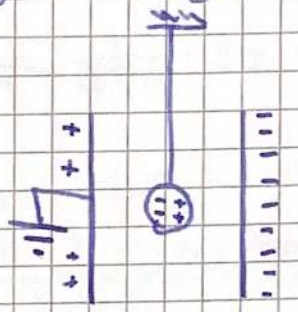
Elektrizität und Magnetismus I

el. Ladung
- positiv/negativ
- gequantelt $\boxed{q_e = 1{,}602\cdot 10^{-19}\,C}$
- $\boxed{F_{el} \sim Q_1 Q_2}$ (Abstoßung/Anziehung)

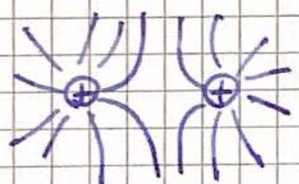
Influenz: Verschiebung von Ladungsträgern durch die el. Kraft

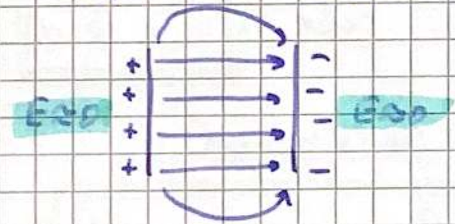


el. Feldstärke: $\boxed{\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}}$

$\boxed{[E] = \frac{N}{C} = \frac{V}{m}}$

Feldlinien
- ⊕ ⟶ ⊖
- Metall ⊥ ⟶
- Feldliniendichte ≙ Feldstärke

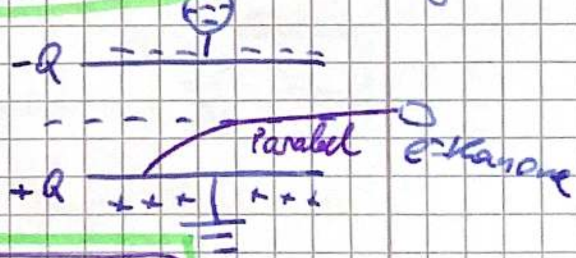




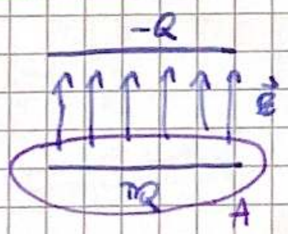
homogen

$\boxed{E \sim \frac{Q}{A}}$ $\boxed{E = \frac{Q}{\varepsilon_0 \cdot A}}$ $\boxed{\varepsilon_0 = 8{,}854\cdot 10^{-12}\,\frac{C}{Vm}}$ Influenzconst.

Feldstärke im Plattenkond.



$\to Q = E\cdot\varepsilon_0\cdot A$



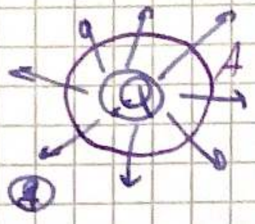
$$\boxed{\oint_A \varepsilon_0 \vec{E}\, d\vec{A} = \sum_{\text{in } A} Q_i}$$

Gaußscher Satz (Vakuum)

el. Flussdichte $\boxed{\vec{D} = \varepsilon_0 \cdot \vec{E}}$ (im Vakuum)

Elektrizität u. Magnetismus II

$\varepsilon_0 E A = Q$ ← Kugel



$\varepsilon_0 E 4\pi r^2 = Q$

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

$F = qE = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{qQ}{r^2} \quad \rightarrow \quad \boxed{\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{qQ}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|}}$

Coulomb-Gesetz

Arbeit auf q in E von P_1 nach P_2:

$$\boxed{W_{12} = -\int_{P_1}^{P_2} \vec{F}\, d\vec{r} = -q \cdot \int_{P_1}^{P_2} \vec{E}\, d\vec{r} = E_{pot}(P_2) - E_{pot}(P_1)}$$

el. Potential $\boxed{\varphi(P) = \frac{E_{pot}(P)}{q}}$

Spannung $\boxed{U_{12} = \varphi(P_2) - \varphi(P_1) = \frac{W_{12}}{q} = -\int_{P_1}^{P_2} \vec{E}\, d\vec{r}}$

im homogenen Feld $\boxed{U = E \cdot d}$

Kapazität Plattenkond.

$$\boxed{C = \frac{Q}{U} = \frac{Q}{E \cdot d} = \frac{Q}{\frac{Q}{\varepsilon_0 \cdot A} \cdot d} = \frac{\varepsilon_0 \cdot A}{d}}$$

Stromstärke

Stromrichtung:
Fluss d. positiven Ladungsträger

$\boxed{I = \frac{dQ}{dt}}$ $[I] = \text{Ampere}$

el. Widerstand

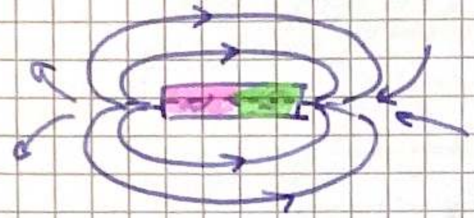
$\boxed{R = \frac{U}{I}}$ $\boxed{U = R \cdot I}$ $[R] = \Omega$

Ohmsches Gesetz

Elektrizität u. Magnetismus III

Magnetische Felder

Immer zwei Pole (N u. S), nie einzeln



Feldlinien immer geschlossen

e^- im homogenen B-Feld → Kreisbahn → Fadenstrahlrohr

→ $\boxed{\text{Kraft} \perp \text{Flugrichtung u.} \perp \text{Magnetfeldrichtung}}$

→ Lorentzkraft $\boxed{\vec{F}_L = q(\vec{v} \times \vec{B})}$

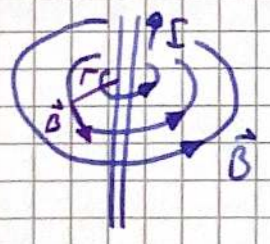
Magnetische Flussdichte B $[B]$ = Tesla

Leiterschaukel: Kraft auf Strom in B-Feld

$$\boxed{\vec{F} = I \cdot (\vec{\ell} \times \vec{B})}$$

$\vec{\ell}$: Leiterlänge in Richtung von I

B-Feld um Strom



$$\boxed{B = \frac{I}{2\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot c^2 \cdot r}}$$

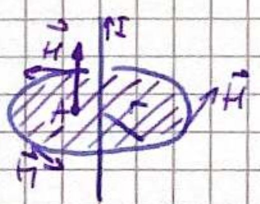
c: Lichtgsw in Vakuum

$$\boxed{\underbrace{\varepsilon_0 c^2 B}_{H} = \frac{I}{2\pi r}}$$

Amperesches Gesetz

$$\boxed{H = \frac{I}{2\pi r}}$$

H → magn. Feldstärke $\boxed{\vec{H} = \varepsilon_0 c^2 \vec{B} = \frac{1}{\mu_0} \cdot B}$



μ_0 → Induktionskonst. $\boxed{\mu_0 \approx 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}}$

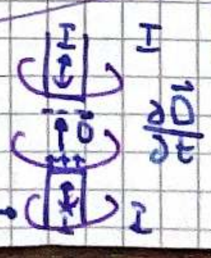
$$\boxed{\vec{B} = \mu_0 \vec{H}}$$

$\boxed{\oint \vec{H}\, d\vec{r} = \sum_i I_i}$ $\boxed{j = \frac{dI}{dA}}$ Stromdichte

$$\boxed{\oint_{\partial A} \vec{H}\, d\vec{r} = \int_A \left(\vec{j} + \frac{d\vec{D}}{dt}\right) d\vec{A}}$$

∂A: Rand von A

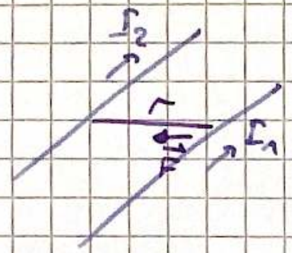
$\frac{d\vec{D}}{dt}$: Maxwellsche Ergänzung →



zeitlich veränderl. E-Feld erzeugt ein B-Feld

Elektrizität u. Magnetismus IV

Kraft zw. zwei Leitern



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

$$\boxed{F = I_1 l B}$$

$$\boxed{F = I_1 \mu_0 \frac{I_2}{2\pi r}}$$

gleiche I-Richtung:
Anziehung

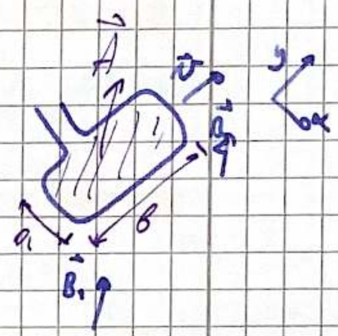
$$\boxed{F = \mu_0 \frac{I_1 I_2 l}{2\pi r}}$$ → alte Def. von Ampere

Induktion

B-Feldlinien ändert sich → Induktionsspannung

Magnetischer Fluss $\boxed{\Phi = \vec{A} \cdot \vec{B}}$

Induktionsgesetz $\boxed{U_{ind} = -\frac{d\Phi}{dt}}$



$$U = \oint_{\partial A} \vec{E} d\vec{r} = aE_1 - aE_2$$
$$= avB_1 - avB_2$$
$$= avB_1 - av\left(B_1 + \frac{dB}{dy}\right)$$
$$= -abv \frac{dB}{dy}$$
$$= -ab \frac{dy}{dt} \frac{dB}{dy} = -ab \frac{dB}{dt}$$
$$= -A \frac{dB}{dt} = -\frac{d(\vec{A} \cdot \vec{B})}{dt} = -\frac{d\Phi}{dt}$$

Transformator

Generator

$$\boxed{\int_{\partial A} \vec{E} \cdot d\vec{r} = -\frac{d}{dt} \int_A \vec{B} \, d\vec{A}}$$

Lenzsche Regel:

Induziertes B-Feld wirkt dem auslösenden B-Feld entgegen

Zusammenfassung der Elektrodynamik

Maxwell-Gleichungen

Gaußscher Satz

$$\boxed{\oint_A \vec{D}\, d\vec{A} = \sum_i Q_i \quad \text{innerhalb von } A}$$

keine magnetischen Monopole

$$\boxed{\oint_A \vec{B}\, d\vec{A} = 0}$$

Induktionsgesetz

$$\boxed{\oint_{\partial A} \vec{E}\, d\vec{r} = -\frac{d}{dt}\int_A \vec{B}\, d\vec{A}}$$

Amperesches Gesetz

$$\boxed{\oint_{\partial A} \vec{H}\, d\vec{r} = \int_A \left(\vec{J} + \frac{d\vec{D}}{dt}\right) d\vec{A}}$$

$$\boxed{\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon_r \vec{E}} \qquad \boxed{\vec{B} = \mu_0 \mu_r \vec{H}} \qquad \boxed{\vec{J} = \varkappa \vec{E}}$$

Dielektrizität — Permeabilität — Leitfähigkeit

Lorenzkraft allg.

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