

**PART A / BAHAGIAN A**

- (1). (a). Explain the significance of statistical thermodynamics in understanding the behaviour of macroscopic systems. Provide an appropriate example to support your answer.

*Terangkan kepentingan termodinamik statistik dalam memahami kelakuan sistem makroskopik. Berikan satu contoh yang bersesuaian untuk menyokong jawapan anda.*

(6 marks/markah)

- (b). Briefly explain the Boltzmann hypothesis. Discuss how the concept of entropy, as derived from the Boltzmann Hypothesis can be used to connect the macroscopic and microscopic of thermodynamics.

*Terangkan secara ringkas hipotesis Boltzmann. Bincangkan bagaimana konsep entropi, seperti yang diperolehi daripada Hipotesis Boltzmann boleh digunakan untuk menghubungkan termodinamik makroskopik dan mikroskopik.*

(7 marks/markah)

- (c). What is specific heat capacity of a material? Discuss the connection between heat capacity and the Einstein Model for a simple cubic crystal.

*Apakah muatan haba tentu suatu bahan? Bincangkan hubungan antara kapasiti haba dan Model Einstein untuk hablur kubik ringkas.*

(7 marks/markah)

...3/-

- (2). (a). It was shown that for a spherical nucleus.

*Hubungan berikut telah dibuktikan untuk nukleus sfera*

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

Indicate that  $\Delta G^*$  is related to the volume of the critical size nucleus,  $V^*$  by the equation  $\Delta G^* = -\frac{V^*}{2}\Delta G_B$ .

*Tunjukkan bahawa tenaga bebas untuk nukleus kritikal,  $\Delta G^*$  adalah berhubungkait kepada isipadu nukleus bersaiz kritikal,*

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

(8 marks/markah)

- (b). Wustite (FeO) and manganese oxide (MnO) are completely miscible in liquid and solid state. Assuming that the solutions are ideal, calculate the liquidus and solidus lines of FeO-MnO diagram using the range 1500K to 1700K at 100K intervals. The melting points are 1378K and 1875K, and the heat of fusion are 30962 J/mole and 54392 J/mole for FeO and MnO respectively. Plot the liquidus and solidus line on the provided graph paper.

*Wustite (FeO) dan mangan oksida (MnO) larut campur sepenuhnya di dalam keadaan cecair dan keadaan pepejal. Andaikan larutan ini sebagai larutan unggul, kirakan garis cecair dan pepejal bagi rajah FeO-MnO menggunakan julat suhu 1500K ke 1700K pada selang 100K. Suhu peleburan FeO dan MnO adalah masing-masing 1378K dan 1875K, dan haba peleburan adalah 30962 J/mol dan 54392 J/mol. Plotkan garis cecair dan pepejal pada kertas graf yang disediakan.*

(12 marks/markah)

...4/-

- (3). (a). What does it mean by partial molar quantities? Describe your answer by using an appropriate example.

*Apakah yang dimaksudkan dengan kuantiti molar separa. Huraikan jawapan anda dengan menggunakan satu contoh yang sesuai.*

(5 marks/markah)

- (b). In the production of titanium metal, the reduction of titanium oxide to titanium is a critical step. The Ellingham Diagram for relevant reactions is provided in Figure 1.

*Dalam penghasilan logam titanium, penurunan titanium oksida kepada titanium adalah langkah yang kritikal. Diagram Ellingham untuk tindak balas yang berkaitan disediakan dalam Rajah 1.*

- (i). Identify the reducing agent involved in the extraction process. Write the balanced chemical equation for the relevant reaction based on the Ellingham Diagram.

*Kenal pasti agen penurunan yang terlibat dalam proses pengekstrakan tersebut. Tuliskan persamaan kimia seimbang bagi tindak balas yang berkaitan berdasarkan Rajah Ellingham.*

(5 marks/markah)

...5/-

- (ii). Determine the optimal temperature range for the reduction reaction. Justify your choice by considering the Gibbs free energy changes.

*Tentukan julat suhu optimum untuk tindak balas penurunan tersebut. Justifikasikan pilihan anda dengan mempertimbangkan perubahan tenaga bebas Gibbs.*

*(5 marks/markah)*

- (iii). Evaluate the environmental impact of the titanium extraction process, taking into account the information from the Ellingham Diagram.

*Nilaikan kesan kepada alam sekitar daripada proses pengekstrakan titanium, dengan mengambil kira maklumat daripada Diagram Ellingham.*

*(5 marks/markah)*

**...6/-**

### Ellingham Diagrams

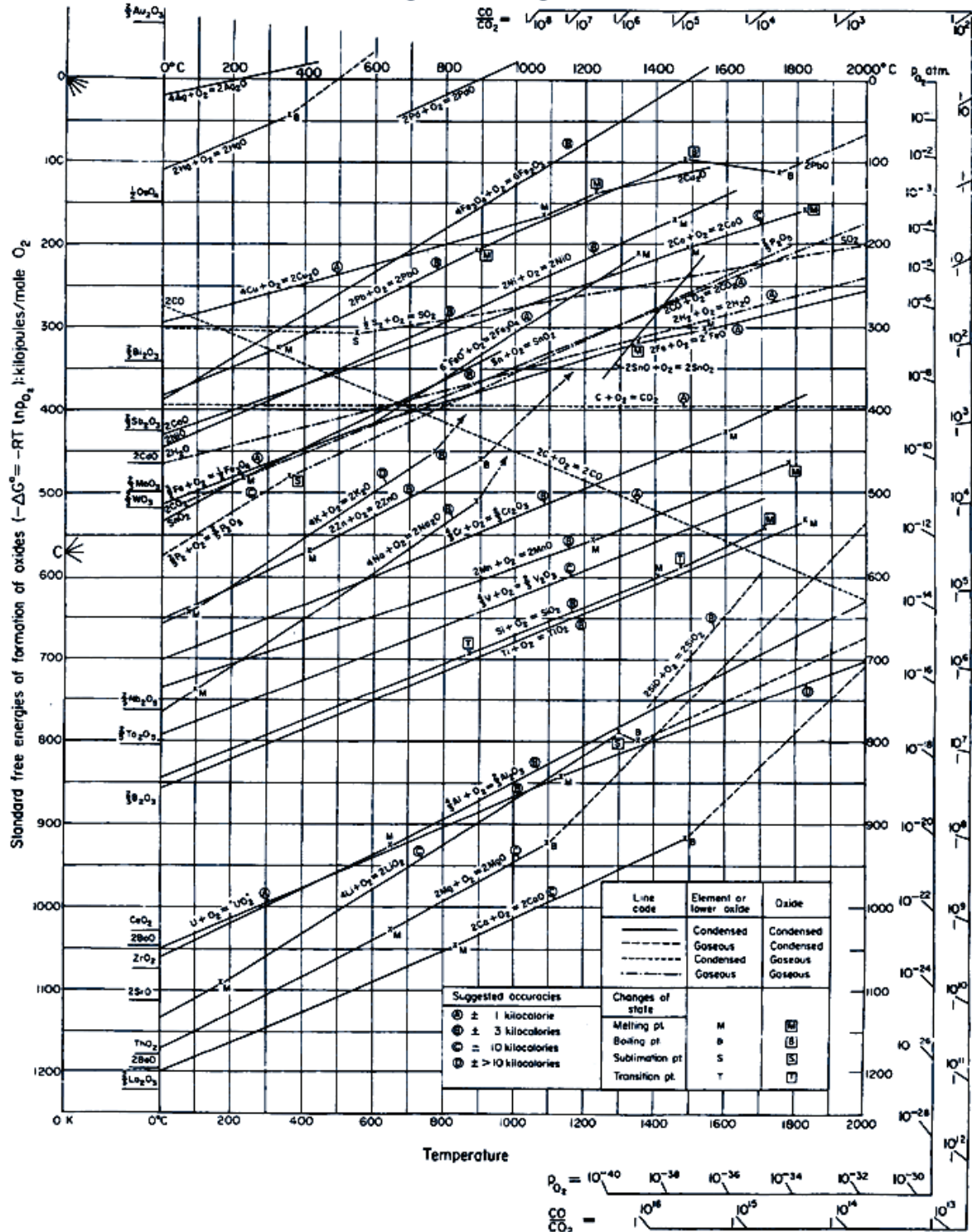


Figure 1 – Ellingham diagram

Rajah 1 – Diagram Ellingham

**PART B / BAHAGIAN B**

(4). (a). Explain the following items;  
*Terangkan perkara di bawah;*

(i). Surface tension  
*Ketegangan permukaan*

(ii). Configurational Entropy  
*Entropi secara Konfigurasi*

(iii). Quasi crystals  
*Hablur Kuasi*

(iv). Schottky defects  
*Kecacatan Schottky*

(10 marks/markah)

(b). Consider a system with two particles that are allowed to occupy four energy states. Tabulate the microstates and macrostates of this system.

*Pertimbangkan suatu sistem yang mempunyai empat partikel yang boleh merangkumi dua keadaan tenaga. Jadualkan keadaan mikro dan keadaan makro untuk sistem ini.*

(10 marks/markah)

#

#

#

...8/-

- (5). (a). For a solid phase equilibrium of a solid solution and liquid, derive the relation between the activities of a component in the two phases, assuming heat of fusion to be constant between the melting point and the temperature considered.

*Untuk keseimbangan fasa pepejal bagi larutan pepejal dan cecair, terangkan hubungan antara aktiviti komponen dalam dua fasa tersebut, dengan mengandaikan haba pelakuran adalah malar antara takat lebur dan suhu yang dipertimbangkan.*

(6 marks/markah)

- (b). Pure iron has a melting point of  $1539^{\circ}\text{C}$ , and the introduction of 1% (by weight) of silicon decreases it to  $1527^{\circ}\text{C}$ . Determine the silicon concentration in solid iron when it is in equilibrium with liquid at  $1527^{\circ}\text{C}$ . The heat of fusion for iron is  $15490\text{ J/mol}$ . The atomic weights of iron and silicon are  $28\text{ g/mol}$  and  $56\text{ g/mol}$ , respectively.

*Besi tulen mempunyai takat lebur pada  $1539^{\circ}\text{C}$ , dan dengan penambahan 1% (dalam berat) silikon, ia menurunkannya kepada  $1527^{\circ}\text{C}$ . Tentukan kepekatan silikon dalam besi pepejal apabila berada dalam keseimbangan dengan cecair pada suhu  $1527^{\circ}\text{C}$ . Haba pelakuran bagi besi adalah  $15490\text{ J/mol}$ . Berat atom bagi besi dan silikon masing-masing adalah  $28\text{ g/mol}$  dan  $56\text{ g/mol}$ .*

(7 marks/markah)

- (c). At  $1492^{\circ}\text{C}$ , delta iron contains a maximum of 0.10% (by weight) of carbon. Estimate the carbon content of the liquid iron in equilibrium with this solid? The atomic weights of carbon and iron are  $12\text{ g/mol}$  and  $56\text{ g/mol}$ , respectively.

...9/-

*Pada suhu 1492°C, besi delta mengandungi maksimum 0.10% (dalam berat) karbon. Anggarkan kepekatan karbon dalam besi cecair yang berada dalam keseimbangan dengan fasa pepejal ini. Berat atom bagi karbon dan besi masing-masing adalah 12 g/mol dan 56 g/mol.*

(7 marks/markah)

- (6). (a). Discuss the deviation from ideal behaviour in the context of Raoult's Law. Explain TWO (2) factors contributing to the positive deviation.

*Bincangkan sisihan daripada tingkah laku ideal dalam konteks Hukum Raoult. Terangkan DUA (2) faktor yang menyumbang kepada sisihan positif.*

(8 marks/markah)

- (b). Calculate the boiling point (at 1 atm) of a solution containing 116 g of acetone ( $M_w = 58 \text{ g/mol}$ ) and 72 g of water ( $M_w = 18 \text{ g/mol}$ ) by using the following table. The solution obeys the Raoult's law.

*Kirakan titik didih (pada 1 atm) suatu larutan yang mengandungi 116 g aseton ( $M_w = 58 \text{ g/mol}$ ) dan 72 g air ( $M_w = 18 \text{ g/mol}$ ) dengan menggunakan jadual berikut. Larutan tersebut mematuhi hukum Raoult.*

Temperature / suhu (°C)	Vapor pressure of Acetone / Tekanan Wap Aseton (atm)	Vapor pressure of water / Tekanan Wap Air (atm)
60	1.14	0.198
70	1.58	0.312
80	2.12	0.456
90	2.81	0.694

(6 marks/markah)

...10/-



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

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

$$V = 70x_1 + 90x_2 + 3.8x_1x_2 \text{ cm}^3/\text{mol}$$

$$x_1 = 0.40$$

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

*Kirakan isipadu molar campuran itu.*

(3 marks/markah)

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

*Kirakan isipadu molar separa komponen 1.*

(3 marks/markah)

- (7). (a). The energy to form a mole of vacancies in Cu is 27,000 calories and the vibrational entropy is  $2.5k$  per vacancy, where  $k$  is Boltzmann's constant. Compute the number of vacancies per cubic centimeter of Cu at  $50^\circ\text{C}$  and at its melting point ( $1083^\circ\text{C}$ ). The density of Cu is  $8.94 \text{ g/cm}^3$  and relative molecular weight (RMW) for Cu is  $64 \text{ g/mol}$ .

*Tenaga pembentukan kekosongan dalam Cu ialah 27,000 kalori dan entropi gegaran ialah  $2.5k$  di mana  $k$  ialah pemalar Boltzmanns. Kirakan jumlah kekosongan per isipadu  $\text{cm}^3$  untuk Cu pada  $50^\circ\text{C}$  dan takat leburnya ( $1083^\circ\text{C}$ ). Ketumpatan Cu ialah  $8.94 \text{ g/cm}^3$  dan berat jisim molekul (BJM) Cu ialah  $64 \text{ g/mol}$ .*

(10 marks/markah)

...11/-

- (b). For the solidification of a metal,  $T_m=1250$  K with undercooling of 100 K, calculate the rate of homogenous nucleation in nuclei/ $m^3/s$  using equation below. Neglect activation energy. Assume the constant  $v=10^{11}/s$  and the constant  $s^*pd$  in the equation below was estimated as  $10^{26}/m^3$ ,  $\Delta H=-2.26 \cdot 10^9$  J/ $m^3$  and  $\gamma_{LS}=0.36$  J/ $m^2$ .

*Hitung kadar penukluesan homogen dalam unit nuclei/ $m^3/s$  bagi suatu logam, pada  $T_m=1250$  K dengan kadar penyejukan sebanyak 100 K dengan menggunakan persamaan di bawah. Abaikan tenaga pengaktifan. Andaikan  $v=10^{11}/s$ , pemalar  $s^*pd = 10^{26}/m^3$  di dalam persamaan,  $\Delta H=-2.26 \cdot 10^9$  J/ $m^3$  dan  $\gamma_{LS}=0.36$  J/ $m^2$ .*

$$N = vs^*pd \exp. \left[ \frac{\Delta G^* + \Delta G_v}{kT} \right] \#$$

(10 marks/markah)

#

#

-oooOooo -

