

$$E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m} = \frac{\hbar^2 \omega^2}{2m v^2} = \frac{\hbar^2 \omega^2}{2m c^2} = \hbar \omega = \hbar c k$$

$$-\nabla^2 \psi = k^2 \psi = E \psi$$

$$e^{-i} \psi = A S \dots$$

Tentti, 20.9.2011

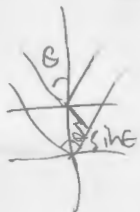
1. Määrittele, vastaa tai selitä lyhyesti (esim. piirrä kuva tai kirjoita yhtälö ja selitä siinä olevien suureiden merkitys):

- a. Van der Waals -sidokset (1p)
- b. Mitä yhtäläisyyksiä ja mitä eroja on sinkkivälke- (zinc blende) ja wurtsiittirakenteilla? (1p)
- c. Braggin tasot ja Brillouinin vyöhykkeet (1p)
- d. Adiabaattinen approksimaatio (elektroneille hilassa) (1p)
- e. Blochin aaltofunktio (1p)
- f. Thomas-Fermi -varjostuspituus (1p)

N_{a1}^+

2. Kuvassa 1 on NaCl:sta ja KCl:sta mitattua pulveridiffraktiodataa (röntgensäteilyn aallonpituus $\lambda = 1.54 \text{ \AA}$).

a. Minkälainen rakenne näillä kiteillä on (piirrä kuva sopivaksi katsomastasi yksikkökopista)? Johda kyseisen rakenteen rakennetekijä S (h, k, l ovat konventionaalisen kuutiollisen yksikkökopin Millerin indeksit ja f_i on atomin i sirontatekijä): (2p)



$n\lambda = 2d \sin \theta$

h, k, l kaikki parillisia	$S = 4 \times (f_{Na/K} + f_{Cl})$
h, k, l kaikki parittomia	$S = 4 \times (f_{Na/K} - f_{Cl})$
muulloin	$S = 0$

b. Tunnista diffraktiopiikkejä vastaavat hilatasot (hilavakio a on konventionaalisen kuutiollisen kopin särmän pituus) Braggin lain avulla: (2p)

$$\lambda = 2d \sin \theta, \text{ missä } d = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}}$$

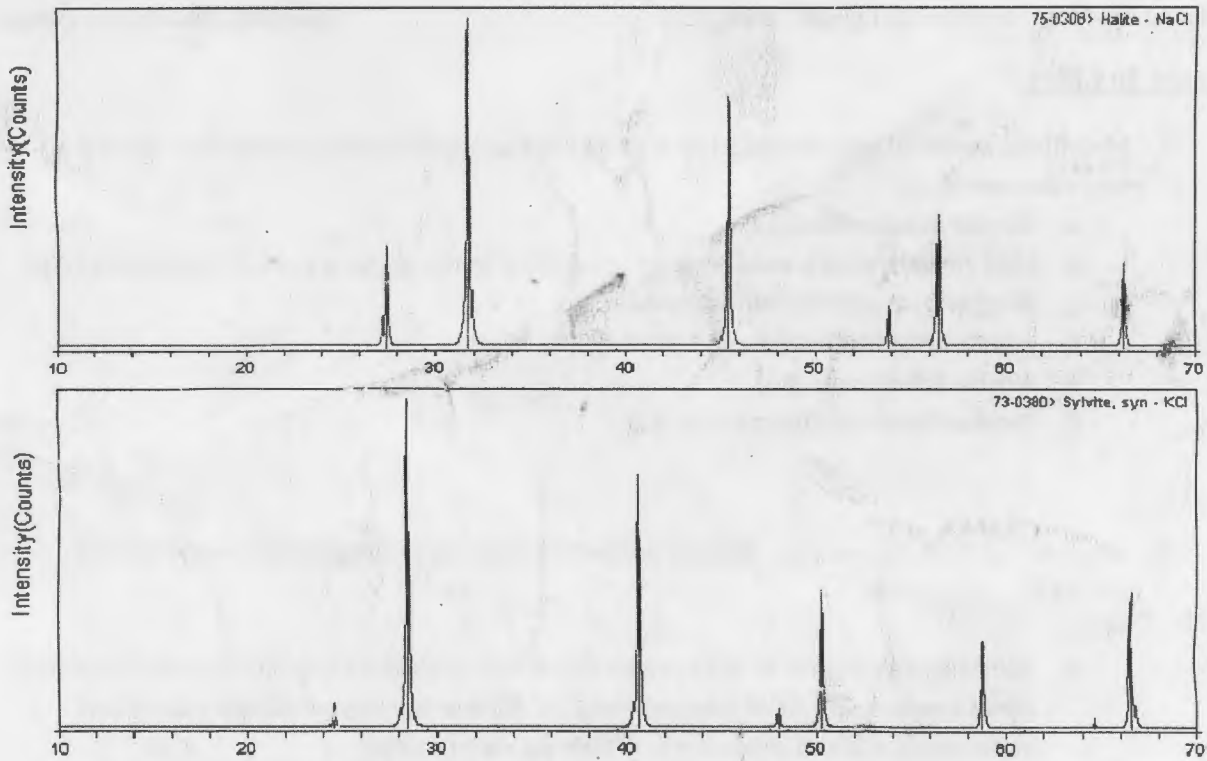
c. Kummalla on suurempi hilavakio? Voiko piikkien intensiteeteistä päätellä jotakin, esim. Na:n K:n tai Cl:n atomisesta sirontatekijästä? (2p)

3. Laske isotrooppisten elastisen väliaineen värähtelyjen tilatiheys ja ominaislämpökapasiteetti Debyen approksimaatiolla kolmessa ulottuvuudessa. Miten ominaislämpökapasiteetti käyttäytyy hyvin korkeissa ja matalissa lämpötiloissa? Miten tulos suhtautuu metallin johtavuuselektronien kontribuutioon matalissa lämpötiloissa? (6 p)

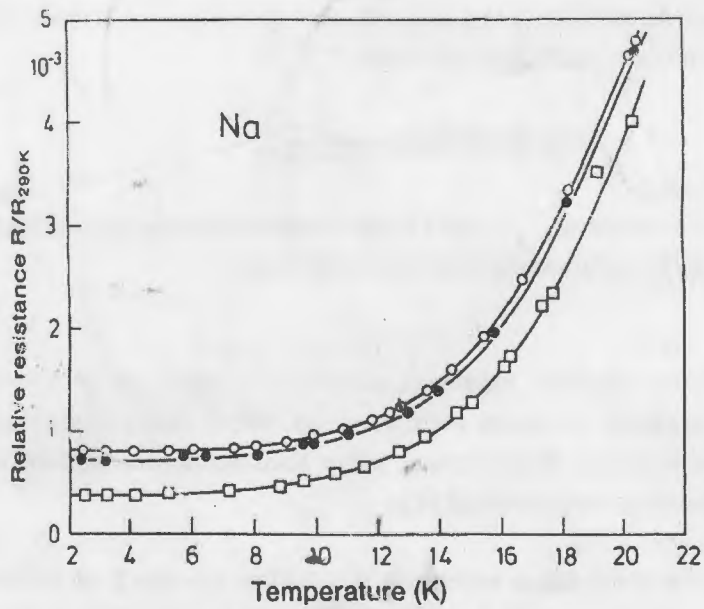
4. Selitä, miten elektronit metallissa kuljettavat sähkövirtaa. Kuvassa 2 on mittaustuloksia natriumin sähköiselle resistanssille lämpötilan funktiona. Selitä, mitä kuvassa näkyy ja miksi? (6 p)

5. Lämpösähköiset ilmiöt: selitä Peltierin ja Seebeckin ilmiöt. (6 p)





Kuva 1: Pulveridiffraktiodataa: NaCl ja KCl. Vaaka-akselin yksikkö on aste ja kulma on 2θ .



Kuva 2: Natriumin resistanssi lämpötilan funktiona