Institutt for fysikk, NTNU
TFY4155/FY1003: Elektrisitet og magnetisme
Vår 2005

Øving 7

Veiledning: Torsdag 24. februar og fredag 25. februar
Innleveringsfrist: Mandag 28. februar

Oppgave 1

Ei kule med radius R har kulesymmetrisk ladningsfordeling (ladning pr volumenhet)

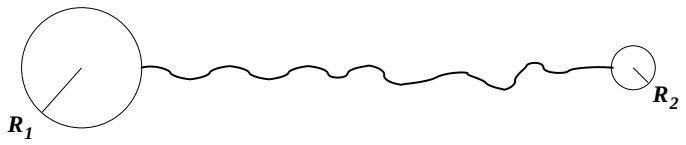
$$\rho(r) = \rho_0 \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)$$

for $r < R$. ($\rho = 0$ for $r > R$)

a) Skisser $\rho(r)$. Hva er kulas totale ladning? [Svar: $8\pi\rho_0 R^3/15$]

b) Bruk Gauss' lov og finn $E(r)$. Skisser $E(r)$ mellom $r = 0$ og $r = 3R$.

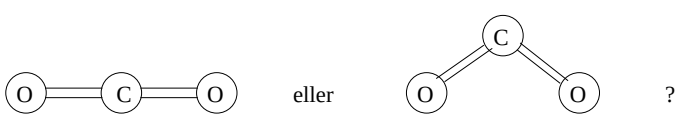
Oppgave 2



To metallkuler med radius hhv R_1 og R_2 er forbundet med en lang og tynn metalltråd. Hvordan vil en netto ladning Q fordele seg på de to kulene? (Vi antar at metalltråden er så tynn at vi kan se bort fra eventuell netto ladning på den.) Hva blir den elektriske feltstyrken på overflaten av hver av de to kulene? (Avstanden mellom kulene er så stor at vi kan se bort fra direkte vekselvirkning mellom dem. Dermed får kulene uniform ladningsfordeling på overflaten.) Tips: Bestem først potensialet på kulene.

Oppgave 3

Karbondioksyd, CO_2, har null elektrisk dipolmoment. Er da molekylet *lineært* eller *bøyd*?



Ammoniakk, NH_3, har et permanent elektrisk dipolmoment mens bortrifluorid, BF_3, har $p = 0$. Bruk denne opplysningen til å finne ut (sånn omtrent) hvordan disse to molekylene ser ut.

Oppgave 4

En parallellplatekondensator består av to kvadratiske metallplater med sidekanter lik 50 cm. Avstanden mellom platene er 1 cm.

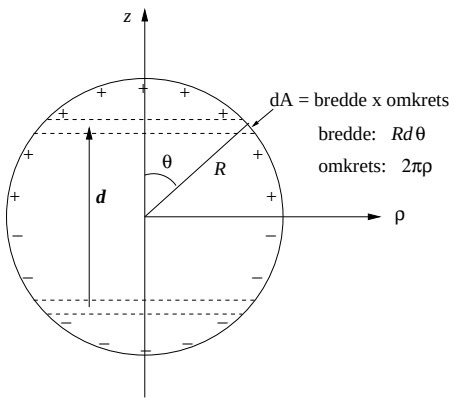
a) Hvor stor er kondensatorens kapasitans C_0 dersom vi har luft mellom platene?

b) De to metallplatene tilføres en viss mengde ladning, hhv Q og $-Q$. Potensialforskjellen mellom platene blir deretter målt til 96 V. Hvor stort er da det elektriske feltet mellom platene? Hva er plateladningen Q?

c) Rommet mellom platene fylles med vann, noe som fører til at potensialforskjellen mellom platene reduseres til 1.2 V. Hva er da vannets relative permittivitet ε_r, dets elektriske susceptibilitet χ_e, og dets permittivitet $\varepsilon = \varepsilon_r \varepsilon_0$?
(Merk: Vi antar at vannet er en perfekt isolator. Reduksjonen i potensialforskjell skyldes derfor ikke "lekkasje" av ladning fra den ene platen til den andre. Vann inneholder i virkeligheten alltid en viss mengde ioner, i hvert fall OH^- og H_3O^+, så for å hindre ladningstransport mellom kondensatorplatene, kunne vi f.eks. dekke metallplatene med et tynt lag plast før vi fylte på vann.)

d) Bestem vannets polarisering P, dvs dipolmoment pr volumenhet. Hvor mye utgjør dette i forhold til maksimal teoretisk polarisering $P_{\max}$ i vann? Det oppgis at ett vannmolekyl har dipolmoment $6.2 \cdot 10^{-30}$ Cm, samt at molart volum for vann er 18 cm^3. Det betyr at i 18 cm^3 vann er det ett mol vannmolekyler, dvs $6.02 \cdot 10^{23}$ molekyler.

Noen tallsvar: *a*) 221 pF *b*) $E = 9.6$ kV/m *c*) $\varepsilon_r = 80$ *d*) $P/P_{\max} \simeq 4 \cdot 10^{-7}$

Oppgave 5

Ei kule med radius R har uniform ladning σ pr flateenhet på overflaten av "nordlige halvkule" ($z > 0$) og uniform ladning $-\sigma$ pr flateenhet på overflaten av "sørlige halvkule" ($z < 0$). Hva er kulas dipolmoment $\boldsymbol{p}$? [Svar: $2\pi R^3 \sigma\, \hat{z}$]
Tips: Finn først dipolmomentet $d\boldsymbol{p}$ til to smale ringer, hver med areal $dA = (2\pi\rho) \cdot (R\, d\theta)$ og med ladning $\pm dq = \pm\sigma\, dA$, positiv på ringen på nordlige halvkule og negativ på ringen på sydlige halvkule. Kulas totale dipolmoment bestemmes deretter ved å "summere" opp slike par av ringer, dvs ved å *integrere*, inntil vi har fått med oss hele kuleflaten.