

**i**   **FORSIDE**

**FORSIDE**

Kontinuasjonseksamen FY1003 Elektrisitet og magnetisme sommer 2019  
05. august 2019 kl. 09.00-13.00

**Kontakt under eksamen:** Morten Amundsen, mobil 992 49 526 (stedfortreder for faglærer Jacob Linder)

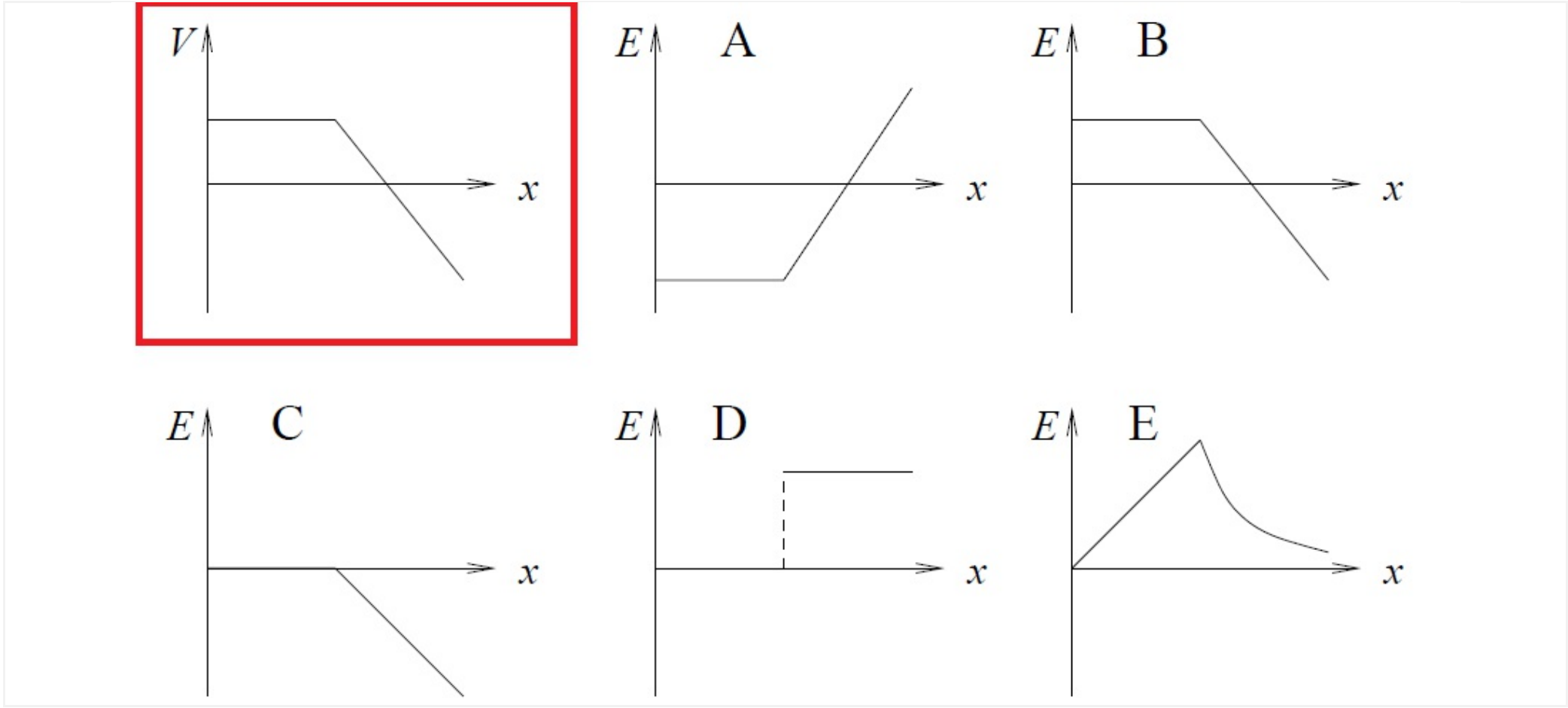
Multiple choice oppgavene gir maksimalt 1 poeng hver.  
Regneoppgavene gir maksimalt 6 poeng hver .

Et formelark med nyttige formler er inkludert til slutt.

Tillatte hjelpemidler:

- Enkel kalkulator
- Karl Rottmann matematisk formelsamling
- Angell og Lian: Fysiske størrelser og enheter

1 Oppgave 1

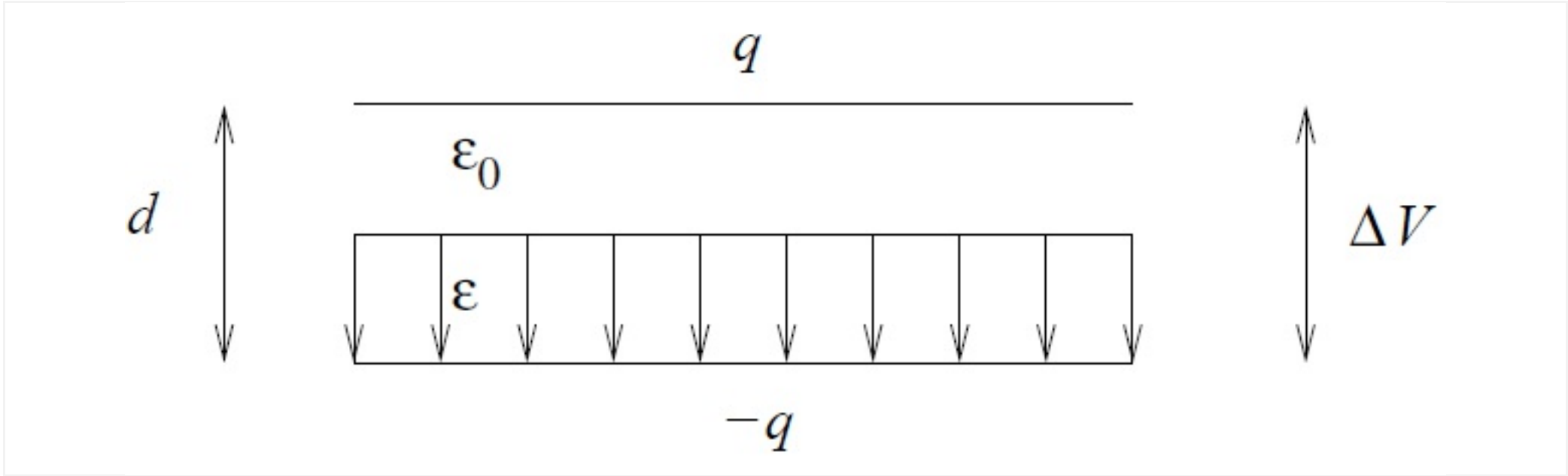


En ladningsfordeling gir opphav til potensialet  $V(x)$  som vises i figuren. Hvilken av figurene A-E viser den tilhørende elektriske feltstyrken  $E(x)$ ? Det elektriske feltet er gitt ved  $\mathbf{E} = E(x)\hat{x}$   
**Velg ett alternativ**

- ☐ D
- ☐ C
- ☐ E
- ☐ A
- ☐ B

Maks poeng: 1

2 Oppgave 2



To parallelle metallplater som vi betrakter å være uendelig store er separerte med en avstand  $d$  og har en ladning på henholdsvis  $+q$  og  $-q$ . Et dielektrium med permittivitet  $\epsilon > \epsilon_0$  fyller den nederste halvdelen av rommet mellom platene (se figur). I den øverste halvdelen har vi vakuum.

Pilene i figuren angir da feltlinjer for:

Velg ett alternativ

- ☐ Elektrisk felt
- ☐ Poynting-vektoren
- ☐ Ingen av disse alternativene
- ☐ Elektrisk polarisering
- ☐ Elektrisk felt og elektrisk polarisering

Maks poeng: 1

3   **Oppgave 3**

Et elektron har masse  $m_e$  og ladning  $-e$ . Det befinner seg i et uniformt magnetfelt  $\boldsymbol{B} = B_0 \hat{\boldsymbol{z}}$ . Ved et gitt tidspunkt har elektronet hastighet  $\boldsymbol{v} = v_0 \hat{\boldsymbol{x}} + v_0 \hat{\boldsymbol{y}}$ . Hva slags bevegelse får elektronet?

*Tips:* sentripetalakselerasjon er gitt ved hastighet kvadrert delt på avstand fra sentrum.

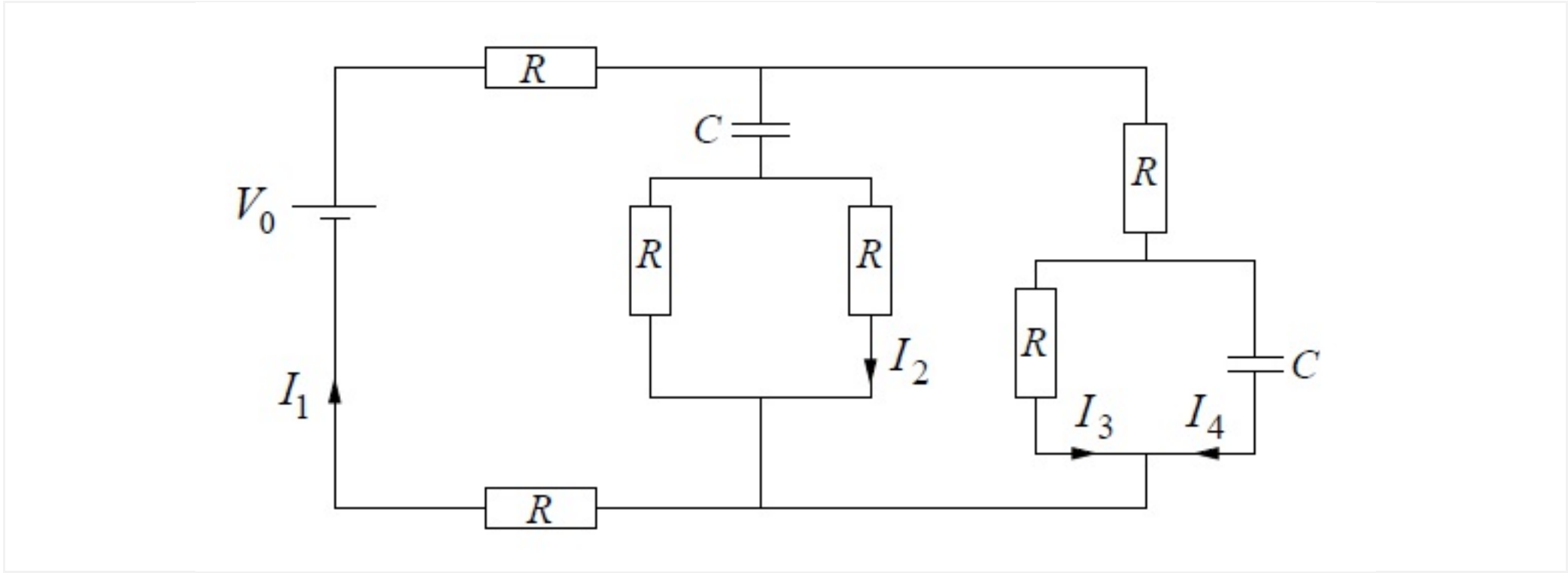
**Velg ett alternativ**

- ☐ Sirkelbevegelse med radius  $eB_0/m_e$
- ☐ Sirkelbevegelse med radius  $\sqrt{2}m_e v_0/eB_0$
- ☐ Sirkelbevegelse med radius  $\sqrt{2}m_e/eB_0$
- ☐ Sirkelbevegelse med radius  $m_e v_0/eB_0$
- ☐ Sirkelbevegelse med radius  $\sqrt{2}eB_0/m_e$

---

Maks poeng: 1

4 Oppgave 4



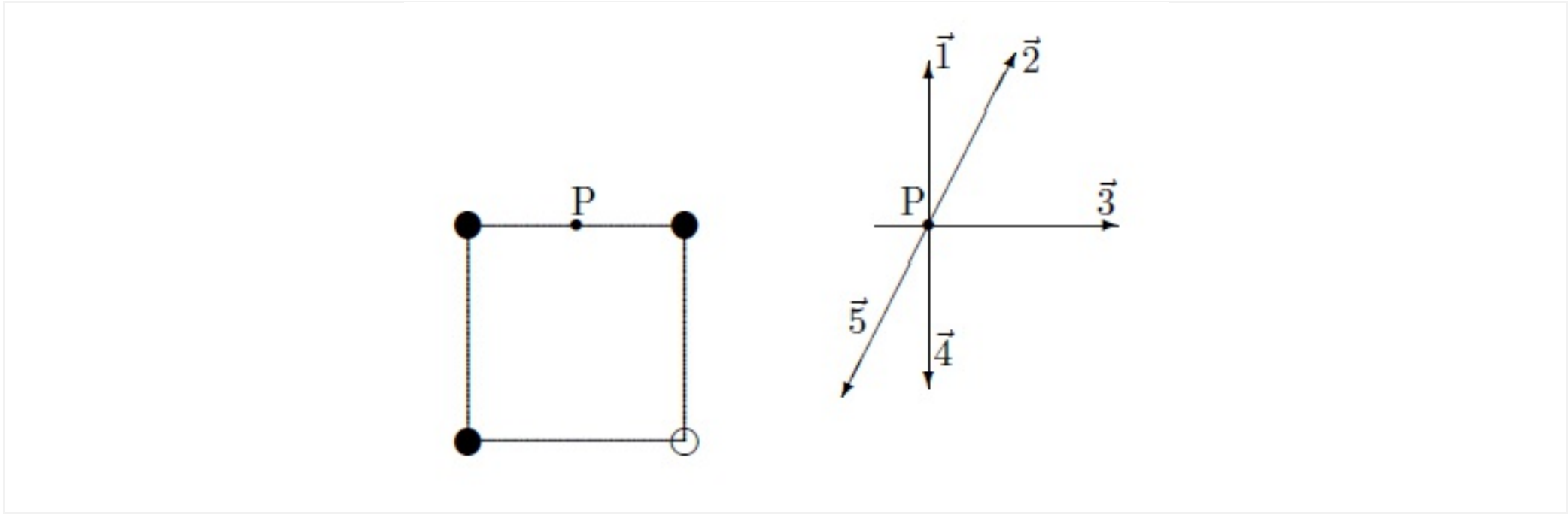
I kretsen som vises på figuren har spenningskilden  $V_0$  vært tilkoblet så lenge at strømmene i kretsen ikke lenger endrer seg med tiden. Hva er da de angitte strømstyrkene  $I_j, j=1,2,3,4$ ?

Velg ett alternativ

- ☐  $I_1 = 3V_0/4R, I_2 = V_0/4R, I_3 = V_0/4R, I_4 = V_0/4R$
- ☐  $I_1 = V_0/4R, I_2 = 0, I_3 = V_0/4R, I_4 = 0$
- ☐  $I_1 = V_0/2R, I_2 = 0, I_3 = V_0/4R, I_4 = 0$
- ☐  $I_1 = V_0/4R, I_2 = V_0/4R, I_3 = V_0/4R, I_4 = V_0/4R$
- ☐  $I_1 = V_0/4R, I_2 = 0, I_3 = V_0/2R, I_4 = 0$

Maks poeng: 1

5 Oppgave 5



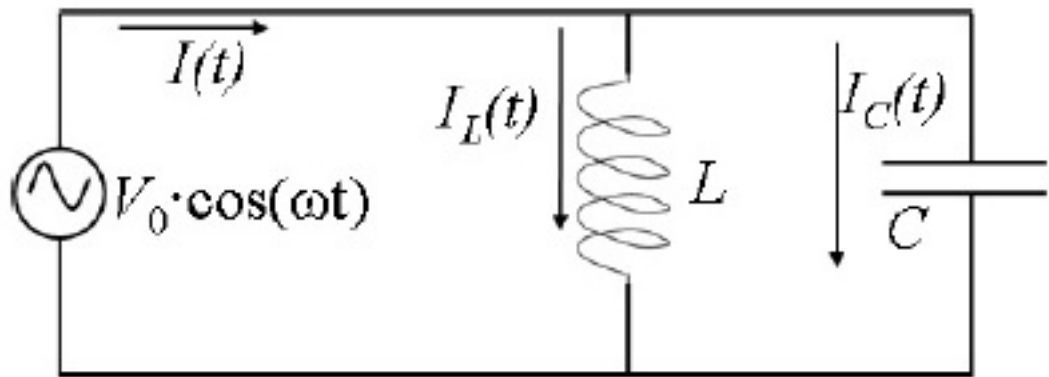
Et kvadrat har tre like positive ladninger i tre av dets hjørner (vist med svart sirkel) og en negativ ladning i det fjerde hjørnet (åpen sirkel) som vist på figuren. Alle ladningene har like stor absoluttverdi. Det elektriske feltet i punktet P vil ha retning langs linjen:

Velg ett alternativ

- ☐ 5
- ☐ 2
- ☐ 1
- ☐ 3
- ☐ 4

Maks poeng: 1

6 Oppgave 6



Kretsen i figuren består av en vekselspenningskilde oeg en parallellkobling av en induktans og en kondensator. Strøm i de tre ulike greinene er angitt. Hvilken av følgende påstander er sann?

Velg ett alternativ

- ☐  $I_L(t)$  har maksimal amplitude ved  $\omega = \sqrt{1/(LC)}$
- ☐  $I(t)$  har maksimal amplitude ved  $\omega = \sqrt{1/(LC)}$
- ☐  $I(t)$  har minimal amplitude ved  $\omega = \sqrt{1/(LC)}$
- ☐  $I_C(t)$  har minimal amplitude ved  $\omega = \sqrt{1/(LC)}$
- ☐  $I_L(t)$  har minimal amplitude ved  $\omega = \sqrt{1/(LC)}$

Maks poeng: 1

7 Oppgave 7

Magnetisk hysteresese er et fenomen som blant annet medfører at:

Velg ett alternativ

- ☐ Magnetiske domener spontant oppstår i et ferromagnetisk materiale
- ☐ Den elektriske motstanden til magnetiske materialer avhenger av magnetiseringsretrningen
- ☐ Elektronspinnene bidrar til magnetiseringen i større grad enn det magnetiske momentet skapt av bevegelsen til elektronene
- ☐ Magnetiseringen til et materiale er ikke entydig bestemt for en gitt verdi av det ytre magnetiske feltet
- ☐ Ingen av disse alternativene er korrekte

Maks poeng: 1

8 Oppgave 8

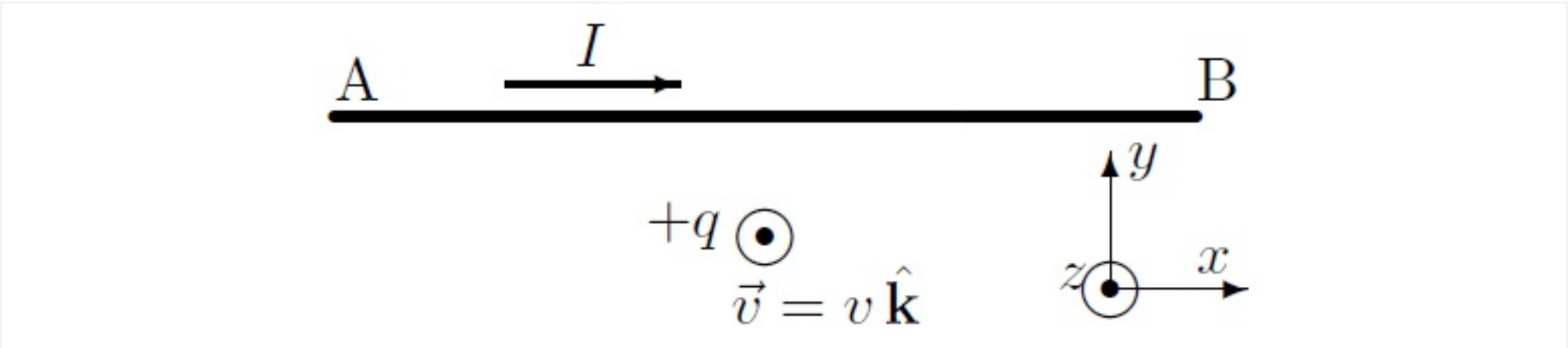
En uendelig lang stav plassert i vakuum har en ladning  $\lambda$  per lengdeenhet. La  $k = (4\pi\epsilon_0)^{-1}$ . Det elektriske feltet i en avstand  $r$  fra staven har styrke:

Velg ett alternativ

- ☐  $k\lambda/r$
- ☐  $2\pi k\lambda/r^2$
- ☐  $k\lambda/r^2$
- ☐  $4\pi k\lambda/r$
- ☐  $2k\lambda/r$

Maks poeng: 1

9 Oppgave 9



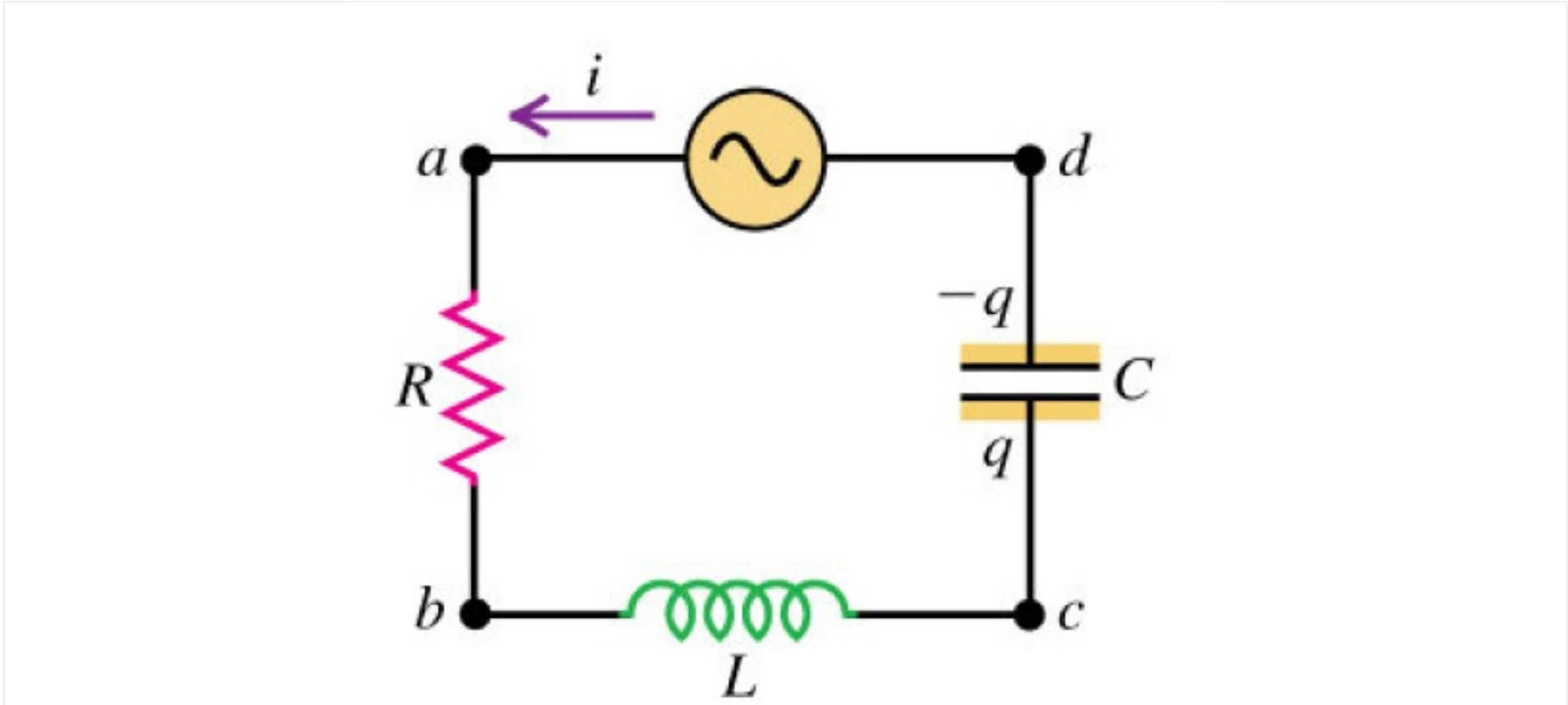
En lang rett ledning langs x-aksen fører en strøm i positiv z-retning. En positiv punktladning beveger seg langs z-aksen i positiv z-retning. Den magnetiske kraften som ledningen utøver på punktladningen når den er i posisjonen vist i figuren (i papiplanet) har retning

Velg ett alternativ

- ☐ Positiv x-retning
- ☐ Negativ z-retning
- ☐ Positiv y-retning
- ☐ Kraften er null
- ☐ Negativ y-retning

Maks poeng: 1

10 Oppgave 10



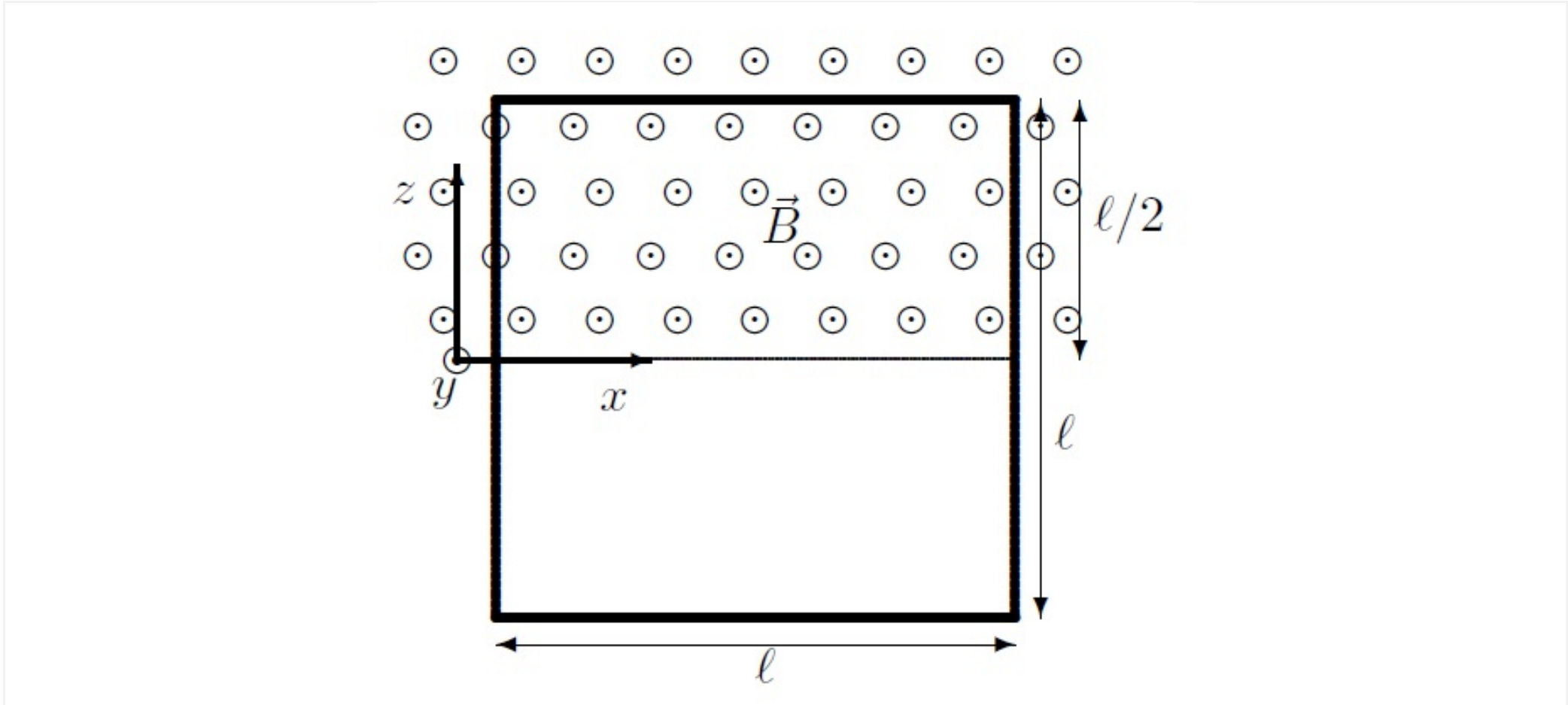
Betrakt kretsen i figuren. Når kildens frekvens er lik kretsens resonansfrekvens, er kretsens impedans

Velg ett alternativ

- ☐ Maksimal
- ☐ Ikke tilstrekkelig informasjon til å avgjøre
- ☐ Minimal
- ☐ Hverken maksimal eller minimal
- ☐ Null

Maks poeng: 1

11 Oppgave 11



Figuren viser en vertikalt orientert kvadratisk strømsløyfe. Sløyfen ligger i xz-planet (papirplanet), har sidekanter  $\ell$ , masse  $m$  og total resistans  $R$ . Et homogent magnetisk felt  $\vec{B}$  dekker nøyaktig øvre halvdel av strømsløyfen.  $\vec{B}$  har retning ut av papirplanet, dvs. i y-retning.

Sløyfen slippes fra denne posisjonen uten startfart og faller dermed i (-z)-retning med en hastighet  $v$  på grunn av tyngdekraften  $mg$ . Vi studerer fallet frem til den øvre sløyfekanten forlater  $\vec{B}$ -feltet.

Den induserte elektromotoriske spenningen i sløyfen:

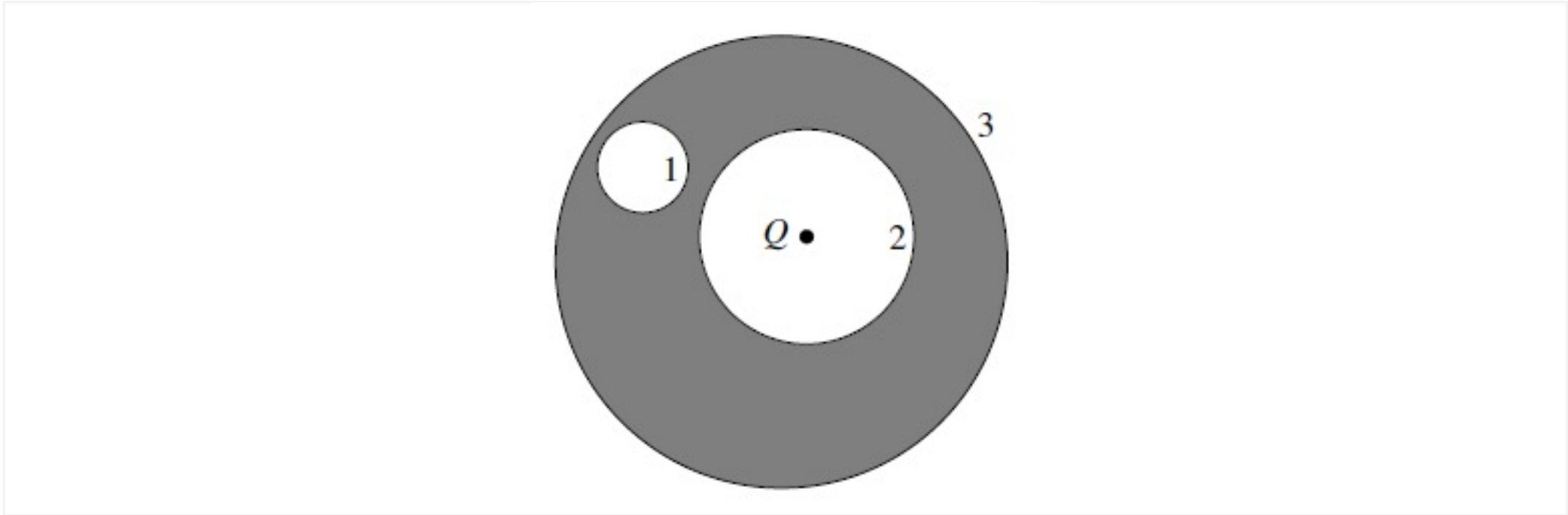
Velg ett alternativ

- ☐ Gir opphav til en strøm med klokka og er lik  $\mathcal{E} = Bvmg$
- ☐ Gir opphav til en strøm mot klokka og er lik  $\mathcal{E} = Bv\ell$
- ☐ Gir opphav til en strøm med klokka og er lik  $\mathcal{E} = Bv\ell$
- ☐ Det induseres ingen elektromotorisk spenning
- ☐ Gir opphav til en strøm mot klokka og er lik  $\mathcal{E} = Bvmg$

Maks poeng: 1

12

Oppgave 12



En nøytral metallkule har to kuleformede hulrom i sitt indre. Hulrom 1 er tomt. Hulrom 2 inneholder en punktladning  $Q$  (se figur).

Hvor mye industert ladning  $q_j$  har vi på de tre overflatene til metallkula, dvs. på de indre overflatene ( $q_1$  og  $q_2$ ) som avgrenser hulrommene og på kulas ytre overflate ( $q_3$ )?

Velg ett alternativ

- ☐  $q_1 = 0, q_2 = -Q, q_3 = Q$
- ☐  $q_1 = Q, q_2 = 0, q_3 = -Q$
- ☐  $q_1 = -Q, q_2 = -Q, q_3 = 2Q$
- ☐  $q_1 = 0, q_2 = Q, q_3 = 2Q$
- ☐  $q_1 = 0, q_2 = 0, q_3 = 0$

Maks poeng: 1

13

Oppgave 13

I hvilket tilfelle er den totale magnetiske fluksen ut gjennom en lukket overflate positiv?

Velg ett alternativ

- ☐ Hvis nordpolen til magneten ligger innenfor den lukkede overflaten, mens sørpolen ikke gjør det
- ☐ Hvis overflaten omslutter et område med forskyvningsstrøm
- ☐ Magnetisk fluks kan ikke være positiv ut fra en lukket overflate
- ☐ Hvis hele magneten ligger innenfor den lukkede overflaten
- ☐ Hvis sørpolen til en magnet ligger innenfor den lukkede overflaten, mens nordpolen ikke gjør det

Maks poeng: 1

14 **Oppgave 14**

En tett viklet ideell solenoide er 31.42 cm lang, har 200 viklinger, et tverrsnitt 1.00 cm<sup>2</sup> og fører en spolestrøm på 2.0 A. For å løse denne oppgaven, trenger du først å bruke Amperes lov til å utlede et uttrykk for magnetfeltet inni en ideell solenoide. Du kan altså anta at magnetfeltet utenfor solenoiden er null.

Hvis du ser bort fra endeeffekter, vil verdien til det magnetiske feltet  $B$  i sentrum være omtrent

**Velg ett alternativ**

- ☐ 16 mT
- ☐ 1.6 mT
- ☐ 24 T
- ☐ 16  $\mu$ T
- ☐ 24 mT

Maks poeng: 1

15 **Oppgave 15**

En lysstråle går i positiv x-retning. Den elektriske feltvektoren

**Velg ett alternativ**

- ☐ Må ligge i yz-planet
- ☐ Må oscillere i z-retning
- ☐ Kan oscillere i hvilken som helst retning i rommet
- ☐ Må oscillere i x-retning
- ☐ Må ha en konstant komponent i x-retningen

Maks poeng: 1

16   **Oppgave 16**

Størrelsen til Poynting-vektoren for en elektromagnetisk planbølge har gjennomsnittsverdi  $0.944 \text{ W/m}^2$ . Bølgen treffer et rektangulært område på  $1.5 \text{ m} \times 2.0 \text{ m}$  i rett vinkel på flaten. Hvor mye total elektromagnetisk energi treffer arealet i løpet av ett minutt?

Velg ett alternativ

- ☐ 250 J
- ☐ 170 J
- ☐ 340 J
- ☐ 210 J
- ☐ 300 J

Maks poeng: 1

17   **Oppgave 17**

Hvilken av følgende påstander er korrekt?

Velg ett alternativ

- ☐ Et elektrisk ladet objekt kan virke med en elektrisk kraft på et elektrisk nøytralt objekt
- ☐ All ladning i en metallisk leder må i likevekt befinne seg lengst mulig unna kantene til lederen
- ☐ Driftshastigheten til elektroner er typisk mye større enn Fermihastigheten
- ☐ Lyshastigheten er uavhengig hvilket medium lysbølgen forplanter seg i
- ☐ Magnetiske monopoler kan skapes ved å dele en magnet i to

Maks poeng: 1

18 **Oppgave 18**

I en halvleder vil typisk resistiviteten endre seg på følgende vis når temperaturen øker:  
**Velg ett alternativ**

- ☐ Den minker fordi at flere ladningsbærere blir tilgjengelige
- ☐ Den minker fordi at elektronene spres mindre på gittervibrasjonene
- ☐ Den øker fordi at elektronene spres mer på gittervibrasjonene
- ☐ Den øker fordi at færre ladningsbærere blir tilgjengelige
- ☐ Den endres brått fra null til en endelig verdi ved den såkalte kritiske temperaturen

Maks poeng: 1

19 **Oppgave 19**

Det elektriske feltet som inngår i Maxwells lover er  
**Velg ett alternativ**

- ☐ Det kommer an på den spesifikke situasjonen om det totale elektriske feltet er korrekt å bruke
- ☐ Kun det ikke-konservative bidraget til det totale elektriske feltet
- ☐ Kun det konservative bidraget til det totale elektriske feltet
- ☐ Det totale elektriske feltet
- ☐ Den statiske delen av det konservative elektriske feltet

Maks poeng: 1

20 **Oppgave 20**

Det fenomenet at noen materialer skaper en magnetisering kun når et ytre magnetisk felt påtrykkes, hvor magnetiseringen peker i samme retning som det ytre feltet, kalles for:

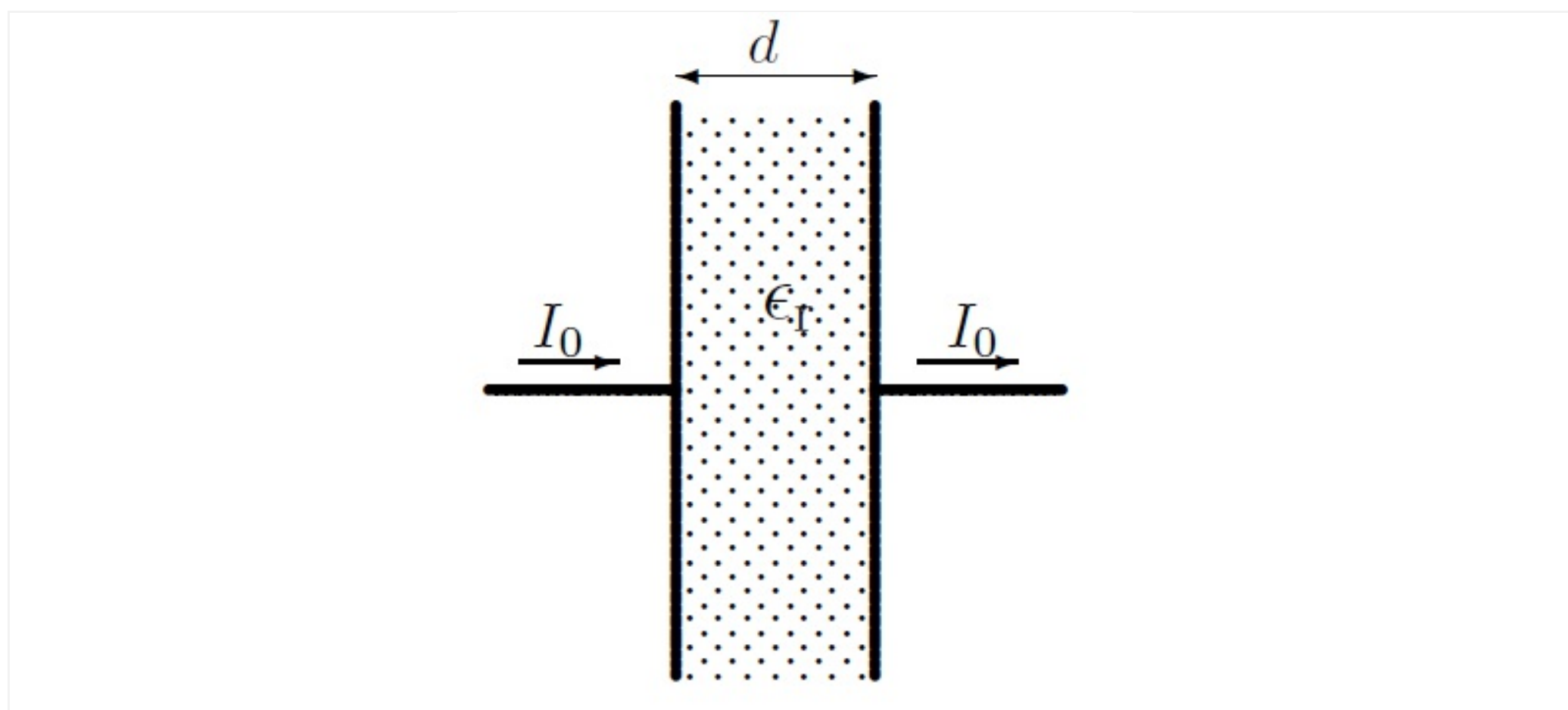
**Velg ett alternativ**

- ☐ Antiferromagnetisme
- ☐ Ingen av disse
- ☐ Ferromagnetisme
- ☐ Diamagnetisme
- ☐ Paramagnetisme

---

Maks poeng: 1

## 21 Oppgave 21



En stor parallelplatekondensator har plateareal  $A = 50.0 \text{ dm}^2$  og plater i en avstand  $d = 2.00 \text{ mm}$ . Området mellom platene er fylt av et dielektrikum med  $\epsilon_r = 8.00$ . Se bort fra kanteffekter og betrakt figuren for å se oppsettet. Det er oppgitt at kondensatorens kapasitans er  $C = 17.7 \text{ nF}$ .

Kondensatoren lades med en konstant strøm  $I_0 = 10.0 \text{ } \mu\text{A}$  i nøyaktig  $1.00 \text{ s}$ . Vi definerer positiv retning fra venstre mot høyre.

**(a)** Beregn forskyvningsstrømmen  $I_d$  mellom kondensatorplatene (i dielektrikumet) under oppladning av kondensatoren. Presiser retningen på  $I_d$ .

Etter at kondensatoren er ladd i  $1.00 \text{ s}$  som beskrevet og har fått en ladning  $Q_0 = 10.0 \text{ } \mu\text{C}$  og en viss spenning  $V_0$ , kobles tilførselsledninger ifra slik at kondensatoren overlates til seg selv. Vi definerer dette tidspunktet som  $t=0$ . Dielektrikumet i kondensatoren er ikke en perfekt isolator, men har endelig resistivitet  $\rho = 2.00 \times 10^{12} \text{ } \Omega\text{m}$ . Kondensatorens ladning tappes derfor gradvis ut gjennom dielektrikumet med en liten strøm  $I(t)$ .

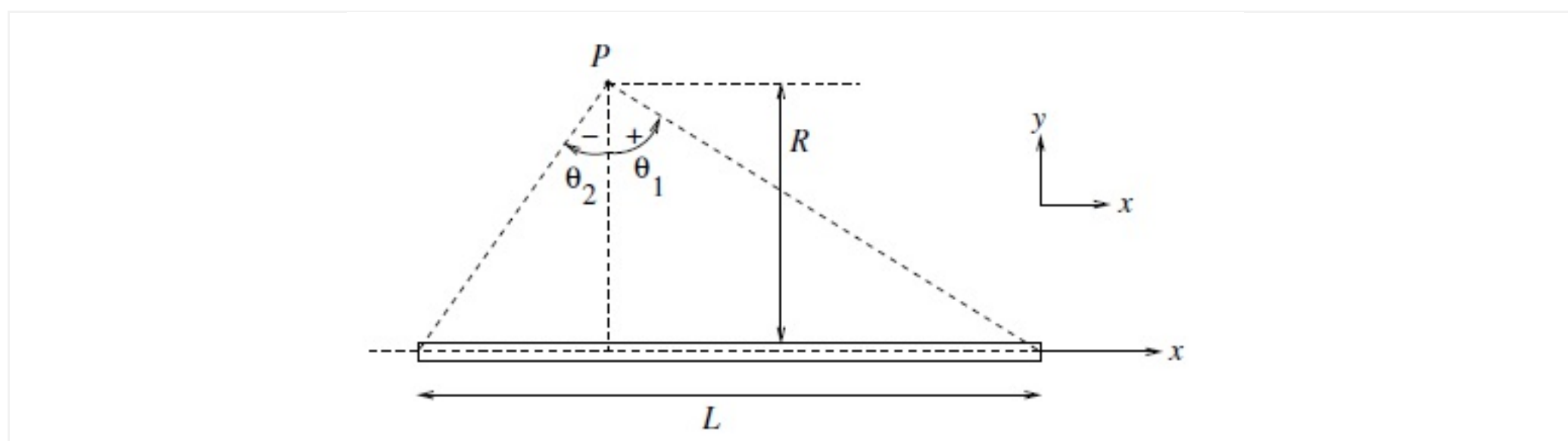
**(b)** Beregn strømmen  $I(t)$  ved tiden  $t = 60 \text{ sekunder}$ . Presiser retningen på strømmen.

**(c)** Hva er forskyvningsstrømmen  $I_d$  mellom kondensatorplatene (i dielektrikumet) ved tida  $t = 60 \text{ sekunder}$ ? Presiser retningen på  $I_d$ .

---

Maks poeng: 6

## 22 Oppgave 22



En tynn stav med lengde  $L$  har uniform ladning  $\lambda$  per lengdeenhet.

(a) Hvor mye ladning  $dq$  er det på en liten lengde  $dx$  av staven? Hva er stavens totale ladning  $Q$ ?

Vi legger staven på  $x$ -aksen, slik at punktet  $P$  har koordinater  $(x, y) = (0, R)$ . Størrelsene  $\theta_1$  og  $\theta_2$  er vinklene som dannes mellom linjene fra  $P$  til stavens endepunkter og normalen til staven gjennom  $P$  (dvs.  $y$ -aksen), som vist i figuren. Fortegnet til vinklene er som indikert i figuren, dvs.  $\theta$  er negativ når  $x < 0$ .

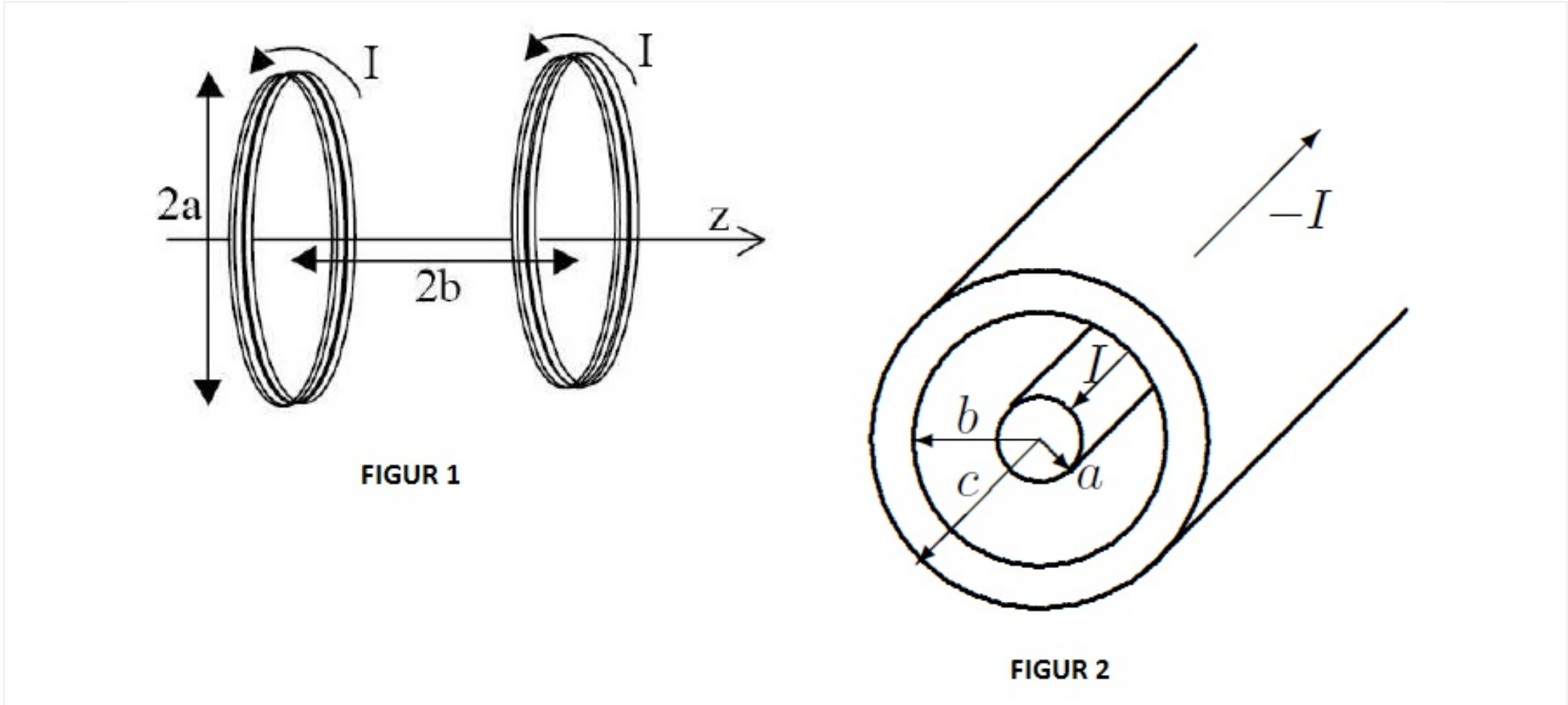
(b) Det elektriske feltet i punktet  $P$  som ligger i en avstand  $R$  fra staven (se figur) er gitt ved  $\mathbf{E} = E_x \hat{\mathbf{x}} + E_y \hat{\mathbf{y}}$ . Utleid et uttrykk for  $E_x$  og  $E_y$ .

(c) Hva blir det elektriske feltet når  $P$  er langt unna staven, dvs.  $R \gg L$ ? **NB!** Vi er her ute etter hvordan  $\mathbf{E}$  avhenger av  $R$  til ledende orden og ikke det i og for seg korrekte svaret  $\mathbf{E} \simeq 0$  når  $R \rightarrow \infty$ .

---

Maks poeng: 6

23 Oppgave 23



For å lage svært homogent magnetfelt, benyttes to koaksiale spoler som vist i figur 1. Spolene er like, med radius  $a$  og viklingstall  $N$ , de fører samme strøm  $I$  i samme retning og er plassert i avstand  $2b$  fra hverandre. Strømmen går med klokken rundt  $z$ -aksen.

(a) Velg  $z$ -aksen langs spoleaksen med origo midt mellom spolene, anta at tykkelsen av spolene er neglisjerbar og la  $B(z)$  være styrken av det magnetiske feltet langs  $z$ -aksen. Hvilken retning har magnetfeltet langs  $z$ -aksen? Utled et analytisk uttrykk for  $B(z)$ .

Betrakt nå en annen problemstilling som vises i figur 2. En koaksialkabel fører en strøm  $I$  i den indre kabelen og en strøm  $(-I)$  i den ytre kabelen. Både ledermaterialet og isolasjonsmaterialet mellom lederne (regionen  $a < r < b$ ) har permeabilitet  $\mu_0$ . Anta først at all strøm går på overflaten av innerleder og innerflaten av ytterleder.

(b) Utled et analytisk uttrykk for magnetfeltet  $B(r)$  som funksjon av avstanden  $r$  fra senteraksen og skisser den tilsvarende kurven for  $B(r)$  som funksjon av  $r$ . Hva er retningen til magnetfeltet?

(c) Anta nå at strømmen istedet er jevnt fordelt over tverrsnittet til lederne. Skisser magnetfeltet  $B(r)$  som funksjon av avstanden  $r$  fra senteraksen.

Maks poeng: 6

i FORMELARK

I pdf-filen finner du formler som kan være nyttige. Betydningen til symbolen samt korrekt bruk av formlene skal være kjent av studentene.

## Document 2

Attached



## Nyttige formler

Betydning til symboler og korrekt bruk av formler skal være kjent av studenten.

Numeriske verdier:

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m} = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C/(V}\cdot\text{m)}, \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m} = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2, e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}, c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}.$$

Maxwells lover og Lorentzkraft:

$$\begin{aligned} \int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} &= Q/\epsilon_0, \nabla \cdot \mathbf{E} = \rho/\epsilon_0, \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0, \nabla \cdot \mathbf{B} = 0, \\ \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} &= -\frac{d\Phi_B}{dt}, \nabla \times \mathbf{E} = -\partial \mathbf{B} / \partial t, \oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \left( I + \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \right), \mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}). \end{aligned} \quad (1)$$

Potensialforskjell, effekt og energi i kretser:

$$\begin{aligned} v &= iR, v = q/C, v = L di/dt, \\ P &= VI, U = \frac{1}{2} CV^2, U = \frac{1}{2} LI^2. \end{aligned} \quad (2)$$

Resistans og kapasitans i kretser:

$$\begin{aligned} R &= \sum_i R_i, C = \left( \sum_i 1/C_i \right)^{-1}, \\ R &= \left( \sum_i 1/R_i \right)^{-1}, C = \sum_i C_i, \\ \text{P.p. kondensator: } C &= \epsilon A/d. \end{aligned} \quad (3)$$

Impedans, reaktans og fasevinkel i kretser:

$$I = I_0 \cos(\omega t), V = V_0 \cos(\omega t + \phi), Z = V_0/I_0. \quad (4)$$

$$X = V_0/I_0, \phi_C = -\pi/2, \phi_L = +\pi/2. \quad (5)$$

Elektrisk kraft, felt, potensial:

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \mathbf{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{r}, \mathbf{E} = -\nabla V, E_j = -\frac{dV}{dj} \quad (j = x, y, z). \quad (6)$$

Faradays samt Biot-Savarts lov:

$$\epsilon = -\frac{d\Phi}{dt}, \mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{Id\mathbf{l} \times \mathbf{r}}{r^3}. \quad (7)$$

Magnetiske og elektriske dipoler, potensiell energi, dreiemoment:

$$U = -\mathbf{p} \cdot \mathbf{E}, \boldsymbol{\tau} = \mathbf{p} \times \mathbf{E}, U = -\boldsymbol{\mu} \cdot \mathbf{B}, \boldsymbol{\tau} = \boldsymbol{\mu} \times \mathbf{B}, \mathbf{p} = q\mathbf{d}, \boldsymbol{\mu} = I\mathbf{A}. \quad (8)$$

Elektromagnetiske bølger:

$$\begin{aligned} p_{\text{radiation}} &= I/c, P_{\text{average}} = IA, E = cB, \mathbf{S} = \frac{1}{\mu_0} \mathbf{E} \times \mathbf{B}, \\ u_E &= \frac{\epsilon}{2} \mathbf{E}^2, u_B = \frac{1}{2\mu} \mathbf{B}^2, I = S_{\text{average}} = \frac{1}{2} c\epsilon_0 E_{\text{max}}^2. \end{aligned} \quad (9)$$

Når man integrerer en størrelse  $X = X(r)$  [avhenger kun av radius og ikke vinkler] over volumet til en kule, kan man bruke at:

$$\int X dV = 4\pi \int X r^2 dr \quad (10)$$