

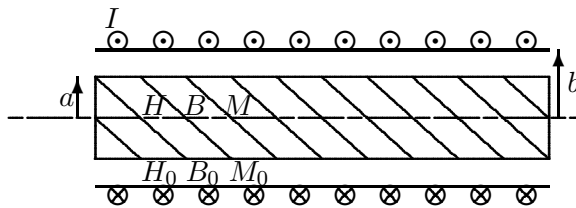
Øving 12

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.¹



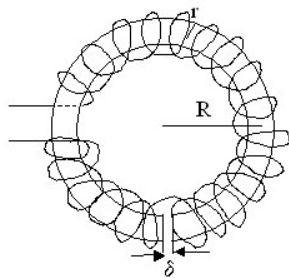
En sylinderformet stav av jern med relativ permeabilitet $\mu_r = 2000$ er plassert midt (koaksialt) inne i en solenoide. InnerRadiusen til solenoiden er $b = 30$ mm og radien til staven er $a = 15$ mm. Viklingstallet for solenoiden er $n = 900 \text{ m}^{-1}$ og den fører en strøm $I = 3,00$ A. Du kan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



(Viklingene tegnet for hånd, ikke helt pene!)

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).

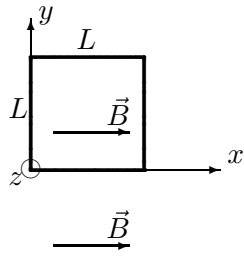
a) Finn verdier for H og B inne i den toroideformede kjernen.

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

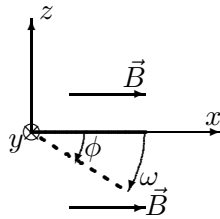
¹Tips for opp. 1 og 2: Tangentkomponenten til \vec{H} og normalkomponenten til \vec{B} er kontinuerlig over ei grenseflate.

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 ϕ . Vinkelhastigheten er $\omega = \dot{\phi}$ og er avhengig av ϕ .

- Vil ledersløyfa falle forttere, langsommere eller like fort med det angitte magnetiske feltet \vec{B} sammenliknet med $\vec{B} = \vec{0}$? Videre regning vil bekrefte svaret ditt.
- Finn induert strøm I i ledersløyfa uttrykt med bl.a. ϕ og ω 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 α uttrykt ved bl.a. ϕ og ω ?
- 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_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 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 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.

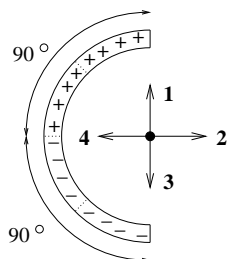
3b) $\frac{1}{R}L^2B\omega \cos \phi$ 4) 3,2 V/m. 5) 796 A; 14 kW/m.

Oppgave 6. Påskequiz: Noen frivillige flervalgsoppgaver.

- a) Hvor mange av disse størrelsene er en vektorstørrelse? Elektrisk strøm, elektrisk ladning, elektrisk felt, elektrisk potensial, magnetisk fluks, magnetisk moment.
- A) 1
B) 2
C) 3
D) 4
E) 5

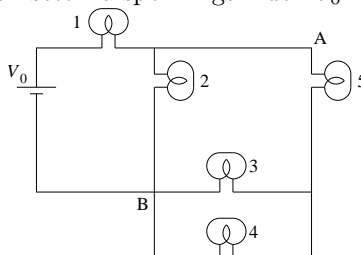
b) Figuren viser en halvsirkelformet stav med uniform ladning per lengdeenhet, enten negativ ($-\lambda$, merket med "-") eller positiv (λ , merket med "+") på ulike deler av staven, slik at staven totalt har ladning lik null. Hvilken pil angir da riktig retning på den elektriske kraften som virker på 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) $\frac{3}{5}R$
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° 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.

