Ex-Physik-Formelsammlung

Stephan Brummund Stefan Pieke Jan Wagner

25. September 2000

1 Mechanik

Geschwindigkeit:	$v = at = \sqrt{2as}$	v Geschwindigkeit
Weg:	$s = \frac{1}{2}at^2$	a Beschleunigung
freier Fall:	$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$	t Zeit
waagerechter Wurf:	$z_{(t)} = -\frac{1}{2}\frac{g}{v_x^2}x^2$	s z Weg
Grundgesetze:	$f = ma$	g Grafitationskonstante$9,81\frac{m}{s^2}$
	$p = mv$	f Kraft p Impuls
Gewichtskraft:	$G = mg$	m Masse
Reibung:	$F = \mu F_n$	F_n Normalkraft senkrecht zur Oberfläche
Arbeit:	$W = Fs\cos\alpha$	
Leistung:	$P = \frac{dW}{dt} = Fv$	
Wirkungsgrad:	$\eta = \frac{P_out}{P_in}$	
Energie:	$W = \frac{1}{2}Dx^2$	
	$E_{pot} = mgh$	
	$E_{kin} = \frac{1}{2}mv^2$	
harm. Schwinung:	$\varphi = \omega t$	$\omega Kreisfrequenz = 2\pi f$
hook. Feder:	$\omega = \sqrt{\frac{D}{m}}$	D Federkonstante
Hooksches Gesetz:	$F = -Dy$	
math. Pendel:	$F = -mg\sin\varphi$	rücktreibende Kraft
Hebelgesetz:	$\frac{F_1}{F_2} = \frac{r_2}{r_1}$	
Trägheitsmoment:	$\vartheta = \frac{1}{12}mL^2$	homogener Stab um Schwerpunkt
	$\vartheta = \frac{1}{3}mL^2$	homogener Stab um Stabende
	$\vartheta = \frac{2}{5}mr^2$	Kugel um Mittelpunkt
Satz von Steiner:	$\vartheta = ma^2 + \vartheta_{sp}$	ϑ_{sp} Trägheitsmoment bzgl der Achse durch SP
für Vollzylinder	$\vartheta = \frac{3}{2}mr^2$	
für Hohlzylinder	$\vartheta = 2mr^2$	

Zylinder auf schiefer Ebene:	$a = r\frac{M}{\vartheta}$	
Translation & Rotation:	$E_{kin} = \frac{1}{2}\vartheta_{sp}\omega^2 + \frac{1}{2}mv_{sp}^2$	rollende Körper
Der Kreisel:	$T_p = 2\pi\frac{L}{M}$	Dauer eines Umlaufes
	$\omega_p = \frac{2\pi}{T_p} = \frac{M}{L} = \frac{Fr\sin\varphi}{\vartheta\omega_{rot}}$	
Hook. Gesetz der Torsion:	$M = -D\varphi$	D Torsionskonstante
Newtonsche Gravitationsgesetze:	$F = -\gamma\frac{m_1 m_2}{r^2}$	γ Gravitationskonstante
	$g = -\frac{\gamma M}{r^2}$	Gravitationsfeldstärke
Hooksches Gesetz:	$\sigma = E \cdot \varepsilon$	E Elastizitätsmodul
Torsion und Scherung:	$\tau = \frac{F_s}{a} = G \cdot \alpha$	$\sigma = \frac{F}{A}$ Kraft pro Fläche
Federkonstante f. Draht o. Stab	$D = \frac{EA}{l}$	$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$ rel. Längenändeerung
pot. Energie:	$W = \frac{1}{2}E \cdot V \cdot \varepsilon^2$	G Torsionsmodul (Scher-)
Energiedichte:	$w = \frac{W}{V}$	$\frac{2\sigma}{r}$ Kapilardruck
<u>Druck:</u>	$p = \frac{Kraft}{Fläche} = \frac{F}{A}$	ϱhp Schweredruck
Schweredruck:	$p(h) = p_0 + \varrho_A \cdot h \cdot g$	ϱ_A Dichte in Höhe h
	äuere Druck Schweredruck	
Prinzip von Archimedes:	$F_A = m_A \cdot g$	Auftrieb
Kraft auf Körper in Flüssigkeit:	$\vec{F} = \vec{F_A} + \vec{F_G} = \varrho_{Fl} \cdot Vg - \varrho_K \cdot Vg$	$\vec{F_A}$ nach oben ; $\vec{F_G}$ nach unten
Barometrische Höhenformel:	$p = p_0 \cdot \exp(-\frac{\varrho g}{p_0}h)$	
Oberflchenenergie (Kugel):	$W = A \cdot \sigma = 4\pi r^2 \cdot \sigma$	σ Oberflächenspannung
Kontinuitätsgleichung:	$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$	ϱ= const
Bernoulli-Gleichung:	Staudruck + statischer Druck =ges. Druck	
	$\frac{\varrho}{2}v_1^2 + p_1 (= \frac{\varrho}{2}v_2^2 + p_2) = p_0$	
Newtonsch. Reibungsgesetz:	$F = \eta A\frac{dv}{dx}$	η Viskosität
Gesetz v. Hagen-Poisseulle:	$M = \frac{\varrho\pi}{8\eta l}(p_1 - p_2)R^4$	M Massenstromstärke
Stokesche Reibung:	$F_R = 6\pi\eta r v$	für Kugel
Luftwiderstand / c_w :	$F = c_w\frac{\varrho}{2}v^2 A$	
Leistung:	$P = F \cdot v = c_w\frac{\varrho}{2}v^3 A$	

2 Schwingungen

Freie und erzwungene Schwingungen:	$E_{kin} + E_{pot} = E_{ges}$	
Hooksche Feder:	$\omega_0 = \sqrt{\frac{D}{m}} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$	
Drehschwingung:	$\omega_0 = \sqrt{\frac{dx}{\vartheta}}$	
math. Pendel:	$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}$	
Dämpfung:	$\delta = \frac{\beta}{2m}$	
Erzwungene Schwingung:	$L(t) = L_0 \sin\omega t$	
	$F_{ext} = DL(t) = DL_0 \sin\omega t$	

Resonanz:	$\omega_{max} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\delta^2}$	Resonanzfrequenz
gekoppelte Schwingungen:	$\omega_1 = \omega_0 = \sqrt{\frac{d}{m}}$ $\omega_1 = \sqrt{\omega_0^2 + 2\frac{D_{12}}{m}}$	gleichphasig gegenphasig

3 Wellen

Welle $\rightarrow$ Transport von Schwingungsenergie ohne Materie

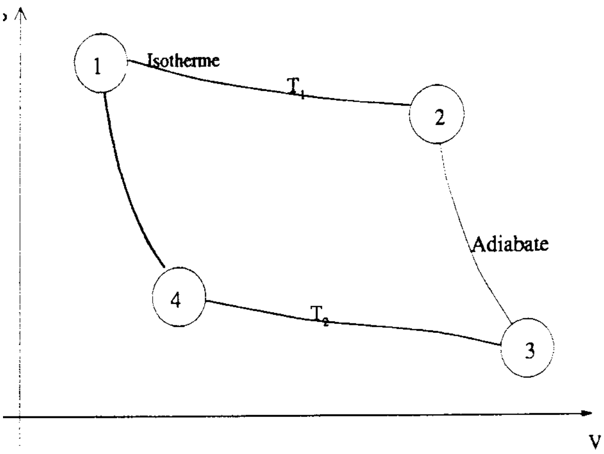
Wellengleichung:	$u(x,t) = u_0 sin(\omega t - kx)$	$k = \frac{2\pi}{\lambda}$:Wellenzahl λ :Wellenlänge $c = \frac{\lambda}{T} = \frac{\omega}{k}$:Phasengeschw.
Beugung und Huygenssches Prinzip	Jeder Punkt einer Wellenfront kann als Ausgangspunkt für Kugelwelle betrachtet werden	
Stehende Wellen: geschlossenes Ende: offenes Ende:	 $l = n\frac{\lambda}{2}$ Resonazfrequenz $f = \frac{nc}{2l}$ $l = n\frac{\lambda}{4}$ Resonazfrequenz $f = \frac{nc}{4l}$	 Schwingungsknoten Schwingungsbauch
Energietransport:	 $dE = dE_{kin} + dE_{pot} = \frac{p}{2} n_0^2 \cdot \omega^2 \cdot dV$ $E = W \cdot \Delta V = W \cdot A \cdot \Delta x = W \cdot A \cdot c \cdot \Delta t$ $W = \frac{dE}{dV} = \frac{p}{2} n_0^2 \cdot \omega^2$	p:Dichte ; n_0:Amplitude Gesamtenergie Energietransport Gesamtenergiedichte
Dopplereffekt:	$\lambda\prime = \lambda - v \cdot T_0 = \frac{c-v}{f_0}$ $f\prime = \frac{c}{\lambda\prime} = \frac{f_0}{1-\frac{v}{c}}$	bewegte Quelle
	$f\prime = \frac{1}{T} = \frac{c+v}{\lambda_0} = f_0(1 + \frac{v}{c})$	bewegter Beobachter

4 Thermodynamik

Wärmeenergie:	$\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta T$	c: spezifische Wärmekapazität n: Stoffmenge N_a: Avogadrokonstante $N = nN_a$: Teilchenzahl R: universelle Gaskonstsante $k = \frac{R}{n_a}$: Bolzmankonstante
ideale Gasgleichung:	$\mathbf{p\ V = n\ R\ T}$ $pV = NkT$	
Druck:	$p = \frac{F}{A} = \frac{N}{V} \cdot m \cdot v_x^2$ mikroskoische Deutung des Druckes	
Temperatur:	$\frac{m}{2} v^2 = \frac{3}{2} kT$ mikroskopische Deutung der Temperatur	

1.Hauptsatz:	$\Delta U = \Delta Q + \Delta W$ $\Delta W = F \cdot dx = p \cdot A \cdot dx = -p \cdot dV$ $\Delta U = \Delta Q - p \cdot dV$ bei idealen Gasen	
spezifische Molwärme:	$\Delta Q = n \cdot c_{molar} \cdot \Delta T$	
innere Energie:	$\Delta U = n\frac{f}{2}R\Delta T$	f: Freiheitsgrade
spezifische Molwärme:	$c_v = \frac{f}{2}R$ $c_p = (\frac{f}{2}+1)R = c_v + R$	für konst. Volumen für konst. Druck
Adiabatenkoeffizient:	$\kappa = \frac{c_p}{c_v} = \frac{f+2}{f}$	
<u>isochore</u> Prozesse: <u>isobare</u> Prozesse: <u>isotherme</u> Prozese: adiabatische Prozesse:	$\Delta Q = \Delta U = n \cdot c_v \cdot \Delta T$ $\Delta Q = \Delta U + p\Delta V = \Delta U - \Delta W$ $\Delta U = 0$ $\Delta Q = -\Delta W$ $\Delta W = nRT \ln \frac{V_1}{V_2}$ $\Delta Q = 0$ $\Delta W = \Delta U = n \cdot \frac{f}{2} \cdot R \cdot \Delta T$	<u>V=const</u> <u>p=const</u> <u>T=const</u> pv=const <u>$p \cdot V^{\kappa} = const$</u>
Adiabaten Gleichung:	$p \cdot V^{\kappa} = const$	
Energiebilanz:	$\Delta W_{ges} = -nR(T_1 - T_2)\ln\frac{V_2}{V_1} < 0$	
Wirkungsgrad:	$\eta = \frac{Output}{Input} = \frac{\lvert\Delta W_{ges}\rvert}{\lvert\Delta Q_{ges}\rvert}$ $\eta_{max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} < 1$	
Wärmeleitungsgleichung:	$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = -\lambda \cdot A\frac{dT}{dx}$	$\frac{dQ}{dt}$: Wärmestrom λ: Wärmeleitfähigkeit d. Mat.
Entropie:	$dS = \frac{dQ}{T}$ bei reversiblen Prozessen !	$\frac{dQ}{T}$: reduzierte Wärmemenge
Entropieänderung:	$\Delta S = k\ln(\frac{V_1+V_2}{V_1})^N$	

der Carnot-Prozess



1. Hauptsatz: Es ist unmglich, Energiue aus dem Nichts zu gewinnen. oder: Wärmeenergie fliet von selbst immer nur vom Wärmeren zum kälteren Körper, nie jedoch umgekehrt.

2. Hauptsatz: Es gibt keine periodisch arbeitende Maschine, die nichts andares tut, als einem Resevoir Wärmeenergie zu entziehen un diese in mechanische Arbeit umzuwandeln. oder: Ein pepetuum mobile zweiter Art ist unmöglich.

3. Hauptsatz: Am absoluten Nullpunkt ist die Entropie = 0.

5 Elektrotechnik

Spannung: $[V]$ Stromstärke: $[A]$	$U = R \cdot I$ $U = \frac{W}{Q}$ $U = E \cdot d$ $I = \frac{Q}{t}$	ohmsches Gesetz am Plattenkondensator
Ladung: $[C]$ Coulombsches Gesetz:	$Q = I \cdot t = \frac{W}{U} = \frac{\vec{F_c}}{\vec{E}}$ $F_c = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ $\vec{F_c} = Q \cdot \vec{E}$	$e = 1,602 \cdot 10^{-19}\ [C]$ Elementarladung $\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \left[\frac{C^2}{Nm^2}\right]$ elektrische Feldkonstante
elektrisches Feld: $\left[\frac{V}{m}\right]$	$E = \frac{U}{d}$ $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_1}{r^2}$ $\vec{E} = \frac{\vec{F_C}}{Q}$ $Q \cdot U = \frac{1}{2} m \cdot v^2$	am Plattenkondensator einer Punktladung Elektronenbewegung im $\vec{E}$-Feld Parabelbahn
Arbeit und Energie $[J]$ im elektrischen Feld:	$W_{el} = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = Q \cdot U$ $W = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_1 Q_2}{r}$ $W = \int_{r_1}^{r_2} \vec{F_c} \cdot d\vec{s}$ $W = Q \cdot \int_{r_1}^{r_2} \vec{E} \cdot d\vec{s}$	elektrische Energie im $\vec{E}$-Feld zwischen zwei Punktladungen beim Ladungstransport von r_1 nach r_2
elektrisches Potential: $[V]$	$\varphi_1 - \varphi_2 = \Delta\varphi = U$ $\Delta\varphi = \frac{W}{Q} = \int_{r_1}^{r_2} \vec{E} \cdot d\vec{s}$ $\varphi = \frac{E_{pot}}{Q}$ $\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_1}{r}$	 elektrostatisches Potential im Feld einer Punktladung
elektrischer Fluss: $\left[\frac{Nm^2}{C}\right]$	$\phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \oint E \cdot dA \cdot \cos\varphi$ $\phi = \frac{Q}{\varepsilon_0}$ $\phi = \oint \frac{\rho \cdot dV}{\varepsilon_0}$	Satz von Gauss einer Punktladung ρ: Volumenladungsdichte
Ladungsdichte:	$\lambda = \frac{Q}{l}\ \left[\frac{C}{m}\right]$ $\sigma = \varepsilon_0 \cdot \vec{E} = \frac{Q}{A}\ \left[\frac{C}{m^2}\right]$ $\rho = \frac{dQ}{dV}\ \left[\frac{C}{m^3}\right]$	Längenladungsdichte geladener Draht Flächenladungsdichte geladene Platte Volumenladungsdichte geladene Wolke
Kondensator $[F]$ und	$C = \frac{Q}{U} = \varepsilon_r \cdot C_o = \varepsilon_r \varepsilon_0 \frac{A}{d}$	Plattenkondensator

Dielektrikum:	$C=\frac{Q}{U}=\frac{4\pi\varepsilon_0}{\frac{1}{R_{innen}}-\frac{1}{R_{aussen}}}$	Kugelkondensator
	$C=\frac{Q}{U}=\frac{2\pi\varepsilon_0 l}{ln\left(\frac{R_{innen}}{R_{aussen}}\right)}$	Zylinderkondensator mit der Länge l
	$C_{ges}=C_1+C_2+...+C_n$	Parallelschaltung
	$\frac{1}{C_{ges}}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+...+\frac{1}{C_n}$	Serienschaltung
	$W_{el}=\frac{1}{2}C\cdot U^2=Q\cdot U$	elektrische Energie im $\vec{E}$-Feld
	$w=\frac{W}{V}=\frac{1}{2}\varepsilon_0\varepsilon_r\cdot E^2=\frac{1}{2}D\cdot E$	w: Energiedichte $\left[\frac{J}{m^3}\right]$ V: Volumen
elektr. Verschiebungsdichte: $\left[\frac{C}{m^2}\right]$	$D=\sigma_F$	σ_F: Flächenladungsdichte freier Ladungen
Polarisation: $\left[\frac{C}{m^2}\right]$	$P=-\sigma_P$	σ_P: Flächenladungsdichte der Polarisationsladungen
	$\varepsilon_0\cdot\vec{E}=\vec{D}-\vec{P}$	Kondensator im Vakuum
	$D=\varepsilon_0\varepsilon_r\cdot E$	Kondensator mit Dielektrikum
	$P=\varepsilon_0\cdot\chi\cdot E$	$\varepsilon_r=1+\chi$ χ: elektrische Suszeptibilität
Widerstand: $[\Omega]$	$R=\frac{U}{I}$	ohmsches Gesetz
	$R=\varrho\cdot\frac{l}{A}$	ϱ: spezifischer Widerstand $[\Omega m]$ Materialkonstante
Leitwert: $[S]$	$G=\frac{1}{R}$	
	$\sigma=\frac{1}{\varrho}$	σ: elektrische Leitfähigkeit $\left[\frac{1}{\Omega m}\right]$ Materialkonstante
	$\frac{1}{R_{ges}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+...+\frac{1}{R_n}$	Parallelschaltung
	$R_{ges}=R_1+R_2+...+R_n$	Serienschaltung
Leistung: $[W]$	$P_{Nutz}=\frac{dW}{dt}=\frac{U\cdot I\cdot dt}{dt}=U\cdot I$	
	$P_{Verlust}=R\cdot I^2$	Verlustleistung im Draht mit Widerstand R
Spannungsquellen:	$U_{extern}=U_{intern}-R_{intern}\cdot I$	Spannung am Verbraucher
	$U_{ges}=U_1=U_2=...=U_n$	Parallelschaltung
	$I_{ges}=I_1+I_2+...+I_n$	
	$U_{ges}=U_1+U_2+...+U_n$	Serienschaltung
	$I_{ges}=I_1=I_2=...=I_n$	
Wheatstonesche Messbrücke:	$\frac{R_1}{R2}=\frac{R_3}{R_4}$	Abgleichung der Messbrücke
Stromdichte: $\left[\frac{A}{m^2}\right]$	$j=\frac{I}{A}=\sigma\cdot E$	σ: elektrische Leitfähigkeit $\left[\frac{1}{\Omega m}\right]$ Materialkonstante
	$j=n\cdot e\cdot u_D$	u_D: Driftgeschwindigkeit n: $\frac{Elektronenzahl}{Volumen}$
	$u_D=a\cdot\tau=\frac{e}{m}E\cdot\tau$	τ: Streuzeit $m=9,1\cdot 10^{-31}$ $[kg]$ Elektronenmasse
magnetische Erregung: $\left[\frac{A}{m}\right]$	$\oint\vec{H}\cdot d\vec{s}=I=\int j\cdot d\vec{A}$	Amperesches Durchflutungsgesetz
	$dH=\frac{I\cdot ds}{4\pi r^2}\cdot\sin\varphi$	Gesetz von Biot-Savart
	$H=\frac{I}{2\pi r}$	unendlich langer Draht
	$H=I\cdot\frac{N}{l}$	Zylinderspule der Länge l mit N Windungen
	$H=\frac{I}{2r}$	im Mittelpunkt eines Kreisstroms
magnetische Flussdichte: $[T]$	$\vec{B}=\mu_o\mu_r\vec{H}$	$\mu_0=4\pi\cdot 10^{-7}\left[\frac{Vs}{Am}\right]$ magnetische Feldkonstante
$[T]\longleftrightarrow\left[\frac{Vs}{m^2}\right]$	$B=\mu_o\mu_r\frac{N}{l}\cdot I$	Spule der Länge l und der Windungszahl N
bewegte Ladungen	$\vec{F_L}=q\cdot\vec{v}\times\vec{B}=q\cdot v\cdot B\cdot\sin\varphi$	F_L: Lorentzkraft φ: Winkel zwischen $\vec{v}$ *und* $\vec{B}$

im Magnetfeld:	$q \cdot v \cdot B = m\frac{v^2}{r}$	Elektronenbewegung, falls $\vec{v} \perp \vec{B}$ Kreisbahn
stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld:	$\vec{F} = I \cdot \vec{l} \times \vec{B} = I \cdot l \cdot B \ \sin\varphi$ $\vec{M} = I \cdot \vec{r} \times \vec{l} \times \vec{B} = I \cdot \vec{A} \times \vec{B}$ $\vec{M} = \vec{m} \times \vec{B} = m \cdot B \cdot \sin\varphi$ $F_2 = I_2 \cdot l \cdot B_1 = I_2 \cdot l \cdot \mu_0 \cdot H_1$ $F_2 = \mu_0 \cdot \frac{I_1 I_2 l}{2\pi d}$	Kraft auf stromdurchflossenen Leiter der Länge l Drehmoment einer Leiterschleife Breite l, Höhe r $I \cdot \vec{A} = \vec{m}$: magnetisches Moment $[Am]$ Draht 2 im $\vec{B}$-Feld von Draht 1 Draht 1 ∥ Draht 2 $\rightarrow$ Kraft F_2 auf Draht 2 d: Abstand der Drähte
Halleffekt (Hallspannung):	$U_H = E_H \cdot b = \frac{1}{ne} \cdot \frac{IB}{d} = A_H \cdot \frac{IB}{d}$	n: $\frac{Elektronenzahl}{Volumen}$ A_H: Hallkonstante b: Breite d: Dicke
elektromagnetische Induktion:	$\Phi_u = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$ $U_{ind} = \oint \vec{E} \cdot ds = -\frac{d\Phi}{dt}$ $U_{ind} = -N \cdot \frac{d\Phi}{dt}$ $U_{ind} = -N \cdot A \cdot \frac{d\vec{B}}{dt}$ $U_{ind} = -N \cdot \vec{B} \cdot \frac{d\vec{A}}{dt}$ $U_{ind} = -N \cdot B \cdot \cos\varphi \cdot \frac{dA}{dt}$ $U_{ind} = N \cdot B \cdot A \cdot \omega \cdot \sin(\omega t)$ $U_{ind} = -B \cdot l \cdot v$	Φ_u: magnetischer Fluss $[Vs]$ Induktionsgesetz Lenzsche Regel: Spule mit N Windungen U_{ind}: Änderung von $\vec{B}$ U_{ind}: Änderung von $\vec{A}$ U_{ind}: Änderung des Winkels zwischen $\vec{A}$ und $\vec{B}$ bewegter Bügel der Länge l in Leiterschleife
Spule und Induktivität: $[H]$ $[H] \longleftrightarrow \left[\frac{Vs}{A}\right]$	$U_{ind} = -L \cdot \frac{dI}{dt}$ $L = \mu_r \mu_0 \cdot A \cdot \frac{N^2}{l}$ $\frac{1}{L_{ges}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + ... + \frac{1}{L_n}$ $L_{ges} = L_1 + L_2 + ... + L_n$	Selbstinduktion einer Spule Zylinderspule der Länge l Parallelschaltung vgl. Kondensator Serienschaltung vgl. Kondensator
Energie $[J]$ und Energiedichte $\left[\frac{J}{m^3}\right]$ im Magnetfeld:	$W_m = \frac{1}{2} L \cdot I^2$ $w = \frac{1}{2}\mu_r \mu_o \cdot H^2 = \frac{1}{2} H \cdot B$	 w: Energiedichte
Transformatoren:	$\frac{U_{ind_1}}{U_{ind_2}} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$	
Maxwell-Gleichungen:	$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_o \mu_r (I + \frac{d}{dt} \int \varepsilon_0 \varepsilon_r \cdot \vec{E} \cdot d\vec{A})$ $\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d}{dt} \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$ $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\varepsilon_0 \varepsilon_r}$ $\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$	Ampere-Maxwell-Gesetz 1. Gleichung Induktionsgesetz 2. Gleichung Satz von Gauss 3. Gleichung Quellenfreiheit des Magnetfeldes 4. Gleichung
elktromagnetische Wellen:	$E_{eff} = \frac{E_0}{\sqrt{2}}$ $B_{eff} = \frac{B_0}{\sqrt{2}}$ $\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$ $E = E_0 \cdot \sin(\omega t - kx)$ $\frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2}$ $B = B_0 \cdot \sin(\omega t - kx)$ $c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon_r \mu_0 \mu_r}}$ $c_0 = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = 2,997 \cdot 10^8 \left[\frac{m}{s}\right]$ $n = \frac{c_0}{c} = \sqrt{\varepsilon_r \mu_r}$	Effektivwert folgend gilt: $E_{eff} = E$ und $B_{eff} = B$ Wellengleichung für $\vec{E}$ $k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{\frac{c}{f}} = \frac{2\pi f}{c} = \frac{\omega}{c}$ $\left[\frac{1}{m}\right]$ Wellengleichung für $\vec{B}$ Lichtgeschwindigkeit in Materie Lichtgeschwindigkeit im Vakuum Brechungsindex des Mediums

	$E = c \cdot B$ $\omega = \omega_{el} + \omega_{mag} = \varepsilon_0 \varepsilon_r \cdot E^2$ $\omega = \varepsilon_0 \varepsilon_r \cdot c \cdot B \cdot E = \frac{B \cdot E}{\mu_0 \mu_r}$ $I_m = c \cdot \omega = \frac{B \cdot E}{\mu_0}$ $\vec{S} := \frac{1}{\mu_0 \mu_r} \cdot \vec{E} \times \vec{B} = \frac{1}{\mu_0 \mu_r} \cdot E \cdot B \cdot \sin\varphi$	 ω: Energiedichte $\left[\frac{J}{m^3}\right]$ I: momentane Intensität $\left[\frac{W}{m^2}\right]$ $\vec{S}$: Poynting-Vektor Ausbreitungsrichtung
Welchselströme:	$U(t) = U_0 \cdot \sin(\omega t)$ $I(t) = I_0 \cdot \cos(\omega t)$ $X_C = \frac{U_0}{I_0} = \frac{1}{\omega \cdot C}$ $X_L = \frac{U_0}{I_0} = \omega \cdot L$	 kapazitiver Widerstand induktiver Widerstand
komplexe Widerstände: $[\Omega]$	$\overline{X_C} = \frac{1}{i \cdot \omega \cdot C} = \frac{-i}{\omega \cdot C}$ $\overline{X_L} = i \cdot \omega \cdot L$	kapazitiver Widerstand induktiver Widerstand
RLC-Schwingkreis:	$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ $\delta = \frac{R}{2L}$	Resonanz im Serien- und Parallelschwingkreis δ : Dämpfung des Schwingkreises $\left[\frac{\Omega}{H}\right]$
Leistung $[W]$ und Effektivwerte:	$\overline{P} = \frac{1}{2} U_0 \cdot I_0 \cdot \cos\varphi = U_{eff} \cdot I_{eff} \cdot \cos\varphi$ $U_{eff} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$ $I_{eff} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$	mittlere Leistung

6 Optik

Wellenlänge $[m]$:	$\lambda = \frac{c}{f}$	c : Ausbreitungsgeschwindigkeit $\left[\frac{m}{s}\right]$
Reflexionsgesetz:	$\alpha_1 = \alpha_2$	Einfallswinkel = Ausfallswinkel
Brechungsgesetz und	$\frac{\sin\alpha_1}{\sin\alpha_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = n$	n_2 : optisch dichtere Medium $\rightarrow n_2 > n_1$
Totalreflexion:	$\sin\alpha_1 = \frac{n_2}{n_1} = n \longleftrightarrow \alpha_2 = 90° \longleftrightarrow \sin\alpha_2 = 1$	Strahl vom optisch dichteren ins optisch dünnere Medium $\longrightarrow n_1 > n_2$
Prisma:	$\delta = (\frac{n_2}{n_1} - 1) \cdot \gamma$	δ : Ablenkwinkel n_2: Brechung des Prisma γ : brechender Winkel des Prismas
Brennweite $[m]$:	$\|f\| = \frac{\|r\|}{2}$ $\frac{1}{f} = (n-1) \cdot (\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2})$ $D = \frac{1}{f}$ $D = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 \cdot f_2}$	Brennweite eines sphärischen Spiegels Brennweite einer Linse r: Radius $[m]$ D: Brechkraft $[dpt]$ Brechkraft zweier Linsen im Abstand d
Das Abbildungsgesetz: siehe auch weiter unten (*)	$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$ $V = \frac{B}{G} = -\frac{b}{g}$	g: Gegenstandsweite $[m]$ b: Bildweite $[m]$ G: Gegenstandshöhe $[m]$ B: Bildhöhe $[m]$ V: Vergrößerung
Vergrößerung:	$V = \frac{Sehwinkel\ mit\ Lupe}{Sehwinkel\ ohne\ Lupe}$ $V = V_{Objektiv} \cdot V_{Okular}$ $V = \frac{f_1}{f_2}$	bei der Lupe beim Mikroskop beim Fernrohr
Michelson Interferometer:	$\Delta x = 2 \cdot (l_1 - l_2) \cdot n = 2 \cdot \Delta l \cdot n$	Δx: Gangunterschied $[m]$

	$\Delta\varphi = \frac{2\cdot\pi}{\lambda}\cdot\Delta x$ $\Delta\varphi = m\cdot 2\cdot\pi \longleftrightarrow \Delta x = m\cdot\lambda$ $\Delta\varphi = (2\cdot m-1)\cdot\pi \longleftrightarrow \Delta x = (2\cdot m-1)\cdot\frac{\lambda}{2}$	$\Delta\varphi$: Phasenunterschied Maxima $m \in N$: Vielfaches Minima
Interferenz bei senkrechtem Lichteinfall:	$\Delta\varphi = \frac{2\cdot\pi}{\lambda}\cdot 2\cdot d\cdot n_{Fl}$ $\Delta x = 2\cdot n_{Fl}\cdot d = m\cdot\lambda_0$ $\Delta x = 2\cdot n_{Fl}\cdot d = (m+\frac{1}{2})\cdot\lambda_0$ $\Delta\varphi = \frac{2\cdot\pi}{\lambda}\cdot 2\cdot d\cdot n+\pi$	Flüßigkeitsfilm der Dicke d auf Glas Maxima $\longleftrightarrow$ Minima bei Seifenblase Minima $\longleftrightarrow$ Maxima bei Seifenblase am Luftkeil $\longrightarrow n=1$
Beugung am Gitter oder Doppelspalt:	$\Delta x = d\cdot\sin\alpha = m\cdot\lambda$ $\Delta x = d\cdot\sin\alpha = (m+\frac{1}{2})\cdot\lambda$	Maxima Δx: Gangunterschied $[m]$ Minima d: Abstand der Löcher $[m]$
Beugung am Einzelspalt:	$\Delta x = \frac{b}{2}\cdot\sin\alpha = m\cdot\frac{\lambda}{2}$ $\Delta x = \frac{b}{2}\cdot\sin\alpha = (m+\frac{1}{2})\cdot\frac{\lambda}{2}$ $I = I_0\cdot(\frac{\sin\frac{\varphi}{2}}{\frac{\varphi}{2}})^2$ $\varphi = \frac{2\cdot\pi}{\lambda}\cdot b\cdot\sin\alpha$	Maxima b: Spaltdurchmesser $[m]$ Minima I: Intensität φ: Phasendifferenz
Brewster-Winkel:	$n = \tan\alpha_B$	

<u>Das Abbildungsgesetz ($\star$):</u>

$f>0$, falls F auf reeller Seite $b>0$, falls B auf reeller Seite $g>0$, falls G auf reeller Seite

$r_1>0$, falls M_1 auf reeller Seite (Krümmungsradius r_1) $r_2>0$, falls M_2 auf reeller Seite (Krümmungsradius r_2)

$b<0$, falls die Abbildung ein virtuelles Bild ist $V<0$, falls die Abbildung kopfstehend ist

reelle Seite: Spiegel $\longleftrightarrow B$, G, M_1, M_2 auf Einfallsseite

relle Seite: Linsen $\longleftrightarrow G$ auf Einfallsseite und B, M_1, M_2 auf Transmissionsseite

<u>Reflexion:</u>

Die Refexion am optisch dichteren Medium führt zu einem Phasenunterschied $\Delta\varphi$ von π.

7 Relativistische Mechanik

Zeitdilatation:	$\Delta t = \frac{\Delta t_E}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$	Δt_E: Zeit des Eigensystems (System des Beobachters) Δt : Zeit des anderen (beobachteten) System $c = 2{,}997\cdot 10^8\ \left[\frac{m}{s}\right]$ Lichtgeschwindigkeit im Vakuum
Geschwindigkeit $\left[\frac{m}{s}\right]$:	$v_{ges} = \frac{v_1+v_2}{1+\frac{v_1\cdot v_2}{c^2}}$	für $v_1\to c$ und $v_2\to c$ ergibt sich für v_{ges} die Lichtgeschwindigkeit c.
Lorentztransformation: a.) Ortskoordinaten:	$x' = \frac{x-v\cdot t}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ $x = \frac{x'+v\cdot t'}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$	$\Delta x'$: Ortskoordinaten im bewegten System Δx: Ortskoordinaten im ruhenden System

b.) Zeitkoordinaten:	$t' = \frac{t - x \cdot \frac{v}{c^2}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ $t = \frac{t' + x' \cdot \frac{v}{c^2}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$	$\Delta t'$: Zeitkoordinaten im bewegten System Δt: Zeitkoordinaten im ruhenden System
Energie $[J]$ und Masse $[kg]$:	$E = m \cdot c^2$ $E(v) = m_0 \cdot c^2 + (m(v) - m_0) \cdot c^2$ $m(v) = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ $E^2 = E_0^2 + p^2 \cdot c^2$	m_0: Ruhemasse $E(v)$ = Ruheenergie + kinetische Energie $m(v)$: Masse mit steigender Geschwindigkeit p: Impuls $[N \cdot s]$

Erstes Einsteinsche Postulat:

Es gibt kein physikalisch bevorzugtes Inertialsystem.

Die Naturgesetze nehmen in allen Intertialsystemen dieselbe Form an.

Zweites Einsteinsche Postulat:

Die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum ist in jedem beliebigen Inertialsystem unabhängig vom Bewegungszustand der Lichtquelle. (alternativ: Jeder Beobachter mißt für die Lichtgeschwindigkeit c im Vakuum denselben Wert.)

8 Welle-Teilchen-Dualismus

Energie eines Photons $[J]$:	$E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$ $E = m \cdot c^2$	$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ $[J \cdot s]$ $c = 2,997 \cdot 10^8$ $\left[\frac{m}{s}\right]$ Lichtgeschwindigkeit ν: Frequenz $[Hz]$ λ: Wellenlänge $[m]$
Masse eines Photons $[kg]$:	$h \cdot \nu = m \cdot c^2 \longrightarrow m = \frac{h \cdot \nu}{c^2}$	
Impuls eines Photons $[N \cdot s]$:	$p = m \cdot c = \frac{h \cdot \nu}{c} = \frac{h}{\lambda} = \frac{h}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{\lambda} = \hbar \cdot k$	
Photoeffekt:	$E_{Photon} = W_{Austritt} + W_{kin,Elektron}$ 1.) $W_{kin,Elektron} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ $[J]$ 2.) $W_{kin,Elektron} = e \cdot U$ $[e \cdot V]$ $\longrightarrow$ 1.) $h \cdot \nu = W_A + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ $\longrightarrow$ 2.) $h \cdot \nu = W_A + e \cdot U$	Grenzfrequenz für Elektronenaustritt: $h \cdot \nu_{Grenz} = W_A$ $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ $[C]$ Elementarladung hier: $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ $[J \cdot s]$ hier: $h = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 4,14 \cdot 10^{-15}$ $[e \cdot V \cdot s]$
De Broglie-Wellen: (Materiewellen / Wahrscheinlichkeitswellen)	$p = \frac{h}{\lambda}$ $p = \sqrt{2 \cdot m \cdot e \cdot U}$ $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v}$	p: Impuls $[N \cdot s]$ λ: Wellenlänge $[m]$
Heisenbergsche Unschärferelation:	$\Delta x \cdot \Delta p \approx h$ $\Delta E \cdot \Delta t \approx h$	Orts-Impuls-Unschärfe Energie-Zeit-Unschärfe

9 Atomphysik

Bohrsches Atommodell: a.) Drehimpulsquantsierung: (Drehimpuls eines Elektrons)	$m \cdot v \cdot r = n \cdot \frac{h}{2\pi} = n \cdot \hbar$	$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ $[J \cdot s]$ $m_{Atom} = 1,661 \cdot 10^{-27}$ $[kg]$ $n \in N$: Hauptquantenzahl
b.) Kreisbahn: (der Elektronen im Atom)	$F_{Coulomb} = F_{Zentripetal}$ $\frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{Z \cdot e^2}{r^2} = m \cdot \frac{v^2}{r}$	Z: Ordnungszahl $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ $[C]$ $\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \left[\frac{C^2}{N \cdot m^2}\right]$
c.) Energie $[J]$ / $[e \cdot V]$: (der Elektronen im Atom)	$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{8 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{Z \cdot e^2}{r}$ $E_{pot} = -\frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{Z \cdot e^2}{r}$ $E_{ges} = E_{kin} + E_{pot} = -\frac{1}{8 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{Z \cdot e^2}{r}$ $E_{ges} = -\frac{1}{n^2} \cdot Z^2 \cdot \frac{e^4 \cdot m}{32 \cdot \pi^2 \cdot \varepsilon_0^2 \cdot \hbar^2}$ $E_{ges} = -\frac{1}{n^2} \cdot Z^2 \cdot R$	$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ $[J \cdot s]$ $h = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 4,14 \cdot 10^{-15}$ $[e \cdot V \cdot s]$ E_{ges}: Bindungsenergie des Elektrons mit der Hauptquantenzahl n im Atom $R = 13,6$ $[e \cdot V]$ Rydberg-Konstante
d.) Photonenemission:	$h \cdot \nu = E_2 - E_1$	ν: Frequenz $[Hz]$ $\longrightarrow$ Aussendung von Licht E_2: Bahn mit höherer Energie E_1: Bahn mit niedrigerer Energie
Spektrum des H-Atoms:	$h \cdot \nu = R \cdot (\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2})$	
Massendefekt $[kg]$ eines Atoms:	$\Delta m = Z \cdot (m_p + m_e) + N \cdot m_n - m_{Atom}$	Z: Anzahl der Protonen und Elektronen N: Anzahl der Neutronen
Kernbindungsenergie $[J]$:	$E_{ges} = \Delta m \cdot c^2$	Δm: Massendefekt $[kg]$
Radioaktivität:	$N(t) = N(t=0) \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ $\tau = \frac{1}{\lambda}$ $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$	Zerfallsgesetz N: Anzahl der Atome τ: Zerfallszeit $[s]$ λ: Zerfallskonstante $\left[\frac{1}{s}\right]$ $T_{1/2}$: Halbwertszeit $[s]$

Diese Formelsammlung erhebt keinen Anspruch darauf vollständig oder fehlerfrei zu sein. Sollten dir Fehler auffallen oder du bist der Meinung dass noch Material in dieses Werk gehöhrt, dann lass es mich wissen unter
uc06@rz.uni-karlsruhe.de