

Formelsammlung Physik 4 [Ph4I]

Grundlagen Trigonometrie

Skalarprodukt

$\vec{x} \angle \vec{y} \rightarrow \alpha = \text{beliebig}$	$\vec{x} \cdot \vec{y} = \vec{x} \cdot \vec{y} \cdot \cos(\alpha)$
$\vec{x} \# \vec{y} \rightarrow \alpha = 0^\circ \rightarrow \cos(\alpha) = 1$	$\vec{x} \cdot \vec{y} = \vec{x} \cdot \vec{y} $
$\vec{x} \perp \vec{y} \rightarrow \alpha = 90^\circ \rightarrow \cos(\alpha) = 0$	$\vec{x} \cdot \vec{y} = 0$

Vektorprodukt

$\vec{x} \angle \vec{y} \rightarrow \alpha = \text{beliebig}$	$\vec{x} \times \vec{y} = (\vec{x} \cdot \vec{y} \cdot \sin(\alpha)) \cdot \vec{n}$
$\vec{x} \# \vec{y} \rightarrow \alpha = 0^\circ \rightarrow \sin(\alpha) = 0$	$\vec{x} \times \vec{y} = \vec{0}$
$\vec{x} \perp \vec{y} \rightarrow \alpha = 90^\circ \rightarrow \sin(\alpha) = 1$	$\vec{x} \times \vec{y} = (\vec{x} \cdot \vec{y}) \cdot \vec{n}$

Rechte-Hand-Regel: *Daumen* \times *Zeigefinger* = *Mittelfinger*

Zusammenhänge Translation / Rotation

Translation			Rotation		
Symbol	Grösse	Beziehung	Symbol	Grösse	Beziehung
s	Weg		φ	Winkel	
v	Geschwindigkeit	$v = \frac{ds}{dt}$	ω	Winkelgeschwindigkeit	$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$
a	Beschleunigung	$a = \frac{dv}{dt}$	α	Winkelbeschleunigung	$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$
m	Masse		J	Trägheitsmoment	
p	Impuls	$p = m \cdot v$	L	Drehimpuls	$L = J \cdot \omega$
F	Kraft	$F = \frac{dp}{dt}$	M	Drehmoment	$M = \frac{dL}{dt}$
dW	Arbeit	$dW = F \cdot d\vec{s}$	dW	Arbeit	$dW = M \cdot d\varphi$
P	Leistung	$P = \vec{F} \cdot \vec{v}$	P	Leistung	$P = M \cdot \omega$
E_{trans}	Translationsenergie	$E_{trans} = \frac{m \cdot v^2}{2}$	E_{rot}	Rotationsenergie	$E_{rot} = \frac{J \cdot \omega^2}{2}$

Allgemeine Konstanten der Elektrostatik

Kleinste, nicht mehr teilbare Ladung	$q_e = e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Elementarladung eines Elektrons	$Q_e = -e$
Elementarladung eines Protons	$Q_p = +e$
Feld- oder Influenzkonstante	$\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{V} \cdot \text{m}}$
Induktionskonstante	$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{A} \cdot \text{m}}$

Ladungen

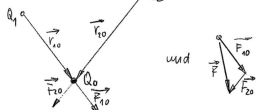
Ladung [Q] = C = As

Kraftwirkung

$$F = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \quad \left| \begin{array}{l} F \text{ Kraftwirkung zw. } Q_1 \text{ und } Q_2 \text{ [N]} \\ r \text{ Abstand zw. } Q_1 \text{ und } Q_2 \text{ [m]} \end{array} \right.$$

Kraftwirkung im Vektorraum

$$\vec{F}_{1,2} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{|\vec{r}_{1,2}|^2} \cdot \frac{\vec{r}_{1,2}}{|\vec{r}_{1,2}|} \quad \left| \begin{array}{l} \vec{F}_{1,2} \text{ Kraftwirkung zw. } Q_1 \text{ und } Q_2 \text{ [N]} \\ \vec{r}_{1,2} \text{ Abstand zw. } Q_1 \text{ und } Q_2 \text{ [m]} \end{array} \right.$$



Verteilungen

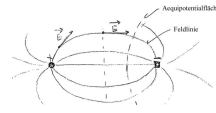
$\rho = \frac{Q}{V}$	ρ Raumladungsdichte [C/m ³]	V Volumen mit Ladung [m ³]
$\sigma = \frac{Q}{A}$	σ Flächenladungsdichte [C/m ²]	A Fläche mit Ladung [m ²]
$\lambda = \frac{Q}{L}$	λ Linienladungsdichte [C/m]	L Linie mit Ladung [m]

Mittelpunkt

$$\vec{r}_{LMP} = \frac{1}{\sum_i Q_i} \cdot \sum_i \vec{r}_i \cdot Q_i \quad \left| \begin{array}{l} Q_i \text{ Ladungen} \\ \vec{r}_i \text{ Abstand vom Messpt. zu } Q_i \end{array} \right.$$

Elektrisches Feld

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q}$$



E	Elektrisches Feld	[N/C; V/m]
Q	Ladung	[C]
F	Kraft, die auf Q wirkt	[N]

Kraftwirkung von mehreren Ladungen im Raum

$$\vec{E} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \sum_i \frac{Q_i}{|\vec{r}_i|^3} \cdot \vec{r}_i \quad \left| \begin{array}{l} Q_i \text{ Ladungen} \\ \vec{r}_i \text{ Abstand vom Messpt. zu } Q_i \end{array} \right.$$

Elektrische Energie

$$E_{pot} = \int_{BP}^A \vec{F}_W \cdot d\vec{s} = -Q \int_{BP}^A \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad \left| \begin{array}{l} E \text{ Elektrische Energie [J]} \\ \vec{E} \text{ Elektrisches Feld} \\ \vec{F}_W \text{ Die aufgebrauchte Kraft} \\ d\vec{s} \text{ Zurückgelegte Strecke} \end{array} \right.$$



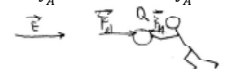
$E_{pot} = F \cdot s = -Q \cdot E \cdot s$	Vereinfachte Beziehungen; siehe oben.
$E_{pot} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q \cdot Q_0}{r}$	E Elektrische Energie [J] Q Ladung 1 im Feld E [C] Q_0 Ladung 2 im Feld E [C] r Abstand zw. Q und Q_0 [m]

Elektrische Arbeit

$$W_{AB} = E_{potA} - E_{potB}$$

W_{AB}	Elektrische Arbeit	[J]
$E_{p,A}$	Energie im Punkt A	[J]
$E_{p,B}$	Energie im Punkt B	[J]

$$W_{AB} = \int_A^B \vec{F}_W \cdot d\vec{s} = -Q \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s}$$



W_{AB}	Elektrische Arbeit	[J]
\vec{F}_W	Für die Arbeit aufgebrauchte Kraft	
$d\vec{s}$	Zurückgelegte Strecke	

$W = F \cdot s = -Q \cdot E \cdot s = -Q \cdot U$	Vereinfachte Beziehungen; siehe oben
$W_{AA} = 0$	Für jede geschlossene Kurve (von A nach A) wird $w = 0$.

Elektrisches Potential / Spannung

$$\varphi = \frac{E_{pot}}{Q} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q_0}{r}$$

φ	Elektrisches Potential	[V]
Q_0	Ladung mit Pot.untersch.	[C]
r	Abstand zu Q_0	[m]

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$$

U_{AB}	Elektrische Spannung	[V]
φ_A	Potential im Punkt A	[V]
φ_B	Potential im Punkt B	[V]

$$U_{AB} = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

U_{AB}	Elektrische Spannung	[V]
\vec{E}	Elektrisches Feld	
$d\vec{s}$	Zurückgelegte Strecke	

$U = E \cdot s$ Vereinfachte Beziehungen; siehe oben

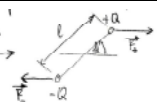
Elektrischer Dipol

$$|\vec{p}| = Q \cdot l$$



\vec{p}	Dipolvektor	
Q	Ladung	[C]
l	Abstand zu Q	[m]

$$\vec{M}_p = \vec{p} \times \vec{E}$$



\vec{M}_p	Dipol-Drehmoment	
\vec{p}	Dipolvektor	
\vec{E}	El.-Feld für die Ausrichtung	

Elektrischer Fluss

$$\Phi = \vec{A} \cdot \vec{v}$$

Φ	Elektrischer Fluss	[C]
\vec{A}	Durchflussfläche	
\vec{v}	Strömungsgeschwindigkeit	

Gauss'sches Gesetz d. El.statik

$$\Phi = \int_{S(K)} \epsilon_0 \cdot \vec{E} \cdot d\vec{A} = \int_K \rho \cdot dV$$

\vec{E}	Elektrisches Feld	
\vec{A}	Oberfläche des austretenden el. Feldes	
ρ	Raumladungsdichte	
V	Volumen mit Ladung	

$\Phi = \epsilon_0 \cdot E \cdot A = \rho \cdot V = Q$ Vereinfachte Beziehungen; siehe oben

Kondensator

Kapazität

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

C	Kapazität	[C/V; F]
Q	Ladung des Kondensators	[C]
U	Spannung	[V]

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_n}$$

C Kapazität total bei Serienschaltung

$$C = C_1 + C_2 + C_n$$

C Kapazität total bei Parallelschaltung

Plattenkondensator

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{A \cdot \gamma}{d \cdot \frac{\gamma}{\epsilon_0}} = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$$

C	Kapazität	[C/V; F]
A	Elektrodenfläche	[m ²]
d	Elektrodenabstand	[m]
γ	Flächenladungsdichte	[C/m ²]

Plattenkondensator mit Dielektrikum

$$C^* = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d^*} = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$$

C^*	Kapazität mit Dielektrikum	[C/V; F]
ϵ_r	Polarisierbark. f. Permittivität	
d	Elektrodenabstand	[m]
d^*	Elektrodenabstand mit Perm.	[m]

$$d^* = \frac{d}{\epsilon_r} \quad d^* < d \rightarrow \epsilon_r > 1$$

ϵ_r	Polarisierbark. f. Permittivität	
d	Elektrodenabstand	[m]
d^*	Elektrodenabstand mit Perm.	[m]

Kugelkondensator

$C = 4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{1}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)}$	C Kapazität [C/V; F]
	r_1 Innerer Kugelradius [m]
	r_2 Äußere Kugelradius, falls n. Vorhanden = ∞ [m]

Energie

$W = \frac{Q^2}{2 \cdot C} = \frac{Q \cdot U}{2} = \frac{C \cdot U^2}{2}$	W Energie [J]
	Q Ladung des Kondensators [m]
	U Spannung [V]
$w = \frac{W}{V}$	w Energiedichte [J/m ³]
	W Energie [J]
	V Volumen [m ³]
$w = \frac{1}{2} \cdot \epsilon_0 \cdot E^2$	w Energiedichte [J/m ³]
	E Elektrisches Feld [V/m]

Elektrischer Strom

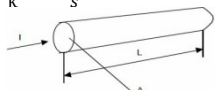
$I = \frac{dQ}{dt}$	I Elektrischer Strom [A]
	Q Ladung [C]
	t Zeit für den Durchfluss [s]

Stromdichte

$j = \frac{dI}{dA}$	j Elektrische Stromdichte [A/m ²]
	I Elektrischer Strom [A]
	A Fläche für den Durchfluss [m ²]
$j = n \cdot \bar{v} \cdot q_e$	j Elektrische Stromdichte [A/m ²]
	\bar{v} Mittlere Driftgeschwindigkeit [m/s]
	n Ladungsträgerkonzentration [1/m ³]
$j = n \cdot q_e \cdot \mu \cdot E$	j Elektrische Stromdichte [A/m ²]
	n Ladungsträgerkonzentration [1/m ³]
	E El. Feldstärke [V/m]

Elektrische Leitfähigkeit

$\bar{v} = \frac{q_e}{b} \cdot E = \mu \cdot E$	\bar{v} Mittlere Driftgeschwindigkeit [m/s]
	b Unbeweglichkeit der Elektronen
	μ Beweglichkeit d. Elektronen
$\kappa = n \cdot q_e \cdot \mu$	κ El. Leitfähigkeit [S/m]
	μ Beweglichkeit d. Elektronen
$\rho = \frac{1}{\kappa} = R \cdot \frac{A}{s}$	ρ Spezifischer Widerstand [$\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$]
	R Widerstand des Leiters [Ω]
	A Querschnitt des Leiters [mm ²]
	s Länge des Leiters [m]



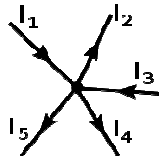
Elektrischer Widerstand

$R = \frac{U}{I} = \frac{E \cdot s}{j \cdot A}$	κ El. Leitfähigkeit [m/ $\Omega \text{ mm}^2$]
	μ Beweglichkeit d. Elektronen
$S = \frac{1}{R}$	S Siemens, moh [1/ Ω]

Kirchhoff'sche Regeln

Kirchhoff 1: Knotenregel

Die Summe aller Ströme eines Stromknotens ist gleich null. Zufließende Ströme sind positiv, abfließende negativ zu werten.



Kirchhoff 2: Maschenregel

Die Summe aller Spannungen einer Masche ist gleich null. Alle Spannungen in Maschenrichtung sind positiv, diejenigen in Gegenrichtung negativ zu werten.

Elektrische Leistung

$P = \frac{dW}{dt} = \frac{dQ \cdot U}{dt} = U \cdot I$	P El. Leistung [W]
	Q Ladung [C]
	I Strom [A]
	t Zeit für den Durchfluss [s]
$\eta = \frac{P_{\text{Abgabe}}}{P_{\text{Aufwand}}}$	η Wirkungsgrad
	P_{ab} El. Leistung (Nutzen) [W]
	P_{auf} El. Leistung (Aufnahme) [W]

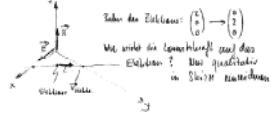
Wechselstrom

$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$	ω Winkelgeschwindigkeit [rad/s]
	f Frequenz [Hz]
$U(t) = \hat{U} \cdot \sin(\omega \cdot t)$	U(t) Funktion
	\hat{U} Scheitelspannungswert [V]
	ω Winkelgeschwindigkeit [rad/s]
$I(t) = \hat{I} \cdot \sin(\omega \cdot t)$	I(t) Funktion
	\hat{I} Scheitelstromwert [A]
	ω Winkelgeschwindigkeit [rad/s]
$P = \frac{\hat{U}^2}{2 \cdot R}$	P Gemittelte Leistung [W]
	\hat{U} Scheitelspannungswert [V]
	R Widerstand [Ω]
$U_{\text{eff}} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$	U_e Effektive Spannung [V]
	\hat{U} Scheitelspannungswert [V]
$I_{\text{eff}} = \frac{\hat{I}}{\sqrt{2}}$	I_e Effektiver Strom [A]
	\hat{I} Scheitelstromwert [A]

Elektrische Ströme und Magnetfelder

Magnetische Flussdichte / Magnetische Induktion

Erstes Ampèresches Gesetz $\vec{F} = I \cdot \vec{l} \times \vec{B}$	\vec{F} Magnetische Kraftwirkung [N]
	l Länge des B-Feldes [m]
	\vec{I} Strom (techn. Richtung) [A]
	\vec{B} Magnetische Flussdichte [T]
Lorenzkraft $\vec{F} = Q \cdot (\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$	\vec{F} Magnetische Kraftwirkung [N]
	\vec{E} El. Feld [V/m]
	Q Ladung im Leiter [C]
	\vec{v} Driftgeschwindigkeit [m/s]
	\vec{B} Magnetische Flussdichte [T]

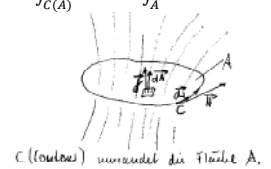


Magnetische Feldstärke

$\vec{B} = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot \vec{H}$	\vec{B} Magnetische Flussdichte [T]
	\vec{H} Magnetische Feldstärke [A/m]
	μ_r Permeabilitätszahl; Ausrichtungsfreudigk. der Atome
	$\mu_r > 1$; paramagnetische Stoffe
	$\mu_r < 1$; diamagnetische Stoffe
	$\mu_r \gg 1$; ferromagnetische Stoffe
$\vec{B} = \vec{B}_{\text{Zus}} + \vec{B}_0 = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot \vec{H}$	\vec{B} Magnetische Flussdichte [T]
	\vec{B}_{Zus} Zusätzliche magnetische Flussdichte durch mag. Dipolmoment
Biot-Savart'sches Gesetz $d\vec{H} = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \cdot d\vec{s} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$	\vec{H} Magnetische Feldstärke [A/m]
	s Referenz-Leiterstück [m]
	\vec{r} Vektor z. Magnetfeldmessort

Durchflutungsgesetz

Zweites Ampèresches Gesetz $I = \oint_{C(A)} \vec{H} \cdot d\vec{s} = \int_A \vec{j} \cdot d\vec{A}$	C Umrandet die Fläche A
	\vec{A} Leiterdurchschnittsfläche [m ²]
	\vec{H} Magnetische Feldstärke [A/m]
	s Referenz-Leiterstück [m]
	j Stromdichte im Leiter [A/m ²]

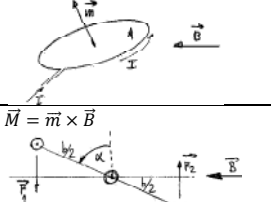


Magnetfeld innerhalb einer Zylinderspule

$H = \frac{N \cdot I}{L}$	H Magnetische Feldstärke [A/m]
	I Strom im Innern der Spule [A]
	N Anzahl Spulenwindungen
	L Länge der Zylinderspule [m]

Magnetischer Dipol

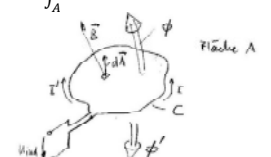
$\vec{m} = A \cdot I \cdot \vec{n}$	\vec{m} Magnetisches Dipolmoment \perp auf A
	A Stromdurchflossene Fläche
	I Stromstärke
	\vec{n} Normalenvektor \perp auf A
$\vec{M} = \vec{m} \times \vec{B}$	\vec{M} Mechanisches Drehmoment
	\vec{m} Magnetisches Dipolmoment
	\vec{B} Magnetische Flussdichte



Instationäre elektromagnetische Felder

Induktionsgesetz

$\Phi = \int_A \vec{B} \cdot d\vec{A}$	Φ Magnetischer Induktionsfluss
	\vec{B} Magnetische Flussdichte
	\vec{A} Fläche der Leiterschleife
$\Phi = B \cdot A$	Vereinfachte Beziehungen; siehe oben

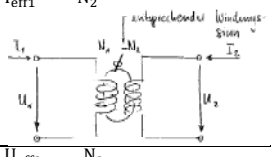


Faradaysches Induktionsgesetz

$U_{\text{ind}} = - \frac{d\Phi}{dt}$	U_{ind} Induzierte Spannung [V]
	Φ Magnetischer Induktionsfluss
	t Induktionszeit

Transformator

$\frac{I_{\text{eff}2}}{I_{\text{eff}1}} = - \frac{N_1}{N_2}$	$I_{\text{eff}2}$ Resultierender Stromwert
	$I_{\text{eff}1}$ Eingehender Stromwert
	N_1 Anzahl Windungen beim eing. Stromwert
	N_2 Anzahl Windungen beim ausg. Stromwert
$\frac{U_{\text{eff}2}}{U_{\text{eff}1}} = - \frac{N_2}{N_1}$	$U_{\text{eff}2}$ Resultierende Spannung
	$U_{\text{eff}1}$ Eingehende Spannung
	N_1 Anzahl Windungen beim eing. Stromwert
	N_2 Anzahl Windungen beim ausg. Stromwert

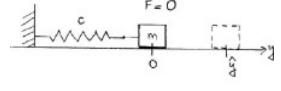
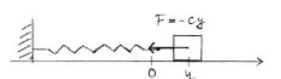


Schwingungen

Wellenfunktionen & Ableitungen

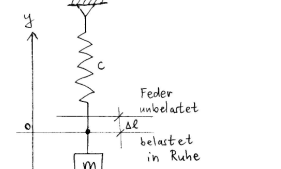
$y(t) = A \cdot \sin(\omega_0 \cdot t + \phi)$	ω_0 Winkelgeschwindigkeit [rad/s]
$\dot{y}(t) = A \cdot \omega_0 \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \phi)$	A Amplitude [m]
$\ddot{y}(t) = -A \cdot \omega_0^2 \cdot \sin(\omega_0 \cdot t + \phi)$	ϕ Phasenverschiebung [rad]
$y(t) = A \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \phi)$	ω_0 Winkelgeschwindigkeit [rad/s]
$\dot{y}(t) = -A \cdot \omega_0 \cdot \sin(\omega_0 \cdot t + \phi)$	A Amplitude [m]
$\ddot{y}(t) = -A \cdot \omega_0^2 \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \phi)$	ϕ Phasenverschiebung [rad]

Masse-Feder-Schwinger (horizontal, reibungslos)

$y(t) = \hat{y} \cdot \sin(\omega_0 \cdot t + \frac{\pi}{2})$	$y(t)$ Auslenkungsweite [m]
$y(t) = \hat{y} \cdot \cos(\omega_0 \cdot t)$	ω_0 Winkelgeschwindigkeit [rad/s]
	\hat{y} Amplitude, max. Auslenkung [m]
	

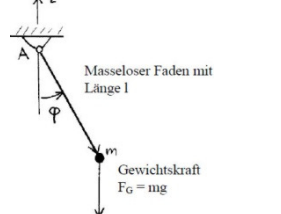
$\omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}}$	ω_0 Winkelgeschwindigkeit [rad/s]
	c Federkonstante [N/m]
	m Masse an der Feder [kg]
$T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega_0}$	T Periodizität [s]
	ω_0 Winkelgeschwindigkeit [rad/s]

Masse-Feder-Schwinger (vertikal, reibungslos)

$y(t) = L \cdot \cos(\omega_0 \cdot t)$	$y(t)$ Auslenkungshöhe [m]
	ω_0 Winkelgeschwindigkeit [rad/s]
	\hat{y} Amplitude, max. Auslenkung [m]

$\omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}} = \sqrt{\frac{g}{\Delta l}}$	ω_0 Winkelgeschwindigkeit [rad/s]
	c Federkonstante [N/m]
	m Masse an der Feder [kg]
	g Erdanziehungskraft [m/s ²]
	Δl Auslenkung der Feder [m]
$T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega_0} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{\Delta l}{g}}$	T Periodizität [s]
	g Erdanziehungskraft [m/s ²]
	Δl Auslenkung der Feder [m]

Mathematisches Pendel

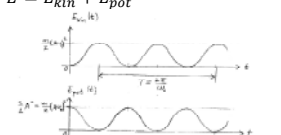
$\varphi(t) = \hat{\varphi} \cdot \cos(\omega_0 \cdot t)$	$\varphi(t)$ Auslenkungswinkel [rad]
	ω_0 Winkelgeschwindigkeit [rad/s]
	$\hat{\varphi}$ Winkel, max. Auslenkung [m]

$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}$	ω_0 Winkelgeschwindigkeit [rad/s]
	g Erdanziehungskraft [m/s ²]
	l Länge des Pendels [m]

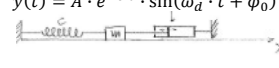
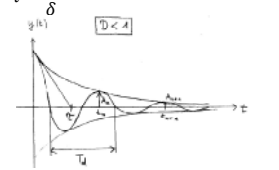
Physikalisches Pendel

$\omega_0 = \sqrt{\frac{a \cdot m \cdot g}{J_a}}$	ω_0 Winkelgeschwindigkeit [rad/s]
	a Abstand von Aufhängung [m]
	m Masse des Körpers [kg]
	J_a Massenträgheitsmoment [kg · m ²]
$\omega_{max} = \sqrt{\frac{g}{2} \frac{m}{J_s}}$	ω_{max} Max. Winkelgeschwindigkeit [rad/s]
	g Erdanziehungskraft [m/s ²]
	m Masse des Körpers [kg]
	J_s Massenträgheitsmoment [kg · m ²]
$a_{max} = \sqrt{\frac{J_s}{m}}$	a_{max} Abstand von Aufhängung [m]
	J_s Massenträgheitsmoment [kg · m ²]
	m Masse des Körpers [kg]

Schwingungsenergie

$E = E_{kin} + E_{pot}$	E Energie total [J]
	E_{pot} Potentielle Energie [J]
	E_{kin} Kinetische Energie [J]
$E = \frac{c}{2} \cdot A^2 = \frac{\omega_0 \cdot m}{2} \cdot A^2$	c Federkonstante [N/m]
	A Amplitude [m]
	ω_0 Winkelgeschwindigkeit [rad/s]
	m Masse an der Feder [kg]

Gedämpfte Schwingungen

$y(t) = A \cdot e^{-\delta \cdot t} \cdot \sin(\omega_d \cdot t + \phi_0)$	$y(t)$ Auslenkung [m]
	A Amplitude [m]
	δ Abklingkoeffizient
	ω_d Winkelgeschwindigkeit (Dämpfung)
	ϕ_0 Phasenverschiebung [rad]
$\delta = \frac{b}{2 \cdot m}$	δ Abklingkoeffizient
	m Masse an der Feder [kg]
	b Proportionalitätskonstante [N/m ²]
$\omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}}$	ω_0 Anfangsgeschwindigkeit [rad/s]
	c Federkonstante [N/m]
	m Masse an der Feder [kg]
$\omega_d = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$	ω_d Winkelgeschwindigkeit (Dämpfung)
	ω_0 Anfangsgeschwindigkeit [rad/s]
	δ Abklingkoeffizient
$D = \frac{\delta}{\omega_0}$	D Dämpfungsgrad
	ω_0 Anfangsgeschwindigkeit
	δ Abklingkoeffizient
$\omega_d = \omega_0 \cdot \sqrt{1 - D^2}$	ω_d Winkelgeschwindigkeit (Dämpfung)
	ω_0 Anfangsgeschwindigkeit [rad/s]
	D Dämpfungsgrad
$\tau = \frac{1}{\delta}$	τ Zeitkonstante; $y(t) = A \cdot e^{-t/\tau} = 0.37 \cdot A$
	

Erzwungene Schwingungen

$y(t) = A(\omega) \cdot \sin(\omega \cdot t + \phi(\omega))$	$y(t)$ Auslenkung [m]
$+ B \cdot e^{-\delta \cdot t} \cdot \sin(\omega_d \cdot t + \Psi)$	A(ω) Amplitude [m]
	$\phi(\omega)$ Phase [rad]
	ω Winkelgeschwindigkeit [rad/s]
	ω_d Winkelgeschwindigkeit (Dämpfung)
	B Amplitude (Dämpfung) [m]
	Ψ Phase (Dämpfung) [rad/s]
$A(\omega) \cdot \sin(\omega \cdot t + \phi(\omega))$	Stationäre Lösung
$B \cdot e^{-\delta \cdot t} \cdot \sin(\omega_d \cdot t + \Psi)$	Ausschwingungen mit Dämpfung, falls $t \rightarrow \infty$ Term = 0
$A(\omega) = \frac{c \cdot u_0}{m \cdot \sqrt{\omega_0^2 - \omega^2 + (2D\omega_0\omega)^2}}$	A(ω) Amplitude [m]
	c Federkonstante [N/m]
	u_0 Dämpfungsgrad
	m Masse an der Feder [kg]
	ω_0 Anfangsgeschwindigkeit [rad/s]
	ω Winkelgeschwindigkeit [rad/s]
$\phi(\omega) = \arctan\left(\frac{2 \cdot D \cdot \omega_0 \cdot \omega}{\omega_0^2 - \omega^2}\right)$	$\phi(\omega)$ Phase [m]
	D Dämpfungsgrad
	ω_0 Anfangsgeschwindigkeit [rad/s]
	ω Winkelgeschwindigkeit [rad/s]
$\omega_r = \omega_0 \cdot \sqrt{1 - 2 \cdot D^2}$	ω_r Resonanzgeschwindigkeit (maximal)
	D Dämpfungsgrad
	ω_0 Anfangsgeschwindigkeit [rad/s]
$A_r = \frac{u_0}{2 \cdot D \cdot \sqrt{1 - 2 \cdot D^2}}$	A_r Resonanzamplitude (maximal)
	u_0 Dämpfungsgrad
	D Dämpfungsgrad