

PART A / BAHAGIAN A

- (1). (a). What is the limitation of classical thermodynamics? Briefly discuss the importance of statistical thermodynamics.

Apakah batasan termodinamik klasik? Bincangkan secara ringkas kepentingan termodinamik statistik.

(6 marks/markah)

- (b). Write down the Boltzmann probability expression. Define each of the terms involved and explain its relevance to a molecular understanding of thermodynamics.

Tuliskan ungkapan kebarangkalian Boltzmann. Takrifkan setiap istilah yang terlibat dan terangkan kaitannya dengan pemahaman molekul termodinamik.

(6 marks/markah)

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

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

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

Berapa banyak keadaan mikro yang dipamerkan oleh sistem ini?

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

Jadualkan keadaan mikro untuk sistem ini.

...3/-

- (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.

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

Kenalpasti keadaan mikro yang sepadan dengan setiap keadaan makro.

(8 marks/markah)

- (2). (a). Derive the relationship between r^* , the radius of the critical size nucleus for homogeneous nucleation and the degree of undercooling, ΔT .

Terbitkan hubungan antara jejari bagi saiz nukleus kritikal untuk penukleusan homogen, r^ dan darjah penyejukan dingin, ΔT .*

(10 marks/markah)

- (b). Sketch a schematic diagram to show the energies involved in homogeneous nucleation

Lakarkan gambarajah skematik untuk menunjukkan tenaga-tenaga yang berkaitan dengan penukleusan homogeneous

(5 marks/markah)

...4/-

- (c). Illustrate in G-T diagram to show the stable region of Alpha(α), Beta(β) and Liquid (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 GT untuk menunjukkan kawasan yang stabil Alfa(α), Beta(β) dan Cecair(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

$T_t < T_m$

(5 marks/markah)

- (3). (a). Define fugacity for non-ideal gas and state the relationship between fugacity and activity of a given gas system. What does it mean by 'Nitrogen gas (N_2) at 0 °C and a pressure of 100 atm has a fugacity of 97.03 atm'.

Takrifkan fugasiti untuk gas tak unggul dan nyatakan hubungan fugasiti dan aktiviti untuk suatu sistem gas yang diberikan. Apakah yang dimaksudkan dengan 'Gas nitrogen (N_2) pada 0 °C dan tekanan 100 atm mempunyai fugasiti 97.03 atm'.

(6 marks/markah)

- (b). A solution contains 116 g of acetone ($M_w = 58$ g/mol) and 72 g of water ($M_w = 18$ g/mol). Calculate the boiling point (at 1 atm) by considering that the solution obeys the Raoult's law (use the information given in the Table 1 to help with the calculation).

...5/-

Suatu larutan mengandungi 116 g aseton ($M_w = 58 \text{ g/mol}$) dan 72 g air ($M_w = 18 \text{ g/mol}$). Kira takat didih (pada 1 atm) dengan mengangap bahawa larutan tersebut mematuhi hukum Raoult (gunakan maklumat yang diberikan dalam Jadual 1 untuk membantu pengiraan).

Table 1 / Jadual 1

Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Vapor pressure of Acetone (atm)	Vapor pressure of water (atm)
60	1.14	0.198
70	1.58	0.312
80	2.12	0.456
90	2.81	0.694

(8 marks/markah)

- (c). A dilute solution of NaCl of molality m (m moles of NaCl in 1 kg of water) having a volume, V with the equation:

$$V = 1.223 + 27.35m + 1.704m^2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Satu larutan cair NaCl dengan molaliti m (m mol NaCl dalam 1 kg air) mempunyai isipadu (V) seperti persamaan tersebut:

$$V = 1.223 + 27.35m + 1.704m^2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

- (i). Calculate the partial molar volume of NaCl at $m = 0.5$.
Kirakan isipadu molar separa NaCl pada $m = 0.5$.
- (ii). Calculate the partial molar volume of NaCl at the infinitely dilute solution.
Kirakan isipadu molar separa NaCl pada larutan cair tidak terhingga.

(6 marks/markah)

...6/-

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

Terangkan perkara di bawah;

(i). Surface stress

Kecacatan permukaan

(ii). Vibrational Entropy

Entropi Gegeran

(iii). Surface thermodynamics

Termodinamik permukaan

(iv). Frenkel defects

Kecacatan Frenkel

(10 marks/markah)

(b). Calculate the pressure in a 0.75 μm diameter water droplet formed in supercooled water vapor at 80°C. The vapor pressure of water at 80°C is 60.6 kilopascal. The specific interfacial free energy of water at this temperature is $90 \times 10^{-7} \text{ J/cm}^2$.

Kirakan tekanan pada titis air yang berdiameter 0.75 μm . Ia dihasilka daripada wap air terlampau dingin pada suhu 80°C. Tekanan wap air pada 80°C ialah 60.6 kilopascal. Tenaga bebas antara muka air pada suhu ini ialah $90 \times 10^{-7} \text{ J/cm}^2$.

(10 marks/markah)

...7/-

PART B / BAHAGIAN B

- (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 suatu larutan pepejal dan cecair, dapatkan perkaitan antara aktiviti komponen bagi kedua-dua fasa, dengan menganggap haba peleburan adalah konstan antara titik lebur dan suhu yang dipertimbangkan.

(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, so also the heat of fusion are 30962 J/mole and 54392 J/mole for FeO and MnO, respectively.

Note: Use the graph paper provided to sketch the phase boundary

Wustite (FeO) dan mangan oksida (MnO) larut campur sepenuhnya di dalam keadaan cecair dan keadaan pepejal. Andaikan larutan-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 1378K dan 1875K, dan juga haba peleburan adalah 30962 J/mol dan 54392 J/mol, masing-masing.

Nota: Gunakan kertas graf yang disediakan untuk lakaran sempadan fasa

(12 marks/markah)

...8/-

- (6). (a) What are partial molar properties? Explain your answer by providing an appropriate example.

Apakah sifat molar separa? Terangkan jawapan anda dengan menyediakan suatu contoh yang bersesuaian.

(5 marks/markah)

- (b). Determine the excess Gibbs free energy (G^E) for a binary mixture at 60 °C and 0.25 bar. The mole fraction of component 1 is 0.18 in the liquid phase and 0.50 in the vapor phase. The saturation pressures P_1^{sat} and P_2^{sat} are 0.20 bar and 0.10 bar respectively.

Tentukan tenaga bebas Gibbs (G^E) lebihan untuk campuran binari pada 60 °C dan 0.25 bar. Pecahan mol komponen 1 ialah 0.18 dalam fasa cecair dan 0.50 dalam fasa wap. Tekanan tepu P_1^{sat} and P_2^{sat} ialah masing-masing 0.20 bar dan 0.10 bar.

(10 marks/markah)

- (c). Use the Ellingham diagram (Figure 1) to explain why solid carbon becomes a very good reductant at high temperature. Support your answer by giving an appropriate example.

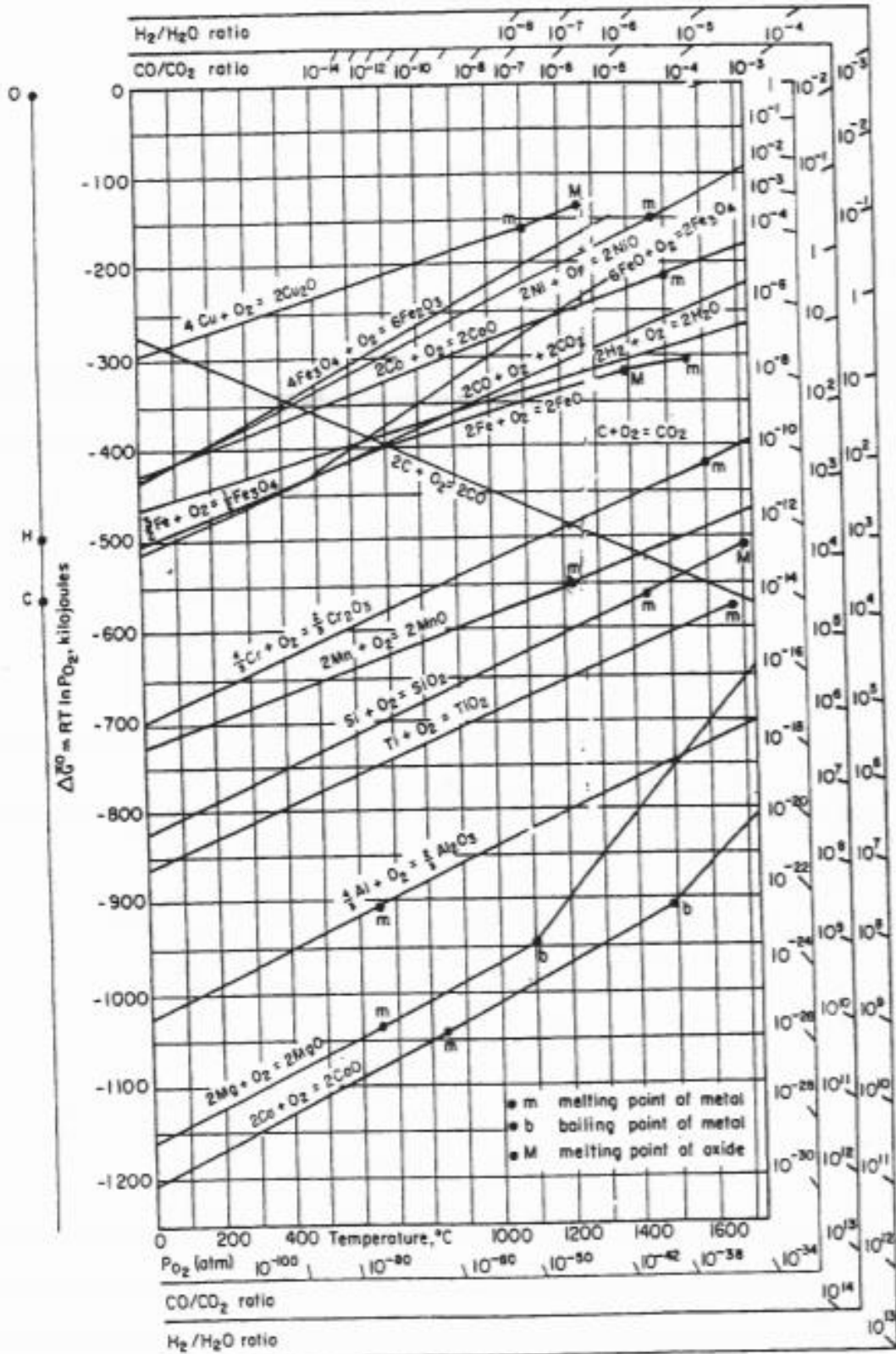
Gunakan diagram Ellingham (Rajah 1) untuk menerangkan kenapa karbon pepejal menjadi agen penurunan yang sangat baik pada suhu yang tinggi. Sokong jawapan anda dengan memberikan contoh yang sesuai.

(5 marks/markah)

...9/-

Figure 1 – Ellingham diagram

Rajah 1 – Diagram Ellingham



...10/-

- (7). (a). At a high temperature (1500°C), the surface energy of Magnesia (MgO) is 1300 J/cm². For liquid iron against its own vapor, the surface energy is 2100 J/cm². Under the same conditions, the interfacial energy between iron and MgO is about 3500 J/cm². Estimate the contact angle of a small piece of iron melted on an MgO plate. Sketch the wetting behaviour between liquid iron and MgO.

Pada suhu tinggi (1300°C), tenaga permukaan Magnesia (MgO) ialah 1300 J/cm². Bagi cecair besi terhadap wapnya sendiri, tenaga permukaan adalah 2100 J/cm². Pada keadaan yang sama, tenaga permukaan antara besi dan MgO adalah 3500 J/cm². Anggarkan sudut sentuhan bagi sebahagian kecil besi cair ke atas kepingan MgO? Lakarkan sifat pembasahan cecair besi dengan MgO.

(8 marks/markah)

- (b). If a nickel rod is heated from 0 K to 1300 K and increases in length by ~8.5%. Calculate the fraction of this increase in length is due to the formation of vacancies? It is give ΔH_f (Ni vacancy) = 250 × 10³ J/mole and Ni is FCC (n = 4). The density of Ni was 8.91 g/cm³ and relative atomic weight for nickel was 58.7 g/mole.

Jika rod nickel dipanaskan daripada 0 K kepada 1300 K dan rod tersebut bertambah panjang sebanyak ~8.5%. Kirakan nisbah peningkatan panjangnya daripada penghasilan kekorongan? Diberikan , ΔH_f (kekorongan Ni) = 250 × 10³ J/mole dan Ni ialah FCC(n = 4). Ketumpatan Ni ialah 8.91 g/cm³ dan berat jisim molekul Ni ialah 58.7 g/mol.

(12 marks/markah)

—oooOooo—