

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
Academic Session 2007/2008

October/November 2007

## **EBB 236/3 - Materials Thermodynamic** **[Termodinamik Bahan]**

Duration : 3 hours  
[Masa : 3 jam]

---

Please ensure that this examination paper contains EIGHT printed pages before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi LAPAN muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

This paper contains SEVEN questions.

*[Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan.]*

**Instructions:** Answer any **FIVE** questions. If a candidate answers more than five questions, only the first five answers will be examined and awarded marks.

**[Arahan:** Jawab **LIMA** soalan. Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.]

Answer to any question must start on a new page.

*[Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.]*

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

*[Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]*

1. [a] Briefly explain the difference between steady state and equilibrium state.

*Terangkan secara ringkas perbezaan di antara keadaan mantap dan keadaan keseimbangan.*

(20 marks/markah)

- [b] At one atmosphere pressure pure germanium melts at 1232 K and boils at 2980 K. The pressure at the triple point (S,L,G) is  $4.8 \times 10^{-8}$  atm. Estimate the heat of vaporization of germanium.

*Pada tekanan satu atmosfera, germanium tulen lebur pada 1232 K dan dididih pada 2980 K. Tekanan pada takat tiga (S,L,G) adalah  $4.8 \times 10^{-8}$  atm. Anggarkan haba pengewapan germanium.*

(30 marks/markah)

- [c] The vapor pressure of solid benzene,  $C_6H_6$ , is 299 Pa at  $-30^\circ C$  and 3270 Pa at  $0^\circ C$ , and the vapor pressure of liquid  $C_6H_6$  is 6170 Pa at  $10^\circ C$  and 15800 Pa at  $30^\circ C$ . Calculate the enthalpy of fusion of  $C_6H_6$  and the triple point of  $C_6H_6$ .

*Tekanan wap bagi pepejal benzena,  $C_6H_6$ , ialah 299 Pa pada  $-30^\circ C$  dan 3270 Pa pada  $0^\circ C$ , dan tekanan wap bagi cecair  $C_6H_6$  ialah 6170 Pa pada  $10^\circ C$  dan 15800 Pa pada  $30^\circ C$ . Kirakan entalpi peleburan  $C_6H_6$  dan takat tiga bagi  $C_6H_6$ .*

(50 marks/markah)

2. [a] Show that the equation below can derive using Gibbs free energy.

*Tunjukkan yang persamaan dibawah boleh diterbitkan berdasarkan tenaga bebas Gibbs.*

$$\ln\left(\frac{X_A^S}{X_A^L}\right) = \frac{\Delta H_{M(A)}}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{M(A)}}\right)$$

(40 marks/markah)

- [b] Referring to Cu-Ni phase diagram (Figure 1),
- (i) Determine the degrees of freedom in a Cu-40% Ni alloy at (a) 1300°C (b) 1250°C and (c) 1200°C.
  - (ii) Determine the amount of each phase in the Cu-40% Ni alloy at 1300°C, 1270°C, 1250°C, and 1200°C.

Berdasarkan gambarajah fasa Cu-Ni (Rajah 1),

- (i) Anggarkan darjah kebebasan di dalam aloi Cu-40% Ni pada (a) 1300°C (b) 1250°C and (c) 1200°C.
- (ii) Anggarkan jumlah bagi setiap fasa di dalam aloi Cu-40% Ni pada 1300°C, 1270°C, 1250°C, dan 1200°C.

(60 marks/markah)

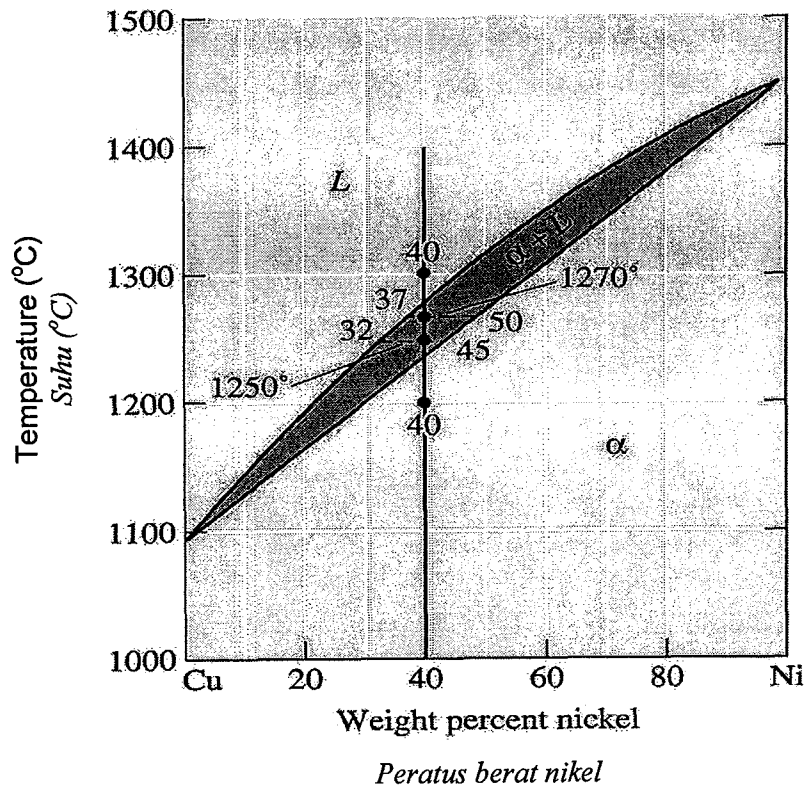


Figure 1 - Phase diagram of the Cu-Ni alloy

Rajah 1 - Gambarajah fasa aloi Cu-Ni

3. [a] Show that when the surface tension of the  $\alpha - \alpha$  grain boundary equals twice the surface tension of the  $\alpha - \beta$  grain boundary ( $\gamma_{\alpha\alpha} = 2\gamma_{\alpha\beta}$ ) the critical volume  $V^*$  for the double spherical cap is zero. Under this conditions would you expect supercooling?

*Tunjukkan apabila tegangan permukaan bagi sempadan butir  $\alpha - \alpha$  adalah dua kali ganda tegangan permukaan sempadan butir  $\alpha - \beta$  ( $\gamma_{\alpha\alpha} = 2\gamma_{\alpha\beta}$ ), isipadu kritikal  $V^*$  bagi dua lengkung sfera bersamaan dengan sifar. Dalam keadaan ini, bolehkah penyejukan lampau berlaku?*

(30 marks/markah)

- [b] A crystal MX exhibits Frenkel imperfection. The fraction of the  $M^+$  ions in interstitial sites at room temperature is  $5.3881 \times 10^{-3}$ . Calculate the formation enthalpy per pair defect at room temperature. Assume that the formation entropy is zero.

*Satu kristal MX mempunyai kecacatan Frenkel. Pecahan ion  $M^+$  yang terdapat pada celahan interstitial pada suhu bilik ialah  $5.3881 \times 10^{-3}$ . Kirakan entalpi pembentukan kecacatan pasangan pada suhu bilik. Anggarkan entropi pembentukan bersamaan dengan sifar.*

(30 marks/markah)

- [c] It was shown that for a spherical nucleus

$$\Delta G^* = \frac{16 \pi \gamma^3}{3 \Delta G_B^2} \text{ and } r^* = -\frac{2\gamma}{\Delta G_B}$$

Show that  $\Delta G^*$  is related to the volume of the critical sized nucleus,  $V^*$  by the equation

$$\Delta G^* = -\frac{V^*}{2} \Delta G_B$$

*Telah dibuktikan bahawa bagi nukleus berbentuk sfera,*

$$\Delta G^* = \frac{16 \pi \gamma^3}{3 \Delta G_B^2} \text{ dan } r^* = -\frac{2\gamma}{\Delta G_B}$$

*Tunjukkan bahawa  $\Delta G^*$  berkaitan dengan isipadu nukleus yang bersaiz kritikal  $V^*$  melalui persamaan*

$$\Delta G^* = -\frac{V^*}{2} \Delta G_B$$

(40 marks/markah)

4. [a] Copper and plumbum are completely miscible in solid and liquid states. Assuming ideal solution, calculate the solidus and liquidus lines of the Cu-Pb diagram using the range 700 – 300K. The melting points are 1083°C and 327°C, with the heat of fusion values are 12.790 kJ/mole and 4.799 kJ/mole for Cu and Pb respectively.

*Kuprum dan plumbum amat larut antara satu sama lain dalam keadaan pepejal dan cecair. Dengan membuat anggapan bahawa larutan tersebut adalah larutan ideal, kirakan keluk pepejalan dan cecair bagi gambarajah Cu-Pb dalam julat 700 – 300K. Takat leburnya ialah 1083°C dan 327°C, dengan haba peleburan sebanyak 12.790 kJ/mol and 4.799 kJ/mol untuk Cu dan Pb masing-masing.*

(50 marks/markah)

- [b] Al-Zn alloys exhibit the following relationship at 477°C:  $RT \ln \gamma_{Zn} = 1750 (1 - X_{Zn})^2$ , where  $R = 4.575 \text{ cal/deg/mole}$  and  $T$  is in K. Calculate the activity of Aluminum ( $a_{Al}$ ) at 477°C in an Al-Zn alloy containing 40 atomic% of Zn.

*Aloi Al-Zn menunjukkan hubungan berikut pada suhu 477°C:  $RT \ln \gamma_{Zn} = 1750 (1 - X_{Zn})^2$ , di mana  $R = 4.575 \text{ kal/darjah/mol}$  dan  $T$  adalah dalam unit K. Hitung aktiviti aluminium ( $a_{Al}$ ) pada suhu 477°C di dalam suatu aloi Al-Zn mengandungi 40 peratus atom Zn.*

(50 marks/markah)

5. [a] Schematically show how the contact angle between a liquid and a solid surface is related to the wetting of the solid by the liquid. Derive the relevant mathematical expressions relating interfacial tensions and contact angles under equilibrium conditions.

*Tunjukkan secara skematik bagaimana sudut sentuhan antara cecair dengan permukaan pepejal berkait dengan pembasahan pepejal oleh cecair. Terbitkan ungkapan matematik yang relevan, mengaitkan tegangan antara muka dengan sudut sentuhan di bawah keadaan keseimbangan.*

(60 marks/markah)

- [b] Briefly describe the Sessile Drop experiment. Explain the situations that may arise at various range of values of the contact angle.

*Perihalkan dengan ringkas eksperimen "Sessile Drop". Terangkan keadaan yang mungkin terjadi pada beberapa julat nilai bagi sudut sentuhan.*

(40 marks/markah)

6. [a] A thermodynamic system is undergoing a reversible change as it is heated from temperature  $T_1$  to  $T_2$ . If the heat capacity of the system is  $C_P$ , derive the mathematical expression for the entropy of the system at  $T_2$ .

*Suatu sistem termodinamik sedang menjalani perubahan berbalik apabila dipanaskan dari suhu  $T_1$  ke  $T_2$ . Jika muatan haba sistem ialah  $C_P$ , terbitkan ungkapan matematik untuk entropi sistem tersebut pada  $T_2$ .*

(40 marks/markah)

- [b] Zinc melts at  $420^\circ\text{C}$  and its standard entropy at  $25^\circ\text{C}$  is  $9.95 \text{ cal/deg/mole}$ . Calculate the standard entropy of Zn at  $750^\circ\text{C}$ . Given that: heat of fusion of Zn at the melting point ( $H_f$ ) =  $1.74 \text{ cal/mole}$ ,  $C_{P, \text{solid Zn}} = 5.35 + 2.40 \times 10^{-3}T \text{ cal/deg/mole}$ ,  $C_{P, \text{liquid Zn}} = 7.50 \text{ cal/deg/mole}$ .

*Zink mencair pada suhu  $420^\circ\text{C}$  dan entropi piawai pada suhu  $25^\circ\text{C}$  ialah  $9.95 \text{ kal/darjah/mol}$ . Hitung entropi piawai bagi Zn pada  $750^\circ\text{C}$ . Diberi: haba pelakuran Zn pada suhu lebur ( $H_f$ ) =  $1.74 \text{ kal/mol}$ ,  $C_{P, \text{pepejal Zn}} = 5.35 + 2.40 \times 10^{-3}T \text{ kal/darjah/mol}$ ,  $C_{P, \text{cecair Zn}} = 7.50 \text{ kal/darjah/mol}$ .*

(60 marks/markah)

7. [a] An open isothermal system has chemical potential  $\mu$ , temperature  $T$ , volume  $V$ , and pressure  $P$ , with  $\mu$ ,  $T$ , and  $V$  are kept constant. Prove that for such a system,  $PV$  is the maximum in equilibrium.

*Suatu sistem sesuhu terbuka mempunyai keupayaan kimia  $\mu$ , suhu  $T$ , isipadu  $V$  dan tekanan  $P$ , dengan  $\mu$ ,  $T$  dan  $V$  dibiarkan dalam keadaan malar. Buktikan bahawa untuk sistem tersebut,  $PV$  adalah maksimum pada keseimbangan.*

(40 marks/markah)

- [b] Calculate the equilibrium constant and equilibrium partial pressure of oxygen for the reaction  $ZrO_2 = Zr + O_2$ ,  $\Delta G^\circ = 259,940 + 4.33(T \log T) - 59.12T$  cal at  $1727^\circ\text{C}$ . Also, predict the possibility of decomposing a pure zirconia ( $ZrO_2$ ) crucible under a vacuum of  $10^{-5}$  mm Hg at that temperature.

*Hitung pemalar keseimbangan dan tekanan separa keseimbangan oksigen bagi tindakbalas  $ZrO_2 = Zr + O_2$ ,  $\Delta G^\circ = 259,940 + 4.33(T \log T) - 59.12T$  kal pada suhu  $1727^\circ\text{C}$ . Juga, ramalkan kemungkinan penguraian mangkuk pijar zirkonia tulen ( $ZrO_2$ ) di bawah keadaan vakum  $10^{-5}$  mm Hg pada suhu tersebut.*

(60 marks/markah)