

Midtsemesterprøve fredag 23. mars kl 1415 – 1615.

Svartabellen står på et eget ark. Sett tydelige kryss. Husk å skrive på studentnummer.  
LEVER INN BÅDE OPPGAVETEKSTEN OG SVARTABELLEN

Tillatte hjelpemidler: C

- K. Rottmann: Matematisk formelsamling. (Eller tilsvarende.)
- O. Øgrim og B. E. Lian: Størrelser og enheter i fysikk og teknikk eller B. E. Lian og C. Angell: Fysiske størrelser og enheter.
- Typegodkjent kalkulator, med tomt minne, i henhold til liste utarbeidet av NTNU. (HP30S eller lignende.)
- Formelsamling Elektrostatikk er inkludert på baksiden av dette arket.

Opplysninger:

- Prøven består av 25 oppgaver. Hver oppgave har ett riktig og tre gale svaralternativ.
- Du *skal* krysse av for *ett* svaralternativ på *hver* oppgave. Avkryssing for *mer enn ett* alternativ eller *ingen* alternativ betraktes som *feil* svar og gir i begge tilfelle null poeng.
- Dersom ikke annet er oppgitt, antas det at systemet er i elektrostatisk likevekt.
- Dersom ikke annet er oppgitt, er ”potensial” underforstått ”elektrostatisk potensial”, og tilsvarende for ”potensiell energi”.
- Dersom ikke annet er oppgitt, er nullpunkt for potensial og potensiell energi valgt uendelig langt borte.
- Metall er synonymt med elektrisk leder. Isolator er synonymt med dielektrikum.
- Noen naturkonstanter:  $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$ ,  $1/4\pi\epsilon_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,  $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ,  $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ,  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ,  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .
- Symboler angis i kursiv (f.eks  $V$  for potensial) mens enheter angis uten kursiv (f.eks V for volt).
- SI-prefikser: M (mega) =  $10^6$ , k (kilo) =  $10^3$ , c (centi) =  $10^{-2}$ , m (milli) =  $10^{-3}$ ,  $\mu$  (mikro) =  $10^{-6}$ , n (nano) =  $10^{-9}$ , p (piko) =  $10^{-12}$ .
- Omkrets av sirkel:  $2\pi r$ . Areal av kuleflate:  $4\pi r^2$ . Volum av kule:  $4\pi r^3/3$ .
- Gradient i kartesiske koordinater:  $\nabla f = (\partial f/\partial x) \hat{x} + (\partial f/\partial y) \hat{y} + (\partial f/\partial z) \hat{z}$
- Gradient av kulesymmetrisk funksjon  $f(r)$ :  $\nabla f = (\partial f/\partial r) \hat{r}$
- Noen integraler:  $\int x^n dx = x^{n+1}/(n+1) + C$ ,  $\int x \exp(-ax^2) dx = -\exp(-ax^2)/2a$

## Formelsamling Elektrostatikk

$\int d\mathbf{A}$  angir flateintegral og  $\int d\mathbf{l}$  angir linjeintegral.  $\oint$  angir integral over lukket flate eller rundt lukket kurve. **Fete** symboler angir vektorer. Symboler med hatt over angir enhetsvektorer. Formlenes gyldighetsområde og de ulike symbolenes betydning antas forøvrig å være kjent.

- Coulombs lov:

$$\mathbf{F} = \frac{qq'}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{r}$$

- Elektrisk felt og potensial:

$$\mathbf{E} = -\nabla V$$
$$\Delta V = V_B - V_A = -\int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$$

- Elektrisk potensial fra punktladning:

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

- Elektrisk fluks:

$$\phi_E = \int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A}$$

- Elektrostatisk kraft er konservativ:

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = 0$$

- Gauss' lov for elektrisk felt og elektrisk forskyvning:

$$\epsilon_0 \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = q$$
$$\oint \mathbf{D} \cdot d\mathbf{A} = q_{\text{fri}}$$

- Elektrisk forskyvning:

$$\mathbf{D} \equiv \epsilon_0 \mathbf{E} + \mathbf{P} = \epsilon_r \epsilon_0 \mathbf{E} = \epsilon \mathbf{E}$$

- Elektrisk dipolmoment; generelt, for område  $\Omega$  med fordeling av ladning:

$$\mathbf{p} = \int_{\Omega} \mathbf{r} dq$$

- Elektrisk dipolmoment; for punktladninger  $\pm q$  i avstand  $\mathbf{d}$ :

$$\mathbf{p} = q\mathbf{d}$$

- Elektrisk polarisering = elektrisk dipolmoment pr volumenhet:

$$\mathbf{P} = \frac{\Delta \mathbf{p}}{\Delta V}$$

Lineær respons:

$$\mathbf{P} = \epsilon_0 \chi_e \mathbf{E}$$

- Kapasitans:

$$C = \frac{q}{V}$$

- Energitetthet (energi pr volumenhet) i elektrisk felt:

$$u_E = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

## Oppgaver

---

1) I et område er det elektriske feltet

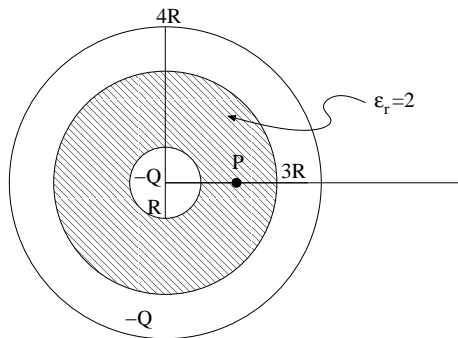
$$\mathbf{E}(x, y, z) = E_0 \left( \frac{x}{a} \hat{x} - \frac{y}{a} \hat{y} + \frac{2z}{a} \hat{z} \right)$$

Her er  $E_0$  og  $a$  konstanter. Hvor mye netto ladning er det da inne i volumet avgrenset av  $0 \leq x \leq a$ ,  $0 \leq y \leq 3a$  og  $0 \leq z \leq 2a$ ?

- A  $Q = 0$
  - B  $Q = 3\varepsilon_0 E_0 a^2$
  - C  $Q = 9\varepsilon_0 E_0 a^2$
  - D  $Q = 12\varepsilon_0 E_0 a^2$
- 

2) Ei metallkule har radius  $R$  og negativ ladning  $-Q$ . Kula er belagt med et lag elektrisk nøytral plast (dvs: dielektrikum) med tykkelse  $2R$  og relativ permittivitet  $\varepsilon_r = 2$ . Utenfor plastlaget er det et metallisk kuleskall med tykkelse  $R$  og netto ladning  $-Q$ . Hvor mye ladning befinner seg på ytre overflate av dette metalliske kuleskallet?

- A  $-2Q$
- B  $-Q$
- C  $Q$
- D  $2Q$



3) I oppgave 2, hva er det elektriske feltet  $\mathbf{E}$  i punktet P, dvs i avstand  $2R$  fra systemets sentrum (origo)?

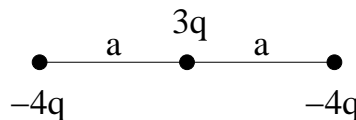
- A  $-Q \hat{r} / 32\pi\varepsilon_0 R^2$
  - B  $-Q \hat{r} / 16\pi\varepsilon_0 R^2$
  - C  $-Q \hat{r} / 8\pi\varepsilon_0 R^2$
  - D  $-Q \hat{r} / 4\pi\varepsilon_0 R^2$
- 

4) I oppgave 2, hva er potensialet i punktet P (dvs i forhold til uendelig langt borte, der  $V = 0$ )?

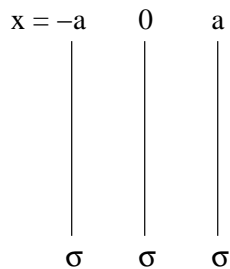
- A  $-13Q / 64\pi\varepsilon_0 R$
  - B  $-7Q / 48\pi\varepsilon_0 R$
  - C  $0$
  - D  $-11Q / 32\pi\varepsilon_0 R$
-

5) Hva er den elektriske feltstyrken (i SI-enheter) i avstand 2.0 m fra de tre punktladningene i figuren når  $q = 2 \text{ nC}$  og  $a = 2 \text{ mm}$ ?

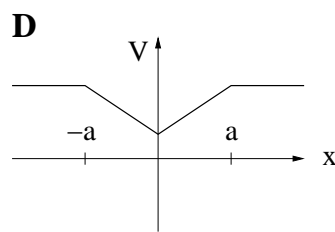
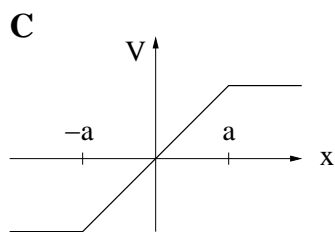
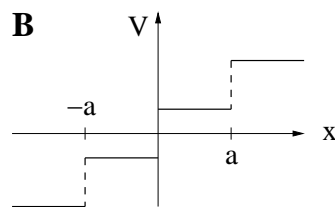
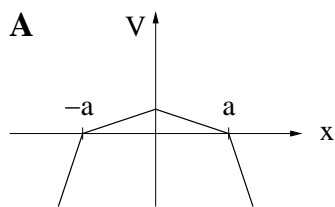
- A 4.5
- B 11.3
- C 22.5
- D 49.5



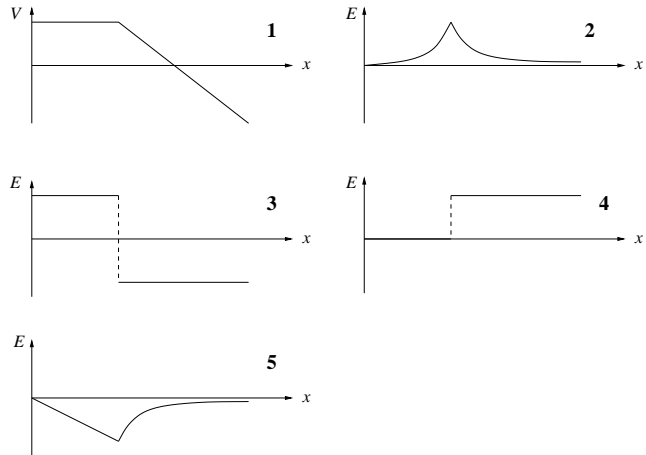
6) Tre uendelig store plan er plassert i  $x = -a, 0$  og  $a$ . De tre planene har lik positiv ladning  $\sigma$  pr flateenhet. Hvilken figur viser det resulterende elektriske potensialet  $V(x)$ ?



- A
- B
- C
- D



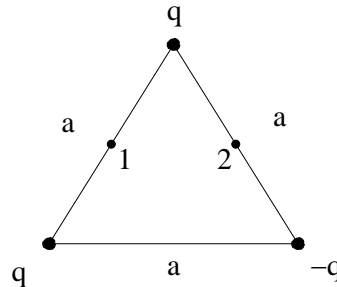
7) Hvis potensialet  $V(x)$  er som vist i graf 1, hvilken graf viser da feltstyrken  $E(x)$  (slik at  $\mathbf{E}(x) = E(x) \hat{x}$ )?



- A 2
- B 3
- C 4
- D 5

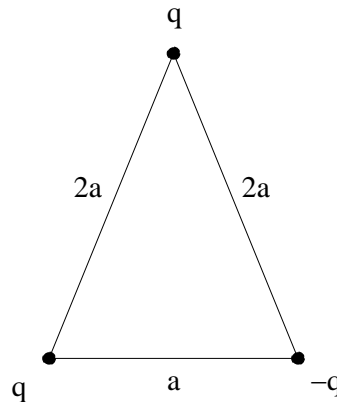
8) Figuren viser tre punktladninger,  $q$ ,  $q$  og  $-q$ , som er plassert i hvert sitt hjørne av en likesidet trekant. Hva er potensialforskjellen  $\Delta V = V_1 - V_2$  mellom de to punktene merket med 1 og 2 i figuren? (De to punktene ligger midt på forbindelseslinjene mellom to av punktladningene.)

- A  $\Delta V = 0$
- B  $\Delta V = (1 + \sqrt{3})q/\pi\epsilon_0 a$
- C  $\Delta V = \sqrt{3}q/\pi\epsilon_0 a$
- D  $\Delta V = (1 - 1/\sqrt{3})q/\pi\epsilon_0 a$



9) Figuren viser tre punktladninger,  $q$ ,  $q$  og  $-q$ , som er plassert i hvert sitt hjørne av en likebeint trekant. Disse tre punktladningene har potensiell energi  $U_9$  (dvs: i forhold til om de var langt borte fra hverandre). De tre punktladningene i oppgave 8 har potensiell energi  $U_8$ . Hvor stor er forskjellen  $\Delta U = U_8 - U_9$ ?

- A  $\Delta U = 0$
- B  $\Delta U = \sqrt{3}q^2/\pi\epsilon_0 a$
- C  $\Delta U = q^2/8\pi\epsilon_0 a$
- D  $\Delta U = -q^2/8\pi\epsilon_0 a$

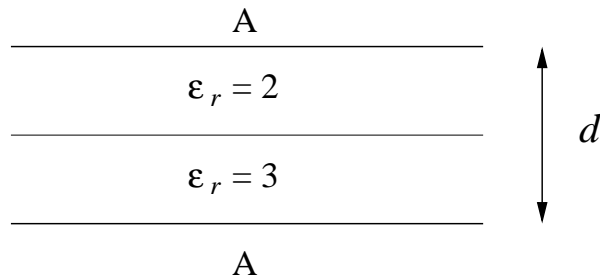


10) Hvilket utsagn er ikke riktig?

- A En elektrisk dipol med dipolmoment  $\mathbf{p}$  har potensiell energi  $-\mathbf{p} \cdot \mathbf{E}_0$  i et uniformt elektrisk felt  $\mathbf{E}_0$ .
  - B En elektrisk dipol med dipolmoment  $\mathbf{p}$  utsettes for et dreiemoment  $\mathbf{p} \times \mathbf{E}_0$  i et uniformt elektrisk felt  $\mathbf{E}_0$ .
  - C Netto elektrisk fluks gjennom en lukket flate som omslutter en elektrisk dipol er lik null.
  - D Langt unna en elektrisk dipol avtar den elektriske feltstyrken med kvadratet av avstanden til dipolen.
- 

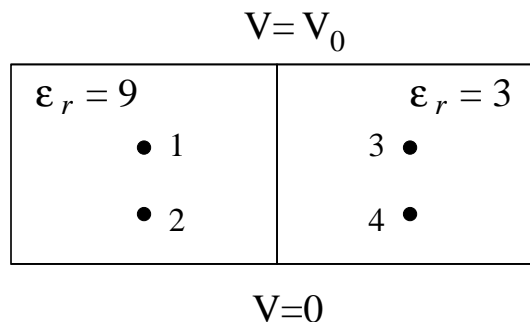
11) En parallellplatekondensator har kvadratiske metallplater med areal  $A = a^2$ , og avstanden mellom platene er  $d$ . Volumet mellom platene er fylt med to forskjellige dielektriske medier, i øvre halvdel et dielektrikum med relativ permittivitet lik 2.0 og i nedre halvdel et dielektrikum med relativ permittivitet lik 3.0. Metallplatene er store sammenlignet med avstanden mellom dem, dvs  $a \gg d$ . Hva blir kapasitansen til denne kondensatoren? ( $C_0 \equiv \varepsilon_0 a^2/d$ )

- A  $0.2C_0$
- B  $2.4C_0$
- C  $5.0C_0$
- D  $10.0C_0$



12) En parallellplatekondensator har kvadratiske metallplater med areal  $A = a^2$ , og avstanden mellom platene er  $d$ . Volumet mellom platene er fylt med to forskjellige dielektriske medier, i venstre halvdel et dielektrikum med relativ permittivitet lik 9 og i høyre halvdel et dielektrikum med relativ permittivitet lik 3. Metallplatene er store sammenlignet med avstanden mellom dem, dvs  $a \gg d$ . Ranger verdien av den elektriske forskyvningen  $D$  i de fire punktene (1, 2, 3, 4) som er avmerket i figuren.

- A  $D_1 = D_2 = D_3 = D_4$
- B  $D_1 = D_2 > D_3 = D_4$
- C  $D_1 = D_3 > D_2 = D_4$
- D  $D_3 = D_4 > D_1 = D_2$

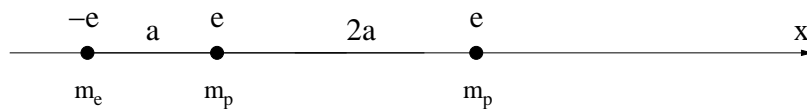


13) For kondensatoren i oppgave 12, ranger verdien av polariseringen  $P$  i de fire punktene (1, 2, 3, 4) som er avmerket i figuren.

- A  $P_1 = P_2 = P_3 = P_4$
- B  $P_1 = P_2 > P_3 = P_4$
- C  $P_1 = P_3 > P_2 = P_4$
- D  $P_3 = P_4 > P_1 = P_2$

14) På  $x$ -aksen ligger et elektron og to protoner, som vist i figuren. Elektronet (lengst til venstre) og det ene protonet (i avstand  $a$  fra elektronet) holdes fast. Det andre protonet slippes med null starthastighet fra sin startposisjon, i avstand  $3a$  fra elektronet og i avstand  $2a$  fra protonet i midten. Hva blir hastigheten til protonet som slippes når det har kommet langt ut på  $x$ -aksen?

- A  $(e^2/12\pi\epsilon_0 a)^{1/2}$
- B  $(e^2/12\pi\epsilon_0 m_p a)^{1/2}$
- C  $(e/12\pi\epsilon_0 m_p a^2)^{1/2}$
- D  $(e^2/12\pi\epsilon_0 m_p a^2)^{1/2}$



15) Ei tynn og rett uendelig lang stang ligger langs  $z$ -aksen og har ladning pr lengdeenhet  $\lambda(z)$  gitt ved

$$\lambda(z) = \lambda_0 e^{-\alpha z^2}$$

når  $z > 0$  og

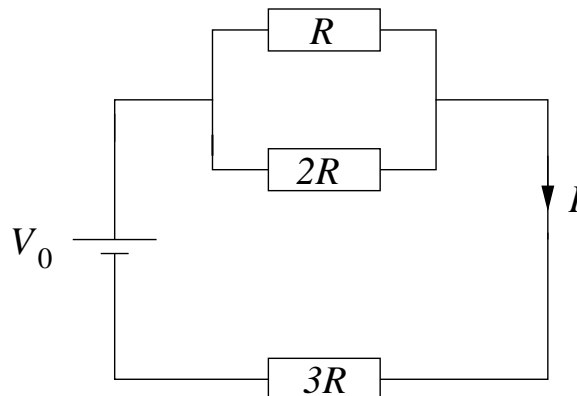
$$\lambda(z) = -\lambda_0 e^{-\alpha z^2}$$

når  $z < 0$ . Her er  $\lambda_0$  og  $\alpha$  konstanter. Hva er stangas elektriske dipolmoment?

- A  $\lambda_0/8\alpha$
- B  $\lambda_0/\pi\alpha$
- C  $\lambda_0/\alpha$
- D  $8\lambda_0/\alpha$

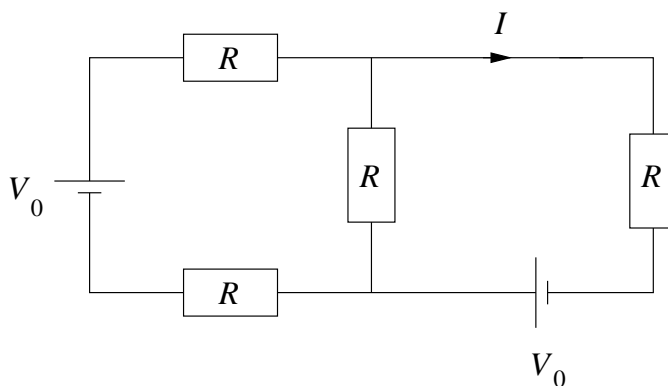
16) Hva blir strømstyrken  $I$  angitt i kretsen til høyre?

- A  $6V_0/R$
- B  $11V_0/3R$
- C  $3V_0/11R$
- D  $V_0/6R$



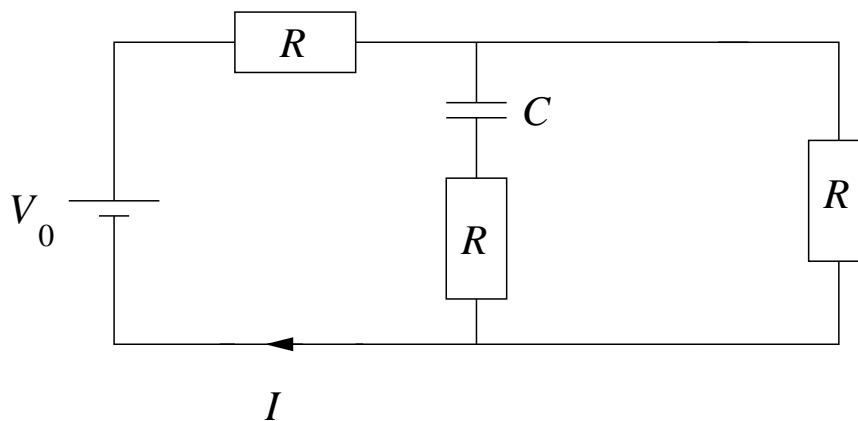
17) Hva blir strømstyrken  $I$  angitt i kretsen til høyre?

- A  $2V_0/5R$
- B  $4V_0/5R$
- C  $5V_0/4R$
- D  $5V_0/2R$



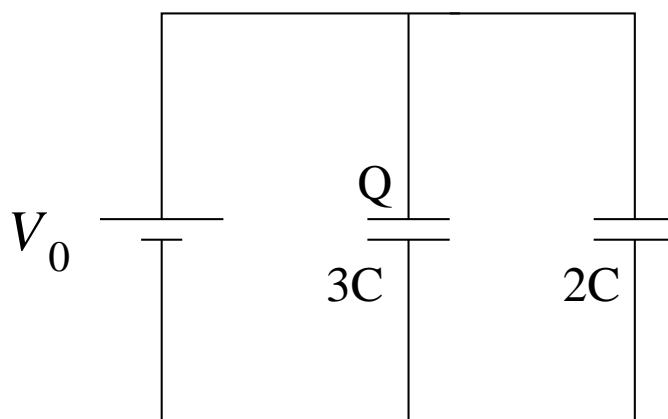
18) Hva blir strømstyrken  $I$  angitt i kretsen til høyre? Anta at spenningskilden  $V_0$  har vært tilkoblet lenge.

- A  $V_0/2R$
- B  $V_0/R$
- C  $V_0C/3R$
- D  $V_0/RC$



19) Hva blir ladningen  $Q$  angitt i kretsen til høyre?

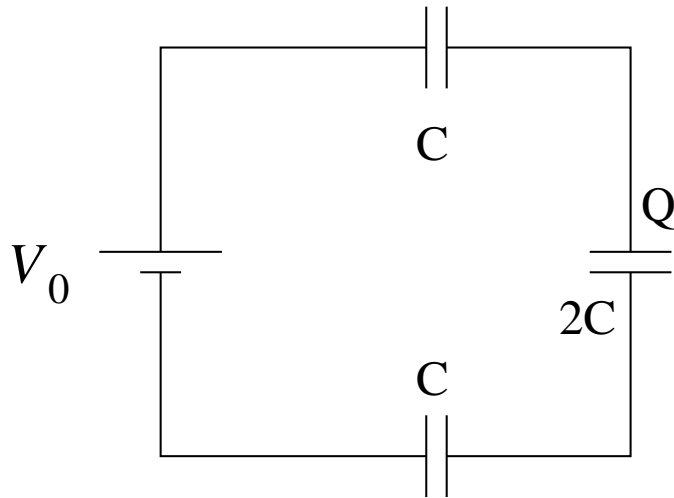
- A  $V_0C/5$
- B  $5V_0C$
- C  $V_0C/3$
- D  $3V_0C$





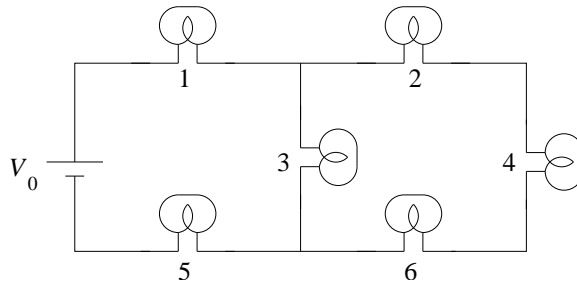
20) Hva blir ladningen  $Q$  angitt i kretsen til høyre?

- A  $V_0C/5$
- B  $2V_0C/5$
- C  $3V_0C/5$
- D  $4V_0C/5$



21) Hver av de seks lyspærene i figuren nedenfor kan betraktes som en ideell ohmsk motstand  $R$ . Økt spenning over ei lyspære (og dermed økt strømstyrke) gir økt lysstyrke i lyspæra. Hvilke lyspærer lyser sterkest?

- A 1 og 5
- B 1, 3 og 5
- C 2, 4 og 6
- D 2, 3, 4 og 6

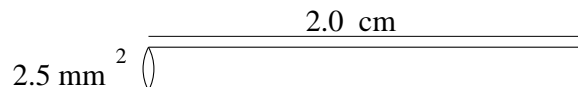


22) I kretsen i oppgave 21, hva skjer med lysstyrken i pære 3 dersom pære 4 skrues ut?

- A Uendret.
- B Lyser svakere.
- C Lyser sterkere.
- D Slukker.

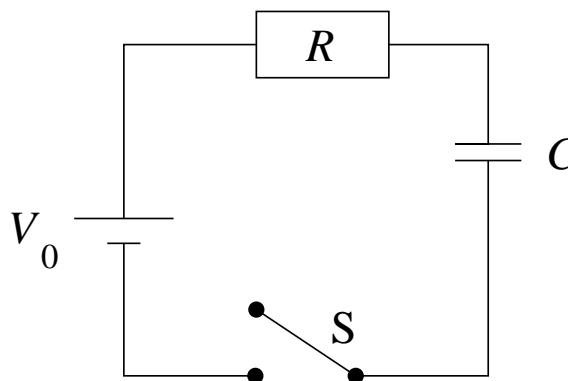
23) En sylinderformet bit av et elektrisk ledende materiale har lengde 2.0 cm og tverrsnitt  $2.5 \text{ mm}^2$ . Materialet har elektrisk resistivitet  $6.25 \cdot 10^4 \Omega \text{ m}$ . Hva blir motstanden (resistansen) til denne lederbiten?

- A  $500 \Omega$
- B  $500 \text{ k}\Omega$
- C  $500 \text{ M}\Omega$
- D  $500 \text{ G}\Omega$



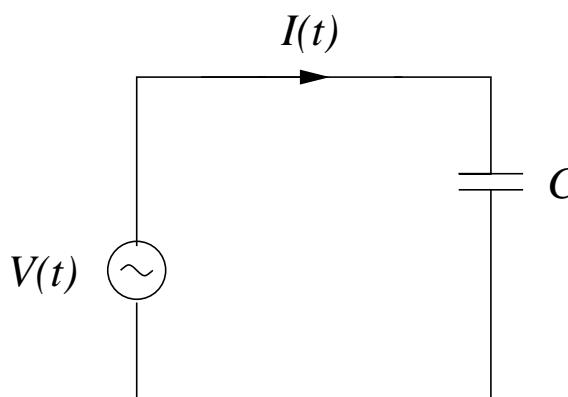
24) Kretsen i figuren nedenfor består av en likespenningskilde  $V_0 = 10 \text{ V}$ , en kapasitans  $C = 2 \mu\text{F}$  og en resistans  $R = 5 \text{ M}\Omega$  koblet i serie. Bryteren S kobles til ved tidspunktet  $t = 0$ . Hvor lang tid tar det før strømmen i kretsen har falt til 1 % av maksimalverdien  $V_0/R$ ?

- A  $85 \mu\text{s}$
- B  $16 \text{ ms}$
- C  $0.66 \text{ s}$
- D  $46 \text{ s}$



25) Kretsen i figuren nedenfor består av en vekselspenningskilde  $V(t) = V_0 \sin \omega t$  som er koblet til en kapasitans  $C$ . Hva blir strømmen  $I(t)$  i denne kretsen?

- A  $(V_0/\omega C) \cos(\omega t + \pi/2)$
- B  $\omega C V_0 \cos(\omega t + \pi/2)$
- C  $(V_0/\omega C) \sin(\omega t + \pi/2)$
- D  $\omega C V_0 \sin(\omega t + \pi/2)$



## FY1003/TFY4155 Elektrisitet og magnetisme I/Elektromagnetisme

Midtsemesterprøve fredag 23. mars 2007 kl 1415 – 1615.

Emnekode:

Studentnummer:

### Svartabell

Oppgave	A	B	C	D	Oppgave	A	B	C	D
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	19	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	21	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	22	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	23	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	24	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	25	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					

NB: Kontroller at du har satt nøyaktig ETT KRYSS for hver av de 25 oppgavene!!!!