

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, $1/4\pi\varepsilon_0 = 9 \cdot 10^9$ Nm²/C², $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C, $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg, $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27}$ kg, $g = 9.8$ m/s², $c = 3 \cdot 10^8$ 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) = 10^6 , 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 $f(r)$: $\nabla f = (\partial f/\partial r) \hat{r}$

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. Formlenes 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:

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt}$$

- 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:

$$u = \frac{1}{2} \varepsilon_0 E^2 + \frac{1}{2\mu_0} B^2$$

1) Potensialet i et område er

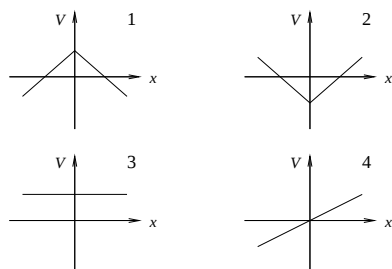
$$V(x) = 50 \text{ V} + (15 \text{ V/m})x$$

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 $-(15 \text{ V/m}) \hat{x}$

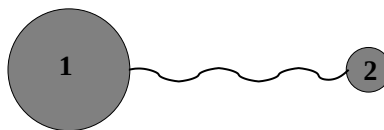
2) Hvilken av grafene i figuren representerer potensialet V i nærheten av et uendelig stort uniformt og positivt ladet plan, lokalisert i yz -planet?

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



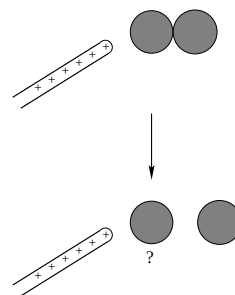
3) To ladete metallkuler er forbundet med en metalltråd. Kule 1 er større enn kule 2. Potensialet på kule 1

- 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.



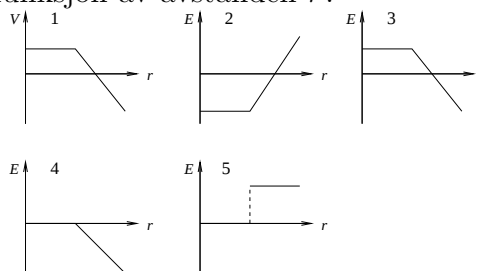
4) Du bringer en positivt ladet glass-stav nesten inntil den ene (den til venstre) av to nøytrale metallkuler som er i innbyrdes kontakt. Deretter fjerner du de to metallkulene fra hverandre. Da har metallkula til venstre fått

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



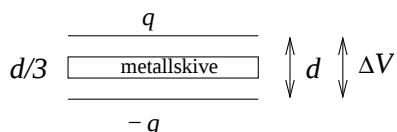
5) Hvis potensialet V som funksjon av avstanden r fra en ladningsfordeling er som vist i graf nr 1, hvilken graf viser da det elektriske feltet E som funksjon av avstanden r ?

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



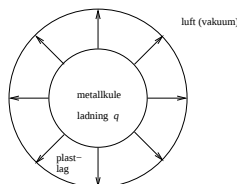
6) En parallellplatekondensator består av to tilnærmet uendelig store parallelle metallplater i innbyrdes avstand d . De to metallplatene har ladning henholdsvis q og $-q$. Med vakuum i hele rommet mellom platene er kapasitansen C_0 . En metallskive med tykkelse $d/3$, og med samme areal som de to opprinnelige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



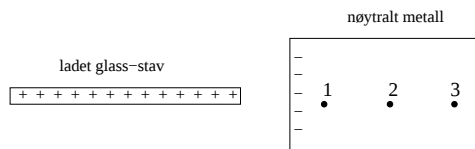
7) En metallkule med (positiv) ladning q er belagt med et lag elektrisk nøytral plast. Pilene i figuren angir da feltlinjer for

- A elektrisk forskyvning $\mathbf{D}$
- B elektrisk felt $\mathbf{E}$
- C polarisering $\mathbf{P}$
- D både $\mathbf{D}$ og $\mathbf{E}$



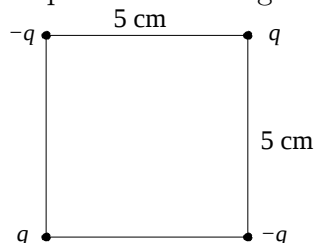
8) Du bringer en positivt og uniformt ladet glass-stav (isolator) nesten inntil et elektrisk nøytralt metall, som vist i figuren. Vi får da induisert overflateladning på det nøytrale metallet, som vist i figuren. Ranger potensialet V i de angitte punktene 1, 2 og 3 i metallet.

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



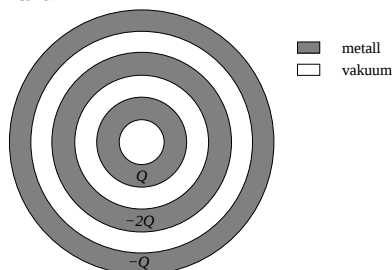
9) Fire punktladninger, to positive og to negative ($q = 9 \mu\text{C}$), er plassert i hjørnene på et kvadrat med sidekanter 5 cm, som vist i figuren. Hva er systemets potensielle energi?

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



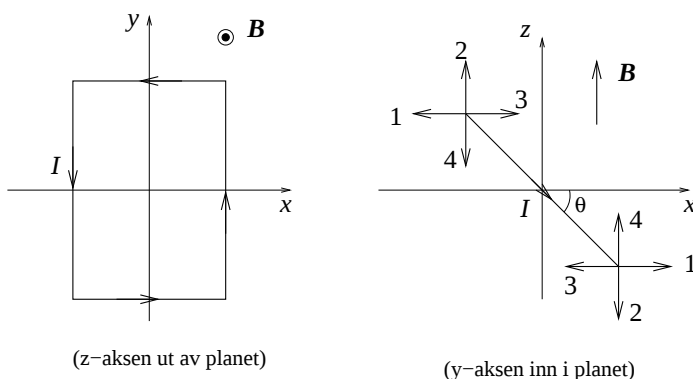
10) Figuren viser tre hule konsentriske metallkuler med netto ladning Q (på innerste kule), $-2Q$ (på midterste kule) og $-Q$ (på ytterste kule). Alle de tre kuleskallene har en viss tykkelse. Hvor mye ladning er samlet på *ytre* overflate av den *midterste* kule?

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



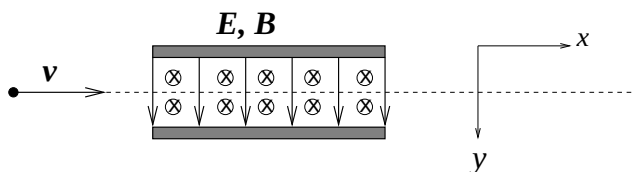
11) Ei kvadratisk ledersløyfe fører en strøm I og kan rotere omkring y -aksen. Den er plassert i et uniformt magnetfelt $\mathbf{B}$ rettet langs z -aksen. I figurene nedenfor betrakter vi ledersløyfa i henholdsvis xy -planet (til venstre) og xz -planet (til høyre). Ledersløyfas plan danner en vinkel θ 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



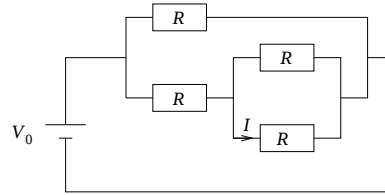
12) Partikler, alle med ladning forskjellig fra null, med ulike masser og hastigheter (men alle med hastighet i positiv x -retning) kommer inn i et område der det elektriske feltet er $\mathbf{E} = E_0 \hat{y}$ (nedover i figuren) mens magnetfeltet er $\mathbf{B} = B_0 \hat{z}$ (inn i planet). Hvis $E_0 = 10 \text{ kV/m}$ 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.



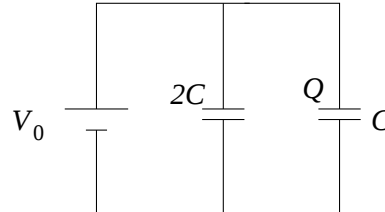
13) Hva blir strømstyrken I angitt i kretsen til høyre?

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



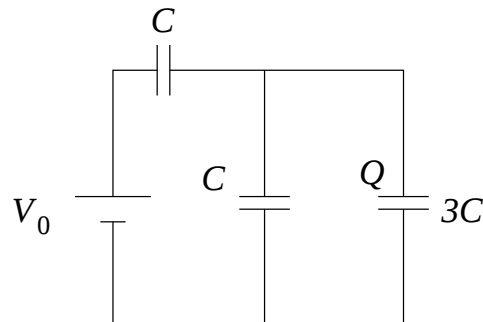
14) Hva blir ladningen Q angitt i kretsen til høyre?

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



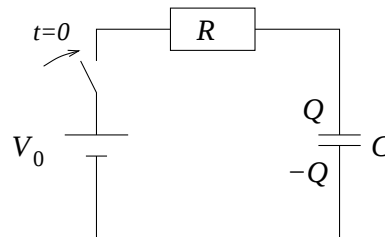
15) Hva blir ladningen Q angitt i kretsen til høyre?

- 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 $t = 49 \text{ s}$

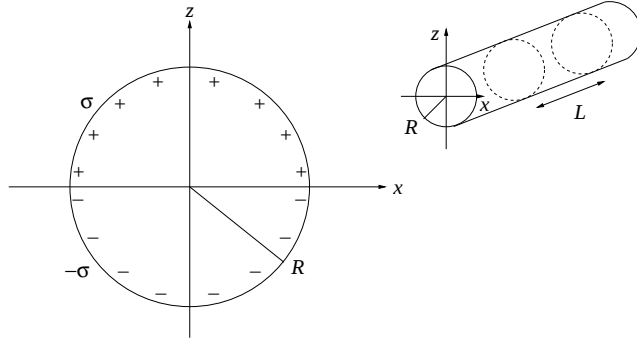


17) Hvor stor strøm I går i kretsen i oppgave 16 umiddelbart etter at spenningskilden er koblet til? (Dvs ved et tidspunkt $t \ll \tau$, der τ er kretsens tidskonstant.)

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

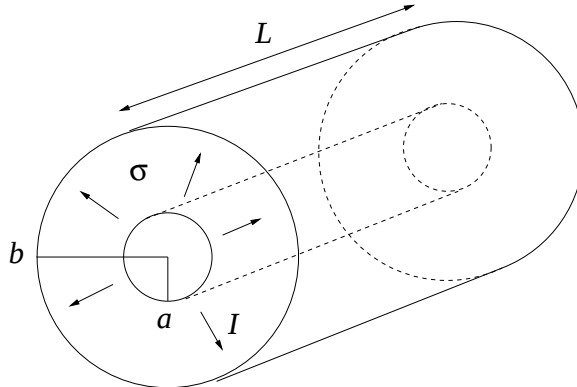
18) Et tilnærmet uendelig langt sylindrerformet rør med radius R , og med sylindreraksen sammenfallende med y -aksen, har konstant positiv ladning σ pr flateenhet på øvre halvdel ($x^2 + z^2 = R^2$, $z > 0$) og konstant negativ ladning $-\sigma$ pr flateenhet på nedre halvdel ($x^2 + z^2 = R^2$, $z < 0$). 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) σ . 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 cm^2 ?

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

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

- A 0.2 Acm^2
 - B 1.4 Acm^2
 - C 2.6 Acm^2
 - D 3.8 Acm^2
-

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

- A 0.2Ω
 - B 1.8Ω
 - C 3.4Ω
 - D 5.0Ω
-

24) Hva er impedansen til en spole med selvinduktans 200 pH når den er koblet til en vekselspenningskilde med vinkelfrekvens 10^6 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 ms
 - B 1.6 ms
 - C 2.3 ms
 - D 4.6 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	☐	☐	☐	☐	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.