

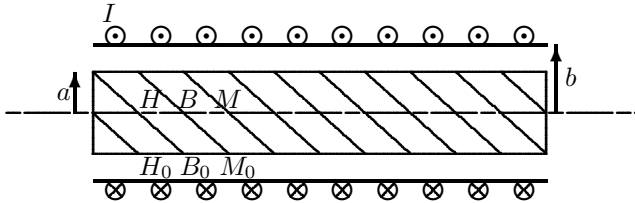
Øving 12

Solenoid. Grensevilkår. Induksjon.

Veiledning: Uke 13 ifølge nettsider.

Innlevering: Tirsdag 5. april kl. 11:00

Oppgave 1. Magnetfelt ved longitudinalt materialskille.¹



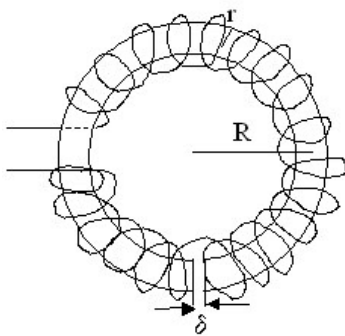
En sylinderformet stav av jern med relativ permeabilitet $\mu_r = 2000$ er plassert midt (koaksialt) inne i en solenoid. Innerradien til solenoiden er $b = 30$ mm og radien til staven er $a = 15$ mm. Viklingstallet for solenoiden er $n = 900 \text{ m}^{-1}$ og den fører en strøm $I = 3,00$ A. Du kan anta både solenoiden og staven er svært lange slik at du kan se bort fra randeffekter.

a) Finn verdier for H_0, B_0 og M_0 inni solenoiden, utenfor jernstaven ($a < r < b$).

b) Finn verdier for H, B og M inne i jernstaven ($r < a$).

Har du kommentarer til tallverdiene for B og M , i lys av resultatet oppgave 4 i forrige øving?

Oppgave 2. Magnetfelt ved transversalt materialskille.



En toroideformet kjerne av jern har relativ permeabilitet $\mu_r = 2000$. Midlere radius i toroiden er $R = 0,200$ m og tverrsnittradien r til toroiden er mye mindre enn R . Tett utenpå kjernen er det tvunnet en ledning som fører strømmen $I = 0,50$ A og har $N = 400$ viklinger. Viklingene er jamt fordelt og så tette at det magnetiske feltet kan regnes homogent inne i magnetkjernen.

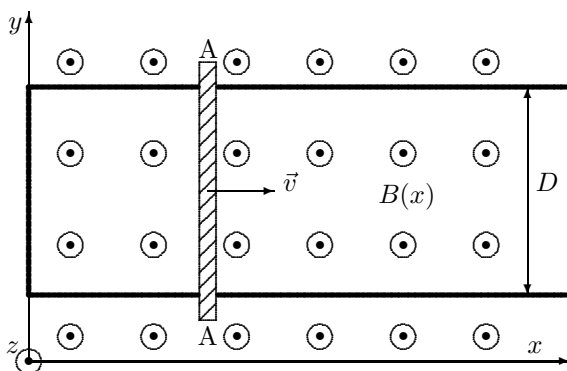
Det er skjært bort en smal luftfylt spalte av toroidekjernen. Anta at åpningen δ er mye mindre enn r slik at magnetfeltlinjer også over åpningen er asimutale (sirkelretning).

a) Finn verdier for H og B inne i den toroideformede kjernen.

b) Finn verdier for H_0 og B_0 i den smale spalteåpningen.

(Viklingene tegnet for hånd, ikke helt penel!)

Oppgave 3. Bevegelsesindusert ems.



En ledende stav A-A kan gli friksjonsfritt på to parallelle, horisontale, skinner. Skinnene er i venstre del forbundet med ei rett tverrskinne av samme materialet slik at systemet danner ei lukka strømsløyfe (se figuren). Det legges inn et kartesisk koordinatsystem med x -aksen parallelt med skinnene, y -aksen parallelt med bjelken A-A og z -aksen opp av papirplanet og med $x = 0$ ved den venstre forbindelsesskinna.

Avstanden mellom de parallelle delene av skinnene er D . De parallelle skinnene og tverrforbindelsen har spesifikk motstand λ per lengdeenhet. Den ledende staven A-A har spesifikk motstand λ_A per lengdeenhet og total masse 20 g. Se i beregningene bort fra staven A-A sin utstrekning i x -retningen.

¹ Tips for opg. 1 og 2: Tangentkomponenten til \vec{H} og normalkomponenten til \vec{B} er kontinuerlig over ei grenseflate.

Skinnene er plassert i et ytre magnetfelt: $\vec{B}(x) = 3B_0(1 + \beta x) \hat{\mathbf{k}}$

hvor β er en positiv konstant. Den ledende staven A-A beveges med konstant hastighet v med start fra $x = 0$ og i positiv x -retning.

- Finn uttrykk for den magnetiske fluksen gjennom den lukkede sløyfa som funksjon av tida t .
- Finn uttrykk for den induerte elektromotoriske spenningen, \mathcal{E} , i sløyfa.
- Finn uttrykk for strømmen som \mathcal{E} genererer. Hvilken retning har den induerte strømmen?
- På grunn av den induerte strømmen i sløyfa og det ytre magnetfeltet vil det virke ei kraft på staven. Angi størrelse og retning på krafta som vi må bruke for å bevege staven med konstant hastighet v .

Oppgave 4. E-felt i en solenoide.

Når en rett solenoide blir påtrykt en varierende strøm indueres det et elektrisk felt E_ϕ i sirkulær (asimutal) retning rundt solenoiden. Vi har en rett, jernfylt ($\mu_r = 2000$) solenoide med 200 viklinger, lengde $L = 10,0$ cm og radius $R = 1,00$ cm. Beregn hva amplituden til det elektriske feltet E_ϕ er i avstand 5,0 cm fra sentrum av solenoiden når det sendes en AC-strøm med amplitude 2,00 A og frekvens 50 Hz gjennom vikingene.

Anta solenoiden er lang og tynn slik at B -feltet er homogent inni solenoiden og null utafor.

Oppgave 5. Varmeutvikling i solenoide.

En (tilnærmet uendelig) lang, luftfylt spole er laget med kobbertråd og har en viklingstetthet $n = 1000 \text{ m}^{-1}$. Resistiviteten til Cu er ved 20° $\rho = 1,68 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$ (og ved 130° $\rho = 2,4 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$).

- Hvor stor strøm I må gå i kobbertråden for at magnetfeltet inne i spolen skal bli 1,00 T?
- Kobbertråden har sirkulært tverrsnitt med diameter $d = 1,00$ mm. Hvor stort blir effekttapet P' per lengdeenhet av kobbertråden når den fører strømmen I ? Kommentarer til svaret?

Utvalgte fasitsvar:

- 1a) 2700 A/m, 3,40 mT, 0; 1b) 2700 A/m, 6,80 T, $5,40 \cdot 10^6$ A/m.
2a) 159 A/m, 0,40 T; 2b) $3,18 \cdot 10^5$ A/m; 0,40 T.
3b) $-3B_0 Dv(1 + \beta vt)$. 4) 3,2 V/m. 5) 796 A; 14 kW/m.