

SULIT



First Semester Examination
2024/2025 Academic Session

February 2025

EBB 236 – Materials Thermodynamic
[Termodinamik Bahan]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please ensure that this examination paper contains ELEVEN (11) printed pages before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEBELAS (11) muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]

Instructions : Answer **FIVE (5)** questions. **Part A is COMPULSORY**. Answer **ONE (1)** question from PART B and **ONE (1)** question from PART C. All questions carry the same marks.

[Arahan : Jawab **LIMA (5)** soalan. **Bahagian A WAJIB dijawab**. Jawab **SATU (1)** soalan dari BAHAGIAN B and **SATU (1)** soalan dari BAHAGIAN C. Semua soalan membawa jumlah markah yang sama.]

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunapakai].

...2/-

SULIT

PART A / BAHAGIAN A

- (1). (a). Explain the concepts of macrostates and microstates in statistical thermodynamics. What are the limitations of phenomenological thermodynamics that can be compensated by statistical thermodynamics.

Terangkan konsep keadaan makro dan keadaan mikro dalam termodinamik statistik. Apakah batasan termodinamik fenomenologi yang boleh dilengkapi oleh termodinamik statistik.

(7 marks/markah)

- (b). Explain the Boltzmann hypothesis. Discuss how the concept of entropy, as introduced by Boltzmann can be used to connect the macroscopic and microscopic of thermodynamics.

Terangkan hipotesis Boltzmann. Bincangkan bagaimana konsep entropi, seperti yang diperkenalkan oleh Boltzmann boleh digunakan untuk menghubungkan termodinamik makroskopik dan mikroskopik.

(7 marks/markah)

- (c). Discuss extrinsic and intrinsic defects in crystal systems.

Bincangkan kecacatan ekstrinsik dan intrinsik dalam sistem kristal.

(6 marks/markah)

- (2) (a). Sketch a schematic diagram of the energies involved in transformation of homogeneous nucleation. Based on the schematic diagram, derive the expression for a spherical nucleus of critical size and the free energy formation of such a nucleus in a vapor- liquid transformation.

Lukiskan gambar rajah skematik bagi tenaga yang terlibat dalam transformasi penukleusan homogen. Berdasarkan rajah skematik terbitkan ungkapan bagi nukleus sfera yang bersaiz kritikal dan tenaga bebas untuk pembentukan nukleus dalam transformasi wap-cecair

(8 marks/markah)

- (b). 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 activation energy. Assume $v = 10^{12}/\text{s}$ and s^*_{pd} estimated as $10^{28}/\text{m}^3$, $\Delta H = -1.26 \times 10^9 \text{ J/m}^3$, $\gamma_{LS} = 0.16 \text{ J/m}^2$.

*Hitung kadar penukleusan homogen dalam unit nuclei/ m^3/s bagi pemejatan sesuatu logam, pada $T_m = 1000\text{K}$ dengan pendinginan sebanyak 200K . Abaikan tenaga pengaktifan. Andaikan $v = 10^{12}/\text{s}$ dan s^*_{pd} dianggarkan $10^{28}/\text{m}^3$, $\Delta H = 1.26 \times 10^9 \text{ J/m}^3$, $\gamma_{LS} = 0.16 \text{ J/m}^2$.*

(6 marks/markah)

- (c). In conditions of heterogeneous nucleation, if γ_{LS} is only 0.02 J/m^2 , estimate how much undercooling is required for a reasonable nucleation rate of 10^6 nuclei/ m^3/s ?

Dalam keadaan penukleusan heterogen, jika γ_{LS} ialah hanya 0.02 J/m^2 , anggarkan berapa banyak pendinginan yang diperlukan untuk kadar penukleusan sebanyak 10^6 nuclei/ m^3/s untuk berlaku?

(6 marks/markah)

(3). (a). Explain the following items.

Terangkan perkara di bawah;

(i). Vibrational and Frenkel Entropy

Entropi Gegaran dan Entropi Frenkel

(ii). Surface tension

Ketegangan Permukaan

(iii). Divacancies

Dwikekosongan

(iv). Quasi crystals

Kristal kuasi

(10 marks/markah)

(b). If the interaction parameters for divacancies are about 10 percent of the values of corresponding single defect parameters given below;

Jika parameter interaksi bagi dwikekosongan adalah 10 peratus daripada nilai parameter kecacatan tunggal berikut.

$$\Delta \overline{H}_v = 70,000 \text{ J / mole} \quad \Delta \overline{S}_v = 4.00 \text{ J / mole.K}$$

Calculate the equilibrium concentration of divacancies at 600°C and at 1100°C

Kirakan kepekatan keseimbangan bagi dwikekosongan pada suhu 600°C dan 1100°C

(10 marks/markah)

...5/-

PART B / BAHAGIAN B

- (4). (a). Explain Raoult's Law and its application to ideal solutions. Support your answer by providing an appropriate equation.

Terangkan Hukum Raoult dan aplikasinya kepada larutan yang ideal. Sokong jawapan anda dengan menyediakan persamaan yang bersesuaian.

(6 marks/markah)

- (b). The vapour pressures of ethanol and propanol are 17000 Pa and 15450 Pa respectively. An ideal solution is formed by mixing 24 g of ethanol with 35 g of propanol. Calculate the vapour pressure of each component and the mole fraction of the two components in the vapour phase. Given molecular weight for ethanol and propanol are 46.07 g/mol and 60.10 g/mol respectively.

Tekanan wap etanol dan propanol masing-masing ialah 17000 Pa dan 15450 Pa. Larutan ideal dibentuk dengan mencampurkan 24 g etanol dengan 35 g propanol. Kirakan tekanan wap bagi setiap komponen dan pecahan mol bagi kedua-dua komponen dalam fasa wap. Diberi berat molekul untuk etanol dan propanol masing-masing ialah 46.07 g/mol dan 60.10 g/mol.

(8 marks/markah)

- (c). The volume of a binary mixture has a molar volume, V , that depends on its composition and is given by the equation:

Isipadu suatu campuran binari mempunyai isipadu molar, V , yang bergantung kepada komposisinya yang diberikan oleh persamaan:

$$V = 75x_1 + 95x_2 + 3.7x_1x_2 \text{ cm}^3/\text{mol}$$

$$x_1 = 0.60$$

- (i). Calculate the molar volume of the mixture.

Kira isipadu molar campuran tersebut.

- (ii). Calculate the partial molar volume of component 1.

Kira isipadu molar separa komponen 1.

(6 marks/markah)

- (5). (a). Explain the concept of partial molar Gibbs free energy. How does the partial molar Gibbs free energy of a component in a mixture relate to the chemical potential of that component?

Terangkan konsep tenaga bebas Gibbs molar separa. Bagaimana tenaga bebas Gibbs molar separa komponen dalam campuran berkait dengan keupayaan kimia komponen tersebut?

(6 marks/markah)

- (b). The Ellingham diagram plots the standard free energy of a reaction as a function of temperature.

Diagram Ellingham memplotkan tenaga bebas piawai bagi suatu tindak balas sebagai fungsi suhu.

- (i). Describe how the slope of the line in the Ellingham diagram is related to the thermodynamics properties of the reduction reaction. How does this impact the temperature dependence of the reduction reaction?

Huraikan bagaimana kecerunan garisan dalam diagram Ellingham berkait dengan sifat termodinamik tindak balas penurunan. Bagaimanakah ini memberi kesan kepada pergantungan suhu tindak balas penurunan tersebut?

(8 marks/markah)

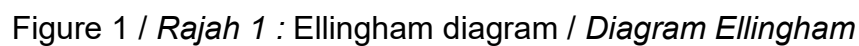
- (ii). Based on the Ellingham diagram, identify which of the following metals would be most likely to reduce the oxide of another metal at a given temperature. Justify your answer.

Berdasarkan diagram Ellingham, kenalpasti logam manakah yang paling berkemungkinan menurunkan oksida logam lain pada suhu tertentu. Justifikasikan jawapan anda.

- Copper (Cu)
- Zinc (Zn)
- Nickel (Ni)

(6 marks/markah)

...8/-



PART C / BAHAGIAN C

(6). (a). Sketch Gibbs energy (G) -Temperature (T) diagram to show the stable region of α , β and L based on the information given.

- $G_{\alpha} < G_{\beta}$ at $T < T_t$ and hence α is more stable
- $G_{\beta} < G_{\alpha}$ at $T > T_t$ and hence β is more stable
- $G_{liq} < G_{\beta}$ at $T > T_m$ and hence liquid is more stable
- $T_t < T_m$

Lakarkan gambarajah Tenaga Gibbs (G) – Suhu (T) untuk menunjukkan kawasan yang stabil α , β dan L berdasarkan kepada maklumat yang diberikan.

- $G_{\alpha} < G_{\beta}$ at $T < T_t$ dan oleh itu α adalah lebih stabil
- $G_{\beta} < G_{\alpha}$ at $T > T_t$ dan oleh itu β adalah lebih stabil
- $G_{liq} < G_{\beta}$ at $T > T_m$ dan oleh itu cecair adalah lebih stabil
- $T_t < T_m$

(4 marks/markah)

(b). Derive the Clausis-Clayperon equation for liquid-vapor equilibrium in terms of pressure, molar heat of vaporization and temperature

Terbitkan persamaan Clausis Claperon equation untuk keseimbangan cecair-gas dalam ungkapan tekanan, haba pengewapan molar dan suhu

(6 marks/markah)

(c). Near the triple point of NH_3 , the equilibrium vapor pressure of solid and the liquid are well represented by:

$$\log P_{\text{NH}_3(\text{s})} = 23.03 - 3754 / T$$

$$\log P_{\text{NH}_3(\text{l})} = 19.49 - 3063 / T$$

where the temperature and pressure are express in Kelvin and bar units

Pada takat tiga NH_3 , keseimbangan fasa tekanan wap bagi pepejal dan cecair diberi sebagai

$$\log P_{\text{NH}_3(\text{s})} = 23.03 - 3754 / T$$

$$\log P_{\text{NH}_3(\text{l})} = 19.49 - 3063 / T$$

dimana suhu dan tekanan diberi dalam unit Kelvin dan bar.

- (i) Calculate the temperature T_{tp} and pressure P_{tp} of the triple point.
Kirakan suhu T_{tp} dan tekanan P_{tp} pada takat tiga.
- (ii) Consider the functional form of the integrated Clausius-Clapeyron equation (assume ΔH is constant) to estimate the molar heat of sublimation and the molar of fusion for NH_3 .

Pertimbangkan ungkapan pengkamiran Clausius-Clapeyron (anggap ΔH ialah malar) untuk anggarkan haba pemejalwapan dan dan pelakuran bagi NH_3 .

(10 marks/markah)

- (7). (a). A palladium (Pd) bicrystal is equilibrated with its vapor, where the grain boundary intersects the free surface, a groove is formed as shown in Figure 2. The surface energy of a Pd-vapor interface is nearly isotropic at 1200 K and may be taken to be equal as 2.20 J/m^2 . Determine the interfacial energy of this grain boundary. The dihedral angle is $\varphi_\alpha = 178^\circ$.

Palladium dwi-cristal pada keadaan keseimbangan dengan wap di mana sempadan ira bertemu lurah seperti di Rajah 2. Tenaga permukaan Pd-wap ialah isotropi pada 1200 K dengan nilainya sebanyak 2.20 J/m^2 . Tentukan tenaga antara muka sempadan ira tersebut. Sudut dwihedron bersamaan, $\varphi_\alpha = 178^\circ$

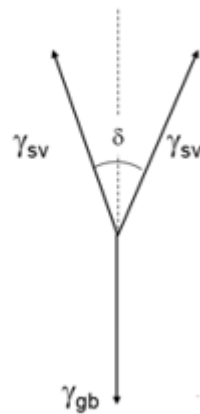


Figure 2: Grain boundary with a groove

Rajah 2: Sempadan ira dengan lurah

(10 marks/markah)

- (b). Compute the pressure in a $0.25 \mu\text{m}$ diameter water droplet formed in super cooled water vapor at 70°C . The vapor pressure of water at 70°C is 65.2 kPa . The specific interfacial free energy of water at this temperature is $75 \times 10^{-7} \text{ J/cm}^2$.

Kirakan tekanan pada titis air yang berdiameter $0.25 \mu\text{m}$. Ia dihasilkan daripada wap air terlampau dingin pada suhu 70°C . Tekanan wap air pada 70°C ialah 65.2 kPa . Tenaga bebas antara muka air pada suhu ini ialah $75 \times 10^{-7} \text{ J/cm}^2$.

(10 marks/markah)

-oooOooo-