

Forelesning i Fysikk 8.

Magnetisk induksjon

Hans J. Rivertz

Institutt for datateknologi og informatikk

6. februar 2020

Plan



Læremål

27.3 Magnetiske feltlinjer og magnetisk fluks

29.2 Faradays lov

29.3 Lenz lov

29.4 Elektrisk spenning generert av ledere i bevegelse

Læremål



- Kjenne til magnetisk fluks og Faradays lov
- Kjenne til Lenz lov og hvordan den kan brukes til å bestemme retningen til indusert strøm
- Kunne beregne spenning i en leder som beveger seg i et magnetisk felt.

Tema



Læremål

27.3 Magnetiske feltlinjer og magnetisk fluks

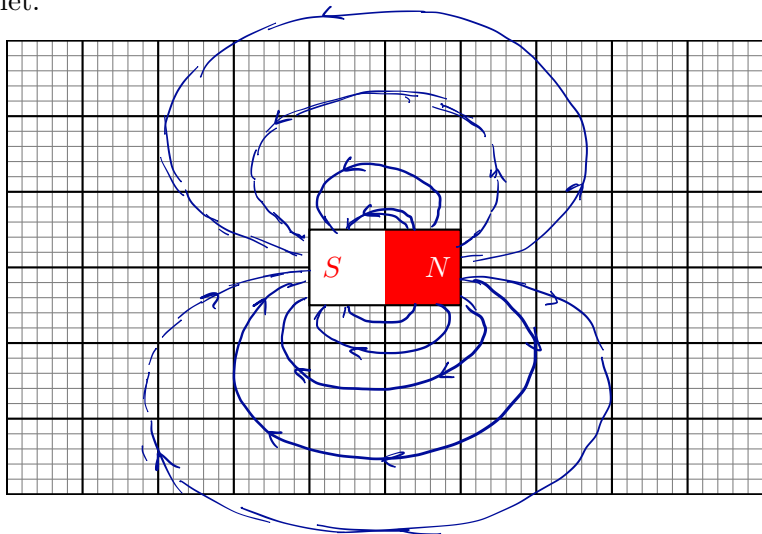
29.2 Faradays lov

29.3 Lenz lov

29.4 Elektrisk spenning generert av ledere i bevegelse

Magnetiske feltlinjer

Vi tegner feltlinjer og magnetfeltet i utvalgte punkter. Rundt en magnet.



Magnetisk fluks gjennom en liten flate

Gitt en liten flate med

- areal dA og
- normalvektor \mathbf{n} .
- man skriver

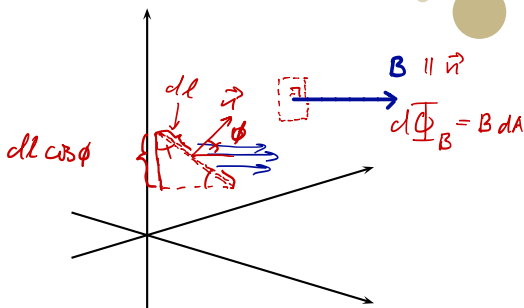
$$d\mathbf{A} = dA \mathbf{n}$$

som en vektor med lengde dA .

Gitt magnetfeltet \mathbf{B} der flaten befinner seg.

Fluksen $d\Phi_{\mathbf{B}}$ gjennom flaten er gitt ved

$$d\Phi_{\mathbf{B}} = d\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}.$$



Vi kan også skrive

$$d\Phi_{\mathbf{B}} = \underline{B dA \cos \phi},$$


der ϕ er vinkelen mellom \mathbf{n} og \mathbf{B}

Mer om fluks, magnetfelt og flukstetthet.

- Et magnetfelt \mathbf{B} måler antall feltlinjer.
- Magnetisk fluks gjennom en flate er lik antall feltlinjer gjennom flaten.
- Det går like mange magnetiske feltlinjer inn i en flate som ut av den (Gauss' lov.)
- Om magnetfeltet er uniformt er fluksen gjennom flaten \mathbf{A} gitt ved

$$\Phi_{\mathbf{B}} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{B}.$$

- For spesielt interreserte: Fluksen gjennom en generell flate S er



A hand-drawn diagram in red ink shows a magnetic field \mathbf{B} represented by horizontal arrows pointing to the left. A vertical rectangular surface is drawn across these arrows. A red arrow points from the text 'Areal 1m²' to the surface. The magnetic field vector \mathbf{B} is labeled at the bottom right of the diagram.

$$\Phi_{\mathbf{B}} = \iint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$$

TMA 4105

Tema



Læremål

27.3 Magnetiske feltlinjer og magnetisk fluks

29.2 Faradays lov

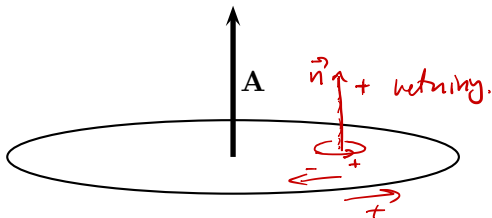
29.3 Lenz lov

29.4 Elektrisk spenning generert av ledere i bevegelse

29.2 Faradays lov

Den induerte elektromotorisk spenningen i en lukket strømsløyfe er lik minus endringsraten til fluksen gjennom flaten avgrenset av sløyfen.

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_{\mathbf{B}}}{dt}.$$



Hvis $\frac{d\Phi_{\mathbf{B}}}{dt} > 0$ så vil ε lage strømmen som går i negativ retning

Oppskrift for å regne ut retning til ems



1. Velg retning til \mathbf{A}
2. Regn ut $\Phi_{\mathbf{B}} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{B}$
3. Regn ut $\varepsilon = -\frac{d}{dt}\Phi_{\mathbf{B}}$.
4. Legg høyre tommel i retningen til \mathbf{A} .
 - Hvis $\varepsilon > 0$ så er ems i retning med fingrene
 - Hvis $\varepsilon < 0$ så er ems i retning motsatt av fingrene

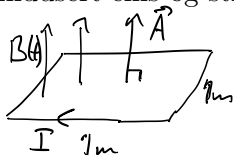
Faradays lov, konstant areal

Anta plant areal med $\mathbf{A} \parallel \mathbf{B}$ og konstant areal A .

Da er

$$\varepsilon = -A \frac{dB}{dt}.$$

Eksempel: Et uniformt felt \mathbf{B} som står vinkelrett på en sløyfe med areal 1.00 m^2 endres jevnt fra 0.00 T til 1.00 T . Tegn figur og finn indusert ems og strøm med retning når motstanden er 1.00Ω .



$0,00 \text{ T}$ til $1,00 \text{ T}$ på et sekund.

$$B'(t) = 1,00 \text{ T/s}$$



$$\varepsilon = -A \cdot 1.00 \text{ T/s} = -1.00 \text{ m}^2 \cdot 1.00 \text{ T/s} = \underline{\underline{-1.00 \text{ V}}}$$

$$|\varepsilon| = R \cdot I \Rightarrow I = \frac{|\varepsilon|}{R} = 1 \text{ A}$$

$$\boxed{1.00 \text{ m}^2/\text{s} = 1 \text{ V}}$$

Faradays lov, konstant felt

Anta plant areal med $\mathbf{A} \parallel \mathbf{B}$ og konstant felt \mathbf{B} .

Da er

$$\varepsilon = -B \frac{dA}{dt}$$

Eksempel: Et uniformt felt $\mathbf{B} = 1.00 \text{ T}$ står vinkelrett på to parallelle ledere med innbyrdes avstand 1.00 dm . Lederene er i venstre ende forbundet med en leder. En metallstav med motstanden er 1.00Ω trekkes med konstant fart $v = 0.20 \text{ m/s}$ langs lederne. Finn indusert ems og strøm med retning.

$\phi =$ vinkel mellom \vec{A} og $\vec{B} = 0$. for $\vec{A} \parallel \vec{B}$

$$\Phi_B = AB = A(t)B \quad \frac{d\Phi}{dt} = BA'(t)$$



- ⊙ Utöver
- ⊗ inöver.

I lagan magnet felt med
rörelse in i planet (Negativ
Flöde)

Magnetisk felt B som pekar ut av i planet.

bredd
 $= 1,0 \text{ cm}$
 $= 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ m}$

$$A = \text{bredd} \cdot \text{längd}$$

$$\odot A(t)$$

$I \downarrow$ $0,20 \text{ m/s}$

$$\text{längd} = x(t)$$

$$A = b \cdot x(t)$$

$$\underline{x(t) = x_0 + vt}$$

$$\Phi_B(t) = A \cdot B = B \cdot b \cdot x(t)$$

$$\begin{aligned} \Phi_B'(t) &= B \cdot b \cdot x'(t) = B \cdot b \cdot v(t) = 1,00 \text{ T} \cdot 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ m} \cdot 2,0 \cdot 10^{-1} \text{ m/s} \\ &= 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ Tm}^2/\text{s} = 20 \text{ mV.} \end{aligned}$$

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi_B}{dt} = -20 \text{ mV}$$

Richtung ↺

$$|\mathcal{E}| = RI \Leftrightarrow I = \frac{|\mathcal{E}|}{R} = \frac{20 \text{ mV}}{1.00 \Omega} = \underline{\underline{20 \text{ mA}}}$$

Richtung ↻ und bloßes.

29.3 Lenz lov



Læremål

27.3 Magnetiske feltlinjer og magnetisk fluks

29.2 Faradays lov

29.3 Lenz lov

29.4 Elektrisk spenning generert av ledere i bevegelse

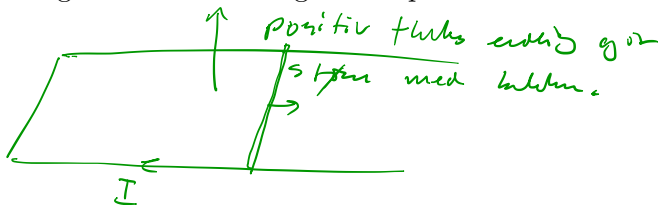
29.3 Lenz lov

Retningen til den elektromotoriske spenningen ε er bestemt av følgende prinsipp.

Regel (Lenz lov)

Den elektromotoriske spenningen ε gir en strøm som motvirker fluksendringen som induserer den.

Eksempel: Vi går tilbake til forrige eksempel.



29.4 Elektrisk spenning generert av ledere i bevegelse



Læremål

27.3 Magnetiske feltlinjer og magnetisk fluks

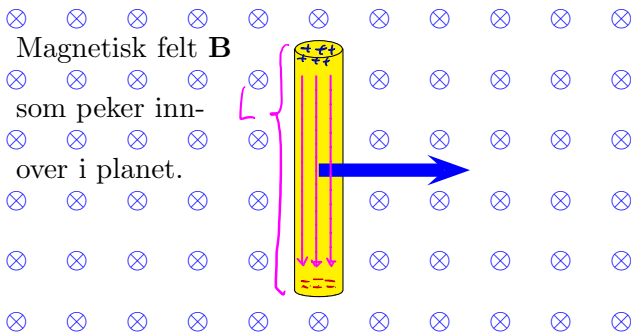
29.2 Faradays lov

29.3 Lenz lov

29.4 Elektrisk spenning generert av ledere i bevegelse

29.4 Elektrisk spenning generert av ledere i bevegelse

- En leder beveger seg med fart v mot høyre.
- De frie elektronene vil kjenne magnetisk kraft $F_m = v e B$.
- Hva hindrer de å bevege seg?



Magnetisk felt \vec{B}
som peker inn-
over i planet.

Retning.

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

$$= -e \vec{v} \times \vec{B}$$

Høyre håndregel.

$\vec{F}_m \downarrow$ $\uparrow \vec{v} \times \vec{B}$

Det gir elektrisk
felt med

struktur slik at $\vec{F}_e = -e \vec{E} = -\vec{F}_m = e \vec{v} \times \vec{B}$

$$|\vec{E}| = |\vec{v} \times \vec{B}|$$

$$\boxed{\mathcal{E} = L \cdot |\vec{E}| = L v B}$$

