

Midtsemesterprøve onsdag 7. mars 2007 kl 1300 – 1500.

Svartabellen står på side 11. Sett tydelige kryss.

Husk å skrive på studentnummer, både på side 3 og side 11.

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 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.
- Noen naturkonstanter: $\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$, $1/4\pi\varepsilon_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$, $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $g = 9.8 \text{ m/s}^2$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.
- 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} , μ (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: $\int x^n dx = x^{n+1}/(n+1) + C$, $\int dx/x = \ln|x| + C$, $\int_0^{2\pi} \cos^2 x dx = \pi$

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 Ω 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:

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

Emnekode:

Studentnummer:

Oppgaver – Versjon A

1) Hvilken påstand om elektrisk potensial er feil?

- A Dersom det elektriske feltet i et område er uniformt, er potensialet i dette området konstant.
 - B Superposisjonsprinsippet gjelder for elektrisk potensial.
 - C Elektrisk potensial kan måles i enheten C/F.
 - D En metallbit med et tomt hulrom inni har samme potensial på ytre overflate som inne i hulrommet.
-

2) Hvilken påstand om elektrisk ladning er riktig?

- A Netto ladning på en metallkule ligger alltid på overflaten.
 - B Netto ladning på en plastkule ligger alltid på overflaten.
 - C Netto ladning på en metallkule ligger aldri på overflaten.
 - D Netto ladning på en plastkule ligger aldri på overflaten.
-

3) Hvilken påstand om en ladet leder er feil?

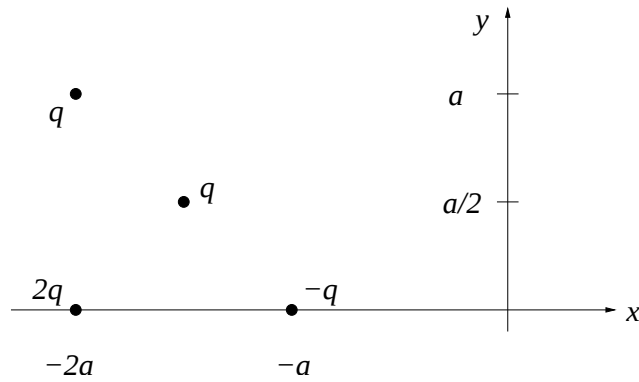
- A Inne i lederen er det null elektrisk felt.
 - B Lederen er et ekvipotensial.
 - C På overflaten av lederen er det null elektrisk felt.
 - D Inne i lederen er det ingen netto ladning.
-

4) Hvilken påstand er riktig? Kapasitansen til en parallellplatekondensator ...

- A ... er omvendt proporsjonal med potensialforskjellen mellom platene.
 - B ... er proporsjonal med ladningen på platene.
 - C ... blir mindre hvis vi øker avstanden mellom platene.
 - D ... er uavhengig av valg av materiale mellom platene.
-

5) Hva blir kraften på ladningen q som er plassert i posisjon $(x, y) = (-3a/2, a/2)$?

- A $(\hat{x} + \hat{y}) \sqrt{2}q^2/\pi\epsilon_0 a^2$
- B $(\hat{x} - \hat{y}) \sqrt{2}q^2/\pi\epsilon_0 a^2$
- C $\hat{y} \sqrt{2}q^2/\pi\epsilon_0 a^2$
- D $\hat{x} \sqrt{2}q^2/\pi\epsilon_0 a^2$



6) Hva er total potensiell energi til de fire punktladningene i oppgave 5?

- A $q^2/4\pi\epsilon_0 a^2$
- B $3q^2/4\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a$
- C $3q/\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a$
- D 0

7) Tre av ladningene i oppgave 5 holdes fast mens den fjerde, den øverst til venstre, med ladning q og masse m , slippes med null starthastighet fra posisjonen $(-2a, a)$. Hvor stor er farten v til denne ladningen når den har kommet svært langt unna de tre andre?

- A $v = \left[\left(\frac{\sqrt{2}}{4} + 1\right) q^2/m\pi\epsilon_0 a\right]^{1/2}$
- B $v = 0$
- C $v = \left[\left(\frac{\sqrt{2}}{4} - 1\right) q^2/m\pi\epsilon_0 a\right]^{1/2}$
- D $v = \left[\left(1 - \frac{\sqrt{2}}{4}\right) q^2/m\pi\epsilon_0 a\right]^{1/2}$

8) To små metallkuler har ladning henholdsvis $6.0 \mu\text{C}$ og $-5.0 \mu\text{C}$. Avstanden mellom kulene er 60 cm. Innbyrdes kraft mellom de to kulene er da

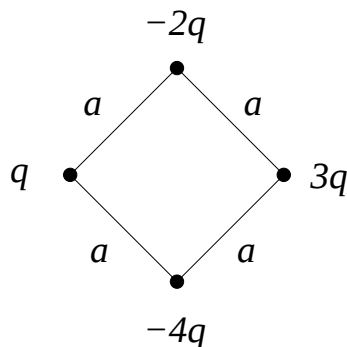
- A 0.50 N
- B 0.75 N
- C 1.00 N
- D 1.25 N

9) I stor avstand $\mathbf{r} = L\hat{x}$ fra en liten (dvs: utstrekning mye mindre enn L) elektrisk dipol med dipolmoment $\mathbf{p} = p_0\hat{y}$ er det elektriske feltet $-E_0\hat{y}$. Feltet i avstand $3L\hat{x}$ fra dipolen er da omtrent lik

- A $-0.037E_0\hat{y}$
- B $-0.11E_0\hat{y}$
- C $-0.33E_0\hat{y}$
- D $-E_0\hat{y}$

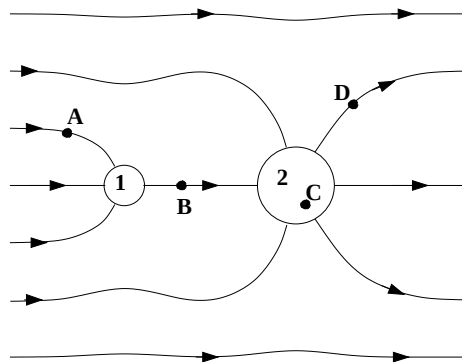
10) Hva er den elektriske feltstyrken i avstand 30 cm fra de fire ladningene i figuren dersom $q = 1\mu\text{C}$ og $a = 1\text{ mm}$?

- A 18 MV/mm
- B 200 V/mm
- C 60 kV/m
- D 18 V/m



11) Figuren nedenfor viser elektriske feltlinjer i et område som inneholder to metallkuler. Hva kan du si om netto ladning på de to kulene?

- A Negativ på begge kuler.
- B Null på kule 1, positiv på kule 2.
- C Positiv på begge kuler.
- D Negativ på kule 1, null på kule 2.

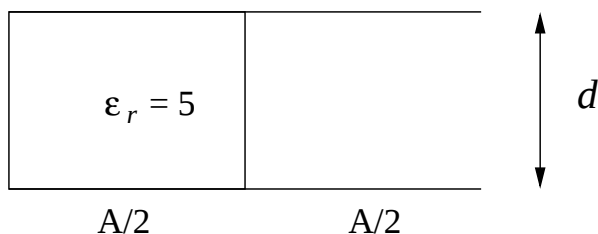


12) I figuren i oppgave 11, i hvilken av de fire posisjonene A, B, C og D er potensialet størst?

- A
- B
- C
- D

13) En parallellplatekondensator har kvadratiske metallplater med areal $A = a^2$, og avstanden mellom platene er d . Volumet mellom platene er delvis fylt med luft (høyre halvdel) og delvis fylt med et dielektrikum med relativ permittivitet $\epsilon_r = 5$ (venstre halvdel). Metallplatene er store sammenlignet med avstanden mellom dem, dvs $a \gg d$. Hva blir kapasitansen til denne kondensatoren? ($C_0 \equiv \epsilon_0 a^2/d$)

- A $5C_0/3$
- B $5C_0/6$
- C $3C_0$
- D $6C_0$



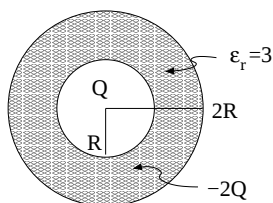
14) I et område er det elektriske feltet

$$\mathbf{E}(r) = E_0 \left(\frac{r}{r_0} - \frac{r^3}{r_0^3} \right) \hat{r}$$

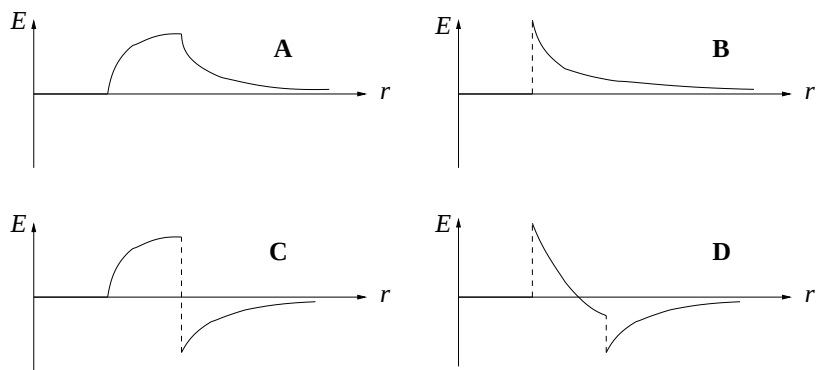
Her er E_0 og r_0 konstanter, mens r angir avstanden fra origo. Hvor mye netto ladning er det da innenfor et kuleskall med radius $2r_0$ og sentrum i origo?

- A 0
- B $-96\pi\epsilon_0 r_0^2 E_0$
- C $-24\pi\epsilon_0 r_0^2 E_0$
- D $-144\pi\epsilon_0 r_0^2 E_0$

15) Ei metallkule har radius R og positiv ladning Q . Kula er belagt med et lag plast (dvs: dielektrikum) med tykkelse R og relativ permittivitet $\epsilon_r = 3$. I plastlaget er en negativ (fri, men ikke mobil) ladning $-2Q$ jevnt fordelt (dvs: konstant ladning pr volumenhet). Hvilken av grafene A – D viser det resulterende elektriske feltet $E(r)$ (slik at $\mathbf{E}(r) = E(r) \hat{r}$)?

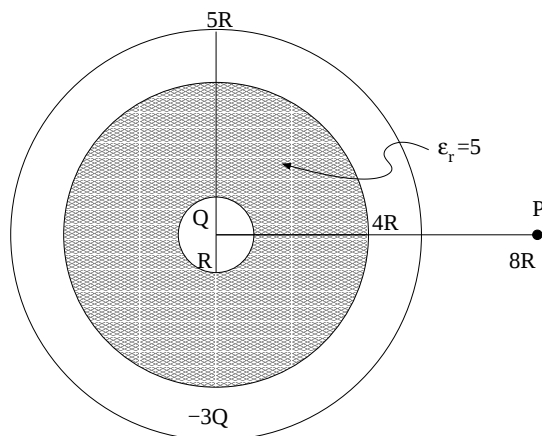


- A
- B
- C
- D



16) Ei metallkule har radius R og positiv ladning Q . Kula er belagt med et lag elektrisk nøytral plast (dvs: dielektrikum) med tykkelse $3R$ og relativ permittivitet $\epsilon_r = 5$. Utenfor plastlaget er det et metallisk kuleskall med tykkelse R og netto ladning $-3Q$. Hvor mye ladning befinner seg da på ytre overflate av det metalliske kuleskallet?

- A $-3Q$
- B $-2Q$
- C $-Q$
- D 0



17) I oppgave 16, hva er det elektriske feltet i punktet P, dvs i avstand $8R$ fra systemets sentrum (origo)?

- A $-Q/128\pi\epsilon_0 R^2$
- B $-3Q/128\pi\epsilon_0 R^2$
- C 0
- D $-Q/256\pi\epsilon_0 R^2$

18) I oppgave 16, hva er potensialforskjellen mellom den innerste metallkula og punktet P?

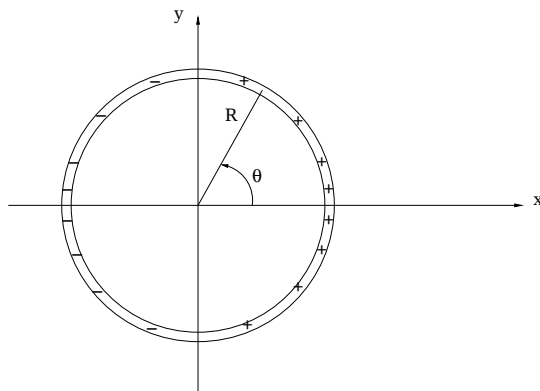
- A $Q/16\pi\epsilon_0 R^2$
- B $Q/32\pi\epsilon_0 R$
- C 0
- D $Q^2/4\pi\epsilon_0 R$

19) Hvor stort arbeid må utføres for å endre ladningen fra null til $-2Q$ på ei metallkule med radius R ?

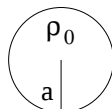
- A $2Q^2/\pi\epsilon_0 R$
- B $Q^2/\pi\epsilon_0 R$
- C $Q^2/2\pi\epsilon_0 R$
- D $Q^2/4\pi\epsilon_0 R$

20) En tynn ring med radius R har ladning $\lambda(\theta) = \lambda_0 \cos \theta$ pr lengdeenhet. Ringen ligger i xy -planet med sentrum i origo, og vinkelen θ er som angitt i figuren nedenfor. Hva er ringens dipolmoment?

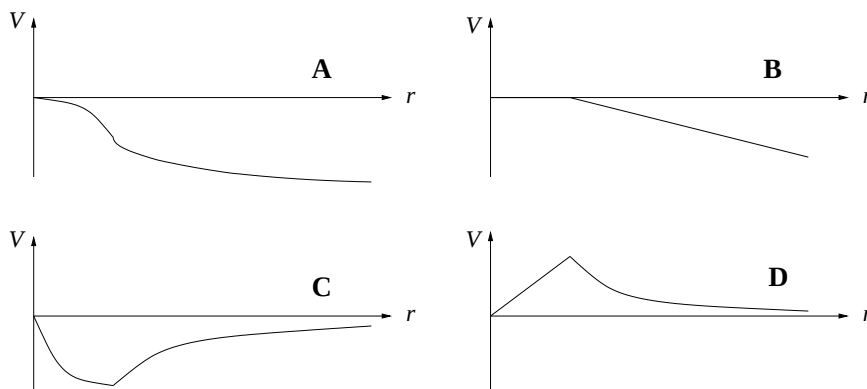
- A $\lambda_0 R^2/4$
- B $\pi \lambda_0 R^2$
- C $4\pi \lambda_0 R^2$
- D $\lambda_0 R^2/\pi$



21) Figuren viser et tverrsnitt av en uendelig lang rett tråd med radius a og uniform ladning ρ_0 pr volumenhet. Hvilken av grafene A – D viser potensialet V som funksjon av avstanden r fra trådens senterakse? (Her har vi valgt $V = 0$ i $r = 0$.)

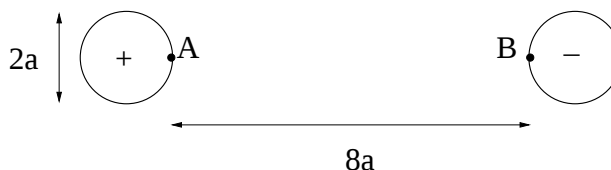


- A
- B
- C
- D



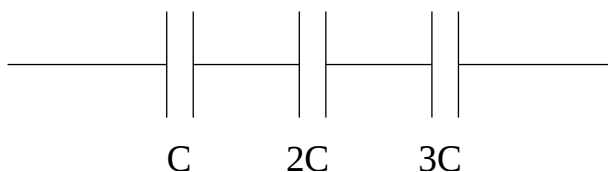
22) Figuren viser et tverrsnitt gjennom to parallelle uendelig lange rette tråder som begge har radius a . Avstanden mellom trådene (senter-til-senter) er $10a$. De to trådene har uniform ladning pr volumenhet henholdsvis ρ_0 og $-\rho_0$. Hva er da potensialforskjellen mellom punktene A og B i figuren? (Avstanden fra A til B er $8a$.)

- A $\varepsilon_0 \rho_0 a^2/\pi$
- B $\rho_0 a^2 e^3/\varepsilon_0$
- C $\varepsilon_0 \rho_0 a^2 \ln 8$
- D $\rho_0 a^2 \ln 9/\varepsilon_0$



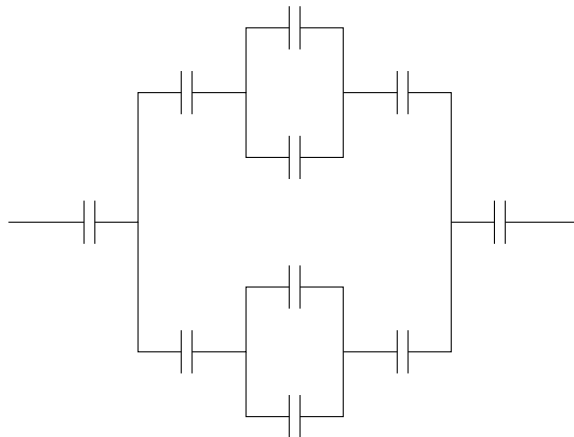
23) Figuren viser tre kondensatorer koblet i serie. Hva er systemets totale kapasitans?

- A $6C/11$
- B $11C/6$
- C $11C$
- D $6C$

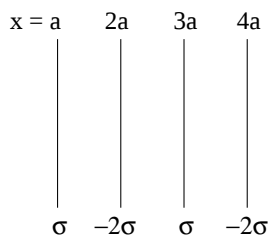


24) Figuren viser ti kondensatorer koblet sammen. Hver av dem har kapasitans C . Hva er systemets totale kapasitans?

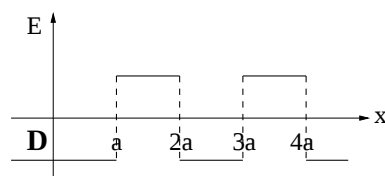
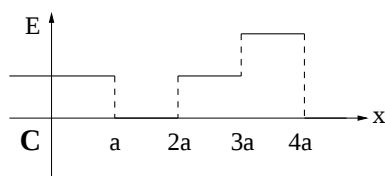
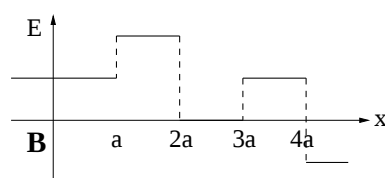
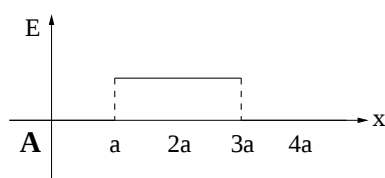
- A $10C$
- B $13C/4$
- C $4C/13$
- D $C/10$



25) Fire uendelig store plan er plassert i $x = a, 2a, 3a$ og $4a$. De fire planene har ladning pr flateenhet henholdsvis $\sigma, -2\sigma, \sigma$ og -2σ . Hvilken figur viser det resulterende elektriske feltet $E(x)$ (slik at $\mathbf{E}(x) = E(x) \hat{x}$)?



- A
- B
- C
- D



FY1003/TFY4155 Elektrisitet og magnetisme I/Elektromagnetisme

Midtsemesterprøve onsdag 7. mars 2007 kl 1300 – 1500.

Emnekode:

Studentnummer:

Svartabell – Versjon A

Oppgave	A	B	C	D	Oppgave	A	B	C	D
1	☐	☐	☐	☐	14	☐	☐	☐	☐
2	☐	☐	☐	☐	15	☐	☐	☐	☐
3	☐	☐	☐	☐	16	☐	☐	☐	☐
4	☐	☐	☐	☐	17	☐	☐	☐	☐
5	☐	☐	☐	☐	18	☐	☐	☐	☐
6	☐	☐	☐	☐	19	☐	☐	☐	☐
7	☐	☐	☐	☐	20	☐	☐	☐	☐
8	☐	☐	☐	☐	21	☐	☐	☐	☐
9	☐	☐	☐	☐	22	☐	☐	☐	☐
10	☐	☐	☐	☐	23	☐	☐	☐	☐
11	☐	☐	☐	☐	24	☐	☐	☐	☐
12	☐	☐	☐	☐	25	☐	☐	☐	☐
13	☐	☐	☐	☐					

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

NB: Kontroller at du har SAMME VERSJON (A, B, C, D eller E) på oppgavene og svartabellen!!!!