

1. Määrittele, vastaa tai selitä lyhyesti:
 - a) Rakennetekijä diffraktiossa (1p)
 - b) Nopeuden ja efektiivisen massan lauseke $E(\vec{k})$:n avulla (1p)
 - c) Mikä on fononien dispersiorelaatio Debye-approksimaatiossa? Entä mitä tarkoitetaan Debye-taajuudella? (2p)
 - d) Fermi-taso p -, n - ja itseispuolijohteelle lämpötilan funktiona (piirrä kuva!) (2p)

2. a) Aallonpituudeltaan $1,932 \text{ \AA}$:n röntgensäteet diffraktoituvat ensimmäisessä ker-
taluvussa kiteisen raudan (110)-hilatasoista $28,4^\circ$ kulmaan. Määritä raudan hila-
vakio, kun tiedetään, että sen hilarakenne on *bcc*. (3p)
b) Piirrä *fcc*-hilan (111)-hilatason atomipaikat ja merkitse kuvaan atomien väliset
etäisyydet. Millä hilatasolla atomien tiheys pinta-alayksikköä kohden on suurin
mahdollinen? (3p)

3. a) Piirrä 1. - 3. Brillouinin vyöhykkeet 2D-suorakaidehilan tapauksessa. Piirrä
melkein vapaan elektronin vakioenergiakäyrät 1. Brillouinin vyöhykkeelle. Merkitse
maksimit ja minimi. (3p)
b) Määritä tilatiheys $D(E)$, kun elektronien energia riippuu aaltovektorista seu-
raavasti:

$$E(\vec{k}) = E_0 + \frac{\hbar^2}{2} \left(\frac{k_x^2}{m_{11}} + \frac{k_y^2}{m_{22}} + \frac{k_z^2}{m_{33}} \right). \quad (3p)$$

4. Boltzmannin yhtälö ja relaksaatioaika-approksimaatio. Perustelee yhtälön muotoa
ja johda linearisoitu stationaarisen tilan ratkaisu, kun systeemiin vaikuttaa pieni,
vakio sähkökenttä. Oleta lisäksi jakauman paikkariippumattomuus. (6p)

5. a) Johda massavaikutuksen laki itseispuolijohteille. Avuksi johtavuus- ja valenssi-
vöiden tilatiheydet: (4p)

$$D_c = \frac{(2m_n^*)^{3/2}}{2\pi^2\hbar^3} \sqrt{E - E_c}, \quad E > E_c$$

$$D_v = \frac{(2m_p^*)^{3/2}}{2\pi^2\hbar^3} \sqrt{E_v - E}, \quad E < E_v.$$

Lisäävuksi

$$\int_0^\infty x^{1/2} e^{-x} dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2}.$$

- b) Miten Fermi-taso ja energiavyöt käyttäytyvät pn-liitoksessa, kun ulkoista kent-
tää ei ole? (Piirrä kuva) (2p)