

Tfy-3.361 Materiaalfysiikka I Tentti 9.1.2008

1. Määrittele, vastaa tai selitä lyhyesti:
- Van der Waals –sidos (1p)
 - Madelungin vakio (1p).
 - Mikä on fononien dispersiorelaatio Debye-approksimaatiossa? Entä mitä tarkoitetaan Debye-taajuudella? (2p)
 - Fermi-taso p -, n - ja itseispuolijohteelle lämpötilan funktiona (piirrä kuva!) (2p).

2. Piin (Si) kiderakenne on timanttihila (hilavakio $a = 5.43 \text{ \AA}$).
- Laske rekennetekijä, kun hilaa voidaan kuvata kannallisena yksinkertaisena kuutiollisena hilana.
 - Missä suunnissa havaitaan Si-pulverinäytteestä heijastuneen röntgensäteilyn kaksi ensimmäistä intensiteettimaksimia, kun röntgensäteilyn aallonpituus on 1.5 \AA ? (3p)

3. Oletetaan, että hilassa (hilavakio a) liikkuvan elektronin energian lauseke on
- $$E(k) = \varepsilon_i - \alpha_i - \beta_i \cos(ka).$$
- Laske elektronien efektiivinen massa (2p)
 - Piirrä efektiivisen massan käyttäytyminen aaltoluvun k funktiona välillä $-\pi/a < k < \pi/a$. (4p)

4. Johda metallien sähkönjohtavuuden lauseke Boltzmannin kuljetusteoriassa ja perustele, miksi vain Fermi-pinnalla olevat elektronit osallistuvat sähkönjohtumiseen. (6p)

5. Tarkastellaan pn-liitosta, joka on tasapainossa.

- a) Johda potentiaalin muutokselle lauseke:

$$e\phi_c = \varepsilon_g - k_B T \ln \left[\frac{N_c N_v}{N_d N_a} \right].$$

- b) Johda edelleen tyhjennysalueen paksuudelle lauseke:

$$d_{n,p} = \left\{ \frac{(N_a / N_d)^{\pm 1} 2 \varepsilon_r \varepsilon_0 \phi_c}{e(N_d + N_a)} \right\}^{1/2}.$$

- c) Mikä on tyhjennysalueen paksuus Ge-diodissa 600 K:n lämpötilassa? Donoritiheys on 10^{18} cm^{-3} ja akseptoritiheys 10^{16} cm^{-3} . Energia-aukko on 0.56 eV ja germaniumin dielektrisyysvakio on 15.8. Elektronien efektiivinen massa on $1.0 m_e$ ja aukkojen massa $0.2 m_e$. Vihje:

$$N_c(T) = 2.5 \left(\frac{m_e^*}{m_e} \right)^{3/2} \left(\frac{T}{300 \text{ K}} \right)^{3/2} \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$$

$$N_v(T) = 2.5 \left(\frac{m_h^*}{m_e} \right)^{3/2} \left(\frac{T}{300 \text{ K}} \right)^{3/2} \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}.$$

Vakioita: $e = 1.6021 \times 10^{-19} \text{ C}$, $m_e = 9.1091 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $\varepsilon_0 = 8.8555 \times 10^{-12} \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ C}^2$, $k_B = 8.617 \times 10^{-5} \text{ eV K}^{-1}$.