1 Gravitation

Drehimpuls zweier Massen:	$\frac{1}{2m}\lvert\vec{L}\rvert = \text{konstant}$
Zentripetalbeschleunigung:	$\vec{a}_z = -\frac{4\pi^2}{T^2}\vec{r} = -\omega^2\lvert\vec{r}\rvert\vec{e}_r$
Newtonsches Gravitationsgesetz:	$\vec{F}_G = -G\frac{m_1 m_2}{r^2}\vec{e}_r$
Potentielle Energie:	$E_{\text{pot}}(r) = -G\frac{m_E m}{r}$
Gravitationsfeld:	$\vec{G} = \frac{\vec{F}_G}{m_0}$ mit $\vec{F}_G$ =. Kraft auf Probemasse
Bei vielen Punktmassen:	$\vec{G} = \sum_i \vec{G}_i$
Masseverteilung:	$\vec{G} = \int d\vec{G}$

1.1 Keplersche Gesetze

1. Planeten bewegen sich auf elliptischen Bahnen.
2. $\vec{r}_{\text{Sonne–Planet}}$ überstreicht in gleichen Zeitinterverallen gleiche Flächen.
3. $\frac{T^2}{a^3}$ ist konstant für alle Planeten. (a = große Halbachse, T = Umlaufzeit)

2 Spezielle Relativitätstheorie

Newtonsche Axiome gelten auch in beschleunigten Bezugssystem bei Berücksichtigung der Scheinkräfte.

Zentrifugalkraft:	$\vec{F}_{\text{ZF}} = -\vec{F}_{\text{ZP}} = m\omega^2 r\vec{e}_r$ für $\vec{\omega} \perp \vec{r}$
allgemein:	$\vec{F}_{\text{ZF}} = m\vec{\omega} \times (\vec{r} \times \vec{\omega})$
Coriolis-Kraft:	$F_{\text{Cor}} = 2m\omega v_B$ $\quad \vec{F}_{\text{Cor}} \perp \vec{v}_B$, entgegengesetzt zur Drehrichtung
allgemein:	$\vec{F}_{\text{Cor}} = 2m(\vec{v}_B \times \vec{\omega})$

2.1 Galilei-Transformation (gilt für $\lvert\vec{v}_{BA}\rvert$ = konst. $\ll c$, keine Rotation)

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A - \vec{v}_{BA} \qquad \vec{r}_B = \vec{r}_A - \vec{v}_{BA}t \qquad \vec{F}_B = \vec{F}_A \qquad t_B = t_A$$

2.2 Lorentz-Transformation

$$x_B = \gamma(x_A - v_{BA}t_A), \quad t_B = \gamma(t_A - \frac{v_{BA}x_A}{c^2}) \quad \text{mit} \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v_{BA}^2}{c^2}}}$$

Eigenzeit: Zeit für Ereignisse am selben Ort.
Eigenlänge: Länge für ein ruhendes Objekt.

Eigenzeit:	$\Delta t_{\text{Eigen}} = t_{2A} - t_{1A}, \quad \Delta t_B = \gamma\Delta t_{\text{Eigen}}$
Eigenlänge:	$l_{\text{Eigen}} = x_{2A} - x_{1A}, \quad l_B = \frac{1}{\gamma}l_{\text{Eigen}}$
	$\Delta t = \Delta x_{\text{Eigen}}\frac{v_{BA}}{c^2}$
Geschwindigkeitstransformation:	$v_{xB} = \frac{v_{xA} - v_{BA}}{1 - \frac{1}{c^2}v_{xA}v_{BA}} \qquad v_{yB} = \frac{v_{yA}}{\gamma(1 - \frac{1}{c^2}v_{xA}v_{BA})}$

2.3 Relativistische Gleichungen

Relativistischer Impuls:	$\vec{p} = \gamma m\vec{v}$
Relativistische Masse:	$m_{\text{rel}} = \gamma m$
Relativisitsche Energie:	$E_{\text{kin}} = mc^2(\gamma - 1)$
Ruheenergie:	$E_0 = mc^2$
Gesamtenergie:	$E = E_{\text{kin}} + mc^2 = \gamma mc^2 = m_{\text{rel}}c^2$
	$\frac{v}{c} = \beta = \frac{pc}{E}$
	$E^2 = p^2c^2 + (mc^2)^2$

3 Elektrizität und Magnetismus

Coulombsche Gesetz: $\vec{F}_\mathrm{C} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}$

Elektrisches Feld: $\vec{E}(\vec{r}) = \frac{\vec{F}_\mathrm{C}}{q_0}$

Berechnung $\vec{E}$: $[E] = \mathrm{V}/\mathrm{m} (= \mathrm{N}/\mathrm{C})$

Methode 1: Coulomb $\vec{E}(\vec{r}) = \int \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{dq}{r^2}\hat{r}$

Methode 2: Gaußsches Gesetz: $\Phi_\mathrm{el} = \oint_A \vec{E}\cdot d\vec{A} = \oint E_\mathrm{n}\, dA = \frac{q_\mathrm{innern}}{\varepsilon_0}$

elektrisches Potential: $\phi = \frac{E_\mathrm{el}}{q_0} \qquad [\phi] = \mathrm{J}/\mathrm{C} = \mathrm{V}$

Spannung: $U = \Delta\phi = \frac{\Delta E_\mathrm{el}}{q_0} = -\int_{P_1}^{P_2} \vec{E}\cdot d\vec{s}$

Flächenladungsdichte: $\sigma = \frac{dq}{dA}$

Kapazität: $q = CU$

Plattenkondensator: $C = \frac{A\varepsilon_0}{d} \qquad E = \frac{U}{d}$

Parallelschaltung: $C_\mathrm{ges} = C_1 + C_2$

Reihenschaltung: $\frac{1}{C_\mathrm{ges}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$

Arbeit zur Erzeugung elektrischen Felds: $E_\mathrm{el} = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} = \frac{1}{2}qU = \frac{1}{2}CU^2$

Energiedichte des elektrischen Feldes: $w_\mathrm{el} = \frac{\text{Energie}}{\text{Volumen}} = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$

Dielektrikum: $C = \varepsilon_\mathrm{rel}\cdot C_0$

Dielektrizitätskonstante: $\varepsilon = \varepsilon_\mathrm{rel}\varepsilon_0$

3.1 Elektrischer Strom

Strom: $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = q_1 n v_\mathrm{d} A = jA$

Strom: $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = q_1 n v_\mathrm{d} A = jA$

Stromdichte/Ohmsche Gesetz: $\vec{j} = \sigma\vec{E} = q_1 n\mu\vec{E}$ (σ ist Leitfähigkeit, μ ist Beweglichkeit der Ladungsträger)

Ohmsche Gesetz: $U = RI$ mit $R = \frac{l}{A\sigma} = \varrho\frac{l}{A}$ und $[\varrho] = \Omega\mathrm{m}$

Reihenschaltung von R: $R = R_1 + R_2$

Parallelschaltung von R: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

Leistung: $P = I\cdot U$

Für Widerstand R: $P = IU_R = RI^2 = \frac{U_R^2}{R}$

Klemmenspannung/Innenwiderstand: $U_K = U_Q - R_\mathrm{in} I$

3.2 Das Magnetfeld

Kraft auf Ladung in Magnetfeld: $\vec{F} = q(\vec{v}\times\vec{B})$

$|\vec{F}| = q|\vec{v}||\vec{B}|\sin\alpha \qquad [\vec{B}] = 1\,\mathrm{T}$

Kraft auf Leiter: $\vec{F}_\mathrm{L} = I(\vec{l}\times\vec{B})$

Bahnradius in homogenen $\vec{B}$-Feld: $r = \frac{m|\vec{v}|}{|q\vec{B}|}$

Zyklotronperiode: $T = \frac{2\pi m}{|q\vec{B}|}$

Zyklotronfrequenz: $\nu = \frac{1}{T} = \frac{|q\vec{B}|}{2\pi m} \qquad \omega = 2\pi\nu = \frac{|q\vec{B}|}{m}$

Lorentzkraft: $\vec{F} = q\vec{E} + q(\vec{v} \times \vec{B})$

Drehmoment an Leiterschleife: $\vec{M} = \vec{\mu} \times \vec{B}$ mit magnetischem (Dipol)moment $\vec{\mu} = I\vec{A}$

Leiterschleife mit n Windungen: $\vec{\mu} = nI\vec{A}$

Potentielle Energie eines magnetischen Dipols: $E_{\text{pot}} = -|\vec{\mu}||\vec{B}|\cos\theta = -\vec{\mu}\cdot\vec{B}$

Hall-Spannung: $U_{\text{H}} = v_d Bb \qquad U_{\text{H}} = -\frac{I}{nde}B$

3.3 Quellen des Magnetfeldes

Bewegte Punktladung: $\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q\vec{v}\times\vec{r}}{r^2}$

Ströme/Biot-Swart'sches Gesetz: $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,d\vec{l}\times\vec{r}}{r^2}$

Langer, gerader Leiter: $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_\perp}$

Mittelpunkt kreisförmiger Leiterschleife: $B = \frac{\mu_0 I}{2r_{\text{LS}}}$

Auf Achse von Leiterschleife: $B_x = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2\pi r_{\text{LS}}^2 I}{(x^2+r_{\text{LS}}^2)^{\frac{3}{2}}} \qquad x \gg r_{\text{LS}} \Rightarrow$ $B_x = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2\mu}{|x|^3}$

Im Inneren einer Zylinderspule: $B_x = \frac{\mu_0 nI}{l}$

Gaußscher Satz: $\Phi_{\text{mag}} = \oint\limits_A \vec{B}\cdot d\vec{A} = \oint\limits_A Bn\,dA = 0$
$[\Phi_{\text{mag}}] = 1\,\text{Wb}$

Spule: $\Phi_{\text{mag}} = n|\vec{B}||\vec{A}|\cos\theta$

Ampèresches Gesetz: $\oint\limits_C B_{\text{tangential}}\,dl_C = \oint \vec{B}\cdot d\vec{l}_C = \mu_0 I_C$

Magnetisierung: $\vec{M} = \frac{d\vec{\mu}}{dV} = \frac{dI}{dl}\hat{n}$

Magnetfeld: $\vec{B}_M = \mu_0\vec{M}$

para-, diamagnetisches Material: $\vec{M} = \chi_{\text{mag}}\frac{\vec{B}_{\text{extern}}}{\mu_0}$

in Spule: $\vec{B} = (1+\chi_{\text{mag}})\vec{B}_{\text{extern}} = \mu_{\text{rel}}\vec{B}_{\text{extern}}$

relative Permeabilität: $\mu_{\text{rel}} = 1 + \chi_{\text{mag}}$

magnetische Suszeptibilität: χ_{mag}

Mag. Moment von Atomen: $\vec{\mu} = \frac{q}{2m}\vec{L}$

Elektron auf Atombahn: $\vec{\mu} = -\frac{e}{2m_e}\frac{\vec{L}}{\hbar} = -\mu_{\text{Bohr}}\frac{\vec{L}}{\hbar}$ mit $\hbar = \frac{h}{2\pi}$

Bohrsches Magneton/Quant des mag. Moments: μ_{Bohr}

3.4 Magnetische Induktion

Faradaysches Gesetz: $U_{\text{ind}} = \oint\limits_C \vec{E}\cdot d\vec{l}_C = -\frac{d\Phi_{\text{mag}}}{dt} = -\frac{d}{dt}\int\limits_A \vec{B}\cdot\vec{A} = -L\frac{dI}{dt}$

Induktion durch Bewegung: $U_{\text{ind}} = \oint\limits_C (\vec{v}\times\vec{B})\cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_{\text{mag}}}{dt}$

Selbstinduktivität L: $\Phi_{\text{mag}} = LI \qquad [L] = 1\,\text{H}$

Spannungsabfall Spule: $U_L = U_{\text{ind}} - IR = -L\frac{dI}{dt} - IR$

Energie des Magnetfeldes: $E_{\text{mag}} = \frac{1}{2}LI^2$

lange Zylinderspule: $E_{\text{mag}} = \frac{B^2}{2\mu_0}Al = \frac{B^2}{2\mu_0}V$

Energiedichte des Magnetfeldes: $w_{\text{mag}} = \frac{B^2}{2\mu_0}$

3.5 Maxwellsche Gleichungen

$$\Phi_{\text{el}} = \frac{1}{\varepsilon_0}q_{\text{innern}} \quad (1)$$

$$\Phi_{\text{mag}} = 0 \quad (2)$$

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l}_C = -\frac{d\Phi_{\text{mag}}}{dt} \quad (3)$$

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l}_C = \mu_0 I + \mu_0\varepsilon_0\frac{d\Phi_{\text{el}}}{dt} \quad (4)$$

Φ ist Fluss durch geschlossene Oberfläche für (1, 2), von C begrenzte Fläche für (3, 4).

4 Wellen

Wellengleichung: $y = A\sin(kx - \omega t + \delta)$

Gangunterschied: $\Delta x = \frac{\delta}{k} = \frac{\delta\lambda}{2\pi}$

Überlagerung harmonischer Wellen (nur Phasendifferenz): $y = 2A\cos\left(\frac{\delta}{2}\right)\sin\left(kx - \omega t + \frac{\delta}{2}\right)$

Schwebung mit $\omega_1 \approx \omega_2$: $y = 2A\cos\left(\frac{1}{2}\Delta\omega t\right)\sin\left(\bar{\omega}t\right)$

Schwebungsfrequenz: $\nu_{\text{Schw}} = \frac{\Delta\omega}{2\pi}$

Wellengeschwindigkeit: $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{\omega}{k}$

bei EM-Wellen: $v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}} = c \qquad E = cB$

Energiedichte EM-Wellen: $w_{\text{em}} = w_{\text{el}} + w_{\text{mag}} = \varepsilon_0 E^2 = \frac{B^2}{\mu_0} = \frac{EB}{\mu_0 c}$

Intensität: $I_{\text{em}} = \bar{w}_{\text{em}} \cdot c = \frac{1}{2}\frac{E_0B_0}{\mu_0}$

4.1 Wellenausbreitung

Reflexion: $\theta_1 = \theta_1'$

Brechung: $\frac{1}{v_1}\sin\theta_1 = \frac{1}{v_2}\sin\theta_2$

Brechzahl n_1: $v_1 = \frac{c}{n_1}$

Brechungsgesetz: $n_1\sin\theta_1 = n_2\sin\theta_2$

4.2 Stehende Wellen

Wellenfunktion: $y(x,t) = 2A\cos(\omega t + \delta_1)\sin(kx)$

Bedingung: $l = n\frac{\lambda}{2}, \quad n \in \mathbb{N}$

Resonanzfrequenzen: $\nu_n = \frac{v}{\lambda_n} = n \cdot \frac{v}{2l} = n\nu_1$

einseitig eingespannt: $l = n\frac{\lambda_0}{4}, \quad \nu_n = \frac{v}{\lambda_n} = n\frac{v}{4l} = n\nu_1, \quad n \in \mathbb{N}$

5 Quantenmechanik

R ist Leistung pro Oberfläche.

Stefan-Boltzmann-Gesetz: $R = \sigma T^4$

Wiensche Verschiebungsgesetz: $\lambda_m \cdot T = 2{,}898 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{Km}$

Rayleigh-Jeans-Gesetz: $\bar{w}_{\mathrm{em}} = U_\lambda(\lambda) = k_{\mathrm{B}} T \cdot 8\pi\lambda^{-4}$

Abgestrahlte Energie nach Planck: $E_n = n\varepsilon = nh\nu$

Plancksches Strahlungsgesetz: $U_\lambda(\lambda) = \dfrac{8\pi hc\lambda^{-5}}{e^{\frac{hc}{k_{\mathrm{B}}\lambda T}} - 1}$

Energiequant eines Photons: $E = \varepsilon = h\nu = \dfrac{hc}{\lambda}$

Photoelektrischer Effekt: $E_{\mathrm{kin,max}} = h\nu - \phi$

Austrittsarbeit: $\phi = h\nu\ (v_0 = 0)$

Impuls eines Photons: $p = \dfrac{h}{\lambda}$

Compton-Gleichung: $\lambda_2 - \lambda_1 = \lambda_{\mathrm{C}}(1 - \cos\theta)$

Compton-Wellenlänge: $\lambda_{\mathrm{C}} = \dfrac{h}{m_e c} = 2{,}43\,\mathrm{pm}$

Materiewellen: $\lambda = \dfrac{h}{p} \qquad \nu = \dfrac{E}{h}$

Wahrscheinlichkeitsverteilung: $P(x) = \psi^2(x) \qquad \displaystyle\int_{-\infty}^{+\infty} \psi^2\,dx = 1$

Energieniveaus von Teilchen in Kasten: $E_n = n^2 \dfrac{h^2}{8md^2} = n^2 E_1$

Mögliche Energieänderungen: $h\nu_{\mathrm{Photonen}} = |E_{\mathrm{E}} - E_{\mathrm{A}}|$

Wellenfkt. von Teilchen in Kasten: $\psi_n(x) = \sqrt{\dfrac{2}{d}} \cdot \sin(n\pi \dfrac{x}{d})$

Zeitabhängige Schrödingergleichung: $-\dfrac{\hbar^2}{2m}\dfrac{\partial\Psi(x,t)}{\partial x^2} + E_{\mathrm{pot}}\Psi(x,t) = i\hbar\dfrac{\partial\Psi(x,t)}{\partial t}$

Zeitunabhängige Schrödingergleichung: $-\dfrac{\hbar^2}{2m}\dfrac{d^2\psi(x)}{dx^2} + E_{\mathrm{pot}}\psi(x) = E\psi(x)$

6 Naturkonstanten

Gravitationskonstante	$G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\, \mathrm{Nm^2/kg^2}$
Elementarladung	$e = 1{,}602177 \cdot 10^{-19}\, \mathrm{C}$
Elektrische Feldkonstante	$\varepsilon_0 = 8{,}85416 \cdot 10^{-12}\, \mathrm{C^2/Nm^2}$
Magnetische Feldkonstante	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\, \mathrm{Tm/A}$
Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	$c = 299\,792\,458\, \mathrm{m/s}$
Plancksches Wirkungsquantum	$h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}\, \mathrm{Js} = 4{,}136 \cdot 10^{-15}\, \mathrm{eVs}$
Compton-Wellenlänge	$\lambda_\mathrm{C} = \frac{h}{m_e \cdot c} = 2{,}4363 \cdot 10^{-12}\, \mathrm{m}$
Stefan-Boltzmann-Konstante	$\sigma = 5{,}6703 \cdot 10^{-8}\, \mathrm{W/m^2K^2}$
Boltzmann-Konstante	$k_\mathrm{B} = 1{,}381 \cdot 10^{-23}\, \mathrm{J/K} = 8{,}617 \cdot 10^{-5}\, \mathrm{eV/K}$

Ruhemasse des α-Teilchens:	$m_\alpha = 6{,}6447 \cdot 10^{-27}\, \mathrm{kg}$
Ruhemasse des Elektrons:	$m_e = 9{,}1094 \cdot 10^{-31}\, \mathrm{kg}$
Ruhemasse des Neutrons:	$m_n = 1{,}6749 \cdot 10^{-27}\, \mathrm{kg}$
Ruhemasse des Protons:	$m_p = 1{,}6726 \cdot 10^{-27}\, \mathrm{kg}$

Erdradius am Äquator:	$r_\oplus = 6\,378\, \mathrm{km}$
Erdmasse:	$m_\oplus = 5{,}976 \cdot 10^{24}\, \mathrm{kg}$
Mondradius	$r_\mathrm{M} = 1\,738\, \mathrm{km}$
Mondmasse:	$m_\mathrm{M} = 7{,}35 \cdot 10^{22}\, \mathrm{kg}$
Umlaufzeit des Mondes um die Erde:	$T_\mathrm{sid} = 27{,}322\, \mathrm{d}$

7 Einheiten

$$\begin{aligned}
1\,\mathrm{N} &= 1\,\mathrm{kg \cdot m/s^2} \\
1\,\mathrm{J} &= 1\,\mathrm{Nm} = 1\,\mathrm{JAs} \\
1\,\mathrm{W} &= 1\,\mathrm{J/s} = 1\,\mathrm{VA} \\
1\,\mathrm{eV} &= 1{,}602 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{J}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
1\,\mathrm{C} &= 1\,\mathrm{A \cdot s} \\
1\,\mathrm{V} &= 1\,\mathrm{J/C} = 1\,\mathrm{W/A} = 1\,\mathrm{kg \cdot m^2/s^3 \cdot A} \\
1\,\mathrm{V/m} &= 1\,\mathrm{N/C} = 1\,\mathrm{kg \cdot m/s^3 \cdot A} \\
1\,\mathrm{A} &= 1\,\mathrm{C/s} \\
1\,\mathrm{F} &= 1\,\mathrm{C/V} = 1\,\mathrm{A \cdot s/V} \\
1\,\Omega &= 1\,\mathrm{V/A} \\
1\,\mathrm{T} &= 1\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{C\,m/s}} = 1\,\mathrm{N/Am} \\
1\,\mathrm{G} &= 1\,\mathrm{Gauß} = 10^{-4}\,\mathrm{T} \\
1\,\mathrm{Wb} &= 1\,\mathrm{Tm^2} = 1\,\mathrm{Vs} \\
1\,\mathrm{H} &= 1\,\mathrm{Wb/A}
\end{aligned}$$

8 Sonstiges und Grundlegendes

$$\vec{e}_r = \hat{r} = \frac{\vec{r}}{r}$$
$$F = ma$$
$$\vec{F}_\mathrm{G} = m \cdot \vec{g}$$

8.1 Geometrisches

Volumen einer Kugel:	$\frac{4}{3}\pi r^3$
Oberfläche einer Kugel:	$4\pi r^2$
Umfang eines Kreises:	$2\pi r$
Fläche eines Kreises:	πr^2

8.2 Kinetik

$$x(t) = vt + x_0 \qquad v = \text{konst.}$$
$$x(t) = \frac{1}{2}at + v_0 t + x_0 \qquad a = \text{konst.}$$

8.2.1 Kreisbewegungen

$$\vec{r}(t) = R\sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)\vec{e}_x + R\cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right)\vec{e}_y$$
$$v = r\frac{2\pi}{T}$$
$$a_\mathrm{r} = \frac{v^2}{r}$$
$$\omega = \frac{d\theta}{dt} = \frac{v}{r}$$
$$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$$
$$v_\mathrm{t} = r\omega$$
$$a_\mathrm{t} = r\alpha$$
$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F} \qquad M = F_\mathrm{t} \cdot r$$

8.3 Energieberechnungen

$$\Delta E_\mathrm{pot} = \int_{P_1}^{P_2} \vec{F}_G d\vec{s} = mg \cdot \Delta h$$
$$\Delta E_\mathrm{kin} = \int_{v=0}^{v_E} F\,ds = \int_{v=0}^{v_E} \frac{dp}{dt}\,ds = \int_{v=0}^{v_E} \frac{ds}{dt}\,dp = \int_{v=0}^{v_E} v\,dp = \frac{m}{2}v^2 = \frac{p^2}{2m}$$
$$P = \frac{dW}{dt} = F \cdot \vec{v} \qquad W = \Delta E$$

8.4 Harmonische Schwingungen und Wellen

$$\nu = \frac{1}{T}$$
$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$
$$x(t) = A \cdot \cos(\omega t + \delta)$$

$$v = \nu\lambda$$
$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$
$$\omega = kv$$
$$y = A \cdot \sin(kx - \omega t)$$

8.5 Elektrizität

Feld einer Punktladung:	$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}\hat{r}$
Beschleunigung im $\vec{E}$-Feld:	$\vec{a} = \frac{q}{m}\vec{E}$
Geschwindigkeit nach Durchlaufen homogenen Feldes:	$v = \sqrt{\frac{2qEd}{m}}$