Übung 2

Polarisierung und Magnetisierung

Recap Übung 1

Konventionen

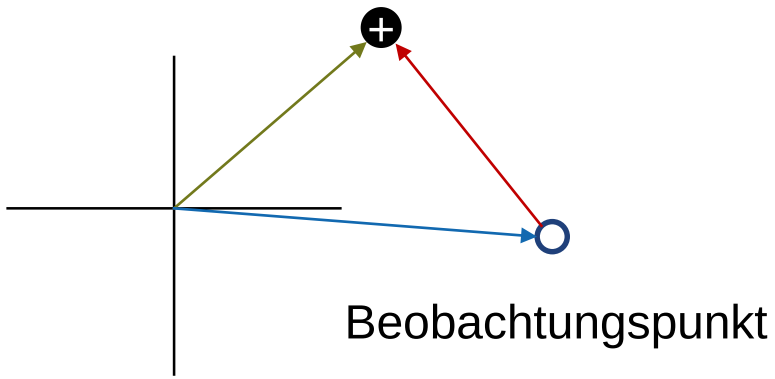
Häufig möchten wir das Feld an einem beliebigen Raumpunkt, ausgelöst von einer Punktladung berechnen

$\boldsymbol{R}$ = Direkter Verbindungsvektor zur Ladung

R = Länge des Verbindungsvektors

$\boldsymbol{r'}$ = Ortsvektor zur Punktladung

$\boldsymbol{r}$ = Ortsvektor zum Beobachtungspunkt



Recap

Elektrisches Potential Poisson Gleichung : $\nabla^2 \cdot \Phi(\vec{r}) = -\frac{\rho}{\varepsilon_0}$

Zusammenhang Potential und E-Feld: $\vec{\mathrm{E}}(\vec{r}) = -\nabla \cdot \Phi(\vec{r})$ Nur im statischem Fall!

Vektorpotential Poisson Gleichung: $\nabla^2 \cdot \vec{A} = -\mu_0 \vec{J}$ Nur im statischem Fall!

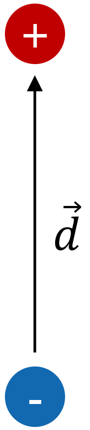
Zusammenhand B-Feld und Vektorpotential: $\vec{B} = \nabla \times \vec{A}$

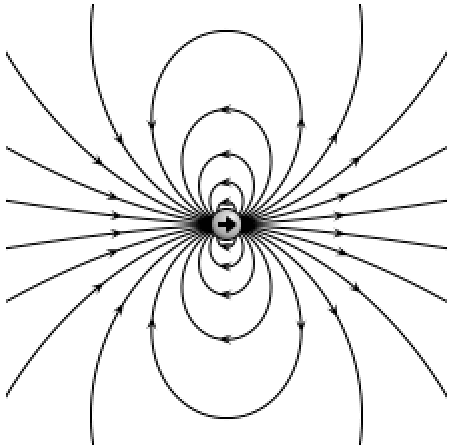
Übung 2

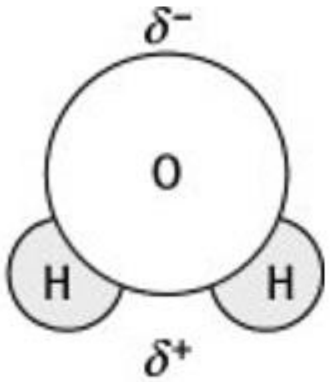
Elektrischer Dipol

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

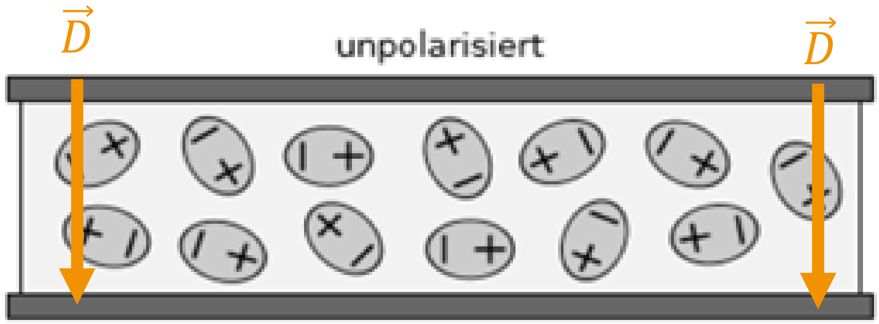
Potential : $\Phi(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{\vec{p} \cdot \vec{r}}{r^3}$

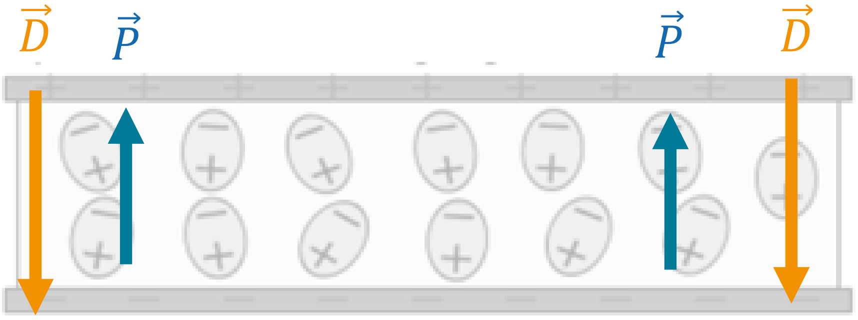




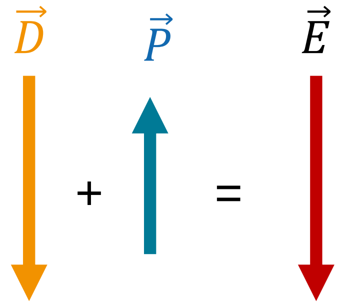


Maxwell Gleichungen





$\vec{P} \propto \vec{D}$



$$\vec{E} = \vec{D} - \vec{P}$$

$$\rightarrow \vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P} = \vec{E} \cdot \varepsilon_0 \, (1 + \chi) = \vec{E} \cdot \varepsilon_0 \, \varepsilon_r$$

Maxwell Gleichungen

Quelle des **D-Feldes** sind äussere Ladungsträger

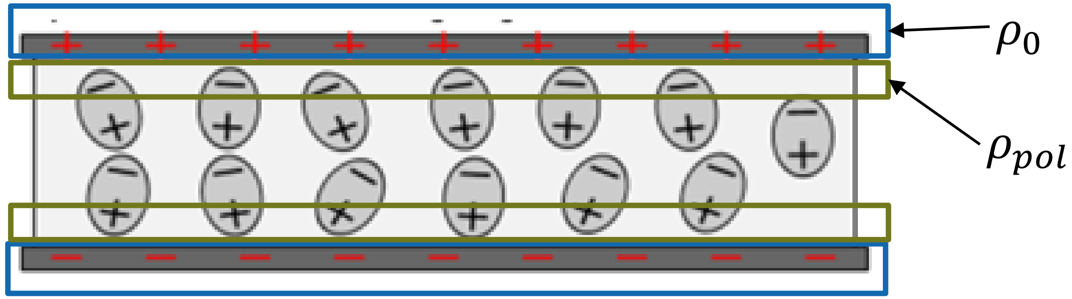
$$\boxed{\nabla \cdot \vec{D} = \rho_0}$$

Quelle des **P-Feldes** sind polarisierte Ladungsträger

$$\boxed{\nabla \cdot \vec{P} = \rho_{pol}}$$

Quelle des **E-Feldes** ist die netto existierende Ladung

$$\boxed{\nabla \cdot \vec{E} = \rho_0 + \rho_{pol}}$$



«Das D-Feld beschreibt das Feld, welches ohne Wechselwirkung mit dem Material existiert.»

«Das E-Feld beschreibt die Summe aus D-Feld und Wechselwirkung mit dem Material»

Maxwell Gleichungen – Gaussisches Gesetz

Quelle des D-Feldes sind «freie» Ladungsträger

$$\boxed{\nabla \cdot \vec{D} = \rho_0}$$

$$\updownarrow$$

$$\boxed{\iint_A \vec{D} \cdot d\vec{a} = \iiint_V \rho_0 \cdot dV}$$

Fluss des D-Feldes entspricht den «freien» Ladungsträgern

Maxwell Gleichungen - Induktionsgesetz

Ein sich zeitlich änderliches Magnetfeld generiert Wirbel im elektrischem Feld.

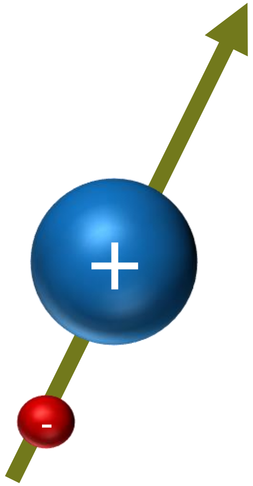
$$\boxed{\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial}{\partial t}\vec{B}}$$

$$\updownarrow$$

$$\boxed{\oint_s E \cdot d\vec{s} = -\frac{\partial}{\partial t}\iint_A \vec{B} \cdot d\vec{A}}$$

Das geschlossene Weg Integral entspricht der Änderung des Magnetfeldes

Magnetische Dipole (von Kreisströmen)

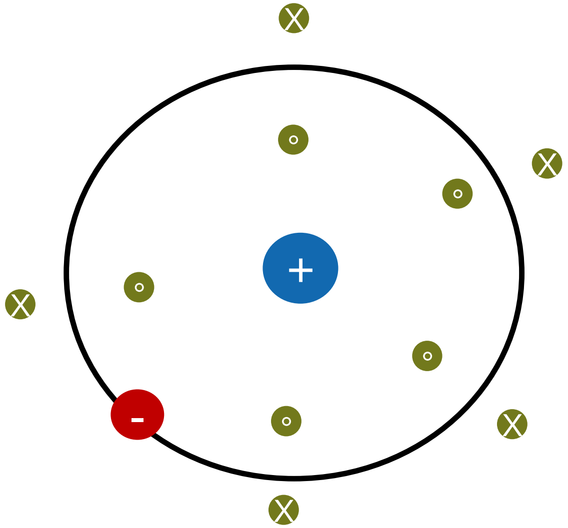


Magnetisches Dipolmoment:

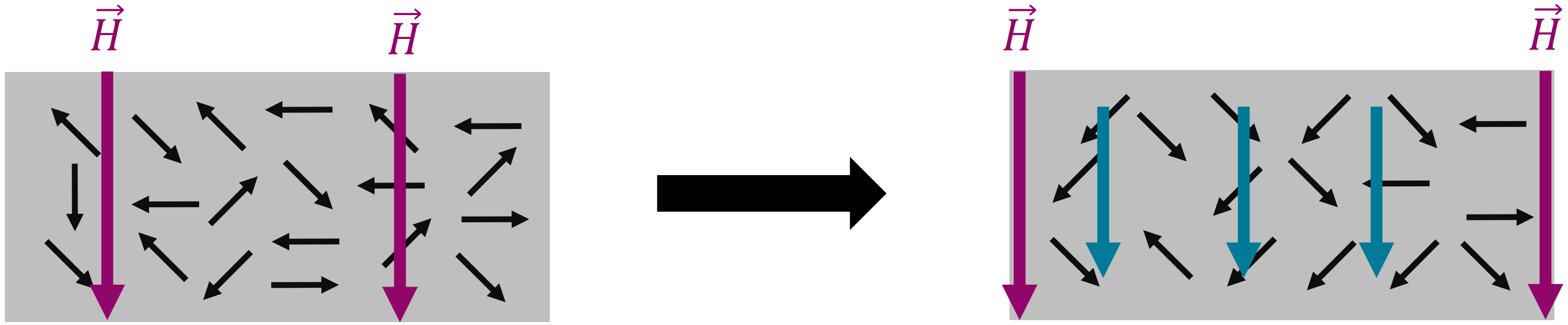
$$\vec{m} = I \cdot A \cdot \vec{n}_A \qquad \vec{m} = \frac{1}{2} \iiint_V [\vec{r} \times \vec{j}(\vec{r})] dV$$

Vektorpotential eines Dipols:

$$\vec{A}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{\vec{m} \times \vec{r}}{r^3}$$

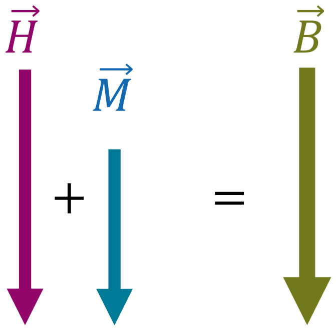


Magnetisierung von Material



$$\color{#1f6fb5}{\vec{M}} = \chi_m \cdot \vec{H}$$

Mit χ_m: Magn. Suszeptibilität



$$\mu_0\left(\vec{H} + \vec{M}\right) = \vec{B} = \vec{H} \cdot \underbrace{\mu_0 (1 + \chi_m)}_{\mu_r} = \vec{H} \cdot \mu_0 \cdot \mu_r$$

B und H-Feld

«Das H-Feld beschreibt das Feld, welches ohne Wechselwirkung mit dem Material existiert.»

«Das B-Feld beschreibt die Summe aus H-Feld und Wechselwirkung mit dem Material»

Maxwell Gleichungen - Induktionsgesetz

Ströme und ein sich zeitlich änderndes D-Feld generieren Wirbel Magnetfeld

$$\boxed{\nabla \times \vec{H} = \frac{\partial}{\partial t}\vec{D} + \vec{j_0}}$$

$$\updownarrow$$

$$\boxed{\oint_s \vec{H} \cdot d\vec{s} = \iint_A \frac{\partial}{\partial t}\vec{D} + \vec{j_0} \cdot d\vec{A}}$$

Das Wegintegral über das H-Feld entspricht den eingeschlossenen Strömen und der Änderung des D-Feldes

Maxwell Gleichungen – keine Magn. Monopole

Es gibt keine magnetischen Monopole

$$\boxed{\nabla \cdot \vec{B} = 0}$$

$$\updownarrow$$

$$\boxed{\oiint_A \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0}$$

Feldlinien sind immer geschlossen