Institutt for fysikk, NTNU
TFY4155/FY1003: Elektromagnetisme
Vår 2009

Øving 9

Veiledning: Mandag 09. og fredag 13. (evt 06.) mars

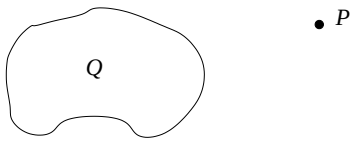
Innleveringsfrist: Fredag 13. mars kl. 1200 (Svartabell på siste side.)

Opplysninger:

- 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 (elektrostatisk) potensial og potensiell energi valgt uendelig langt borte.
- Noe av dette kan du få bruk for: $1/4\pi\varepsilon_0 = 9 \cdot 10^9$ Nm^2/C^2, $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C, $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg, $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27}$ kg, $g = 9.8$ m/s^2
- Symboler angis i kursiv (f.eks V for potensial) mens enheter angis uten kursiv (f.eks V for volt).

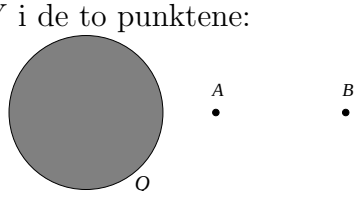
1) En vilkårlig formet elektrisk leder har netto ladning Q. Hva skjer i punktet P dersom ladningen på lederen økes til $2Q$?

A Kun potensialet fordobles.
B Kun den elektriske feltstyrken fordobles.
C Både potensialet og den elektriske feltstyrken fordobles.
D Både potensialet og den elektriske feltstyrken halveres.



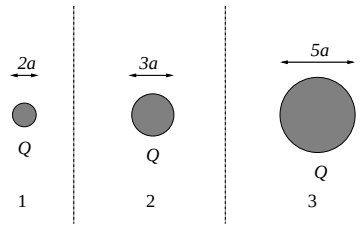
2) En kompakt metallkule har positiv ladning Q. Avstanden fra kulas sentrum til punktet A er halvparten så stor som til punktet B. Null potensial velges uendelig langt borte. Da gjelder følgende for den elektriske feltstyrken E og potensialet V i de to punktene:

A $E_A = 4E_B$, $V_A = 4V_B$
B $E_A = 4E_B$, $V_A = 2V_B$
C $E_A = 2E_B$, $V_A = 4V_B$
D $E_A = 2E_B$, $V_A = 2V_B$



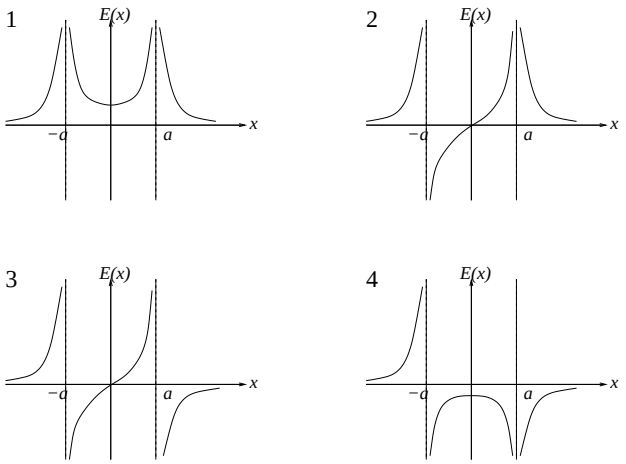
3) Tre isolerte metallkuler 1, 2 og 3 (dvs: de påvirker ikke *hverandre*) har hver en positiv ladning Q. Kulenes diameter er hhv $2a$, $3a$ og $5a$. Hvordan forholder kulenes elektriske potensial seg til hverandre?

A $V_1 : V_2 : V_3 = 2 : 3 : 5$
B $V_1 : V_2 : V_3 = 5 : 3 : 2$
C $V_1 : V_2 : V_3 = 6 : 10 : 15$
D $V_1 : V_2 : V_3 = 15 : 10 : 6$



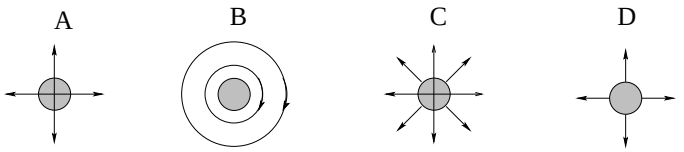
4) To negative punktladninger, hver med ladning $-q$, er plassert på x-aksen i henholdsvis $x = a$ og i $x = -a$. Det elektriske feltet på x-aksen er da $\boldsymbol{E}(x) = E(x)\,\hat{x}$. Hvilken graf angir riktig $E(x)$?

A 1
B 2
C 3
D 4



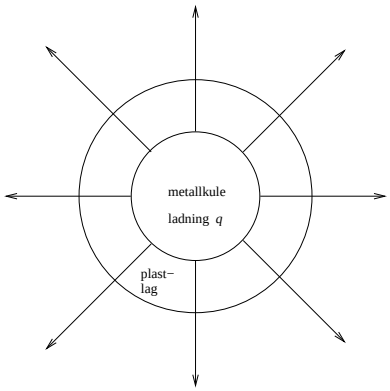
5) Riktig figur angir elektriske feltlinjer i et plan som går gjennom sentrum av en metallkule med nettoladning $Q > 0$.

A
B
C
D



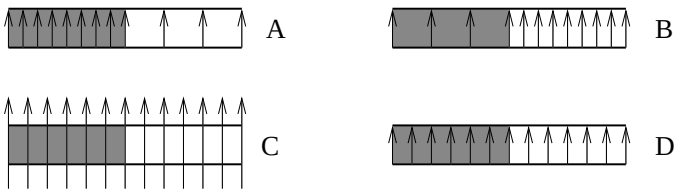
6) En metallkule med ladning q og radius R er belagt med et lag elektrisk nøytral plast med tykkelse R og permittivitet $\varepsilon = 3\varepsilon_0$. Pilene i figuren angir da feltlinjer for

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



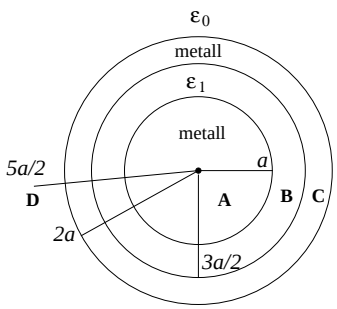
7) Riktig figur angir elektriske feltlinjer for en parallellplatekondensator som er halvveis fylt med et dielektrisk materiale (dvs det skraverte området har $\varepsilon > \varepsilon_0$). Platenes lineære utstrekning er stor i forhold til avstanden mellom platene. Øverste plate har negativ ladning $-Q$, nederste plate har positiv ladning Q.

A
B
C
D

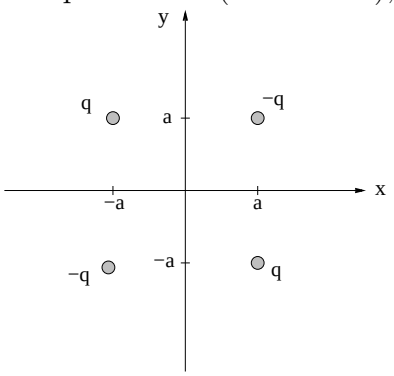


8) Ei kompakt metallkule med radius a har nettoladning $q > 0$. Den er belagt med et lag (elektrisk nøytral) plast med tykkelse $a/2$. Deretter følger et (elektrisk nøytralt) metallisk kuleskall med tykkelse $a/2$. Utenfor dette har vi vakuum. Plasten er et dielektrikum med permittivitet $\varepsilon_1 = 10\varepsilon_0$. I hvilken av de 4 angitte posisjonene **A**, **B**, **C** eller **D** er den elektriske feltstyrken størst? Avstanden fra kulas sentrum er i **A**: $a/2$, **B**: $5a/4$, **C**: $7a/4$, **D**: $5a/2$.

A
B
C
D



9) Fire punktladninger er plassert i xy-planet. To har positiv ladning q og ligger i henholdsvis $(x, y) = (a, -a)$ og $(-a, a)$, og to har negativ ladning $-q$ og ligger i henholdsvis $(x, y) = (a, a)$ og $(-a, -a)$. Hva blir retningen på det elektriske feltet $\boldsymbol{E}$ på x-aksen (anta $x > a$), dvs i $(x, 0)$?

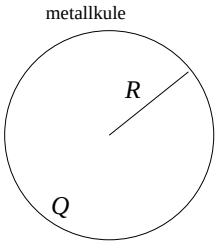


A Langs $\hat{x}$.
B Langs $-\hat{x}$.
C Langs $\hat{y}$.
D Langs $-\hat{y}$.

10) For systemet med de fire punktladningene i oppgave 9: Hva blir $V(x, 0)$, dvs på x-aksen?

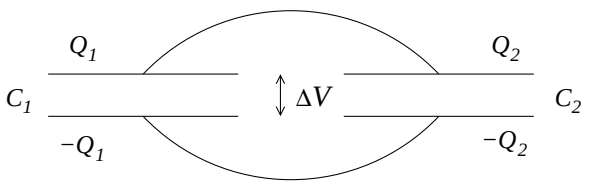
A $V = 0$
B $V = q/4\pi\varepsilon_0 x$
C $V = q/4\pi\varepsilon_0\sqrt{(x-a)^2 + a^2}$
D $V = -q/4\pi\varepsilon_0\sqrt{(x-a)^2 + a^2}$

11) Ei metallkule med radius R har netto ladning Q. Hva er kulas potensielle energi U? (Vi velger $U = 0$ når alle infinitesimale bidrag til Q er uendelig langt fra hverandre.)



A $U = Q^2/\pi\varepsilon_0 R$
B $U = Q^2/2\pi\varepsilon_0 R$
C $U = Q^2/4\pi\varepsilon_0 R$
D $U = Q^2/8\pi\varepsilon_0 R$

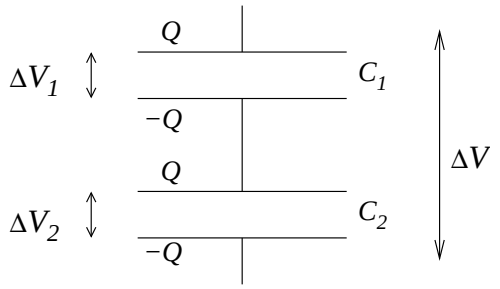
12) To parallellplatekondensatorer er koblet i *parallell*, som vist i figuren. De øverste metallplatene er koblet sammen med en elektrisk leder (f.eks. kobberledning) slik at disse to platene har samme elektriske potensial. Det samme gjelder for de to nederste metallplatene. Derfor er potensialforskjellen (eller *spenningsfallet*) ΔV den samme for begge kondensatorene. Hva blir total kapasitans C for en slik parallellkobling av to kondensatorer, hver med kapasitans henholdsvis C_1 og C_2?



A $C_1 + C_2$
B $(C_1 + C_2)/2$
C $(1/C_1 + 1/C_2)^{-1}$
D $2(1/C_1 + 1/C_2)^{-1}$

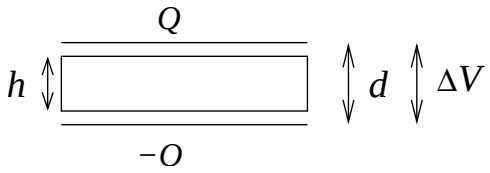
13) To parallellplatekondensatorer er koblet i *serie*, som vist i figuren. Nederste metallplate på kondensator 1 er koblet sammen med øverste metallplate på kondensator 2 via en elektrisk leder (f.eks. kobberledning) slik at disse to platene har samme elektriske potensial. Total potensialforskjell (eller *spenningsfall*) ΔV over de to kondensatorene er lik summen av spenningsfallene ΔV_1 og ΔV_2 over hver av de to. Netto ladning på de ulike metallplatene er som vist i figuren. Hva blir total kapasitans C for en slik seriekobling av to kondensatorer, hver med kapasitans henholdsvis C_1 og C_2?

A $C_1 + C_2$
B $(C_1 + C_2)/2$
C $(1/C_1 + 1/C_2)^{-1}$
D $2(1/C_1 + 1/C_2)^{-1}$



14) En parallellplatekondensator består av to parallelle metallplater i innbyrdes avstand d. De to metallplatene har ladning henholdsvis Q og $-Q$. En metallskive med tykkelse $h = 2d/3$ settes inn midt mellom platene. Da blir potensialforskjellen mellom kondensatorplatene

A ni ganger større.
B tre ganger større.
C tre ganger mindre.
D ni ganger mindre.

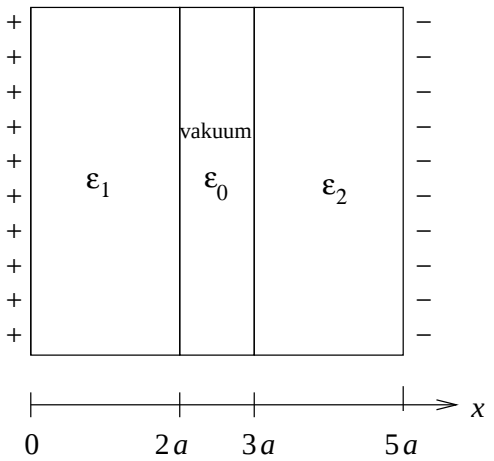


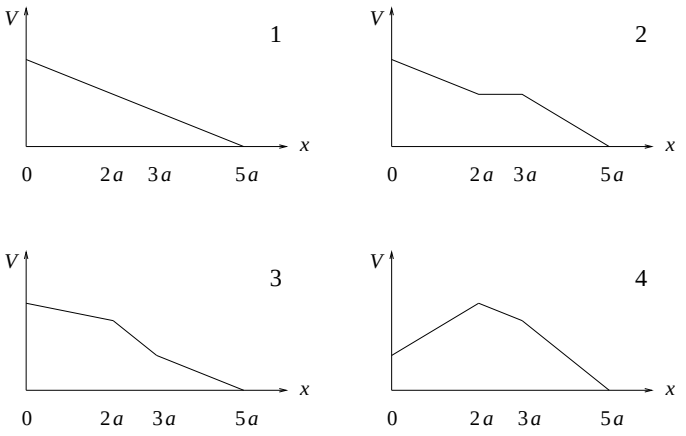
15) Potensialet på et uendelig stort positivt ladet plan er -20 V. Planet har en uniform ladningstetthet 4 nC/m^2. I hvilken avstand fra planet er da $V = 0$?

A 9 m
B 9 cm
C 9 mm
D Potensialet V er her negativt overalt.

16) To tilnærmet uendelig store metallplater har ladning $\pm\sigma$ pr flateenhet og er plassert i yz–planet, dvs i $x = 0$ (den positive), og i $x = 5a$ (den negative), som vist i figuren nedenfor til venstre. Rommet mellom platene er delvis fylt med to (elektrisk nøytrale) dielektriske lag, som vist i figuren til venstre. Det dielektriske laget i rommet $0 < x < 2a$ har permittivitet $\varepsilon_1 = 4\varepsilon_0$. Det dielektriske laget i rommet $3a < x < 5a$ har permittivitet $\varepsilon_2 = 2\varepsilon_0$. Hvilken av de fire grafene i figuren nedenfor til høyre illustrerer da potensialet V som funksjon av avstanden x fra den positivt ladete metallplata?

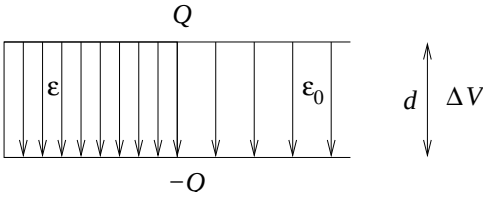
A 1 B 2 C 3 D 4





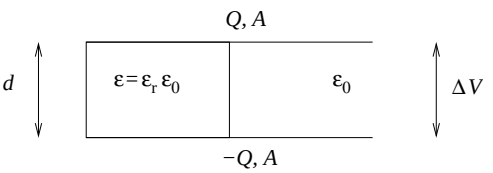
17) En parallellplatekondensator består av to parallelle metallplater i innbyrdes avstand d. De to metallplatene har ladning henholdsvis Q og $-Q$. Et dielektrikum med permittivitet $\varepsilon > \varepsilon_0$ fyller den venstre halvdelen av rommet mellom kondensatorplatene, som vist i figuren. I den høyre halvdelen har vi vakuum. Pilene i figuren angir da feltlinjer for

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



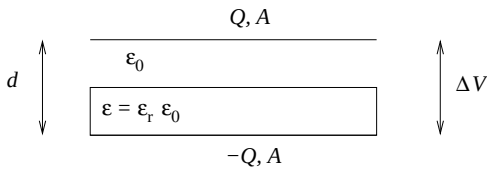
18) En parallellplatekondensator består av to parallelle metallplater i innbyrdes avstand d. De to metallplatene har areal A og ladning henholdsvis Q og $-Q$. Et dielektrikum med permittivitet $\varepsilon = \varepsilon_r\varepsilon_0 > \varepsilon_0$ fyller den venstre halvdelen av rommet mellom kondensatorplatene, som vist i figuren. I den høyre halvdelen har vi vakuum. Hva blir kondensatorens kapasitans C, uttrykt ved $C_0 = \varepsilon_0 A/d$, som ville ha vært kapasitansen uten dielektrikumet til stede? (Tips: Dette er en parallellkobling av to kondensatorer.)

A $C = [2\varepsilon_r/(\varepsilon_r + 1)]\, C_0$
B $C = [\varepsilon_r/(\varepsilon_r + 1)]\, C_0$
C $C = (\varepsilon_r + 1)C_0$
D $C = [(\varepsilon_r + 1)/2]\, C_0$



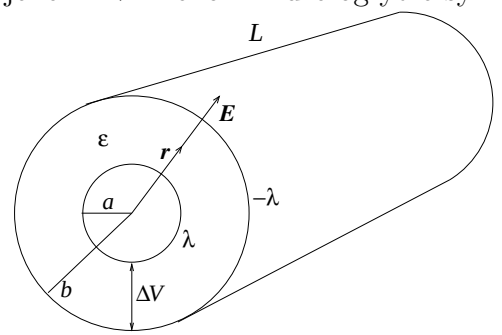
19) En parallellplatekondensator består av to parallelle metallplater i innbyrdes avstand d. De to metallplatene har areal A og ladning henholdsvis Q og $-Q$. Et dielektrikum med permittivitet $\varepsilon = \varepsilon_r \varepsilon_0 > \varepsilon_0$ fyller den nederste halvdelen av rommet mellom kondensatorplatene, som vist i figuren. I den øverste halvdelen har vi vakuum. Hva blir kondensatorens kapasitans C, uttrykt ved $C_0 = \varepsilon_0 A/d$, som ville ha vært kapasitansen uten dielektrikumet til stede? (Tips: Dette er en seriekobling av to kondensatorer.)

A $C = [2\varepsilon_r/(\varepsilon_r + 1)]\, C_0$
B $C = [\varepsilon_r/(\varepsilon_r + 1)]\, C_0$
C $C = (\varepsilon_r + 1) C_0$
D $C = [(\varepsilon_r + 1)/2]\, C_0$



20) En sylinderkondensator består av to (tynne) parallelle konsentriske metallsylindre, den innerste med radius a og den ytterste med radius b. De to sylindrene har lengde L og ladning pr lengdeenhet henholdsvis λ (innerst) og $-\lambda$ (ytterst). (Anta $L \gg a, b$.) Et dielektrikum med permittivitet ε fyller rommet mellom indre og ytre metallsylinder. Det elektriske feltet i området $a < r < b$ er $\boldsymbol{E}(r) = (\lambda/2\pi\varepsilon r)\hat{r}$, der r angir avstanden fra sylindrenes senterakse, og $\hat{r}$ er enhetsvektor i retning normalt på sylindrenes akse. Hva blir sylinderkondensatorens kapasitans C? [Tips: Bestem først potensialforskjellen ΔV mellom indre og ytre sylinder.]

A $C = \pi\varepsilon L^2/b$
B $C = \pi\varepsilon L^2/a$
C $C = 2\pi\varepsilon L/\ln(a/b)$
D $C = 2\pi\varepsilon L/\ln(b/a)$



Øving 9 i Elektromagnetisme / Elektrisitet og magnetisme våren 2009

Innleveringsfrist: Fredag 13. mars kl. 1200.

Navn:

Øvingsgruppe:

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

Det er tilstrekkelig å levere inn utfylt svartabell innen fristen for å få godkjent denne øvingen.