

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. Piinäytteessä on $8 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ arseeniatomia ja $2 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ booriatomia. Laske elektroni- ja aukkokonsentraatiot termisessä tasapainossa. Laske myös Fermi-tason paikka E_F suhteessa intrinsiikkiseen Fermi-tasoon E_{Fi} ja suhteessa johtavuusvyön minimiin E_c . Si ($T = 300 \text{ K}$): $n_i = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ja $N_c = 2,8 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$.
2. Kromi synnyttää GaAs:ssa syvän tilan lähelle energia-aukon puoliväliä kohtaan $E_c - E_{Cr} = 0,70 \text{ eV}$. Tällöin Fermi-taso takertuu siihen, jos kromin pitoisuus on paljon suurempi kuin muut seostustiheydet. Laske kromilla kompensoidun (puolieristävän) GaAs:n elektroni- ja aukkotihedät, kun $T = 300 \text{ K}$.
3. Elektronien liikkuvuus InGaAs-kerroksessa on $10\,000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, kun $T = 300 \text{ K}$. a) Laske elektronien ajautumisnopeus (drift velocity) sähkökentässä, jonka voimakkuus on 10 kV/cm . Tämä on tyypillinen kenttä puolijohteissa. b) Oletetaan, että elektronien ja aukkojen törmäysten relaksaatioajat ovat yhtä suuret. Laske aukkojen liikkuvuus, kun $m_e^* = 0,050 m_0$ ja $m_h^* = 0,40 m_0$.
4. Heikosti n -tyyppisessä ($n = 1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$) GaAs-kerroksessa elektronien ($m_e^* = 0,067 m_0$) liikkuvuus on $200\,000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, kun $T = 77 \text{ K}$. a) Laske termisesti liikkuvan elektronin $\left(E = \frac{3}{2} k_B T\right)$ keskimääräinen törmäysten välinen matka l_e ja aika (relaksaatioaika) τ_e ? b) Laske näytteen johtavuus 77 K :ssa, kun aukot voidaan jättää huomiotta.

Vakioita:

$m_e = 9,1091 \times 10^{-31} \text{ kg}$	$m_p = 1,6725 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$m_n = 1,6748 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$\text{amu} = 1,6605 \times 10^{-27} \text{ kg}$
$e = 1,6021 \times 10^{-19} \text{ C}$	$c = 2,9979 \times 10^8 \text{ m/s}$	$\hbar = 1,0545 \times 10^{-34} \text{ Js}$	$\mu_B = 9,2732 \times 10^{-24} \text{ JT}^{-1}$
$\epsilon_0 = 8,8544 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$	$K_e = 1 / 4\pi\epsilon_0$	$\mu_0 = 1,2566 \times 10^{-6} \text{ mkgC}^{-2}$	$K_m = \mu_0 / 4\pi$
$\gamma = 6,670 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$	$N_A = 6,0225 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	$R = 8,3143 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$	$k = 1,3805 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$