

Formelsammlung ExPhy 2

Montag, 6. Februar 2017

17:59

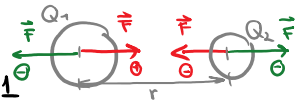
Elektrizitätslehre / Elektromagnetismus

Elektrische Ladung

Ladung ist immer an eine Masse gebunden
Elementarladung: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ (kleinste Ladung)
 $Q = N \cdot e$

Coulomb-Gesetz

$$\vec{F} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \frac{\vec{r}}{r} \propto \frac{1}{r^2}$$



elektrische Federkonstante: $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}}$

$$\vec{F}_{\text{ges}} = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} \quad |\vec{F}_{\text{ges}}| = |\vec{F}_{12}| + |\vec{F}_{13}|$$

Das elektrische Feld

el. Feldstärke: $\vec{E}(\vec{r}) = \frac{\vec{F}(\vec{r})}{q} \quad [E] = 1 \frac{\text{N}}{\text{C}} = 1 \frac{\text{V}}{\text{m}}$

Feldlinien: - zeigen von positiver zu negativer Ladung
- symmetrisch bzgl. Ladung
- senkrecht zur Oberfläche
- Hohlleiter im Inneren Feldfrei

Der elektrische Fluss

$$\Delta\Phi = E \cdot \Delta A$$



$$\Delta\Phi = \vec{E} \cdot \Delta\vec{A} = E \cdot \Delta A \cdot \cos\varphi$$



Satz von Gauß

Feldlinien beginnen und enden auf Ladungen
Ungeladenes Volumen: Es fließt so viel rein, wie raus.

$$\Phi = \oint_{\text{Oberfläche}} \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0} \quad (1. \text{ Maxwell-Gleichung})$$

→ keine geschlossenen Feldlinien

Kugel: $E(r) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ Draht: $E(r) = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 r \ell}$

Flächenladungsdichte

$$\sigma = Q/A$$

el. Feldstärke im Abstand r von einer großen Platte: $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

idealer Kondensator: $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

el. Potenzial

$$\varphi = \frac{W}{q} \quad [\varphi] = \frac{J}{C} = 1V$$

Aquipotenziallinien

- Orte gleichen Potentials

el. Spannung: $U = \varphi_2 - \varphi_1$ - geschlossen, $\perp$ zu Feldlinien

Spannung Punktladung: $U(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r}$

Spannung Plattenkondensator: $U = \frac{d}{\epsilon_0 A} \cdot Q$

Kapazität („Ladungsfassungsvermögen“)

$$C = \frac{Q}{U} \quad C_{\text{Pl}} = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$$

$$U_{\text{Pl}} = E \cdot d$$

Energie des el. Feldes

$$E_{\text{el}} = \int dW = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} Q \cdot U$$

Elektrische Leiter

Externes Feld → Influenz

→ Ladungsverteilung so, dass das Innere Feldfrei bleibt
(Anwendung: Faradayscher Käfig)

Der el. Strom

el. Stromstärke: $I = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = Q \quad [I] = 1A = 1 \frac{C}{s}$

el. Stromdichte: $\vec{j} = \frac{I}{A} \quad [j] = 1 \frac{A}{m^2} \quad \vec{j} = \sigma \cdot \vec{E}$

el. Leistung: $P = U \cdot I$
 $P = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R} \quad [P] = 1VA = 1W = 1 \frac{J}{s}$

Der el. Dipol

Dipolmoment: $\vec{p} = q \vec{d}$

→ permanent (Moleküle)

→ induziert (äußeres Feld)

Dipol-Potential: $U(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{p} \cdot \vec{r}}{r^3}$

im homogenen Feld:

Drehmoment: $\vec{M} = \vec{p} \times \vec{E}$

im inhomogenen Feld:

Kraft auf Dipol: $F_q = p \cdot \frac{dE}{dx}$



(Orientierungspolarisation)



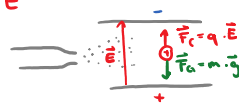
Dielektrizität

Verschiebungsdichte D: $\vec{D} = \epsilon_r \epsilon_0 \vec{E}$

Polarisation: $\vec{P} = \vec{D} - \epsilon_0 \vec{E}$

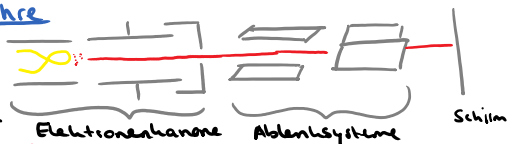
Milikan-Versuch

Geladene Öltröpfchen schieben



$$W = e \cdot U = 1eV$$

Braunsche Röhre



Beschleunigungse:

$$W_{\text{el}} = e \cdot U = \frac{1}{2} m_e v^2 = W_{\text{kin}}$$

Kreisbahn: $F_L = q \cdot B \cdot v = m \cdot \frac{v^2}{r} = F_Z$

Gasentladung bei schlechtem Vakuum

→ Ionenbildung (verlangsamt zur Anode)

Stoßionisation (Elektronenlawine, selbständige Gasentladung)

Magnete und Magnetfelder

nur Dipolfelder

$\vec{B} \hat{=}$ magn. Flussdichte $[B] = T (\text{Tesla})$

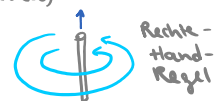
Magnetfeld von Strömen

Magnetfeldlinien geschlossen, von N → S

$$B(r) = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I}{r}$$

Leiter

μ_0 : magn. Feldkonstante



$$B = \frac{\vec{F}}{I \cdot \ell}$$

mag. Flussdichte einer langen Zylinderspule: $B = \mu_0 \frac{N}{\ell} \cdot I$

Die Lorentzkraft

$$\vec{F}_L = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$$

mit el. Feld:

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

mag. Feldstärke:

$$B = \frac{F_L}{q \cdot v}$$

auf bewegte Ladung (Trajektorie)

Lorentzkraft = Zentripetal kraft

$$q \cdot v \cdot B = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

→ Bahnradius: $r = \frac{m}{q} \cdot \frac{v}{B}$

Dreifingers-Regel der rechten Hand



⊕ rechts

⊖ links

auf einen el. Strom

$$\vec{F}_L = I \cdot \vec{d} \times \vec{B} \quad d: \text{Leitertlänge}$$

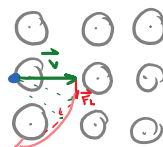
Parallele Leiter, paralleler Strom: ziehen sich an

$$F_L = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2 \cdot d}{r}$$

Parallele Leiter, antiparalleler Strom: stoßen sich ab

Der magn. Fluss

$$\Phi_m = \vec{A} \cdot \vec{B} \quad (\text{analog zu el. Fluss})$$



el. Leistung: $P = U \cdot I$
 $P = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R}$ $[P] = 1 \text{ VA} = 1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}}$

Das Ohm'sche Gesetz

$U = R \cdot I$
 $G = \frac{1}{R}$



$R = \frac{\rho}{A G}$

spezifischer Widerstand:

$\rho = \frac{1}{G} [\rho] = \Omega \cdot \text{mm}$

Parallele Leiter, antiparalleler Strom: stoßen sich ab

Der magn. Fluss

$\Phi_m = \vec{A} \cdot \vec{B}$ (analog zu el. Fluss)

$\Phi_m = B \cdot A \cdot \cos(\varphi)$

Feldlinie geschlossen (2. Maxwell-Gleichung)