Magnetismus

Magnetisches Feld B [Tesla T] [Gauss G] $1T = 10^4 G$

Nord → Süd

$F_{el} = q \cdot E$ in einem Magnetfeld

Lorentzkraft $F_L = q\bar{v} \times \bar{B}$

v = Gesch. Teilchen

q = Ladung Teilchen

B = Magnetfeld

$F_L \perp B$

$\perp v$

rechte Hand: Zeigefinger: N → S Magnetlinien (Richtung B)

Daumen: Bewegung des Leiters (v) (I)

Mittelfinger: Technische Stromrichtung + → − (F)

Magnetfeld eines Leiters $|B|$ = Feldstärke

$$|\bar{B}| = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ [Vs/Am]

I möchte senkrecht zu B stehen

Richtung I rechte Hand Daumen

$U_{Ind} = \frac{d\phi}{dt}$ mag. Fluss

changes durch: B verändert Stärke

Schlaufe verändert Winkel zur Schlaufe

ACDC

$$U_{Nenn} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$$

230V

$U = R \cdot I$
$P = U \cdot I$

ω = Frequenz [Hz]

$$U_{AC}(t) = U_0 \cdot \sin(\omega t)$$

wechsel

$$I_{AC}(t) = \frac{U_0}{R} \sin(\omega t)$$

$$P_{AC}(t) = \frac{U_0^2}{R} \sin^2(\omega t)$$

$$P_{DC}(t) = \frac{U_G^2}{R} \qquad U_G = 230V$$

$$U_0 = \sqrt{2}\, U_G = 325V$$

Spule $U_L = L \frac{dI}{dt}$

Konstante [Henry] hohes Henry → Langsames anwachsen/absenken von I

$$\tau = \frac{L}{R}$$

Bilanzgleichung : nach Q für Kondensatoren auflösen
$\frac{dI}{dt}$ für Spulen

Trafos: $\frac{U1}{U2} = \frac{N1}{N2}$ N = Anzahl Windungen

$$\frac{I2}{I1} = \frac{N1}{N2}$$

viele Windungen ⇒ hohe Spannung tiefer Strom
wenig Windungen ⇒ tiefe Spannung hoher Strom

Elek. Induktivität $L = \frac{\Gamma N^2 A}{l}$ l = Länge der Spule (nicht von Draht)
Γ = Abhängig von Füllung der Spule

$$\omega \cdot L = \frac{U}{I}$$

Schwingungen

Feder $F = -k(r - L)$

k Federkonstante

L Gleichgewichtslänge

r ausgedehnte Länge

periodische Schwingungen $\omega = \frac{2\pi}{T}$ $\quad f = \frac{1}{T}$

Phase $= \omega t - \phi$

um wieviel in Zukunft verschoben

hängende Feder $z(t) = z_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t)$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Resonanz Mech $\omega_r = \sqrt{\frac{k}{m}}$ $\qquad v_R = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$

Kreisfrequenz $\qquad$ Freuenz

elek LC $\quad \omega_r = \sqrt{\frac{1}{LC}}$ $\qquad v_r = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC}}$

~~Pendel~~ $\cancel{\frac{1}{2\pi}\sqrt{}}$

Pendelfrequenz $v = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{L}}$

Länge Schnur in Stillstand

Elektromagnetische Strahlung

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \qquad \lambda = \frac{2\pi}{k}$$

T = Periode
λ = Wellenlänge [m]
ω = Kreisfrequenz
k = Wellenzahl

Ausbreitungsgesch. $c = \frac{\omega}{k} = \lambda \nu$ ν = Frequenz [Hz]

c = Lichtgsw = Ausbreitungsgsw elek. mag Wellen
$3 \cdot 10^8 \, m/s$

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T}$$

$b = 2.8978 \cdot 10^{-3}$ [m K]
T = Temperatur [Kelvin] C + 273.15

abgegebene Leistung
$$P = \sigma A T^4$$

$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}$ [W/(m²K⁴)]
A = Oberfläche [m²]
T = Temperatur [Kelvin]

Elektromagnetische Wellen 2

schwarzer Strahler $I_E = -\frac{dE}{dt} = \sigma A \left(T_K^4 - T_{env}^4\right)$

$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}$

A = Oberfläche Strahler $[m^2]$

T_K = Temp. Strahler $[K]$

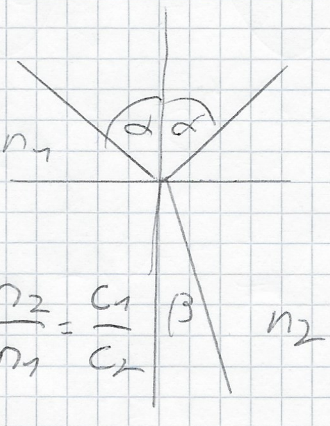
T_{env} = Temp Umgebung

$\lambda_{max} = \frac{b}{T}$ $\quad\lambda$ Wellenlänge max

$b = 2.8978 \cdot 10^{-3}$ $[mK]$

Phasengsw $v_{ph} = \frac{\omega}{k}$ $\quad$ Kreisfrequenz / Wellenzahl

Lichtbrechung

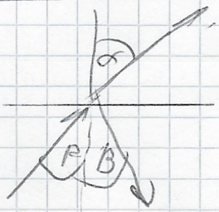


$$\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{c_1}{c_2}$$

n - Brechungsindex

c - Lichtgesw im Medium

$n_1 < n_2$



$\sin(\beta) > \frac{n_1}{n_2} \rightarrow$ total reflektion

Halbleiter

Energie im Band n : $E_n = \frac{k^2 \hbar^2}{2m}$

k = Wellenzahl

$\hbar = 1.055 \cdot 10^{-34}$

Isolatoren $p = \frac{2\pi\hbar}{\lambda}$ $E = h\omega$

λ = Wellenlänge

Leiter $p = \frac{2\pi\hbar}{\lambda} = \hbar k$ $E = h\omega$

kleineres $\Delta E \rightarrow$ thermisch einfacher anregbar

Metall : Band nicht ganz gefüllt

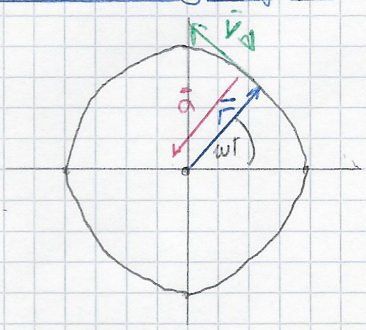
Isolator : oberes Band viel grössere Energie

Kinematik

Trajektorie (Ort) r [m]
Geschwindigkeit (Ableitung von r) v [m/s]
Beschleunigung (Ableitung von v) a [m/s²]

$$v(t) = \begin{pmatrix} v_x(t) \\ v_y(t) \\ v_z(t) \end{pmatrix} \quad |v| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} = \text{Schnelligkeit}$$

Kreisbewegungen



$$\bar{r}(t) = \begin{pmatrix} r \cdot \cos(\omega t + 2\pi) \\ r \cdot \sin(\omega t + 2\pi) \end{pmatrix}$$

$$\bar{v}(t) = \frac{d\bar{r}(t)}{dt} = \begin{pmatrix} -r\,\omega \cdot \sin(\omega t) \\ r \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) \end{pmatrix}$$

$$\bar{a}(t) = \frac{d\bar{v}(t)}{dt} = \begin{pmatrix} -r\,\omega^2 \cos(\omega t) \\ -r\,\omega^2 \sin(\omega t) \end{pmatrix}$$

Periode (Zeit für Umlauf) $T = \frac{2\pi}{\omega}$

ω = Winkelgeschwindigkeit

Vertikaler Wurf

$$F = m \cdot a \rightarrow F = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -mg \end{pmatrix} \quad a = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -g \end{pmatrix} \quad v(t) = \begin{pmatrix} v_{x0} \\ v_{y0} \\ v_{z0} - g \cdot t \end{pmatrix}$$

$$r(t) = \begin{pmatrix} r_{x0} + v_{x0} t \\ r_{y0} + v_{y0} t \\ r_{z0} + v_{z0} t - g\frac{t^2}{2} \end{pmatrix}$$

Vertikaler Wurf: $v_{x0} = v_{y0} = 0 \quad v_{z0} \neq 0$
Wurf von Dach von Haus mit Höhe h $\quad r_{z0} = h \quad$ Fallzeit $t_a = \sqrt{\frac{2h}{g}}$
Schiefer Wurf in x-Richtung $\quad v_{x0} \neq 0 \quad v_{y0} = 0 \quad v_{z0} \neq 0$

Mechanic

$F = m\omega^2 r$

$n = \frac{\vec{x}}{|x|}$

$F_{Gravitation} = \gamma \frac{M_1 \cdot M_2}{|r_{12}|^2} \, n_{12}$

$\gamma = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$ radius: [m]

Kräfte Ziel ← 2

Gewichtskraft ↓

Normalkraft ↑

Haftreibung →
wächst mit aufg. Kraft

Luftwiderstand →

Luftwiderstand

$F_W = -c_W \frac{\rho A}{2} |\vec{v}|^2 \vec{n}_v$

c_W : Widerstandszahl
ρ : Dichte (Luft: $1.293\, kg/m^3$)
A : Querschnittsfläche, ⊥ zu $\vec{v}$

Max Fallgeschwindigkeit

$v_z = \sqrt{\frac{2m \cdot g}{c_W \rho_{Luft} A}}$

c_W : Widerstandszahl
ρ_{Luft} : Luftdichte ($1.293\, kg/m^3$)
A : Querschnittsfläche ⊥ zu $\vec{v}$

Feder

k = Federkonstante $[kg/s^2]$

ungedämpft $F = -kx(t) = m \cdot a(t)$

x = Länge Feder

gedämpft $ma(t) = F_{spring} + F_{Frict}$

$= \underbrace{-k(x - x_{ruhe})}_{F_{spring}} \underbrace{- \gamma v(t)}_{F_{Frict}}$

Kreisbewegung Grav

$F_G = \frac{mv^2}{R}$

Reibungskraft

μ = Reibungskoeffizient

$F_R = -\mu mg \cdot n_v$

$v_R(t) = \int a \, t = -\mu g t$

$t = \frac{v_0}{\mu g}$

$v(t) = v_0 - \mu g t$

$n = \frac{F_{pull}}{|F_{pull}|}$ F_{pull} gegenteil zu F_R

$s(t) = v_0 t - \frac{1}{2} \mu g t^2$

Gleichgew. $F_G \sin(\alpha) = F_R \cos(\alpha)$

$\alpha \leq \arctan(\mu)$

Impuls

$\bar{p} = m \cdot v$ $[kg \cdot m/s]$ falls elastisch $p = 2 \cdot m \cdot v$

$\bar{p} = \int \rho(\bar{r})\, \bar{v}(\bar{r})\, dr$ $= m \cdot (v_{out} - v_{in})$

falls Masse zeitlich konstant: $\frac{d\bar{p}}{dt} = m \cdot a$

elastisch: E_{kin} erhalten
Impuls erhalten

inelastisch: Impuls erhalten
E_{kin} nicht erhalten

Impulserhaltung: z.B. $m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v_{out}$

$\sum m_i v_i = konstant$

~~Energieerhaltung~~ $\cancel{\sum \frac{1}{2} m_i v_i^2 = konstant}$

Energieerhaltung $\sum \frac{1}{2} m_i v_i^2 + m_i g h = konstant$

Rotation mit fixierter Drehachse

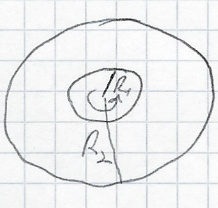
$E_{kin} = \frac{\omega^2}{2} \cdot \sum_i m\, r_{si}$ $\omega = |\bar{\omega}|$

~~Schwerpunkt~~ $\perp$ auf $\bar{\omega}$
Abstand Massepunkt von Drehachse

Trägheitsmoment $J = \sum_i m_i r_{Pi\perp}^2$, abhängig von Wahl Drehachse

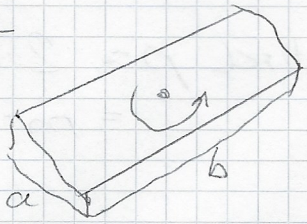
siehe Heft

thin Zylinder  $J = MR^2$

hollow Zylinder  $J = \frac{1}{2} M (R_1^2 + R_2^2)$

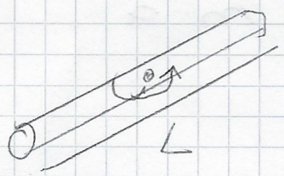
Solid Cylinder  $J = \frac{1}{2} MR^2$

rectangular Plate



$$J = \frac{1}{12}M(a^2+b^2)$$

long rotating rod



$$J = \frac{1}{12}ML^2$$

Solid sphere

$$J = \frac{2}{5}MR^2$$

Thin Sperical shell

$$J = \frac{2}{3}MR^2$$

Elektrisches Feld

kleinste Ladung $e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ C

Elektron: $-e$

Proton: e

Coulomb Gesetz $\underset{\sim}{F_{12}} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q \cdot Q_2}{|\bar{r}_{12}|^2} \bar{r}_{12}$ $\quad n_{12} = \frac{r_{12}}{|\bar{r}_{12}|}$

Kraft von Masse 2 auf Masse 1

$\varepsilon_0 = 8.859 \cdot 10^{-12}$

~~EA~~ $F = q\bar{E} \rightarrow E = \frac{F}{q}$

spezielle E-Felder siehe Heft

Kondensator

$E_{Platte} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} n_\perp$ $\quad \sigma$ = Flächenladungsdichte

$C = \frac{A\varepsilon_0}{L}$ [C/V] Farad $= \frac{Q}{U}$

L ← Abstand Platten

~~Q~~

$E_{Elek} = \frac{CU^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$ [~~Watt~~ J] Energie

$E_{pot} = \frac{\varepsilon_0 A}{L} \cdot \frac{L^2 E^2}{2} = V \cdot \frac{\varepsilon_0 E^2}{2}$

V ← Volumen Kondensator

$U = \frac{\sigma L}{\varepsilon_0} = \frac{QL}{A\varepsilon_0} = |E| L$

$E = \frac{Q}{A\varepsilon_0}$ [V/m]

Volumen Kugel $V = \frac{4}{3}\pi r^3$

Potentiale

Leistung $P \doteq F \cdot v = m \cdot a \cdot v$ $[Watt] = [J s^{-1}]$

$\Phi_{grav} = -\gamma \frac{M}{r}$ E_{pot} im Gravitationsfeld: $-\gamma \frac{M \cdot m}{r_{mM}}$

γ = Gravitationskonstante $= 6{,}67 \cdot 10^{-11}$

von A nach B: $\Delta E_{pot} = E_{pot}(B) - E_{pot}(A)$

dissipativ: Energie geht in thermische Energie über in einem Vorgang

Schaltungen

$P = U \cdot I$ P = Leistung
U = Spannung [V]
I = Strom [A]

Knotenregel Eingehende − Ausgehende Ströme = 0

Maschenregel : Ein Weg durch Drähte Spannung = 0
Falls mit Gefälle positiv, ansonsten negativ zählen

Spannungsquelle zeigt von pos zur neg. Ladung

Ohmsches Gesetz $U = R \cdot I$
R [Ohm Ω]

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

Circuits

Parallele Widerstände $R_{Ges} = (R1 \cdot R2) / (R1 + R_2)$

seriell $R_{Ges} = R1 + R_2$

$P = U \cdot I$ $\quad U = R \cdot I$

$P = U^2 / R = I^2 \cdot R$

Laden Kondensator $Q(t) = C U_0 (1 - e^{-\frac{t}{CR}})$

Entladen Kondensator $Q(t) = C \cdot U_0 (e^{-\frac{t}{CR}})$

Serielle Kondensatoren $\cancel{\frac{1}{C_{Ges}}}$ $C_{Ges} = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right)^{-1}$ $\quad \cancel{Q_{Ges} = 0}$ $Q_{Ges} = Q_1 = Q_2$

Parallele Kondensatoren $C_{Ges} = C_1 + C_2$ $\quad Q_{Ges} = Q_1 + Q_2$

Strommessung → $R_{Gerät}$ klein wie möglich

Spannungsmessung → R so gross wie möglich

Wirkungsgrad $= \frac{\text{useful}}{\text{input}}$ ~~Arbeit~~ physikalisch aufgewendete z.B. mgh

M. $E_{Kondensator\,max} = \frac{1}{2} C U^2$

Widerstand $U_R = R \cdot I$

Spule $U_L = L \cdot \frac{dI}{dt}$

Kondensator $U_C = \frac{Q}{C}$

wenn nach Differenzialgleichungen gefragt $\frac{dI}{dt}$ $\frac{dQ}{dt}$

Magnetismus

Magnetisches Feld B [Tesla T] [Gauss G] $1T = 10^4 G$

Nord → Süd

$F_{el} = q \cdot E$ in einem Magnetfeld

Lorentzkraft $F_L = q\bar{v} \times \bar{B}$

v = Gesch. Teilchen

q = Ladung Teilchen

B = Magnetfeld

$F_L \perp B$

$\perp v$

rechte Hand: Zeigefinger: N → S Magnetlinien (Richtung B)

Daumen: Bewegung des Leiters (v) (I)

Mittelfinger: Technische Stromrichtung + → - (F)

Magnetfeld eines Leiters $|B|$ = Feldstärke

$$|\bar{B}| = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ [Vs/Am]

I möchte senkrecht zu B stehen

Richtung I rechte Hand Daumen

$U_{Ind} = \frac{d\phi}{dt}$ mag. Fluss

changes durch: B verändert Stärke

Schlaufe verändert Winkel zu Schlaufe ~~Winkel~~

ACDC

$U = R \cdot I$
$P = U \cdot I$

$$U_{Nenn} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$$
↑
230V

ω = Frequenz [Hz]

$$U_{AC}(t) = U_0 \cdot \sin(\omega t)$$
↑
wechsel

$$I_{AC}(t) = \frac{U_0}{R} \sin(\omega t)$$

$$P_{AC}(t) = \frac{U_0^2}{R} \sin^2(\omega t)$$

$$P_{DC}(t) = \frac{U_G^2}{R} \qquad U_G = 230V$$

$$U_0 = \sqrt{2}\, U_G = 325V$$

Spule $U_L = L \frac{dI}{dt}$
↑
Konstante [Henry]   hohes Henry → Langsames anwachsen/absenken von I

$$\tau = \frac{L}{R}$$

Bilanzgleichung : nach Q für Kondensatoren / $\frac{dI}{dt}$ für Spulen auflösen

Trafos: $\frac{U1}{U2} = \frac{N1}{N2}$ N = Anzahl Windungen

$$\frac{I2}{I1} = \frac{N1}{N2}$$

viele Windungen ⇒ hohe Spannung tiefer Strom
wenig Windungen ⇒ tiefe Spannung hoher Strom

Elek. Induktivität $L = \frac{\Gamma N^2 A}{l}$ l = Länge der Spule (nicht von Draht)
γ = Abhängig von Füllung der Spule

$$\omega \cdot L = \frac{U}{I}$$

Schwingungen

Feder $F = -k(r - L)$

k Federkonstante

L Gleichgewichtslänge

r ausgedehnte Länge

periodische Schwingungen $\omega = \frac{2\pi}{T}$ $\qquad f = \frac{1}{T}$

Phase $= \omega t - \phi$

um wieviel in Zukunft verschoben

hängende Feder $z(t) = z_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t)$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Resonanz Mech $\omega_r = \sqrt{\frac{k}{m}}$ $\qquad v_R = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$

Kreisfrequenz $\qquad$ Freuenz

elek LC $\omega_r = \sqrt{\frac{1}{LC}}$ $\qquad v_r = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC}}$

~~Pendel~~ $\cancel{\frac{1}{2\pi}\sqrt{\;}}$

Pendelfrequenz $v = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{L}}$

Länge Schnur in Stillstand

Elektromagnetische Strahlung

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

T = Periode

λ = Wellenlänge [m]

ω = Kreisfrequenz

k = Wellenzahl

Ausbreitungsgesch. $c = \frac{\omega}{k} = \lambda\nu$ ν = Frequenz [Hz]

c = Lichtgsw = Ausbreitungsgsw elek. mag Wellen

$3 \cdot 10^8$ m/s

$\lambda_{max} = \frac{b}{T}$

$b = 2.8978 \cdot 10^{-3}$ [m K]

T = Temperatur [Kelvin] C + 273,15

abgegebene Leistung

$P = \sigma A T^4$

$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}$ [W/(m²K⁴)]

A = Oberfläche [m²]

T = Temperatur [Kelvin]

Elektromagnetische Wellen 2

schwarzer Strahler $I_E = -\frac{dE}{dt} = \sigma A \left(T_K^4 - T_{env}^4\right)$

$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}$

A = Oberfläche Strahler $[m^2]$

T_K = Temp. Strahler $[K]$

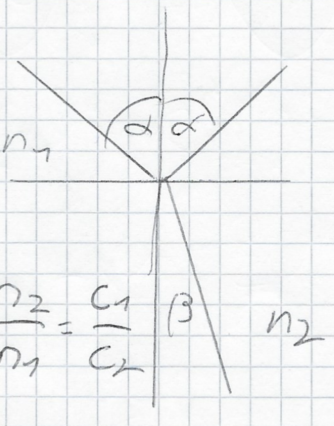
T_{env} = Temp Umgebung

$\lambda_{max} = \frac{b}{T}$ λ Wellenlänge max

$b = 2.8978 \cdot 10^{-3}$ $[mK]$

Phasengsw $V_{ph} = \frac{\omega}{k}$ Kreisfrequen / Wellenzahl

Lichtbrechung

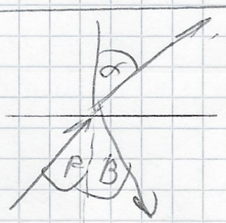


$$\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{c_1}{c_2}$$

n - Brechungsindex

c - Lichtggsw im Medium

$n_1 < n_2$



$\sin(\beta > \frac{n_1}{n_2} \rightarrow$ total reflektion

Halbleiter

Energie im Band n : $E_n = \frac{k^2 \hbar^2}{2m}$

k = Wellenzahl

$\hbar = 1.055 \cdot 10^{-34}$

Isolatoren $p = \frac{2\pi\hbar}{\lambda}$ $E = \hbar\omega$

λ = Wellenlänge

Leiter $p = \frac{2\pi\hbar}{\lambda} = \hbar k$ $E = \hbar\omega$

kleineres ΔE → thermisch einfacher anregbar
Metall : Band nicht ganz gefüllt
Isolator : oberes Band viel grössere Energie