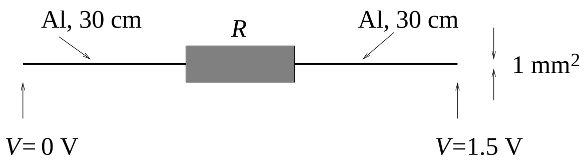
Institutt for fysikk, NTNU
TFY4155/FY1303: Elektrisitet og magnetisme
Vår 2004

Øving 10

Veiledning: Mandag 15. mars
Innleveringsfrist: Torsdag 18. mars

Oppgave 1

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



a) Hvor stort blir spenningsfallet over henholdsvis Al–trådene og motstanden? [Svar: 2.5 mV og 1.497 V]

b) Bestem strømstyrken og utviklet effekt i motstanden. [Svar: ca 0.15 A og 0.23 W]

c) Hva blir de frie elektronenes midlere driftshastighet gjennom Al–trådene? Anta her ett fritt elektron fra hvert Al–atom. Sammenlign med midlere termisk hastighet for et elektron ved romtemperatur. (Midlere kinetisk energi pr elektron ved temperatur T er $3k_BT/2$, der k_B er Boltzmanns konstant.)
[Svar: 15.6 μm/s og ca 10^5 m/s.]

Oppgitt: Tetthet for Al: 2700 kg/m^3. Molar masse for Al: 26.98 g/mol. Elektrisk ledningsevne for Al ved romtemperatur: $3.54 \cdot 10^7\ \Omega^{-1}\mathrm{m}^{-1}$. Boltzmanns konstant: $k_B = 1.38 \cdot 10^{-23}$ J/K.

Oppgave 2

Elektroniske blitzer inneholder en kondensator for lagring av energi til lysblinket. Når blitzen "trigges", lades denne energien fort ut til elektrisk overslag i et gassfylt rør. Anta at vi har en blitz der blinket varer i 5 ms med en gjennomsnittlig lyseffekt på 700 W.

a) Hvis effektiviteten er 90% ved omforming av elektrisk energi til lysenergi (resten går over til varme), hvor mye energi må da lagres i kondensatoren for et blink? [Svar: 3.89 J]

b) Hvis kondensatoren har en kapasitans 0.80 mF, hva er da spenningen som må påføres platene for å lagre denne energien? [Svar: 98.6 V]

Oppgave 3

En rett, sylinderformet leder med sirkulært tverrsnitt (radius R) fører en elektrisk strøm. Strømtettheten er størst i sentrum av lederen og avtar med avstanden r fra sentrum på følgende måte:

$$j(r) = j_0 \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)$$

Ved lederens overflate ($r = R$) har vi med andre ord null strømtetthet. (Retningen på $\boldsymbol{j}(r)$ er *langs* lederen.)
Vis at total strøm i lederen er

$$I = \int \boldsymbol{j} \cdot d\boldsymbol{A} = \int j \cdot dA = \frac{1}{2} j_0 \pi R^2$$

Hint: Ta utgangspunkt i strømmen dI som går i et sylinderformet "rør" med indre radius r, ytre radius $r + dr$ og dermed tverrsnitt med areal $dA = 2\pi r\, dr$.

Oppgave 4

Figuren viser to kuleformede ledere med radius hhv a (innerst) og b (ytterst). Området i mellom disse er fylt med et materiale med resistivitet ρ.
(Oops: Merk at symbolet ρ her står for resistivitet, eller invers konduktivitet, ettersom $\rho = 1/\sigma$. Her betyr altså ikke ρ ladning pr volumenhet...!)
En tynn, isolert tilførselsledning går gjennom et lite hull i den ytterste lederen og inn til innerste leder. En stasjonær elektrisk strøm går "gjennom systemet" som vist i figuren, og da er potensialforskjellen mellom indre og ytre leder $\Delta V = V_a - V_b$, med størst potensial innerst. Anta at tilførselsledningene har neglisjerbar motstand i forhold til materialet mellom indre og ytre leder og vis at systemets resistans er $R = \rho(a^{-1} - b^{-1})/4\pi$. Du kan gjøre dette på en av to måter (eller begge!):

1. Med utgangspunkt i at motstanden til et kuleskall med radius r og tykkelse dr er $dR = \rho dr/4\pi r^2$.
2. Ved å anta at den innerste kula har ladning Q og bestemme både ΔV og strømstyrken $I = \int \boldsymbol{j} \cdot d\boldsymbol{A} = \rho^{-1} \int \boldsymbol{E} \cdot d\boldsymbol{A}$.