

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

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 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} , 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 $f(r)$: $\nabla f = (\partial f/\partial r) \hat{r}$
- $\int dx/x = \ln x$

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 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:

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

Oppgaver (Versjon A)

1) Hvilken påstand er feil?

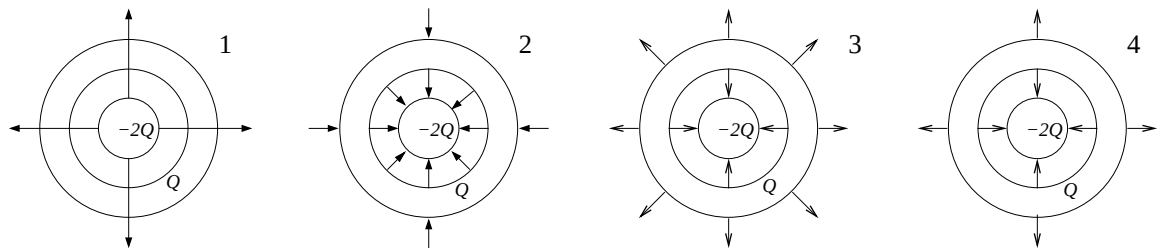
- A Halvering av avstanden mellom platene i en parallellplatekondensator dobler kapasitansen.
- B Halvering av ladningen på ei metallkule halverer dens potensielle energi.
- C Kapasitansen til en parallellplatekondensator avhenger ikke av ladningen på kondensatorplatene eller potensialforskjellen mellom 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/ϵ_0 C $2q/\epsilon_0$ D $3q/\epsilon_0$

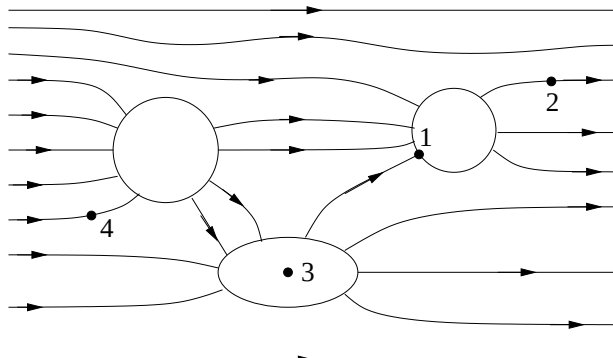
3) Figuren viser en metallkule med netto negativ ladning $-2Q$ omgitt av et luftlag, etterfulgt av et metallisk kuleskall med netto positiv ladning Q . Hvilken figur angir da korrekt feltlinjene for $\mathbf{E}$? (Tips: Gauss' lov.)

- 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 $V_1 = V_2 = V_3 < V_4$



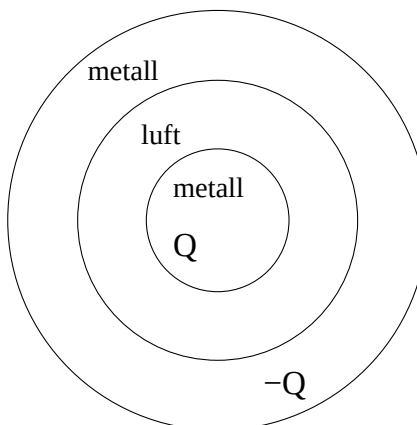
5) Ei metallkule med ladning Q er omgitt av et luftlag, fulgt av et metallisk kuleskall med ladning $-Q$. Hvor mye ladning befinner seg på kuleskallets ytre overflate?

A $-Q$

B 0

C Q

D $2Q$



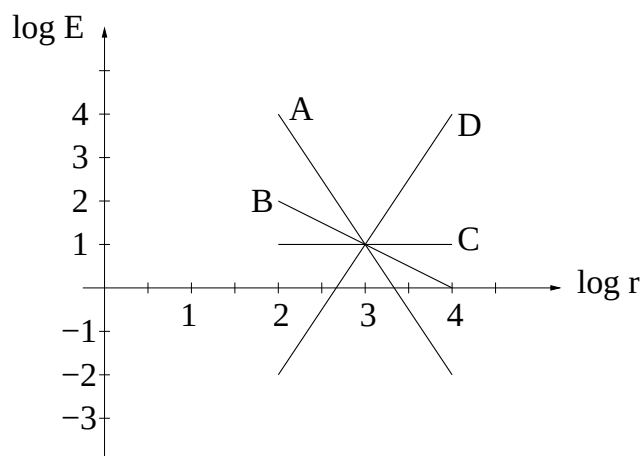
6) Hvilken graf viser $\log E$ som funksjon av $\log r$ i stor avstand r fra en elektrisk dipol?

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

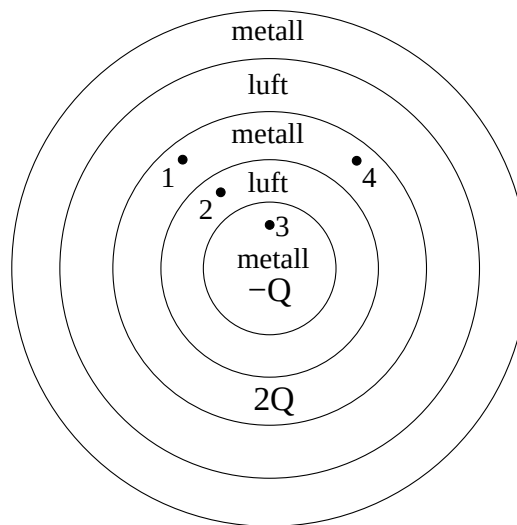
8) Ei metallkule med ladning $-Q$ er omgitt av et luftlag, deretter et metallisk kuleskall med ladning $2Q$, deretter et luftlag, og endelig et metallisk kuleskall med null netto ladning. Hvor mye ladning befinner seg på det ytterste kuleskallets ytre overflate?

A $-Q$

B 0

C Q

D $2Q$



9) 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 $V_1 = V_2 = V_3 < V_4$

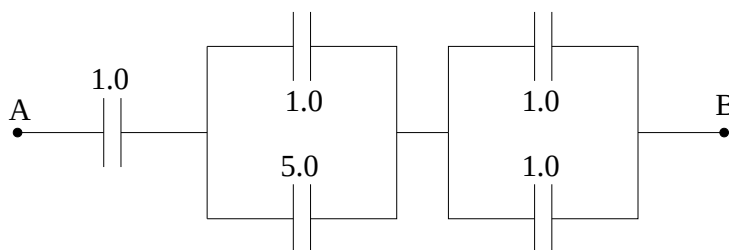
10) Figuren viser en sammenkobling av fem kapasitanser med verdier i pF som angitt i figuren. Hva blir total kapasitans for hele sammenkoblingen, i enheten pF?

A 0.6

B 2.3

C 5.0

D 9.0



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

A $Q = 1$

B $Q = 5$

C $Q = 25$

D $Q = 50$

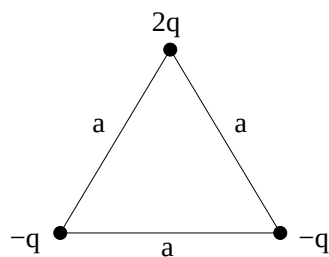
12) Tre punktladninger, en positiv ($2q$) og to negative ($-q$), er plassert i hvert sitt hjørne av en likesidet trekant med sidekanter a . Hva er systemets dipolmoment?

A $qa/\sqrt{3}$

B $\sqrt{3}qa/2$

C $\sqrt{3}qa$

D $2\sqrt{3}qa$



13) Hva er den potensielle energien til de tre ladningene i oppgave 12? (Dvs i forhold til om de tre ladningene var uendelig langt fra hverandre.)

A $-3q^2/4\pi\epsilon_0a$

B null

C $q^2/4\pi\epsilon_0a$

D $3q^2/4\pi\epsilon_0a$

14) Hva er den elektriske feltstyrken i sentrum av trekanten i oppgave 12?

A $4q/9\pi\epsilon_0a$

B $4q/9\pi\epsilon_0a^2$

C $9q/4\pi\epsilon_0a$

D $9q/4\pi\epsilon_0a^2$

15) 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 $Q^2/64\pi\epsilon_0R$

B $3Q^2/32\pi\epsilon_0R$

C $Q^2/4\pi\epsilon_0R$

D $7Q^2/128\pi\epsilon_0R$

16) Hva er kapasitansen til kulekondensatoren i forrige oppgave?

A $3\pi\epsilon_0R^2/16$

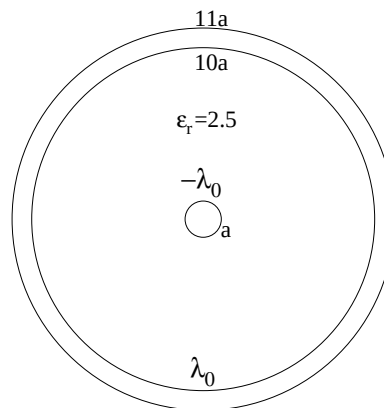
B $16\pi\epsilon_0R^2/3$

C $3\pi\epsilon_0R/16$

D $16\pi\epsilon_0R/3$

17) 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 λ_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 $10a < r < 11a$.



18) Hva er den elektriske feltstyrken $E(r)$ i området $a < r < 10a$ for koaksialkabelen i oppgave 17?

- 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 $\lambda_0/4\pi\epsilon_0 r$

19) Hvor stor er kapasitansen pr lengdeenhet for koaksialkabelen i oppgave 17?

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

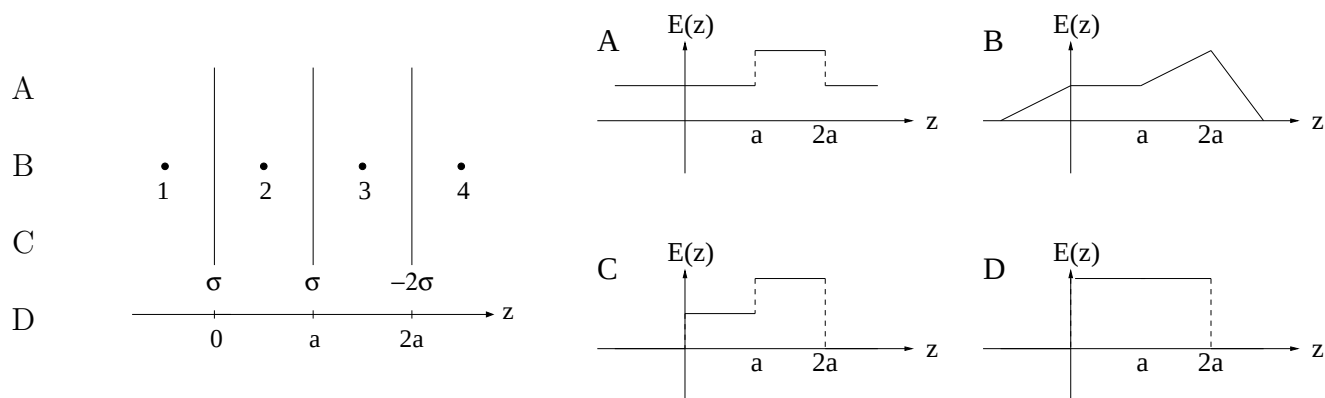
20) En lang tynn tråd ligger langs x -aksen og har ladning

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

pr lengdeenhet. Her er λ_0 og α 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 $2\lambda_0/\alpha^2$
-

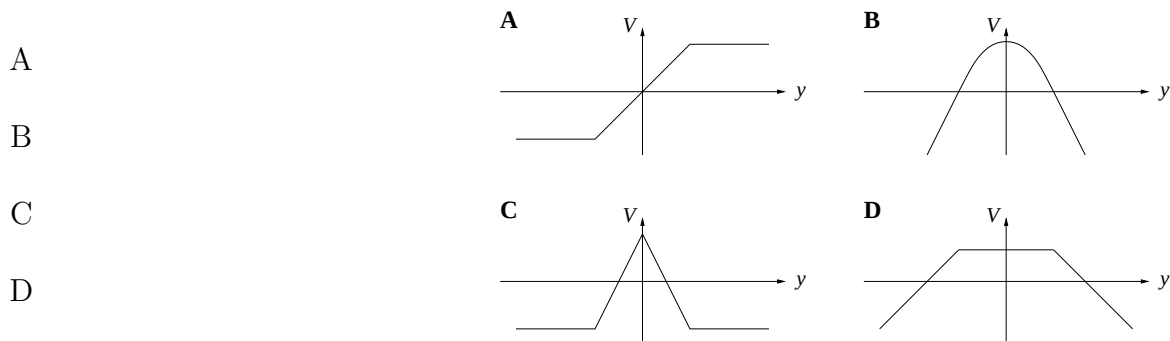
21) Tre store parallelle plan har innbyrdes avstand a som vist i figuren nedenfor, til venstre. Planene har ladning pr flateenhet σ , σ , og -2σ (fra venstre mot høyre, og $\sigma > 0$). Det elektriske feltet kan skrives på formen $\mathbf{E}(z) = E(z) \hat{z}$. Hvilken figur (nedenfor, til høyre) viser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



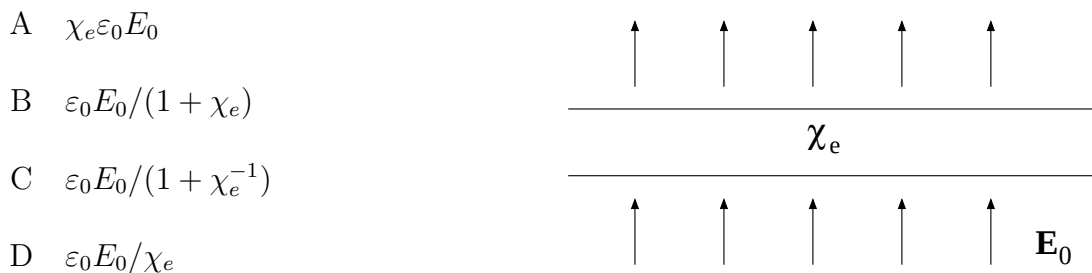
22) Ranger det elektriske potensialet i de fire punktene merket med 1, 2, 3 og 4 i figuren til venstre i forrige oppgave.

- 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 $V_1 = V_4 > V_3 > V_2$

23) Ei skive med uniform ladning ρ_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 $V(y)$?

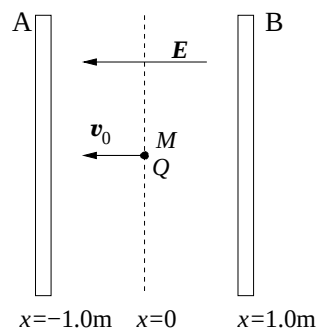


24) Ei tilnærmet uendelig stor dielektrisk skive plasseres på tvers i et uniformt ytre elektrisk felt $\mathbf{E}_0$. Skiva er produsert i et materiale med elektrisk susceptibilitet χ_e . Hva blir induisert ladning $\pm\sigma_i$ pr flateenhet på overflatene til den dielektriske skiva?



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 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 ETT KRYSS for hver av de 25 oppgavene.