

# Øving 3

## Ledere og elektrisk felt. Gauss' lov.

*Veiledning:* Mandag 30. jan. ifølge nettsider.

*Innlevering:* Tirsdag 31. jan. kl. 14:00      Lever øvinger i bokser utenfor R4.

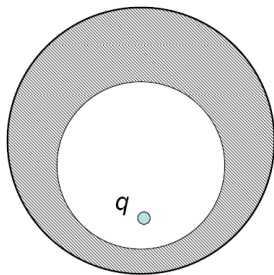
I elmag bruker vi symbolet  $\tau$  for volum siden symbolet  $V$  er reservert for elektrisk potensial.

### Oppgave 1. Overflateladningstetthet på ladet metalloverflate.

Det største elektriske feltet som kan opprettholdes i luft er ca. 3,0 MV/m ( $V/m = N/C$ ). Høyere verdier gir coronautladning (overslag). Vi har vist i forelesningene at ei metallkule vil ha all nettoladning samlet på overflata, og at det elektriske feltet ved overflata er  $E = \sigma/\epsilon_0$ , der  $\sigma$  er overflateladningstettheten.

- Hva er den største overflateladningstetthet ei metalloverflate kan holde?
- Hva er den minste radius ei metallkule kan ha for å holde på en ladning 1,0 C?
- Et typisk metall består av atomer i et kubisk gitter med avstand 0,30 nm mellom naboatomer. Hva er midlere antall atomer per  $m^2$  overflate?
- La overflateladningen i a) befinne seg på metallet definert i c). Anta at ladningen er fordelt kun i det ytterste atomlaget på overflata. Hvor stor andel av atomene i dette laget har fått ett ekstra elektron?

### Oppgave 2. Ladning på leder.



Figuren viser et snitt gjennom ei elektrisk ledende kule med et hulrom inni. Kula er elektrisk nøytral, hulrommet er sfærisk men ikke konsentrisk med metallkula. I hulrommet er det plassert en punktladning  $q$ , punktladningen ligger ikke i sentrum av verken hulrommet eller kula.

Hvordan vil (fri) ladning i lederen være fordelt når systemet er i elektrostatisk likevekt?

Skisser feltlinjer for det elektrostatiske feltet  $\vec{E}$ . Finn uttrykk for  $\vec{E}$  utenfor kula.

Ingen regning er påkrevd i denne oppgaven, bare elektrostatiske betraktninger med bruk av regler for feltlinjer og  $E$ -felt på overflata og inni metaller.

### Oppgave 3. Sferisk ladningsfordeling.

En sferisk symmetrisk ladningsfordeling har en ladningstetthet  $\rho(r)$  gitt ved:

$$\rho(r) = \begin{cases} \alpha & \text{for } r \in [0, R/2) \\ 2\alpha(1 - r/R) & \text{for } r \in [R/2, R) \\ 0 & \text{for } r \in [R, \infty) \end{cases}$$

Den totale ladningen for denne fordelingen er  $Q = 900 \text{ nC}$ , radius til den sferisk symmetriske ladningsfordelingen er  $R = 90,0 \text{ mm}$ , og  $\alpha$  er konstant med enhet  $\text{Cm}^{-3}$ .

a) Bestem  $\alpha$  gitt ved  $Q$  og  $R$ . (Du må integrere  $\rho d\tau$  over kulevolumet.) Finn også den numeriske verdien.

b) Bestem det elektriske feltet som funksjon av avstanden fra sentrum av ladningsfordelingen for alle de tre områder av  $r$ . TIPS: Gauss' lov.

c) Sjekk spesielt kontinuitet av det elektriske feltet i grensene mellom områdene. Hva er numerisk verdi av  $E$  på overflata av kula?

d) Lag en skisse av  $E(r)$  ved å bruke et digitalt verktøy (f.eks. Python). Velg  $\frac{r}{R}$  som  $x$ -akse og  $\frac{E(r/R)}{kQ/R^2}$  som  $y$ -akse. Skisser også  $\frac{\rho(r/R)}{\alpha}$  i samme grafen. Disse valg gir dimensjonsløse størrelser på begge aksene, som er nærmest påkrevd i digitale plotteprogram.

e) Hvor stor andel av totalladningen befinner seg i området  $r \leq R/2$  ?

### Oppgave 4. Molekylære dipoler.

Ammoniakk,  $\text{NH}_3$ , er en elektrisk dipol, bortrifluorid,  $\text{BF}_3$ , er det ikke. N og F er elektronegative (trekker elektroner til seg) mens H og B er elektropositive. Bruk disse opplysningene til å finne ut (kvalitativt) hvordan disse to molekylene ser ut. Kontroller svaret ditt via internett eller andre kilder.

---

Utvalgte fasitsvar:

- 1a)  $27 \mu\text{C}/\text{m}^2$ , 1b) En av disse er rett(!): 1,4 mm, 13,2 cm eller 55 m, 1c)  $11 \cdot 10^{18} \text{ m}^{-2}$  1d)  $1,5 \cdot 10^{-5}$ .  
3a)  $\frac{8}{5\pi R^3} Q = 0,629 \text{ mC}/\text{m}^3$ , 3c) 1,00 MN/C, 3e) 4/15.