

Physik – Formelsammlung

Version: 1.1.

Autoren: Philipp Wohlgenannt, Klaus Rheinberger

Größen und Einheiten

Ebener Winkel:

$$1 \text{ rad} = \frac{180^\circ}{\pi}$$

$$1^\circ = \frac{\pi \text{ rad}}{180}$$

Bogenminute ‘:

$$1' = \frac{1^\circ}{60}$$

Bogensekunde ‘‘:

$$1'' = \frac{1^\circ}{3600}$$

Raumwinkel:

$$\Omega = \frac{A}{r^2}$$

Raumwinkel Ω in sr
Fläche A in m^2
Abstand r in m

Zeit:

$$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

$$1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$$

$$1 \text{ d} = 86400 \text{ s}$$

Volumen:

$$1 \text{ l} = 0,001 \text{ m}^3$$

Masse:

$$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg}$$

Geschwindigkeit:

$$1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$1 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{1}{3,6} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Temperatur:

$$0 \text{ K} = -273,15^\circ \text{C}$$

$$0^\circ \text{C} = +273,15^\circ \text{C}$$

Druck:

$$1 \text{ bar} = 100000 \text{ Pa}$$

Vorsilben für Größenordnung:

T	Tera	10^{12}	1000000000000
G	Giga	10^9	1000000000
M	Mega	10^6	1000000
k	Kilo	10^3	1000
h	Hekto	10^2	100
da	Deka	10^1	10
d	Dezi	10^{-1}	0,1
c	Zenti	10^{-2}	0,01
m	Milli	10^{-3}	0,001
μ	Mikro	10^{-6}	0,000001
n	Nano	10^{-9}	0,000000001
p	Piko	10^{-12}	0,000000000001

Mathematik

Quadratische Gleichung:

Form 1:

$$a x^2 + b x + c = 0$$

Lösung:

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 a c}}{2 a}$$

Form 2:

$$x^2 + p x + q = 0$$

Lösung:

$$x_{1,2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\frac{p^2}{4} - q}$$

Mechanik

Geradlinige Bewegung mit konstanter Beschleunigung:

Weg:

$$s(t) = s_0 + v_0 t + \frac{a}{2} t^2$$

s ... Position/Weg in m

s_0 ... Startposition zum Zeitpunkt $t=0\text{s}$ in m

v_0 ... Startgeschwindigkeit zum Zeitpunkt $t=0\text{s}$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$

a ... Beschleunigung in $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
 t ... Zeit in s

Geschwindigkeit:

$$v(t) = v_0 + a t$$

v ... Geschwindigkeit in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$

v_0 ... Startgeschwindigkeit zum Zeitpunkt $t=0\text{s}$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$

a ... Beschleunigung in $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
 t ... Zeit in s

Durchschnittsgeschwindigkeit:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$$

v ... Geschwindigkeit in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$

s ... Position in m
 t ... Zeit in s

Durchschnittsbeschleunigung:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

a ... Beschleunigung in $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

v ... Geschwindigkeit in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$
 t ... Zeit in s

Gleichförmige, geradlinige Bewegung:

Weg:

$$s(t) = v t$$

s ... Position/Weg in m

v ... Geschwindigkeit zum Zeitpunkt $t=0\text{s}$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$
 t ... Zeit in s

Geschwindigkeit:

$$v(t) = v_0 = \text{const.}$$

v ... Geschwindigkeit in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$

v_0 ... Startgeschwindigkeit zum Zeitpunkt $t=0\text{s}$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$
 t ... Zeit in s

konstant beschleunigt, geradlinig mit Null-Anfangsbedingungen:

Weg:

$$s(t) = \frac{a}{2} t^2$$

s ... Position/Weg in m

a ... Beschleunigung in $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
 t ... Zeit in s

Geschwindigkeit:

$$v(t) = a t$$

v ... Geschwindigkeit in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$

a ... Beschleunigung in $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
 t ... Zeit in s

Freier Fall:

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

g ... Erdbeschleunigung in $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Kreisbewegung:

$$\varphi(t) = \frac{s(t)}{r}$$

φ ... Winkel in rad

s ... Strecke in m

r ... Radius in m

Gleichförmige Kreisbewegung:

$$\omega = \frac{\varphi}{t}$$

ω ... Winkelgeschwindigkeit in $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$

φ ... Winkel in rad

t ... Zeit in s

$$v = \frac{s}{t} = r \omega$$

v ... Bahngeschwindigkeit in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$

s ... Strecke in m

r ... Radius in m

ω ... Winkelgeschwindigkeit in $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$

2. Newtonsches Axiom

$$F = m a$$

$$F \dots \text{Kraft in N} = \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2}$$

$$a \dots \text{Beschleunigung in } \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$m \dots \text{Masse in kg}$$

Erdanziehungskraft

$$F_G = m g$$

$$F \dots \text{Kraft in N}$$

$$m \dots \text{Masse in kg}$$

$$g \dots \text{Erdbeschleunigung in } \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Schiefe Ebene

$$F_{\text{senkrecht}} = F_G \cos \alpha = m g \cos \alpha$$

$$F_{\text{parallel}} = F_G \sin \alpha = m g \sin \alpha$$

$$F_{\text{senkrecht}} \dots \text{Kraft senkrecht zur Ebene in N}$$

$$F_{\text{parallel}} \dots \text{Kraft parallel zur Ebene in N}$$

$$g \dots \text{Erdbeschleunigung in } \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$m \dots \text{Masse in kg}$$

$$\alpha \dots \text{Winkel in rad oder } ^\circ$$

Arbeit bei konstanter Kraft

$$W = F s$$

$$W \dots \text{Arbeit in J} = \text{Nm} = \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2}$$

$$F \dots \text{Kraft in N}$$

$$s \dots \text{Strecke in m}$$

Hubarbeit

$$W_{\text{hub}} = m g h$$

$$W_{\text{hub}} \dots \text{Hubarbeit in J}$$

$$m \dots \text{Masse in kg}$$

$$g \dots \text{Erdbeschleunigung in } \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$h \dots \text{Höhe in m}$$

Beschleunigungsarbeit

(vereinfacht für

Startgeschwindigkeit = 0)

$$W_B = m a s = \frac{1}{2} m v^2$$

$$W_B \dots \text{Beschleunigungsarbeit in J}$$

$$m \dots \text{Masse in kg}$$

$$a \dots \text{Beschleunigung in } \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$s \dots \text{Strecke in m}$$

$$v \dots \text{Geschwindigkeit in } \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Spannarbeit (vereinfacht für

Startauslenkung = 0)

$$W_S = \frac{k s^2}{2}$$

$$W_S \dots \text{Spannarbeit in J}$$

$$k \dots \text{Federkonstante in } \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$s \dots \text{Dehnung in m}$$

Hook'sches Gesetz

$$F_S = k s$$

$$F_S \dots \text{Kraft in N}$$

$$k \dots \text{Federkonstante in } \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$s \dots \text{Dehnung in m}$$

Reibungsarbeit

$$W_R = \mu F_N s$$

$$W_R \dots \text{Reibungsarbeit in J}$$

$$F_N \dots \text{Normalkraft in N}$$

$$\mu \dots \text{Reibungskoeffizient (einheitenlos)}$$

$$s \dots \text{Strecke in m}$$

Reibungskraft

$$F_R = \mu F_N$$

$$F_R \dots \text{Reibungskraft in N}$$

$$F_N \dots \text{Normalkraft in N}$$

$$\mu \dots \text{Reibungskoeffizient (einheitenlos)}$$

Leistung

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

$$P \dots \text{Leistung in W}$$

$$W \dots \text{Arbeit in J}$$

$$t \dots \text{Zeit in s}$$

Wirkungsgrad

$$P_{IN} \eta = P_{OUT}$$

$$P_{IN} \dots \text{Eingangsleistung in W}$$

$$P_{OUT} \dots \text{Ausgangsleistung in W}$$

$$\eta \dots \text{Wirkungsgrad (einheitenlos)}$$

Kinetische Energie

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

$$E_{kin} \dots \text{Kinetische Energie in J}$$

$$m \dots \text{Masse in kg}$$

$$v \dots \text{Geschwindigkeit in } \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Potentielle Energie

$$E_{pot} = m g h$$

$$E_{pot} \dots \text{Potentielle Energie in J}$$

$$m \dots \text{Masse in kg}$$

$$g \dots \text{Erdbeschleunigung in } \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$h \dots \text{Höhe in m}$$

Potentielle Energie der Spannung

$$W_{pot} = \frac{k s^2}{2}$$

$$E_{pot} \dots \text{Potentielle Energie in J}$$

$$k \dots \text{Federkonstante in } \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$s \dots \text{Dehnung in m}$$

Wärmelehre

Dichte von Wasser:

$$\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{l}}$$

Erster Hauptsatz der

Wärmelehre:

$$\frac{1}{2} m v^2 + m g h + U = E$$

$$\frac{1}{2} m v^2 + m g h \dots \text{äußere Energie}$$

$$\text{in J}$$

$$U \dots \text{innere Energie in J}$$

$$E \dots \text{Gesamtenergie in J}$$

Spezifische Wärmekapazität c

von Wasser:

$$c = 4187 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

$$c \dots \text{spezifische Wärmekapazität}$$

$$\text{in } \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

Wärmeübertragung (bei

gleichbleibendem

Aggregatzustand):

$$\Delta Q = c m \Delta T$$

$$\Delta Q \dots \text{Änderung der}$$

$$\text{Wärmeenergie in J}$$

$$c \dots \text{spezifische Wärmekapazität}$$

$$\text{in } \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

$$m \dots \text{Masse in kg}$$

$$\Delta T \dots \text{Temperaturänderung in K}$$

Schmelzwärme:

$$Q_S = q_s m$$

$$Q_S \dots \text{Schmelzwärme in J}$$

$$q_s \dots \text{spezifische Schmelzwärme}$$

$$\text{in } \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$m \dots \text{Masse in kg}$$

Wärmeaustausch zwischen 2

Körpern (bei gleichbleibendem

Aggregatzustand):

$$T_M = \frac{m_1 c_1 T_1 + m_2 c_2 T_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2}$$

$$T_M \dots \text{Mischtemperatur in K}$$

$$m_1, m_2 \dots \text{Massen der Körper in kg}$$

$$c_1, c_2 \dots \text{spezifische}$$

$$\text{Wärmekapazitäten in } \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

$$T_1, T_2 \dots \text{Ausgangstemperatur der}$$

$$\text{Stoffe in K}$$

Ideales Gas

$$\frac{pV}{T} = \text{const.}$$

p ... Druck in Pa

V ... Volumen in m³

T ... Temperatur in K

Ideale Gasgleichung:

$$pV = nRT = mR_S T = Nk_B T$$

p ... Druck in Pa

V ... Volumen in m³

T ... Temperatur in K

n ... Stoffmenge in mol

R ... Universelle Gaskonstante

$$8,3144598 \frac{J}{K \text{ mol}}$$

R_S ... Spezifische Gaskonstante

$$\frac{J}{K \text{ kg}}$$

k_B ... Boltzman-Konstante

$$1,380648552 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$$

m ... Masse in kg

N ... Teilchenanzahl (einheitenlos)

Zustandsänderung:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = \text{const.}$$

p ... Druck in Pa

V ... Volumen in m³

T ... Temperatur in K

Elektrizitätslehre

Elementarladung:

$$e_0 = 1,6021766208 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Elektrische Feldkonstante:

$$\epsilon_0 = 8,854187817 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm}$$

$$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$$

ε ... Permittivität in $\frac{As}{Vm}$

ε₀ ... Elektrische Feldkonstante in $\frac{As}{Vm}$

$$\frac{As}{Vm}$$

ε_r ... stoffabhängige

Permittivitätszahl (einheitenlos)

$$\epsilon_{r,LUFT} = 1$$

Coulomb'sches Gesetz:

$$F = \frac{1}{4 \epsilon \pi} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

F ... Kraft in N

ε ... Permittivität in $\frac{As}{Vm}$

q ... Ladung in C oder As

r ... Radius in m

Elektrisches Feld allgemein:

$$E = \frac{F}{q}$$

E ... Elektrisches Feld in $\frac{N}{C}$ oder $\frac{V}{m}$

F ... Kraft in N

q ... Ladung in C

Elektrisches Feld einer Ladung:

$$E(r) = \frac{1}{4 \epsilon \pi} \frac{q}{r^2}$$

E ... Elektrisches Feld in $\frac{V}{m}$

ε ... Permittivität in $\frac{As}{Vm}$

q ... Ladung in C oder As

r ... Radius in m

Arbeit im elektrischen Feld:

$$W = F s = E q s$$

W ... Arbeit in J

F ... Kraft in N

s ... Strecke in m

E ... Elektrisches Feld in $\frac{V}{m}$

q ... Ladung in C

Potentialdifferenz:

$$U = \frac{W}{q} = E s$$

U ... Potentialdifferenz / Spannung in V

q ... Ladung in C

E ... Elektrisches Feld in $\frac{V}{m}$

s ... Strecke in m

q ... Ladung in C

Kapazität:

$$C = \frac{q}{U}$$

C ... Kapazität in F

U ... Spannung in V

q ... Ladung in C

Ohm'sches Gesetz:

$$U = R I$$

U ... Spannung in V

R ... Widerstand in Ω

I ... Strom in A

Kirchhoff Knoten (in einem Knoten):

$$\sum I_i = 0$$

I_i ... i-ter Strom in A

Kirchhoff Masche (in einer geschlossenen Masche):

$$\sum U_i = 0$$

U_i ... i-te Spannung in V

Spezifischer Widerstand:

$$R = \rho \frac{s}{A}$$

R ... Widerstand in Ω

ρ ... spezifischer Widerstand in Ωm

s ... Strecke in m

A ... Fläche in m²

Serienschaltung von Widerständen:

$$R_{ges} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

R_i ... i-ter Widerstand in Ω

Elektrische Ladung:

$$Q = I t$$

Q ... Ladungsmenge in C

I ... Strom in A

t ... Zeit in s

Elektrische Leistung:

$$P = U I$$

P ... Leistung in W

U ... Spannung in V

I ... Strom in A

Elektrische Energie:

$$W = P t$$

W ... Energie in J

P ... Leistung in W

t ... Zeit in s

Lorentzkraft:

$$F = B I l$$

F ... Lorentzkraft in N

B ... Magnetische Flussdichte in T

I ... Strom in A

l ... Länge des stromdurchflossenen Leiters im Magnetfeld in m

Induktion:

$$U = -n \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

U ... Induzierte Spannung in V

n ... Windungsanzahl (einheitenlos)

Δφ ... Änderung des Magnetfeldes in Wb

Δt ... Zeit in s

Transformator:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

U_i ... Spannungen in V

I_i ... Ströme in A

n ... Windungsanzahl (einheitenlos)

Transformator Leistung:

$$U_1 I_1 = U_2 I_2$$

U_i ... Spannungen in V

I_i ... Ströme in A

Schwingungen

Frequenz:

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

f ... Frequenz in Hz = $\frac{1}{s}$

T ... Periodendauer in s

Kreisfrequenz:

$$\omega = 2\pi f$$

ω ... Kreisfrequenz in $\frac{rad}{s}$ oder $\frac{1}{s}$

f ... Frequenz in Hz = $\frac{1}{s}$

Fadenpendel

Annäherungsformel:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

T ... Periodendauer in s

l ... Pendellänge in m

g ... Erdbeschleunigung in $\frac{m}{s^2}$

Federpendel Annäherungsformel:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

T ... Periodendauer in s

m ... Masse in kg

k ... Federkonstante in $\frac{N}{m}$

Schwingungsformel:

$$y(t) = y_0 \sin(\omega t + \varphi_0)$$

oder

$$y(t) = y_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$$

y ... Auslenkung in m

y_0 ... Amplitude in m

ω ... Kreisfrequenz in $\frac{rad}{s}$

t ... Zeit in s

φ_0 ... Nullphasenwinkel in rad

Wellen und Optik

Lichtgeschwindigkeit:

$$c = 2,9979 \cdot 10^8 \frac{m}{s} \approx 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$$

Wellengeschwindigkeit:

$$c = \lambda f$$

c ... Geschwindigkeit in $\frac{m}{s}$

f ... Frequenz in Hz

λ ... Wellenlänge in m

Kreisfrequenz:

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

ω ... Kreisfrequenz in $\frac{1}{s}$

f ... Frequenz in $\frac{1}{s}$

T ... Periodendauer in s

Wellenzahl:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

ω ... Kreisfrequenz in $\frac{1}{s}$

λ ... Wellenlänge in m

Wellenformel:

$$y(x, t) = A \sin(kx - \omega t + \varphi_0)$$

y ... Auslenkung in m an der

Position x zum Zeitpunkt t

A ... Amplitude in m

k ... Wellenzahl in $\frac{1}{m}$

x ... Position in m

ω ... Kreisfrequenz in $\frac{1}{s}$

t ... Zeit in s

φ_0 ... Nullphasenwinkel in rad

Reflexion:

$$\epsilon = \epsilon_r$$

ϵ ... Einfallswinkel in $^\circ$ oder rad

ϵ ... Reflexionswinkel in $^\circ$ oder rad

Brechungsgesetz von Snellius:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1} = n$$

α_1 ... Einfallswinkel zum Lot in $^\circ$
oder rad

α_2 ... Gebrochener Winkel im
Medium 2 zum Lot in $^\circ$ oder rad

λ_i ... Wellenlängen in m

c_i ... Geschwindigkeiten in $\frac{m}{s}$

n ... Brechungsindex (Annahme n_1
= 1, wenn Medium 1 Luft ist)

(einheitenlos)

n_1, n_2 ... Brechungsindex des
Mediums (einheitenlos)

$$f_1 = f_2$$

Frequenz in Hz