
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
Academic Session 2007/2008

April 2008

EBB 336/3 - Materials Thermodynamic [Termodinamik Bahan]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

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

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

This paper contains SEVEN questions.

[Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan.]

Instructions: Answer FIVE questions. If a candidate answers more than five questions only the first five questions in the answer sheet will be graded.

[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] For a reversible adiabatic process for an ideal gas undergoing changes in pressure from P_1 to P_2 and in volume from V_1 to V_2 , prove that:

$$P_1(V_1)^\gamma = P_2(V_2)^\gamma, \text{ where, } \gamma = C_P/C_V$$

Untuk satu proses adiabatik berbalik, satu gas unggul yang mengalami perubahan tekanan dari P_1 ke P_2 dan isipadu dari V_1 ke V_2 buktikan bahawa:

$$P_1(V_1)^\gamma = P_2(V_2)^\gamma, \text{ di mana, } \gamma = C_P/C_V$$

(50 marks/markah)

- [b] What is the entropy change associated with the isothermal solidification of 1 g-atom of liquid gold supercooled by 200°C ?
Given that, $C_{P, <Au>} = 5.0 \text{ cal/deg/mole}$, $C_{P, \{Au\}} = 7.0 \text{ cal/deg/mole}$, Melting point of Au = 1063°C , Heat of fusion of Au (ΔH_f) = 3050 cal/mole .

Titisan-titisan kecil emas diperhatikan mengalami penyejukan lampau dengan jumlah maksima pada suhu 200°C . Berapakah perubahan entropi yang berkaitan dengan pemejalan isoterma 1 g-atom emas yang tersejuk lampau.

Diberi, $C_{P, <Au>} = 5.0 \text{ cal/deg/mole}$, $C_{P, \{Au\}} = 7.0 \text{ cal/deg/mole}$, Takat lebur Au = 1063°C , Haba pelakuran Au (ΔH_f) = 3050 cal/mole .

(50 marks/markah)

2. [a] Prove that for an isothermal system having constant chemical potential, temperature, and volume, PV is maximum at equilibrium, where P and V are pressure and volume respectively.

Buktikan untuk suatu sistem isoterma yang mempunyai keupayaan kimia, suhu dan isipadu malar, PV adalah maksimum pada keseimbangan, diberikan P dan V adalah tekanan dan isipadu.

(40 marks/markah)

- [b] Using Gibbs Duhem equation, prove that if material B in a solution A-B behaves ideally, then A also behaves ideally.

Dengan menggunakan persamaan Gibb Duhem, buktikan bahawa jika bahan B di dalam larutan A-B bersifat unggul, maka bahan A juga bersifat unggul.

(60 marks/markah)

3. [a] Assume that CO bubbles are generated in a liquid steel bath kept in a crucible through the reaction $\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO}$. The process involves nucleation of CO followed by growth of the bubbles. Explain why in such a situation CO bubbles tend to form only near the steel-crucible interface?

Andaikan buih-buih CO yang dihasilkan melalui mandian cecair keluli di dalam mangkuk pijar berlaku melalui tindakbalas $\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO}$. Proses ini melibatkan penukleusan CO yang diikuti dengan penghasilan buih-buih. Terangkan kenapa situasi buih-buih CO cenderung untuk terbentuk hanya pada antara muka keluli-mangkuk pijar?

(60 marks/markah)

- [b] What is meant by surface excess property? Assuming that a physical surface of discontinuity exists between two phases, how does a particular surface excess property can be obtained?

Apakah yang dimaksudkan dengan sifat lebihan permukaan. Anggapkan permukaan fizikal yang tidak berselanjara wujud di antara dua fasa, bagaimanakah suatu sifat lebihan permukaan tersebut boleh diperolehi?

(40 marks/markah)

4. [a] What is an ensemble? What are the different types of ensembles classified in statistical thermodynamics?

Apakah yang dimaksudkan dengan "ensemble"? Apakah jenis "ensemble" yang dikelaskan dalam termodinamik statistik?

(50 marks/markah)

- [b] Germanium and silicon are completely miscible in liquid and solid states. Assuming that the solutions are ideal, calculate the liquidus and solidus lines, using the range 1300-1600K at 100K interval. Neglect the heat capacity corrections. The melting points are 1210K and 1685K, the entropy of fusion values are 30.4J/mole-K and 30.1J/mole-K for Ge and Si respectively.

Germanium dan silikon boleh larut-campur dalam keadaan cecair dan pepejal. Andaikan larutan adalah unggul, kirakan garisan cecair dan pepejal menggunakan julat suhu 1300-1600K pada selang 100K. Abaikan pembetulan muatan haba. Takat didih germanium dan silikon adalah masing-masing 1210K dan 1685K, manakala haba pelakuran adalah 30.4J/mole-K dan 30.1J/mole-K.

(50 marks/markah)

5. [a] The densities of liquid and solid bismuth are $10 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ and $9.673 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ respectively at the normal melting point 540 K. The heat of fusion is 11.02 kJ/mol. Calculate the melting point of bismuth under a pressure of $101,325 \times 10^2 \text{ N/m}^2$. Given, atomic weight of bismuth is 209.

Ketumpatan pepejal dan cecair bismut adalah masing-masing $10 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ dan $9.673 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ pada takat lebur 540 K. Haba pelakuran ialah 11.02 kJ/mol. Kirakan takat lebur bismut pada tekanan $101,325 \times 10^2 \text{ N/m}^2$. Diberi berat atom bismut adalah 209.

(50 marks/markah)

- [b] Derive the Clausius Clapeyron equation in terms of pressure, molar heat of vaporization and temperature.

Terbitkan persamaan Clausius Clapeyron berdasarkan tekanan, haba pengewapan molar dan suhu.

(50 marks/markah)

6. [a] The number of vacancy in 1 cm^3 copper at equilibrium at 1265K is 1.88×10^{21} vacancies/ cm^3 and the heat of formation of vacancies is 79.56 kJ/mole. Find the vibrational entropy required of the vacancies in this Copper. Given; Avogadro number = 6.02×10^{23} , molecular weight = 63.54, $\rho = 7.88 \text{ g/cm}^3$.

Bilangan kekosongan dalam 1 cm^3 kuprum pada keseimbangan pada suhu 1265K ialah 1.88×10^{21} kekosongan/ cm^3 dan haba pembentukan kekosongan adalah 79.56 kJ/mole. Kirakan entropi getaran yang diperlukan bagi kekosongan di dalam kuprum tersebut. Diberi; Nombor Avogadro = 6.02×10^{23} , JMR = 63.54, $\rho = 7.88 \text{ g/cm}^3$.

(40 marks/markah)

- [b] With the aid of the energy diagram explain why defects are formed in metal?

Dengan bantuan gambarajah tenaga, terangkan mengapa kecacatan terbentuk?

(30 marks/markah)

- [c] Visualize a gold thin film stripe as a connector in a microelectronic chip. The stripe is 0.1 micron thick and has a bamboo grain structure (This means the grains boundaries extend laterally across the stripe). Take the grain boundary energy at 600K to be 0.42 J/m^2 and surface energy 1.44 J/m^2 . Compute the dihedral angle where a grain boundary meets the external surface.

Satu keping filem nipis emas digunakan sebagai penyambung dalam cip mikroelektronik. Katakan ketebalan kepingan adalah 0.1 mikron dan mempunyai struktur ira buluh. Ambil tenaga sempadan ira emas sebagai 0.42 J/m^2 pada 600K; tenaga permukaan adalah 1.44 J/m^2 . Kirakan sudut dwisatah di mana sempadan ira bertembung dengan permukaan luaran.

(30 marks/markah)

7. [a] Sketch a schematic diagram to show the energies involved in Homogeneous Nucleation.

Lakarkan gambarajah skematik untuk menunjukkan tenaga-tenaga yang berkaitan dengan penukleusan homogen.

(40 marks/markah)

- [b] Show that for $T \approx T_m$, $\Delta G_B = \Delta H(1-T/T_m)$, where ΔH is the enthalpy change on solidification per unit vol.

Tunjukkan bahawa untuk $T \approx T_m$, $\Delta G_B = \Delta H(1-T/T_m)$, di mana ΔH adalah perubahan entalpi pada pemejalan per unit isipadu.

(20 marks/markah)

- [c] For the solidification of a metal, $T_m = 1000\text{K}$ with undercooling of 200K , calculate the rate of homogeneous nucleation in nuclei/ m^3/s . Neglect the activation energy. Assume that $v = 10^{12}/\text{s}$ and s^*pd estimated as $10^{28}/\text{m}^3$, $\Delta H = -1.26 \times 10^9 \text{ J}/\text{m}^3$, $\gamma_{LS} = 0.16 \text{ J}/\text{m}^2$.

*Untuk pemejalan satu logam $T_m = 1000\text{K}$ dengan sejuk-lampau 200K , kirakan kadar penukleusan homogen dalam nuklei/ m^3/s . Abaikan tenaga pengaktifan. Andaikan $v = 10^{12}/\text{s}$ dan s^*pd dianggarkan sebagai $10^{28}/\text{m}^3$, $\Delta H = -1.26 \times 10^9 \text{ J}/\text{m}^3$, $\gamma_{LS} = 0.16 \text{ J}/\text{m}^2$.*

(40 marks/markah)