
PHYS-C0240 Materiaalifysiikka, tentti 24.5.2017

Ylioppilaskirjoituksissa hyväksytyt laskin on sallittu, taulukkokirjat eivät ole sallittuja.

Perustelee kaikki vastauksesi hyvin. Käytä kuvia ja kaavoja, jos mahdollista, ja selitä ratkaisusi selkeästi.

Merkitse ensimmäiseen vastauspaperiisi haluutko kurssin arvostelun pelkästään tähän tenttiin perustuen (*kokotentti*) vai haluutko ottaa lisäksi huomioon kevään 2017 pohdintatehtävät ja laskuharjoitukset (*osatentti*).

Tehtävä 1.

Vapaiden elektronien malli (6 p)

- Miten metallien valenssielektronien kontribuutio metallin ominaislämpökapasiteettiin riippuu lämpötilasta? (1 p)
- Selitä kvalitatiivisesti, miten Sommerfeldin kvanttimekaaninen malli ennustaa oikein tämän riippuvuuden? (2 p)
- Selitä kvalitatiivisesti, miten Sommerfeldin kvanttimekaaninen malli kuvaa sähkövirtaa ulkoisessa sähkökentässä? Kun sähkökenttä kytketään pois päältä elektronien sironna palauttaa tasapainon, missä sähkövirta ei kulje. Kuvaile tätä sirontaa. Mikä aiheuttaa sen? (3 p)

Tehtävä 2.

Sidokset kiinteissä aineissa (3 p)

- Kuvaile kovalenttisen sidoksen muodostumista. Mitkä ilmiöt alentavat ja mitkä nostavat kokonaisenergiaa, kun alunperin äärettömän kaukana toisistaan olevat vapaat atomit lähestyvät toisiaan ja muodostavat periodisen kiteen? (2p)
- Miten van der Waals -sidokset syntyvät? Miten kahden jalokaasuatomien välinen vuorovaikutus riippuu niiden välisestä etäisyydestä? (1 p)

Tehtävä 3.

Tarkastellaan hilavärähtelyitä äärettömän pitkässä, lineaarisessa atomiketjussa. Kaikki atomit ja harmoniset sidokset (mallissa jousivakiot) ovat identtisiä. Atomien välimatka on a . (8 p)

- Mikä on käänteishila ja ensimmäinen Brillouin'n vyöhyke? (1 p)
- Millaisella funktiolla kuvataan ketjussa etenevää värähtelyä? (1 p)
- Miksi värähtelyt, joiden aaltoluvut ovat k ja $k + 2\pi/a$ ovat identtisiä? (1 p)
- Hahmottele värähtelyiden dispersiorelaatio (1 p)
- Miten määritellään kidehiikkemäärä? Anna esimerkki sen soveltamisesta. (2 p)
- Ajatellaan, että tehtävän ketjussa joka toisen atomien välisen sidoksen voimakkuus (jousivakio) alkaa hitaasti kasvaa. Miten hilavärähtelyjen kuvaus muuttuu? Millaisia värähtelymoodeja syntyy? (2 p)

Tehtävä 4.

Ajatellaan seuraavaksi, että edellisen tehtävän lineaarinen atomiketjun muodostaa N atomia, joita toistetaan periodisesti. (4p)

- Mitkä ovat värähtelyjen sallitut aaltovektorin arvot? (1 p)
- Miten määritellään värähtelytilojen tilatiheys taajuuden funktiona ja mikä on sen käytännön merkitys esim. johdattaessa värähtelyn kokonaisenergian lauseketta? (2 p)
- Käytetään yksidimensioisen ketjun värähtelyille Debyen mallia. Miten tilatiheys riippuu taajuudesta? (vakiotermejä ei tarvitse antaa) (1 p)

KÄÄNNÄ

Tehtävä 5.

Tarkastellaan elektronitiloja kolmedimensioisessa yksinkertaisessa kuutiollisessa kiteessä. (7 p)

- Oletetaan kide äärettömäksi. Mikä on käänteishila ja ensimmäinen Brillouin'in vyöhyke? (1 p)
- Millaisella funktiolla kuvataan elektronin tilaa a) -kohdan kiteessä? (1 p)
- Käytetään vapaiden elektronien mallia ja periodisia reunaehtoja kuutiomaisen tilavuuden L^3 suhteen. Hahmottele elektronin vyörakenne ensimmäinen Brillouin'in vyöhykkeen sisällä. (1 p)
- Miten vapaiden elektronien mallin tilatiheys riippuu elektronin energiasta? (vakiotermejä ei tarvitse muistaa) (1 p)
- Ajatellaan, että vapaiden elektronien malli muuttuu hitaasti melkein vapaiden elektronien malliksi (periodinen potentiaali syntyy). Miten ja miksi elektronien vyörakenne muuttuu? (1 p)
- Selitä edelliskohdan tuloksen perusteella, miten kiteinen materiaali voi olla joko metalli, eriste tai puolijohde. (2 p)

Tehtävä 6.

Timanttirakenne ja röntgensironta. (6 p)

- Mitkä ovat timanttirakenteen hilatyypit ja kanta? Piirrä tämän tiedon avulla timanttirakenteen konventionaalinen kuutiollinen yksikkökoppi tasonäkymänä (plan view). (2 p)
- Kirjoita yleinen muoto rakennetekijälle $S_{(hkl)}$ röntgensironnan tapauksessa ja selitä siinä esiintyvien tekijöiden fysikaalinen merkitys. (1 p)
- Määritä rakennetekijän avulla timanttirakenteen röntgensironnan valintasäännöt. Huom! Muista, että sironneen säteilyn intensiteetti $I_{(hkl)} \propto |S_{(hkl)}|^2$. (3 p)

Tehtävä 7.

Sironta kiderakenteista. (6 p)

- Selitä ja johda Braggin ehto sironnalle. Mikä merkittävä puute tällä mallilla on? (2 p)
- Miten kiteisen rakenteen käänteishilan Braggin tasot ja säteilyn (aaltojen) sironta kyseisestä kiteestä liittyvät toisiinsa? (2 p)
- Mitä perustavanlaatuisia (= fysikaalisia) ja käytännön mittauksiin liittyviä eroja ja samankaltaisuuksia on röntgen- ja neutronisironnalla kiteisistä materiaaleista? (2 p)