
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
2012/2013 Academic Session

June 2013

EBP 207/2 – Transport Phenomena In Polymers *[Fenomena Pengangkutan Dalam Polimer]*

Duration : 2 hours
[Masa : 2 jam]

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

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

This paper consists of SIX questions. THREE questions in PART A and THREE questions in PART B.

[Kertas soalan ini mengandungi ENAM soalan. TIGA soalan di BAHAGIAN A dan TIGA soalan di BAHAGIAN B.]

Instruction: Answer **FOUR** questions. Answer **TWO** questions from PART A and **TWO** questions from PART B. If a candidate answers more than four questions only the first four questions answered in the answer script would be examined.

*[Arahan: Jawab **EMPAT** soalan. Jawab **DUA** soalan dari BAHAGIAN A dan **DUA** soalan dari BAHAGIAN B. Jika calon menjawab lebih daripada empat soalan hanya empat 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 digunapakai.]

PART A / BAHAGIAN A

1. [a] Describe how you can utilize understanding of Fourier's Law equation for conduction heat transfer in increasing productivity of a selected polymer process. Support your answer by giving appropriate example of the polymer process.

Jelaskan bagaimana anda boleh menggunakan kefahaman tentang persamaan Hukum Fourier bagi pemindahan haba secara konduksi dalam meningkatkan produktiviti suatu proses polimer terpilih. Sokong jawapan anda dengan memberikan contoh sesuai bagi proses polimer tersebut.

(50 marks/markah)

- [b] What is viscous dissipation? Explain the advantage and disadvantage of having viscous dissipation during polymer processing procedure.

Apakah itu pelepasan likat? Terangkan kebaikan dan keburukan yang timbul sekiranya ia hadir dalam langkah pemprosesan polimer.

(50 marks/markah)

2. [a] Calculate the Brinkman number, Br , for the following cases that involve flow of a molten polymer inside a heated barrel having these dimensions; length = 150 mm and diameter = 20 mm.

Kirakan nombor Brinkman, Br , untuk kes-kes berikut yang melibatkan aliran leburan polimer di dalam suatu barel panas yang mempunyai dimensi; panjang = 150 mm dan diameter = 20 mm.

Case 1 / Kes 1

Given,

Volumetric flow rate, $Q = 1.5 \times 10^{-5} \text{ m}^3\text{s}^{-1}$

Temperature increase, $\Delta T = 7^\circ\text{C}$

Diberi,

Kadar aliran isipadu, $Q = 1.5 \times 10^{-5} \text{ m}^3\text{s}^{-1}$

Kenaikan suhu, $\Delta T = 7^\circ\text{C}$

Case 2 / Kes 2

Given,

Volumetric flow rate, $Q = 8.7 \times 10^{-5} \text{ m}^3\text{s}^{-1}$

Temperature increase, $\Delta T = 30^\circ\text{C}$

Diberi,

Kadar aliran isipadu, $Q = 8.7 \times 10^{-5} \text{ m}^3\text{s}^{-1}$

Kenaikan suhu, $\Delta T = 30^\circ\text{C}$

For every case, thermal conductivity, k , and viscosity, η , of the molten polymer are $1.5 \times 10^{-5} \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ and 1350 Pa.s , respectively.

Give comment on the calculated Brinkman number values with respect to the mode of heat transfer occurring in each case.

Untuk setiap kes pemalar kekonduksian terma, k , dan kelikatan, η , leburan polimer itu masing-masing ialah $1.5 \times 10^{-5} \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ dan 1350 Pa.s

Beri komen ke atas nilai nombor Brinkman yang dikira merujuk kepada mod pemindahan haba yang berlaku dalam setiap kes.

(60 marks/markah)

- [b] Explain two factors that could contribute to the complexity in characterizing heat flow analyses in polymer processing. For each factor, give an appropriate example to support their existence in actual processing activities.

Terangkan dua faktor yang boleh menyumbang kepada kesulitan dalam mencirikan analisa aliran haba dalam pemprosesan polimer. Untuk setiap faktor, berikan contoh yang bersesuaian bagi menyokong kewujudan mereka dalam aktiviti pemprosesan sebenar.

(40 marks/markah)

3. [a] "Rubber compounding is usually conducted using chilled two-roll mill. Whereas, thermoplastic polymer compounding is sometimes implemented using heated two-roll mill."

In both of the above compounding procedures, conduction heat transfer occurred, but the direction of heat transfer is different. For each case, elaborate reasons for the difference in heat transfer direction.

Your answer should focus on two factors, i.e. principle of heat transfer and type of polymeric material used in each compounding process.

"Penyebatian sebatian selalunya dijalankan menggunakan penggiling berpenggulung-dua sejuk. Manakala, penyebatian polimer termoplastik adakalanya dilaksanakan menggunakan penggiling berpenggulung-dua panas."

Dalam kedua-dua prosedur penyebatian di atas, pemindahan haba secara konduksi berlaku, tetapi arah pemindahan haba adalah berbeza. Bagi setiap kes, huraikan alasan yang menyebabkan wujudnya perbezaan arah pemindahan haba.

Jawapan anda perlu fokus ke arah dua faktor, iaitu prinsip pemindahan haba dan jenis bahan polimer yang digunakan dalam setiap proses penyebatian tersebut.

(60 marks/markah)

- [b] A freezer compartment is insulated with polystyrene foam as displayed in Figure 1. The dimension of the compartment is given below.

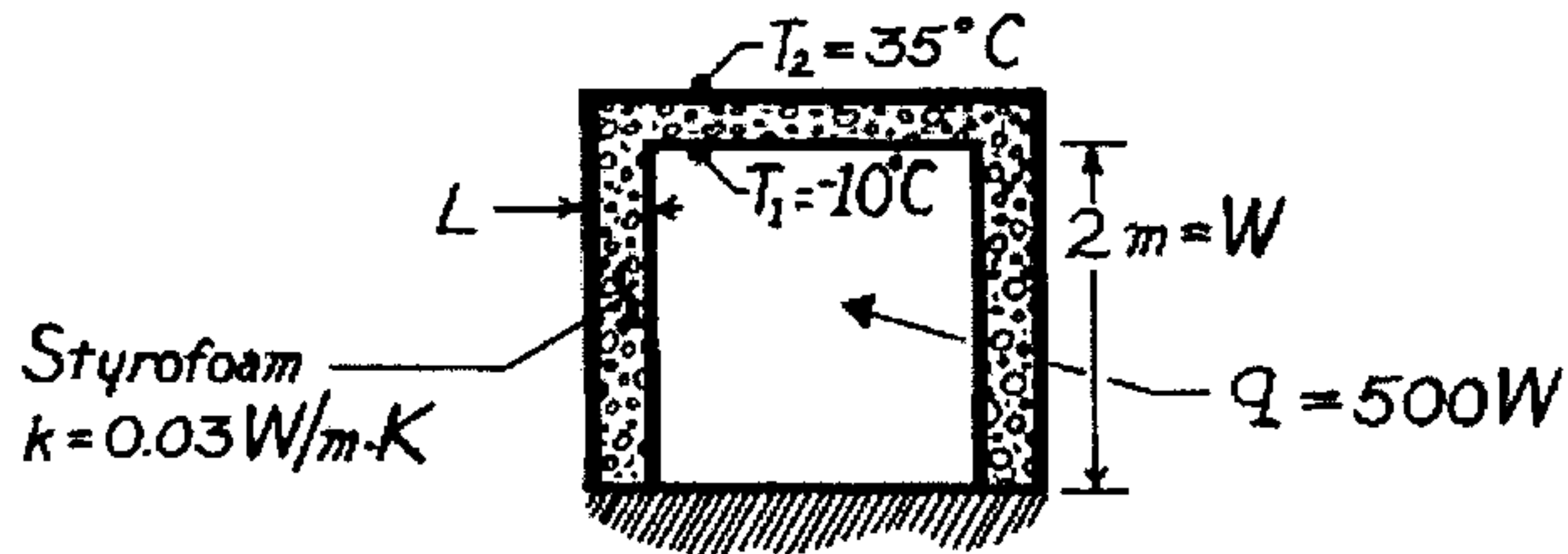


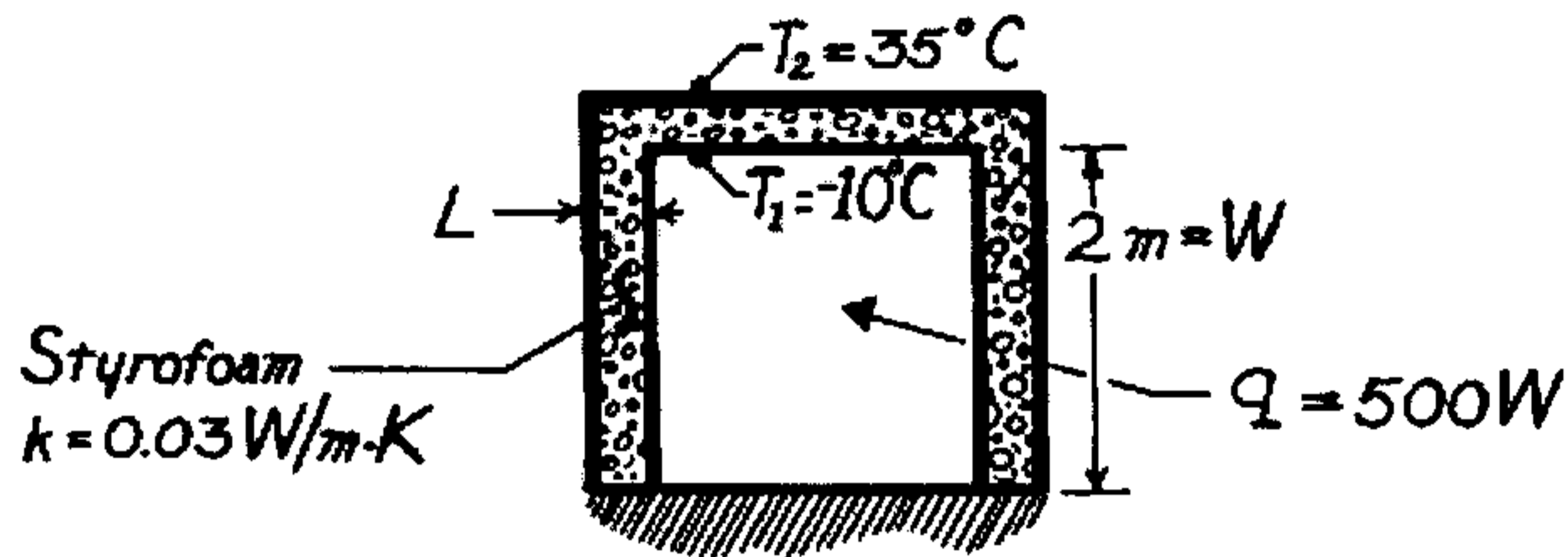
Figure 1 - Schematic representation of a freezer compartment insulated with polystyrene foam

Calculate the thickness of polystyrene foam required to maintain heat within the compartment with the above prescribed conditions.

In solving this problem, the following assumptions should be taken into consideration;

- Perfectly insulated bottom
- One-dimensional conduction through 5 walls of area, $A = 4 \text{ m}^2$
- Steady-state heat transfer
- Constant properties

Suatu bahagian penyejuk ditebatkan dengan busa polistirena seperti dalam Rajah 1. Dimensi bahagian tersebut diberikan di bawah.



Rajah 1 - Perwakilan skematik bagi suatu bahagian penyejuk yang ditebatkan dengan busa polistirena

Kira ketebalan busa polistirena diperlukan untuk mengekalkan haba dalam bahagian tersebut dengan keadaan yang diperolehi di atas.

Dalam menyelesaikan masalah ini, andaian-andaian berikut perlu diambil kira;

- Bahagian bawah tertebat sepenuhnya
- Pemindahan haba secara konduksi melalui 5 dinding dengan keluasan, $A = 4\text{ m}^2$
- Pemindahan haba keadaan mantap
- Sifat-sifat adalah malar

(40 marks/markah)

PART B / BAHAGIAN B

4. [a] Explain the fundamental of mass transfer and analogous between all transport phenomena (mass, heat transfer and fluid mechanics). Support your explanation with suitable diagram.

Jelaskan berkenaan asas-asas bagi pemindahan jisim dan analogi antara fenomena pengangkutan (jisim, haba dan mekanik bendalir). Sokong penjelasan anda dengan gambarajah yang bersesuaian.

(20 marks/markah)

- [b] Discuss **FOUR (4)** factors that contribute to the mass transport processes in polymeric materials. Support your explanation with suitable examples.

Bincangkan EMPAT (4) faktor-faktor yang menyumbang kepada proses pengangkutan jisim bagi bahan polimer. Sokong penjelasan anda dengan contoh-contoh yang sesuai.

(40 marks/markah)

- [c] Methane diffuses at steady state through a tube containing helium. At point 1, the partial pressure of methane is $p_{A1} = 55$ kPa and at point 2, 0.03 m apart $p_{A2} = 15$ kPa. The total pressure is 101.32 kPa, the temperature is 298 K. At this pressure and temperature, the value of diffusion coefficient D_{AB} is 6.7×10^{-5} m²/sec.
- Calculate the flux of methane (CH₄) at steady state for equimolar counter diffusion.
 - Calculate the partial pressure at a point of 0.02 m apart from point 1.

Metana meresap pada keadaan mantap menerusi satu tiub yang mengandungi helium. Pada titik 1, tekanan separa bagi metana ialah $p_{A1} = 55$ kPa dan pada titik 2, pada jarak 0.03 m berasingan $p_{A2} = 15$ kPa. Jumlah tekanan adalah 101.32 kPa, pada suhu 298 K. Pada tekanan dan suhu ini, nilai koefisien peresapan D_{AB} adalah 6.7×10^{-5} m²/sec.

- Kira fluks bagi metana (CH₄) pada keadaan mantap bagi 'equimolar counter diffusion'.*
- Kira tekanan separa pada titik 1 bagi jarak 0.02 m berasingan.*

(40 marks/markah)

5. [a] Give **TWO (2)** examples of engineering devices that utilized the fundamental of mass transfer. Briefly elaborate what is the mechanism of both device mentioned relation to mass transfer.

Berikan DUA (2) contoh alatan kejuruteraan yang menggunakan asas-asas pemindahan jisim. Terangkan secara ringkas apakah mekanisma bagi kedua-dua alatan tersebut berkait dengan pemindahan jisim.

(40 marks/markah)

[b] The molar composition of a gas mixture at 273 K and 1.5×10^5 Pa:

O₂ 7%,
CO 10%,
CO₂ 15%
N₂ 68%

Determine:

- (i) the composition in weight percent (for each gas)
- (ii) average molecular weight of the gas mixture
- (iii) density of gas mixture
- (iv) partial pressure of O₂

Komposisi molar bagi satu campuran gas pada 273 K dan 1.5×10^5 Pa:

O₂ 7 %,
CO 10 %,
CO₂ 15 %
N₂ 68 %

Tentukan:

- (i) *komposisi dalam peratus berat (bagi setiap gas)*
- (ii) *purata berat molekul bagi campuran gas*
- (iii) *ketumpatan campuran gas*
- (iv) *tekanan separa bagi O₂*

(60 marks/markah)

6. [a] Explain what is transient diffusion.

Terangkan apakah peresapan tidak tetap.

(20 marks/markah)

- [b] Explain the fundamental concept of Fick's law of diffusion. Support your explanation with suitable mathematical equation and diagram.

Jelaskan konsep asas hukum peresapan Fick. Sokong penjelasan anda dengan persamaan matematik dan gambarajah yang sesuai.

(40 marks/markah)

- [c] In a gas mixture of hydrogen and oxygen, steady state equimolar counter diffusion is occurring at a total pressure of 100 kPa and temperature of 20°C. If the partial pressures of oxygen at two planes 0.01 m apart, and perpendicular to the direction of diffusion are 15 kPa and 5 kPa, respectively and the mass diffusion flux of oxygen in the mixture is 1.6×10^{-5} kmol/m².sec, calculate the diffusion coefficient (D_{AB}) for the system.

Dalam campuran gas hidrogen dan oksigen, keadaan mantap 'equimolar counter diffusion' berlaku pada jumlah tekanan 100 kPa dan suhu 20°C. Jika tekanan separa bagi oksigen pada dua satah ialah 0.01 m berasingan, dan bersudut tepat dengan arah peresapan adalah 15 kPa dan 5 kPa, masing-masing dan fluks peresapan jisim bagi oksigen dalam campuran itu adalah 1.6×10^{-5} kmol/m².sec, kira koefisien peresapan (D_{AB}) bagi sistem tersebut.

(40 marks/markah)