

PART A / BAHAGIAN A

- (1). (a). What is the importance of statistical thermodynamics? Support your answer using an appropriate example.

Apakah kepentingan termodinamik statistik? Sokong jawapan anda dengan satu contoh yang sesuai.

(5 marks/markah)

- (b). Briefly explain the hypothesis that connects the atomistic and phenomenological aspects of thermodynamics. Discuss your answer by considering an equilibrium state of a system.

Terangkan dengan ringkas hipotesis yang menghubungkan aspek atomistik dan fenomenologi termodinamik. Bincangkan jawapan anda dengan mempertimbangkan keadaan keseimbangan sistem.

(7 marks/markah)

- (c). Consider a system with two particles *a* and *b* that may each exhibit any of four energy levels, ϵ_1 , ϵ_2 , ϵ_3 and ϵ_4 .

*Pertimbangkan suatu sistem dengan dua zarah *a* dan *b* yang masing-masing boleh mempamerkan mana-mana empat tahap tenaga, ϵ_1 , ϵ_2 , ϵ_3 dan ϵ_4 .*

- (i). How many microstates might this system exhibit?

Berapa banyak keadaan mikro yang dipamerkan oleh sistem ini?

(2 marks/markah)

...3/-

- (ii). Tabulate the microstates for this system.

Jadualkan keadaan mikro untuk sistem ini.

(2 marks/markah)

- (iii). Use the list of microstates to generate a list of macrostates for this system

Gunakan senarai keadaan mikro untuk menghasilkan senarai keadaan makro untuk sistem ini.

(2 marks/markah)

- (iv). Identify the microstates corresponding to each macrostate.

Kenalpasti keadaan mikro yang sepadan dengan setiap keadaan makro.

(2 marks/markah)

- (2). (a). Sketch curves representing the variation of the molar Gibbs free energy with temperature at the pressure corresponding to triple point for an element. Repeat this sketch for a pressure slightly above and below the triple point.

Lakarkan lengkung yang mewakili perubahan tenaga bebas Gibbs molar dengan suhu pada tekanan titik tigaan sesuatu unsur. Ulang lakaran ini pada tekanan di atas dan di bawah titik tigaan.

(8 marks/markah)

- (b). Assuming that the pressure dependence of the transformation temperatures can be neglected below one atmosphere, calculate the pressure at the triple point (α, γ, G), (γ, δ, G), (δ, L, G) for pure iron. Assume also that all heats of transformation are temperature independent. For iron $T_v = 3008$ K, $T_m = 1808$ K, $T^{\alpha\gamma} = 1180$ K, $T^{\gamma\delta} = 1673$ K. Corresponding heats of transformation are respectively 354.1, 16.15, 0.63 and 0.91 (KJ/gm atom).

...4/-

Dengan mengandaikan bahawa pergantungan tekanan terhadap suhu transformasi boleh diabaikan di bawah satu atmosfera, kirakan tekanan pada titik tiga (α, γ, G) , (γ, δ, G) , (δ, L, G) untuk besi tulen. Anggapkan juga bahawa semua haba transformasi tidak bergantung kepada suhu. Untuk besi $T_v = 3008$ K, $T_m = 1808$ K, $T^{\alpha\gamma} = 1180$ K, $T^{\gamma\delta} = 1673$ K. Haba transformasi masing-masing adalah 354.1, 16.15, 0.63 dan 0.91 (KJ / gm atom).

(12 marks/markah)

- (3). (a). Explain the difference between these terminologies:

Terangkan perbezaan antara terminologi berikut:

- (i) fugacity and pressure

fugasiti dan tekanan

- (ii) activity and concentration

aktiviti dan kepekatan

(6 marks/markah)

- (b). A solution is composed of benzene (B) and toluene (T). Raoult's law holds for both benzene and toluene. The equilibrium vapour pressures of benzene and toluene are 102.4 kPa and 39.0 kPa, respectively, at 81 °C. Calculate the mole fraction of benzene in the vapour which is in equilibrium with the $N_B = 0.5$ solution.

Suatu larutan terdiri daripada benzena (B) dan toluena (T). Hukum Raoult berlaku untuk kedua-dua benzena dan toluena. Tekanan wap keseimbangan benzena dan toluena ialah 102.4 kPa dan 39.0 kPa, masing-masing, pada 81 °C. Kira pecahan mol benzena dalam wap yang berada dalam keseimbangan dengan larutan $N_B = 0.5$.

(8 marks/markah)

...5/-

- (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:

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

$$x_1 = 0.60$$

- (i). Calculate the molar volume of the mixture.
Kirakan isipadu molar campuran itu.
- (ii). Calculate the partial molar volume of component 1.
Kirakan isipadu molar separa komponen 1.

(6 marks/markah)

...6/-

PART B / BAHAGIAN B

(4). (a). Explain the following items;

Terangkan perkara di bawah;

(i). Vibrational and Interaction Entropy

Entropi Gegaran dan Entropi interaksi

(ii). Surface thermodynamics

Termodinamik permukaan

(iii). Divacancy and Kroger-Vink notation for divacancy

Dwi-kekosongan dan notasi Kroger-Vink untuk ini.

(iv). Semi-coherent and incoherent interfaces

Permukaan separa-koheren dan bukan koheren.

(10 marks/markah)

(b). Compute the pressure in a 0.25 μm diameter water droplet formed in super cooled water vapor at 90°C. The vapor pressure of water at 90°C is 65.2 kilopascal. The specific interfacial free energy of water at this temperature is $95 \times 10^{-7} \text{ J/cm}^2$.

Kirakan tekanan pada titis air yang berdiameter 0.25 μm . Ia dihasilkan daripada wap air terlampau dingin pada suhu 90°C. Tekanan wap air pada 90°C ialah 65.2 kilopascal. Tenaga bebas antara muka air pada suhu ini ialah $95 \times 10^{-7} \text{ J/cm}^2$.

(10 marks/markah)

...7/-

- (5). (a). J.W Gibbs deduced the phase rules which gives the number of parameters that can be varied independently while the number of phases in equilibrium is preserved.

J.W Gibbs merumuskan peraturan fasa yang memberikan bilangan parameter yang boleh diubah secara bebas manakala bilangan fasa dalam keseimbangan kekal.

- (i). Explain in detail the Gibbs phase rules for single component system.

Terangkan secara terperinci peraturan fasa Gibbs tersebut untuk sistem komponen tunggal.

(4 marks/markah)

- (ii). Calculate the maximum number of phases that can be in mutual equilibrium in a four-component system.

Kirakan bilangan maksimum fasa yang boleh berada dalam keadaan keseimbangan dalam sistem empat komponen.

(4 marks/markah)

- (b). Suppose that a second phase β nucleates from a primary phase α in a polycrystalline metal, two possible sites for nucleation of the second phase are

Katalah fasa kedua β nukleus daripada fasa utama α dalam logam polihabluran, dua lokasi yang mungkin untuk penukleusan fasa kedua adalah

...8/-

- 1). It can nucleate as a sphere within the bulk of the grain or
menukleus sebagai sfera di dalam butiran/ira yang besar atau
- 2). Nucleate as a double spherical cap at a grain boundary.
menukleus sebagai dwi-hemisfera di sempadan butiran/ira.

For such condition

Dalam keadaan demikian

- (i). Determine an expression for the ratio of ΔG^* (sphere) / ΔG^* (double spherical cap).

Tentukan ungkapan bagi nisbah ΔG^ (sfera) / ΔG^* (dwi-hemisfera).*

(4 marks/markah)

- (ii). If the dihedral (2δ) angle were 120° , would you expect the β nucleus to form first at grain boundaries or in the bulk. Explain. When would you expect the nucleus to form first within the bulk.

Jika sudut dwisatah (2δ) adalah 120° , adakah anda akan mendapati nukleus β akan membentuk terlebih dahulu pada sempadan butiran ira atau dalam butiran/ira. Terangkan bila anda boleh mendapati nukleus terbentuk dahulu dalam butiran/ira.

(8 marks/markah)

- (6). (a). Briefly explain how the boiling point of a liquid is strongly influenced by atmospheric pressure.

Terangkan secara ringkas bagaimana takat didih cecair sangat dipengaruhi oleh tekanan atmosfera.

(5 marks/markah)

- (b). A container having four compartments containing 2 moles of gas A, 1 mol of gas B, 4 moles of gas C, and 3 moles of gas D, respectively, at the same temperature and pressure (298 K and 1 atm). Gases are allowed to mix by lifting the partitions. Calculate the change in the Gibbs free energy, G^M . Assume the gases behave ideally.

Sebuah bekas mempunyai empat bahagian yang mengandungi 2 mol gas A, 1 mol gas B, 4 mol gas C, dan 3 mol gas D, masing-masing pada suhu dan tekanan yang sama (298 K dan 1 atm). Gas dibenarkan bercampur dengan mengangkat pembahagi. Kira perubahan dalam tenaga bebas Gibbs, G^M . Andaikan gas berkelakuan unggul.

(7 marks/markah)

- (c). List down TWO (2) major applications of the Ellingham Diagram. Use the Ellingham Diagram (Figure 1) to explain the method to reduce titania to titanium at $T = 1000\text{ }^\circ\text{C}$. What is the partial pressure of oxygen needed to decompose titania to titanium?

Senaraikan DUA (2) aplikasi utama Diagram Ellingham. Gunakan Diagram Ellingham (Rajah 1) untuk menerangkan kaedah menurunkan titania kepada titanium pada $T = 1000\text{ }^\circ\text{C}$. Apakah tekanan separa oksigen yang diperlukan untuk menguraikan titania kepada titanium?

...10/-

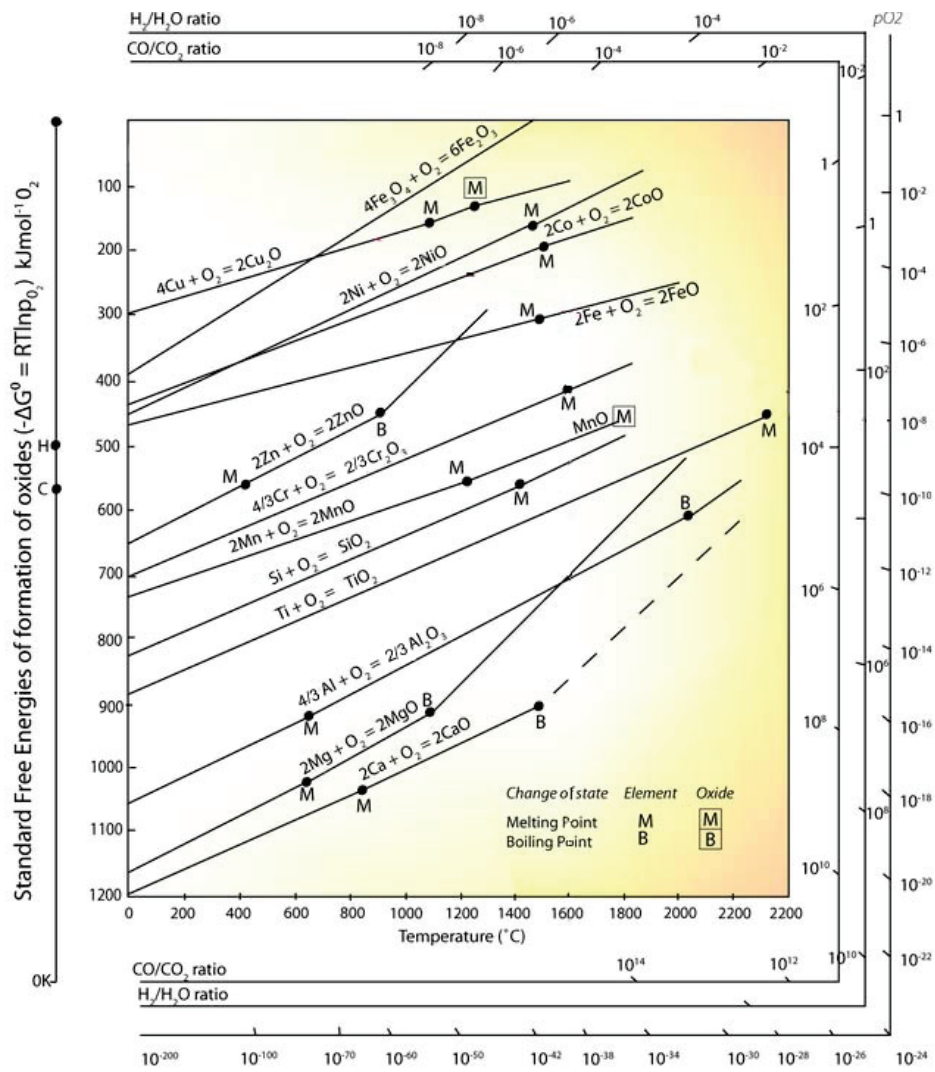


Figure 1 / Rajah 1

(8 marks/markah)

...11/-

- (7). (a). If a nickel rod is heated from 0 K to 1150 K and increases in length by ~6.5%. Express the fraction of this increase in length is due to the formation of vacancies? Given, ΔH_f (Ni vacancy) = 175×10^3 J/mole and Ni is FCC ($n = 4$). The density of Ni is 8.91 g/cm^3 and relative atomic weight for nickel is 58.7 g/mole.

Jika rod nikel dipanaskan daripada 0 K kepada 1150 K dan panjang rod tersebut bertambah panjang sebanyak ~6.5%. Nyatakan nisbah peningkatan panjangnya daripada penghasilan kekosongan? Diberikan, ΔH_f (kekosongan Ni) = 175×10^3 J/mol dan Ni ialah FCC($n = 4$). Ketumpatan Ni ialah 8.91 g/cm^3 dan berat jisim molekul Ni ialah 58.7 g/mol.

(12 marks/markah)

- (b). At a high temperature (1350°C), the surface energy of alumina (Al_2O_3) is 2000 J/cm^2 . For liquid iron against its own vapor, the surface energy is 2500 J/cm^2 . Under the same conditions, the interfacial energy between iron and Al_2O_3 is about 4000 J/cm^2 . Estimate the contact angle of a small piece of iron melted on an Al_2O_3 plate.

Pada suhu tinggi (1350°C), tenaga permukaan alumina (Al_2O_3) ialah 2000 J/cm^2 . Bagi cecair besi melawan wapnya sendiri, tenaga permukaan adalah 2500 J/cm^2 . Pada keadaan yang sama, tenaga permukaan antara besi dan Al_2O_3 adalah 4000 J/cm^2 . Anggarkan sudut sentuhan bagi sebahagian kecil besi cair ke atas kepingan Al_2O_3 ?

(8 marks/markah)

—oooOooo—