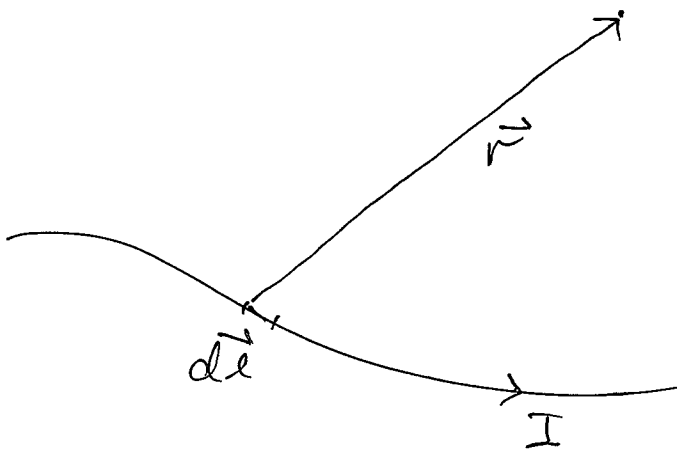


Elektrisk strøm gir opphav til magnetfelt.

## Biot-Savarts lov

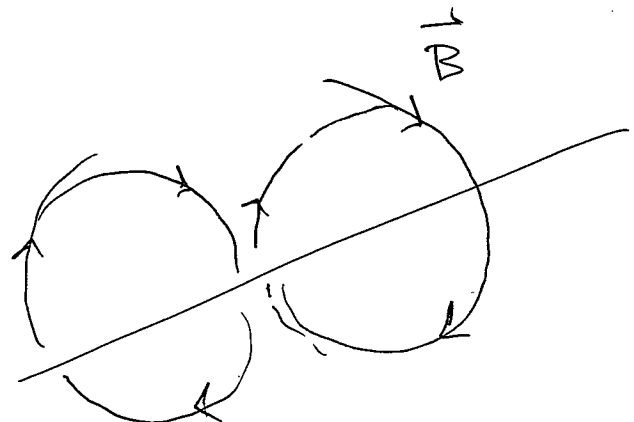
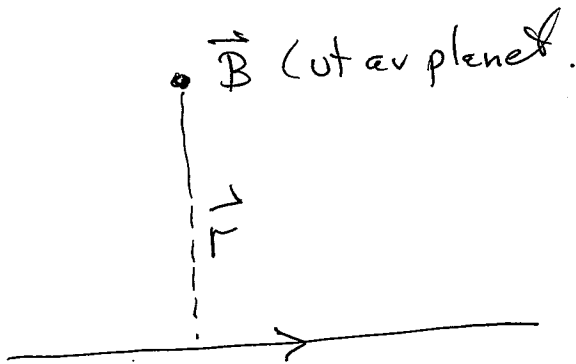
$$\begin{aligned} d\vec{B} &= \left(\frac{\mu_0}{4\pi}\right) \cdot \frac{I d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} \\ &= \left(\frac{\mu_0}{4\pi}\right) \cdot \frac{I \cdot d\vec{l} \times \vec{u}_r}{r^2} \end{aligned}$$

$\vec{u}_r = \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|}$  enhetsvektor i retning  $\vec{r}$ .

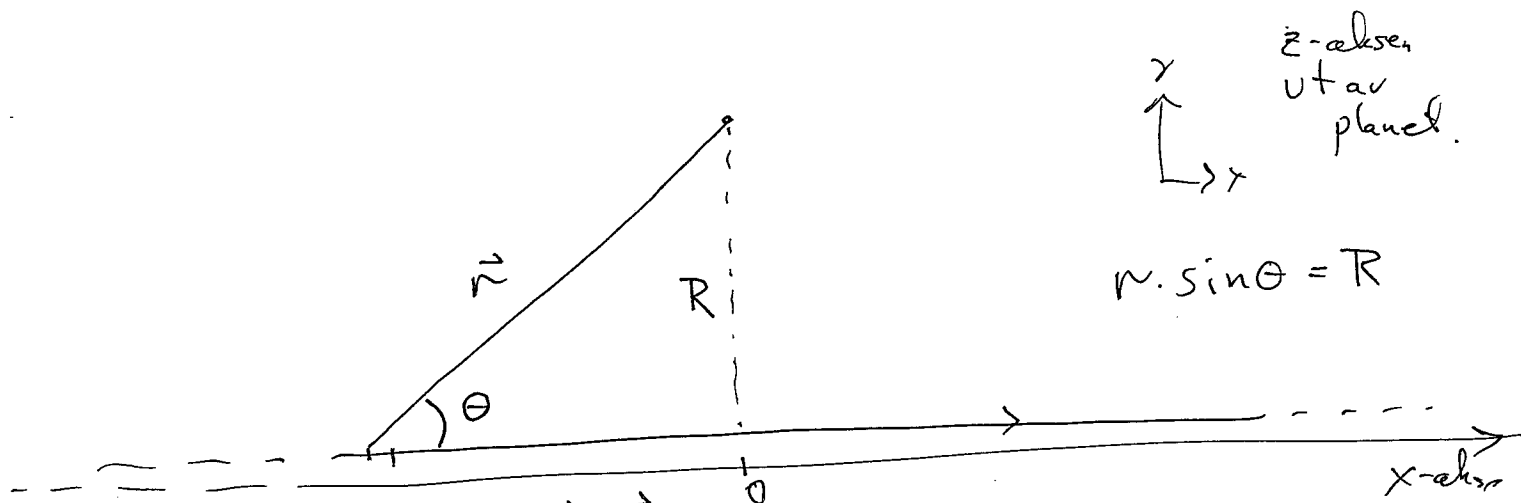


$$\frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A} \quad (\text{eksakt})$$

$\mu_0$  magnetisk permeabilitet for vakuum  
( $\mu$  er tilnærmet  $\mu_0$  for mange materialer)



Magnetisk felt fra en uendelig lang rett strømleder



$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$$

$$d\vec{l} \times \vec{r} = dx \cdot r \cdot \sin \theta$$

$$\tan \theta = \frac{-R}{x} \quad x = \frac{-R}{\tan \theta} = -R \cot(\theta)$$

$$\frac{dx}{d\theta} = -R (\cot \theta)' = -R \left(-\frac{1}{\sin^2 \theta}\right) = \frac{R}{\sin^2 \theta}$$

$$dx = \frac{R}{\sin^2 \theta} d\theta$$

$$\vec{B} = \int d\vec{B} = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I dx \cdot r \sin \theta}{r^3} \vec{k}$$

substitusjo

$$= \int_0^\pi \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{1}{r^2} \sin \theta \frac{R}{\sin^2 \theta} d\theta \vec{k}$$

siden

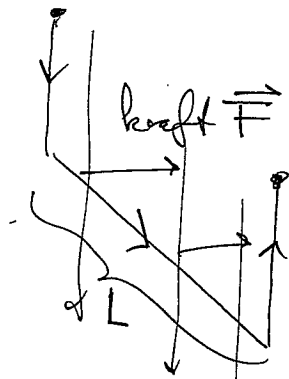
$$\frac{1}{r} = \frac{\sin \theta}{R}$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} I \int_0^\pi \frac{\sin^2 \theta}{R^2} \frac{R}{\sin \theta} d\theta \vec{k}$$

$$= \frac{\mu_0}{4\pi} I \int_0^\pi \frac{\sin \theta}{R} d\theta \vec{k}$$

$$= \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{R} [-\cos \theta]_0^\pi \vec{k} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R} 2\vec{k} = \underline{\underline{\frac{\mu_0 I}{2\pi R} \vec{k}}}$$

# Kraft på strømførende ledere



strøm  $I$

$\vec{B}$  homogent magnetfelt.

$$|\vec{F}| = \left| \sum q_i \cdot \vec{v}_i \times \vec{B} \right| = \left| \sum q_i v_i \cdot B \right|$$

$$I = \sum_i \frac{q_i}{L/v_i} = \sum_i \frac{q_i v_i}{L}$$

$$L \cdot I = \sum q_i v_i$$

$$F = L \cdot I \cdot B$$

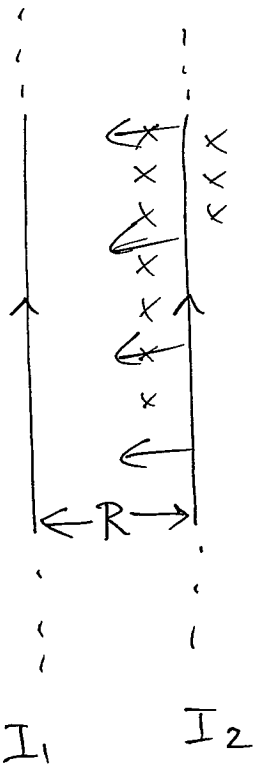
forutsatt at  $\vec{B}$  og lederen er ortogonale.

Mer generelt:  $F = L \cdot I \cdot B \cdot \sin \theta$

hvor  $\theta$  er vinkelen mellom  $\vec{B}$  lederen og  $\vec{B}$ .  
(retningen er strømrretningen)

Retningen på  $F$  er gitt ved høyrehandsregelen. ( $\vec{I} \times \vec{B}$ )

Anvendelse i likestrømsmotorer.



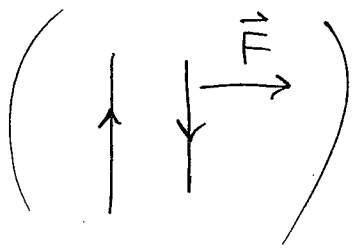
To parallelle strømledere.  
magnetfeltet går inn i planet

$$B = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi R}$$

$$F = L \cdot I_2 \cdot B$$

$$= \frac{\mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot L}{2\pi R}$$

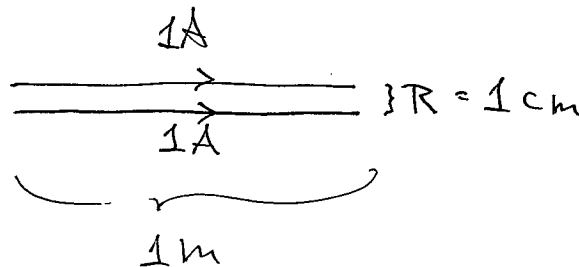
Lederne tiltrekker hverandre



Kraft per lengdeenhet er

$$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 \cdot I_2}{R}$$

Eksempel



Kraften mellom lederne :

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{1A \cdot 1A}{0.01m} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot 100N = \underline{\underline{2 \cdot 10^{-5} N}}$$

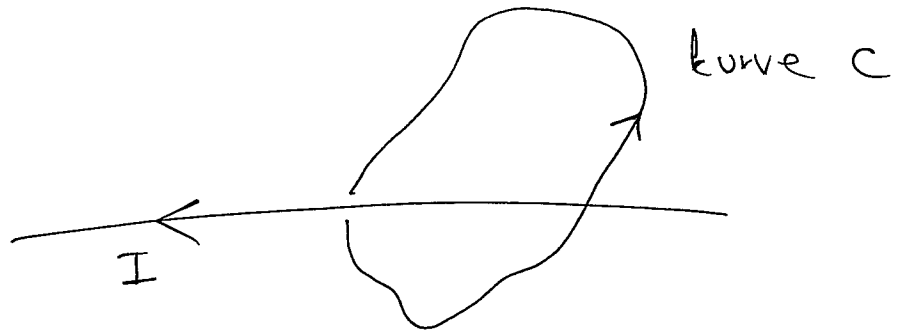
Definisjon av 1 amper :

En amper er strømmen som må gå gjennom to (bendelig) lange parallelle ledere med en avstand 1 meter mellom seg for at kraften per lengdeenhet skal bli  $\underline{\underline{2 \cdot 10^{-7} N}}$

1 Coulomb er ladningen som passerer et tverrsnitt  $\rightarrow$

i løpet av 1 sekund når strømmen er 1 amper.

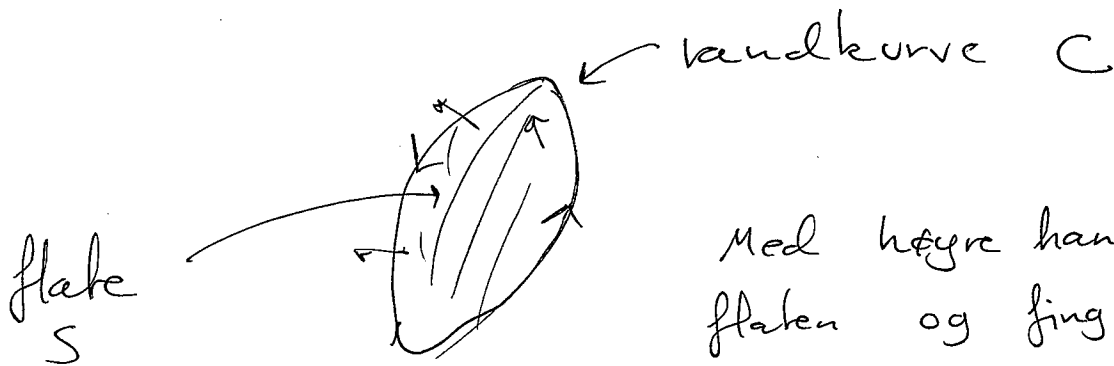
## Ampers lov



$$\int_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot I$$

I er strømmen gjennom kurven.

Høyrehands regelen bestemmer retningen langs kurven.

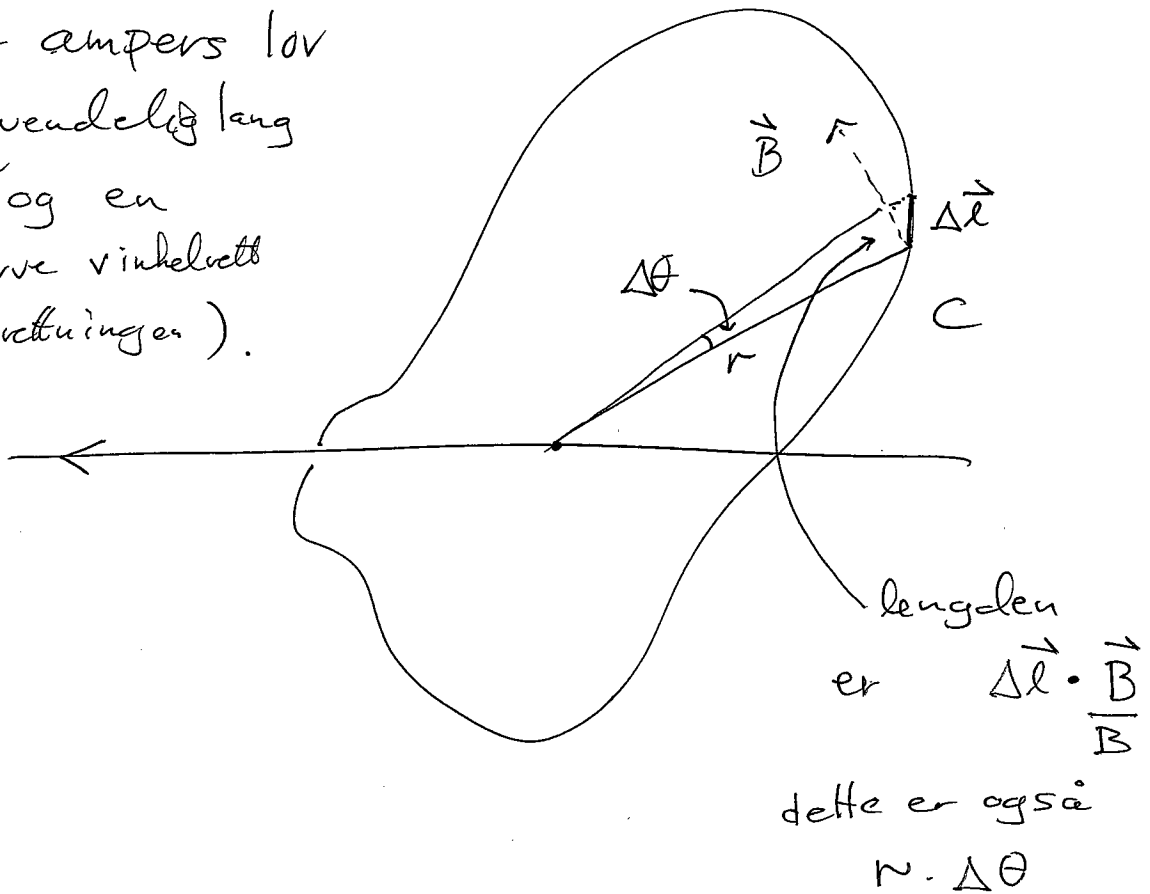


Med høyre hand på flaten og fingrene i retning av kurven skal tommelen peke i normalretningen til flate.

$$\begin{aligned} \int_C \vec{B} \cdot d\vec{l} &= \mu_0 \int_S \vec{J} \cdot d\vec{A} \\ &= \mu_0 \int_S \vec{J} \cdot \vec{n} dA \end{aligned}$$

$\vec{J}$  strøm tettheten

Visyer ampers lov  
for en uendelig lang  
leder (og en  
plan kurve vinkelrett  
på strømretningen).



derfor er  $\frac{\vec{B}}{B} \cdot d\vec{l} = r d\theta$ .

setter dette inn i

$$\begin{aligned} \int_C \vec{B} \cdot d\vec{l} &= \int_C B \cdot \frac{\vec{B} \cdot d\vec{l}}{B} \\ &= \int_0^{2\pi} B \cdot r d\theta \\ &= \int_0^{2\pi} \frac{\mu_0}{2\pi} I \cdot \frac{1}{r} \cdot r d\theta \\ &= \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot I \cdot 2\pi = \underline{\mu_0 \cdot I} \end{aligned}$$

[ Generelt må Ampers lov modifiseres  
ved å legge ved et ledd proporsjonalt  
til forflyttingsstrømmen gjennom flaten ]