UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
Academic Session 2008/2009

November 2008

KIT 257 – Materials Chemistry
[Kimia Bahan]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that this examination paper consists of **TWELVE** printed pages before you begin the examination.

Instructions:

Answer any **FIVE** (5) questions.

You may answer the question either in Bahasa Malaysia or in English.

If a candidate answers more than five questions, only the answers to the first five questions in the answer sheet will be graded.

...2/-

1. (a) What is the difference between crystal structure and crystal system? Consider a face-centered cubic (FCC) crystal structure that has a unit cell length **a** and the atomic radius **R**.

   (i) Show that for FCC, $4\mathbf{R} = \mathbf{a}\sqrt{2}$.

   (ii) Calculate the number of atom in a cell unit of FCC.

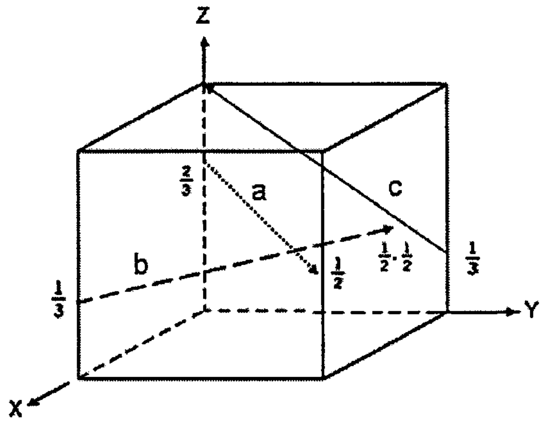
   (iii) Calculate the atomic packing factor.

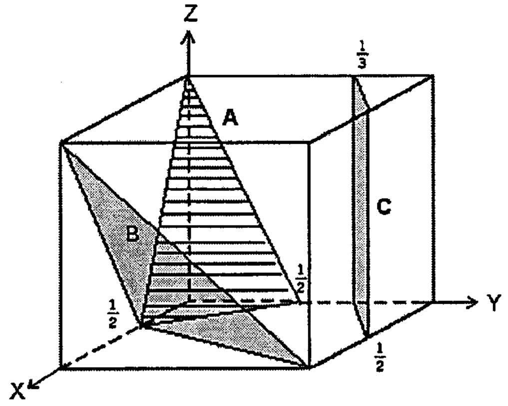
(12 marks)

   (b) What is meant by plastic deformation and elastic deformation of materials?
   Sketch qualitative stress–strain curves for ceramics, metals and polymers. Describe your sketch for each material.

(8 marks)

2. (a) What are the indices of the directions (a, b and c) and planes (A, B and C) shown in the following cubic unit cell?





(6 marks)

(b) The lattice parameter of lithium, which has the BCC structure is 0.3509 nm.

(i) Within the cubic unit cell, sketch the direction of [111] and plane of (111).

(ii) Determine the linear density and packing fraction in the [111] direction.

(iii) Determine the planar density and packing fraction in the (111) plane.

(8 marks)

(c) Briefly discuss the differences between an alloy and intermetallic compounds.
How do you determine the hardness of these materials?

(6 marks)

3. (a) What is the distinction between solid solution and solid solubility?
Briefly explain which of the following systems would be expected to display unlimited solid solubility?

(i) Au-Ag (ii) Al-Au (iii) Al-Cu

Given below the atomic radius, crystal structure, electronegativity and valence for Au, Ag, Al and Cu, respectively.

Element	*Atomic radius (nm)*	*Crystal structure*	*Electronegativity*	*valence*
Au	0.1442	FCC	2.4	+1
Ag	0.1445	FCC	1.9	+1
Al	0.1431	FCC	1.5	+3
Cu	0.1278	FCC	1.9	+2

(10 marks)

(b) What are the differences between steady-state and non-steady-state diffusion?
The diffusion coefficient for Cr^{3+} in Cr_2O_3 is 6 x 10^{-15} $cm^2\ s^{-1}$ at 727 °C and is 1 x 10^{-9} $cm^2\ s^{-1}$ at 1400 °C. Calculate:

(i) The activation energy for diffusion of Cr^{3+} in Cr_2O_3

(ii) The diffusion constant D_o.

(10 marks)

...4/-

4. (a) What are an amorphous and crystalline silicate glasses?
Briefly discuss the roles of modifiers in the structure and the properties of silicate glass.

(6 marks)

(b) Briefly discuss the types of point defects in solid crystals.
The activation energy for the formation of a vacancy in copper at 1000 °C is 0.9 eV $atom^{-1}$. The molar mass and density at 1000 °C for copper are 63.5 g mol^{-1} and 8.4 g cm^{-3}, respectively. Calculate:

(i) The number of regular atomic sites per cubic meter of copper.

(ii) The equilibrium number of vacancies per cubic meter of copper at 1000 °C.

(8 marks)

(c) What is the difference between intrinsic semiconductors and extrinsic semiconductors?
Briefly explain the electrical conductivity in n-type and p-type semiconductors.

(6 marks)

5. (a) What are the functions of matrix and reinforcement phases in composite materials?
Briefly discuss the benefits of hybrid composites as compared to those ordinary composites.

(6 marks)

...5/-

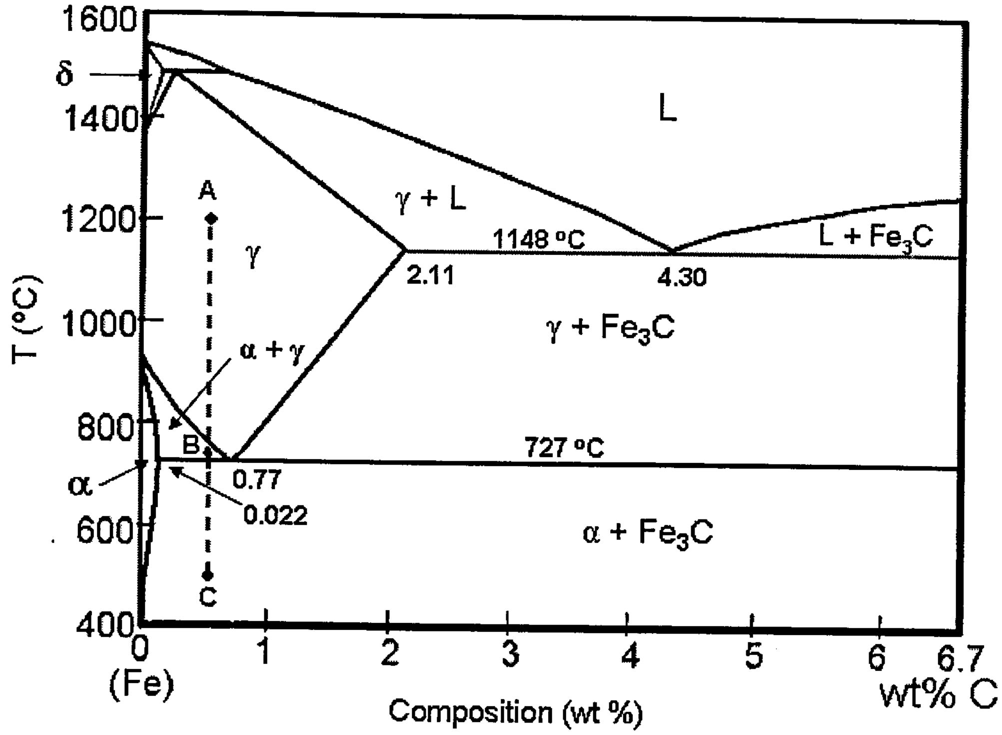
(b) Consider the following phase diagram of Fe-C.

(i) Identify the temperature, composition and the equilibrium reaction for eutectic and eutectoid equilibrium that exist in the phase diagram.

(ii) If γ-Fe is cooled from point A to C, sketch the microstructure of the alloy that formed at point A, B and C, respectively.

(iii) Determine the fraction of α-Fe and Fe_3C at point C.

(iv) What is the difference between hypoeutectoid steel and hypereutectoid steel?



(14 marks)

...6/-

6. (a) What is the difference between configuration and conformation in relation to polymer chain?
Amorphous polyvinyl chloride, -[CH_2CHCl]-, is expected to have a density of 1.38 g cm^{-3}. Calculate the percentage of crystallization in PVC that has a density of 1.45 g cm^{-3}. Assume that the completely crystalline PVC has four repeating units per unit cell. The lattice parameters for orthorhombic PVC are a_o= 1.040 nm, b_o = 0.530 nm and c_o = 0.510 nm.

(12 marks)

(b) Briefly discuss the anodic and cathodic protection in protection of steel from corrosion?
Several types of metallic coatings are used to protect steel, including zinc, tin, and aluminium. Which of these coatings will provide protection even when the coating is locally disrupted? Explain.

(8 marks)

7. (a) The density and the molar mass of thorium, which has the FCC structure are 1.72 g cm^{-3} and 232 g mol^{-1}, respectively. Calculate,

(i) the lattice parameter,

(ii) the atomic radius, and

(iii) the packing factor of thorium in FCC structure.

(8 marks)

(b) What is meant by the term of thermal stress?
A nickel engine part is coated with SiC to provide corrosion resistance at high temperatures.
If no residual stresses are present in the part at 20 °C, determine the thermal stresses that develop when the part is heated to 1000 °C. The net difference in the thermal expansion and modulus of elasticity are 8.7×10^{-6} °C^{-1} and 60×10^{6} psi, respectively.

(12 marks)

...7/-

TERJEMAHAN

<u>Arahan</u>:

Jawab **LIMA** (5) soalan.

Anda dibenarkan menjawab soalan ini sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.

Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan, hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.

...8/-

1. (a) Apakah perbezaan antara struktur hablur dengan sistem hablur?

Pertimbangkan struktur hablur kubik berpusat muka (KBM) yang mempunyai panjang unit sel **a** dan jejari atom **R**.

(i) Tunjukkan bahawa untuk KBM, 4**R** = **a**$\sqrt{2}$.

(ii) Hitung bilangan atom di dalam satu unit sel KBM.

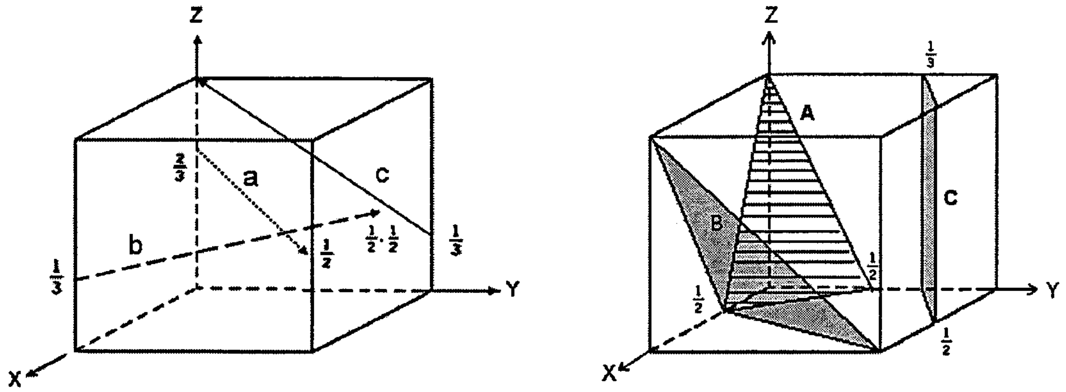
(iii) Hitung faktor padatan atom.

(12 markah)

(b) Apakah yang dimaksudkan dengan sebutan cacatbentuk plastik dan elastik suatu bahan?
Lakarkan secara kualitatif kelok tegasan – keterikan bagi bahan seramik, logam dan polimer. Terangkan lakaran anda bagi setiap bahan tersebut.

(8 markah)

2. (a) Apakah indeks bagi arah (a, b dan c) dan satah (A, B dan C) yang ditunjukkan dalam sel unit kubik berikut?



(6 markah)

(b) Parameter kekisi bagi litium yang mempunyai struktur KBB ialah 0.3509 nm.

(i) Dalam sel unit kubik, lakarkan arah [111] dan satah (111).

(ii) Tentukan ketumpatan linear dan pecahan padatan pada arah [111].

(iii) Tentukan ketumpatan satah dan pecahan padatan pada satah (111).

(8 markah)

(c) Bincangkan secara ringkas perbezaan antara aloi dengan sebatian antaralogam.
Bagaimanakah kekerasan kedua-dua bahan tersebut ditentukan?

(6 markah)

3. (a) Apakah perbezaan antara larutan pepejal dengan keterlarutan pepejal? Bincangkan secara ringkas sistem yang manakah dijangka menunjukkan keterlarutan pepejal tampa batas pada sistem berikut ?

(i) Au-Ag (ii) Al-Au (iii) Al-Cu

Berikut masing-masing ialah jejari atom, struktur hablur, keelektronegatifan, dan valensi bagi Au, Ag, Al dan Cu.

Unsur	*Jejari atom (nm)*	*Struktur hablur*	*Keelektronegatifan*	*Valensi*
Au	0.1442	FCC	2.4	+1
Ag	0.1445	FCC	1.9	+1
Al	0.1431	FCC	1.5	+3
Cu	0.1278	FCC	1.9	+2

(10 markah)

(b) Apakah perbezaan antara difusi keadaan mantap dengan keadaan tak mantap?
Pekali difusi bagi Cr^{3+} dalam Cr_2O_3 ialah 6×10^{-15} $cm^2\ s^{-1}$ pada 727 °C dan 1×10^{-9} $cm^2\ s^{-1}$ pada 1400 °C. Hitunglah;

(i) Tenaga pengaktifan difusi Cr^{3+} dalam Cr_2O_3.

(ii) Pemalar difusi, D_o.

(10 markah)

...10/-

4. (a) Apakah yang dimaksudkan dengan gelas silikat amorfus dan gelas silikat hablur?
Bincangkan dengan ringkas peranan pengubahsuai dalam struktur dan sifat gelas silikat.

(6 markah)

(b) Bincang dengan ringkas jenis kecacatan titik di dalam hablur pepejal.
Tenaga pengaktifan bagi pembentukan kekosongan di dalam kuprum pada 1000 °C ialah 0.9 ev $atom^{-1}$. Jika jisim molar dan ketumpatan kuprum pada 1000 °C masing-masing ialah 63.5 g mol^{-1} dan 8.4 g cm^{-3}. Hitunglah;

(i) Bilangan tapak atom yang biasa per meter padu kuprum.

(ii) Bilangan kekosongan pada keseimbangan per meter padu kuprum pada 1000 °C.

(8 markah)

(c) Apakah perbezaan antara semikonduktor intrinsik dan ekstrinsik?
Jelaskan dengan ringkas pengaliran elektrik dalam semikonduktor jenis-n dan jenis-p.

(6 markah)

5. (a) Apakah fungsi fasa matrik dan pengukuh di dalam suatu bahan komposit?
Bincangkan secara ringkas kelebihan komposit hibrid berbanding dengan komposit biasa.

(6 markah)

...11/-

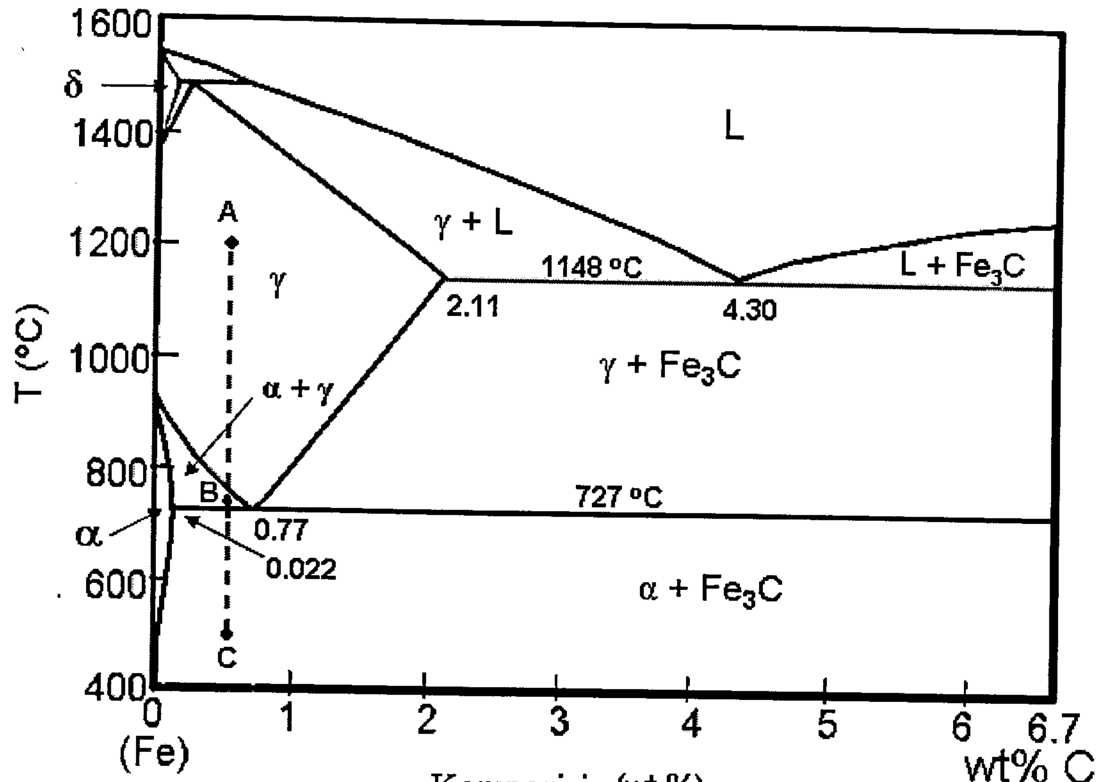
(b) Pertimbangkan rajah fasa Fe-C berikut:

(i) Nyatakan suhu, komposisi dan tindak balas keseimbangan bagi keseimbangan eutektik dan eutektoid yang wujud dalam rajah fasa tersebut.

(ii) Jika γ-Fe disejukkan dari titik A ke C, lakarkan mikrostruktur aloi yang terbentuk pada titik A, B dan C.

(iii) Tentukan pecahan bagi α-Fe dan Fe_3C pada titik C.

(iv) Apakah perbezaan antara keluli hipoeutektoid dengan keluli hipereutektoid?



(14 markah)

...12/-

6. (a) Apakah perbezaan antara konfigurasi dan konformasi yang berkaitan dengan rantai polimer?
Amorfus polivinil klorida, PVC, -[CH_2CHCl]-, dijangka mempunyai ketumpatan 1.38 g cm^{-3}. Hitunglah peratus kehabluran dalam PVC yang mempunyai ketumpatan 1.45 g cm^{-3}. Dianggarkan bahawa PVC yang berhablur sepenuhnya mempunyai empat unit berulang per unit sel. Parameter kekisi bagi PVC ortorombik ialah a_o= 1.040 nm, b_o = 0.530 nm dan c_o = 0.510 nm.

(12 markah)

(b) Bincangkan secara ringkas kaedah pencegahan kakisan secara kawalan anodik dan katodik. Pelbagai jenis pelapisan logam digunakan untuk melindungi keluli, termasuk zink, timah dan aluminium. Pelapisan logam yang manakah yang memberi perlindungan walaupun lapisan tersebut telah mengalami kerosakkan setempat? Jelaskan.

(8 markah)

7. (a) Ketumpatan dan jisim molar torium yang mempunyai struktur KBM masing-masing ialah 11.72 g cm^{-3} dan 232 g mol^{-1}. Hitunglah,

(i) parameter kekisi,

(ii) jejari atom, dan

(iii) faktor padatan torium dalam struktur KBM.

(8 markah)

(b) Apakah yang dimaksudkan dengan tegasan terma?
Alat jentera yang diperbuat daripada nikel dilapisi dengan SiC supaya tahan terhadap kakisan pada suhu tinggi. Jika tiada tegasan baki yang wujud dalam alat tersebut pada 20 °C, tentukan tegasan terma yang terhasil apabila alat tersebut dipanaskan pada 1000 °C. Jumlah perbezaan pengembangan terma dan modulus kekenyalan alat masing-masing ialah 8.7 x 10^{-6} °C $^{-1}$ dan 60 x 10^{6} psi.

(12 markah)

-oooOooo-