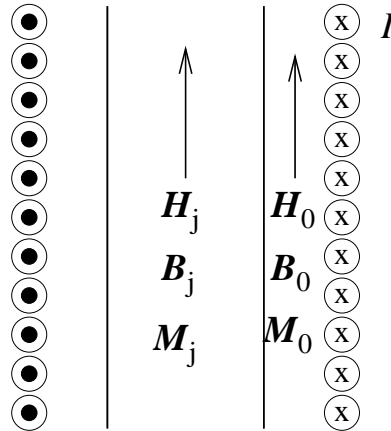


Øving 15

Veiledning: Fredag 25. og mandag 28. april

Innleveringsfrist: Fredag 2. mai

Oppgave 1



En sylinderformet jernstav med relativ permeabilitet $\mu_r = 2000$ er plassert koaksialt inne i en spole, men fyller bare delvis volumet inne i spolen. Spolen har en viklingstetthet $n = 2000 \text{ m}^{-1}$ og strømmen i spoletråden er $I = 3 \text{ A}$. Vi antar at både spolen og jernstaven er så lange at vi kan se bort fra randeffekter.

Anta i første omgang at vi har lineær respons i jernstaven, dvs $\mathbf{M} = \chi_m \mathbf{H}$, og bestem \mathbf{H} , \mathbf{B} og \mathbf{M} inne i spolen, både inne i (indeks j) og utenfor (indeks 0) jernstaven. (Husk at \mathbf{H} -feltet bestemmes av “fri” strøm, mens \mathbf{B} bestemmes av total strøm.)

Diskuter den beregnede verdien på M_j inne i jernstaven i lys av *metningsmagnetiseringen* i jern, dvs den maksimalt oppnåelige magnetiseringen, som du regnet ut i oppgave 1d i øving 14. Beregn deretter korrigert (maksimal) verdi for B_j .

Oppgitt:

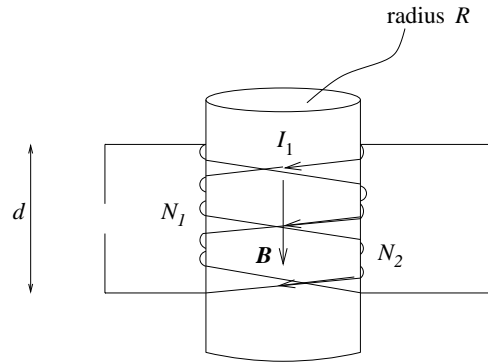
$$\mathbf{B} = \mu_0 (\mathbf{H} + \mathbf{M}) = \mu_r \mu_0 \mathbf{H} = \mu \mathbf{H}$$

$$\mathbf{M} = \chi_m \mathbf{H} = (\mu_r - 1) \mathbf{H}$$

(Siste linje er bare gyldig når vi har lineær respons.)

Et par tallsvar: $B_j = 15 \text{ T}$ (“ukorrigert”), $B_j = 2 \text{ T}$ (“korrigert”).

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 omslutes av *hele* spoletråden i spole 1 (dvs alle de N_1 viklingene)? Hva blir total magnetisk fluks ϕ_2 som omslutes 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, 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 omslutes av spole 2 og strømstyrken I_1 i spole 1 er, pr definisjon, *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: $L = 9.5 \cdot 10^{-4}$, $M = 4.7 \cdot 10^{-4}$)

Oppgave 3

Fra tidligere øvinger (7 og 14) har vi disse grenseflatebetingelsene:

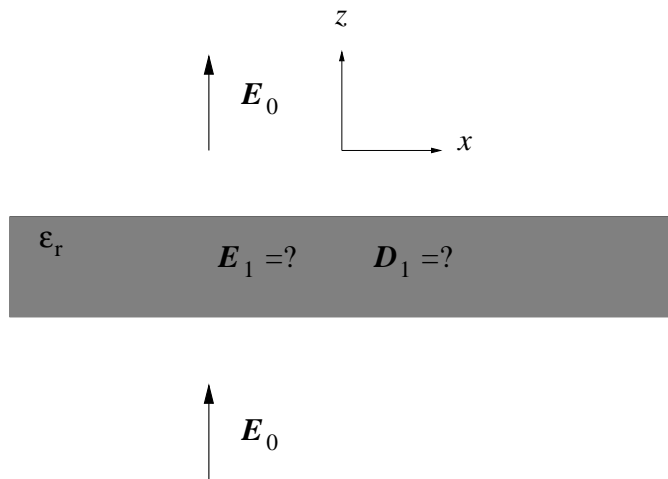
$$\Delta \mathbf{E}^{\parallel} = 0$$

$$\Delta D^{\perp} = \sigma_f$$

$$\Delta B^{\perp} = 0$$

$$\Delta \mathbf{H}^{\parallel} = \mathbf{i}_f \times \hat{n}$$

Anta at vi har et uniformt elektrisk felt $\mathbf{E}_0 = E_0 \hat{z}$. I dette feltet plasserer vi ei (alt i alt elektrisk nøytral) dielektrisk skive med tilnærmet uendelig stor utstrekning i x - og y -retning og tykkelse h i z -retning. Med andre ord, skiva er plassert på tvers i det ytre feltet. Materialet i skiva har relativ permittivitet ϵ_r .



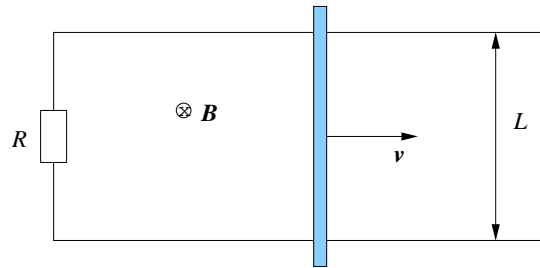
Hva blir elektrisk forskyvning \mathbf{D}_1 og elektrisk felt \mathbf{E}_1 inne i den dielektriske skiva? Gjenta med skiva på *langs* i det ytre feltet! (Dvs: Med uendelig utstrekning i y - og z -retning og tykkelse h i x -retning.)

Gjør deretter tilsvarende for ei uendelig stor *magnetiserbar* skive med tykkelse h og relativ permeabilitet μ_r , henholdsvis på tvers og på langs i et uniformt ytre magnetfelt $\mathbf{B}_0 = B_0 \hat{z}$. Dvs: Bestem \mathbf{H}_1 og \mathbf{B}_1 inne i skiva.

Synes du resultatet ble uventet i noen av tilfellene? Hvordan vil du forklare at du får ulik elektrisk feltstyrke inne i den dielektriske skiva med skiva på tvers og på langs i det ytre feltet? Og tilsvarende: Hvordan vil du forklare at du får ulik magnetisk feltstyrke inne i den magnetiserbare skiva i de to tilfellene?

Oppgave 4

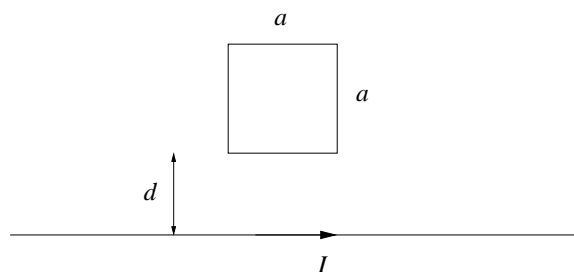
Ei metallstang med masse m glir uten friksjon på to parallelle ledere i innbyrdes avstand L som vist i figuren. De to parallelle lederne er koblet sammen via en motstand R slik at vi får en lukket krets. Hele systemet befinner seg i et uniformt magnetfelt \mathbf{B} som peker inn i planet.



- Hvor stor blir strømmen I i kretsen dersom stanga har hastighet v mot høyre? I hvilken retning går strømmen?
- Hva er den magnetiske krafta F på stanga? (Størrelse og retning.)
- Hvis stanga starter med hastighet v_0 ved tidspunktet $t = 0$, og deretter overlates til seg selv, hva er da hastigheten v ved et senere tidspunkt t ?
- Vis at stangas kinetiske energi $mv_0^2/2$ er presis lik den energien som tapes i motstanden R .

Oppgave 5

Ei kvadratisk strømsløyfe med sidekanter a ligger i avstand d fra en lang rett leder som fører en strøm I :



- Hvor mye magnetisk fluks omslutes av strømsløyfa?
- Strømsløyfa trekkes nå med hastighet v bort fra den rette lederen. Hvor stor elektromotorisk spenning induseres i sløyfa, og i hvilken retning vil den resulterende strømmen gå? (Med eller mot klokka?)
- Hvis strømsløyfa trekkes mot høyre, dvs parallelt med den rette lederen, hva blir da den induserte emsen i sløyfa?