

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
Academic Session 2008/2009

November 2008

**EBP 202/3 – Polymer Structure**  
**[Struktur Polimer]**

Duration : 3 hours  
[Masa : 3 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 contains **SEVEN** questions.

*[Kertas soalan ini mengandungi **TUJUH** soalan.]*

**Instruction:** Answer **FIVE** questions. If candidate answers more than five questions only the first five questions answered in the answer script would be examined.

**[Arahan:** Jawab **LIMA** soalan. Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.]

Answer to any question must start on a new page.

*[Mulakan jawapan anda untuk setiap 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.]*

1. [a] Draw the Gauche and trans-conformations of polyisobutylene by using Newman projections.

*Lukiskan konformasi Gauche dan Trans bagi poliisobutilena dengan menggunakan projeksi Newman.*

(20 marks/markah)

- [b] Explain the differences in glass transition temperatures for the following polymers:

- (i) poly(ethylene oxide) and poly(vinyl alcohol)
- (ii) poly(methyl methacrylate) and poly(ethyl methacrylate)

*Jelaskan perbezaan suhu peralihan kaca bagi polimer yang berikut:*

- (i) *poli(etilena oksida) dan poli(vinil alkohol)*
- (ii) *poli(metil metakrilat) dan poli(etil metakrilat)*

(30 marks/markah)

- [c] How much of a low molecular weight plasticizer with  $T_g = -85^\circ\text{C}$  should be added to a film of polyamide 6 in order that the  $T_g$  is reduced from  $55^\circ\text{C}$  to  $25^\circ\text{C}$ ? Answer should be calculated using linear equation and Fox equation. Explain the difference between the value obtained from linear equation and Fox equation.

*Berapakah amaun bagi satu pemplastik yang mempunyai berat molekul rendah dan  $T_g = -85^\circ\text{C}$  perlu ditambahkan ke dalam filem poliamida 6 supaya  $T_g$  sampel itu akan berkurang dari  $55^\circ\text{C}$  ke  $25^\circ\text{C}$ ? Jawapan perlu dikira dengan menggunakan persamaan linear dan persamaan Fox. Jelaskan perbezaan bagi nilai yang diperolehi daripada persamaan linear dan persamaan Fox.*

(50 marks/markah)

2. [a] Write short note on the following subject:

- (i) valence angle model
- (ii) WLF equation
- (iii) reptation model

*Tuliskan nota ringkas bagi perkara berikut:*

- (i) *model sudut valensi*
- (ii) *persamaan WLF*
- (iii) *model reptasi*

(60 marks/markah)

[b] A linear polyethylene has a molecular weight of  $5.6 \times 10^5 \text{ gmol}^{-1}$ . Given that the length of the C-C and bond angle is 0.154 nm and  $109.5^\circ$  respectively. The bond rotation angle is  $60^\circ$ . Calculate the following:

- (i) end-to-end distance in the extended state (planar zigzag form)
- (ii) RMS end-to-end distance according to valence angle model

*Satu polietilena linear mempunyai berat molekul  $5.6 \times 10^5 \text{ gmol}^{-1}$ . Diberikan panjang ikatan C-C dan sudut ikatan ialah 0.154 nm dan  $109.5^\circ$  masing-masing. Sudut putaran ikatan ialah  $60^\circ$ . Hitungkan yang berikut:*

- (i) *jarak hujung-ke-hujung dalam keadaan diperpanjang (bentuk satah zigzag)*
- (ii) *punca purata kuasa jarak hujung-ke-hujung mengikut model sudut valensi*

(40 marks/markah)

3. [a] Write short note on the following subject:
- (i) free volume theory
  - (ii) freely-jointed chain model

*Tuliskan nota ringkas bagi perkara berikut:*

- (i) *teori isipadu bebas*
- (ii) *model rantai tersambung bebas*

(40 marks/markah)

- [b] A sample of polystyrene is composed of the following fractional distributions (Table 1):

*Satu sampel polistirena mempunyai taburan seperti berikut (Jadual 1):*

Table 1: Mean molecular weight and weight fraction of a PS sample.

*Jadual 1: Berat molekul purata dan pecahan berat bagi sampel PS.*

Weight fraction, $w_i$ <i>Pecahan berat, <math>w_i</math></i>	Mean mol. wt., $M_i$ <i>Berat molekul purata, <math>M_i</math></i>
0.05	6000
0.20	10000
0.30	15000
0.25	23000
0.15	30000
0.05	38000

Compute the following:

- (i) number-average molecular weight,  $M_n$
- (ii) weight-average molecular weight,  $M_w$
- (iii) number-average degree of polymerization,  $DP_n$
- (iv) polydispersity index

*Hitungkan yang berikut:*

- (i) *berat molekul purata-nombor,  $M_n$*
- (ii) *berat molekul purata-berat,  $M_w$*
- (iii) *darjah pempolimeran purata-nombor,  $DP_n$*
- (iv) *indeks polidispersiti*

(60 marks/markah)

4. [a] PolyScience Sdn Bhd has synthesized three atactic polystyrene. The molecular weight of the polystyrene samples is shown in Table 2. Predict and explain the viscoelastic behavior of the PS samples. Answer must be supported by a log E-temperature plot.

*PolyScience Sdn Bhd telah sintesis tiga polistirena ataktik. Berat molekul bagi sampel polistirena tersebut adalah seperti ditunjukkan dalam Jadual 2. Jangkakan dan jelaskan kelakuan kelikatkenyalan bagi sampel PS tersebut. Jawapan mesti disokong dengan satu plot log E-suhu.*

Table 2: molecular weight of PS samples  
Jadual 2: berat molekul bagi sampel PS.

Sample code <i>Kod sampel</i>	$M_n$ (gmol <sup>-1</sup> )
PS1	100,000
PS 2	200,000
PS 3	300,000

(50 marks/markah)

- [b] Describe the differences in preparing samples from a thermoplastic and thermoset polymers using surface replication technique for Transmission Electron Microscopy (TEM) and state the purpose of such example preparation for each sample and state the purpose of such sample preparation.

*Jelaskan perbezaan dalam teknik penyediaan sampel bagi polimer termoplastik dan termoset yang menggunakan teknik peniruan permukaan bagi Mikroskopi Tranmisi Elektron (TEM) dan jelas serta nyatakan tujuan teknik tersebut dijalankan.*

(50 marks/markah)

...7/-

5. [a] The determination of Avrami's exponent,  $n$ , is one of the important procedure in studying polymer crystallisation kinetic. Starting from the following expression of Avrami's equation, obtain a simpler mathematical equation that could relate the progress of spherulite growth with the Avrami's exponent in polymer crystallisation study using a polarised optical microscope.

*Penentuan eksponen Avrami,  $n$ , merupakan suatu kaedah penting dalam kajian kinetik penghabluran polimer. Bermula dengan ungkapan persamaan Avrami yang diberikan di bawah, dapatkan satu persamaan matematik mudah yang dapat menghubungkan perkembangan pertumbuhan sferulit dengan eksponen Avrami dalam kajian penghabluran polimer menggunakan mikroskop optik terkutub.*

$$r^2 = \left( \frac{-zW_0}{dN\rho_s} \right) t^n$$

(30 marks/markah)

- [b] Given below are experimental results from spherulite observation of polypropylene using a polarised optical microscope. Plot the required graph in order for you to be able to determine to Avrami's exponent for the polymer. Comment on the value of the obtained Avrami's exponent in the aspect of spherulite growth.

*Diberikan di bawah adalah keputusan eksperimen pemerhatian sferulit bagi polipropilena menggunakan mikroskop optik terkutub. Plotkan graf yang diperlukan bagi membolehkan anda menentukan eksponen Avrami untuk polimer tersebut. Beri komen terhadap nilai eksponen Avrami yang diperolehi dari aspek pertumbuhan sferulit.*

Table 3: Changes in PP spherulite radius with time  
*Jadual 3: Perubahan jejari PP dengan masa*

Crystallisation time <i>Masa penghabluran (sec)</i>	Spherulite radius <i>Jejari sferulit (<math>\mu\text{m}</math>)</i>
12	22.2
15	25.0
18	27.7
21	30.8
24	33.7
27	36.2
30	39.6

(70 marks/markah)



6. [a] Consider the following statements:  
“Degree of crystallinity of a semi-crystalline polymer is dependent of interchain bonding”  
“The melting of a semi-crystalline polymer is related to the destruction of crystallite region”  
Using polyamide as an example, discuss the relevance of both statements. Support your answer with suitable diagrams.

*Pertimbangkan kenyataan-kenyataan berikut:*

*“Darjah keterhabluran suatu polimer separa-hablur adalah bergantung kepada ikatan antara-rantai”*

*“Peleburan suatu polimer separa-hablur boleh dikaitkan dengan pemusnahan kawasan berhablur”*

*Dengan menggunakan poliamida sebagai contoh, bincangkan kerelevanan kenyataan-kenyataan tersebut. Sokong jawapan anda dengan rajah-rajah bersesuaian.*

(50 marks/markah)

- [b] Both spherulite and polymer single crystals are entities that describe the presence of crystallite region in some polymeric materials. State the major differences in their creation and describe the morphologies of both entities.

*Kedua-dua sferulit dan hablur tunggal polimer merupakan entiti-entiti yang menjelaskan kewujudan kawasan berhablur dalam sesetengah polimer. Nyatakan perbezaan utama dalam penghasilan entiti-entiti tersebut dan jelaskan morfologi yang terhasil dari kedua-duanya.*

(50 marks/markah)

7. [a] Using a schematic representation of the Laue technique in X-ray diffraction, derive the Bragg's equation as given below.

*Dengan menggunakan perwakilan skematik teknik Laue bagi pembelauan sinar X, terbitkan persamaan Bragg seperti yang diberikan di bawah.*

$$n\lambda = 2d \sin\theta$$

Use suitable diagrams to support your answer.

*Gunakan rajah-rajah yang sesuai untuk menyokong jawapan anda.*

(50 marks/markah)

- [b] (i) The following figures display changes of X-ray diffraction patterns for a certain polymer sample. Discuss what could have caused such changes.

*Rajah-rajah berikut mempamerkan perubahan yang berlaku kepada pola pembelauan sinar X bagi suatu sampel polimer. Bincangkan apakah punca kepada perubahan-perubahan tersebut.*

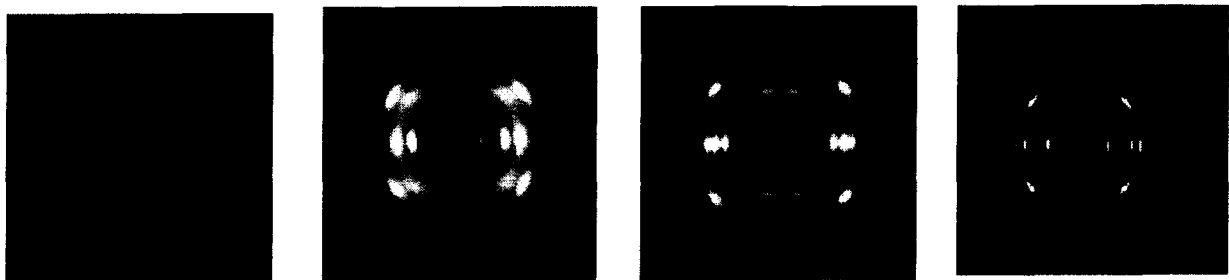


Figure 1: Changes in X-ray diffraction patterns for a polymer sample  
*Rajah 1: Perubahan pembelauan sinar X bagi suatu sampel polimer*

(20 marks/markah)

- (ii) In fiber processing is it good to have such changes in a polymer sample? If yes, how it is done and explain the effect on fiber properties.

*Dalam realiti pemprosesan gentian, adakah baik mempunyai perubahan sedemikian di dalam suatu sampel polimer? Jika ya, bagaimanakah ia dilakukan dan jelaskan kesan terhadap sifat-sifat gentian.*

(30 marks/markah)