Elektrizität

Magnetismus

Elektrostatik

$$\rho$$

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int \frac{\rho(\vec{r}\,')}{\left|\vec{r}-\vec{r}\,'\right|^3}(\vec{r}-\vec{r}\,')d^3r'$$

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$$

$$\vec{E}$$

$$\varphi = -\int \vec{E}\cdot d\vec{r} + \varphi_0$$

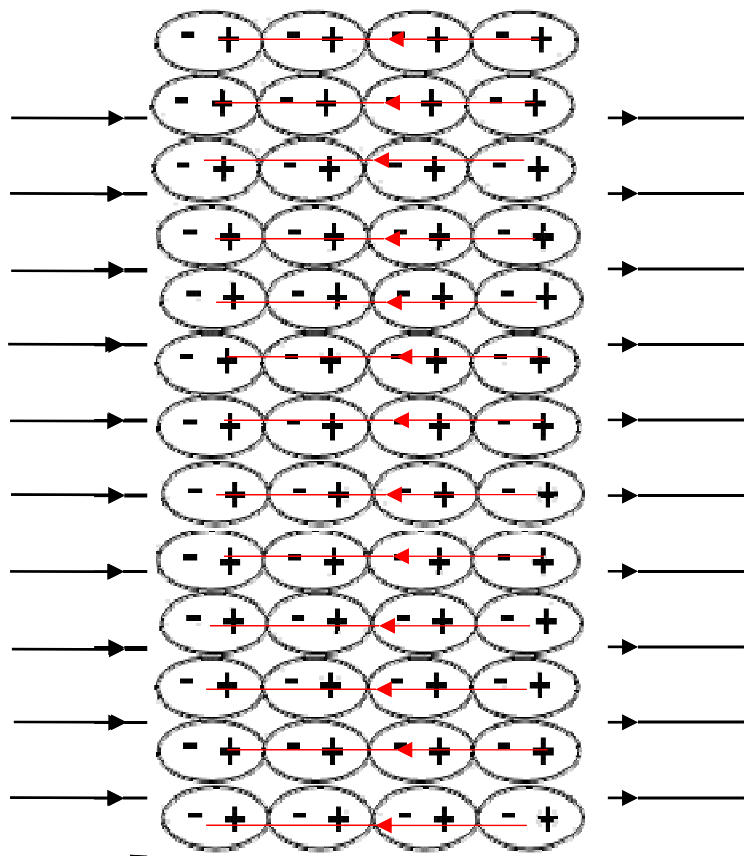
$$\vec{E} = -\nabla\varphi$$

$$\varphi$$

Dielektrikum

$$\varepsilon_r = \frac{E_{vacuum}}{E_{dielektr}}$$

relative Dielektrizitätszahl



Nichtleiter (Isolator)

Elektrostatik

$$\rho$$

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi \boxed{\varepsilon_r} \varepsilon_0} \int \frac{\rho(\vec{r}\,')}{\left|\vec{r} - \vec{r}\,'\right|^3} (\vec{r} - \vec{r}\,') d^3 r'$$

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\boxed{\varepsilon_r} \varepsilon_0}$$

$$\vec{E}$$

$$\varphi = -\int \vec{E} \cdot d\vec{r} + \varphi_0$$

$$\vec{E} = -\nabla \varphi$$

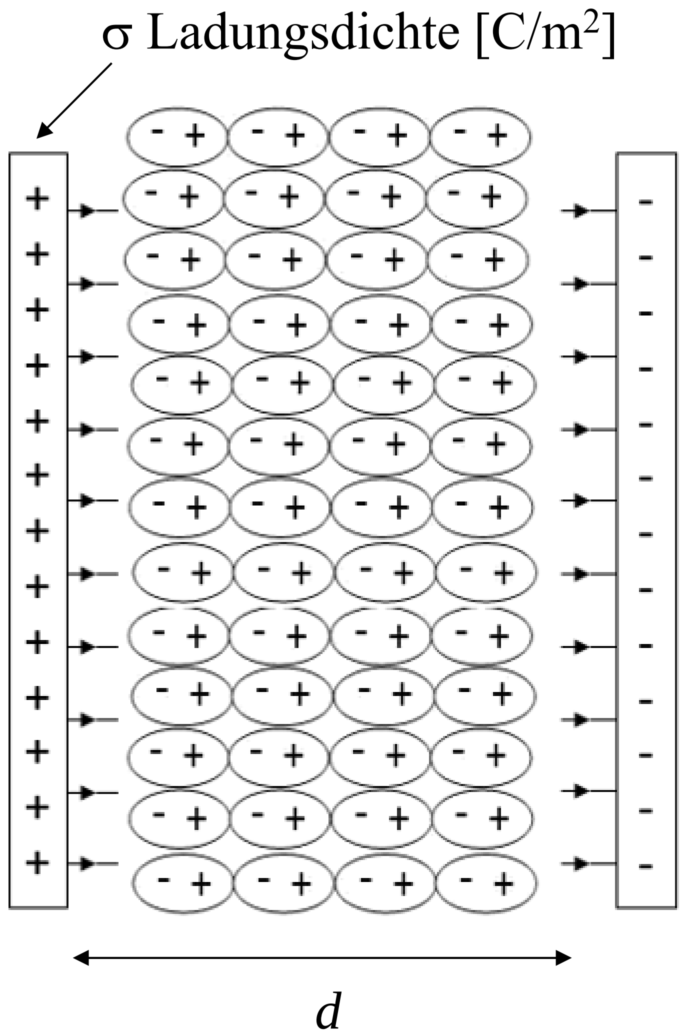
$$\varphi$$

kondensator

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_r \varepsilon_0} \quad [\text{V/m}]$$

$$V = -\int \vec{E} \cdot d\vec{x} \quad [\text{V}]$$

$$|E| = \frac{|V|}{d} \quad [\text{V/m}]$$



$$\frac{\sigma}{\varepsilon_r \varepsilon_0} = \frac{V}{d} \quad [\text{V/m}]$$

$$Q = \frac{\varepsilon_r \varepsilon_0 A}{d} V$$

$$Q = CV$$

Kapazität

E-Bus

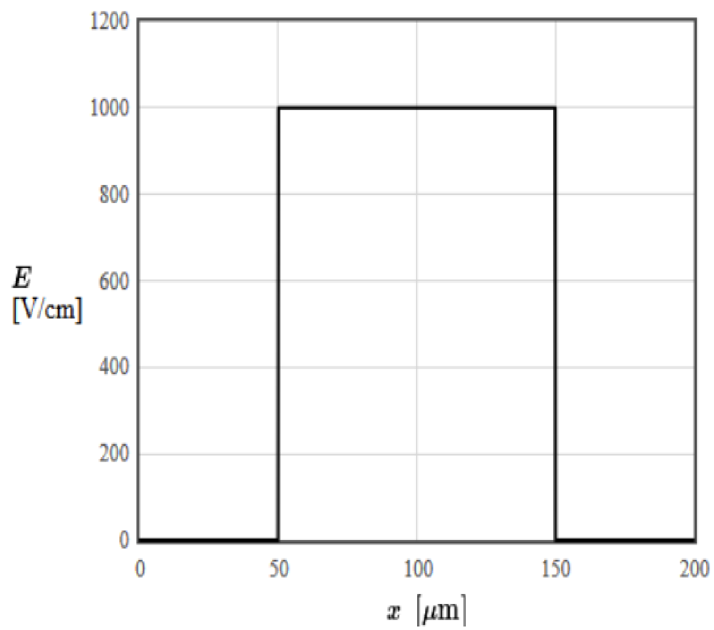
Das sind E-Busse einer neuen Generation. Hauptenergiespeicher sind Kondensatoren, sogenannte ‚Supercaps‘. Die schnelle Ladung ist einer der großen Vorteile, so werden die Energiereserven an den Endhaltestellen innerhalb von zwei Minuten geladen. Weiters gibt es die Möglichkeit des ‚Ultra Fast Charging‘ an den Zwischenhaltestellen. Dort ist ein Aufladen innerhalb von 30 Sekunden möglich.

https://www.meinbezirk.at/graz/lokales/der-erste-e-bus-fuer-graz-rollt-an-d1875525.html

Pruefung 29.06.2017

Problem 4

Ein Kondensator besteht aus zwei Kupferplatten, die durch eine 100 µm dicke SiO_2 -Dielektrikumsschicht getrennt sind. Das elektrische Feld im Kondensator ist zwischen den Metallelektroden konstant. Das elektrische Feld ist in der folgenden Grafik abgebildet.



Zeichnen Sie das zu dem elektrischen Feld gehörende elektrostatische Potential. Kennzeichnen Sie die Maximal- und Minimalwerte des elektrostatischen Potentials.

Problem 4

Zur Zeit $t = 0$ befindet sich ein Proton ($m = 1.6726231 \times 10^{-27}$ kg, $q = 1.6022 \times 10^{-19}$ C) an der Position $\vec{r} = 0$ und hat die Geschwindigkeit

$$\vec{v} = 7\hat{x} + 3\hat{y} + 6\hat{z} \text{ [m/s]}.$$

Eine zeitabhängige elektrische Kraft wirkt auf das Proton. Das elektrische Feld ist, $\vec{E} = -2 \times 10^4 \cos(3 \times 10^6 t)\,\hat{x}$ [V/m]. Dabei ist t in Sekunden gegeben.

Welche Differentialgleichung muss gelöst werden, um die Bahnkurve des Protons bestimmen zu können?

$$\frac{dx}{dt} = v_x$$

$$\frac{dv_x}{dt} = \boxed{}$$

$$\frac{dy}{dt} = v_y$$

$$\frac{dv_y}{dt} = \boxed{}$$

$$\frac{dz}{dt} = v_z$$

$$\frac{dv_z}{dt} = \boxed{}$$

Wo ist das Proton bei $t = 3$ µs?

$$\vec{r} = \boxed{}\,\hat{x} + \boxed{}\,\hat{y} + \boxed{}\,\hat{z} \text{ [m]}$$

Elektrostatik

$$\rho$$

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi \boxed{\varepsilon_r} \varepsilon_0} \int \frac{\rho(\vec{r}\,')}{\left|\vec{r}-\vec{r}\,'\right|^3}(\vec{r}-\vec{r}\,')d^3r'$$

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\boxed{\varepsilon_r}\varepsilon_0}$$

$$\vec{E}$$

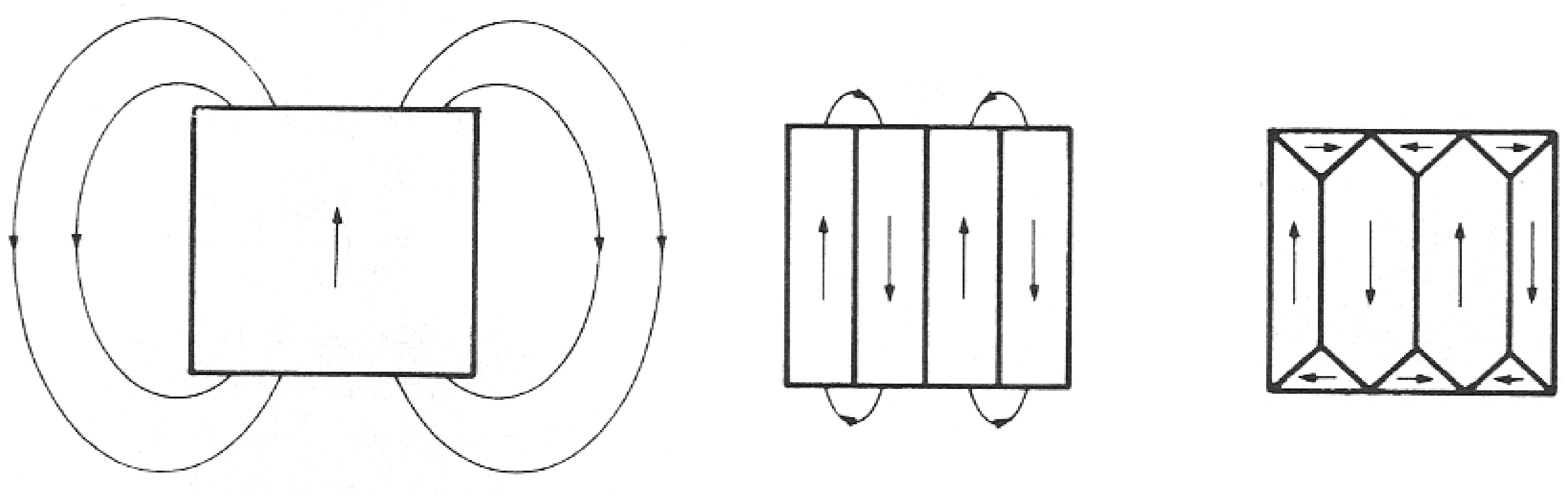
$$\varphi = -\int \vec{E}\cdot d\vec{r} + \varphi_0$$

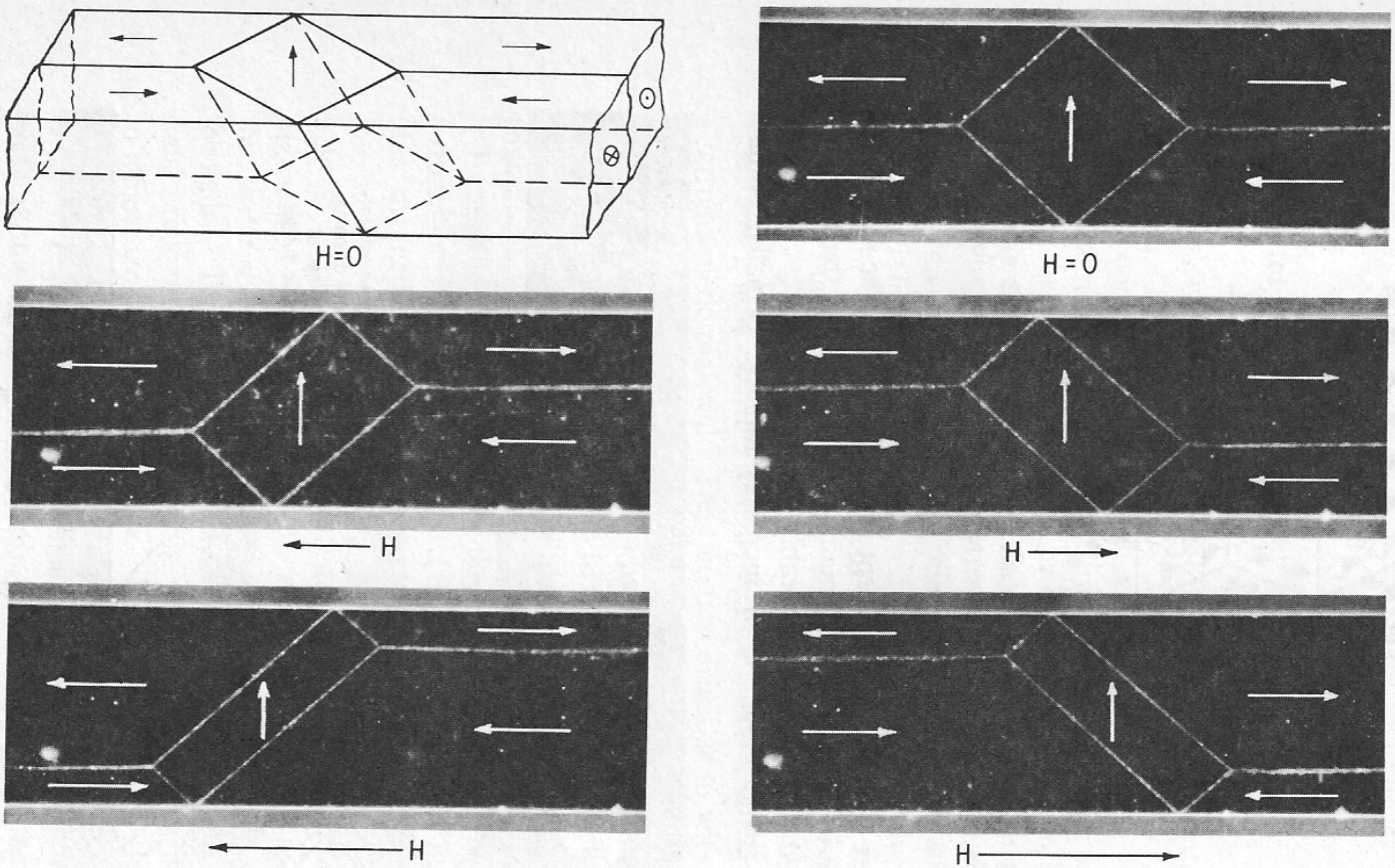
$$\vec{E} = -\nabla \varphi$$

$$\varphi$$

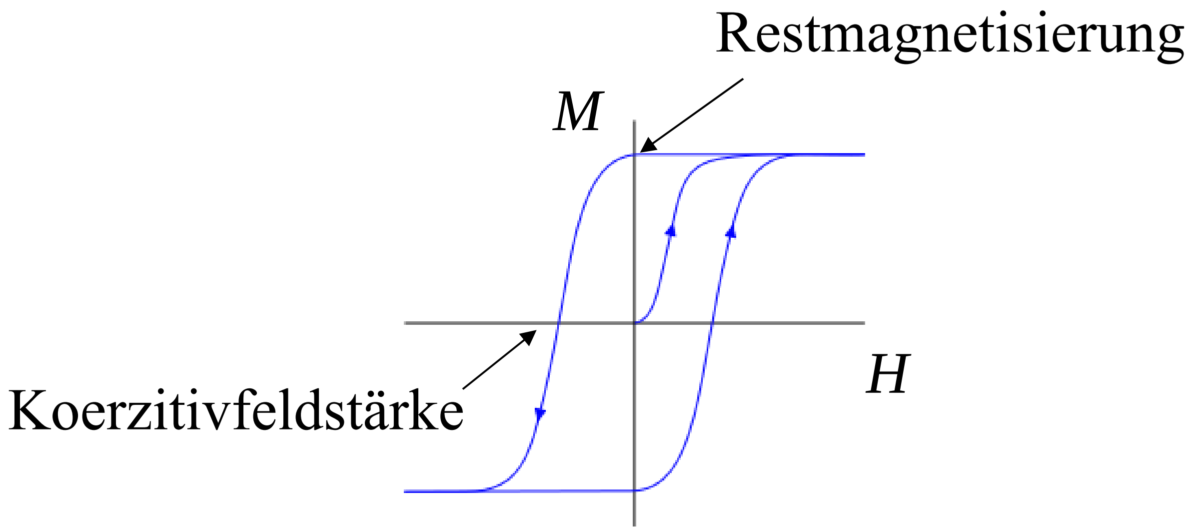
Magnetismus

Magnetic domains (weisssche Bezirke)




H=0
H=0
H
H
H
H

Magnetfeld



$\vec{B}$ Magnetische Flussdichte

$\vec{H}$ Magnetische Feldstärke

$\vec{M}$ Magnetisierung

$$\vec{B} = \mu_0 \left(\vec{H} + \vec{M} \right) \qquad \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}^2}$$

Magnetfeld

$$\vec{B} = \mu_0 \left(\vec{H} + \vec{M} \right)$$

$$\vec{B} = \mu_0 \left(\vec{H} + \chi \vec{H} \right)$$

Magnetische Suszeptibilität

$$\vec{B} = \mu_0 \left(1 + \chi \right) \vec{H} = \mu_r \mu_0 \vec{H}$$

Permeabilität

Diamagnetismus

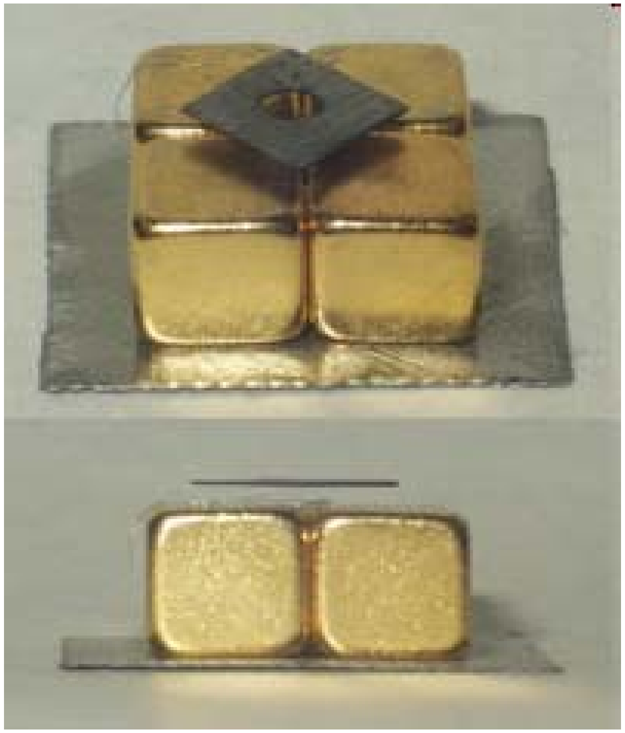
$$\vec{M} = \chi \vec{H}$$

$$\chi < 0$$

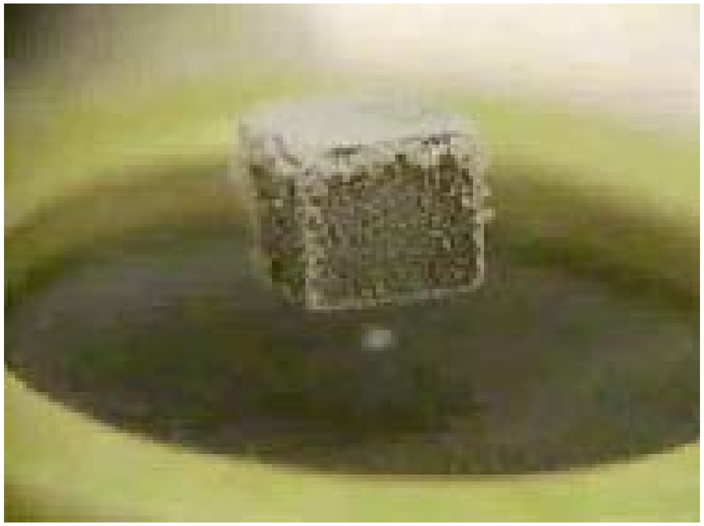
Suszeptibilität	
Copper	-9.8×10^{-6}
Diamond	-2.2×10^{-5}
Gold	-3.6×10^{-5}
Lead	-1.7×10^{-5}
Nitrogen	-5.0×10^{-9}
Silicon	-4.2×10^{-6}
water	-9.0×10^{-6}
bismuth	-1.6×10^{-4}

$$\mu_r \approx 1$$

Levitating diamagnets



Levitating pyrolytic carbon



Superconductor

Schwebe Frösche

wasser: $\chi = -9.05 \times 10^{-6}$

16 Tesla magnet at the Nijmegen High Field Magnet Laboratory

http://www.hfml.ru.nl/froglev.html

Paramagnetismus

$$\vec{M} = \chi \vec{H}$$

$$\chi > 0$$

Suszeptibilität	
Aluminum	2.3×10^{-5}
Calcium	1.9×10^{-5}
Magnesium	1.2×10^{-5}
Oxygen	2.1×10^{-6}
Platinum	2.9×10^{-4}
Tungsten	6.8×10^{-5}

$$\mu_r \approx 1$$

Magnetostatik

$$I$$

$$\vec{B}(\vec{r}) = \sum_i \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{s}_i \times (\vec{r} - \vec{r}_\mathrm{i})}{\left|\vec{r} - \vec{r}_\mathrm{i}\right|^3}$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I \qquad (4.171)$$

$$\vec{B}$$

Biot-Savart'sches Gesetz

Ampèresches Gesetz

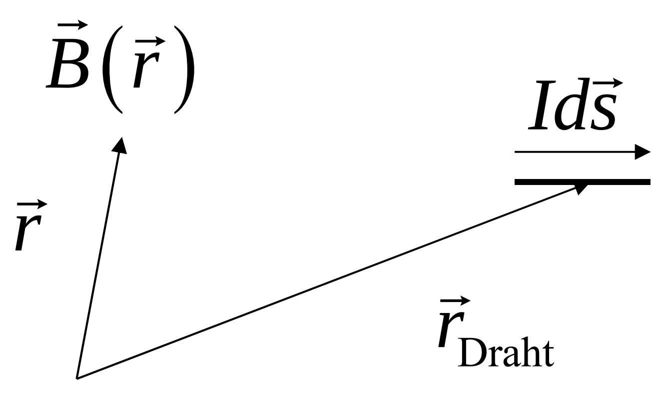
Magnetostatik (kleine Leiterstück)

Biot-Savart-Gesetz

I

$$\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{s} \times (\vec{r} - \vec{r}_{\text{Draht}})}{\left| \vec{r} - \vec{r}_{\text{Draht}} \right|^3} \qquad (4.176)$$

$\vec{B}$



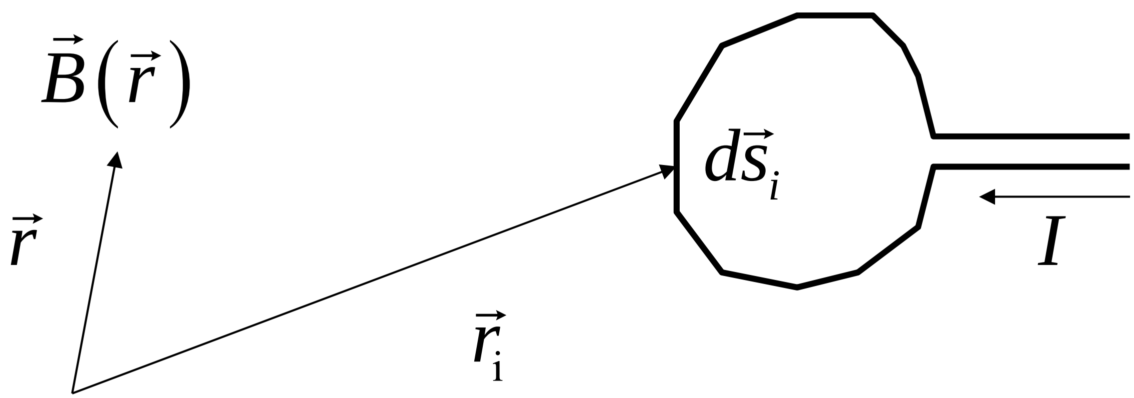
$d\vec{s}$ ist in der Richtung des Stroms

Magnetostatik

$$I$$

$$\vec{B}(\vec{r}) = \sum_i \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{s}_i \times (\vec{r} - \vec{r}_\mathrm{i})}{\left|\vec{r} - \vec{r}_\mathrm{i}\right|^3}$$

$$\vec{B}$$



Biot-Savart'sches Gesetz

Das magnetische Feld, welches von einem durch einen Draht fließenden elektrischen Strom I hervorgerufen wird, kann bestimmt werden, indem der Strompfad in kurze Segmente geteilt wird und Beiträge aller Segmente aufsummiert werden. Der Beitrag zum magnetischen Feld an der Position $\vec{r}$ hervorgerufen durch ein kurzes Längensegment $d\vec{s}$ an $\vec{r}_{wire}$ ist:

$$d\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{s} \times (\vec{r} - \vec{r}_{wire})}{|\vec{r} - \vec{r}_{wire}|^3} \text{ [T].}$$

Dabei zeigt $d\vec{s}$ zeigt in die Richtung des Stromflusses. Die Konstante $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ T m/A ist die magnetische Feldkonstante.

Die Lage und Form des Drahtes kann mit einer parametrischen Gleichung unter Verwendung eines Parameters s, der die Distanz entlang des Drahtes mißt, festgelegt werden. Beispielsweise wird ein gerader Draht von $\vec{r}_1$ nach $\vec{r}_2$ beschrieben durch:

$$\vec{r}_{wire} = (r_{1x} + s(r_{2x} - r_{1x}))\hat{x} + (r_{1y} + s(r_{2y} - r_{1y}))\hat{y} + (r_{1z} + s(r_{2z} - r_{1z}))\hat{z} \quad \text{mit } s = [0, 1].$$

Für eine Drahtschleife des Radiuses R in der x-y Ebene an $z = 0$:

$$\vec{r}_{wire} = R\cos(2\pi s)\hat{x} + R\sin(2\pi s)\hat{y} + 0\hat{z} \quad \text{mit } s = [0, 1].$$

Für eine Drahtwendel mit 10 Windungen

$$\vec{r}_{wire} = R\cos(2\pi s)\hat{x} + R\sin(2\pi s)\hat{y} + \tfrac{s}{n}\hat{z} \quad \text{mit } s = [0, 10],$$

wobei n die Anzahl der Windungen per Meter auf der Wendel ist. Das folgende Formular kann benutzt werden, um das magnetische Feld an der Position $\vec{r}$ zu berechnen.

Die Position, an der $\vec{B}$ berechnet wird:

$\vec{r} =$ [0] $\hat{x} +$ [0] $\hat{y} +$ [0.005] $\hat{z}$ [m].

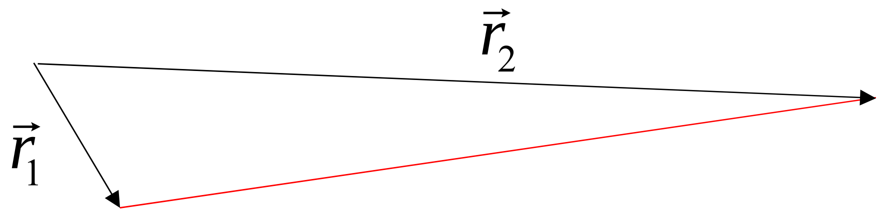
Die parametrischen Gleichungen zur Beschreibung des Drahtes:

$\vec{r}_{wire} =$ [0.1*cos(2*pi*s)] $\hat{x} +$ [0.1*sin(2*pi*s)] $\hat{y} +$ [s/1000] $\hat{z}$ [m].

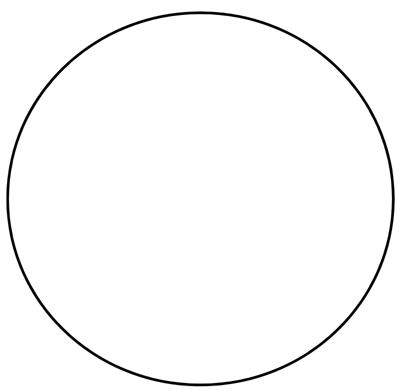
s ist definiert von $s =$ [0] bis $s =$ [10] in [3000] Segmenten.

Der Strom: $I =$ [10] [A].

Parameterdarstellung



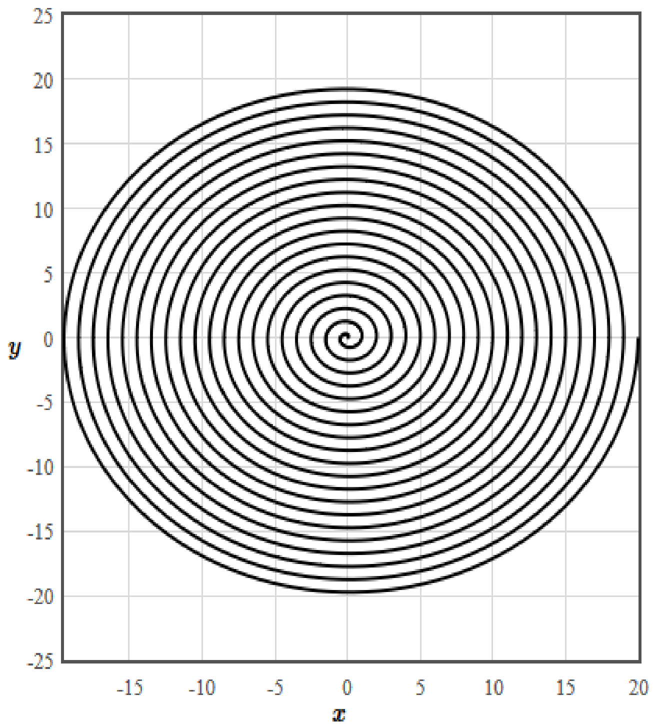
$$\vec{r} = \left(r_{1x} + (r_{2x} - r_{1x})s\right)\hat{x} + \left(r_{1y} + (r_{2y} - r_{1y})s\right)\hat{y} + \left(r_{1z} + (r_{2z} - r_{1z})s\right)\hat{z} \qquad s = [0,1]$$



$$\vec{r} = R\cos(2\pi s)\hat{x} + R\sin(2\pi s)\hat{y} + 0\hat{z} \qquad s = [0,1]$$

$$\vec{r} = R\cos(2\pi s)\hat{x} + R\sin(2\pi s)\hat{y} + \frac{s}{n}\hat{z} \qquad s = [0,10]$$

Parameterdarstellung



$$\vec{r} = s\cos(2\pi s)\hat{x} + s\sin(2\pi s)\hat{y} + 0\hat{z}$$

$$s = [0, 20]$$

$$\vec{r} = s\cos(2\pi s)\hat{x} + s\sin(2\pi s)\hat{y} + \frac{s}{n}\hat{z}$$

$$s = [0, 10]$$