \cdot \sigma \cos \varphi}{r \rho g}$ **Zähigkeit** $F = \eta A \cdot \frac{dv}{dz}$ oder $\tau = \eta \cdot \frac{dv}{dz}$

Reynoldszahl $Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\eta}$ **Stokes** $F = 3\pi\eta \cdot v \cdot d$ **Hagen - Poiseuille** $\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{\pi \cdot \Delta p}{8\eta \ell} \cdot R^4$

Spez. Wärme $C_p = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta T}$ $[C_p] = \text{J/K} \cdot \text{kg}$ **Wärmeausdehnung** $V = V_0(1 + \alpha \cdot \Delta \vartheta)$

Ideales Gas $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$ $R \dots 8,31 \text{ J/mol K}$ **Vander Waals- Gleichung** $\left(p + \frac{a}{V_m^2}\right)(V_m - b) = R \cdot T$

Boyle-Mariotte $p \cdot V = \text{konstant (T konst.)}$ **Gay-Lussac** $\frac{p}{T} = \text{konst. (V konst.)}$

$p \cdot V^\kappa = \text{const}$ $\kappa = \frac{c_p}{c_v} \dots \text{Adiabatenkoeffizient}$ 2-Atomiges Gas: $\kappa = \frac{7}{5} = 1.4$

Energie/ Freiheitsgrad $\overline{E_{kin}} = \frac{1}{2} \cdot kT$; $f \dots \text{Zahl d. Freiheitsgrade}$; **Boltzmannkonstante** $k = \frac{R}{N_A} = 1.3810^{-23} \text{ J/K}$

Festkörper: $C_{v,mol} = 24.9 \text{ J/mol K}$ (Dulong-Petit); **Gas:** $C_{v,mol} = \frac{f}{2} \cdot R$; $C_{p,mol} = \frac{f+2}{2} \cdot R$; $C_{p,mol} - C_{v,mol} = R$

Wirkungsgrad $\eta = 1 - \frac{T_-}{T_+} = \frac{\Delta W}{\Delta Q}$ **Entropie** $dS = \frac{\delta Q}{T}$ $S = k \cdot \ln P$

Schmelzen $Q = Q_s \cdot m$, **Verdampfen** $Q = Q_v \cdot m$

Henry'sches Gesetz $c = K_H \cdot p_{\text{part}}$

Raoult'sches Gesetz $\frac{p_{\text{Lösung}}}{p_{\text{Lösungsmittel}}} = X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B}$ **Diffusion** $J = -D \cdot \frac{dc}{dx}$

Osmose $p_{\text{osm}} = n \cdot k \cdot T$ $p_{\text{osm}} \cdot V = n \cdot R \cdot T$

Relative Feuchte $f = \frac{\rho_w}{\rho_s} * 100\%$ $f = \frac{p_w}{p_s} * 100\%$

Schwingung $\begin{cases} x(t) = x_0 \cdot \cos \omega_0 t \\ \quad = x_0 \cdot \sin \omega_0 t \end{cases}$ $x_0 \dots \text{Amplitude}$ $\omega_0 \dots \text{(Kreis)frequenz}$
 $\omega_0 = 2\pi \cdot f$ $f = \text{Frequenz}$ $x(t) \text{ Elongation}$

Pendel $T = \frac{1}{f} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$ $\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} = \sqrt{\frac{k}{m}}$

Gedämpfte Schwingung $\begin{aligned} x(t) &= x_0 \cdot e^{-\beta t} \cdot \sin \omega_0 t \\ &= x_0 \cdot e^{-\beta t} \cdot \cos \omega_0 t \end{aligned}$ **Frequenz** $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m} - \frac{1}{2} \cdot \beta^2}$; **Schwebung** $f_1 - f_2 = f_s$

Welle $y(x,t) = y_0 \cdot \cos w\left(t - \frac{x}{c}\right)$ oder $y(x,t) = y_0 \cdot \sin w\left(t - \frac{x}{c}\right)$

Phasengeschwindigkeit $c = \lambda \cdot f$ **Gas** $c = \sqrt{\frac{\kappa \cdot p}{\rho}} = \sqrt{\frac{\kappa \cdot R \cdot T}{M}}$ **Saite** $c_{\text{trans}} = \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}} = \sqrt{\frac{F/A}{\rho}}$

Stehende Welle $L = \frac{z \cdot \lambda}{2}$ $z = 1, 2, \dots$ oder $L = \frac{(2z+1)\lambda}{4}$, $z = 0, 1, 2, \dots$

Beugung: Spalt Minimum bei $d \cdot \sin \alpha = n \cdot \lambda$ **Gitter** Maximum bei $g \sin \alpha = n \cdot \lambda$

Kreisblende 1. Minimum bei $d \cdot \sin \alpha = 1.22 \times \lambda$ $g \dots$ Gitterkonstante

Reflexionsgesetz: $\alpha = \beta$ Cosinus-Strahler $I(\vartheta) = I_0 \cdot \cos \vartheta$ **Brechungsgesetz:** $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2} = n_{rel}$; $n_{rel} = \frac{n_2}{n_1}$

Totalreflexion $\sin \alpha_g = \frac{n_2}{n_1}$ **Polarisation** $\tan \alpha_B = n_{rel}$, $\alpha_B \dots$ Brewster Winkel

Gekrümmter Spiegel $f = \frac{r}{2}$ **Abbildungsgleichung** $\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$ **Vergrößerung** $V = \frac{B}{G} = \frac{b}{g}$

Linse $\frac{1}{f} = (n_{rel} - 1) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$ **Abbildungsgleichung** $\frac{1}{b} + \frac{1}{g} = \frac{1}{f}$ **Vergrößerung** $V = \frac{B}{G} = \frac{b}{g}$

Brechkraft $D = \frac{1}{f}$, System $D_{ges} = \sum D_i$ **Vergrößerung Lupe:** $V = \frac{s_0}{f}$

Mikroskop Gesamtvergrößerung $V = V_1 \times V_2 = \frac{t}{f_1} \cdot \frac{s_0}{f_2}$

Auflösungsvermögen $\delta' = \frac{1.22 \cdot \lambda}{n \cdot \sin \alpha}$ *numerische Apertur* $NA = n \cdot \sin \alpha$

Quantenenergie $E = hf$ *Planck'sches Quantum* $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js **Materiewellen** $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_e E_{kin}}}$

Elektronenmasse $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31}$ kg **Elementarladung** $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C

Interferenzfilter durchlässig für $\lambda = \frac{2nd}{z}$, $z = 1, 2, 3, \dots$ **Antireflexschicht** $\lambda = 4dn_s$

Drehung der Polarisationsebene $\alpha = \gamma \cdot d$ **Konzentration c:** $\alpha = \alpha_0 cd$

Stefan-Boltzmann $\Phi = \sigma T^4$ $\sigma = 5.89 \cdot 10^{-8}$ W/m²K⁴ **Wien** $\lambda_{max} T = 2.9 \cdot 10^{-3}$ m.K

Lambert $I(x, \lambda) = I_0(\lambda) \cdot \exp(-\sigma_e x)$ oder $I(x, \lambda) = I_0(\lambda) \cdot \exp(-a \cdot c \cdot x)$

Ohm'sches Gesetz $U = R \cdot I$ $[R] = \Omega$ **Widerstand** $R = \rho \frac{d}{A}$ $[\rho] = \Omega m$ **Leitwert** $S = \frac{1}{R}$ (Siemens)

Stromstärke $I = \frac{dQ}{dt} = \frac{Q}{t}$ *Kirchhoff:* $\sum I = 0$; $\sum U = 0$ bzw. $\sum U = U_A$

Leistung $P = U I = \frac{U^2}{R} = R I^2$ **Widerstand Serie** $R_{ges} = R_1 + R_2 + \dots$ **Parallel** $\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$

Elektrische Feldstärke $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$, $E = \frac{U}{d}$ $[E] = \frac{N}{C} = \frac{V}{m}$ **Verschiebungsarbeit** $W_{12} = qU$

Coulomb'sches Gesetz $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$, **Dielektrizitätskonstante** $\epsilon_0 = 8.859 \cdot 10^{-12}$ As/Vm bzw. C²/Jm

Kondensator: Kapazität $Q = C \cdot U$ $[C] = F$ **Energie** $W = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$

Plattenkondensator $C_0 = \epsilon_0 \frac{A}{d}$, mit Dielektrikum $C = \epsilon C_0$

Magnetische Kraftflussdichte $\vec{B} = \mu_0 \vec{H}$ $[B] = T$ $\mu_0 = 1.256 \cdot 10^{-6} \frac{Vs}{Am}$, mit Materie $\vec{B} = \mu \mu_0 \vec{H}$

Stromdurchfl. Leiter $B = \mu_0 \frac{I}{2\pi r}$ **Feld in Spule** $B = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot n}{l}$ **Lorentzkraft** $\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$

Kraft auf stromdurchflossenen Leiter $\vec{F} = l(\vec{I} \times \vec{B})$; **Kraft zwischen stromdurchfl. Leitern** $F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi r}$

magnetischer Fluss $\vec{\Phi} = \vec{B} \cdot \vec{A}$ $[\Phi] = T \cdot m^2 = Wb$; **Flächenvektor** $\vec{A} = n A$

Induktion $U_{ind} = -\frac{d\Phi}{dt}$ **drehende Schleife** $A(t) = A \cos \omega t$ $U_{ind} = BA\omega \sin \omega t$

Selbstinduktion *Lenz'sche Regel* $U_{ind} = -L \frac{dI}{dt}$; **Spule** $L = \mu\mu_0 \frac{n^2 A}{l}$ $[L] = Hy$ **Energie** $W = \frac{1}{2} LI^2$

Wechselstromwiderstand $Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$; **Kondensator** $R_{kap} = \frac{1}{\omega C}$; **Spule** $R_{ind} = \omega L$

Schwingkreis $\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$ **Transformator** $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{I_2}{I_1}$

Wechselstrom $U_{eff} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$ $I_{eff} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$; $P = U_{eff} I_{eff}$ bzw. $P = U_{eff} I_{eff} \cos \varphi$

Elektrolyse $F = z N_A e = 96\,484 C/mol$ $N_A = 6.022 \cdot 10^{23} /mol \dots$ Avogadro-Zahl

Freie Elektronen $E_{kin} = e U$ $1eV = 1.6 \cdot 10^{-19} J$ **Bindungsenergie** $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$

Radioaktiver Zerfall $N = N_0 \exp(-\lambda t)$ bzw. $A = A_0 \exp(-\lambda t)$; **Aktivität** $A = N \lambda$; **Halbwertszeit** $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$

Abschwächung $I = I_0 \exp(-\mu x)$ **spez. Schwächungskoeffizient** $k = \frac{\mu}{\rho}$

Massenbelegung $b = x\rho$ $I = I_0 \exp(-kb)$ $[b] = kg/m^2$ **Reichweite** b^{-1}

Diverse Zahlenwerte

Dichte (in kg/m^3 , $20^\circ C$): Wasser 1000, Meerwasser 1030, Eis 900, Schaumstoff 30, Holz 500 (weich) 850 (hart), Kunststoff ca. 1000, Beton 2200, Glas 2500, Al 2700, Fe 7900, Messing ca 8000, Cu 8930, Pb 11350, Hg 14260, Au 19280, Luft ($0^\circ C$, 1bar) 1,3 H_2O (gasf) 0,8 He 0,18 H_2 0,089

Oberflächenspannung in N/m: Wasser 0,073 Hg 0,471 Benzol 0,029 Ethyläther 0,017

Zähigkeit in Pa·s: Wasser 10^{-3} , Öl ca. 1, Blut $4.7 \cdot 10^{-3}$, E4.4 10^{-3} , Luft $1.7 \cdot 10^{-5}$

Spezifische Wärmekapazitäten in J/kgK:

Wasser 4182, Eis 2303 ($-10^\circ C$), Luft 1000, Cu 377, Fe 450, Al 876, Fels ca 800, organ. Material ca. 1900

Ausdehnungskoeffizient linear in $/K$: Fe $12 \cdot 10^{-6}$, Cu $16,7 \cdot 10^{-6}$, Al $23.8 \cdot 10^{-6}$

Schmelzwärme Eis $Q_s = 335 \cdot 10^3 J/kg$ ($0^\circ C$), **Verdampfungswärme** Wasser $Q_v = 2260 kJ/kg$ ($100^\circ C$)

Sättigungsmengen (g/m^3) von Wasserdampf in Luft, 1bar (Temperatur in $^\circ C$)

T	-10	-5	0	5	10	15	17	20	22	25	30	35	$^\circ C$
p_s	2,36	3,41	4,85	6,80	9,40	12,83	14,48	17,30	19,43	23,05	30,38	39,6	g/m^3

Schallgeschwindigkeiten bei $20^\circ C$, in m/sek

O_2 326, N_2 349, Luft 340, He 1007, H_2 1309, Wasser 1485, Stahl 5100, Glas bis 4000

Sichtbares Spektrum: 400 bis 700 nm (ca)

Brechungsindex: Luft 1.000272 (1 bar), Wasser 1,33 Benzol 1,501 Diamant 2,417

NaCl 1,54 Kronglas 1,51 Flintglas 1,613 Immersionsöl 1,52

Dielektrizitätskonstanten: Wasser 81 Äthanol 25,8 Teflon 20 Glas 5-10 Gummi 3

Spez. Widerstand in Ωm : Ag $1,6 \cdot 10^{-8}$ Cu $1,7 \cdot 10^{-8}$ Au $2,44 \cdot 10^{-8}$ A $2,7 \cdot 10^{-8}$ Fe $9-15 \cdot 10^{-8}$ Kohle $100 \cdot 10^{-8}$
 H_2SO_4 (15%) $200 \cdot 10^{-8}$ Wasser $2 \cdot 10^5$ Glas $5 \cdot 10^{16}$ Porzellan 10^{12}