Physik Zusammenfassung

Noa Sendlhofer & Christian Leser
nsendlhofer & cleser

Version: May 3, 2023
Template by Micha Bosshart

1. Elektrizitätslehre

Basics

- Elementarladung: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$
- Ampere: Fluss von 1 Coulomb pro Sekunde durch Leiterquerschnitt, $A = \frac{C}{s}$
- Newton: Kraft, $N = \frac{kg \cdot m}{s^2}$
- Volt: $V = \frac{W}{A} = \frac{J}{C} = \frac{kg \cdot m^2}{A \cdot s^3}$, Spannung entsteht durch Potentialdifferenz: $U \sim \int \vec{E} \cdot \vec{ds}$
- Elektrische Feldkonstante / Dielektrizitätskonstante $\varepsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm}$
- Magnetische Feldkonstante bzw. magnetische Permeabilität im Vakuum: $\mu_0 = \frac{1}{\varepsilon_0 c^2} = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{N}{A^2}$

Symbol	Exponent
P	10^{15}
T	10^{12}
G	10^{9}
M	10^{6}
k	10^{3}
h	10^{2}
d	10^{-1}
c	10^{-2}
m	10^{-3}
μ	10^{-6}
n	10^{-9}
p	10^{-12}
f	10^{-15}

1.1 Definition Strom

- Ladungen mit gleichem Vorzeichen stossen sich ab.
- zwei unendlich lange parallele Drähte im Abstand 1 m voneinander, die von einem Strom von 1 A gleichsinnig durchflossen werden, ziehen sich mit einer Kraft von $2 \cdot 10^{-7} N$ pro Meter Leiterlänge an.
- Elementarladung: $e = 1.602 \cdot 10^{-19}$

Stromstärke:

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

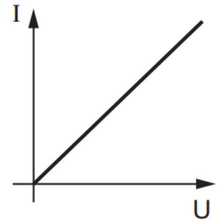
Ladung:

$$\boxed{Q = \int_{\Delta t} I dt}$$

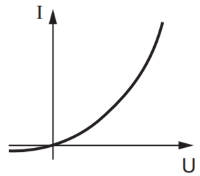
Widerstand:

$$\boxed{R = \frac{U}{I}, I \sim U}$$

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



nicht-ohmsche Leiter
$R_{\text{diff}} = \frac{dU}{dI}$



U > 0 : Durchlassrichtung
U < 0 : Sperrichtung

1.2 Klassifizierung ohmscher Leiter

nach Grösse:

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

l Leiterlänge, A Leiterquerschnitt, ρ spezifischer Widerstand
Spezifische Leitfähigkeit: $K = \frac{1}{\rho}$
nach Temperatur:

$$\boxed{\rho(T) = \rho_0(1 + \alpha(T - T_0))}$$

ρ_0 spezifischer Widerstand bei Bezugstemperatur T_0, α Temperaturkoeffizient, $[\alpha] = \frac{1}{K}$

1.3 Kirchhoffsche Regeln

Knotenregel

$$\boxed{\sum_k I_k = 0}$$

Maschenregel

$$\boxed{\sum_i U_i = \sum_k I_k R_k}$$

Serieschaltung

$$U_0 = I \cdot R_{tot} = I \cdot \left(\sum_i R_i\right) \Rightarrow \boxed{R_{tot} = \sum_i R_i}$$

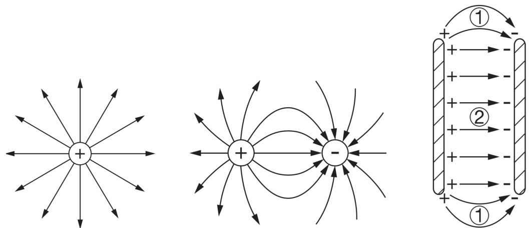
Parallelschaltung

$$I_{tot} = \frac{U}{R_{tot}} = \sum_i \frac{U}{R_i} \Rightarrow \boxed{\frac{1}{R_{tot}} = \sum_i \frac{1}{R_i}}$$

2. Elektrisches Feld

2.1 Feldlinien

Elektrisches Feld immer tangential an Feldlinie



Elektrische Feldstärke

$$\boxed{\vec{E} = \frac{U}{l}\vec{e}}$$

mit e Einheitsvektor in Richtung der Feldlinien

Verschiebungsdichte bzw. Flussdichte

Dichte der Ladung:

$$\boxed{\vec{D} = \frac{Q}{A}\vec{e}}$$

Im Vakuum: $\vec{D} = \varepsilon_0 \cdot \vec{E}$

Elektrisches Potential

$$U = \Psi(p1) - \Psi(p0) = -\int Eds$$

$$E = -grad(\Psi)$$

Für Kugel: $\Psi(r) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r}$

Potential einzelner Punkt in räumlicher Ladungsverteilung: $\Psi(P) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int \frac{\cdot}{r}$

Dipolmoment: wie F * l: $\vec{p} = Q\vec{l}$

Dipolpotential$\Psi_{dip} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\vec{p}\hat{r}}{r^2}$

2.2 Elektrischer Fluss Ψ

Satz von Gauss:

$$d\Psi = \vec{E}d\vec{A} \rightarrow \Psi = \int \vec{E}d\vec{A}, [\Psi] = V \cdot m$$

$$\oint \vec{F}d\vec{A} = \int (\nabla \cdot F)dV \rightarrow \oint \vec{E}d\vec{A} = \frac{1}{\varepsilon_0}\int \rho dV$$

Durch Umstellen kommt man auf folgende Formeln für das elektrische Feld:

Kugel: $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}\vec{e_r}$

Innerhalb eines elektrischen Leiters ist das elektrische Feld null (es hebt sich auf)
Für geladene Platten: (Siehe Serie 4 A3) $E = \frac{\rho}{2\varepsilon_0}$

2.3 Plattenkondensator

$$\boxed{C_0 = \frac{Q}{U} = \varepsilon_0\frac{A}{l}, [C] = F = \text{Farad}}$$

Mit Dielektrikum gefüllter Plattenkondensator:

$$\boxed{C_m = \varepsilon_m C_0 \xrightarrow{Q=const} U_m = \frac{U_0}{\varepsilon_m}, E_m = \frac{E_0}{\varepsilon_m E_0}\varepsilon_m}$$

Kugel:

$$\boxed{C = 4\pi\varepsilon_0\left(\frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1}\right)}$$

Kirchhoffsche Regeln in Kondensatoren: Knotenregel:

$$\boxed{\sum_k Q_k = 0}$$

Maschenregel:

$$\boxed{\sum_i = U_i = \sum_k \frac{Q_k}{C_k}}$$

Serieschaltung:

$$\boxed{\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}}$$

Parallelschaltung:

$$\boxed{C = C_1 + C_2}$$

Ladestrom des Kondensators: $I = I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$, somit erreicht der Kondensator niemals seine maximale Kapazität

Eingeschobene bewegliche Dielektrika im Kondensator: Die Energie wird minimiert, bis ein Gleichgewichtszustand erreicht wird, d.h. die Energie bzw. die Arbeit sich nicht mehr verändert: $dW_{tot} = 0$

$$dW_{\text{tot}} = dW_{\text{Feld}} - dW_{\text{Batterie}} + dW_{\text{Dielektrikum}}$$

Kraft und Arbeit im elekrtischen Feld

$$\boxed{\vec{F} = Q\vec{E_0}}$$

W = F * l Arbeit ist Kraft mal Weg

$$\boxed{W = \int \vec{F}d\vec{s} = -\int Q\vec{E_0}d\vec{s} = Q\Delta\Phi = QU = U \cdot I \cdot t}$$

$$\boxed{dW = UIdt}$$

Momentanleistung P:

$$\boxed{P = \frac{W}{t} = \frac{F}{v} = \frac{dW}{dt} = U \cdot I}$$

Energie des elektrischen Feldes: $\Delta E = W$

$$\boxed{W = \int U dq = \frac{Q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}}$$

mit U = Q/C (von Kondensatoren) Mit Kapazität eines Plattenkondensators (V = Volumen des Plattenkondensators)

$$\boxed{W = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E_0^2 V}$$

$$\boxed{\rho_{el} = \frac{W}{V} = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E_0^2}$$

3. Magnetisches Feld

Magnetische Feldstärke H

Ein Stromdurchflossener Leiter baut ein magnetisches Feld auf (Rechte Hand Regel mit Daumen in Richtung des Stromflusses)
Annahme: konstante magnetische Feldstärke innerhalb Spule Magnetische Feldstärke H in Spule der Länge l mit n Windungen bei Stromstärke I:

$$\boxed{\vec{H} = I\frac{n}{l}}$$

3.2 elektromagnetische Induktion

Strom in Spule wird durch Änderung des magnetischen Feldes erzeugt. Spannungsstoss

$$\boxed{S_U = \int U_i dt}$$

$S_u \sim \Delta H, S_u \sim n_i, S_u \sim A_i$

$$\boxed{\int U_i = \mu_0 n_i \Delta H A_i}$$

μ_0 magnetische Permabilität des Vakuums (siehe Basics)
Wenn eine kleinere Spule S_2 in einer Grösseren S_1 liegt:

$$\boxed{U_{\text{ind}} = -N_2 A_2 \mu_0 \frac{\Delta I}{\Delta t}\frac{N_1}{l_1}}$$

magnetischer Fluss Φ, magnetische Flussdichte B:

$$\boxed{\Phi = \mu_0 A H \to B = \frac{\Phi}{A} = \mu_0 H \to d\Phi = BdA}$$

$$\boxed{\vec{B} = \mu_0 \vec{H}}$$

$$\boxed{\Phi = \int \vec{B} d\vec{A}}$$

Induktionsgesetz (das Minus entsteht durch die Lenzsche Regel bzw. das Wehren entgegen der zeitlichen Änderung):

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

Induktionsspule:

$$\boxed{\int U_i dt = \alpha \int \vec{H} \cdot \vec{ds}, \alpha = \mu_0 \frac{N}{L} A}$$

Geschlossener Weg:

$$\boxed{\oint \vec{H} \cdot \vec{ds} = \int \vec{j}\, d\vec{A} = I \cdot n}$$

Stromstärke mal Anzahl Windungen

3.3 Lenzsche Regel

Das system reagiert der Änderung des magnetischen Feldes entgegen / wehrt sich gegen die Änderung des magnetischen Feldes, funktioniert nur wenn eine induzierte Strommenge fliessen kann (bsp metallischer Ring)
Richtung des induzierten Feldes ist entgegengesetzt der Änderung des äusseren Feldes. Induktionsgesetz:

$$\boxed{U_i^{tot} = n_i \frac{d\Phi}{dt}}$$

$$\boxed{U_i = \oint \vec{E} \vec{ds} = -\frac{d}{dt} \int \vec{B} d\vec{A}}$$

3.4 Durchflutungsgesetz

Stromdichte $j = \frac{I}{A} \to I = j \cdot A$

$$\boxed{\oint_C B ds = \mu_0 \sum_v I_v = \mu_0 I = \int \vec{j} \cdot \vec{dA}}$$

3.5 Lorenzkraft

l Länge des Stromdurchflossenen Leiters im Magnetfeld, $\vec{B}$ Magnetfeld

$$\boxed{\vec{F_L} = I(\vec{l} \times \vec{B})}$$

mit $V = A \cdot l$ und $j = \frac{I}{A}$:

$$\boxed{\frac{\Delta F}{\Delta A} = \vec{j} \times \vec{B} \to \vec{F} = \int \vec{j} \times \vec{B} dV}$$

mit $I = \rho A v$ und somit $\vec{j} = \rho \vec{v}$ (v Geschwindigkeit der Ladungen):

$$\boxed{\vec{F_L} = \int \rho(\vec{v} \times \vec{B}) dV = q(\vec{v} \times \vec{B})}$$

! Vorzeichen q!

Beispiel Elektromotor

Bild Einfügen

$$\boxed{\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F} \to M = I(\vec{A} \times \vec{B})}$$

Volle Drehung wird nur erreicht mit Umkehrung der Polarisierung des Stroms bei jeder halben Umdrehung. Hierfür wird ein Kommutator verwendet

Beispiel parallele stromdurchflossene Drähte

Bild Einfügen

$$\boxed{F_1 = F_2 = \frac{\mu_0}{2\pi} l \frac{I_1 I_2}{r}}$$

3.6 Biot-Savart Gesetz

Einfluss der magnetischen Wirkung eines stromdurchflossenen, beliebig geformten Mediums auf einen Punkt

$$\boxed{\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{I \vec{dl} \times^r}{r^2}}$$

Selbstinduktion

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

$$\boxed{L = \frac{\Phi n}{I} = \mu_0 n^2 \frac{A}{l}, [L] = \frac{Vs}{A} = H}$$

3.8 Gegeninduktivität

Aus Induktionsgesetz für beide Spulen

$$\boxed{U_{i2} = L_{12} \frac{I_1}{dt}}$$

Man kann die Rolle der Spulen tauschen (Feldspule und Induktionsspule) und erhält dieselbe Wirkung:

$$\boxed{L_{12} = L_{21}}$$

Für übereinanderliegende Spulen gleicher Länge und gleichen Querschnitts:

$$\boxed{L_{12} = \mu_0 n_1 n_2 \frac{A}{l}}$$

3.9 Kraft und Arbeit im magnetischen Feld

Energie im magnetischen Feld:

$$\boxed{W = \frac{1}{2} L I_0^2 = \frac{1}{2} \mu_0 n^2 \frac{A}{l} I_0^2 = \frac{1}{2} \mu_0 V H^2}$$

3.10 Magnetismus der Materie

Wird eine Materie mit magnetischen Eigenschaften in eine Induktionsspule eingefügt, so verstärkt sich die magnetische Wirkung um einen materialabhängigen Faktor μ

$$\boxed{B_m = \mu \mu_0 H_0, L_m = \mu L_0}$$

Magnetische Suszeptibilität:

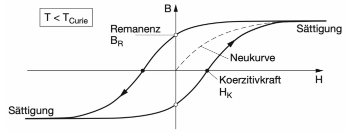
$$\boxed{X = \mu - 1}$$

Magnetisierung:

$$\boxed{\vec{M} = X \vec{H}}$$

- paramagnetische Materialien: $X > 0$, Magnetisierung in gleiche Richtung wie Feld.
- diamagnetische Materialien: $X < 0$, Magnetisierung in entgegengesetzte Richtung wie Feld.

Elektronen bewegen sich auf einer Kreisbahn im Atom -¿ magnetisches Moment entsteht. Bei angelegtem magnetischem Feld werden die magnetischen Momente aller Atome parallel ausgerichtet
Schema mit magnetischem Moment einfügen
Hysterese: Wenn nach der Magnetisierung eines ferromagnetischen Materials das magnetische Feld wieder ausgeschalten wird, setzt ein "Memory-Effekt ein. Eine verbleibende magnetische Wirkung im Material bezeichnet man als **Remanenz**. Das Feld, welches benötigt wird, um die Remanenz auszulöschen, bezeichnet man



als **Hoerzitivkraft**

4. Elektromagnetische Wellen