

DUGGA i FFY011-Fasta tillståndets fysik för F3 och KF3

Tid: 10 februari 2011 kl 10:00-11:45

Lokaler: FL72, FL73, FL74, HB3

Igor Zoric (0708 30 47 25) och Jari Kinaret

Hjälpmedel: Kursbok (Kittel, Introduction to Solid State Physics), Physics Handbook, föreläsninganteckningar, miniräknare och ingen mobil. Lösningar finns på kursens hemsida efter kl 15.

1. En NaCl kristall bestående av en endimensionell atomkedja (gitterparameter $a=5,64 \text{ \AA}$) med alternerande Na^+ och Cl^- joner visas i Fig. 1 nedan. Atomära formfaktorer (=spridningstyrka) för Na^+ och Cl^- jonerna, f_{Na} och f_{Cl} , anses kända. Monokromatisk Röntgenstrålning, våglängd $\lambda=2,4 \text{ \AA}$, infaller **vinkelrätt** mot atomkedjan. En detektor för den spridda strålningen finns i planet som definieras av \mathbf{k} -vektorn för den infallande strålningen och atomkedjan.

Beräkna:

- Alla spridningsvinklar (=vinklar mellan detektorn och atomkedjan) som ger upphov till Braggdiffraktion. (1,5p)
- Intensiteten hos alla diffrakterade strålar. (1,5p)
- Elastiska konstanten C (i eV/\AA^2) mellan Na och Cl-joner (som inom den harmoniska approximationen symboliserar bindningar i kristallen), om högsta energin för optiska fononer i kristallen är 30 meV . (0,5p)
- Nu ersätter vi den infallande Röntgenstrålningen med neutroner. Beräkna minsta energi hos en infallande neutron som räcker för att excitera vilken fonon som helst inom Brillouin-zonen. (1,5p)

($M_{\text{Na}}=22 \text{ amu}$, $M_{\text{Cl}}=35,5 \text{ amu}$, $1 \text{ amu}=1,6710^{-27} \text{ kg}$, $1 \text{ eV}=1,610^{-19} \text{ J}$).

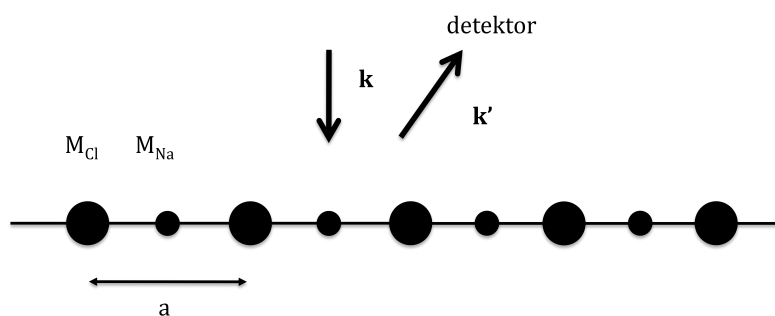


Fig. 1. Endimensionell NaCl kristall med två joner i basen och gitterparameter a .

2. Figuren nedan (se Fig. 2) visar ”honungskaka” strukturen typisk för en 2D grafenkristall.
- Identifiera och rita Bravaisgittret och basen för ett enskilt grafenlager om avståndet mellan två C-atomer som är närmaste grannar är $d=1.4\text{\AA}$. OBS: **basen får innehålla högst två atomer** (1p).
 - Ange primitiva gittertranslationsvektorer \mathbf{a} och \mathbf{b} som spänner enhetscellen samt basvektorer (1p).
 - Beräkna translationsvektorer i reciproka rummet och rita det reciproka gittret. (1p).
 - Beräkna intensiteterna hos diffrakterade strålar $I_{\mathbf{h}\mathbf{k}}$ i ett strukturbestämningsexperiment. Antag att spridningsfaktorn f för C-atomer är känd (1p).
 - En ljudvåg i grafenkristallen kan beskrivas med ekvationen:

$$\vec{u}_{\mathbf{k}} = \vec{u}_{\mathbf{k}}(t) \cdot e^{i\vec{k} \cdot \vec{r}_{mn}}$$

där

$$\vec{r}_{mn} = m\vec{a} + n\vec{b}$$

är en translationsvektor i reella rummet och m och n är två heltal medan vektor \mathbf{k} är vågvektorn för ljudvågen. Visa att två olika ljudvågor med vågvektorerna \mathbf{k} och \mathbf{k}' som skiljer sig med en reciprogittervektor \mathbf{G} (dvs $\mathbf{k}' = \mathbf{k} + \mathbf{G}$) beskriver samma atomära rörelse i kristallen, dvs \mathbf{k} -vektorer som ligger inom 1:a BZ representerar alla vågor. (1p)

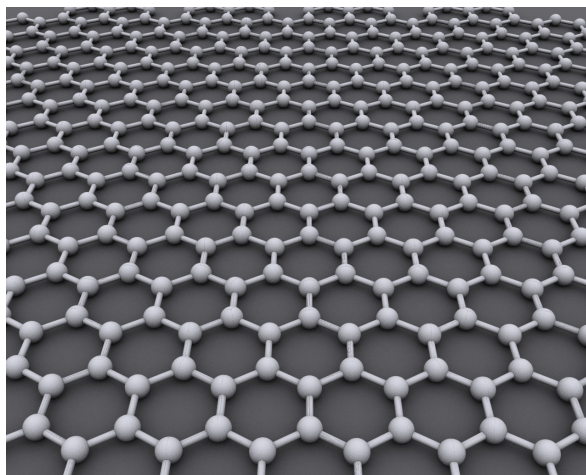


Fig. 2. 2D kristallstruktur för grafen (<http://en.wikipedia.org/wiki/Graphene>)

Lycka till Igor och Jari

