

Jokainen tehtävä on 6 pisteen arvoinen. Aikaraja on 4h.

1. Selitä lyhyesti

- nollapiste energia
- van der Waals vuorovaikutus
- pistevirheet kiteissä
- n- ja p-tyyppiset puolijohteet
- kontaktipotentiali
- tyhjennysalue

2. Yhden tietyn hilarakenteen alkeiskoppi voidaan esittää kantavektorien $\mathbf{a}_1 = \frac{\sqrt{3}a}{2}\hat{x} + \frac{a}{2}\hat{y}$, $\mathbf{a}_2 = \frac{-\sqrt{3}a}{2}\hat{x} + \frac{a}{2}\hat{y}$, ja $\mathbf{a}_3 = c\hat{z}$ avulla, missä a ja c ovat hilavakioita. Tunnista tämä tuntematon hilarakenne ja laske sille käännteishila. Tunnista käännteishilan ja määritä käännteishilan hilavakiot. Olkoon yllä kuvatun reaaliavaruuden hilarakenteen atomikanta $\mathbf{d}_1 = 0$, $\mathbf{d}_2 = \frac{a}{2\sqrt{3}}\hat{x} + \frac{a}{2}\hat{y} + \frac{c}{2}\hat{z}$ laske alkeiskopille rakennetekijä olettamalla että kaikkien kopin atomien muototekijä on sama ts. $f_i = f$ kaikille atomeille. Rakennetekijä alkeiskopille voidaan laskea seuraavasti:

$$S_{\mathbf{K}} = \sum_i f_i \exp(-\mathbf{K} \cdot \mathbf{r}_i),$$

missä $\mathbf{K} = \mathbf{k}' - \mathbf{k}$ (sironnavektori) ja i on atomien indeksi alkeiskopissa.

3. Määritä liikeyhtälö periodiselle yksiulotteiselle monoatomiselle ketjulle, jonka atomien massa on m . Oleta, että atomien välillä vaikuttaa pelkästään harmoninen lähinaapuri vuorovaikutus jota kuvaa jousivakio K . Ratkaise dispersiorelaatio liikeyhtälöstä. Minkälaisia fononihaaroja systeemillä on ja miksi? Selitä ja hahmottele fononihaarojen käyttäytyminen 1. Brillouinin vyöhykkeellä. Hahmottele värähtelymoodit Brillouinin vyöhykkeen keskellä ja reunalla.

4. Selitä sähkönjohtavuuden lämpötilariippuvuus

- metalleissa (3 p)
- itseis- ja seostetuissa puolijohteissa (3 p)

5. Laske tyhjennysalueen paksuus W piiodissa 300 K lmpotilassa, kun $E_g = 1.1$ eV, donorikon-sentraatio n-puolella $N_d = 10^{24} \text{ m}^{-3}$, akseptorikon-sentraatio p-puolella $N_a = 10^{24} \text{ m}^{-3}$. Olkoon pn-liitoksen pinta-ala 2 mm^2 . Ajattele pn-liitosta W :n paksuisena levykondensaattorina ja arvioi liitoksen kapasitanssi.

$$\exp(ix) = \cos(x) + i \sin(x) \qquad a + ar + ar^2 + ar^3 + \dots = \frac{a}{1-r}$$