Konstanten

Erdbeschleunigung	g =	9,80665 m/s^2
Lichtgeschwindigkeit	c =	299 792 458 m/s
Gravitationskonstante	γ =	6,672 * 10^{-11} m^3/kg s^2
Avogadro'sche Zahl	N_A =	6,022 * 10^{23}
Atomare Masseneinheit	u =	1,660 * 10^{-27} kg
Masse eines Protons/Neutrons	m_p =	~ 1 u
Radius eines Nukleons	r_n	1,3 * 10^{-15} m
Masse eines Elektrons	m_e =	9,109 * 10^{-31} kg
Magnetische Feldkonstante	$\mu_0 =$	$4\pi \cdot 10^{-7} Vs/Am$ $= 1{,}257 * 10^{-6} Vs/Am$
Elektrische Feldkonstante	$\varepsilon_0 =$	8,854 * 10^{-12} As/Vm
Elementarladung	e =	1,602 * 10^{-19} As
Elektronenvolt	eV =	1,602 * 10^{-19} J
Planck'sches Wirkungsquantum	h =	6,626 * 10^{-34} Js
Rydberg-Konstante	R =	3,289 * 10^{15} 1/s
absoluter Nullpunkt	0 K =	-273,15°C
Entfernung Erde-Sonne	1 AE =	149,6 * 10^9 m
Masse der Sonne	M =	1,989 * 10^{30} kg
Masse der Erde	M_{Erde} =	5,9736 * 10^{24} kg
Erdradius	r_{Erde} =	6370 km

Physikalische Größen:

Magnetische Flussdichte	B	$1\,T = 1\,\frac{N}{Am} = 1\,\frac{Vs}{m^2}$		Kraft	F	$1N = 1\,\frac{kg\,m}{s^2}$
Impuls:	p =	m * v		Energie/Arbeit	E/W	1 J = 1 Nm = 1 Ws
Spezifischer Widerstand	R_Ω	$\frac{\rho \cdot l}{A}$		Spannung	U	1 V = 1 J/As
				Induktivität	L	1 H = 1 Vs/A

Mathematische Hilfen:

- Additionstheoreme: Sinus:

  $\sin(\alpha \pm \beta) = \sin(\alpha) \cdot \cos(\beta) \pm \sin(\beta) \cdot \cos(\alpha)$

  $\sin(\alpha) + \sin(\beta) = 2 \cdot \cos(\frac{\alpha - \beta}{2}) \cdot \sin(\frac{\alpha + \beta}{2})$

  Kosinus:

  $\cos(\alpha \pm \beta) = \cos(\alpha) \cdot \cos(\beta) \mp \sin(\alpha) \cdot \sin(\beta)$

- $\sin^2(x) + \cos^2(x) = 1$

- Kosinus-Satz: $a^2 = b^2 - 2bc\cos(\alpha) + c^2$

- Ableitungsregeln:

  $(u \cdot v)' = u' \cdot v + v' \cdot u$

  $(\frac{u}{v})' = \frac{u' \cdot v - v' \cdot u}{v^2}$

  $\sin(2\alpha) = 2\sin(\alpha)\cos(\alpha)$

$\cos(2\alpha) = \cos^2(\alpha) - \sin^2(\alpha)$

- Integrationsregeln:
  $\int \sin^2(x)\,dx = \frac{1}{2}(x - \sin(x)\cos(x))$

- Flächen und Volumina:
  Kugeloberfläche: $O = 4\pi r^2$
  Kugelvolumen: $V = \frac{4}{3}\pi r^3$

Umrechnungsfaktoren:

10^{15}	Peta	P		10^{2}	Hekto	h		10^{-6}	Mikro	μ
10^{12}	Tera	T		10	Deka	da		10^{-9}	Nano	n
10^{9}	Giga	G		10^{-1}	Dezi	d		10^{-12}	Piko	p
10^{6}	Mega	M		10^{-2}	Zenti	c		10^{-15}	Femto	f
10^{3}	Kilo	k		10^{-3}	Milli	m		10^{-18}	Atto	a

Mechanik:

Zentripetalkraft: $F_Z = m\,r\,\omega^2 = \frac{m\,v^2}{r}$; $E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2$; $E_{pot} = m\,g\,h$; $s = \frac{1}{2} a\,t^2$; $v = a\,t$

Astronomie:

Newton'sches Gravitationsgesetz: $F_G = \gamma \cdot \frac{M\ m}{r^2}$

einen Körper außerhalb des Anziehungsbereichs bringen: $\lim (W) = \gamma M\ m\,(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r_1})$

kosmische Geschwindigkeiten:

1. erdnahe Umlaufbahn: $v = \frac{U}{T} \approx 7{,}9\frac{km}{s}$
2. Geschwindigkeit auf der Erde um den Anziehungsbereich der Erde zu verlassen: $E_{pot} = \gamma M\ m \cdot \frac{1}{r}$ (M = Masse der Erde, m = Masse des Körpers, r = Erdradius; diese Energie muss kinetisch vorliegen)
3. Geschwindigkeit um Anziehungsbereich der Sonne zu verlassen: siehe 2.

Kepler'sche Gesetze:

1. Die Planten bewegen sich auf Ellipsenbahnen
2. Flächensatz: Der Fahrstrahl Sonne-Planet überstricht in gleicher Zeit gleiche Flächen
3. $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{\gamma M} = const.$ mit r als großer Halbachse

Elektrizitätslehre, Magnetfeld, Kondensator

Ladungsträger im homogenen Magnetfeld:

$\vec{F}_L = I \cdot B \cdot \Delta l = \frac{n \cdot e \cdot B \cdot \Delta l}{\Delta t} = e \cdot \vec{v} \cdot \vec{B}$

Anmerkung: I: Daumen, B-Feld: Zeigefinger, $\vec{F}$: Mittelfinger

Induktion:

$U_{ind} = -n\dot{\Phi} = -n(\dot{A}B + \dot{B}A)$

Hall-Effekt:

Gleichgewicht bei $F_{el} = F_L$

Kondensator:

$B = \frac{U_H}{d \cdot v_e}$ $\quad \frac{\rightarrow gemessene\ Hallspannung}{\rightarrow Elektronengeschwindigkeit}$

Homogenes elektrisches Feld:

elektrische Feldstärke: $E = \frac{F_{el}}{q}$

Flächenladungsdichte: $\varsigma = \frac{Q}{A}$

E_{kin} auf Elektron: $E_{kin} = E\,q\,s$

Coulomb-Feld einer punktförmigen Ladung:

$$E = \frac{\varsigma}{\varepsilon_0} = \frac{Q}{4\pi r^2 \varepsilon_0} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2}$$

Coulomb-Kraft: $F_{Coul} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Qq}{r^2}$

Arbeit:

$$W = \int \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Qq}{r^2}\, d\,r = \frac{Qq}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

elektrisches Potential:

$$\varphi = \frac{W_{oi}}{q} = -\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_0}\right)$$

Spannung (Potentialdifferenz): $U = \varphi_2 - \varphi_1$

$$W_{pot} = q\,E\,d = q\,U \qquad v = \sqrt{\frac{2\,U_{Beschl} \cdot e}{m_e}}$$

$$U = \frac{W}{Q} = E \cdot d \qquad E_{el} = U_{Beschl} \cdot e$$

Braun'sche Röhre:

$$s_x = \sqrt{\frac{2 \cdot U_{Beschl} \cdot e}{m_e}} \cdot t$$

$$s_y = \frac{U_{Abl} \cdot e}{2 \cdot m_e \cdot d \cdot v_x^2} \cdot s_x^2 = \frac{U_{Abl} \cdot e}{2 \cdot m_e \cdot d} \cdot t^2$$

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m_e \cdot v_x^2$$

Fadenstrahlrohr:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \qquad E_{el} = U_{Beschl} \cdot e \quad =>$$

$$\frac{e}{m} = \frac{v}{B \cdot r} = \frac{2\,U_{Beschl}}{B^2 r^2}$$

Kondensator:

- Kapazität: $C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d} = \frac{Q}{U}$

$$\left[\ \frac{1As}{1V} = 1F\ \right]$$

- Ladung/Entladung: $I(t) = \mp \frac{U_0}{R} \cdot e^{-\frac{1}{R \cdot C} \cdot t}$

  sowie $U_C(t) = -U_0 (1 - e^{-\frac{1}{RC} t})$
- Gesamtarbeit: $W_{ges} = \frac{1}{2} \cdot U_0^2 \cdot C$
- Impedanz: $q(t) = \int I(t)\,dt$ =>

  $R_C = \frac{U_0}{I_0} = \frac{1}{\omega C}$, $U_{C_0} = \frac{I_0}{\omega C}$
- Schaltungen:

  parallel:

  $$C_{ges} = \frac{Q_1 + Q_2 + \ldots + Q_n}{U} = C_1 + C_2 + \ldots + C_n$$

  $$C_{ges} = \frac{Q}{U_1 + U_2 + \ldots + U_n} \rightarrow$$

  , Reihe: $= \frac{1}{C_{ges}} = \frac{U_1}{Q} + \frac{U_2}{Q} + \ldots + \frac{U_n}{Q}$

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

Spule:

- Impedanz: $U_L = L \frac{d I_0}{d t}$ =>

  $R_L = \frac{U_{L_0}}{I_0} = L\,\omega$
- Induktivität: $L = \mu_r \mu_0 \frac{n^2 A}{l}$ mit $\mu_r = 1$,

  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$

Wechselspannungslehre:

- Effektivspannung/-strom:

  $P = U\,I = \frac{U^2}{R} = \frac{U_0^2}{R} \cdot \sin^2(\omega t)$,

  $U_{eff} \cdot I = \frac{1}{2} \frac{U_0^2}{R}$
- Phasenverschiebungen: Kondensator: I vor U, Spule: U vor I
- Leistungen: $P_{Schein} = U_{eff} \cdot I_{eff}$,

  $P_{Wirk} = \cos(\varphi) P_{Schein}$,

$P_{Blind} = \sin(\varphi) P_{Schein}$

- Reihenschaltung:

$$Z_{Reihe} = \sqrt{R_\Omega{}^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2} \quad ,$$

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

$$U_{ges}{}^2 = U_R{}^2 + (U_L - U_C)^2$$

- Parallelschaltung:

$$Z_{paral} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R_\Omega{}^2} + (\omega C - \frac{1}{\omega L})^2}} \quad ,$$

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

$$I_{ges}{}^2 = I_R{}^2 + (U_C - U_L)^2$$

Schwingungen und Wellen

Hertz'scher Dipol:

$f = \frac{c}{s}$; Dipollänge $s = 2 \cdot l$

elektro-magnetischer Schwingkreis:	**Federpendel:**
I	v
Q	s
U	Feder
L	m
C^{-1}	D
$\frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$	$\frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2$
$\frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$	$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$
$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$	$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}$
	$v'(t) = a(t)$
$I'(t) \cdot L = U(t)$	$F = m \cdot a$

Schwingungen:

- $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$
- Lineares Kraftgesetz: $F = -m\ \omega^2\ s(t)$
- Federpendel:

$$s(t) = s_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$v(t) = \dot{s} \qquad T = \sqrt{\frac{m}{D}} \cdot 2 \cdot \pi$$

$$a(t) = \ddot{s} = \dot{v}$$

$$F(t) = -m \cdot \omega^2 \cdot s(t)$$

Energien:

$$E_{pot} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \omega^2 \cdot s_0{}^2 \cdot \sin^2(\omega \cdot t)$$

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \omega^2 \cdot s_0 \cdot \cos^2(\omega \cdot t)$$

Spannarbeit: $\int F(s)\, ds = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s_0{}^2$

- Wassersäule:
  $F_g = \frac{1}{2} \pi\, g\, \varsigma\, s(t)$ (Sigma ist die Größe der Dichte der Flüsigkeit) $D = \frac{F_g}{s(t)}$
- Fadenpendel: bei kleinem α ist das Schwingverhalten annähernd linear:
  $F_R = \frac{m \cdot g}{l} \cdot s \qquad T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$
- gedämpfte Schwingung: $s_n = s_0 \cdot e^{-k \cdot n \cdot T}$
- Überlagerung zweier Schwingungen unterschiedlicher Frequenz aber gleicher Amplitude:

$$s_1(t) + s_2(t) = s_0 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) + s_0 \cdot \cos(\omega_2 \cdot t)$$

$$= 2 \cdot s_0 \cdot \cos(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2} \cdot t) \cdot \sin(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \cdot t)$$

- Wellengleichung:

$$s(x, t) = s_0 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot (\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}))$$

- Phasengeschwindigkeit: $u = \lambda f$ (speziell) bzw. $c = \lambda f$ (allgemein)

Doppler-Effekt:

- Sender ruht, Empfänger nähert sich:
  $$f = f_0 \cdot (1 + \frac{v}{c})$$
  Sender ruht, Empfänger entfernt sich:
  $$f = f_0 \cdot (1 - \frac{v}{c})$$ -> (jeweils $v_{Ph} = \lambda \cdot f$)
  Sender nähert sich, Empfänger ruht:
  $$f = \frac{f_0}{1 - \frac{v}{c}}$$
  Sender entfernt sich, Empfänger ruht:
  $$f = \frac{f_0}{1 + \frac{v}{c}}$$
  Sender und Empfänger in Bewegung: erst f von Sender ausrechnen, dann als f_0 in Gleichung von Empfänger einsetzen
- Reflexion von Wellen:
  offenes Ende: $l = \frac{n}{2}\lambda$, Wellenberg wird als Berg reflektiert.
  festes Ende: $l = \frac{n}{4}\lambda$, Wellenberg wird als Wellental reflektiert

Beugungen und Interferenzen

Beugung und Interferenz am Spalt:

- **Minima:** wenn sich parallele Wellenzüge auslöschen (Interferenz): Gangunterschied von ganzzahligem Vielfachen einer halben Wellenlänge: $n \cdot \lambda = d \cdot \sin(\alpha)$
- **Maxima:** wenn sich parallele Wellenzüge verstärken: Gangunterschied von ungeradem Vielfachen einer halben Wellenlänge:
  $$(2n+1) \cdot \frac{\lambda}{2} = d \cdot \sin(\alpha)$$

Beugung und Interferenz am Gitter:

- **Maxima:** Gangunterschied von $n\lambda$:
  $$\sin(\alpha) = \frac{n \cdot \lambda}{g}$$
- **Minima:** Gangunterschied von $\frac{1}{2} \cdot n \cdot \lambda$:
  $$\sin(\alpha) = \frac{2n-1}{g} \cdot \frac{\lambda}{2}$$

Beugung und Interferenz am Doppelspalt:

Maxima: $n \cdot \lambda = d \cdot \sin(\alpha)$, Minima: $(2n-1) \cdot \frac{\lambda}{2} = d \cdot \sin(\alpha)$

Relativität, Quanten und Atome

Relativitätstheorie:

Äußerer Lichtelektrischer Effekt: $E = h \cdot f$, $E_{ges} = E_{kin} + E_{Austritt} = h f$ -> $W_{Austritt} = E - h f$

Zeitdilatation: $t_0 = t'' \sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}$

Längenkontraktion: $s_0 = s'' \sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}$

Massendiffernz: $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

Energie: $E = (m_{ges} - m_0) c^2$, Gesamtenergien: $E_{ges} - p^2 c^2 = m_0^2 c^4$, $E_{ges} = E_{Ruhe} + E_{kin}$

Doppler-Effekt: $f = f'' \frac{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}}{1 - \frac{v}{c}}$

Lorentztransformation: $u = \frac{u'' + v}{1 + u''(\frac{v}{c^2})}$

Minkowski-Diagramme: $x=\frac{x''+c\,t''\frac{v}{c}}{\sqrt{1-(\frac{v}{c})^2}}$

sowie $c\,t=\frac{x''\frac{v}{c}+c\,t''}{\sqrt{1-(\frac{v}{c})^2}}$

Invarianz: $c\,t_0=s_{RZ}=\sqrt{(c\,t)^2-(x^2+y^2+z^2)}$

Atomphysik:

Bohr'sches Atommodell: Energie auf n-ter Schale: $E_{kin}=-\frac{1}{8}\cdot\frac{m\,e^4}{\varepsilon_0^2\,h^2}\cdot\frac{1}{n^2}$,

$E_{pot}=-\frac{e^2}{4\pi\,\varepsilon_0}\cdot(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2})$

Bohr'sches Postulat: strahlungsfreie Bewegung der Elektonen auf bestimmten Kreisbahnen,

Bahndrehimpuls: $m\,r\,v=\frac{n\,h}{2\pi}$

Heisenberg'sche Unschärfe: Ort-Impuls: $\overline{\Delta\,p_x}\cdot\overline{\Delta\,x}\geq h$, Energie-Zeit: $\Delta\,E\,\Delta\,t\geq h$

$\sin(\alpha)=\frac{\Delta\,p_x}{p}$

Energien: Teilchenenergie: $E=h\cdot f$

De-Broglie-Wellen: $\lambda=\frac{h}{p}$, Beugung: $n\,\lambda=2\,d\,\sin(\alpha)$ (Bragg'sche Gleichung)

Radioaktivität:

Zerfall: $N(t)=N_0\cdot e^{-\lambda t}$, Aktivität: $A(t)=N'(t)=-\lambda\,N_0\,e^{-\lambda t}$, Halbwertszeit: $t_H=\ln\frac{(2)}{\lambda}$

α -Zerfall: Emission eines He-Kern (2 Protonen, insgesamt 4 Kernbausteine weniger)

β -Zerfall: Emission eines Elektrons (gleiche Anzahl Kernbausteine, aber ein Proton mehr)

γ -Zerfall: Emission elekto-magnetischer Strahlung (keine signifikante Veränderung im Kern)

$-\lambda=\frac{\ln(n_2)-\ln(n_1)}{t_2-t_1}$