

Forelesning 7 i Fysikk

Magnetisk felt (kilder)

Hans J. Rivertz

Institutt for datateknologi og informatikk

30. januar 2020

Plan



Læremål

Repetisjon hva er magnetisk felt

28.1 Magnetisk felt til ladning i bevegelse

28.2 Magnetisk felt til strøm-element

28.3 Magnetisk felt til rett strømleder

28.4 Kraft mellom to paralelle ledere

Læremål



- Kjenne til hvordan magnetiske felt oppstår.
- Kjenne formelen for magnetisk felt til
 - ladning i bevegelse
 - strømelement
 - rett leder
- Kjenne til kraften mellom to strømførende ledere
- og definisjonen av 1 Ampere.

Magnetisk felt

Magnetisk felt \mathbf{B} virker på ladninger i bevegelse med kraften:

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

Magnetisk felt \mathbf{B} virker på leder som fører strømmen I med lengde \mathbf{l} med kraften:

$$\mathbf{F} = I\mathbf{l} \times \mathbf{B}$$

28.1 Magnetisk felt til ladning i bevegelse



Læremål

Repetisjon hva er magnetisk felt

28.1 Magnetisk felt til ladning i bevegelse

28.2 Magnetisk felt til strøm-element

28.3 Magnetisk felt til rett strømleder

28.4 Kraft mellom to paralelle ledere

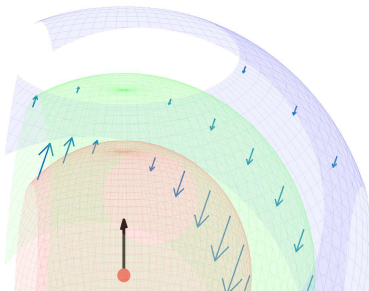
28.1 Magnetisk felt til ladning i bevegelse.

Lov (Biot-Savarts lov)

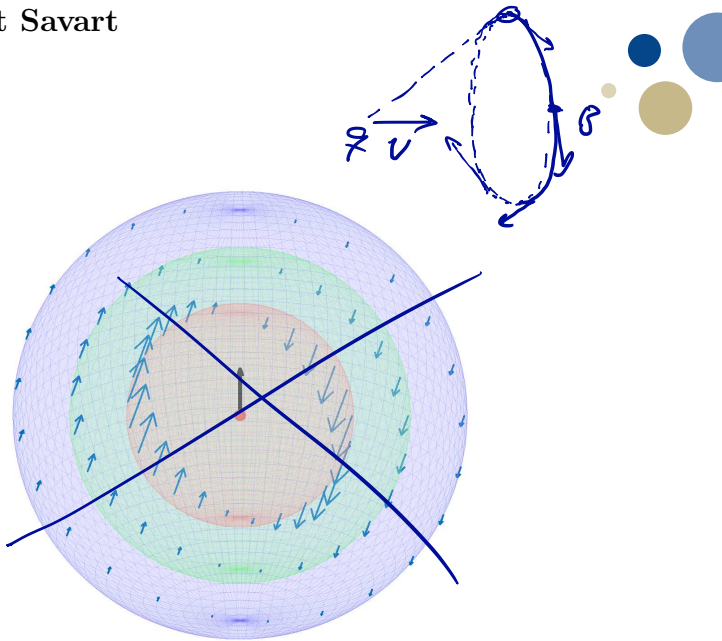
En lading q som beveger seg i vakuum med hastigheten \mathbf{v} lager et magnetisk felt \mathbf{B} . Dette feltet i avstanden r og retning $\hat{\mathbf{r}}$ fra ladningen er gitt ved

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q \mathbf{v} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}. \quad |\hat{\mathbf{r}}| = 1.$$

Magnetisk konstant: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$



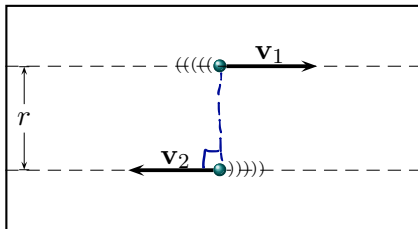
Figur for Biot Savart



Eksempel

To partikler med lik ladning q passerer hverandre med hastigheten v i hver sin retning parallelt med x-aksen i avstanden r . Finn forholdet mellom de magnetiske og elektriske kreftene som virker mellom partiklene idet de er nærmest.

- $B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{qv}{r^2}$
- $F_B = qvB$
- $F_E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r^2}$



Kraft pa $q_1 = q$

$$\frac{F_B}{F_E} = \frac{q_1 v_1 B_2}{q_1 \cdot E_2}$$

$$B_2 = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{V_2 \cdot q_2}{r^2} \quad E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2}{r^2}$$

$$\frac{F_B}{F_E} = \frac{\cancel{q_1} v_1 \frac{\mu_0}{\cancel{4\pi}} V_2 \cdot \cancel{q_2}}{\cancel{v}^2} = \mu_0 \epsilon_0 \cdot v_1 \cdot v_2$$

$$\frac{F_B}{F_E} = \frac{\cancel{q_1} \cdot \frac{1}{\cancel{4\pi} \epsilon_0} \frac{\cancel{q_2}}{\cancel{r}^2}}{\cancel{v}^2} = \frac{v_1 v_2}{c^2}$$

28.2 Magnetisk felt til strøm-element



Læremål

Repetisjon hva er magnetisk felt

28.1 Magnetisk felt til ladning i bevegelse

28.2 Magnetisk felt til strøm-element

28.3 Magnetisk felt til rett strømleder

28.4 Kraft mellom to paralelle ledere

28.2 Magnetisk felt til strøm-element



Et kort tynt del av en leder med lengde $d\mathbf{L}$ (og retning) som leder strøm I lager magnetisk felt

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\mathbf{L} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}$$

Repeterer hva som trengs for å forstå formelen:

- Mengde ladning i bevegelse i den lille delen $\Delta Q = nqA dl$.
- Drifhastigheten $v_d = \frac{I}{nqA}$.

28.3 Magnetisk felt til rett strømleder



Læremål

Repetisjon hva er magnetisk felt

28.1 Magnetisk felt til ladning i bevegelse

28.2 Magnetisk felt til strøm-element

28.3 Magnetisk felt til rett strømleder

28.4 Kraft mellom to paralelle ledere

28.3 Magnetisk felt til rett strømleder

- Feltlinjene til et magnetfelt \mathbf{B} er kurver der \mathbf{B} i hvert punkt peker i kurvenes rening (tangent retning).
- Feltlinjene til en stømførende rett leder er sirkler i plan vinkelrett på lederen.
- Lederen går gjennom senteret til *sirkelene*,
- Retningen er den veien fingrene peker når høyrehånden holder rundt lederen med tommelen i strømmens retning.
- Feltets størrelse i avstanden r fra lederen er

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

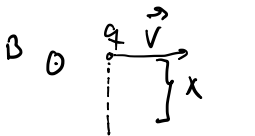


Eksempel

Feltet fra en lang rett leder som fører strømmen $I = 2.0 \text{ A}$. En partikkel med ladning $q = 1.4 \mu\text{C}$ beveger seg med hastigheten $v = 1.2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ i strømmens retning parallelt langs ledere i avstanden 1.1 cm . Hvilken kraft virker på partikkelen fra magnetfeltet. I hvilken retning virker kraften?

Formeler vi trenger: $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi x}$, $\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$.

Løsning:



$$|\mathbf{v} \times \mathbf{B}| = v \cdot B \cdot \sin 90^\circ = v \cdot B$$

Tommel
index = pekefinger
↓ F
Kraft mot ledere

$$F = q \cdot v \cdot B = q \cdot v \cdot \frac{\mu_0 I}{2\pi x} = 1.4 \mu\text{C} \cdot 1.2 \cdot 10^6 \text{ m/s} \cdot \frac{\mu_0 \cdot 2 \text{ A}}{2\pi \cdot 1.1 \cdot 10^{-2} \text{ m}}$$

$$1,4 \cdot 10^{-6} \cdot 1,2 \cdot 10^6 \cdot \frac{10^{-7} \cdot 2}{1,1 \cdot 10^{-2}} \text{ N}$$

=



28.4 Kraft mellom to parallelle ledere



Læremål

Repetisjon hva er magnetisk felt

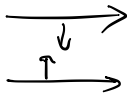
28.1 Magnetisk felt til ladning i bevegelse

28.2 Magnetisk felt til strøm-element

28.3 Magnetisk felt til rett strømleder

28.4 Kraft mellom to parallelle ledere

Eksempel



Gitt to (uendelig lange) parallelle rette ledere som hver fører strømmen $I = 1 \text{ A}$ har innbyrdes avstand 1 meter.

Finn størrelsen en leder virker med på en meter av den andre lederen. I hvilken retning virker kraften?

Til *kraften*

Formeler vi trenger: $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi x}$, $\mathbf{F} = I\mathbf{l} \times \mathbf{B}$.

Løsning:

$$F = I \cdot l_m \cdot \frac{\mu_0 I}{2\pi l_m} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ m} \cdot \frac{2\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A} \cdot 1 \text{ A}}{2\pi \cdot 1 \text{ m}}$$

$$= \underline{\underline{10^{-7} \text{ N.}}}$$



Definisjon av Ampere

Gitt to parallelle uendelig rette ledere som fører nøyaktig samme strøm og som har avstand en meter.

En ampere er den strømmen som som går i lederene hvis kraften den ene virker med på den andre lederen er *nøyaktig* $2 \cdot 10^{-7}$ newton per meter.

