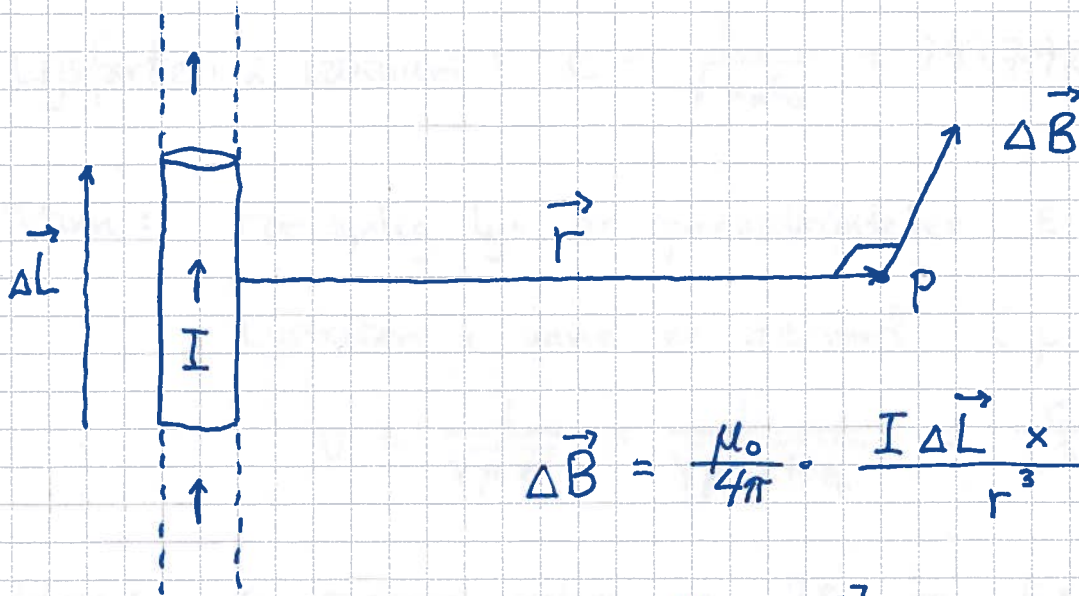


Magnetfelt

Elektrisk strøm I omgir seg med et magnetfelt $\vec{B}$.

Biot-Savarts lov sier hva magnetfeltet $\Delta\vec{B}$ er

i avstand $\vec{r}$ fra en liten bit av en strømførende leder :



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

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$$

Totalt magnetfelt $\vec{B}$ i posisjon P fås ved å summere bidragene $\Delta\vec{B}$ fra alle biter av strømsløyfa:

$$\vec{B} = \sum \Delta\vec{B}$$

SI-enhet : $[B] = \text{T}$ (tesla)

Naturkonstantene ϵ_0 og μ_0 :

$\epsilon_0 \approx 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N}\cdot\text{m}^2$ = vakuumpermittiviteten,
relevant for de elektriske egenskaper til vakuum

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m}/\text{A}$ = vakuumpermeabiliteten,
relevant for de magnetiske egenskaper til vakuum

Lys er forplantning av elektromagnetiske bølger.

Lysfarten i vakuum : $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} = 299792458 \text{ m/s}$

Vann : For synlig lys er permittiviteten $\epsilon \approx 1.77 \epsilon_0$

Lysfarten i vann er dermed ($\mu \approx \mu_0$)

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu \epsilon}} = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \cdot 1.77 \epsilon_0}} \approx \frac{c}{1.33}$$

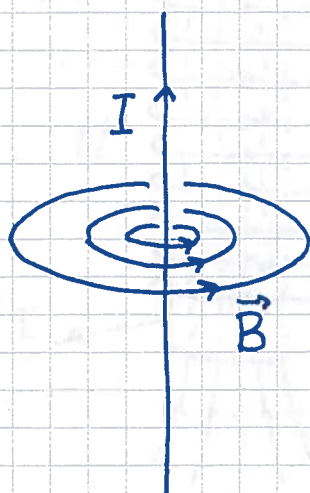
Glass : ϵ varierer mellom ca $2\epsilon_0$ og $5\epsilon_0$ for synlig lys, som gir en lysfart i området $0.4c$ til $0.7c$.

Oppgave : I luft er $\epsilon \approx 1.0006 \epsilon_0$ for synlig lys.

Hvor mye saktere går da synlig lys gjennom luft enn gjennom vakuum?

Noen sentrale eksempler :

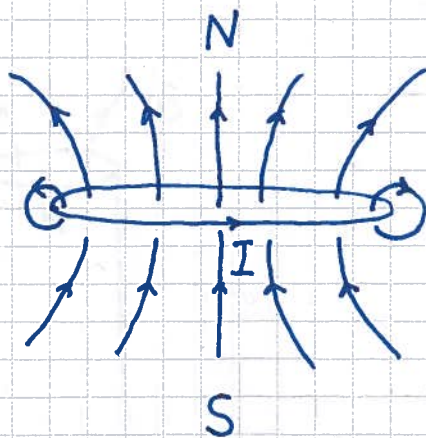
1) Lang rett strømførende leder



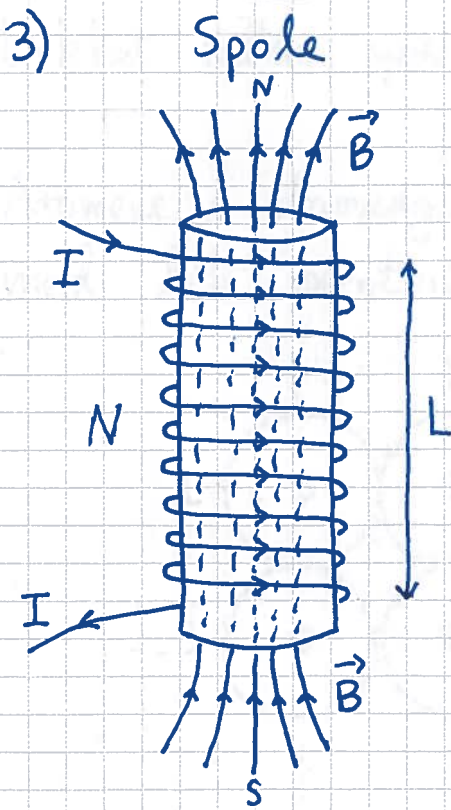
$$B(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

r = avstanden fra ledere

2) Sirkulær strømsløyfe



Dette er en magnetisk dipol



Inni spolen :

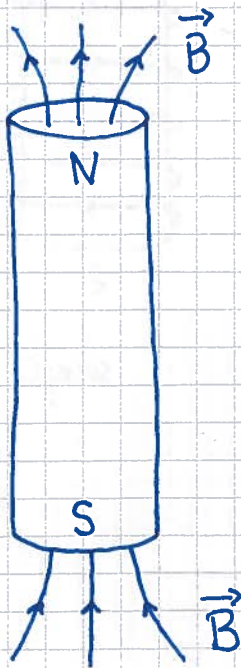
Homogent felt, $B = \mu_0 n I$

($n = N/L$)

Ved spolens ender: $B = \frac{1}{2} \mu_0 n I$

Utenfor spolen ellers: $B \approx 0$

4) Starmagnet

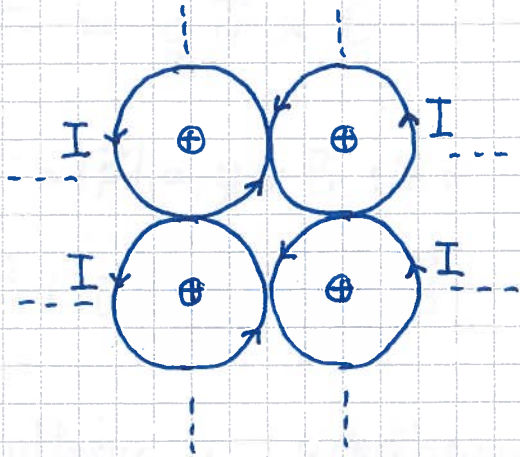


Samme magnetfelt som
med en spole !

(Dette er også magnetiske dipoler.)

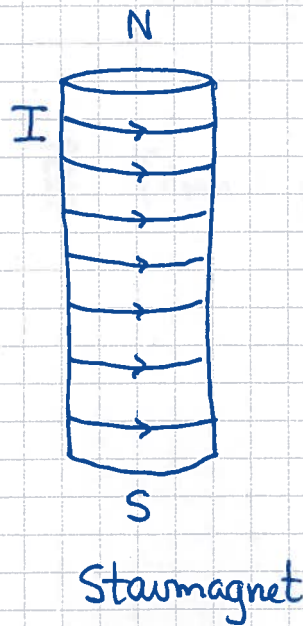
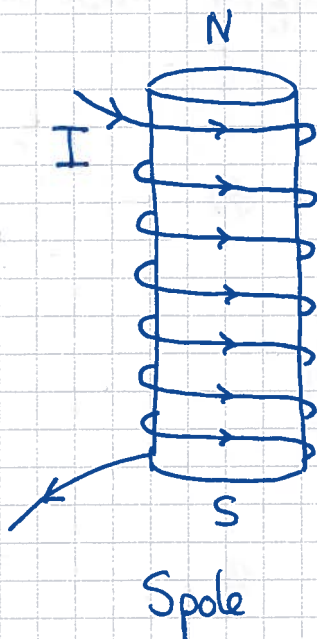
Likhet mellom spole (elektromagnet) og starmagnet :

Atomene i starmagneten er som små strømsløyfer med lik orientering :



Alle indre strømmer kansellerer !

Står igjen med en netto strøm på overflaten av starmagneten !



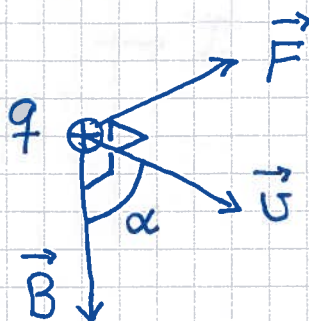
Magnetisk kraft

En ladning q med hastighet $\vec{v}$ i magnetfelt $\vec{B}$ påvirkes av en magnetisk kraft

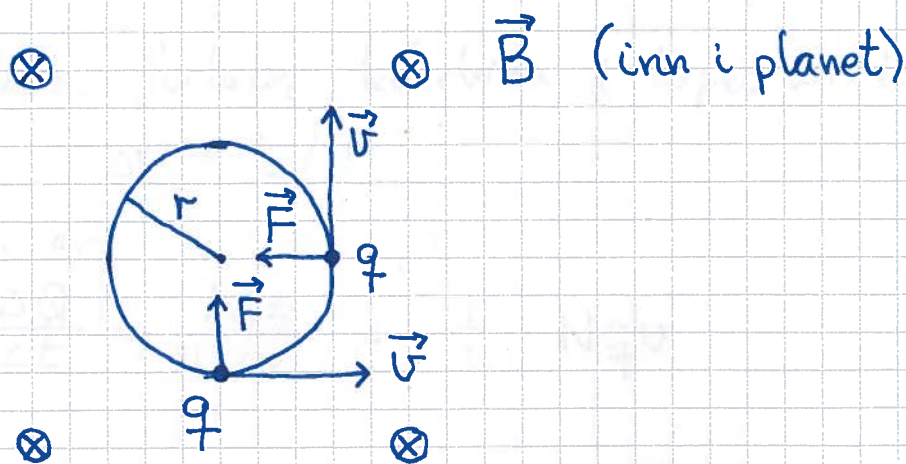
$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$$

$$F = |\vec{F}| = q v B \sin \alpha$$

$$\vec{F} \perp \vec{v} \text{ og } \vec{F} \perp \vec{B}$$



Resulterer i sirkelbevegelse med konstant $v = |\vec{v}|$ dersom magnetfeltet $\vec{B}$ er homogent:



Newtons 2. lov: $\vec{F} = m \vec{a}$

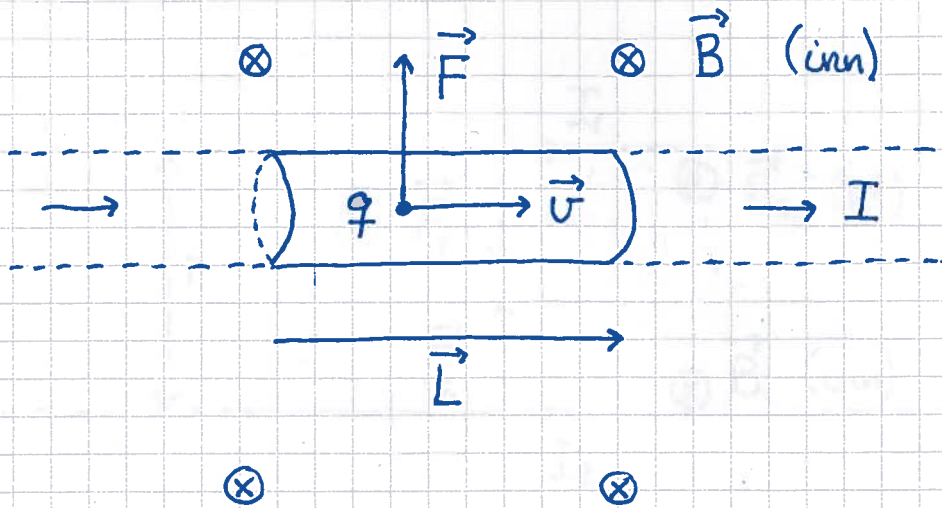
Her er $F = q v B$ og $a = v^2/r$ (sentripetal-akselerasjon)

$$\Rightarrow q v B = m v^2 / r \Rightarrow r = \frac{m v}{q B}$$

Omløpstid: $T = 2\pi r / v = 2\pi \cdot m / q B$

Vinkel fart: $\omega = 2\pi / T = q B / m$

Magnetisk kraft på strømførende leder :



Total kraft på N frie ladninger, med middelfart $\vec{v}$, i bit av leder med lengde L :

$$\vec{F} = Nq\vec{v} \times \vec{B} \quad ; \quad F = |\vec{F}| = NqvB$$

Alle N ladn. forlater lederbiten i løpet av tiden $\Delta t = L/v$

så strømmen er

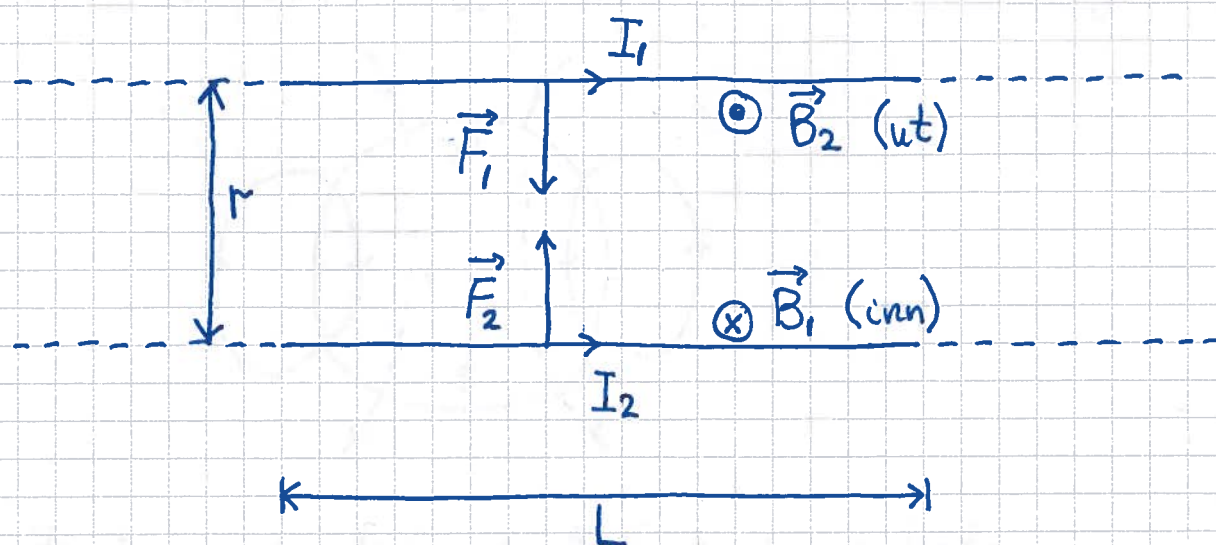
$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{Nq}{L/v} = \frac{1}{L} \cdot Nqv$$

$$\Rightarrow I \cdot L = Nqv \quad \Rightarrow F = ILB$$

På vektorform :

$$\boxed{\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}}$$

Eks: Kraft mellom to parallelle strømmer



Strømmen I_2 skaper magnetfelt $\vec{B}_2$ der I_1 går

$$\Rightarrow \text{kraft } F_1 = I_1 L B_2 = I_1 L \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r} \text{ på lengde } L \text{ av leder nr 1}$$

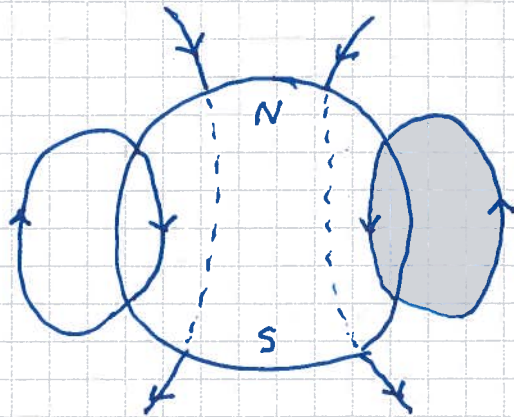
Strømmen I_1 skaper magnetfelt $\vec{B}_1$ der I_2 går

$$\Rightarrow \text{kraft } F_2 = I_2 L B_1 = I_2 L \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r} \text{ på lengde } L \text{ av leder nr 2}$$

Vi ser at $F_1 = F_2$ og $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$,
som ventet, pga Newtons 3. lov.

Jordas magnetfelt

Indre strømmer gjør jorda til en stor magn. dipol:



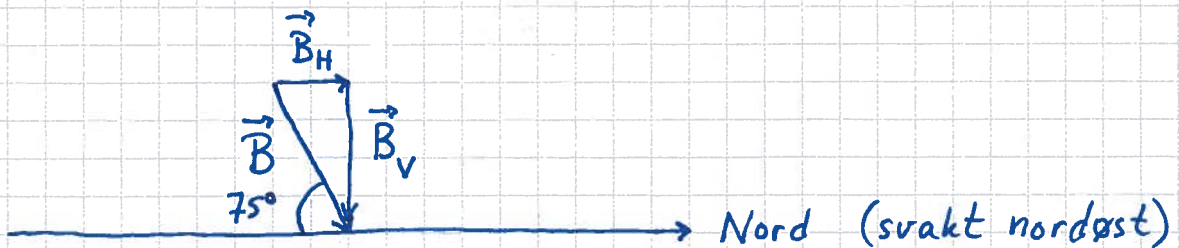
⇒ Jordas magnetiske nordpol er i nærheten av den geografiske sørpol.

Magn. sørpol i dag : ca 87°N og 170°W

Hastighet 50-60 km pr år

Kalles gjerne magn. nordpol

Trondheim : (ca 63°N , 10°E)



$$B \approx 52 \mu\text{T}, \quad B_V \approx 52 \mu\text{T} \cdot \sin 75^{\circ} \approx 50 \mu\text{T}$$

$$B_H \approx 52 \mu\text{T} \cdot \cos 75^{\circ} \approx 13 \mu\text{T}$$

(sjekk f.eks. World Magnetic Model)