

**14.4.2022, C2440 Materiaalien Mikrorakenne, Tentti, 9:00-12:00 (tai 13:00)**

Kirjoita vastaukset omalla koneellasi tekstieditorilla ja palauta .docx tai .pdf tiedosto MyCoursesissa olevaan palautusboksiin ennen 12:00 (tai jos on myönnetty lisäaikaa niin ennen 13:00).

**Vastaa kaikkiin viiteen kysymykseen! Svava på alla fem frågor!**

Koska tentti on avoin, erityisesti täysiä pisteitä varten kiinnitetään arvostelussa huomiota siihen, että osoittaako vastaus oppilaan syvempää asian ymmärtämistä eikä vain sitä löytyikö oikea asia kurssin oppimateriaaleista.

Eftersom tentamen är öppen, särskilt för full poäng uppmärksammas också om svaret visar en djupare förståelse och inte bara om det rätta svar hittades på läromedel.

## 1. Kiderakenne (6p)

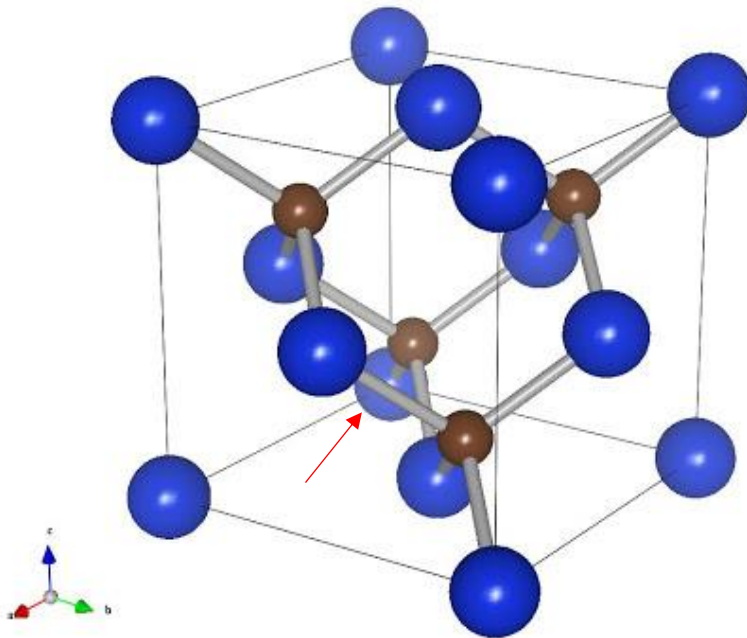
Alla olevassa kuvassa 1 on esitetty piikarbidin  $\beta$  faasin kiderakenne, sininen = Si ja ruskea = C.

- Tunnista mikä kiderakenne on kyseessä, eli mikä on hila ja mikä on motiivi (2p)
- Kuinka monta pii ja hiili atomia on yhdessä yksikkökopissa ja mikä on  $\beta$ -piikarbidin stoikiometrinen kaava? (1p)
- Jos yksikkökopissa xyz koordinaatiston origo on asetettu vasemmassa alatakakulmassa olevaan piiatomiin (punainen nuoli) niin origoa lähinnä olevan hiiliatomin koordinaatit ovat  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{4}$  mitkä ovat kolmen muun hiiliatomien koordinaatit? (1p)
- Nimeä yksi kidetaso, jossa on sekä pii- että hiiliatomeja. (2p)

## 1. Kristallstruktur (6p)

Strukturen för kiselkarbidens  $\beta$ -fas visas i figur 1, blå=kisel, bruna=kol.

- Identifiera vad som är kristallstrukturen, vad är den gitter och motiv? (2p)
- Hur många kisel- och kolatomer finns det i enheten cel? Vad är den stökiometriska formeln för  $\beta$ -kiselkarbid? (1p)
- Origo (xyz koordinatsystem) är inställd på kiselatom i det nedre vänstra bakre hörnet (röd pil). Kolatomerna närmast origo har koordinater  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{4}$ . Vad är koordinaterna för de andra tre kolatomerna? (1p)
- Namnge ett kristallplan som har både kisel- och kolatomer. (2p)



Kuva 1. Piikarbidin kiderakenne, Siniset atomit ovat piitä ja ruskeat hiiltä.

Figur 1. Struktur av kiselkarbid, Blå atomer är kisel och bruna atomer är kol

## 2. Faasidiagrammi

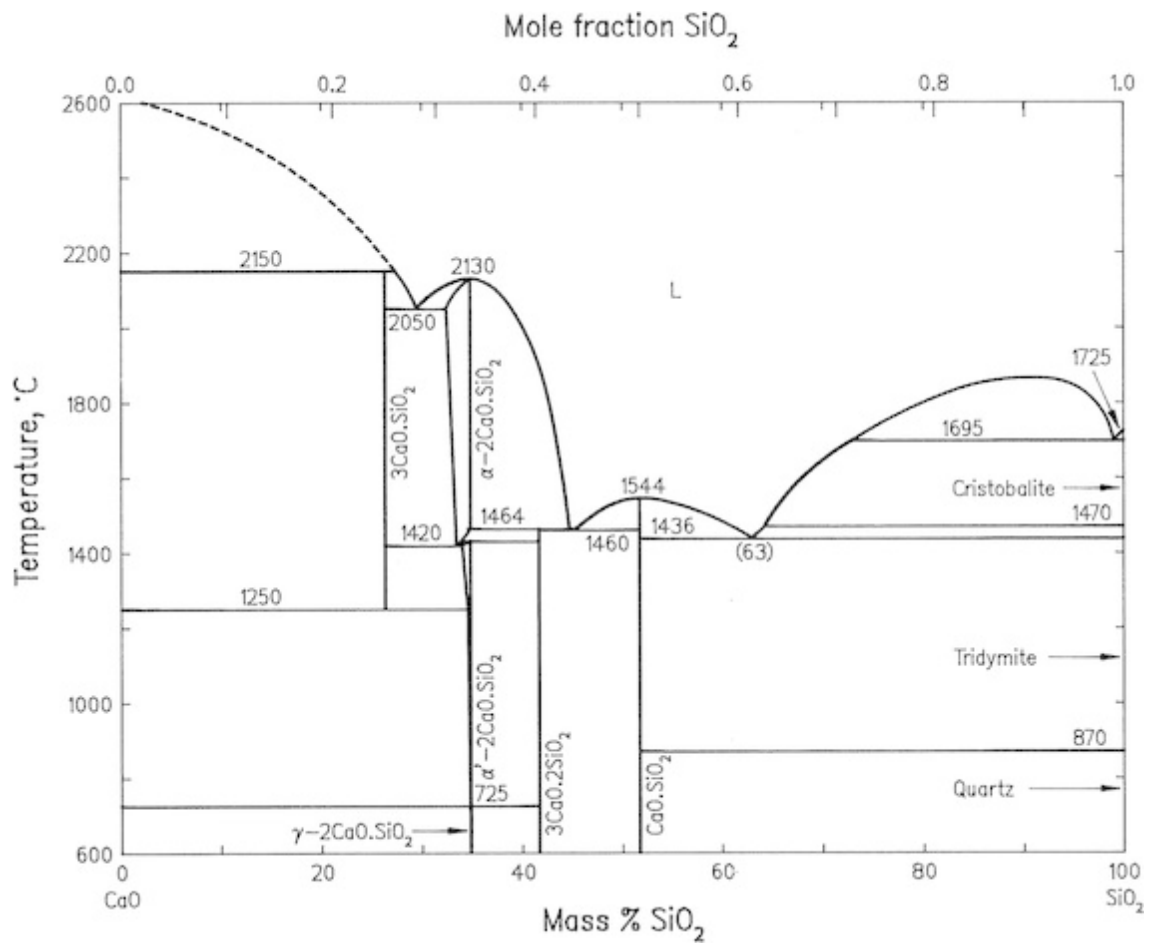
Kuvassa 2 on esitetty kalsiumoksidin ja piidioksidin faasidiagrammi. Faasidiagrammi esitetään vain 600°C asti mutta tämän alapuolella ei tapahdu enää muutoksia. Samat faasit ovat tasapainossa myös huoneenlämmössä.

- a) Diagrammin perusteella, mikä on puhtaan piidioksidin sulamispiste? **1p**
- b) Koordinaateissa 1460°C ja noin 45 massaprosenttia piidioksidia esiintyy kolmen faasin reaktio. Nimeä reaktio ja selitä mitä faasit osallistuvat reaktioon. **1p**
- c) Seoksessa piidioksidin massaosuus on 60%. Seos jäädytetään hitaasti 1800 asteesta huoneenlämpöön. Kuvaile mitä jäähdytyksen aikana tapahtuu. Mitkä faasit ovat tasapainossa, mitä faasitransitioita tapahtuu ja minkälaista mikrorakennetta saattaisi muodostua? **4p**

## 2. Fasdiagrammet

Figur 2 visar fasdiagrammet för kalciumoxid och kiseldioxid. Fasdiagrammet visas endast till 600°C men inget vidare händer under detta. Samma faser är i jämvikt även vid rumstemperatur.

- a) Baserat på diagrammet, vad är smältpunkten för ren kiseldioxid? **1p**
- b) Det finns en trefasreaktion vid koordinater 1460°C och ungefär 45 massprocent kiseldioxid. Namnge reaktionen och förklara vilka faser som deltar i reaktionen. **1p**
- c) Massantalet kiseldioxid i blandningen är 60 %. Blandningen kyls långsamt från 1800 till rumstemperatur. Beskriv vad som händer under stelningen. Vilka faser är i jämvikt, vilka fasövergångar äger rum och vilken typ av mikrostruktur kan bildas? **4p**



Kuva 2 / Figur 2, CaO ja SiO<sub>2</sub> faasidiagrammi

### 3. Mikrorakenteen muodostuminen, mekaaniset ominaisuudet 6p

Tarkastellaan kuvitteellista puhdasta metallia X (eli koostumus 100% metallia X), jonka ainoa faasitransitio on että sula X kiinteytyy lämpötilassa 1000°C. Kappale A jäähdytettiin 1200°C sulasta nopeasti 900°C, jossa sitä pidettiin tarpeeksi pitkä aika ( $t_1$ ) 100% jähmettymiselle. Tämän jälkeen kappale jäähdytettiin hitaasti huoneenlämpöön. Kappale B jäähdytettiin 1200°C sulasta nopeasti 800°C, jossa sitä pidettiin tarpeeksi pitkä aika ( $t_2$ ) 100% jähmettymiselle. Tämän jälkeen kappale jäähdytettiin hitaasti huoneenlämpöön.

a) Jos sinun pitäisi toteuttaa jähmettymisprosessi, tulisi sinun selvittää mikä on riittävän pitkä  $t_1$  ja  $t_2$ . Minkä nimistä kuvaajaa tai kaavaa käyttäisit aikojen päättämiseen? (1p)

b) Päättele mikä on merkittävin ero kappaleiden A ja B mikrorakenteilla välillä. Perustele vastauksesi käyttäen kurssilla opittuja asioita. (3p)

c) Päättele kumpi kappaleista A ja B on todennäköisesti lujempi. Perustele päättelysi käyttäen kurssilla opittuja asioita. (2p)

### 3. Bildning av mikrostruktur, mekaniska egenskaper 6p

Tänk på en imaginär metall X (komposition 100% metall X). Denna metall har bara en fasövergång: smält metall stelnar vid 1000 °C. Stycke A kyldes snabbt från 1200°C till 900°C, vid vilken det hölls under lång tid ( $t_1$ ) för att stelna fullständigt. Stycke A kyldes sedan långsamt till rumstemperatur. Stycke B kyldes snabbt från 1200°C till 800°C, vid vilken det hölls under lång tid ( $t_2$ ) för att stelna fullständigt. Stycke B kyldes sedan långsamt till rumstemperatur.

a) Om du skulle behöva utforma processen, måste du veta hur länge tiderna  $t_1$  och  $t_2$  måste vara. Vad heter grafen eller formeln som du skulle använda för att bestämma tiderna? (1p)

b) Vad är den största skillnaden mellan mikrostrukturerna i stycke A och B? Motivera ditt svar utifrån vad du har lärt dig på kursen. (3p)

c) Vilken stycke (A eller B) är troligen starkare? Motivera ditt svar utifrån vad du har lärt dig på kursen. (2p)

#### 4. Pii (6p)

a) Piikiteessä on aina vieraita atomeja. Selitä mistä nämä aineet ovat tulleet CZ-piihin, kuinka paljon niitä on, miten ne kiteessä sijaitsevat ja millaisia vaikutuksia niillä on:

happi (2p)

hiili (1p)

fosfori ja boori (2p)

b) Selitä miten FZ-kide eroaa CZ-kiteestä edellä mainittujen epäpuhtauksien suhteen? (1 p)

#### 4. Kisel (6p)

a) Det finns alltid främmande atomer i kisel kristallen. Förklara varifrån dessa ämnen kom in till CZ-kristallen, hur mycket finns det, hur de är placerade i kristallen och vilka effekter de har:

syre (2p)

kol (1p)

fosfor och bor (2p)

b)

Förklara hur FZ-kristallen skiljer sig från CZ-kristallen för ovan nämnda föroreningar (1 p)

### **5. Hiili (6p)**

Millaisissa prosesseissa (puhtaaseen) hiilimateriaaliin (nano tai bulk) syntyy  $sp^3$  sidoksiin perustuva rakenne? Anna esimerkkejä.

### **5. Kol (6p)**

Vilken typ av processer skapar en struktur baserad på  $sp^3$ -bindningar i rena kolmaterial (nano eller bulk)? Ge exempel.