

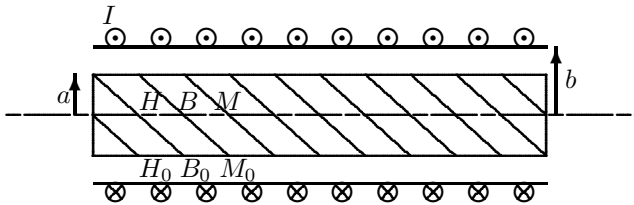
# Øving 12

## Solenoid. Grensevilkår. Induksjon.

Veiledning: Fredag 27. mars ifølge nettsider.

Innlevering: Onsdag 8. april kl. 14:00 (første undervisningsdag etter påske)

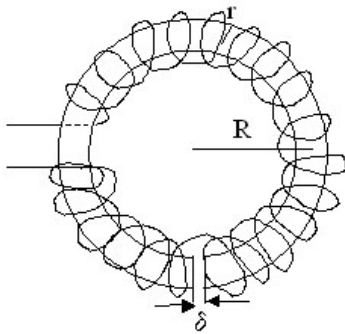
### Oppgave 1. Magnetfelt ved longitudinalt materialskille.<sup>1</sup>



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.

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



(Viklingene tegnet for hånd, ikke helt penel!)

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).

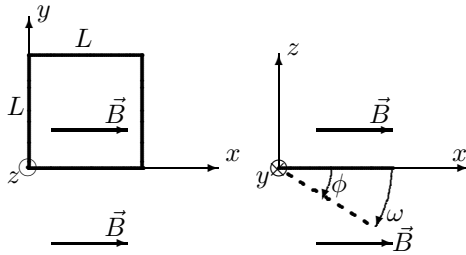
- Finne verdier for  $H$  og  $B$  inne i den toroideformede kjernen.
- Finne verdier for  $H_0$  og  $B_0$  i den smale spalteåpningen.

<sup>1</sup> Tips for opp. 1 og 2: Tangentkomponenten til  $\vec{H}$  og normalkomponenten til  $\vec{B}$  er kontinuerlig over ei grenseflate.

### Oppgave 3. Bevegelsesindusert ems.

Sett ovenfra langs ( $z$ -aksen):

Sett fra siden langs ( $y$ -aksen):



En kvadratisk ledersløyfe med sidekant  $L$ , masse  $m$  og total resistans  $R$  ligger i horisontalplanet  $xy$  med et hjørne i origo, en sidekant langs  $x$ -aksen og en sidekant langs  $y$ -aksen, se figuren.

Tyngdefeltet går i  $-z$ -retning og et homogent magnetfelt  $\vec{B} = B \hat{i}$  er retta i  $x$ -retning.

Sløyfa kan rotere fritt om sidekanten langs  $y$ -aksen og slippes fra denne horisontale stillingen i tyngdefeltet og begynner derfor å falle ved å rotere om  $y$ -aksen. Vinkelen mellom ledersløyfa og  $x$ -aksen angis som  $\phi$ . Vinkelhastigheten er  $\omega = \dot{\phi}$  og er avhengig av  $\phi$ .

- Vil ledersløyfa falle fortere, langsommere eller like fort med det angitte magnetiske feltet  $\vec{B}$  sammenliknet med  $\vec{B} = \vec{0}$ ? Videre regning vil bekrefte svaret ditt.
- Finn indusert strøm  $I$  i ledersløyfa uttrykt med bl.a.  $\phi$  og  $\omega$  og angi retning for denne.
- Finn netto kraftmomentet  $\vec{\tau}$  som virker på sløyfa idet den faller ( $\vec{\tau}$  pga. tyngden og  $\vec{\tau}$  pga. magnetisk effekt) .
- Ledersløyfas treghetsmomentet for rotasjon om en sidekant er  $I_t = \frac{5}{12}mL^2$ . Hva er vinkelakselerasjonen  $\alpha$  uttrykt ved bl.a.  $\phi$  og  $\omega$ ?
- Er mekanisk energi bevart idet sløyfa faller?

### Oppgave 4. $E$ -felt i en solenoide.

Når en rett solenoide blir påtrykt en varierende strøm induseres 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 viklingene.

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 solenoide er laget med kobbertråd og har en vikingstetthet  $n = 1000 \text{ m}^{-1}$ . 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)  $\frac{1}{R}L^2B\omega \cos \phi$       4) 3,2 V/m.      5) 796 A; 14 kW/m.

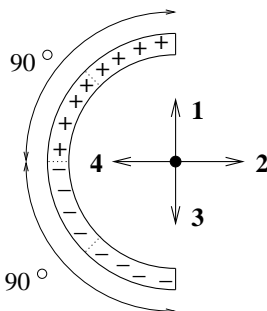
**Oppgave 6. Påskequiz: Noen frivillige flervalgsoppgaver.**

a) Hvor mange av disse størrelsene er en vektorstørrelse:

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5

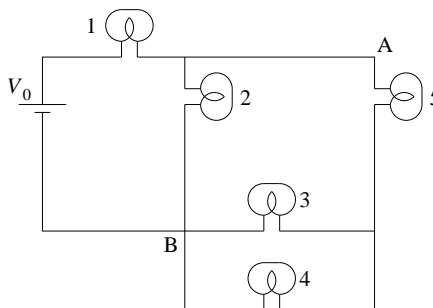
elektrisk strøm,  
 elektrisk ladning,  
 elektrisk felt,  
 elektrisk potensial,  
 magnetisk fluks,  
 magnetisk moment.

b) Figuren viser en halvsirkelformet stav med uniform ladning per lengdeenhet, enten negativ ( $-\lambda$ , merket med "-") eller positiv ( $\lambda$ , merket med "+") på ulike deler av staven, slik at staven totalt har ladning lik null. Hvilken pil angir da riktig retning på den elektriske kraften som virker på et elektron som er plassert i "sentrumspunktet" (dvs. det som ville ha vært sentrum av en hel sirkel)?



- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) Krafta er null.

c) Hver av de fem lyspærene kan betraktes som en ideell ohmsk motstand  $R$ . Hva er ekvivalentresistansen for kretsen, dvs. resistansen sett fra spenningskilden  $V_0$ ?

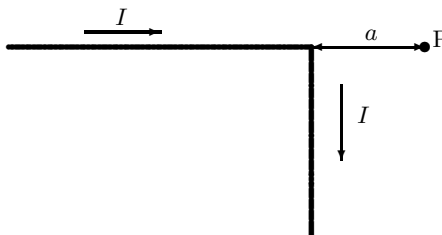


- A)  $\frac{1}{5}R$
- B)  $\frac{2}{5}R$
- C)  $\frac{8}{3}R$
- D)  $2R$
- E)  $\frac{8}{5}R$

d) Et elektron med masse  $m$  og ladning  $-e$  befinner seg i et uniformt magnetfelt  $\vec{B} = B_0 \hat{k}$ . Ved tidspunktet  $t = 0$  har elektronet hastighet  $\vec{v} = v_0 \hat{j} + v_0 \hat{k}$ . Hva slags bevegelse får elektronet?

- A) Sirkelbevegelse med radius  $mv_0/eB_0$
- B) Sirkelbevegelse med radius  $\sqrt{2}mv_0/eB_0$
- C) Sirkelbevegelse med radius  $\sqrt{2}m/eB_0$
- D) Heliksbevegelse med radius  $mv_0/eB_0$
- E) Heliksbevegelse med radius  $\sqrt{2}mv_0/eB_0$

e) Ledningen vist i figuren er uendelig lang og har en  $90^\circ$  bøy. Med strømmen som vist, hva er retningen på  $B$ -feltet ved punktet P?



- A) mot venstre
- B) mot høyre
- C) rett ned
- D) opp av papirplanet
- E) ned i papirplanet.