

Valmistaudu harjoituksiin tekemällä etukäteen mahdollisimman paljon tehtäviä (tai mahdollisimman pitkälle). Laskuja saa tehdä ryhmätyönä. Laskuja voi laskea vielä harjoituksen ajan. Kun harjoitus päättyy, lasketut tehtävät kirjataan ylös. Jokainen tekee omat ratkaisunsa.

1. Tarkastellaan elektronin liikettä kiteessä klassisen mallin avulla. Elektroni on sähkökentän E aiheuttamassa kiihtyvässä liikkeessä. Keskimäärin ajan τ kuluttua se törmää kidehilan ja menettää kaiken nopeutensa. Yhdessä ulottuvuudessa elektronin liikeyhtälö voidaan tällöin kirjoittaa muodossa

$$m^* \frac{dv}{dt} + \frac{m^*}{\tau} v = -eE,$$

missä m^* on elektronin efektiivinen massa. a) Ratkaise yhtälöstä ajautumisnopeus ajan funktiona olettaen, että elektroni on aluksi levossa. b) Osoita, että tulos on sopuoinnussa Ohmin lain kanssa. Seuraava tieto voi olla avuksi:

$$\frac{ne^2\tau}{m^*} = \sigma.$$

2. Olkoon puolijohhteessa kaksi pääasiallista sirontamekanismia: fononisironna ja epäpuhtaussironna, ja näiden relaksaatioajat vastaavasti $\tau_L = 1,1$ ps ja $\tau_I = 1,9$ ps, kun $T = 300$ K. Näiden sirontamekanismien yhteisvaikutus voidaan huomioida ”rinnakkaisina” prosesseina: $\mu^{-1} = \mu_L^{-1} + \mu_I^{-1}$. Fononisironnan lämpötilariippuvuus on $\tau_L \propto T^{-\frac{3}{2}}$ ja epäpuhtaussironnan $\tau_I \propto T^{\frac{3}{2}}$. Missä lämpötilassa saadaan suurin liikkuvuus?
3. Puolijohdenäytteen pinta-ala on $1 \text{ cm} \cdot 0,5 \text{ cm}$ ja paksuus $500 \mu\text{m}$. Näytteen pitkä sivu kytketään 1 V :n jännitteeseen, jolloin näytteen läpi kulkee 5 mA :n virta. Näyte on lisäksi asetettu $0,5 \text{ T}$:n magneettikenttään, joka on näytteen leveää pintaa vastaan kohtisuorassa. Näytteestä mitataan 5 mV :n Hall-jännite. Määritä varauksenkuljettajien tiheys ja liikkuvuus. Liikkuvuus μ määritellään puolijohhteissa: $v = \mu E$.
4. Laske kuparin Fermi-energia. Kuparin tiheys on $8,9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ja kukin kupariatomi luovuttaa yhden elektronin johtovyöhön.