

1. Generic

- a) Write the full electron configuration of Mg ($Z=12$). Draw the electron level diagram as a function of electron energy, and mark the spin up and spin down electrons occupying the shells. (2p)
- b) What are the three primary chemical bonding types? Give 1-2 sentences of explanation of each. (3p)
- c) What does it mean when we say that "crystal = lattice + basis"? (1p)
- d) Describe the classification of composites in four categories based on the reinforcing material's structure. Give 1-2 sentences of explanation of each. (4p)

2. Crystal Structures

- a) Draw the conventional unit cells of the following crystal structures (3 p)
 - i. Face Centered Cubic (FCC)
 - ii. Body Centered Cubic (BCC)
 - iii. Hexagonal Close Packed (HCP)
- b) Assuming the radius of an aluminium ion to be 0.143 nm, molar weight 26.982 g/mol and an FCC crystal structure in ambient conditions, determine the density of aluminium. (3p)
Avogadro's number $N_A=6.022 \cdot 10^{23}$ /mol.
Does your answer make physically sense (think of your everyday experiences?)

3. Mechanical properties

- a) Name and explain the three points labeled A, B ja C in the stress-strain graph on the last page. (3p)
- b) Based on the above-mentioned graph, determine which one of the materials 1-4 is the toughest, stiffest, most brittle, and most ductile. Justify your answers. (2p)
- c) Determine the Young's modulus of material 4. (1p)

4. Phase diagrams

- a) Examine the Al-Ni phase diagram on the other page. Explain the symbols α , β , γ and L. (2 p)
- b) The system with 20 wt% Ni is initially at 1000°C. Determine the phase transition temperatures, identify the phases and calculate their compositions and mass fractions, as the system is slowly cooled down to 500°C. (4p)

5. Solidification

- a) What is the total free energy and how is it related to material solidification? (2p)
- b) Starting from the definition of the total free energy change in phase transformation:

$$\Delta G = \frac{4}{3}\pi r^3 \Delta G_v + 4\pi r^2 \gamma$$

derive the following formulas for critical nucleus radius r^* and activation free energy ΔG^* . Explain all the symbols used in the formulas. (4p)

$$\Rightarrow r^* = \left(-\frac{2\gamma T_m}{\Delta H_f}\right) \left(\frac{1}{T_m - T}\right)$$

$$\Rightarrow \Delta G^* = \left(\frac{16\pi\gamma^3 T_m^2}{3\Delta H_f^2}\right) \frac{1}{(T_m - T)^2}$$

In order to get full points, eliminate the variable ΔG_v from the final answer.

6. Polymers

- a) What are the typical bonding mechanisms prevailing in polymer materials and between which structural units they act? (2p)
- b) What is meant by linear, branched, cross-linked and network polymers? What are typical properties in which they differ from each other and why? (2p)
- c) What are the four main classifications of copolymers according to how different monomer units are distributed in them? (2p)

$$L: V \rightarrow W$$

$$L^T: W^* \rightarrow V^*$$

$$L^T L: V \rightarrow W$$

$$L V = W$$

$$V^* L^T = W^*$$

1. Yleistä

- a) Kirjoita alkuaineen Mg ($Z=12$) täysi elektronikonfiguraatio . Piirrä elektronitasojen diagrammi energian funktiona ja merkitse spin ylös- ja spin alas-elektronit kullakin kuorella. (2p)
- b) Mitkä ovat primaariset kemialliset sidostyytit (3 kpl)? Anna jokaisesta 1-2 lauseen selitys. (3p)
- c) Mitä tarkoitetaan, kun sanotaan, että "kide = hila + kanta"? (1p)
- d) Kuvaile komposiittien luokittelu neljään kategoriaan vahvistavan materiaalin rakenteen mukaan. Anna jokaisesta 1-2 lauseen selitys. (4p)

2. Kiderakenteet

- a) Luonnostelet (piirrä) seuraavien kiderakenteiden yksikkökopit (3 p)
 - i. Pintakeskinen kuutiollinen (Face Centered Cubic, FCC)
 - ii. Tilakeskinen kuutiollinen (Body Centered Cubic, BCC)
 - iii. Heksagoninen tiivispakkaus (Hexagonal Close Packed, HCP)
- b) Olettaen alumiini-ionin säteeksi 0.143 nm, moolimassaksi 26.982 g/mol ja kiderakenteeksi FCC normaaliolosuhteissa, määritä alumiinin tiheys. (3p)
Avogadron luku $N_A=6.022 \cdot 10^{23}$ /mol.
Onko vastauksesi fysikaalisesti järkevä? (Mieti jokapäiväisiä kokemuksia)

3. Mekaaniset ominaisuudet

- a) Selitä toisen sivun jännitys-venymä -käyrään merkityt pisteet A, B ja C. (3p)
- b) Saman kuvaajan perusteella, määritä mikä materiaaleista on lujin, jäykin, haurain ja venyvin (2p)
- c) Määritä materiaalin 4 kimmokerroin. (1p)

4. Faasidiagrammit

- a) Tarkastele toisen sivun Al-Ni-faasidiagrammia. Selitä symbolit α , β , γ and L. (2p)
- b) Ni 20 wt% -systeemi on alun perin lämpötilassa 1000°C. Määritä faasitransitioiden lämpötilat, tunnista faasit ja laske niiden kompositiot sekä massaosuudet, kun systeemiä viilennetään hitaasti lämpötilaan 500°C. (4p)

5. Kiinteytyminen

- Mikä on muodostumisen vapaa energia (total free energy) ja miten se liittyy materiaalien kiinteytymiseen? (2p)
- Lähtien muodostumisen vapaan energian ΔG määritelmästä:

$$\Delta G = \frac{4}{3}\pi r^3 \Delta G_{\text{vol}} + 4\pi r^2 \gamma$$

johda alla olevat kaavat kriittiselle ytimen säteelle r^* ja aktivaation vapaalle energialle (activation free energy) ΔG^* . Selitä kaikki kaavoissa käytetyt symbolit. (4p)

$$\Rightarrow r^* = \left(-\frac{2\gamma T_m}{\Delta H_f}\right) \left(\frac{1}{T_m - T}\right)$$

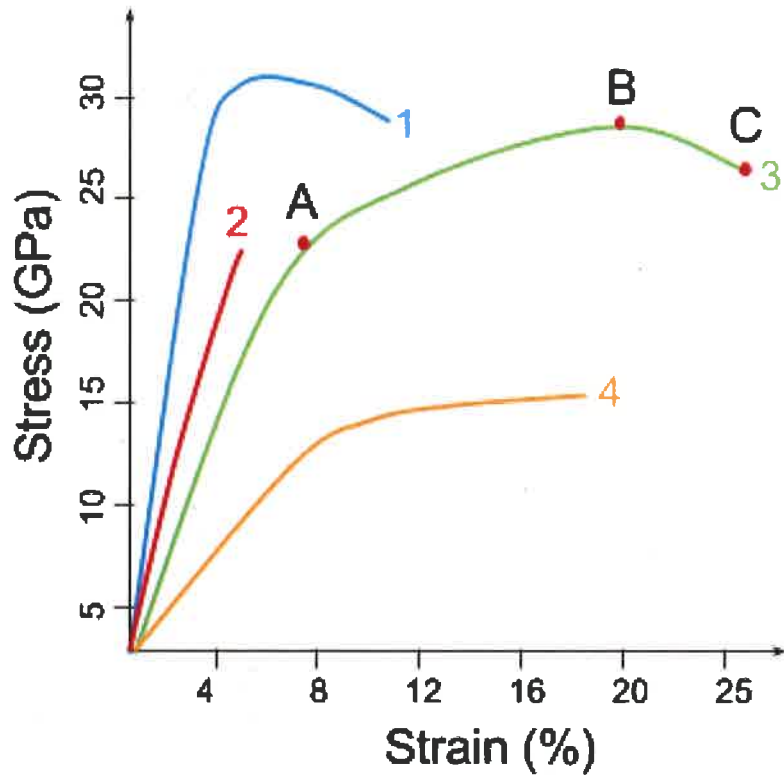
$$\Rightarrow \Delta G^* = \left(\frac{16\pi\gamma^3 T_m^2}{3\Delta H_f^2}\right) \frac{1}{(T_m - T)^2}$$

Täysien pisteiden saavuttamiseksi, älä jätä muuttujaa ΔG , lopulliseen vastaukseen.

6. Polymeerit

- Mitkä ovat tyypilliset sidosmekanismit joita tavataan polymeerimateriaaleissa ja minkä rakenteellisten yksikköjen välillä ne vaikuttavat? (2p)
- Mitä tarkoitetaan lineaarisilla, haarautuneilla ja verkkopolymeereillä? Mitkä ovat niille tyypillisiä toisistaan poikkeavia ominaisuuksia, ja miksi? (2p)
- Mitkä ovat kopolymeerien neljä pääluokkaa jaoteltuna sen mukaan miten erityyppiset monomeerit ovat niissä jakautuneet? (2p)

Stress-strain graph for problem 4



Phase diagram for problem 5

