
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
Academic Session 2010/2011

November 2010

EBB 236/3 - Materials Thermodynamic *[Termodinamik Bahan]*

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

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

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

This paper consists of SEVEN questions. ONE question in PART A, TWO questions in PART B, TWO questions in PART C and TWO questions in PART D.

[Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan. SATU soalan di BAHAGIAN A, DUA soalan di BAHAGIAN B, DUA soalan di BAHAGIAN C dan DUA soalan di BAHAGIAN D.]

Instruction: Answer **FIVE** questions. Answer **ALL** questions from PART A, **ONE** question from PART B, PART C, PART D and **ONE** question from any sections. If candidate answers more than five questions only the first five questions answered in the answer script would be examined.

[Arahan: Jawab **LIMA** soalan. Jawab **SEMUA** soalan dari BAHAGIAN A, **SATU** soalan dari BAHAGIAN B, BAHAGIAN C, BAHAGIAN D dan **SATU** soalan dari mana-mana bahagian. Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.]

The answers to all questions must start on a new page.

[Mulakan jawapan anda untuk semua 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.]

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

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

PART A**BAHAGIAN A**

1. [a] The pressure of nitrogen required to cause the adsorption of 1 mg of gas on a 1 g sample of graphitized carbon black are 0.35 mmHg at 77K and 4.1 mmHg at 90 K. Calculate an isosteric enthalpy of adsorption for this surface coverage.

Tekanan nitrogen yang diperlukan bagi penyerapan 1 mg gas ke atas 1 g sampel penggrafitan karbon hitam, ialah 0.35 mmHg pada suhu 77K dan 4.1 mmHg pada suhu 90 K masing-masingnya. Hitung entalpi isosterik bagi jerapan peliputan permukaan ini.

(35 marks/markah)

- [b] Copper and nickel are fully soluble in each other in solid and liquid states. Assuming ideal solutions, calculate the solidus and liquidus curves of the Cu-Ni diagram. The melting points are 1356°C and 1728°C with the heat of fusion values are 12,790 J/mole and 17,154 J/mole respectively.

Kuprum dan nikel amat larut antara satu sama lain dalam keadaan pepejal dan cecair. Dengan membuat anggapan bahawa larutan tersebut adalah larutan ideal, kirakan keluk pepejalan dan cecair bagi gambarajah Cu-Ni. Takat lebur kuprum dan nikel ialah 1356°C dan 1728°C manakala haba peleburan ialah 12,790 J/mole dan 17,154 J/mole masing-masing.

(35 marks/markah)

- [c] Do the existence of defect plays an important role in the material? Justify your answer. Give an example of defect that has been introduced into materials system.

Adakah kewujudan kecacatan memainkan peranan yang penting di dalam bahan? Berikan justifikasi kepada jawapan anda. Berikan contoh kecacatan yang telah diperkenalkan dalam sesuatu sistem bahan.

(30 marks/markah)

PART B**BAHAGIAN B**

2. [a] Define the surface excess concentration and derive the Gibbs adsorption equation.

$$\Gamma = -\frac{1}{RT} \frac{d\gamma}{d \ln c}$$

Takrifkan kepekatan lebihan permukaan dan terbitkan persamaan jerapan Gibbs.

$$\Gamma = -\frac{1}{RT} \frac{d\gamma}{d \ln c}$$

(40 marks/markah)

- [b] The following surface tensions were measured for aqueous solutions of the ionic surfactant sodium dodecyl sulphate at 25°C:

Tegangan permukaan berikut diperolehi melalui pengukuran bagi larutan berakueus surfaktan berion sodium dodekil sulfat pada 25°C:

C/ 10 ⁻⁴ mol dm ⁻³	0.1	0.3	1.0
2.0	5.0	8.0	10.0
20.0	30.0		
γ/mN m ⁻¹	63.9	56.2	47.2
41.6	34.0	30.0	29.8
29.6	29.5		

Using the above equation [a], determine the critical micelle concentration and calculate the area occupied by each adsorbed surfactant molecule at the critical micelle concentration.

Dengan menggunakan persamaan di atas [a], tentukan kepekatan misel kritikal dan hitung luas permukaan yang ditempatkan oleh setiap molekul surfaktan pada kepekatan misel kritikal.

(60 marks/markah)

3. [a] Define a binary solution and what is the different between weight percent of component A and the atom percent of component A.

Takrifkan suatu larutan binari dan apakah perbezaan antara peratus berat dengan peratus atom bagi suatu komponen A dalam sistem larutan binari.

(40 marks/markah)

- [b] A brass contains 70% of copper and 30% zinc. Calculate the composition of copper and zinc in the brass in atom % and atom fraction. Atomic weight of copper and zinc are 63.54 and 65.38 gmol^{-1} respectively.

Suatu loyang yang mengandungi 70% tembaga dan 30% logam zink. Hitung komposisi tembaga dan zink di dalam loyang dalam sebutan % atom dan pecahan atom. Berat atom tembaga dan zink masing-masing ialah 63.54 dan 65.38 gmol^{-1} .

(60 marks/markah)

PART C**BAHAGIAN C**

4. [a] The Clausius-Clayperon Equation is of great importance for calculating the effect of change of pressure (P) on the equilibrium transformation temperature (T) of a pure substance. Derive the Clausius-Clayperon Equation for liquid vapour (vaporization) equilibrium.

Ungkapan Clausius-Clayperon adalah penting untuk mengira perubahan tekanan (P) pada keseimbangan transformasi suhu (T) bagi bahan tulen. Terbitkan ungkapan Clausius-Clayperon untuk keseimbangan pengewapan.

(30 marks/markah)

- [b] Near the triple point of iodine, the equilibrium vapor pressure of solid and the liquid are well represented by:

$$\ln P_s = 16.8 - 7312 / T$$

$$\ln P_l = 12.0 - 5452 / T$$

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

- (i) Calculate the temperature T_{tp} and pressure P_{tp} of the triple point.
- (ii) Consider the functional form of the integrated Clausius-Clapeyron equation (assume ΔH is constant) to state the molar heat of sublimation and the molar of fusion for iodine.

Pada takat tigaan iodin, keseimbangan fasa tekanan wap bagi pepejal dan cecair diberi sebagai:

$$\ln P_s = 16.8 - 7312 / T$$

$$\ln P_l = 12.0 - 5452 / T$$

dimana suhu dan tekanan diberi dalam unit Kelvin dan bar.

- (i) *Kirakan suhu T_{tp} dan tekanan P_{tp} pada takat tigaan.*
- (ii) *Gunakan ungkapan pengkamiran Clausius-Clapeyron (anggap ΔH ialah malar) untuk menyatakan haba pemejalwapan dan dan pelakuran.*

(35 marks/markah)

- [c] The vapor pressure of solid benzene is 299 Pa at -30°C and 3270 Pa at 0°C , and the vapor pressure of liquid benzene is 6170 Pa at 10°C and 15800 Pa at 30°C . Calculate the enthalpy of fusion and the triple point of benzene.

Tekanan wap bagi pepejal benzin ialah 299 Pa pada -30°C dan 3270 Pa pada 0°C , dan tekanan wap bagi cecair benzin ialah 6170 Pa pada 10°C dan 15800 Pa pada 30°C . Kirakan entalpi peleburan benzin dan takat tigaan bagi benzin.

(35 marks/markah)

5. [a] Explain the relation between the rate of homogeneous nucleation and the various governing factors on the basis of the absolute reaction rate theory?

Nyatakan hubungan antara kadar penukleusan dan pelbagai faktor yang mempengaruhinya berdasarkan teori kadar tindak balas mutlak.

(30 marks/markah)

- [b] Derive the relation between r^* , the radius of the critical sized nucleus for homogeneous nucleation and the degree of undercooling, ΔT .

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

(30 marks/markah)

- [c] What would be $\Delta T/T_o$ for a critical nucleus of size 10^{-7} cm? What would be the critical size at $\Delta T/T_o = 0.01$? Assume $\gamma_{SL} = 200$ erg/cm² and $\Delta H = -1254$ J/cm³.

Apakah nilai $\Delta T/T_o$ untuk nukleus kritikal bersaiz 10^{-7} cm? Apakah saiz kritikal pada $\Delta T/T_o = 0.01$? Andaikan $\gamma_{SL} = 200$ erg/cm² dan $\Delta H = -1254$ J/cm³.

(40 marks/markah)

PART D**BAHAGIAN D**

6. [a] Consider a crystal MX in which the normal valence of M is +2 and X is -2. If this crystal contains Frenkel defects derived from cation sites, four distinct entities exist in such crystal. Using the Kröger-Vink notation, write that four entities and describe briefly each of them.

Pertimbangkan hablur MX yang mana valens normal bagi M adalah +2 dan bagi X adalah -2. Jika hablur ini mengandungi kecacatan Frenkel terhasil daripada titik kation, empat entiti berbeza akan wujud dalam hablur tersebut. Dengan menggunakan tatatanda Kröger-Vink, tuliskan empat entiti tersebut dan terangkan secara ringkas setiap daripada mereka.

(30 marks/markah)

- [b] (i) If the number of vacancies in Nickel in 1cm^3 at equilibrium at 1000°C is 1.35×10^{20} vacancies/ cm^3 and the vibrational entropy is assessed at 1.0k, find the energy required for the formation of vacancies in nickel at 1000°C . (Avogadro number = 6.02×10^{23} , Atomic weight of Nickel = 58.71, Nickel density = 8.89g/cm^3).

Jika jumlah kekosongan dalam 1cm^3 Nikel pada keseimbangan suhu 1000°C adalah 1.35×10^{20} kekosongan/ cm^3 dan entropi getaran adalah 1.0k, kirakan tenaga yang diperlukan untuk menghasilkan kekosongan di dalam nikel pada suhu 1000°C dan 20°C . (Nombor Avogadro = 6.02×10^{23} , Jisim atom bagi Nikel = 58.71, Ketumpatan Nikel = 8.89g/cm^3).

- (ii) For the same system, calculate the number of vacancies at temperature 20°C .

Untuk sistem yang sama, kirakan jumlah kekosongan pada suhu 20°C .

- (iii) Compare the result of number of vacancies obtained in (i) and (ii), and state the reason why the results are different?

Bandingkan keputusan jumlah kekosongan yang diperoleh dalam (i) dan (ii), dan nyatakan kenapa keputusan tersebut berbeza.

(70 marks/markah)

7. [a] The physical appearance of a second phase trapped at either a boundary or an edge is determined by the dihedral angle. Draw the shape of second phase for three dihedral angles ($\delta = 180^\circ$, 120° and 0°) at a grain boundary and a grain edge.

Rupa fizikal fasa kedua yang terperangkap samada di sempadan atau di penjuru ditentukan oleh sudut dwihedral. Lukiskan bentuk fasa kedua bagi tiga sudut dwihedral ($\delta = 180^\circ$, 120° and 0°) di kawasan sempadan dan penjuru butir.

(30 marks/markah)

- [b] If the interface energy for β - α interface is 0.5 J/m^2 , estimate the corresponding values for the other two interfaces. The dihedral angles measured inside the phases α , β and δ are 75° , 130° and 155° .

Jika tenaga antaramuka bagi antaramuka β - α adalah 0.5 J/m^2 , kirakan nilai tersebut bagi dua antaramuka yang lain. Sudut dwihedral yang diukur bagi fasa α , β dan δ adalah 75° , 130° dan 155° .

(30 marks/markah)

- [c] At high temperature (about 2000 K), the surface energy of alumina, Al_2O_3 is 900 J/cm^2 . For liquid iron against its own vapor, the surface energy is 1700 J/cm^2 . Under the same conditions, the interfacial energy between iron and alumina is about 2300 J/m^2 . What will be the contact angle of a small piece of iron melted on an alumina plate?

Pada suhu tinggi (lebih kurang 2000 K), tenaga permukaan alumina, Al_2O_3 adalah 900 J/cm^2 . Tenaga permukaan bagi cecair besi terhadap wapnya sendiri adalah 1700 J/cm^2 . Dalam keadaan yang sama, tenaga antaramuka bagi besi dan alumina adalah 2300 J/m^2 . Berapakah sudut sentuhan titisan kecil leburan besi di atas kepingan alumina?

(40 marks/markah)