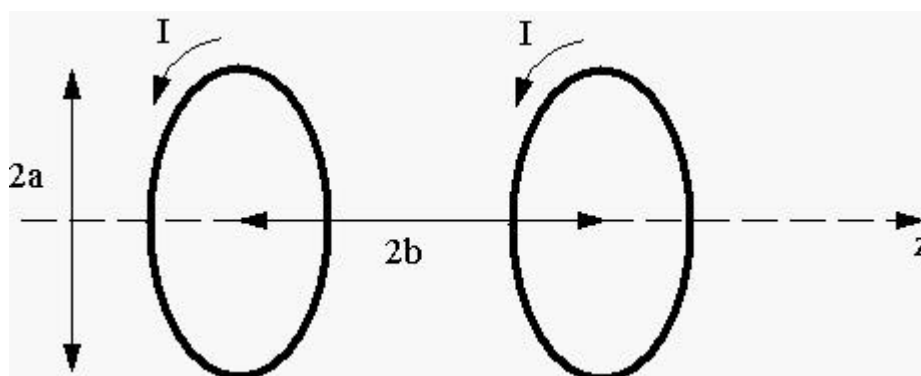


Øving 5

Veiledning: Onsdag 26. september (i grupperom fra nå av og ut høsten)
Innleveringsfrist: Fredag 28. september kl 15.00

Oppgave 1. Helmholtz-spoler.



For å lage svært homogent magnetfelt, benyttes to koaksiale spoler som vist på figuren. Spolene er like, med radius a og viklingstall N , de fører samme strøm I , og er plassert i en avstand $2b$ fra hverandre.

- a) Velg origo midt mellom spolene, anta at tykkelsen av spolene er neglisjerbar og vis at magnetfeltet (evt: den magnetiske induksjonen) langs senteraksen er

$$B(z) = 0.5 \cdot \mu_0 \cdot N \cdot I \cdot a^2 \cdot \left[\left(a^2 + (z+b)^2 \right)^{-3/2} + \left(a^2 + (z-b)^2 \right)^{-3/2} \right]$$

og rettet langs aksen ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Vs/Am er permeabiliteten til vakuum, og gjelder tilnærmet også for luft).

(Tips: Bruk resultatet $B_1(z) = 0.5 \cdot \mu_0 \cdot I \cdot a^2 (a^2 + z^2)^{-3/2}$ for en sirkulær strømsløyfe.)

Den verdien av b som gir homogent felt over et størst mulig område er $b = a/2$, dvs. avstand mellom spoler = spoleradien. Konfigurasjonen kalles da Helmholtz-spoler, etter Hermann von Helmholtz (tysk fysiker, 1821-94).

- b) Vis at når $b = a/2$ er $B'(z)$, $B''(z)$ og $B'''(z)$ alle lik null i $z = 0$. (Tips: Merk deg at $B(z)$ er en *like* funksjon av z , noe som har konsekvenser for de deriverte i $z = 0$.)
c) Skisser grafen til $B(z)$ for ulike verdier av a/b ved f.eks. å velge b fast og variere a . (Skisser for hånd eller bruk et egnet kurvetegningsprogram). Få fram at kurven blir mest mulig flat rundt $z = 0$ når $b = a/2$.

- d) En av de vanligste anvendelsene av Helmholtz-spoler er i eksperimenter hvor man ønsker å kompensere jordmagnetfeltet og få $B = 0$ (i luft). Anta $B_{\text{jord}} = 50 \mu\text{T}$ og $a = 0.50 \text{ m}$, og bestem nødvendig amperevindingstall NI når $b = a/2$. (Svar: 28 A.)
- e) Anta at du til dette har tilgjengelig en isolert kobberledning som har tverrsnitt 0.823 mm^2 og motstand $21.7 \Omega/\text{km}$. Videre en spenningsforsyning regulerbar opp til $V_S = 10 \text{ V}$ og maksimum $I_S = 2 \text{ A}$. Hvor mange vindinger vil du tvinne på hver spole? Hvilken spenning V_S og strøm I_S vil du bruke? Tror du det vil være nødvendig å kjøle spolene? Hvordan er det nå med antakelsen i a) om at "tykkelsen av spolene er neglisjerbar"?

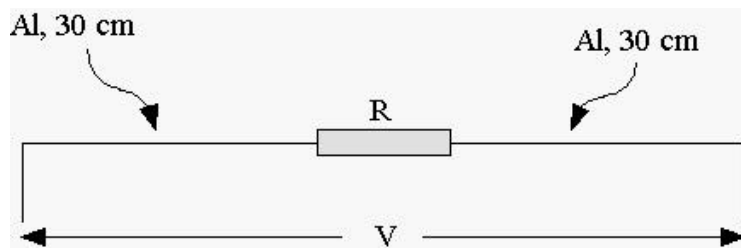
Oppgave 2. Overflateladningstetthet på ladet metalloverflate.

Det største elektriske feltet som kan opprettholdes i luft er ca 3 MV/m . Høyere verdier gir coronautlading (overslag). Ei metallkule vil ha all nettoladning samlet på overflaten, og det elektriske feltet ved overflaten er $E = \sigma/\epsilon_0$, der σ er overflateladningstettheten.

- a) Hva er den største overflateladningstetthet ei metalloverflate kan holde?
- b) Hva er den minste radius ei metallkule kan ha for å holde på en ladning 1 C ?
- c) Et typisk metall består av atomer med avstand 0.3 nm mellom naboatomer. Hva er midlere antall atomer pr m^2 ?
- d) Overflateladningen i a) befinner 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 må da ha fått ett ekstra elektron? (Rett svar er enten $1.5 \cdot 10^{-5}$, $4.8 \cdot 10^{-3}$ eller 0.32 .)

Oppgave 3.

En spenningskilde $V = 1.5 \text{ V}$ er koblet til en resistor med motstand $R = 10 \Omega$ ved hjelp av to 30 cm lange aluminiumsledninger med tverrsnitt 1 mm^2 .



- a) Hvor stort blir spenningsfallet over hhv Al-trådene og resistoren?
- b) Bestem strømstyrken og utviklet effekt.
- c) Hva blir ledningselektronenes midlere driftshastighet gjennom Al-trådene? Anta ett ledningselektron fra hvert aluminiumatom. Sammenlign med midlere termiske hastighet for et elektron ved romtemperatur.

(Oppgitt: Tetthet for Al: 2700 kg/m^3 . Molar masse for Al: 26.98 g/mol . Elektrisk ledningsevne for Al (ved romtemperatur): $3.54 \cdot 10^7 \Omega^{-1}\text{m}^{-1}$.)