

Midtsemesterprøve torsdag 6. mars 2008 kl 1000 – 1200.

Oppgaver på side 3 – 10. 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: $\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$, $1/4\pi\varepsilon_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$, $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $g = 9.8 \text{ m/s}^2$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.
- 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 $f(r)$: $\nabla f = (\partial f/\partial r) \hat{r}$

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

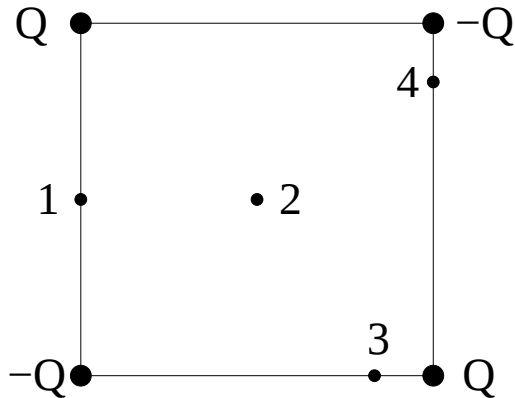
1) Hvilken påstand er feil?

- A Potensialet på en elektrisk leder er konstant.
 - B Enheten F/m kan brukes for elektrisk permittivitet.
 - C En kondensators kapasitans øker lineært med ladningen på kondensatoren.
 - D To punktladninger $2Q$ og $2Q$ i innbyrdes avstand $2R$ har dobbelt så stor potensiell energi som to punktladninger $-Q$ og $-Q$ i innbyrdes avstand R .
-

2) Hvilken påstand er riktig?

- A Elektrisk dipolmoment kan måles i enheten C/m .
 - B Elektrisk polarisering kan måles i enheten C/m .
 - C Elektrisk dipolmoment kan måles i enheten C/m^2 .
 - D Elektrisk polarisering kan måles i enheten C/m^2 .
-

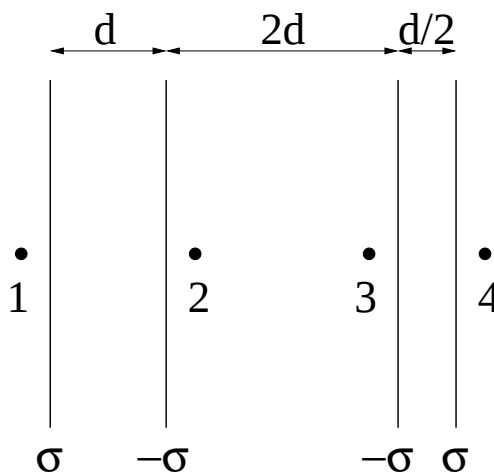
3) Fire punktladninger, to positive (Q) og to negative ($-Q$), er plassert i hvert sitt hjørne av et kvadrat. Ranger det elektriske potensialet i de fire punktene 1, 2, 3 og 4. (Punkt 1 er midt på venstre "sidekant", punkt 2 er midt i kvadratet.)



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

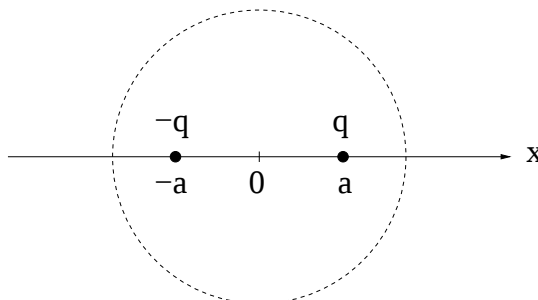
4) Fire store parallelle plan har innbyrdes avstand d , $2d$ og $d/2$ som vist i figuren. Planene har ladning pr flateenhet σ , $-\sigma$, $-\sigma$ og σ (fra venstre mot høyre, og $\sigma > 0$). Ranger det elektriske potensialet i de fire punktene merket med 1, 2, 3 og 4.

- 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 $V_1 = V_4 > V_3 > V_2$



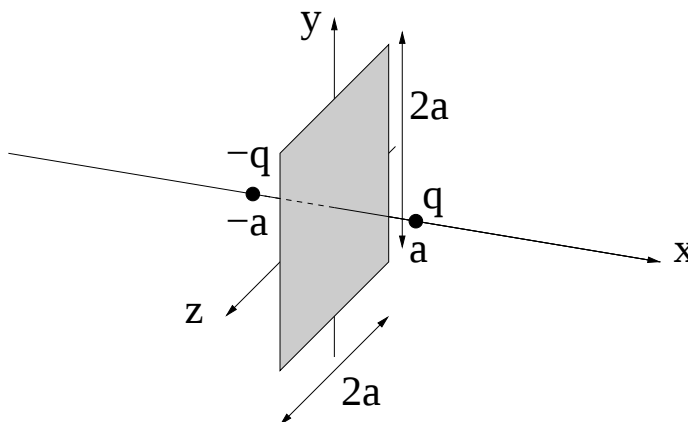
5) To punktladninger $\pm q$ er plassert i $x = \pm a$ ($y = z = 0$). Hva blir netto elektrisk fluks gjennom en kuleflate med radius $3a/2$ og sentrum i origo?

- A $-q/\epsilon_0$
- B 0
- C q/ϵ_0
- D $2q/\epsilon_0$



6) To punktladninger $\pm q$ er plassert i $x = \pm a$ ($y = z = 0$). Hva blir netto elektrisk fluks gjennom den delen av yz -planet som avgrenses av $-a \leq y \leq a$, $-a \leq z \leq a$ (og $x = 0$)?

- A 0
- B $q/6\epsilon_0$
- C $q/4\epsilon_0$
- D $q/3\epsilon_0$



7) Det elektriske feltet i et område er

$$\mathbf{E}(x, z) = \hat{x} E_0 \cos kx - \hat{z} E_0 \sin kz,$$

der k og E_0 er konstanter. Hva er da potensialforskjellen mellom origo og punktet $(\pi/k, \pi/k, \pi/k)$, dvs

$$\Delta V = V\left(\frac{\pi}{k}, \frac{\pi}{k}, \frac{\pi}{k}\right) - V(0, 0, 0)?$$

- A $\Delta V = 0$
 - B $\Delta V = E_0/2k$
 - C $\Delta V = E_0/k$
 - D $\Delta V = 2E_0/k$
-

8) Potensialet i et område er

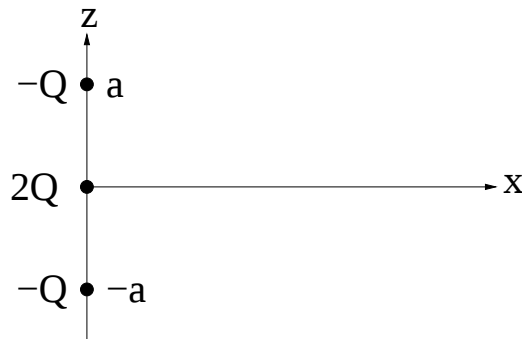
$$V(y) = k V_0 y,$$

der k og V_0 er konstanter. Hvor mye potensiell elektrisk energi U_E befinner seg da i volumet avgrenset av

$$0 \leq x \leq \pi/k \quad , \quad 0 \leq y \leq \pi/k \quad , \quad 0 \leq z \leq \pi/k \quad ?$$

- A $U_E = \varepsilon_0 V_0^2 \pi^3 / 2k$
 - B $U_E = \varepsilon_0 V_0^2 \pi^2 / 4k$
 - C $U_E = \varepsilon_0 V_0^4 \pi / k$
 - D $U_E = 0$
-

9) Figuren viser et system med 3 punktladninger lokalisert på z -aksen: $-Q$ i $z = -a$ og i $z = a$, og $2Q$ i $z = 0$. Hva er dette systemets elektriske dipolmoment $\mathbf{p}$?



- A $\mathbf{p} = 0$
 - B $\mathbf{p} = Qa \hat{z}$
 - C $\mathbf{p} = 2Qa \hat{z}$
 - D $\mathbf{p} = -Qa \hat{z}$
-

10) Hva er det elektriske feltet $\mathbf{E}(x)$ på den positive x -aksen i oppgave 9?

- | | |
|---|---|
| A $\mathbf{E}(x) = \frac{Q\hat{x}}{2\pi\varepsilon_0} \left[\frac{1}{x^2} + \frac{1}{x^2 + a^2} \right]$ | B $\mathbf{E}(x) = \frac{Q\hat{x}}{2\pi\varepsilon_0} \left[\frac{1}{x^2} + \frac{x}{(x^2 + a^2)^{3/2}} \right]$ |
| C $\mathbf{E}(x) = \frac{Q\hat{x}}{2\pi\varepsilon_0} \left[\frac{1}{x^2} - \frac{1}{x^2 + a^2} \right]$ | D $\mathbf{E}(x) = \frac{Q\hat{x}}{2\pi\varepsilon_0} \left[\frac{1}{x^2} - \frac{x}{(x^2 + a^2)^{3/2}} \right]$ |
-

11) Langt ute på den positive x -aksen (dvs $x \gg a$) kan potensialet $V(x)$ i oppgave 9 tilnærmet skrives som

A $V(x) \simeq \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 x}$

B $V(x) \simeq \frac{Qa}{4\pi\epsilon_0 x^2}$

C $V(x) \simeq \frac{Qa^2}{4\pi\epsilon_0 x^3}$

D $V(x) \simeq \frac{Qx}{4\pi\epsilon_0 a^2}$

12) Systemet i oppgave 9 har potensiell energi

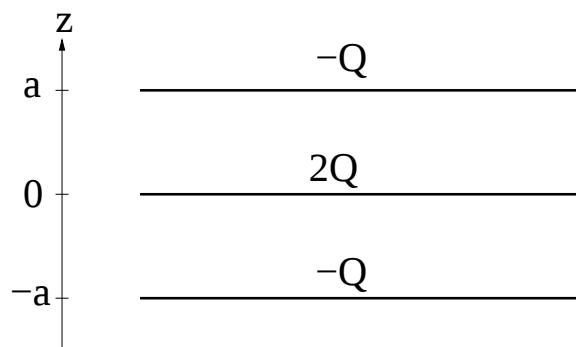
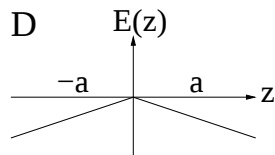
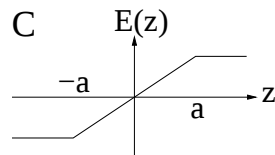
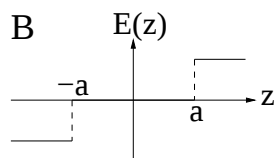
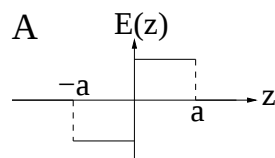
A $U = -\frac{15Q^2}{16\pi\epsilon_0 a}$

B $U = -\frac{15Q^2}{16\pi\epsilon_0 a^2}$

C $U = -\frac{7Q^2}{8\pi\epsilon_0 a^2}$

D $U = -\frac{7Q^2}{8\pi\epsilon_0 a}$

13) Tre tynne uniformt ladete store parallelle metallplater med areal A og ladning $-Q, 2Q, -Q$ er lokalisert i $z = -a, 0, a$, som vist i figuren til høyre. Hvilken graf viser korrekt resulterende elektrisk felt $E(z)$ (slik at $\mathbf{E}(z) = E(z) \hat{z}$)?



14) Hva er total potensiell energi for de tre ladete platene i oppgave 13?

A $U = \frac{Q^2}{\epsilon_0 a}$

B $U = \frac{Q^2}{\epsilon_0 A}$

C $U = \frac{Q^2 A}{\epsilon_0 a}$

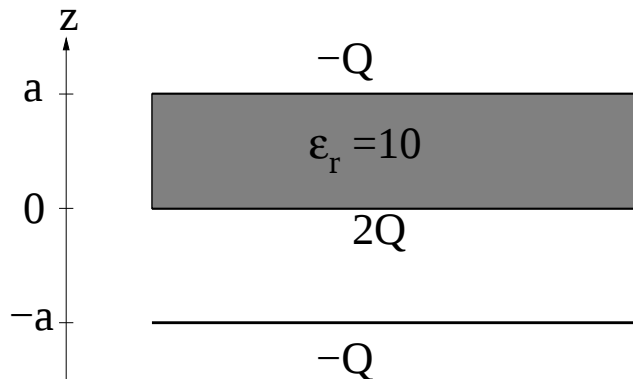
D $U = \frac{Q^2 a}{\epsilon_0 A}$

15) For systemet i oppgave 13 settes potensialet lik null på den nederste platen, dvs $V(-a) = 0$. Hva er da potensialene $V(0)$ og $V(a)$ på henholdsvis midtre og øverste plate?

- A $V(0) = \frac{Qa}{\varepsilon_0 A}$, $V(a) = 0$ B $V(0) = \frac{Qa}{\varepsilon_0 A}$, $V(a) = \frac{2Qa}{\varepsilon_0 A}$
 C $V(0) = -\frac{Qa}{\varepsilon_0 A}$, $V(a) = 0$ D $V(0) = -\frac{Qa}{\varepsilon_0 A}$, $V(a) = -\frac{2Qa}{\varepsilon_0 A}$

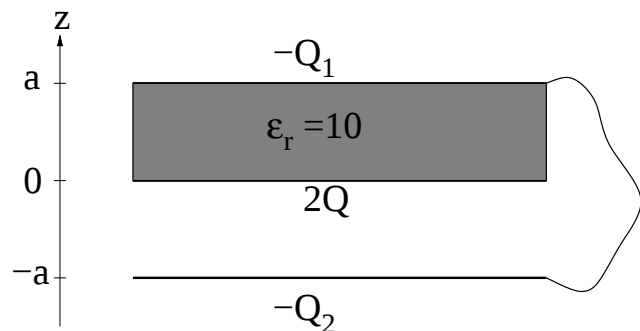
16) I systemet i oppgave 13 fylles volumet mellom midtre og øverste plate med en dielektrisk skive med relativ permittivitet $\varepsilon_r = 10$. Hva blir nå potensialforskjellen $\Delta V = V(a) - V(-a)$ mellom øverste og nederste plate?

- A $\Delta V = \frac{Qa}{10\varepsilon_0 A}$ B $\Delta V = \frac{9Qa}{10\varepsilon_0 A}$
 C $\Delta V = \frac{10Qa}{\varepsilon_0 A}$ D $\Delta V = \frac{10Qa}{9\varepsilon_0 A}$



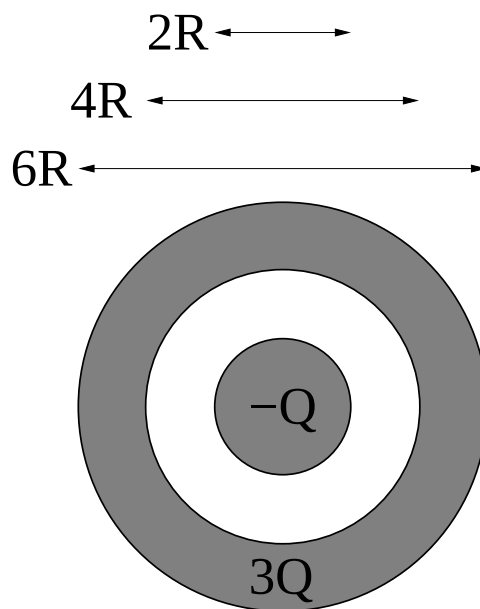
17) Øverste og nederste plate i oppgave 16 forbindes med en tynn elektrisk leder slik at de to platene oppnår samme elektriske potensial. Bestem resulterende ladning $-Q_1$ og $-Q_2$ på henholdsvis øverste og nederste plate. (Du kan anta at den tynne lederen som forbinder de to platene hele tiden er elektrisk nøytral.)

- A $-Q_1 = -20Q/11$, $-Q_2 = -2Q/11$
 B $-Q_1 = -2Q/11$, $-Q_2 = -20Q/11$
 C $-Q_1 = -20Q/9$, $-Q_2 = 2Q/9$
 D $-Q_1 = 2Q/9$, $-Q_2 = -20Q/9$

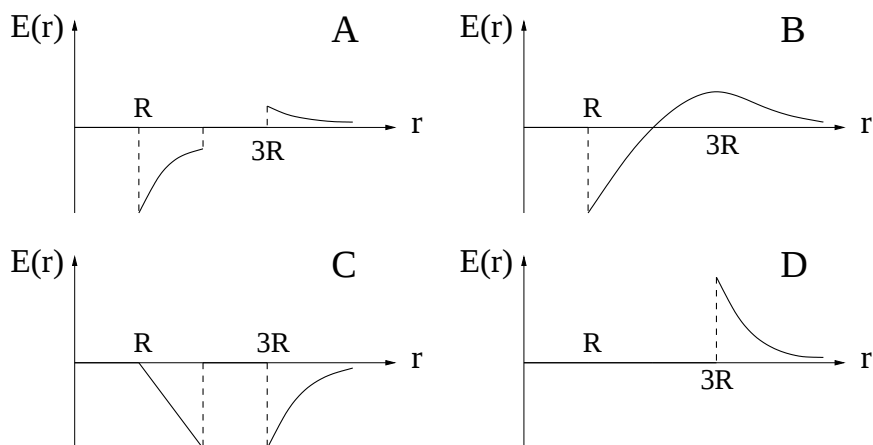


18) Ei metallkule med radius R og (negativ) ladning $-Q$ er omgitt av et vakuumsjikt med tykkelse R fulgt av et metallisk kuleskall med tykkelse R og ladning $3Q$. Hvor mye ladning befinner seg på kuleskallets ytre overflate?

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



19) Hvilken graf viser korrekt $E(r)$ (slik at $\mathbf{E}(r) = E(r) \hat{r}$) for systemet i oppgave 18?

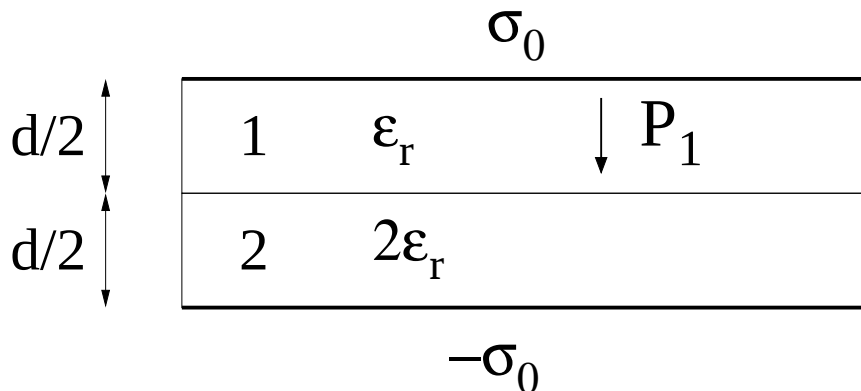


20) Hva er potensialforskjellen mellom kuleskallet og et punkt som ligger i avstand $6R$ fra sentrum av systemet i oppgave 18, dvs $\Delta V = V(r = 3R) - V(r = 6R)$?

- A $\Delta V = Q/3\pi\epsilon_0 R$
- B $\Delta V = Q/6\pi\epsilon_0 R$
- C $\Delta V = Q/12\pi\epsilon_0 R$
- D $\Delta V = Q/24\pi\epsilon_0 R$

21) To store metalliske plan har areal A og ladning pr flateenhet henholdsvis σ_0 (øverste plate) og $-\sigma_0$ (nederste plate). Plateavstanden er d . Volumet mellom metallplatene er fylt med to dielektriske skiver. Medium 1, i øverste halvdel, har relativ permittivitet ϵ_r mens medium 2, i nederste halvdel, har relativ permittivitet $2\epsilon_r$. Hvor stor blir polariseringen P_1 i medium 1?

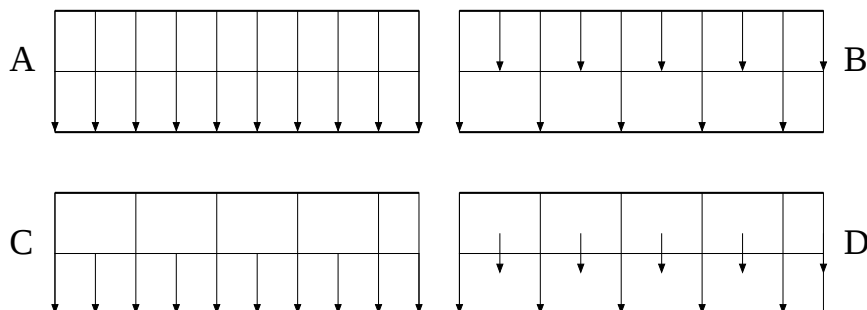
- A $P_1 = \left(1 - \frac{1}{\epsilon_r}\right) \sigma_0$ B $P_1 = \epsilon_r \sigma_0$
 C $P_1 = \left(1 + \frac{1}{\epsilon_r}\right) \sigma_0$ D $P_1 = \frac{\sigma_0}{\epsilon_r}$



22) Hva blir kapasitansen C til parallellplatekondensatoren i oppgave 21? (Tips: Dette kan betraktes som en seriekobling av to kapasitanser.)

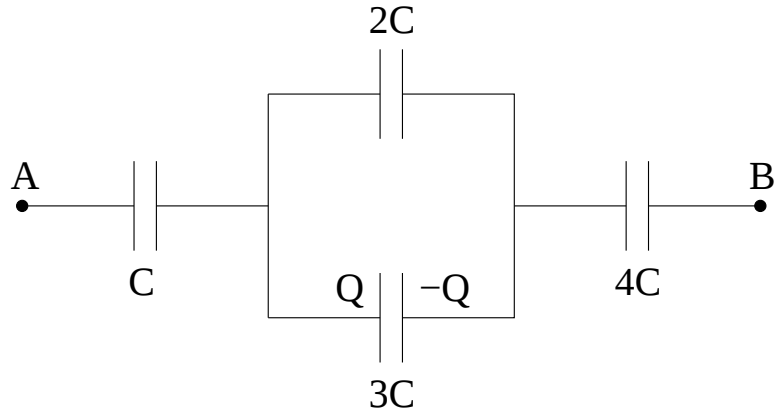
- A $C = 3\epsilon_r\epsilon_0 A/2d$
 B $C = 4\epsilon_r\epsilon_0 A/3d$
 C $C = 5\epsilon_r\epsilon_0 A/4d$
 D $C = 6\epsilon_r\epsilon_0 A/5d$

23) Hvilken av figurene nedenfor illustrerer feltlinjer for det elektriske feltet $\mathbf{E}$ i parallellplatekondensatoren i oppgave 21?



24) Figuren viser en sammenkobling av 4 kapasitanser, C , $2C$, $3C$ og $4C$. Hva blir total kapasitans for hele sammenkoblingen?

- A $29C/5$
- B $10C$
- C $20C/29$
- D $15C/2$



25) Anta at det mellom endepunktene A og B i oppgave 24 er en potensialforskjell $V_0 = V_A - V_B$. Hvor mye ladning $(\pm)Q$ befinner seg da på kapasitansen $3C$?

- A $Q = 29V_0C/12$
- B $Q = 31V_0C/5$
- C $Q = 5V_0C/31$
- D $Q = 12V_0C/29$

FY1003/TFY4155 Elektrisitet og magnetisme/Elektromagnetisme

Midtsemesterprøve torsdag 6. mars 2008 kl 1000 – 1200.

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.