Institutt for fysikk, NTNU
TFY4155/FY1003: Elektrisitet og magnetisme
Vår 2005

Øving 14

Veiledning: Torsdag 21. april og fredag 22. april
Innleveringsfrist: Mandag 25. april

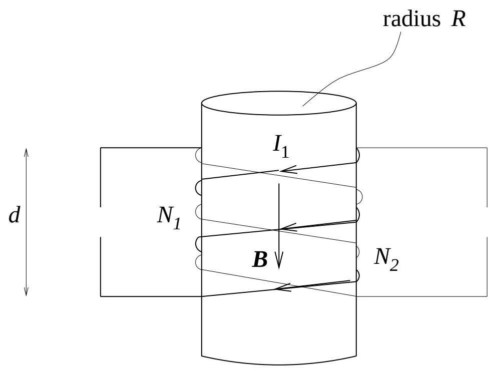
Oppgave 1

a) En stavmagnet har magnetiseringsvektoren $\boldsymbol{M}$ rettet fra sørpol (S) mot nordpol (N). Tegn opp en stavmagnet og skisser feltlinjer for $\boldsymbol{B}$ inne i og omkring stavmagneten. Tegn også på overflatestrømmen I_m (med retning) assosiert med magnetiseringen $\boldsymbol{M}$.

b) Forklar, med utgangspunkt i *a*), hvorfor to stavmagneter plassert etter hverandre med S mot N tiltrekker hverandre og hvorfor de frastøter hverandre når de er plassert med S mot S (evt N mot N). (Tips: Bruk det du vet om magnetisk kraft på elektrisk strøm i argumentasjonen.)

c) Forklar videre hvorfor ei kule (eller nål eller forsåvidt hva som helst) av umagnetisk jern tiltrekkes både av stavmagnetens S-pol og N-pol.

Oppgave 2



Figuren viser to spoler 1 og 2 som begge er viklet opp på en sylinder med radius R. Vi antar at sylinderen har magnetiske egenskaper som vakuum, dvs vi ser bort fra en eventuell magnetisering i sylinderen. Spole 1 har N_1 viklinger, spole 2 har N_2 viklinger. Begge spolene er viklet opp på en lengde d som er (tilnærmet uendelig) lang i forhold til sylinderens radius. (Figuren er sånn sett ikke kvantitativt riktig...!) Du kan anta at begge spoler er tett viklet, og at hver vikling i begge spoler omslutter samme magnetiske fluks. (Spoletrådene er belagt med et isolerende materiale, f.eks. et lag plast, slik at en eventuell elektrisk strøm er nødt til å følge spoletråden. Denne antagelsen er forøvrig underforstått i alle slike oppgaver med spoler.)

a) Anta at det går en strøm I_1 i spole 1. Hva blir da styrken på magnetfeltet B inne i spolen? Hva blir videre *total* magnetisk fluks ϕ_1 som omsluttes av *hele* spoletråden i spole 1 (dvs alle de N_1 viklingene)? Hva blir total magnetisk fluks ϕ_2 som omsluttes av *hele* spoletråden i spole 2 (igjen: alle de N_2 viklingene)? (Merk: Det går altså ingen strøm i spole 2. Strømmen i spole 1 kan vi lage f.eks. ved å koble den til et batteri og en motstand.)

b) Forholdet mellom total omsluttet magnetisk fluks ϕ_1 og strømstyrken I_1 i strømsløyfa "selv" er, pr definisjon, en størrelse som kalles for strømsløyfas *selvinduktans* L:

$$L = \frac{\phi_1}{I_1}$$

Hva blir dermed selvinduktansen L til en slik lang sylinderformet spole med radius R, lengde d og N_1 viklinger?

c) Forholdet mellom total magnetisk fluks ϕ_2 som omsluttes av spole 2 og strømstyrken I_1 i spole 1 er, pr definisjon, en størrelse som kalles for *gjensidig induktans* M mellom de to strømsløyfene:

$$M = \frac{\phi_2}{I_1}$$

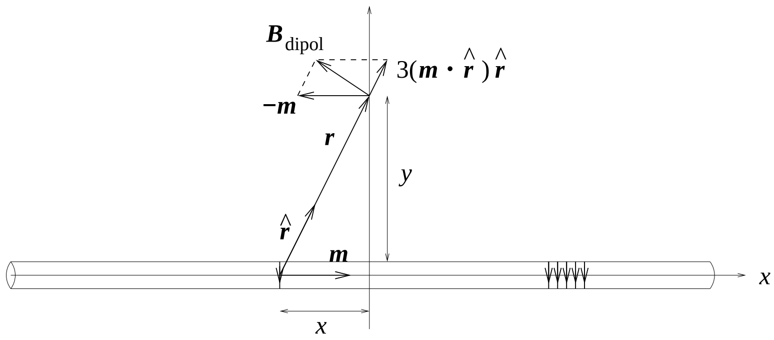
Hva blir dermed den gjensidige induktansen M mellom to slike lange sylinderformede spoler, begge viklet opp på en sylinder med radius R over en lengde d, og med henholdsvis N_1 og N_2 viklinger?

d) Bestem tallverdier for L og M (i SI-enheter) dersom $R = 1$ cm, $d = 60$ cm, $N_1 = 1200$ og $N_2 = 600$.
(Svar: $L = 9.5 \cdot 10^{-4}$, $M = 4.7 \cdot 10^{-4}$)

Kommentar: Vi skal komme tilbake til gjensidig induktans og selvinduktans i de siste forelesningene og se hvorfor dette er "nyttige" størrelser i endel sammenhenger.

Oppgave 3

En uendelig lang, tynn spole ligger med senteraksen på x-aksen.



I forelesningene argumenterte vi for at et *eventuelt* magnetfelt på utsiden av spolen måtte ha retning *langs* spolen, dvs $\boldsymbol{B} = B\,\hat{x}$. Ved hjelp av Amperes lov viste vi deretter at $B = 0$. Dette kan forklares ved at noen av spolens viklinger bidrar med negativ x-komponent til $\boldsymbol{B}$ mens andre bidrar med positiv x-komponent.

I avstand $y = 50$ cm fra senteraksen til en spole med 1000 viklinger pr meter, hvor mange viklinger vil bidra med negativ x-komponent til $\boldsymbol{B}$? (Resten av viklingene, dvs uendelig mange, vil bidra med positiv x-komponent til $\boldsymbol{B}$.) Uten å røpe det eksakte svaret kan jeg jo si så mye som at hvis du får i overkant av 700, har du sannsynligvis regnet riktig. (Eventuelt gjort samme feil som meg...)

Tips: Hver vikling kan oppfattes som en *ideell* magnetisk dipol $\boldsymbol{m} = m\,\hat{x}$, dvs vi antar at spolens radius er liten i forhold til avstanden y. Da er magnetfeltet i avstand $\boldsymbol{r}$ fra en bestemt vikling gitt ved

$$\boldsymbol{B}_{\text{dipol}} = \frac{\mu_0}{4\pi r^3}\left[3\,(\boldsymbol{m}\cdot\hat{r})\,\hat{r} - \boldsymbol{m}\right]$$

Med strøm I i spoletråden og spoletverrsnitt med areal A er altså $m = IA$, men du trenger ikke I og A for å besvare oppgaven.