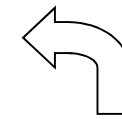


Magnetostatik

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

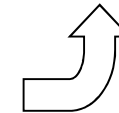
Biot-Savart'sches Gesetz

I



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

\vec{B}



Ampèresches Gesetz

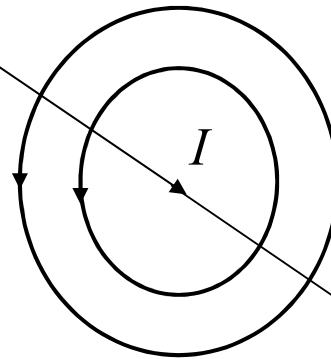
unendlich langen geraden Leiter

Ampèresches Gesetz
(integrale Form)

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

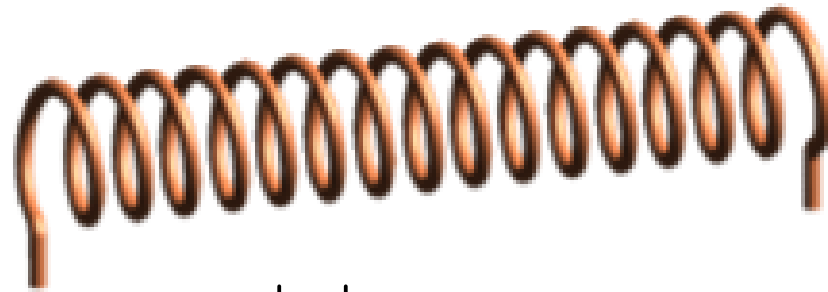
$$2\pi R |\vec{B}| = \mu_0 I$$

$$|\vec{B}| = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} \quad (4.173)$$



Rechte-Hand-Regel

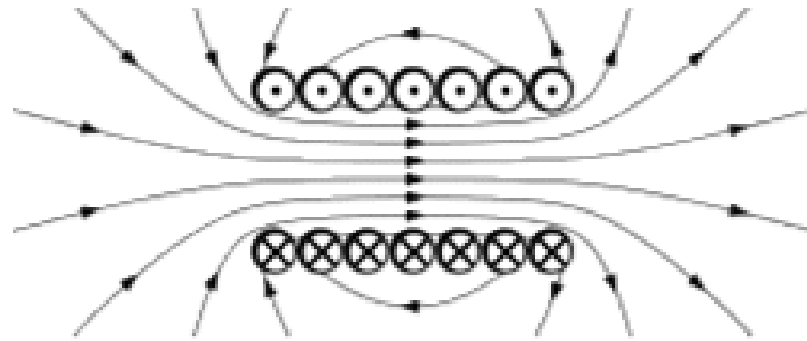
unendlich langen Zylinderspule



$$L|\vec{B}| = \mu_0 NI$$

$$|\vec{B}| = \mu_0 nI \quad (4.174)$$

Windungen/meter



Rechte-Hand-Regel

Schraubenförmige Bewegung eines geladenen Teilchens in einem konstanten magnetischen Feld

Ein Elektron (Ladung $-e$) gerät in eine Region konstanten magnetischen Feldes mit $B = 5 \hat{z}$ [T]. Die Anfangsgeschwindigkeit des Elektrons ist

$$\vec{v} = 18736\hat{x} + 12175\hat{y} + 5643\hat{z} \text{ [m/s]}.$$

Das Elektron beschreibt eine Spirale um die z -Achse. Entlang der z -Achse gesehen, entspricht der Pfad des Elektrons einem Kreis. Wie groß ist der Radius des Kreises?

$$R = \text{[] [m]}$$

Lösung

Kreisbewegung \leftrightarrow Kraft \perp Geschwindigkeit

A charged particle in electric and magnetic fields

When a charged particle moves in a electric field \vec{E} and a magnetic field \vec{B} , the force on the particle is,

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

where q is the charge of the particle and m is the mass. Written out in terms of its three components, the Lorentz force is,

$$F_x = q(E_x + v_y B_z - v_z B_y),$$

$$F_y = q(E_y + v_z B_x - v_x B_z),$$

$$F_z = q(E_z + v_x B_y - v_y B_x).$$

In general, the three components of the electric and magnetic fields can be functions of space and time.

$$m = \text{9.11E-31} \text{ kg} \quad q = \text{-1.6022E-19} \text{ C}$$

$$E_x = \text{1E5} \text{ V/m} \quad E_y = \text{0} \text{ V/m} \quad E_z = \text{0} \text{ V/m}$$

$$B_x = \text{0} \text{ T} \quad B_y = \text{0} \text{ T} \quad B_z = \text{1} \text{ T}$$

The initial conditions at $t = 0$ are:

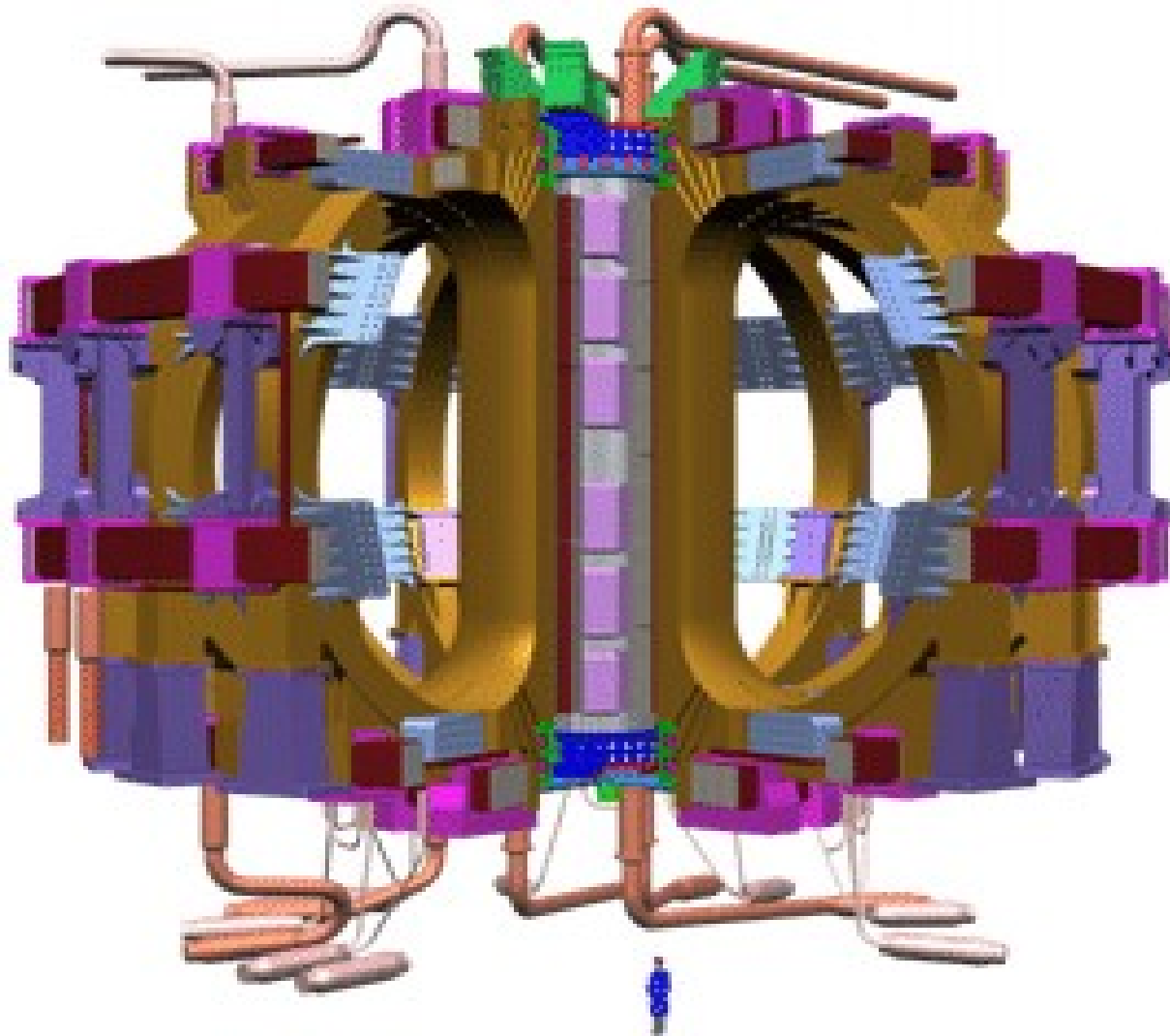
$$x = \text{0} \text{ m} \quad y = \text{0} \text{ m} \quad z = \text{0} \text{ m} \quad v_x = \text{0} \text{ m/s} \quad v_y = \text{0} \text{ m/s}$$

$$\text{0} \text{ m/s}$$

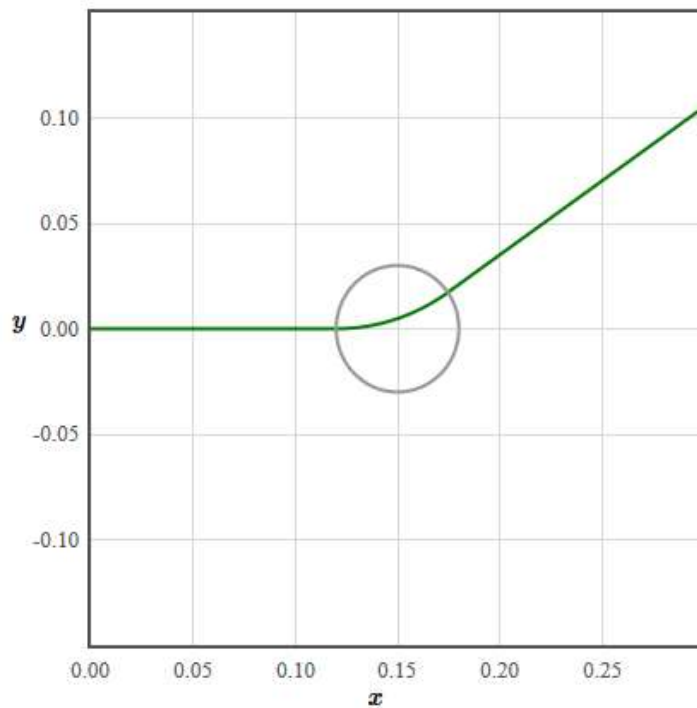
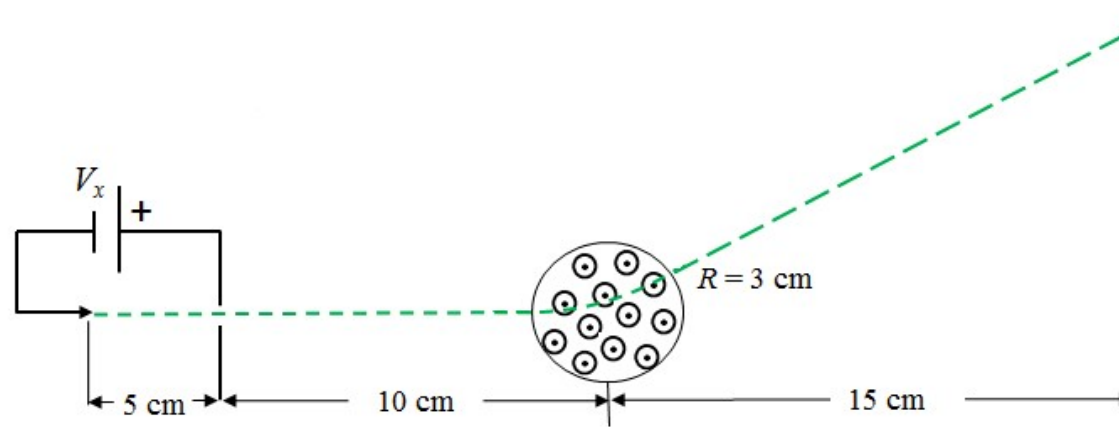
Load these equations into the form below



ITER



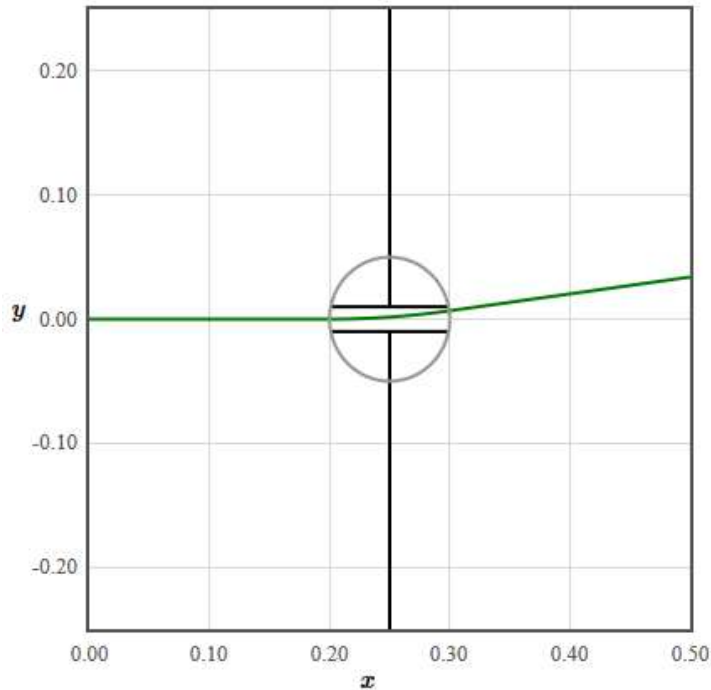
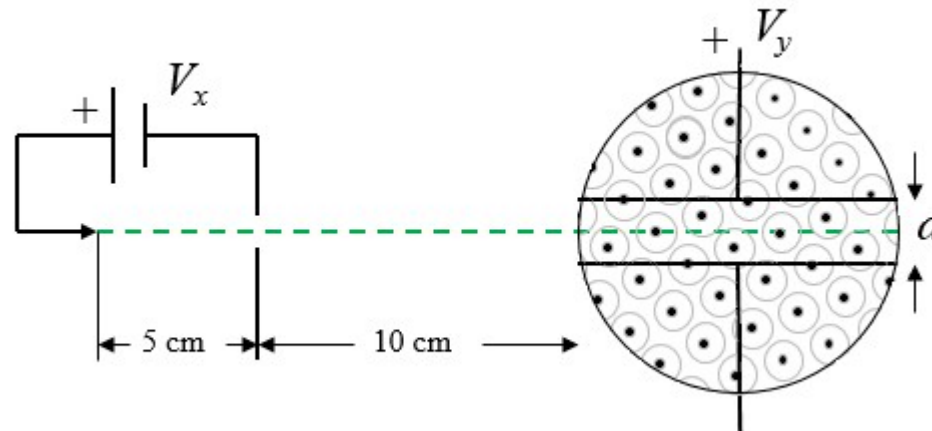
Ablenkung durch Magnetfeld



$V_x = 5000$ [V]
 $I = 1$ [A]
 $n = 2000$ [turns/m]

$B = 0.00251$ T

J. J. Thomson Experiment



$V_x = 5000$ [V]
 $V_y = 60$ [V]
 $I = 0.1$ [A]
 $n = 2000$ [turns/m]

$$B = 0.00025133 \text{ T}$$

$$y = 0.041513 \text{ m}$$

$$\frac{V_y^2}{2V_x \mu_0^2 n^2 I^2 d^2} = 1.4248 \text{e}+10 \text{ C/kg}$$

Try to minimize the y -value after the electrons have passed through the region with the fields.
 The accepted value of $\frac{e}{m}$ is $1.7588 \times 10^{11} \text{ C/kg}$. The numerical integration is not perfect.

Lorentz Kraft

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

$$\vec{E} = 0: \quad \vec{F} = \sum_i q_i \vec{v}_i \times \vec{B}$$

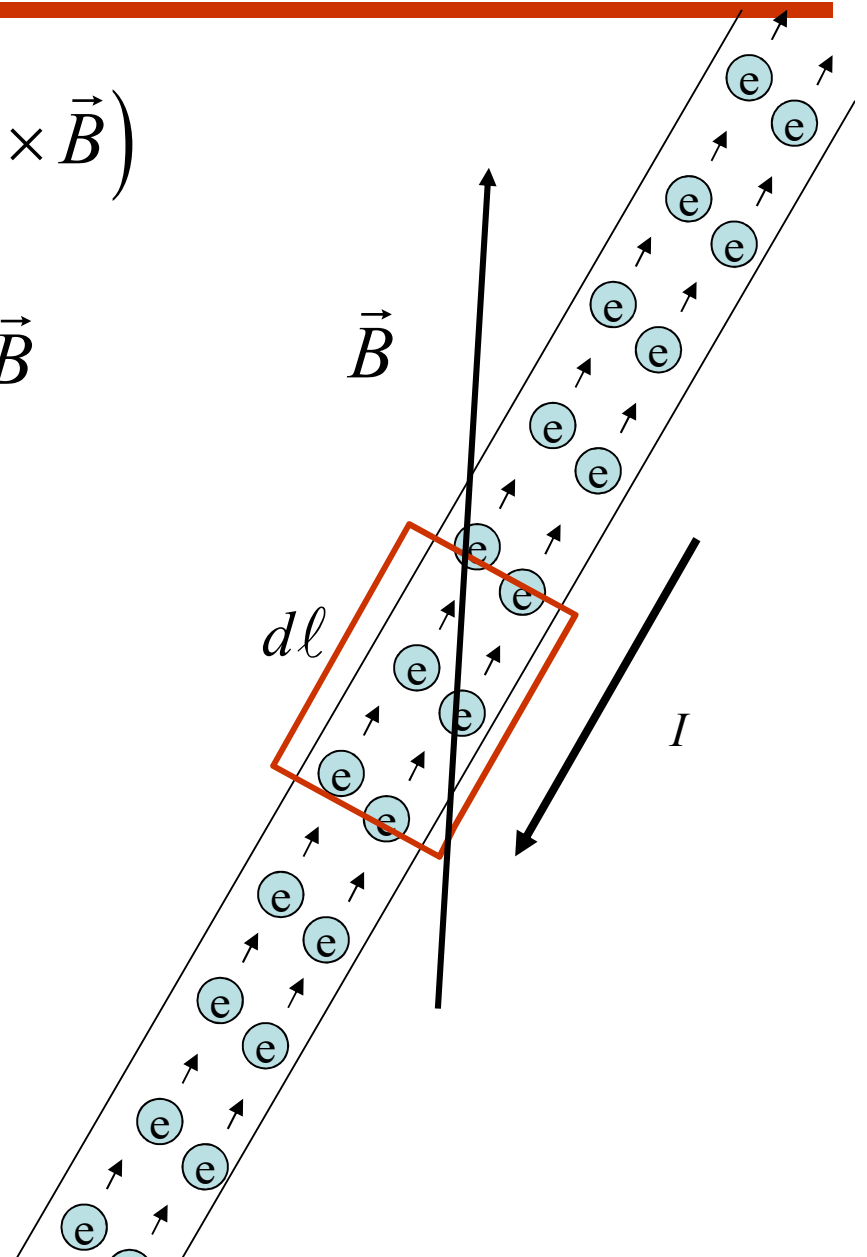
$$\vec{F} = Nq\vec{v} \times \vec{B}$$

$$I = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{Nqv}{d\ell}$$

$$d\vec{F} = I(d\vec{\ell} \times \vec{B}) \quad (4.193)$$

$$\vec{F} = I \vec{r} \times \vec{B}$$

gerade Draht und konstant Magnetfeld



Die Kraft auf einen Draht im magnetischen Feld

Das Segment eines Drahtes erstreckt sich von Koordinatenursprung ($\vec{r} = 0$) bis

$$\vec{r} = 5\hat{x} - 3\hat{y} + 3\hat{z} \quad [\text{cm}].$$

Ein Strom fließt vom Ursprung ausgehend durch den Draht und hat die Stärke $I = 4$ mA. Dieses Drahtsegment befindet sich in einem konstanten magnetischen Feld:

$$\vec{B} = -5\hat{x} + 2\hat{y} - 5\hat{z} \quad [\text{T}].$$

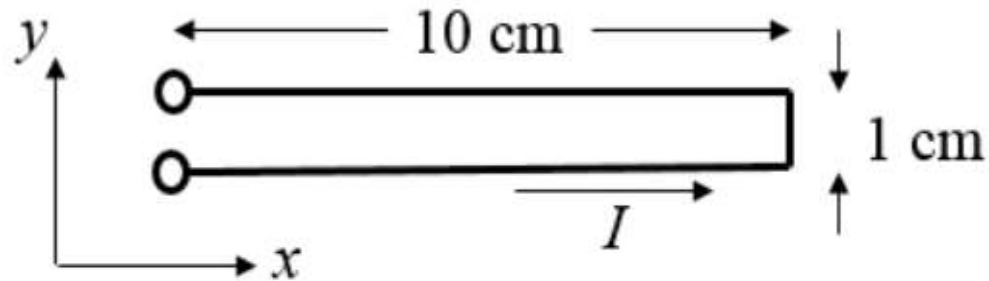
Wie groß ist die Kraft auf das Segment?

$$\vec{F} = \boxed{} \hat{x} + \boxed{} \hat{y} + \boxed{} \hat{z} \quad [\text{N}] \quad \text{Lösung}$$

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

U-förmiges Drahtsegment

Ein Strom von $I = 4$ [A] fließt durch eine U-förmiges Drahtsegment. Die Stromrichtung ist in der Abbildung dargestellt.



Dieses Drahtsegment befindet sich in einem konstanten magnetischen Feld:

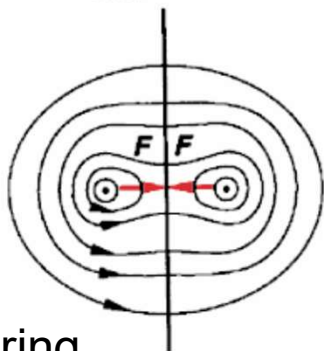
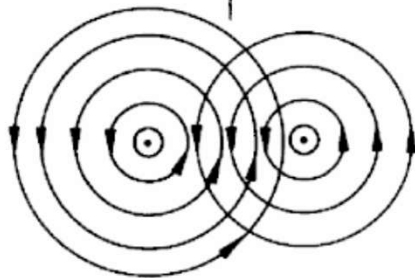
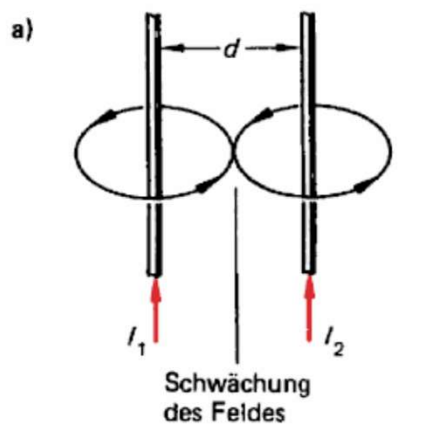
$$\vec{B} = 7\hat{x} \quad [\text{T}]$$

Wie groß ist die Kraft auf das Segment?

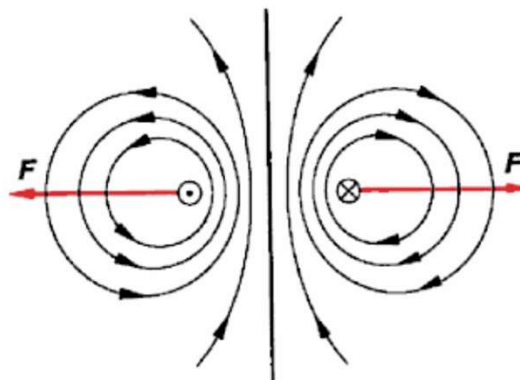
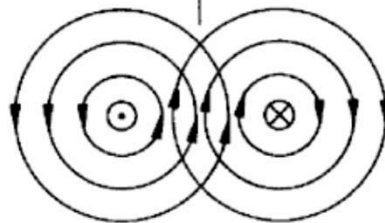
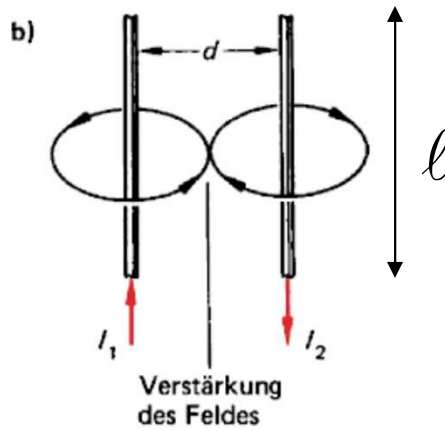
$$\vec{F} = \boxed{} \hat{x} + \boxed{} \hat{y} + \boxed{} \hat{z} \quad [\text{N}]$$

Lösung

Kraft zwischen zwei Leitern



Hering



$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$$

$$\vec{F} = I \vec{r} \times \vec{B}$$

$$\vec{F} = \frac{\mu_0 I_1 I_2 \ell}{2\pi d}$$

Elektromotor

