

Formelsammlung

M 1**Bewegung auf einer Geraden**

Geschwindigkeit

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \dot{x}$$

Beschleunigung

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \dot{v}_x$$

Spezielle Ort-Zeit-Funktionen:

Gleichmäßig beschleunigte
Bewegung ($a_x = \text{const}$)

$$x = \frac{a_x}{2} t^2 + v_{x0} t + x_0$$

Harmonische Schwingung

$$x = x_m \cos(\omega t + \alpha)$$

Kreisfrequenz

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

M 2**Bewegung in der Ebene**

Kreisbewegung:

Kreisbogen

$$s = \varphi r$$

Bahngeschwindigkeit

$$v = \dot{\varphi} r = \omega r$$

Tangentialbeschleunigung

$$a_t = \ddot{\varphi} r = \alpha r$$

Radialbeschleunigung

$$a_r = \omega^2 r = \frac{v^2}{r}$$

M 3**Bewegungsgleichung**

Grundgesetz der Mechanik

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

$$F_x = m a_x$$

Impuls

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

$$p_x = m v_x \quad t_2$$

Kraftstoß

$$\Delta \vec{p} = \int \vec{F} dt$$

$$p_{x2} - p_{x1} = \int_{t_1}^{t_2} F_x dt$$

M 4**Arbeit, Energie, Leistung**

Arbeit längs eines Weges

$$W = \int \vec{F} d\vec{r}$$

$$\vec{F} d\vec{r} = F_s ds = F \cos \alpha ds$$

Verschiebungsarbeit

$$W' = -W = \Delta E_p \quad \vec{r}$$

Potentielle Energie

$$E_p(\vec{r}) - E_p(\vec{r}_0) = - \int_{\vec{r}_0}^{\vec{r}} \vec{F} d\vec{r}$$

Kinetische Energie

$$E_k = \frac{m}{2} v^2$$

Leistung

$$P = \frac{dW}{dt} = \vec{F} \vec{v} = F_s v$$

Energieerhaltungssatz
der Mechanik

$$E_k(v) + E_p(\vec{r}) = E_0 = \text{const}$$

$$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$$

Potentielle Energien spezieller Kräfte

Gewichtskraft

$$F_z = -mg$$

$$E_p = mgz$$

Federkraft

$$F_x = -kx$$

$$E_p = \frac{k}{2} x^2$$

Gravitationskraft

$$F_r = -G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$E_p = -G \frac{m_1 m_2}{r}$$

M 5	Impulserhaltungssatz
------------	-----------------------------

Impulserhaltungssatz

$$\sum_k m_k \vec{v}_k = \vec{p}_0 = \text{const}$$

Massenmittelpunkt

$$\vec{r}_M = \frac{\sum_k m_k \vec{r}_k}{\sum_k m_k} = \frac{\vec{p}_0}{\sum_k m_k} t + \vec{r}_0$$

Gerader Stoß

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2$$

Geschwindigkeiten zweier Körper nach dem Stoß:

vollkommen unelastisch

$$v' = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

vollkommen elastisch

$$v'_1 = \frac{(m_1 - m_2) v_1 + 2 m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

$$v'_2 = \frac{(m_2 - m_1) v_2 + 2 m_1 v_1}{m_1 + m_2}$$

Bewegungsgleichung bei veränderlicher Masse

$$m a_x = F_x + u_x \frac{dm}{dt}$$

M 6	Bewegung im Zentralfeld
------------	--------------------------------

Gravitationskraft

$$\vec{F} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

Coulomb-Kraft

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

Drehimpuls

$$\vec{L} = \vec{r} \times m \vec{v}$$

Flächensatz

$$\frac{dA}{dt} = \frac{L}{2m} = \text{const}$$

Bewegung im Gravitationsfeld:

Drehimpuls

$$L = m r v \sin \alpha = \text{const}$$

Energie

$$E = \frac{m}{2} v^2 - G \frac{m m_0}{r} = \text{const}$$

Bahnformen

$E > 0$	Hyperbel
$E = 0$	Parabel
$E < 0$	Ellipse

Bahnformen

$$E = - \frac{G^2 m_0^2 m^3}{2L^2} \quad \text{Kreis}$$

3. Keplersches Gesetz

$$\frac{a^3}{T^2} = \frac{G}{4\pi^2} (m_0 + m) = \text{const}$$

M 7	Statik
------------	---------------

Drehmoment

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F} \quad M = Fr \sin \alpha$$

Gleichgewicht:

Starrer Körper

$$\sum \vec{F}_k = \vec{0} \quad \sum \vec{M}_k = \vec{0}$$

System mit einem Freiheitsgrad

$$\frac{dE_p(x)}{dx} = 0$$

Stabilitätskriterium

$$\frac{d^2 E_p(x)}{dx^2} \begin{cases} > 0 & \text{stabil} \\ = 0 & \text{indifferent} \\ < 0 & \text{labil} \end{cases}$$

M 8	Rotation starrer Körper
------------	--------------------------------

Winkelgeschwindigkeit

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$$

Winkelbeschleunigung

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$$

Grundgesetz

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}$$

Feste Achse

$$M_A = J_A \alpha$$

Drehimpuls

$$L_A = J_A \omega$$

Impulsmoment

$$\vec{L} = \vec{r} \times m \vec{v} \quad L = r m v \sin \alpha$$

Arbeit

$$W = \int M_A d\varphi$$

Leistung

$$P = M_A \omega$$

Kinetische Energie

$$E_k = \frac{J_A}{2} \omega^2$$

Drehimpulserhaltungssatz

$$\sum_k L_{Ak} = \text{const}$$

Trägheitsmoment

$$J_A = \int r^2 dm$$

Satz von Steiner

$$J_A = J_S + m s^2$$

Spezielle Trägheitsmomente:

Vollzylinder

$$J_S = \frac{1}{2} m r^2$$

Vollkugel

$$J_S = \frac{2}{5} m r^2$$

Hohlkugel (dünnwandig)

$$J_S = \frac{2}{3} m r^2$$

Stab (dünn)

$$J_S = \frac{1}{12} m l^2$$

Drehmoment einer Drillachse

$$M_A = - D \varphi$$

Schwingungsdauer:

Physikalisches Pendel

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J_A}{mgs}}$$

Drehschwingung

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J_A}{D}}$$

M 9	Beschleunigtes Bezugssystem
------------	------------------------------------

Allgemeine Trägheitskraft

$$\vec{F} = -m\vec{a}$$

Zentrifugalkraft

$$\vec{F}_Z = m(\vec{\omega} \times \vec{r}) \times \vec{\omega}$$

$$F_Z = m\omega^2 r$$

Corioliskraft

$$\vec{F}_C = 2m(\vec{v} \times \vec{\omega})$$

M 10	Spezielle Relativitätstheorie
-------------	--------------------------------------

Lorentz-Transformation

$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \quad t = \frac{t' + \frac{v}{c^2}x'}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

Längenkontraktion

$$\Delta x = \Delta x' \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

Zeitdilatation

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

Additionstheorem der Geschwindigkeiten

$$u_x = \frac{u_x' + v}{1 + \frac{u_x'v}{c^2}}$$

Dopplereffekt des Lichtes
(Annäherung)

$$f' = f \sqrt{\frac{c+v}{c-v}}$$

Bewegungsgleichung

$$\vec{F} = \frac{d}{dt}(m\vec{v})$$

Bewegte Masse

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

Energie-Masse-Beziehung

$$E = mc^2$$

Energie-Impuls-Beziehung

$$E = c \sqrt{(m_0c)^2 + p^2}$$

Kinetische Energie

$$E_k = (m - m_0)c^2$$

M 11	Äußere Reibung
-------------	-----------------------

Haftreibung	$F_R \leq \mu_0 F_n$
Gleitreibung	$F_R = \mu F_n$
Rollreibung	$F_R = \frac{\mu'}{r} F_n$

M 12	Verformung fester Körper
-------------	---------------------------------

Hookesches Gesetz:

Dehnung	$\frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma}{E}$	$\sigma = \frac{F_n}{A}$
Kompression	$\frac{\Delta V}{V} = - \frac{p}{K}$	
Scherung	$\gamma = \frac{\tau}{G}$	$\tau = \frac{F_t}{A}$
Querkontraktion	$\frac{\Delta b}{b} = - \mu \frac{\Delta l}{l}$	

Zusammenhang der elastischen Konstanten

$$E = 3K(1 - 2\mu) = 2G(1 + \mu)$$

Biegung eines Balkens:

Flächenmoment 2. Grades

$$J_F = \int \eta^2 dA$$

Biegungspfeil (Last am Ende)

$$\delta = \frac{l^3}{3EJ_F} F$$

Torsion eines Zylinders:

Drillwinkel

$$\varphi = \frac{2l}{\pi G r^4} M_A$$

Knickung eines Stabes:

Eulerscher Grenzwert

$$F_E = \frac{\pi^2 E J_F}{l^2}$$

M 13	Ruhende Flüssigkeiten und Gase
-------------	---------------------------------------

Druck

$$p = \frac{F}{A}$$

Schweredruck

$$p = \rho g h$$

Barometrische Höhenformel

$$p = p_0 e^{-\frac{\rho_0 g z}{p_0}}$$

M 14	Strömung der idealen Flüssigkeit
-------------	---

Kontinuitätsgleichung $A v = \frac{dV}{dt} = I = \text{const}$

Bernoullische Gleichung $p + \rho g z + \frac{\rho}{2} v^2 = p_0 = \text{const}$

M 15	Strömung realer Flüssigkeiten
-------------	--------------------------------------

Laminare Strömung (Newton) $F_R = \eta A \frac{dv}{dh}$

Stokessches Gesetz $F_R = 6\pi \eta r v$

Hagen-Poiseuillesches Gesetz $F_R = 8\pi \eta l \bar{v}$

Widerstandsgesetz $F_R = c \frac{\rho}{2} v^2 A$

Reynoldssche Zahl $Re = \frac{\rho l v}{\eta}$

W 1	Harmonische Schwingungen
------------	---------------------------------

Differentialgleichung $\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$

Ort-Zeit-Funktion $x = x_m \cos(\omega_0 t + \alpha)$

Kreisfrequenz $\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{2\pi}{T_0}$

Periodendauer verschiedener Systeme:

Federschwingung $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

Mathematisches Pendel $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$

Physikalisches Pendel $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{J_A}{mgs}}$

Drehschwingung $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{J_A}{D}}$

Elektrischer Schwingkreis $T_0 = 2\pi \sqrt{LC}$

W 2**Gedämpfte Schwingungen**

Differentialgleichung

$$\ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$$

Ort-Zeit-Funktion für $\delta < \omega_0$

$$x = x_A e^{-\delta t} \cos(\omega t + \alpha)$$

$$\omega^2 = \omega_0^2 - \delta^2$$

Abklinggesetz

$$\frac{x(t+T)}{x(t)} = e^{-\delta T}$$

Verhältnis der Maximalausschläge

$$\frac{x_{i+n}}{x_i} = e^{-n\delta T}$$

Logarithmisches Dekrement

$$\Lambda = \delta T$$

Federschwingung

$$\omega_0^2 = \frac{k}{m}$$

$$\delta = \frac{r}{2m}$$

W 3**Erzwungene Schwingungen**

Differentialgleichung

$$\ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \omega_0^2 x = \frac{F_m}{m} \cos \omega t$$

Ort-Zeit-Funktion
(eingeschwungener Zustand)

$$x = x_m \cos(\omega t - \alpha)$$

Amplitude

$$x_m = \frac{\frac{F_m}{m}}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\delta^2 \omega^2}}$$

Äußere Erregung

$$\frac{F_m}{m} = \xi_m \omega_0^2$$

Innere Erregung

$$\frac{F_m}{m} = \xi_m \frac{m'}{m} \omega^2$$

Phasendifferenz

$$\tan \alpha = \frac{2\omega\delta}{\omega_0^2 - \omega^2}$$

W 4**Wellenausbreitung**

Wellenfunktion

$$\eta(t, x) = \eta_m \cos(\omega t \mp kx + \alpha)$$

Wellenzahl

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

Kreisfrequenz

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

Phasengeschwindigkeit

$$c = \frac{\omega}{k} = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$$

Wellengleichung

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2}$$

W 5	Schallwellen
------------	---------------------

Schallgeschwindigkeit:

Longitudinalwellen:

Gase

$$c = \sqrt{\frac{\kappa p}{\rho}} = \sqrt{\kappa R' T}$$

Flüssigkeiten

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

Dünner Stab

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Transversalwellen

Festkörper

$$c = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

Gespannte Saite

$$c = \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}}$$

Schallfeldgrößen:

Schallausschlag

$$\xi(x, t) = \xi_m \cos(\omega t - kx + \alpha)$$

Schallschnelle

$$v = \frac{\partial \xi}{\partial t}$$

Dichteänderung

$$\Delta \rho = -\rho \frac{\partial \xi}{\partial x}$$

Schalldruck

$$\Delta p_w = \rho c \frac{\partial \xi}{\partial t}$$

Schallstrahlungsdruck

$$\Delta p_s = \rho \left(\frac{\partial \xi}{\partial t} \right)^2$$

Mittlere Energiedichte

$$\bar{w} = \overline{\Delta p_s} = \frac{\rho}{2} v_m^2$$

Schallintensität

$$\bar{I} = \frac{\rho}{2} v_m^2 c$$

Schalleistung

$$\bar{P}_s = \bar{I} A_s$$

Schallpegel

$$L = 10 \lg \frac{\bar{I}}{I_0} \text{ dB}$$

$$\bar{I}_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

Lautstärke

$$L_N = 10 \lg \frac{\bar{I}'}{I_0} \text{ phon}$$

Dopplereffekt:

Bewegte Quelle (Annäherung)

$$f' = \frac{f}{1 - \frac{v}{c}}$$

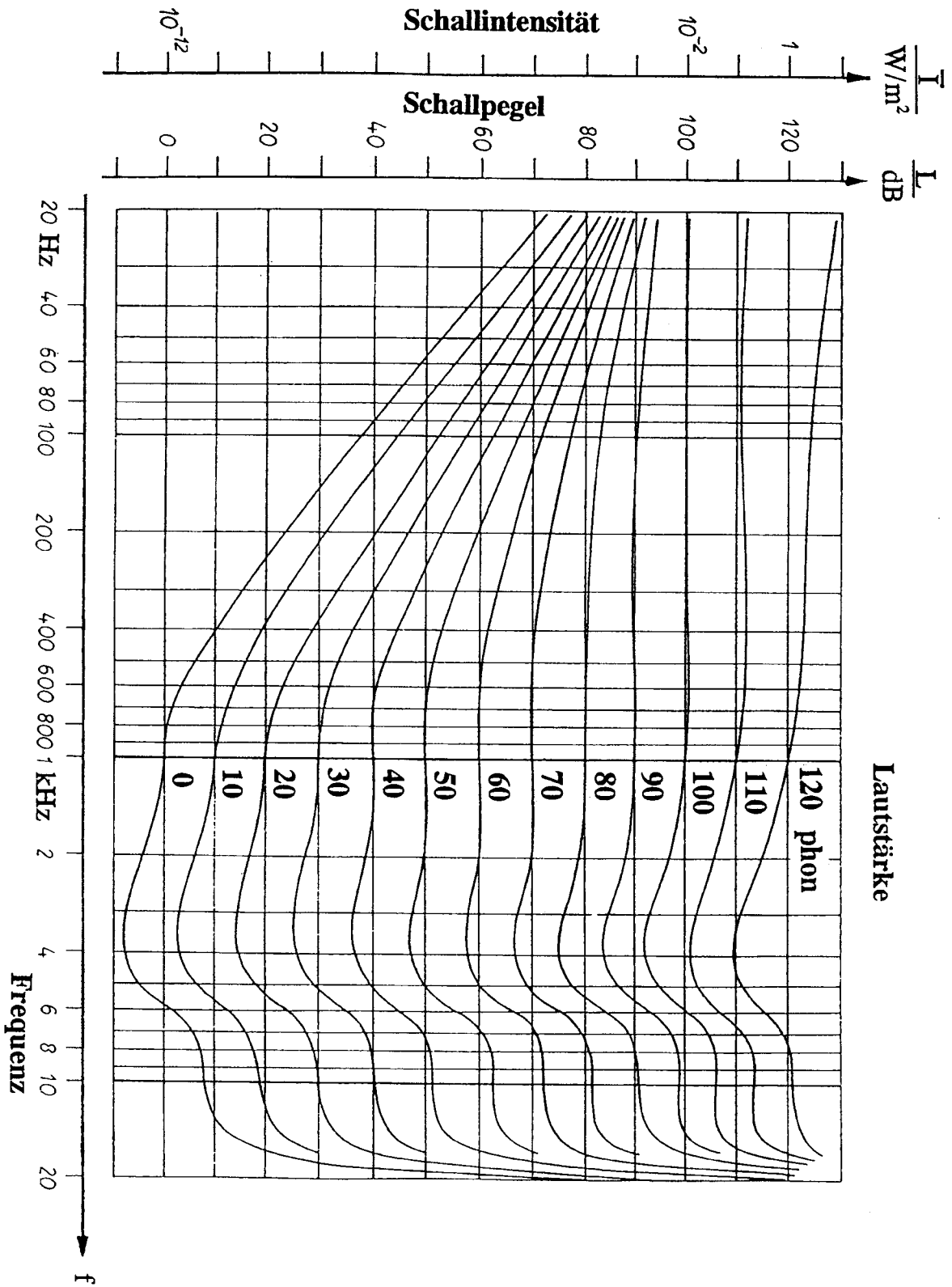
Bewegter Beobachter (Annäherung)

$$f' = f \left(1 + \frac{v'}{c} \right)$$

Mach-Kegel

$$\sin \alpha = \frac{c}{v}$$

Isophonen:



T 1	Kalorimetrie, thermische Ausdehnung
------------	--

Längenausdehnung	$l = l_0(1 + \alpha \vartheta)$	
Volumenausdehnung	$V = V_0(1 + \gamma \vartheta)$	$\gamma = 3\alpha$
Wärmebilanz	$\Sigma Q_{auf} = \Sigma Q_{ab}$	
Wärme	$Q = mc \Delta T$	
Umwandlungswärme	$Q = mq$	

T 2	Wärmeausbreitung
------------	-------------------------

Wärmeleitung	$\dot{Q} = \lambda \frac{A}{l} \Delta T$
Wärmeübergang	$\dot{Q} = \alpha A \Delta T$
Wärmedurchgang	$\dot{Q} = kA \Delta T$
Wärmedurchgangskoeffizient	$\frac{1}{k} = \sum_i \frac{l_i}{\lambda_i} + \sum_j \frac{1}{\alpha_j}$

T 3	Zustandsänderungen, Erster Hauptsatz der Thermodynamik
------------	---

Ideales Gas:

Thermische Zustandsgleichung	$pV = mR'T = \nu RT$
Kalorische Zustandsgleichung	$U = mc_V T$
Ausdehnungsarbeit	$W = \int p dV$
Erster Hauptsatz	$Q = \Delta U + W$ $\Delta U = Q + W'$
Poissonsche Gleichung	$pV^\kappa = \text{const}$
Zusammenhang der Konstanten	$\kappa = \frac{c_p}{c_v}$ $R' = c_p - c_v$
Enthalpie	$H = U + pV$
Entropie	$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$
Entropieänderung beim idealen Gas	$S_2 - S_1 = mc_V \ln \frac{T_2}{T_1} + mR' \ln \frac{V_2}{V_1}$

T 4	Carnotscher Kreisprozeß
------------	--------------------------------

Wirkungsgrad $\eta = \frac{Q_h + Q_t}{Q_h} = \frac{T_h - T_t}{T_h}$

Leistungsverhältnis:

Wärmepumpe $\varepsilon_w = \frac{|Q_h|}{|Q_h| - |Q_t|} = \frac{T_h}{T_h - T_t}$

Kältemaschine $\varepsilon_K = \frac{|Q_t|}{|Q_h| - |Q_t|} = \frac{T_t}{T_h - T_t}$

T 5	Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik
------------	--

Entropieänderung im abgeschlossenen System beim

irreversiblen Prozeß: $\Delta S > 0$

reversiblen Prozeß: $\Delta S = 0$

T 6	Gaskinetik
------------	-------------------

Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung $\frac{dN}{N dv} = \sqrt{\frac{8\mu}{\pi kT}} \frac{\mu v^2}{2kT} e^{-\frac{\mu v^2}{2kT}}$

Wahrscheinlichste Geschwindigkeit $v_w = \sqrt{2R'T}$

Mittelwert der Geschwindigkeit $\bar{v} = \sqrt{\frac{8}{\pi} R'T}$

Wurzel aus dem Mittelwert des Geschwindigkeitquadrates $\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{3R'T}$

Molekülmasse $\mu = \frac{1}{N_A'}$

Boltzmann-Konstante $k = R' \mu$

Teilchendichte $n = \frac{N}{V} = \frac{\rho}{\mu}$

Druck $p = \frac{1}{3} n \mu \overline{v^2}$

Teilchenstrom durch eine Fläche $\frac{dN}{dt} = \frac{A}{4} n \bar{v}$

Mittlere kinetische Energie der Translation eines Teilchens $\overline{E_k} = \frac{1}{2} \mu \overline{v^2} = \frac{3}{2} kT$

Gleichverteilungssatz $\frac{\mu}{2} \overline{v^2} = f \frac{k}{2} T$ $U = N f \frac{k}{2} T$

Mittlere freie Weglänge $\Lambda = \frac{1}{4\sqrt{2} \pi r_0^2 n}$

Mittlere Stoßfrequenz $f_s = \frac{\bar{v}}{\Lambda}$

E 1	Gleichstromkreis
------------	-------------------------

Elektrische Stromstärke

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

Stromdichte

$$j = \frac{I}{A}$$

Elektrische Leistung

$$P = UI$$

Elektrische Arbeit

$$W = QU$$

Ohmsches Gesetz

$$I = \frac{U}{R}$$

$$j = \kappa E$$

Widerstand eines Drahtes

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

Faradaysches Gesetz

$$m = \alpha' Q$$

Kirchhoffsche Gesetze:

Knotenpunktsatz

$$\sum_k I_k = 0$$

Maschensatz

$$\sum_m U_{em} = \sum_k I_k R_k$$

Reihenschaltung von Widerständen

$$R = \sum_k R_k$$

$$U_k \sim R_k$$

Parallelschaltung von Widerständen

$$\frac{1}{R} = \sum_k \frac{1}{R_k}$$

$$I_k \sim \frac{1}{R_k}$$

E 2	Elektrisches Feld
------------	--------------------------

Coulombsches Gesetz

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

Elektrische Feldkraft

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

Potentielle Energie

$$\Delta E_p = Q \Delta \varphi$$

Elektrisches Potential

$$\Delta \varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = - \int_{s_1}^{s_2} E_s ds$$

Kapazität

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

Plattenkondensator

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

Kugelkondensator

$$C = 4\pi\epsilon_0 r_0$$

Zylinderkondensator

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0 l}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$$

Reihenschaltung von Kapazitäten

$$\frac{1}{C} = \sum_k \frac{1}{C_k}$$

Parallelschaltung von Kapazitäten

$$C = \sum_k C_k$$

Zusammenhang:

Spannung - Elektrische Feldstärke
Plattenkondensator

$$U = \left| \int \mathbf{E}_s \, ds \right|$$

$$U = E d$$

Elektrische Verschiebung - Ladung

$$\oint \mathbf{D}_n \, dA = Q$$

Elektrische Verschiebung

$$\vec{D} = \epsilon_r \epsilon_0 \vec{E} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$$

E 3	Magnetisches Feld
------------	--------------------------

Kraft zwischen zwei stromdurchflossenen
parallelen Drähten

$$F = \frac{\mu_0 l}{2\pi r} I_1 I_2$$

Durchflutungsgesetz

$$I = \oint \mathbf{H}_s \, ds$$

Lange Spule

$$H = \frac{NI}{l}$$

Gerader Draht

$$H = \frac{I}{2\pi r}$$

Magnetische Flußdichte

$$\vec{B} = \mu_r \mu_0 \vec{H} = \mu_0 \vec{H} + \vec{M}$$

Magnetischer Fluß

$$\Phi = \int B_n \, dA$$

Lorentzkraft:

bewegte Ladung

$$\vec{F} = Q \vec{v} \times \vec{B}$$

Stromdurchflossener Leiter

$$\vec{F} = I \vec{l} \times \vec{B}$$

Bewegte Ladung - Stromfluß

$$Q v = I l$$

E 4	Induktion
------------	------------------

Induzierte Spannung

$$U_i = - \frac{d\Phi}{dt}$$

Induzierte Feldstärke im bewegten Leiter

$$\vec{E}_i = \vec{v} \times \vec{B}$$

Selbstinduktion

$$U_i = - L \frac{dI}{dt}$$

Induktivität der langen Spule

$$L = \frac{\mu_r \mu_0 N^2 A}{l}$$

Maxwellsche Gleichungen

$$\oint \vec{H} \, d\vec{r} = I + \frac{d}{dt} \int \vec{D} \, d\vec{A}$$

$$\oint \vec{E} \, d\vec{r} = - \frac{d}{dt} \int \vec{B} \, d\vec{A}$$

$$\oint \vec{D} \, d\vec{A} = Q$$

$$\oint \vec{B} \, d\vec{A} = 0$$

Lichtgeschwindigkeit im Vakuum

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

E 5	Wechselstromkreis
------------	--------------------------

Stromstärke

$$I = I_m \sin \omega t$$

Spannung (auf die Stromstärke bezogen)

$$U = U_m \sin(\omega t + \varphi)$$

Effektivwerte

$$I_{\text{eff}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad U_{\text{eff}} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

Wirkleistung

$$P = U_{\text{eff}} I_{\text{eff}} \cos \varphi$$

Scheinleistung

$$P_s = U_{\text{eff}} I_{\text{eff}}$$

Blindwiderstände

$$X_L = \omega L \quad X_C = \frac{1}{\omega C}$$

Scheinwiderstand und Phasenwinkel:

Reihenschaltung

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$\tan \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

Parallelschaltung

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}$$

$$\tan \varphi = -R \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)$$

Ohmsches Gesetz

$$I_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{eff}}}{Z}$$

O 1	Reflexion, Brechung, Dispersion
------------	--

Brechzahl

$$n = \frac{c}{c_n}$$

Brechungsgesetz

$$n \sin \varepsilon = n' \sin \varepsilon'$$

Grenzwinkel der Totalreflexion

$$\sin \varepsilon_G = \frac{n'}{n}$$

Mittlere Dispersion

$$\vartheta = n_F - n_C$$

Abbesche Zahl

$$v = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}$$

O 2	Dünne Linse
O 3	Spiegel
O 4	Dicke Linse

Abbildungsgleichung

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f}$$

Abbildungsmaßstab

$$\beta' = \frac{y'}{y} = -\frac{a'}{a}$$

Brennweitenberechnung:

Dünne Linse	$\frac{1}{f} = \left(\frac{n}{n_0} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$
Dicke Linse	$\frac{1}{f} = \left(\frac{n}{n_0} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) + \frac{(n - n_0)^2}{n n_0} \cdot \frac{d}{r_1 r_2}$
Hohlspiegel	$f = \frac{r}{2}$
Sphärische Fläche	$\frac{1}{f} = \left(\frac{n'}{n} - 1 \right) \frac{1}{r}$
Zwei dünne Linsen	$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2}$

O 5	Auge, optische Vergrößerung Optische Geräte
O 6	

Definition der Vergrößerung $\Gamma = \frac{\sigma_m}{\sigma_o}$

Normalvergrößerung optischer Instrumente:

Lupe	$\Gamma_o = \frac{S}{f}$
Mikroskop	$\Gamma_o = \frac{t S}{f_{Ob} f_{Ok}}$
Fernrohr	$\Gamma_o = \frac{f_{Ob}}{ f_{Ok} }$

O 7	Interferenz und Beugung
------------	--------------------------------

Phasendifferenz - Gangunterschied $\frac{\Delta \varphi}{2\pi} = \frac{\Delta s}{\lambda}$

Gangunterschied am Gitter (bei senkrechtem Einfall) $\Delta s = d \sin \alpha$

Beugungsmaxima am Gitter (bei senkrechtem Einfall) $\sin \alpha_m = m \frac{\lambda}{d} \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$

Auflösungsvermögen $\frac{\lambda}{\delta \lambda} = m N$

Überlappungsfreier Wellenlängenbereich (von λ bis $\lambda + \Delta \lambda$) $\frac{\lambda}{\Delta \lambda} = m$

Beugungsminima am Einzelspalt $\sin \alpha_m = m \frac{\lambda}{b} \quad (m = \pm 1, \pm 2, \dots)$

1. Beugungsminimum an einer Kreisblende $\sin \alpha_0 = 0,61 \frac{\lambda}{r}$

Durchmesser des Beugungsscheibchens in der Brennebene einer Linse $\delta = 1,22 \frac{\lambda}{r} f$

Optische Weglänge

$$s = nl$$

Phasensprung bei Reflexion an optisch dichteren Medien

$$\Delta\varphi = \pi$$

S 1	Welle-Teilchen-Dualismus
------------	---------------------------------

Plancksche Beziehung

$$E = hf$$

De-Broglie-Beziehung

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

Einsteinsche lichtelektrische Gleichung

$$hf = \frac{m_e}{2} v^2 + W_a$$

Compton-Effekt

$$\Delta\lambda = \lambda_C (1 - \cos\vartheta)$$

Compton-Wellenlänge

$$\lambda_C = \frac{h}{m_e c}$$

Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

$$\hbar = \frac{h}{2\pi}$$

S 2	Atomhülle
------------	------------------

Frequenz der Lichtquanten

$$hf = E_{n_2} - E_{n_1}$$

Bohrscher Elektronenbahnradius

$$r_n = \frac{\varepsilon_0 h^2}{m_e e^2 \pi Z} n^2$$

Energieterme

$$E_n = - \frac{R h Z^2}{n^2}$$

Rydberg-Frequenz

$$R = \frac{m_e e^4}{8 \varepsilon_0^2 h^3}$$

Energieterme der Alkaliatome

$$E = - \frac{R h}{(n^* + a_l)^2}$$

Auswahlregel

$$\Delta l = \pm 1$$

Bohrsches Magneton

$$\mu_B = \frac{e \hbar}{2 m_e}$$

Moseleysches Gesetz

$$f = R (Z - b_l)^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

Besetzungsfolge im Periodensystem:

1s - 2s - 2p - 3s - 3p - 4s - 3d - 4p - 5s - 4d - 5p - 6s - erstes 5d-Elektron - 4f -
übrige 5d-Elektronen - 6p - 7s - erstes 6d-Elektron - 5f

S 3**Quantenmechanik**Schrödinger-Gleichung
(zeitunabhängig)

$$\frac{d^2 \psi}{dx^2} = - \frac{2m}{\hbar^2} [E - E_p(x)] \psi$$

Normierungsbedingung

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \psi^2 dx = 1$$

Kastenpotential

$$E_p(x) = \begin{cases} 0 & -x_0 < x < x_0 \\ V & x < -x_0 ; x > x_0 \end{cases}$$

Eigenwertgleichung

$$\tan \varphi = \sqrt{\left(\frac{a}{\varphi}\right)^2 - 1}$$

$$-\cot \varphi = \sqrt{\left(\frac{a}{\varphi}\right)^2 - 1}$$

$$\varphi = \frac{\sqrt{2mE}}{\hbar} x_0$$

$$a = \frac{\sqrt{2mV}}{\hbar} x_0$$

Zahl der Eigenwerte

$$N = \text{int} \left(\frac{2a}{\pi} \right) + 1$$

S 4**Atomkern**

Kernradius

$$r_K = r_0 \sqrt[3]{A}$$

Kernmasse

$$m_K = m_A - Z m_e$$

Massenzahl

$$A = Z + N$$

Atomare Masseneinheit

$$u = \frac{1}{12} m_A(^{12}\text{C})$$

Relative Atommasse

$$A_r = \frac{m_A}{u}$$

Massendefekt

$$\Delta m = Z m_p + N m_n - m_K$$

Bindungsenergie

$$E_B = - \Delta m c^2$$

Aktivität

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

Zerfallsgesetz

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Halbwertszeit

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

Freigesetzte Reaktionsenergie
(Ruhmassenänderung Δm_0)

$$E = - \Delta m_0 c^2$$

Konstanten

Gravitationskonstante	G	$= 6,672\ 6 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg} \cdot \text{s}^2)$
Normalfallbeschleunigung	g	$= 9,806\ 65 \text{ m/s}^2$
Mittlerer Erdradius	r_E	$= 6\ 370 \text{ km}$
Mittlerer Sterntag	d^*	$= 86\ 164 \text{ s}$
Erdmasse	m_E	$= 5,975 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
Mittlerer Erdbahnradius	r_0	$= 1,496 \cdot 10^8 \text{ km}$
Sonnenmasse	m_S	$= 1,989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
Boltzmannsche Konstante	k	$= 1,380\ 66 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$
Avogadrosche Konstante	N_A	$= 6,022\ 137 \cdot 10^{26} \text{ /kmol}$
	N_A'	$= 6,022\ 137 \cdot 10^{26} \text{ /}(M_r \text{ kg})$
Gaskonstante	R	$= 8\ 314,51 \text{ J/(kmol} \cdot \text{K)}$
	R'	$= 8\ 314,51 \text{ J}/(M_r \text{ kg} \cdot \text{K)}$
Elektrochemisches Äquivalent	α	$= 1,036\ 427\ 2 \cdot 10^{-8} \text{ kmol}/(z \text{ A} \cdot \text{s})$
	α'	$= 1,036\ 427\ 2 \cdot 10^{-8} \text{ (} M_r \text{ kg)}/(z \text{ A} \cdot \text{s})$
Elektrische Feldkonstante	ϵ_0	$= 8,854\ 187\ 817 \cdot 10^{-12} \text{ A} \cdot \text{s}/(\text{V} \cdot \text{m})$
Magnetische Feldkonstante	μ_0	$= 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ V} \cdot \text{s}/(\text{A} \cdot \text{m})$
Lichtgeschwindigkeit (Vakuum)	c	$= 299\ 792\ 458 \text{ m/s}$
Elementarladung	e	$= 1,602\ 177\ 3 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Ruhmasse des Elektrons	m_e	$= 9,109\ 390 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ $= 5,485\ 799\ 0 \cdot 10^{-4} \text{ u}$
Ruhenergie des Elektrons	$m_e c^2$	$= 0,510\ 999\ 1 \text{ MeV}$
Ruhmasse des Protons	m_p	$= 1,672\ 623 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ $= 1,007\ 276\ 47 \text{ u}$
Ruhmasse des Neutrons	m_n	$= 1,674\ 929 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ $= 1,008\ 664\ 90 \text{ u}$
Nukleonenradius	r_0	$= 1,2 \cdot 10^{-15} \text{ m}$
Atomare Masseneinheit	u	$= 1,660\ 540\ 2 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
	$u c^2$	$= 931,494\ 3 \text{ MeV}$
Spezifische Elektronenladung	e/m_e	$= 1,758\ 819\ 6 \cdot 10^{11} \text{ A} \cdot \text{s}/\text{kg}$
Plancksches Wirkungsquantum	h	$= 6,626\ 076 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Compton-Wellenlänge	λ_C	$= 2,426\ 310\ 6 \cdot 10^{-12} \text{ m}$
Rydberg-Frequenz	R	$= 3,289\ 841\ 950 \cdot 10^{15} \text{ /s}$
Bohrsches Magneton	μ_B	$= 9,274\ 015 \cdot 10^{-24} \text{ A} \cdot \text{m}^2$
Bezugssehweite	S	$= 25 \text{ cm}$

Einheiten

Beziehungen zwischen einigen SI-Einheiten

N = kg·m/s ²	F = C/V
J = N·m	Wb = V·s
W = J/s = V·A	T = Wb/m ²
Pa = N/m ²	H = Wb/A
Ω = V/A	rad = m/m
S = Ω ⁻¹	Bq = s ⁻¹
C = A·s	Hz = s ⁻¹

Umrechnungen von SI-fremden Einheiten

1 kp = 9,80665 N	1 cal = 4,186 80 J
1 atm = 101 325,0 Pa	1 eV = 1,602 177 33 · 10 ⁻¹⁹ J
1 at = 98 066,5 Pa	1 PS = 735,498 75 W
1 bar = 10 ⁵ Pa	1 u = 1,660 540 2 · 10 ⁻²⁷ kg
1 Torr = 133,322 4 Pa	1 G = 10 ⁻⁴ T
1 mm Ws = 9,806 65 Pa	1 Oe = 10 ³ /4π A/m
1 P = 10 ⁻¹ Pa·s	1 Mx = 10 ⁻⁸ Wb
1 Å = 10 ⁻¹⁰ m	1 Gb = 10/4π A
1 ° = (π/180) rad	T (0° C) = 273,15 K

Einige Vorsätze von Einheiten

Atto a = 10 ⁻¹⁸	Deka da = 10 ¹
Femto f = 10 ⁻¹⁵	Hekto h = 10 ²
Pico p = 10 ⁻¹²	Kilo k = 10 ³
Nano n = 10 ⁻⁹	Mega M = 10 ⁶
Mikro μ = 10 ⁻⁶	Giga G = 10 ⁹
Milli m = 10 ⁻³	Tera T = 10 ¹²
Zenti c = 10 ⁻²	Peta P = 10 ¹⁵
Dezi d = 10 ⁻¹	Exa E = 10 ¹⁸