

Midtsemesterprøve torsdag 7. mai 2009 kl 09.15 – 11.15.

Oppgaver på side 5 – 10. Svartabell på side 11. Sett tydelige kryss.

Husk å skrive på studentnummer på side 11.

LEVER KUN SVARTABELLEN PÅ SIDE 11.

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 er inkludert på sidene 2 – 4.

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. ”Store plan” er synonymt med ”tilnærmet uendelig store plan”.
- Noen naturkonstanter:  $\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$  F/m,  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  H/m,  $1/4\pi\varepsilon_0 = 9 \cdot 10^9$  Nm<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$  C,  $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31}$  kg,  $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27}$  kg,  $g = 9.8$  m/s<sup>2</sup>,  $c = 3 \cdot 10^8$  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<sup>6</sup>, k (kilo) = 10<sup>3</sup>, c (centi) = 10<sup>-2</sup>, m (milli) = 10<sup>-3</sup>,  $\mu$  (mikro) = 10<sup>-6</sup>, n (nano) = 10<sup>-9</sup>, p (piko) = 10<sup>-12</sup>.
- 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  $f(r)$ :  $\nabla f = (\partial f/\partial r)\hat{r}$

# Formelsamling

$\int d\mathbf{A}$  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. Formlernes gyldighetsområde og de ulike symbolenes betydning antas forøvrig å være kjent.

## Elektrostatikk

- 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 felt er konservativt:

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

- 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:

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

- Elektrisk polarisering = elektrisk dipolmoment pr volumenhet:

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

- Kapasitans:

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

- Energitetthet i elektrisk felt:

$$u_E = \frac{1}{2} \varepsilon_0 E^2$$

### *Magnetostatikk*

- Magnetisk fluks:

$$\phi_m = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$$

- Magnetfeltet er divergensfritt (Gauss' lov):

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$$

- Ampères lov for  $\mathbf{B}$  og  $\mathbf{H}$ :

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I$$

$$\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = I_{\text{fri}}$$

- Magnetfelt fra strømførende leder (Biot–Savarts lov):

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} I \int \frac{d\mathbf{l} \times \hat{r}}{r^2}$$

- Magnetiserende felt  $\mathbf{H}$ :

$$\mathbf{H} \equiv \frac{1}{\mu_0} \mathbf{B} - \mathbf{M} = \frac{1}{\mu_r \mu_0} \mathbf{B} = \frac{1}{\mu} \mathbf{B}$$

- Magnetisk dipolmoment:

$$\mathbf{m} = I \mathbf{A}$$

- Magnetisering = magnetisk dipolmoment pr volumenhet:

$$\mathbf{M} = \frac{\Delta \mathbf{m}}{\Delta V}$$

- Magnetisk kraft på rett strømførende leder:

$$\mathbf{F} = I\mathbf{L} \times \mathbf{B}$$

- Energitetthet i magnetfelt:

$$u_B = \frac{1}{2\mu_0}B^2$$

### *Elektrodynamikk og elektromagnetisk induksjon*

- Faraday (–Henry)s lov:

$$\mathcal{E} = \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d\phi_m}{dt}$$

- Ampère–Maxwells lov:

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt}$$

- Selvinduktans:

$$L = \frac{\phi_m}{I}$$

- Gjensidig induktans:

$$M_{12} = \frac{\phi_1}{I_2} \quad , \quad M_{21} = \frac{\phi_2}{I_1} \quad , \quad M_{12} = M_{21} = M$$

- Energitetthet i elektromagnetisk felt:

$$u = \frac{1}{2}\epsilon_0 E^2 + \frac{1}{2\mu_0}B^2$$

## Oppgaver

1) Potensialet i et område er

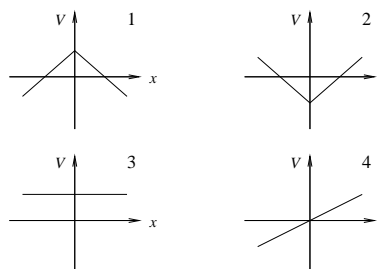
$$V(x) = 50 \text{ V} + (15 \text{ V/m})x$$

Det elektriske feltet i dette området er da

- A  $50 \text{ V } \hat{x}$
- B  $(15 \text{ V/m}) x \hat{x}$
- C  $(15 \text{ V/m}) \hat{x}$
- D  $-(15 \text{ V/m}) \hat{x}$

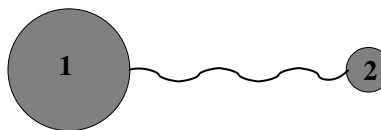
2) Hvilken av grafene i figuren representerer potensialet  $V$  i nærheten av et uendelig stort uniformt og positivt ladet plan, lokalisert i  $yz$ -planet?

- A 1
- B 2
- C 3
- D 4



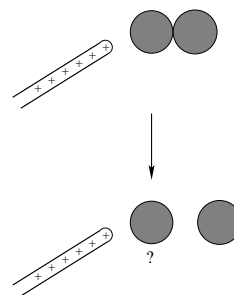
3) To ladete metallkuler er forbundet med en metalltråd. Kule 1 er større enn kule 2. Potensialet på kule 1

- A er mindre enn potensialet på kule 2.
- B er like stort som potensialet på kule 2.
- C er større enn potensialet på kule 2.
- D kan være større eller mindre enn på kule 2, avhengig av forholdet mellom kulenes radier.



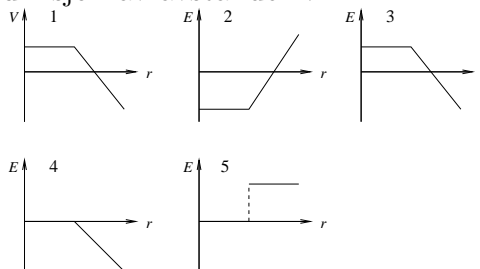
4) Du bringer en positivt ladet glass-stav nesten inntil den ene (den til venstre) av to nøytrale metallkuler som er i innbyrdes kontakt. Deretter fjerner du de to metallkulene fra hverandre. Da har metallkula til venstre fått

- A negativ ladning.
- B positiv ladning.
- C null netto ladning.
- D samme ladning som kula til høyre.



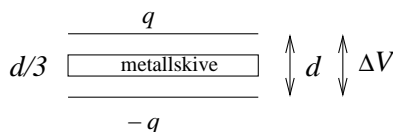
5) Hvis potensialet  $V$  som funksjon av avstanden  $r$  fra en ladningsfordeling er som vist i graf nr 1, hvilken graf viser da det elektriske feltet  $E$  som funksjon av avstanden  $r$ ?

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



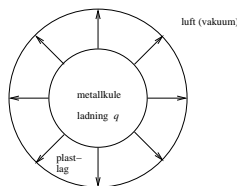
6) En parallellplatekondensator består av to tilnærmet uendelig store parallelle metallplater i innbyrdes avstand  $d$ . De to metallplatene har ladning henholdsvis  $q$  og  $-q$ . Med vakuum i hele rommet mellom platene er kapasitansen  $C_0$ . En metallskive med tykkelse  $d/3$ , og med samme areal som de to opprinnelige metallplatene, settes inn mellom platene som vist i figuren. Da blir kondensatorens kapasitans  $C_1$  lik

- A  $C_1 = 2C_0/3$
- B  $C_1 = C_0$
- C  $C_1 = 3C_0/2$
- D  $C_1 = 3C_0$



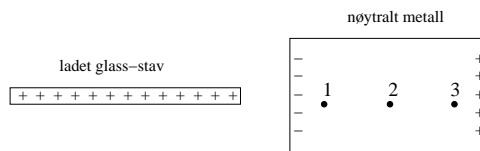
7) En metallkule med (positiv) ladning  $q$  er belagt med et lag elektrisk nøytral plast. Pilene i figuren angir da feltlinjer for

- A elektrisk forskyvning  $D$
- B elektrisk felt  $E$
- C polarisering  $P$
- D både  $D$  og  $E$



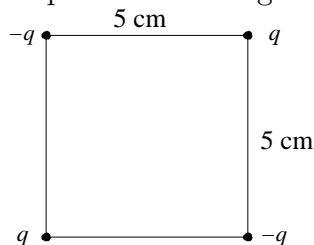
8) Du bringer en positivt og uniformt ladet glass-stav (isolator) nesten inntil et elektrisk nøytralt metall, som vist i figuren. Vi får da induisert overflateladning på det nøytrale metallet, som vist i figuren. Ranger potensialet  $V$  i de angitte punktene 1, 2 og 3 i metallet.

- A  $V_1 > V_2 > V_3$
- B  $V_1 = V_2 = V_3$
- C  $V_1 < V_2 < V_3$
- D  $V_1 = V_3 > V_2$



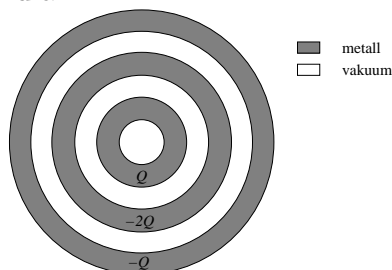
9) Fire punktladninger, to positive og to negative ( $q = 9 \mu\text{C}$ ), er plassert i hjørnene på et kvadrat med sidekanter 5 cm, som vist i figuren. Hva er systemets potensielle energi?

- A 19 J
- B Null
- C -7 J
- D -38 J



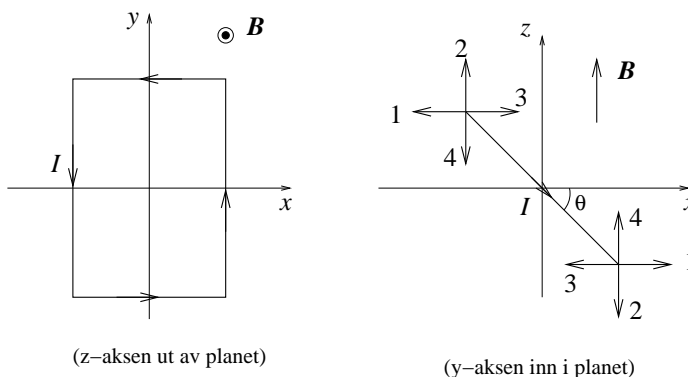
10) Figuren viser tre hule konsentriske metallkuler med netto ladning  $Q$  (på innerste kule),  $-2Q$  (på midterste kule) og  $-Q$  (på ytterste kule). Alle de tre kuleskallene har en viss tykkelse. Hvor mye ladning er samlet på *ytre* overflate av den *midterste* kula?

- A  $-Q$
- B  $-2Q$
- C  $Q$
- D 0



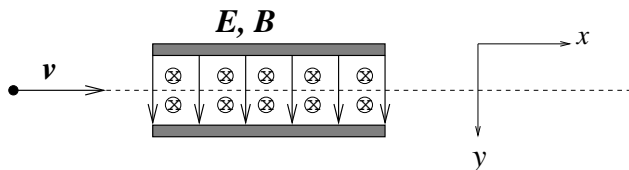
11) Ei kvadratisk ledersløyfe fører en strøm  $I$  og kan rotere omkring  $y$ -aksen. Den er plassert i et uniformt magnetfelt  $\mathbf{B}$  rettet langs  $z$ -aksen. I figurene nedenfor betrakter vi ledersløyfa i henholdsvis  $xy$ -planet (til venstre) og  $xz$ -planet (til høyre). Ledersløyfas plan danner en vinkel  $\theta$  med  $xy$ -planet, som vist i figuren til høyre. Hvilket av kraftparene nummerert fra 1 til 4 i figuren til høyre virker da på de to lengdene av ledersløyfa som ligger parallelt med  $y$ -aksen?

- A 1
- B 2
- C 3
- D 4



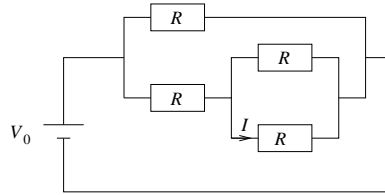
12) Partikler, alle med ladning forskjellig fra null, med ulike masser og hastigheter (men alle med hastighet i positiv  $x$ -retning) kommer inn i et område der det elektriske feltet er  $\mathbf{E} = E_0 \hat{y}$  (nedover i figuren) mens magnetfeltet er  $\mathbf{B} = B_0 \hat{z}$  (inn i planet). Hvis  $E_0 = 10 \text{ kV/m}$  og  $B_0 = 50 \text{ mT}$ , må de partiklene som passerer gjennom området med elektrisk felt og magnetfelt *uten å avbøyes*

- A være elektroner.
- B være protoner.
- C ha hastighet 500 m/s.
- D ha hastighet 200 km/s.



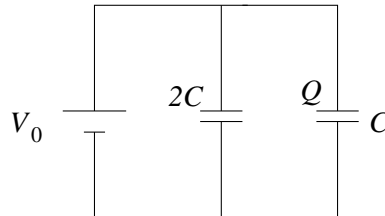
13) Hva blir strømstyrken  $I$  angitt i kretsen til høyre?

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



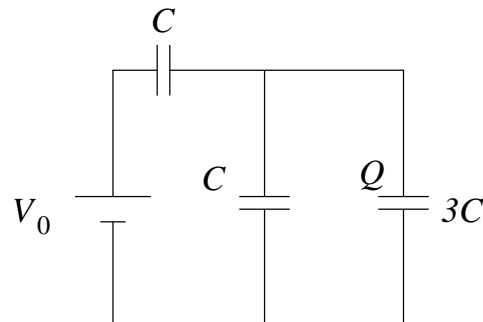
14) Hva blir ladningen  $Q$  angitt i kretsen til høyre?

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



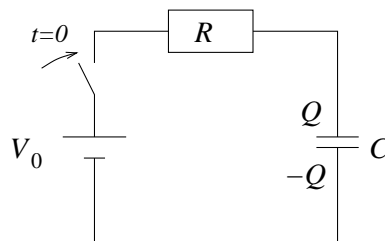
15) Hva blir ladningen  $Q$  angitt i kretsen til høyre?

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



16) En spenningskilde  $V_0 = 3 \text{ V}$  kobles ved tidspunktet  $t = 0$  til en seriekobling av en motstand  $R = 10 \Omega$  og en kondensator med kapasitans  $C = 1 \text{ mF}$ . (Før  $t = 0$  har kondensatorplatene null ladning.) Ved hvilket tidspunkt har kondensatorladningen  $Q$  nådd 95% av sin maksimale verdi  $Q_{\max} = V_0C$ ?

- A  $t = 2.7 \mu\text{s}$
- B  $t = 30 \text{ ms}$
- C  $t = 1.5 \text{ s}$
- D  $t = 49 \text{ s}$



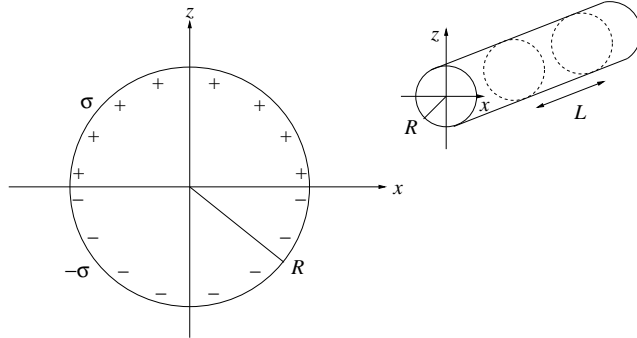
17) Hvor stor strøm  $I$  går i kretsen i oppgave 16 umiddelbart etter at spenningskilden er koblet til? (Dvs ved et tidspunkt  $t \ll \tau$ , der  $\tau$  er kretsens tidskonstant.)

- A  $I = 0$
- B  $I = 0.30 \text{ A}$
- C  $I = 3.33 \text{ A}$
- D  $I \rightarrow \infty$



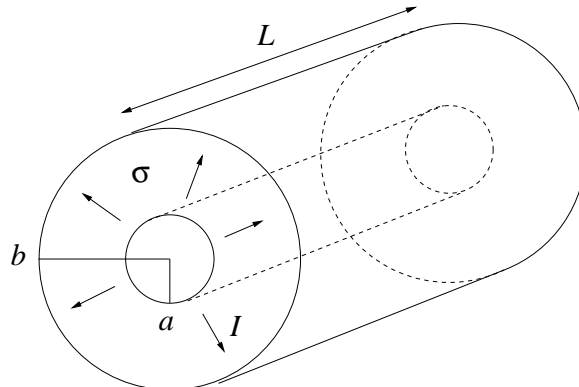
18) Et tilnærmet uendelig langt sylindrerformet rør med radius  $R$ , og med sylindreraksen sammenfallende med  $y$ -aksen, har konstant positiv ladning  $\sigma$  pr flateenhet på øvre halvdel ( $x^2 + z^2 = R^2$ ,  $z > 0$ ) og konstant negativ ladning  $-\sigma$  pr flateenhet på nedre halvdel ( $x^2 + z^2 = R^2$ ,  $z < 0$ ). Hva blir elektrisk dipolmoment pr lengdeenhet,  $\mathbf{p}/L$ , for et slik rør?

- A  $\mathbf{p}/L = 8R^2\sigma \hat{z}$
- B  $\mathbf{p}/L = 4R^2\sigma \hat{z}$
- C  $\mathbf{p}/L = 2R^2\sigma \hat{z}$
- D  $\mathbf{p}/L = R^2\sigma \hat{z}$



19) En hul sylinder har lengde  $L$ , indre radius  $a$  og ytre radius  $b$ . Materialet som fyller området mellom  $r = a$  og  $r = b$  har elektrisk ledningsevne (konduktivitet)  $\sigma$ . Hva blir konduktansen  $G$  mellom sylindrerens indre og ytre overflate? (Konduktans er den inverse resistansen,  $G = 1/R$ . Her tenker vi oss at strømmen  $I$  går radielt utover fra indre mot ytre overflate av sylindrerens.)

- A  $G = L\sigma$
- B  $G = (b^2 - a^2)\sigma/L$
- C  $G = abL\sigma/(a^2 + b^2)$
- D  $G = 2\pi L\sigma/\ln(b/a)$



20) Et elektron med masse  $m_e$  og ladning  $-e$  befinner seg i et uniformt magnetfelt  $\mathbf{B} = B_0 \hat{z}$ . Ved tidspunktet  $t = 0$  har elektronet hastighet  $\mathbf{v} = v_0 \hat{x} + v_0 \hat{y}$ . Hva slags bevegelse får elektronet?

- A Sirkelbevegelse med radius  $m_e v_0 / e B_0$
- B Sirkelbevegelse med radius  $\sqrt{2} m_e v_0 / e B_0$
- C Sirkelbevegelse med radius  $\sqrt{2} e B_0 / m_e$
- D Sirkelbevegelse med radius  $e B_0 / m_e$

---

21) Hva er magnetisk feltstyrke inne i en luftfylt spole med lengde 31.42 cm, 2000 viklinger, spolestrøm 2.0 A og tverrsnitt  $1 \text{ cm}^2$ ?

- A  $16 \mu\text{T}$
  - B  $16 \text{ mT}$
  - C  $16 \text{ T}$
  - D  $16 \text{ kT}$
- 

22) Hva er magnetisk dipolmoment for en ledersløyfe formet som en regulær sekskant med sidekanter  $1.0 \text{ cm}$  og strømstyrke  $1.0 \text{ A}$  i ledertråden?

- A  $0.2 \text{ Acm}^2$
  - B  $1.4 \text{ Acm}^2$
  - C  $2.6 \text{ Acm}^2$
  - D  $3.8 \text{ Acm}^2$
- 

23) Hva er impedansen til en kondensator med kapasitans  $200 \text{ nF}$  når den er koblet til en vekselspenningskilde med vinkelfrekvens  $10^6 \text{ s}^{-1}$ ?

- A  $0.2 \Omega$
  - B  $1.8 \Omega$
  - C  $3.4 \Omega$
  - D  $5.0 \Omega$
- 

24) Hva er impedansen til en spole med selvinduktans  $200 \text{ pH}$  når den er koblet til en vekselspenningskilde med vinkelfrekvens  $10^6 \text{ s}^{-1}$ ?

- A  $0.2 \text{ m}\Omega$
  - B  $1.8 \text{ m}\Omega$
  - C  $3.4 \text{ m}\Omega$
  - D  $5.0 \text{ m}\Omega$
- 

25) Ved tidspunktet  $t = 0$  kobles en likespenningskilde  $V_0$  til en seriekobling av en resistans  $R = 1.0 \text{ m}\Omega$  og en induktans  $L = 1.0 \mu\text{H}$ . Ved hvilket tidspunkt har strømmen i kretsen nådd 80 % av sin maksimale verdi  $V_0/R$ ?

- A  $0.9 \text{ ms}$
  - B  $1.6 \text{ ms}$
  - C  $2.3 \text{ ms}$
  - D  $4.6 \text{ ms}$
-

## FY1003/TFY4155 Elektrisitet og magnetisme/Elektromagnetisme

Midtsemesterprøve torsdag 7. mai 2009 kl 09.15 – 11.15.

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 ETT KRYSS for hver av de 25 oppgavene.