

Faglig kontakt under eksamen  
Frode Mo, tlf. 73 593585

## EKSAMEN I FAG TFY4175 MATERIALFYSIKK OG KARAKTERISERING

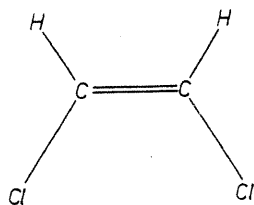
Tirsdag 1. juni, 2004

Tid: 0900 – 1400

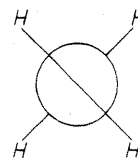
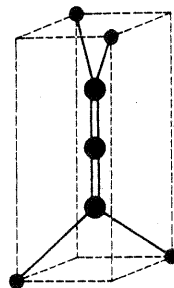
Tillatte hjelpemidler: C – godkjent lommekalkulator med tomt minne  
K. Rottmann: Matematisk formelsamling  
Barnett & Cronin: Mathematical Formulae

### Oppgave 1

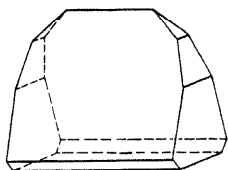
- Hvordan opererer en  $n$ -tallig rotasjonsakse på et punkt utenfor aksen? Hvilke verdier kan  $n$  ha i et krystallgitter? (bevis kreves ikke)
- Vis i to stereografiske projeksjoner 3-tallig rotasjonsakse (3) og 3-tallig inversjonsakse ( $\bar{3}$ ).
- Vis analytisk (dvs. ved bruk av matriser) at kombinasjonen av to ortogonale 2-tallige akser  $\parallel [100]$  og  $\parallel [010]$  er ekvivalent med en 2-tallig akse  $\parallel [001]$ .
- Figuren nedenfor viser to molekyl/krystall par. Hvert par plassert vertikalt tilhører samme krystallklasse (punktgruppe). Hvilke symmetrielementer finner du i hvert av de to parene? Forsøk å gi det fulle punktgruppensymbolet i de to tilfellene.



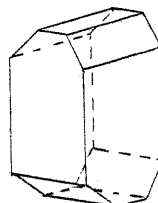
cis-1,2-diklorethan



Allen –  $C_3H_4$



Struvit –  $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$



Urea –  
 $CO(NH_2)_2$

- e) I alt finnes 7 krystallsystemer for klassifisering av 3-dim. gitre. Karakteriser det monokline og det hexagonale systemet. Hvilke er de øvrige krystallsystemene?

### Oppgave 2

Ved vanlig trykk og temperatur krystalliserer germanium Ge i en kubisk flatesentrert (fcc) struktur som diamant. Denne strukturen kan beskrives ved to kongruente fcc-gitre, hvert med et atom pr. identisk gitterpunkt, stilt inn i hverandre med relativ forskyvning  $\frac{1}{4}$  romdiagonal. Kubisk Ge ( $\alpha$ -Ge) har gitterkonstant  $a = 5.6574 \text{ \AA}$  ved  $20^\circ\text{C}$ .

- a) I. Hvor mange Ge atomer inneholder elementarcella?  
 II. Beregn minste Ge - Ge avstand.  
 III. Beregn tettheten  $\rho$  av denne fasen. Atomvekt  $M_{\text{Ge}} = 72.59$  og Avogadros tall  $N_A = 6.0221 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .
- b) Utled et uttrykk for strukturfaktor  $F_{hkl}$  og påvis den generelle utsløkningsregelen for flatesentrert celle. Vis også at reflekser med  $h + k + \ell = 4n + 2$  er utsløkt.
- c) Det blir gjort diffraksjonsopptak av kubisk Ge med  $\text{CuK}\alpha$ -stråling,  $\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$ . Hvilken refleks av typen  $h h 0$  kan maksimalt observeres (maks. verdi av  $h$ ) for denne bølgelengden?

Ved høyere trykk kan  $\alpha$ -Ge gå over i forskjellige andre faser. En av dem er  $\gamma$ -Ge som har romgruppe  $P4_32_12$  med  $a = 5.93 \text{ \AA}$ ,  $c = 6.98 \text{ \AA}$  og antall atomer i cella  $Z = 12$ .

- d) I. Hvilket krystallsystem tilhører denne romgruppen? Forklar betydningen av elementene i romgruppensymbol og gi retningene av de forskjellige symmetri-elementene.  
 II. Beregn tettheten  $\rho$  av  $\gamma$ -Ge. Sammenlikn med beregnet  $\rho$  for  $\alpha$ -fasen og kommenter forskjellen.
- e) Diffraksjonsundersøkelsen av Ge kunne også vært gjort med nøytroner. Hvordan foregår spredning av nøytroner ved et krystallinsk materiale? Sammenlikn med spredning av røntgenstråling. Diskuter spesielt atomformfaktor  $f_a$  i de to tilfellene og illustrer karakteristiske forskjeller med en skisse.

### Oppgave 3

Et røntgenrør med W anode skal brukes for spektroskopiske arbeider. Intensitetsfordelinga i det kontinuerlige spektret (bremsestrålespektret) kan skrives

$$I(\lambda) = KZ \frac{1}{\lambda} \left( \frac{1}{\lambda_0} - \frac{1}{\lambda} \right)$$

når intensiteten er gitt som antall røntgenkvanter pr. tidsenhet.  $Z$  er atomnummeret for anode-

materialet,  $K$  er en konstant.

- a) I. Hva menes med kortbølgegrensa  $\lambda_0$  i bremsestrålespektret og hvordan begrunnes denne størrelsen fysisk?  
 II. Utled et uttrykk for  $\lambda_0$  for ei rørspenning  $U$  i kV og beregn  $\lambda_0$  for  $U = 54$  kV.
- b) Bestem maksimalpunktet  $\lambda(I_{\max})$  for fordelinga  $I(\lambda)$  uttrykt ved  $\lambda_0$ .

Energien for noen emisjonslinjer og absorpsjonskanter knyttet til  $K$ -nivået og de tre  $L$ -nivåene hos W er gitt i keV i tabellen nedenfor. Linjeintensiteter i forhold til  $\alpha_1$ -linjene (100) er gitt i parentes.

$K\alpha_1(100)$ 59.3182	$K\alpha_2(58)$ 57.9817	$K\beta_1(22)$ 67.2443	$K\beta_2(8)$ 69.067	$AK$ 69.525		
$L\alpha_1(100)$ 8.3976	$L\alpha_2(11)$ 8.3352	$L\beta_1(67)$ 9.67235	$L\beta_2(21)$ 9.9615	$AL_I$ 12.100	$AL_{II}$ 11.544	$AL_{III}$ 10.207

- c) I. Vis i en skisse bremsestrålespektret og de karakteristiske emisjonslinjene for W som funksjon av bølgelengde ved rørspenning  $U = 54$  kV.  
 II. Vis i egen skisse hvordan masseabsorpsjonskoeffisienten for W varierer som funksjon av bølgelengden i området  $0.1 - 1.5$  Å.
- d) Intensitetsforholdet  $I_{W L\bar{\alpha},0} / I_{W L\beta_1,0} = 1.66$  i primærspetret fra røntgenrøret. En Cu-folie med tykkelse  $t = 20$   $\mu\text{m}$  settes i strålegangen. Hva blir intensitetsforholdet etter gjennomgang i folien?
- e) Cu-folien blir pådampet Cr for å redusere  $W L\bar{\alpha}$ -strålingen med en faktor 10, dvs.  $I_{W L\bar{\alpha}} / I_{W L\bar{\alpha},0} = 1 : 10$  etter gjennomgang i folie med belegg. Hvor tykt må Cr-belegget være?
- f) For mange formål, f. eks. røntgenspektroskopi generelt og en rekke oppgaver innen diffraksjon vil synkrotron røntgenstråling (SR) være det eneste eller et overlegent alternativ til stråling fra en konvensjonell røntgenkilde (røntgenrør). Nevn noen egenskaper ved SR som skiller den fra strålingen fra et konvensjonelt røntgenrør.

Oppgitt:

$$h = 6.62608 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \quad e = 1.60218 \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad c = 2.997925 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$\rho_{\text{Cu}} = 8.96 \text{ g/cm}^3 \quad \rho_{\text{Cr}} = 7.19 \text{ g/cm}^3$$

$$(\mu/\rho)_{W L\bar{\alpha}}^{\text{Cu}} = 44.45 \text{ cm}^2/\text{g} \quad (\mu/\rho)_{W L\beta_1}^{\text{Cu}} = 236.4 \text{ cm}^2/\text{g} \quad (\mu/\rho)_{W L\bar{\alpha}}^{\text{Cr}} = 219.7 \text{ cm}^2/\text{g}$$