

Sammendrag, uke 17 (21. og 23. april)

Magnetisering og overflatestrøm [FGT 32.1; YF 29.9; AF 26.5; LHL 26.1; G 6.3]

Magnetisering $\mathbf{M}$ er, pr definisjon, magnetisk dipolmoment pr volumenhet:

$$\mathbf{M} = \frac{\Delta \mathbf{m}}{\Delta V}$$

dersom vi har et netto magnetisk dipolmoment $\Delta \mathbf{m}$ i volumet ΔV .

Magnetisering tilsvarer atomære strømsløyfer med strømmen i samme retning. Alle indre strømmer vil dermed kansellere, slik at nettoeffekten av magnetisering i et objekt er en *overflatestrøm* på overflaten som går parallelt med $\mathbf{M}$. Sammenlign med polarisering i dielektriske medier, der nettoeffekten av elektrisk polarisering er en *overflateladning* på overflaten (som står normalt på $\mathbf{P}$).

I tallverdi er

$$M = i_m$$

der i_m er overflatestrømmen pr lengdeenhet (dvs: der “lengden” er i retning langs $\mathbf{M}$). På vektorform kan dette skrives

$$\mathbf{i}_m = \mathbf{M} \times \hat{n}$$

der $\hat{n}$ er en enhetsvektor som står normalt på overflaten der i_m går (samt normalt på $\mathbf{M}$).

H -feltet [FGT 32.1; YF 29.9; AF 26.6; LHL 26.1; G 6.3]

Definisjon:

$$\mathbf{H} = \frac{1}{\mu_0} \mathbf{B} - \mathbf{M}$$

Dvs:

$$\mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{H} + \mu_0 \mathbf{M}$$

For uendelig lang spole fylt med magnetiserbart materiale viste vi da at

$$H = nI_f$$

der n er viklingstettheten på spolen og I_f er “fri”, påtrykt strøm, dvs strømmen i spoletråden. Med andre ord: Slik H -feltet er definert, er det direkte gitt ved den påtrykte strømmen I_f . Det *totale* magnetfeltet $\mathbf{B}$, derimot, er bestemt av *total* strøm, dvs summen av fri strøm I_f og bundet magnetiseringsstrøm I_m (pr vikling, slik at magnetiseringsstrøm pr lengdeenhet blir nI_m).

På samme måte som vi hadde Gauss' lov for den elektriske forskyvningen $\mathbf{D}$, uttrykt ved *fri ladning*, har vi Amperes lov for $\mathbf{H}$ uttrykt ved *fri strøm*:

$$\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = I_{\text{fri}}^{\text{in}}$$

Altså: Kurveintegralet av $\mathbf{H}$ rundt en lukket kurve er lik netto *fri* strøm (dvs strøm som ikke er forårsaket av magnetisering) $I_{\text{fri}}^{\text{in}}$ som er omsluttet av den lukkede kurven.

Magnetisk susceptibilitet og permeabilitet [FGT 32.1; YF 29.9; AF 26.7; LHL 26.1; G 6.4.1]

Dersom magnetiseringen er proporsjonal med det påtrykte feltet, kan vi skrive

$$\mathbf{M} = \chi_m \mathbf{H}$$

Her er χ_m magnetisk susceptibilitet. Dermed, ut fra sammenhengen mellom $\mathbf{B}$, $\mathbf{H}$ og $\mathbf{M}$:

$$\mathbf{B} = \mu_0(\mathbf{H} + \mathbf{M}) = \mu_0(1 + \chi_m)\mathbf{H} = \mu_0\mu_r\mathbf{H} = \mu\mathbf{H}$$

Her er $\mu_r = 1 + \chi_m$ relativ permeabilitet mens μ er mediets permeabilitet. (Jfr lineær respons i dielektriske medier!)

Noen typiske tallverdier:

Diamagneter: $\chi_m \sim -10^{-5}$ til -10^{-4}

Paramagneter: $\chi_m \sim 10^{-4}$ til 10^{-3}

Ferromagneter: $\chi_m \sim 10^3$ til 10^4

Dette betyr at det bare er ferromagnetiske materialer (Fe, Co, Ni...) som "reagerer noe særlig" på et ytre magnetfelt.