

Midtsemesterprøve fredag 13. mars 2009 kl 1415 – 1615. (Versjon B)

Oppgaver på side 3 – 9. Svartabell på side 11. Sett tydelige kryss.

Husk å skrive på studentnummer på side 11.

DET ER TILSTREKKELIG Å LEVERE INN 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 Elektrostatikk er inkludert på side 2.

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:  $\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$  (evt  $\text{F/m}$ ),  $1/4\pi\varepsilon_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,  $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ,  $m_n = m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ,  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ,  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .
- Symboler angis i kursiv (f.eks  $V$  for potensial) mens enheter angis uten kursiv (f.eks V for volt).
- SI-prefikser: T (tera) =  $10^{12}$ , G (giga) =  $10^9$ , 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  $f(r)$ :  $\nabla f = (\partial f/\partial r) \hat{r}$
- $\int dx/x = \ln x$

## Formelsamling Elektrostatiske

$\int d\mathbf{A}$  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:

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

- 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:

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

- Elektrostatiske 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 (Versjon B)

1) Hvilken påstand er feil?

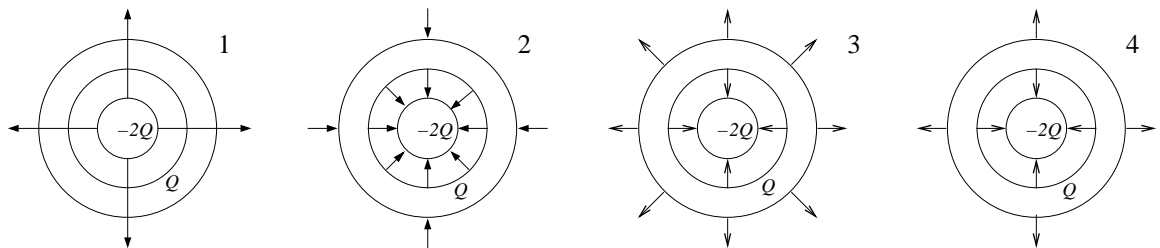
- A Halvering av avstanden mellom platene i en parallellplatekondensator doubler kapasitansen.
- B Halvering av ladningen på ei metallkule halverer dens potensielle energi.
- C Kapasitansen til en parallellplatekondensator avhenger ikke av ladningen på kondensatorplatene eller potensialforskjellen mellom kondensatorplatene.
- D Superposisjonsprinsippet gjelder både for elektrisk felt og for elektrisk potensial.

2) To punktladninger  $\pm q$  er plassert på  $z$ -aksen i  $z = \pm a$ . Hva blir netto elektrisk fluks gjennom  $xy$ -planet?

- A 0      B  $q/\epsilon_0$       C  $2q/\epsilon_0$       D  $3q/\epsilon_0$

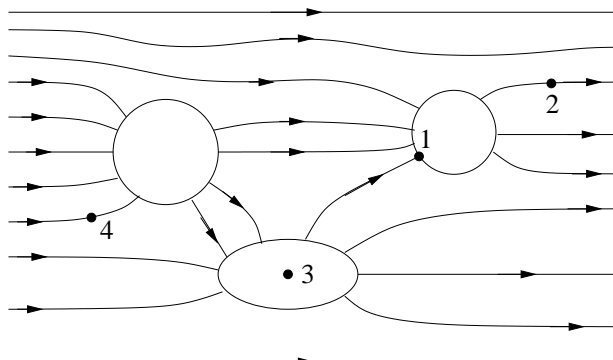
3) Figuren viser en metallkule med netto negativ ladning  $-2Q$  omgitt av et luftlag, etterfulgt av et metallisk kuleskall med netto positiv ladning  $Q$ . Hvilken figur angir da korrekt feltlinjene for  $\mathbf{E}$ ? (Tips: Gauss' lov.)

- A 1  
B 2  
C 3  
D 4



4) Figuren viser tre elektriske ledere og feltlinjer for det elektriske feltet i området omkring disse. Ranger potensialene  $V_j$  i de fire angitte posisjonene  $j = 1, 2, 3, 4$ .

- A  $V_4 > V_3 > V_2 = V_1$   
B  $V_4 > V_3 > V_1 > V_2$   
C  $V_1 > V_2 > V_3 > V_4$   
D  $V_1 = V_2 = V_3 < V_4$



---

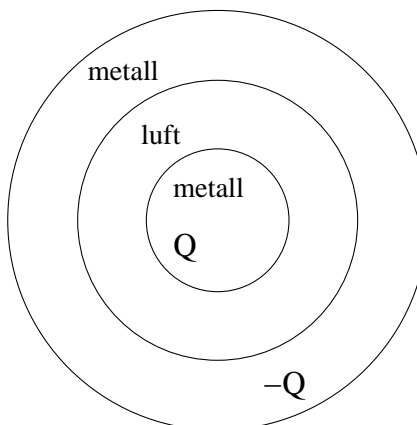
5) Ei metallkule med ladning  $Q$  er omgitt av et luftlag, fulgt av et metallisk kuleskall med ladning  $-Q$ . Hvor mye ladning befinner seg på kuleskallets ytre overflate?

A  $-Q$

B 0

C  $Q$

D  $2Q$



---

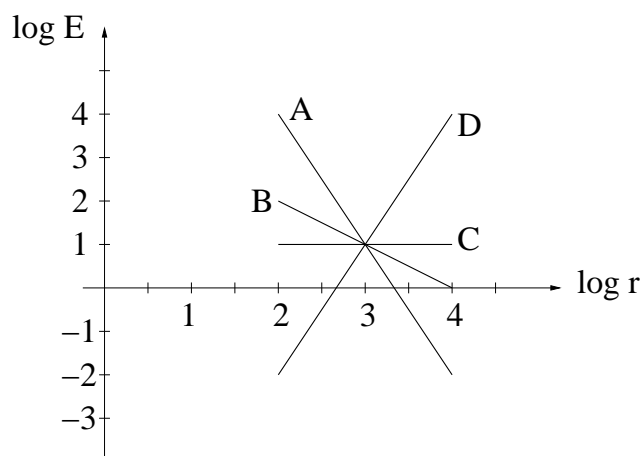
6) Hvilken graf viser  $\log E$  som funksjon av  $\log r$  i stor avstand  $r$  fra en elektrisk dipol?

A

B

C

D



---

7) Omtrent hvor mye ladning har alle elektronene i kroppen din til sammen? (Anta at kroppen din inneholder omtrent like mange nøytroner som protoner.)

A noen mC

B noen kC

C noen MC

D noen GC

---

---

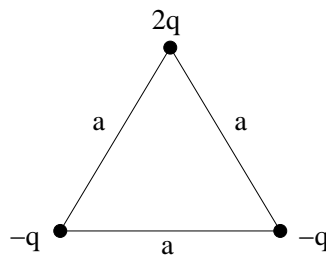
8) Tre punktladninger, en positiv ( $2q$ ) og to negative ( $-q$ ), er plassert i hvert sitt hjørne av en likesidet trekant med sidekanter  $a$ . Hva er systemets dipolmoment?

A  $qa/\sqrt{3}$

B  $\sqrt{3}qa/2$

C  $\sqrt{3}qa$

D  $2\sqrt{3}qa$



---

9) Hva er den potensielle energien til de tre ladningene i oppgave 8? (Dvs i forhold til om de tre ladningene var uendelig langt fra hverandre.)

A  $-3q^2/4\pi\epsilon_0 a$

B null

C  $q^2/4\pi\epsilon_0 a$

D  $3q^2/4\pi\epsilon_0 a$

---

10) Hva er den elektriske feltstyrken i sentrum av trekanten i oppgave 8?

A  $4q/9\pi\epsilon_0 a$

B  $4q/9\pi\epsilon_0 a^2$

C  $9q/4\pi\epsilon_0 a$

D  $9q/4\pi\epsilon_0 a^2$

---

11) To tynne konsentriske ledende kuleskall har radius hhv  $R$  og  $4R$ , og ladning hhv  $Q$  og  $-Q$ . Hvor mye energi er lagret i det elektriske feltet i volumet mellom de to kuleskallene?

A  $Q^2/64\pi\epsilon_0 R$

B  $3Q^2/32\pi\epsilon_0 R$

C  $Q^2/4\pi\epsilon_0 R$

D  $7Q^2/128\pi\epsilon_0 R$

---

12) Hva er kapasitansen til kulekondensatoren i forrige oppgave?

A  $3\pi\epsilon_0 R^2/16$

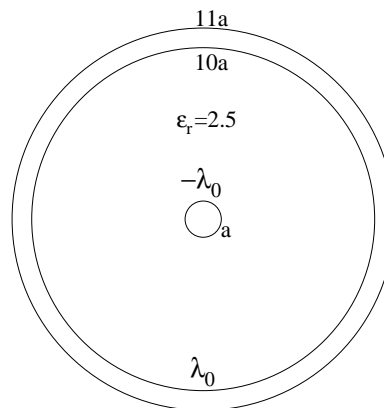
B  $16\pi\epsilon_0 R^2/3$

C  $3\pi\epsilon_0 R/16$

D  $16\pi\epsilon_0 R/3$

13) En koaksialkabel består av en indre leder med radius  $a$  og en ytre ”rørformet” leder med indre radius  $10a$  og ytre radius  $11a$ . Figuren viser et tverrsnitt gjennom kabelen, som kan antas å være rett og tilnærmet uendelig lang. Rommet mellom de to lederne ( $a < r < 10a$ ) består av et dielektrikum med relativ permittivitet 2.5. Anta at indre og ytre leder har ladning hhv  $-\lambda_0$  og  $\lambda_0$  pr lengdeenhet. Hvor er ladningen på indre og ytre leder lokalisert?

- A Ved  $r = a$  og  $r = 10a$ .  
 B Ved  $r = a$  og  $r = 11a$ .  
 C Ved  $r = a$  og uniformt fordelt over  $10a < r < 11a$ .  
 D Uniformt fordelt over  $0 < r < a$  og  $10a < r < 11a$ .



14) Hva er den elektriske feltstyrken  $E(r)$  i området  $a < r < 10a$  for koaksialkabelen i oppgave 13?

- A  $\lambda_0/5\pi\epsilon_0 r$       B  $\lambda_0/10\pi\epsilon_0 r$       C  $2.5\lambda_0/4\pi\epsilon_0 r$       D  $\lambda_0/4\pi\epsilon_0 r$

15) Hvor stor er kapasitansen pr lengdeenhet for koaksialkabelen i oppgave 13?

- A 12 nF/m      B 60 nF/m      C 12 pF/m      D 60 pF/m

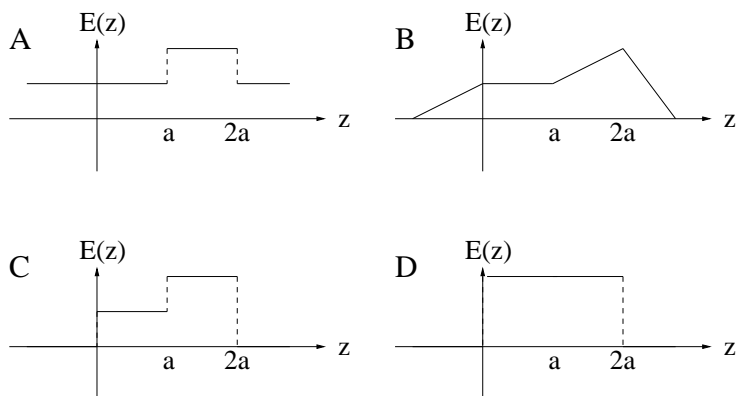
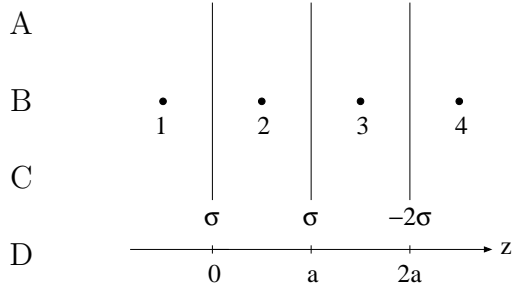
16) En lang tynn tråd ligger langs  $x$ -aksen og har ladning

$$\lambda(x) = \lambda_0 \frac{e^{-\alpha|x|}}{\alpha x}$$

pr lengdeenhet. Her er  $\lambda_0$  og  $\alpha$  konstanter. Anta at tråden kan regnes som uendelig lang. Hva blir da trådens dipolmoment?

- A  $2\lambda_0\alpha$       B  $2\lambda_0\alpha^2$       C  $2\lambda_0/\alpha$       D  $2\lambda_0/\alpha^2$

17) Tre store parallelle plan har innbyrdes avstand  $a$  som vist i figuren nedenfor, til venstre. Planene har ladning pr flateenhet  $\sigma$ ,  $\sigma$ , og  $-2\sigma$  (fra venstre mot høyre, og  $\sigma > 0$ ). Det elektriske feltet kan skrives på formen  $\mathbf{E}(z) = E(z) \hat{z}$ . Hvilken figur (nedenfor, til høyre) viser korrekt  $E(z)$ ?



18) Ranger det elektriske potensialet i de fire punktene merket med 1, 2, 3 og 4 i figuren til venstre i forrige oppgave.

- A  $V_1 > V_2 > V_3 > V_4$
- B  $V_1 > V_4 > V_2 = V_3$
- C  $V_4 = V_1 > V_2 = V_3$
- D  $V_1 = V_4 > V_3 > V_2$

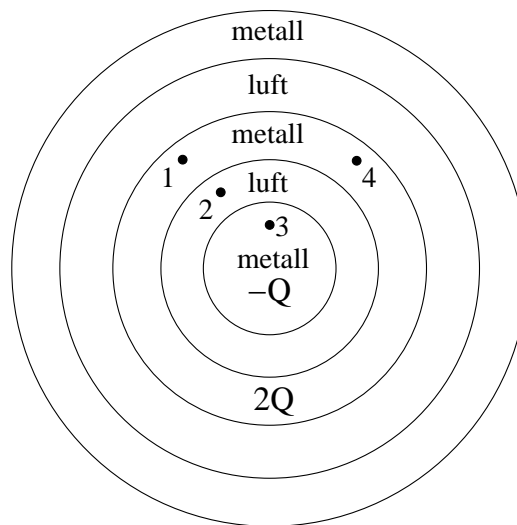
19) Ei metallkule med ladning  $-Q$  er omgitt av et luftlag, deretter et metallisk kuleskall med ladning  $2Q$ , deretter et luftlag, og endelig et metallisk kuleskall med null netto ladning. Hvor mye ladning befinner seg på det ytterste kuleskallets ytre overflate?

A  $-Q$

B  $0$

C  $Q$

D  $2Q$



20) I figuren i forrige oppgave er det angitt fire posisjoner (1, 2, 3 og 4). Ranger potensialet i disse fire punktene.

A  $V_4 > V_3 > V_2 = V_1$

B  $V_4 > V_3 > V_1 > V_2$

C  $V_1 = V_4 > V_2 > V_3$

D  $V_1 = V_2 = V_3 < V_4$

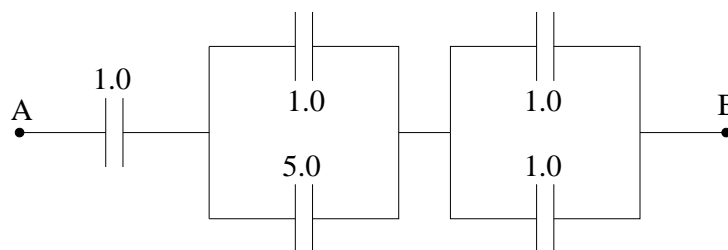
21) Figuren viser en sammenkobling av fem kapasitanser med verdier i pF som angitt i figuren. Hva blir total kapasitans for hele sammenkoblingen, i enheten pF?

A  $0.6$

B  $2.3$

C  $5.0$

D  $9.0$



22) Anta at det mellom endepunktene A og B i forrige oppgave er en potensialforskjell på  $100\text{ V}$ . Hvor mye ladning  $(\pm)Q$ , i enheten pC, befinner seg da på kondensatoren med kapasitans  $5.0\text{ pF}$ ?

A  $Q = 1$

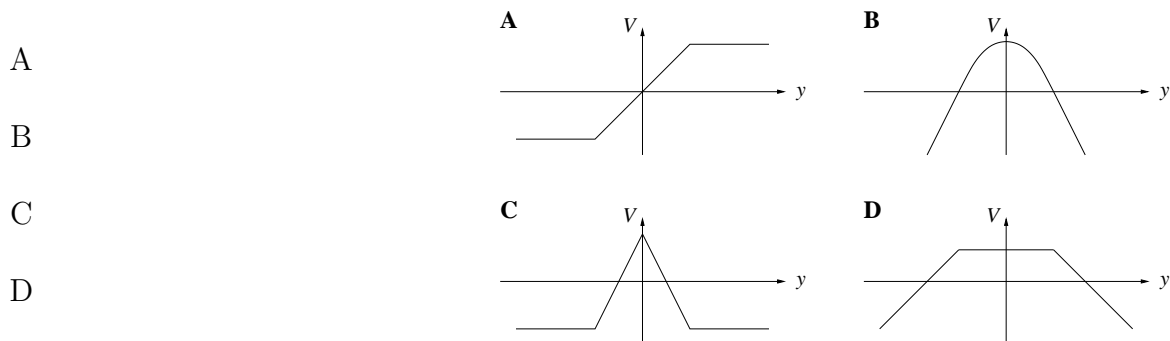
B  $Q = 5$

C  $Q = 25$

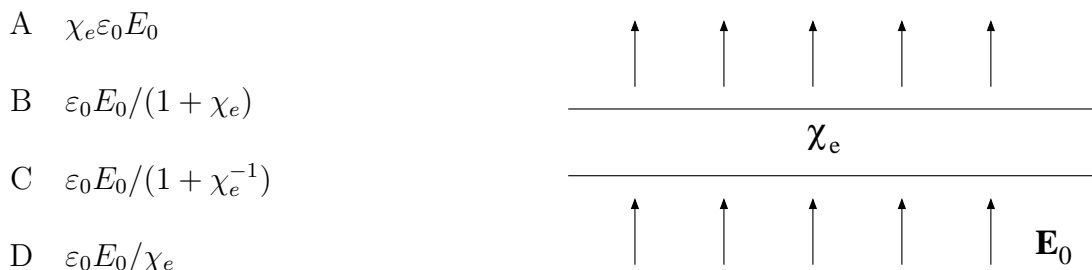
D  $Q = 50$



23) Ei skive med uniform ladning  $\rho_0$  pr volumenhet har uendelig utstrekning i  $x$ - og  $z$ -retning og fyller rommet mellom  $y = -d$  og  $y = d$ . Hvilken graf viser korrekt potensial  $V(y)$ ?

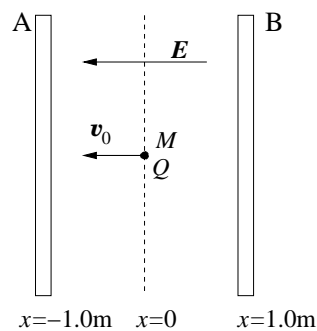


24) Ei tilnærmet uendelig stor dielektrisk skive plasseres på tvers i et uniformt ytre elektrisk felt  $\mathbf{E}_0$ . Skiva er produsert i et materiale med elektrisk susceptibilitet  $\chi_e$ . Hva blir induisert ladning  $\pm\sigma_i$  pr flateenhet på overflatene til den dielektriske skiva?



25) To tilnærmet uendelig store parallelle metallplater A og B er plassert i henholdsvis  $x = -1.0$  m og  $x = 1.0$  m som vist i figuren nedenfor. Et uniformt elektrisk felt mellom platene på 20 kV/m (i negativ  $x$ -retning) er generert av ladning på metallplatene. Et oksygenion med masse  $M = 16m_p$  og ladning  $Q = -2e$  starter i  $x = 0$  med hastighet  $v_0 = 5.0 \cdot 10^4$  m/s i negativ  $x$ -retning. Hva blir dette ionets skjebne?

- A Det treffer venstre plate med hastighet  $4.9 \cdot 10^5$  m/s.
- B Det treffer venstre plate med hastighet  $2.1 \cdot 10^6$  m/s.
- C Det treffer høyre plate med hastighet  $6.9 \cdot 10^5$  m/s.
- D Det treffer høyre plate med hastighet  $1.4 \cdot 10^6$  m/s.





**FY1003/TFY4155 Elektrisitet og magnetisme/Elektromagnetisme**

Midtsemesterprøve fredag 13. mars 2009 kl 1415 – 1615.

Emnekode:

Studentnummer:

Svartabell (Versjon B)

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.