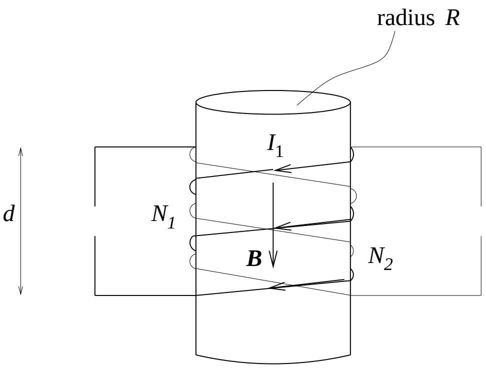
Institutt for fysikk, NTNU
TFY4155/FY1003: Elektrisitet og magnetisme
Vår 2006

Øving 15

Veiledning:
Torsdag 27. april
Innleveringsfrist: Tirsdag 2. mai

Oppgave 1



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:

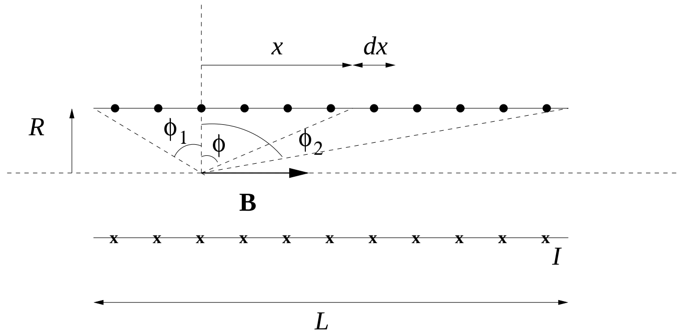
$$M = \frac{\phi_2}{I_1}$$

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 2



En spole har lengde L og radius R. Benytt uttrykket for magnetfeltet langs aksen til en enkel sirkelformet strømsløyfe (som du regnet ut i oppgave 1 i øving 13),

$$B(x) = \frac{\mu_0 I R^2}{2\left(x^2 + R^2\right)^{3/2}}$$

til å vise at magnetfeltet langs aksen til spolen kan uttrykkes som

$$B = \frac{1}{2}\,\mu_0 n I\ (\sin\phi_1 - \sin\phi_2)$$

Her er I strømstyrken i viklingene og $n = N/L$ er viklingstettheten. Vinklene ϕ_1 og ϕ_2 er som angitt på figuren (med $\phi_1 < 0$). Hva blir B når $L \to \infty$?

(Tips: Finn bidraget til B fra en liten lengde dx av spolen og deretter hele feltet ved å integrere.)