

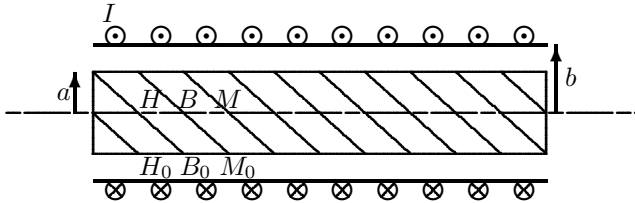
# Øving 12

## Solenoid. Grensevilkår. Induksjon.

*Veiledning:* Torsdag 15. og fredag 16. april ifølge nettsider.

*Innlevering:* Tirsdag 20. april kl. 14:00

### Oppgave 1. Magnetfelt ved longitudinalt materialskille.<sup>1</sup>



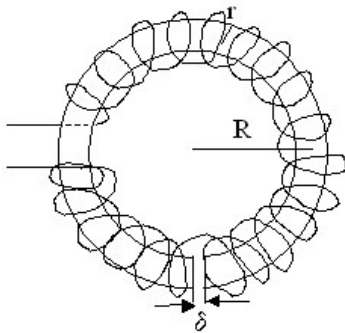
En sylinderformet stav av jern med relativ permeabilitet  $\mu_r = 2000$  er plassert midt (koaksialt) inne i en solenoid. Innerradien til solenoiden er  $b = 30$  mm og radien til staven er  $a = 15$  mm. Viklingstallet for solenoiden er  $n = 900 \text{ m}^{-1}$  og den fører en strøm  $I = 3,00$  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 5 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.

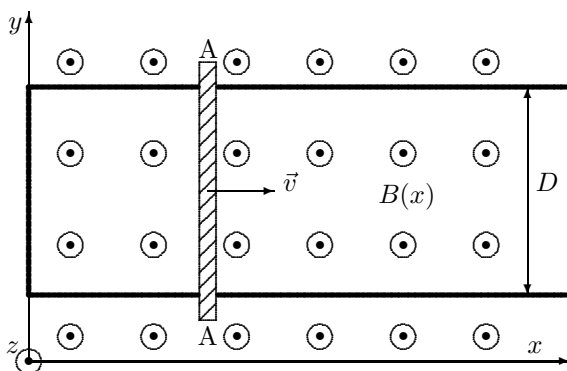
Det er skjært bort en smal luftfylt spalte av toroidekjernen. Anta at åpningen  $\delta$  er mye mindre enn  $r$  slik at magnetfeltlinjer også over åpningen er asimutale (sirkelretning).

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  $\lambda$  per lengdeenhet. Den ledende staven A-A har spesifikk motstand  $\lambda_A$  per lengdeenhet og total masse 20 g. Se i beregningene bort fra staven A-A sin utstrekning i  $x$ -retningen.

<sup>1</sup> 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  $\beta$  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  $E_\phi$  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  $E_\phi$  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  $20^\circ$   $\rho = 1,68 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$  (og ved  $130^\circ$   $\rho = 2,4 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$ ).

- 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.