

## TFE4120 Elektromagnetisme

### Øving 6

#### Oppgave 1

Vi vil lage en klinkekule som bare består av atomkjerner. I hele denne oppgaven ser vi bare på den elektriske kraften. Dvs. vi regner som om alle andre krefter ikke eksisterte. Klinkekula har radius  $a = 1$  cm og masse  $m = 10$  g. Vi regner at halvparten av massen er nøytroner og halvparten er protoner. Vi antar at den resulterende romladningstettheten i klinkekula er tilnærmet jevnt fordelt:

$$\rho = \frac{Q}{4\pi a^3/3}. \quad (1)$$

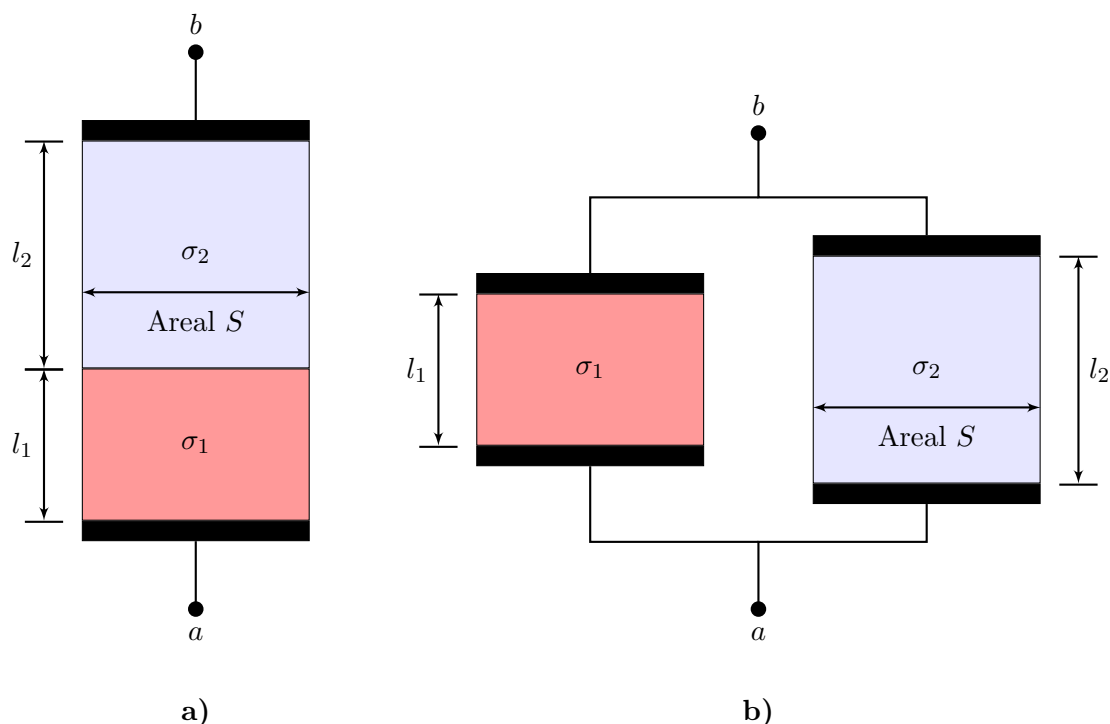
Når vi lager denne kula, setter vi sammen atomkjernene én etter én inntil ladningen er  $Q$ . Dette vil koste energi: Klinkekula blir etter hvert mer og mer ladd, og vi må derfor dytte atomkjernene fra uendeligheten fram til klinkekula. Energibevaring fører til at arbeid utført blir lagret som energi i det elektriske feltet.

I denne oppgaven skal vi bruke to forskjellige metoder til å regne ut lagret energi for klinkekula. Anta vakuum overalt ellers.

- Hva blir ladningen  $Q$  til klinkekula? Bruk at hvert proton og nøytron har masse  $1.67 \cdot 10^{-27}$  kg.
- Finn det totale arbeidet som må utføres for å sette sammen en slik klinkekule, ved å bruke potensial eller definisjonen av arbeid. Svaret uttrykkes med  $Q$  og  $a$ .  
*Tips:* Vi kan tenke oss at vi setter sammen kula, kuleskall for kuleskall, med stadig økende radius  $r$ , fra  $r = 0$  til  $r = a$ . Et slikt kuleskall har ladning  $dQ = \rho 4\pi r^2 dr$ . Kula innenfor kuleskallet, dvs. kula med radius  $r$ , har total ladning gitt av  $\rho 4\pi r^3/3$ .
- Finn den samme energien ved å regne ut totalt lagret energi i det elektriske feltet. Finn også tallsvar for energien. (Tallsvar:  $1.2 \cdot 10^{23}$  J.)  
*Tips:* Det elektriske feltet for en kule med jevnt fordelt romladningstetthet har du allerede funnet i øving 2.
- Sammenlign energien til klinkekula med verdens årlige energiforbruk. (Finn denne vha. en pålitelig kilde, eller anta at hvert menneske på jorda bruker gjennomsnittlig 2.5 kW hele tiden.) Sammenlign også med energien til 10 g masse ifølge Einsteins berømte formel  $E = mc^2$ .

## Oppgave 2

Figuren under viser to forskjellige oppsett med to ledere med konduktivitet henholdsvis  $\sigma_1$  og  $\sigma_2$ . Begge lederne har et tverrsnittsareal  $S$ , og tykkelser henholdsvis  $l_1$  og  $l_2$ .



- Bruk den generelle formelen for resistans til å beregne resistansen mellom de to punktene  $a$  og  $b$  for oppsettet til venstre (ledningene kan antas å være ideelle ledere). Anta at strømmen er jevnt fordelt utover tverrsnittet til lederen. I denne oppgaven skal det ikke benyttes kjente kretslikninger, men tas utgangspunkt i definisjonen av resistans,  $R = \frac{V}{I}$ .
- Gjenta spørsmål **a)** for oppsettet til høyre.
- Hvordan kan resultatene tolkes ut fra begreper i kretsteknikken?

## Oppgave 3

Et lyn slår ned i den ene enden av en lynavleder av stål, og lager en strøm på 30 000 A som varer i 65  $\mu\text{s}$ . Lynavlederen er 1 m lang og 2 cm i diameter, og den andre enden av den er koblet til bakken via 40 m kopperledning med 5.0 mm i diameter. Konduktiviteten i stål og kopper er henholdsvis  $\sigma_{\text{stål}} = 5.0 \cdot 10^6 \Omega^{-1}\text{m}^{-1}$  og  $\sigma_{\text{kopper}} = 5.8 \cdot 10^7 \Omega^{-1}\text{m}^{-1}$ .

- Finne potensialforskjellen mellom toppen av lynavlederen og bunnen av kopperledningen mens det går strøm der. (Svar: 1.1 kV.)
- Finne den totale energien som blir avsatt i lynavlederen og kopperledningen fra lynnedslaget. (Svar: 2.1 kJ.)