

Kirjoita nimi, opiskelijanumero, tutkinto-ohjelma, kurssikoodi sekä kokeen päivämäärä jokaiseen koepaperiin.

- Selitä lyhyesti seuraavat termit: a) akustinen fononi, b) Einsteinin ominaislämpömalli, c) sironna ionisoituneista epäpuhtauksista, d) Blochin aalto, e) tilatiheys ja f) ylimäärävarauksen kuljettajakonsentraatio.
- a) Millaisten hiukkasten sijoittumista energiatiloille kuvaa Bose-Einstein -jakauma? Anna esimerkki hiukkasesta. b) Druden malli. Kerro, miten se kuvaa elektronien liikettä ja mitä ilmiöitä sillä voidaan selittää. c) Mitä Einsteinin relaatiot kertovat puolijohteista?
- a) Mikä on massavaikutuksen laki ja mitä se kertoo puolijohteesta? b) Selitä mikä on jatkuvuusyhtälö puolijohteessa ja mitä varauksen kuljettajien prosesseja se ottaa huomioon.
- 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 varauksen kuljettajien tiheys ja liikkuvuus. Liikkuvuus μ määritellään puolijohteissa: $v = \mu E$.
- Laske GaAs-itseispuolijohteen elektroni- ja aukkotiheys n_i , kun $T = 300 \text{ K}$ ja $T = 500 \text{ K}$. Energia-aukon lämpötilariippuvuus on yleisesti (ns. Varshnin yhtälö):

$$E_g(T/K) = E_g(0) - \frac{\alpha T^2}{T + \beta},$$

missä GaAs:lle $E_g(0 \text{ K}) = 1,519 \text{ eV}$, $\alpha = 5,405 \cdot 10^{-4} \text{ eV/K}$, $\beta = 204 \text{ K}$. GaAs:n efektiiviset massat ovat $m_e^* = 0,067 m_0$ ja $m_h^* = 0,45 m_0$.

Vakioita:

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