

# Formelsammlung Physik

## Mechanik

Bewegungen	$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$		
	$\vec{s} = \vec{v} \cdot t$	$\vec{v} = \vec{a} \cdot t$	$\vec{s} = \frac{1}{2} \cdot \vec{a} \cdot t^2$	
Kräfte	$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$	$ \vec{F}_R  = \mu \cdot  \vec{F}_N $	$\vec{F}_G = m \cdot \vec{g}$	$\vec{F}_{\text{Feder}} = -D \cdot \vec{s}$
Luftwiderstand	$F_L = \frac{1}{2} \cdot c_W \cdot \rho_{\text{Luft}} \cdot A \cdot v^2$			
Dichte	$\rho = \frac{m}{V}$			
Druck, Auftrieb	$p = \frac{F}{A}$	$p = \rho \cdot g \cdot h$	$F_A = \rho_{\text{Fl}} \cdot g \cdot V_{\text{eingetaucht}}$	
Arbeit	$W = \vec{F} \cdot \vec{s}$	$W_{\text{Beschleunigung}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$	$W_{\text{Hub}} = m \cdot g \cdot h$	$W_{\text{Spann}} = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2$
Energie		$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$	$E_{\text{Lage}} = m \cdot g \cdot h$	$E_{\text{Spann}} = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2$
Leistung	$P = \frac{W}{t}$			
Wirkungsgrad	$\eta = \frac{E_{\text{nutz}}}{E_{\text{auf}}} = \frac{P_{\text{nutz}}}{P_{\text{auf}}}$			
Kreisbewegung	$f = \frac{1}{T}$	$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot f$	$ \vec{v}  = \omega \cdot r = \frac{2\pi \cdot r}{T}$	
	$a_z = \omega^2 \cdot r = \frac{v^2}{r}$	$F_z = m \cdot \omega^2 \cdot r = \frac{m \cdot v^2}{r}$		
Gravitation	$F_G = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$	$\frac{r^3}{T^2} = \text{const.}$		


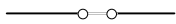
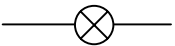
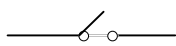
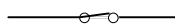

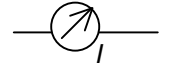

## Wärmelehre

Temperatur	$^{\circ}\text{C} + 273 \rightarrow \text{K}$			
Wärmeausdehnung	$\Delta \ell = \alpha \cdot \ell_0 \cdot \Delta T$	$\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta T$		
Gasgesetze	$\frac{p \cdot V}{T} = \text{const.}$	$V \propto T$	$p \propto T$	$p \cdot V = \text{const.}$
innere Energie	$\Delta U = Q + W$	$\Delta U = c \cdot m \cdot \Delta T$		
Schmelz- und Verdampfungswärme	$Q = L_f \cdot m$	$Q = L_v \cdot m$		

# Elektrizitätslehre

Stromstärke	$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$
Coulombsches Gesetz	$ \vec{F}_{\text{Coulomb}}  = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$
Elektrisches Feld, Spannung	$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad U = \frac{W}{Q} \quad U = E \cdot d$
Widerstand, Ohmsches Gesetz	$R = \frac{U}{I} \quad R = \rho_{\text{el}} \cdot \frac{\ell}{A} \quad U = R \cdot I \quad (R = \text{const.})$
Ersatzwiderstand	$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad (\text{Serie})$ $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \quad (\text{Parallel})$
Elektrische Leistung und Arbeit, Stromkosten	$P = U \cdot I \quad W = U \cdot I \cdot t \quad 1 \text{ kWh kostet } 20 \text{ Rp.}$
Magnetfeld, Lorentzkraft	$B = \frac{F_L}{I \cdot s} \quad ([F \perp I] \perp B) \quad F_L = q \cdot v \cdot B \quad ([v \perp B] \perp F_L)$
Magnetfeld von Strom und Spule	$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I}{r} \quad B = \mu_0 \cdot \frac{n}{\ell} \cdot I \quad B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{n}{\ell} \cdot I$
Induktionsspannung	$U_{\text{ind}} = B \cdot v \cdot d$
Wechselspannung	$U(t) = \hat{U} \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad \hat{U} = n \cdot B \cdot A \cdot \omega \quad U_{\text{eff}} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$
Magnetischer Fluss	$\Phi = B \cdot A \quad (A \perp B)$
Induktionsgesetz	$U_{\text{ind}} = -n \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

## Schaltzeichen

				
Leitung	Stromquelle	Lampe	Schalter (offen)	Schalter (geschlossen)
				
Voltmeter	Ampèremeter	Widerstand		

## Mathematik

Trigonometrie	$\sin \alpha = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypothenuse}}$	$\cos \alpha = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypothenuse}}$	$\tan \alpha = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}}$
Kreis	Umfang $u = 2\pi \cdot r$	Fläche $A = \pi \cdot r^2$	
Kugel	Oberfläche $M = 4\pi \cdot r^2$	Volumen $V = \frac{4\pi}{3} \cdot r^3$	

# Schwingungen und Wellen

Harmonische Schwingung

$$y(t) = \hat{y} \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0)$$

$$v(t) = \omega \cdot \hat{y} \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

$$a(t) = -\omega^2 \cdot \hat{y} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$E_{\text{tot}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \omega^2 \cdot \hat{y}^2$$

Federpendel

$$\omega = \sqrt{\frac{D}{m}}$$

Fadenpendel

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{\ell}}$$

Wellenformel

$$c = \lambda \cdot f$$

Harmonische Welle

$$y(x, t) = \hat{y} \cdot \sin\left[\omega \cdot \left(t - \frac{x}{c}\right)\right]$$

Schwebung

$$f_S = |f_1 - f_2| \qquad f_m = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

Brechung und Totalreflexion

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{c_1}{c_2} \qquad \alpha_{\text{langsam (Grenz)}} = \arcsin\left(\frac{c_{\text{langsam}}}{c_{\text{schnell}}}\right)$$

Dopplereffekt

$$f' = f \cdot \frac{c \pm v}{c} \qquad (\text{bewegter Empfänger})$$

$$f' = f \cdot \frac{c}{c \mp v} \qquad (\text{bewegter Sender})$$

## Tabellen

Elementarladung	$e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Masse des Elektrons	$m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Masse des Protons	$m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Gravitationskonstante	$G = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$
Elektrische Feldkonstante	$\epsilon_0 = 8.8542 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}}{\text{V} \cdot \text{m}}$
Magnetische Feldkonstante	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}}$
Elektrisches Feld der Erde	$E_{\text{Erde}} = 130 \frac{\text{V}}{\text{m}}$
Masse der Erde	$m_{\text{Erde}} = 5.97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
Radius der Erde	$r_{\text{Erde}} = 6'378 \text{ km}$
Abstand der Mittelpunkte Sonne–Erde	$r_{\text{Sonne-Erde}} = 1.496 \cdot 10^8 \text{ km}$
Umlaufzeit der Erde um die Sonne	$T_{\text{Erde}} = 365.26 \text{ d}$
Abstand der Mittelpunkte Erde–Mond	$r_{\text{Erde-Mond}} = 3.844 \cdot 10^5 \text{ km}$
Masse der Sonne	$m_{\text{Sonne}} = 1.99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$

### Fallbeschleunigungen in $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ :

Erde (Nordpol)	9.83	Erde (Europa)	9.81	Erde (Äquator)	9.78
Mond	1.62	Venus	8.87	Mars	3.73

### Ausbreitungsgeschwindigkeiten für Schallwellen (Longitudinalwellen) in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ :

Luft	344	Wasser	1'483	Glas	5'770
Helium	1'005	Meerwasser	1'510	Aluminium	5'240
Kohlendioxid	268	Ethanol	1'180	Blei	1'250
Methan	445	Aceton	1190	Stahl	5'050

### Haftreibungszahlen

Stahl–Stahl	0.15
Stahl–Eis	0.027
Holz–Stein	0.7
Holz–Holz	0.6
Glas–Glas	0.94
Autoreifen:	
♦ trocken	0.85
♦ nass	0.4
♦ vereist	0.1

### Gleitreibungszahlen

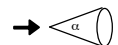
Stahl–Stahl	0.05
Stahl–Eis	0.014
Holz–Stein	0.3
Holz–Holz	0.4
Glas–Glas	0.40
Autoreifen:	
♦ trocken	0.65
♦ nass	0.3
♦ vereist	0.05

### Rollreibungszahlen

Stahl–Stahl	0.005
Autoreifen:	
♦ trocken	0.01

### Widerstandszahlen (Luftwiderstand)

Person (aufrecht)	0.78	Kugel	0.47
Auto (geschlossen)	0.36	Kegel ohne Boden, $\alpha = 30^\circ$	0.34
Motorrad	0.7	Kegel ohne Boden, $\alpha = 60^\circ$	0.51
Lastwagen	0.6 - 1.5	Kreisplatte	1.11
Velo mit Fahrer	1	Quadratische Platte	1.10



### Spezifischer elektrischer Widerstand in $\Omega \cdot \text{m}$ (bei $20^\circ \text{C}$ ):

Aluminium	$3.21 \cdot 10^{-8}$	Blei	$20.8 \cdot 10^{-8}$	Eisen	$11.5 \cdot 10^{-8}$
Gold	$2.42 \cdot 10^{-8}$	Kupferdraht	$1.78 \cdot 10^{-8}$	Wolfram	$5.5 \cdot 10^{-8}$
Konstantan	$49 \cdot 10^{-8}$	Silber	$1.65 \cdot 10^{-8}$	Stahl	$20.0 \cdot 10^{-8}$

## Thermische Daten von Festkörpern, Flüssigkeiten und Gasen

Feste Körper	Dichte in $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Längenausdehnungszahl in $\frac{1}{\text{K}}$	Spezifische Wärmekapazität in $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	Schmelzpunkt in $^{\circ}\text{C}$	Spezifische Schmelzwärme in $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$
Aluminium	$2.70 \cdot 10^3$	$23.8 \cdot 10^{-6}$	$0.896 \cdot 10^3$	660	$3.97 \cdot 10^5$
Beton	$2.2 \cdot 10^3$	$12 \cdot 10^{-6}$	$0.879 \cdot 10^3$	—	—
Blei	$11.34 \cdot 10^3$	$31.3 \cdot 10^{-6}$	$0.129 \cdot 10^3$	327	$0.23 \cdot 10^5$
Eis	$0.917 \cdot 10^3$	$37 \cdot 10^{-6}$	$2.09 \cdot 10^3$	0	$3.34 \cdot 10^5$
Eisen (rein)	$7.86 \cdot 10^3$	$12 \cdot 10^{-6}$	$0.45 \cdot 10^3$	1535	$2.77 \cdot 10^5$
Glas	$2.5 \cdot 10^3$	$8.5 \cdot 10^{-6}$	$0.84 \cdot 10^3$	815	—
Gold	$19.29 \cdot 10^3$	$14 \cdot 10^{-6}$	$0.129 \cdot 10^3$	1063	$0.64 \cdot 10^5$
Holz	$0.4 - 0.8 \cdot 10^3$	$5 - 8 \cdot 10^{-6}$	$1.7 - 2.1 \cdot 10^3$	—	—
Konstantan	$8.9 \cdot 10^3$	$15.2 \cdot 10^{-6}$	$0.41 \cdot 10^3$	1280	—
Kork	$0.3 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1.88 \cdot 10^3$	—	—
Kupfer	$8.92 \cdot 10^3$	$16.8 \cdot 10^{-6}$	$0.383 \cdot 10^3$	1083	$2.05 \cdot 10^5$
Magnesium	$1.74 \cdot 10^3$	$26 \cdot 10^{-6}$	$1.02 \cdot 10^3$	650	$3.70 \cdot 10^5$
Natrium	$0.97 \cdot 10^3$	$70 \cdot 10^{-6}$	$1.22 \cdot 10^3$	97,8	$1.13 \cdot 10^5$
Platin	$21.4 \cdot 10^3$	$9.0 \cdot 10^{-6}$	$0.133 \cdot 10^3$	1769	$1.11 \cdot 10^5$
Porzellan	$2.3 \cdot 10^3$	$4.0 \cdot 10^{-6}$	$0.846 \cdot 10^3$	—	—
Silber	$10.51 \cdot 10^3$	$19.7 \cdot 10^{-6}$	$0.235 \cdot 10^3$	960.5	$1.05 \cdot 10^5$
Stahl	$7.9 \cdot 10^3$	$13.0 \cdot 10^{-6}$	$0.47 \cdot 10^3$	ca 1500	$2.7 \cdot 10^5$
Styropor	17	$50 - 80 \cdot 10^{-6}$	$1.25 \cdot 10^3$	—	—
Wolfram	$19.3 \cdot 10^3$	$4.3 \cdot 10^{-6}$	$0.134 \cdot 10^3$	3390	$1.91 \cdot 10^5$
Zink	$7.14 \cdot 10^3$	$26 \cdot 10^{-6}$	$0.385 \cdot 10^3$	419.5	$1.11 \cdot 10^5$

Flüssigkeiten	Dichte bei 20 $^{\circ}\text{C}$ in $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Raumausdehnungszahl in $\frac{1}{\text{K}}$	Spezifische Wärmekapazität in $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	Siedepunkt bei 1.013 bar in $^{\circ}\text{C}$	Spezifische Verdampfungswärme in $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$
Alkohol (Ethanol)	$0.789 \cdot 10^3$	$1.10 \cdot 10^{-3}$	$2.43 \cdot 10^3$	78.3	$0.840 \cdot 10^6$
Benzol	$0.879 \cdot 10^3$	$1.23 \cdot 10^{-3}$	$1.725 \cdot 10^3$	80.1	$0.394 \cdot 10^6$
Diäthyläther	$0.716 \cdot 10^3$	$1.62 \cdot 10^{-3}$	$2.310 \cdot 10^3$	34.5	$0.384 \cdot 10^6$
Glycerin	$1.26 \cdot 10^3$	$0.49 \cdot 10^{-3}$	$2.39 \cdot 10^3$	290.5	$0.854 \cdot 10^6$
Meerwasser	$1.03 \cdot 10^3$	$0.25 \cdot 10^{-3}$	$3.99 \cdot 10^3$	100.1	—
Olivenöl	$0.92 \cdot 10^3$	$0.72 \cdot 10^{-3}$	$1.97 \cdot 10^3$	300	—
Petroleum	$0.85 \cdot 10^3$	$0.96 \cdot 10^{-3}$	$2.1 \cdot 10^3$	150-300	—
Quecksilber	$13.55 \cdot 10^3$	$0.182 \cdot 10^{-3}$	$0.139 \cdot 10^3$	357	$0.285 \cdot 10^6$
Wasser	$0.998 \cdot 10^3$	$0.207 \cdot 10^{-3}$	$4.182 \cdot 10^3$	100.0	$2.257 \cdot 10^6$

Gase	Dichte bei 0 $^{\circ}\text{C}$ und 1.013 bar in $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$		Spezifische Wärmekapazität in $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	Siedepunkt bei 1.013 bar in $^{\circ}\text{C}$	
Ammoniak	0.771		$2.160 \cdot 10^3$	- 33.4	
Chlor	3.21		$0.74 \cdot 10^3$	- 34.1	
Helium	0.179		$5.23 \cdot 10^3$	-269	
Isobutan	2.6956		$1.698 \cdot 10^3$	-11.7	
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	1.98		$0.837 \cdot 10^3$	- 78.5	
Luft	1.293		$1.005 \cdot 10^3$	-191	
Propan	2.01		$1.67 \cdot 10^3$	-42	
Sauerstoff	1.43		$0.917 \cdot 10^3$	-183	
Stickstoff	1.250		$1.038 \cdot 10^3$	-196	
Wasserdampf 100 $^{\circ}\text{C}$ , 1.013 bar	0.6		$1.863 \cdot 10^3$	100	
Wasserstoff	0.0899		$14.32 \cdot 10^3$	-253	