

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
Academic Session 2010/2011

November 2010

## **EBB 245/3 - Characterisation of Engineering Materials** ***[Pencirian Bahan Kejuruteraan]***

Duration : 3 hours  
*[Masa : 3 jam]*

---

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

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi TIGA BELAS 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] What is the difference between reflectance and transmission techniques of Fourier Transform Infra-red (FTIR) measurement. Consequently, suggest the situations where near infra-red and far infra-red are useful and explain the reasons of your answers.

*Apakah perbezaan diantara teknik-teknik “reflectance” dan “transmission” berkaitan pengukuran Perubahan Fourier Infra-Merah FTIR. Seterusnya, berikan situasi infra-merah dekat dan infra-merah jauh adalah bersesuaian dan terangkan jawapan anda.*

(30 marks/markah)

- [b] Transmission Electron Microscope (TEM) is useful for observation of ultra thin sample. Briefly describe the working principle of TEM.

*Mikroskop transmisi elektron (TEM) berguna untuk pemerhatian sampel ultra nipis. Jelaskan dengan ringkas prinsip kerja TEM.*

(30 marks/markah)

- [c] (i) Briefly describe the operating principle of a secondary ion mass spectrometry (SIMS). Use a sketch of a typical SIMS instrumentation to help your answer.

*Terangkan dengan ringkas berkenaan dengan prinsip operasi spektrometer jisim ion sekunder (SIMS). Gunakan lakaran alat SIMS yang lazim digunakan untuk membantu jawapan anda.*

(20 marks/markah)

- (ii) You were given 100 g white powders. You were told that the powders are pure zirconia. Explain how X-ray diffraction method can be applied to verify if the powder is indeed pure zirconia?

*Anda diberikan 100 g serbuk putih. Anda diberitahu yang serbuk itu adalah terdiri daripada zirkonia yang tulen. Terangkan bagaimana teknik pembelauan sinar-X dapat digunakan untuk menentukan jika serbuk berkenaan benar-benar zirkonia tulen.*

(20 marks/markah)

**PART B****BAHAGIAN B**

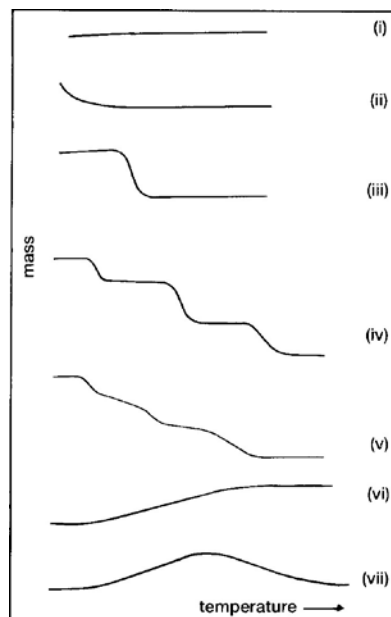
2. [a] Explain the working principle of Thermal Gravimetry Analysis (TGA). Use a suitable diagram if possible.

*Terangkan prinsip kerja bagi TGA. Gunakan gambarajah yang sesuai jika perlu.*

(20 marks/markah)

- [b] Figure 1 shows typical weight loss curves (i to vii) of different materials. Describe the weight loss behavior of the respective materials (i to vii) by taking into account their decomposition temperatures and recommend a suitable example of decomposition process that causes the change in weight (if any) for each curve (i to vii).

*Rajah 1 menunjukkan keluk-keluk kehilangan berat (i hingga vii) sesuatu bahan. Terangkan sifat kehilangan berat untuk setiap bahan (i hingga vii) dengan mengambilkira suhu penguraian dan berikan contoh yang bersesuaian untuk proses-proses perubahan berat (jika ada) untuk setiap keluk (i hingga vii).*



**Figure 1**

**Rajah 1**

Figure 1: Weight loss curves (i to vii) of different materials

Rajah 1: Keluk-keluk kehilangan berat (i hingga vii) sesuatu bahan

(60 marks/markah)

...5/-

- [c] A metal rod of 3.00 mm long expands by 7.5 mm when heated from 0 to 100°C. Calculate the coefficient of linear expansion. If a block of the same metal measuring  $3.0 \times 5.0 \times 10.0 \text{ cm}^3$  was heated over the same temperature range, how much would its volume increase and what is the coefficient of volume expansion?

*Rod keluli berukuran 3.00 mm panjang mengembang sebanyak 7.5 mm apabila dipanaskan dari 0 to 100°C. Kirakan pemalar pengembangan linear. Sekiranya bahan yang sama berukuran  $3.0 \times 5.0 \times 10.0 \text{ cm}^3$  dipanaskan pada suhu yang sama, berapakah pertambahan isipadu dan apakah nilai pengembangan isipadu?*

(20 marks/markah)

3. [a] Figure 2 shows a typical DSC thermogram of semi-crystalline polymeric materials. Identify the transition and peaks labeled from A to C and consequently suggest what those transitions and peaks are all about.

*Rajah 2 menunjukkan termogram DSC tipikal bagi bahan polimer separa-hablur. Tentukan peralihan dan label puncak dari A ke C dan seterusnya cadangkan apakah peralihan-peralihan dan puncak-puncak tersebut.*

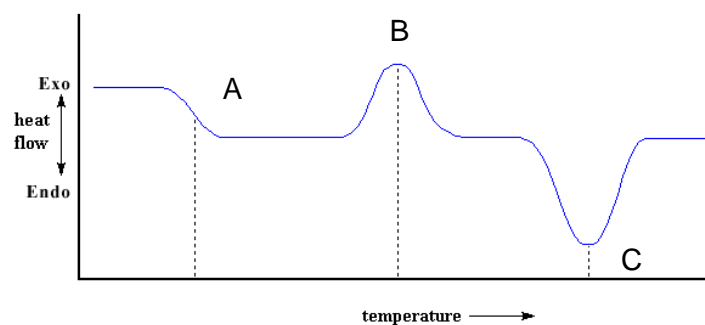


Figure 2: DSC thermogram of semi-crystalline polymeric materials

*Rajah 2: Termogram DSC tipikal bagi bahan polimer separa-hablur*

(20 marks/markah)

- [b] Explain the working principle of Differential Scanning Calorimetry (DSC). Subsequently, discuss three examples of typical DSC applications with respect to characterization of material.

*Huraikan prinsip kerja bagi Kalorimetri Imbasan Kebezaan (DSC). Seterusnya bincang tiga contoh kegunaan DSC tipikal merujuk kepada pencirian bahan.*

*(40 marks/markah)*

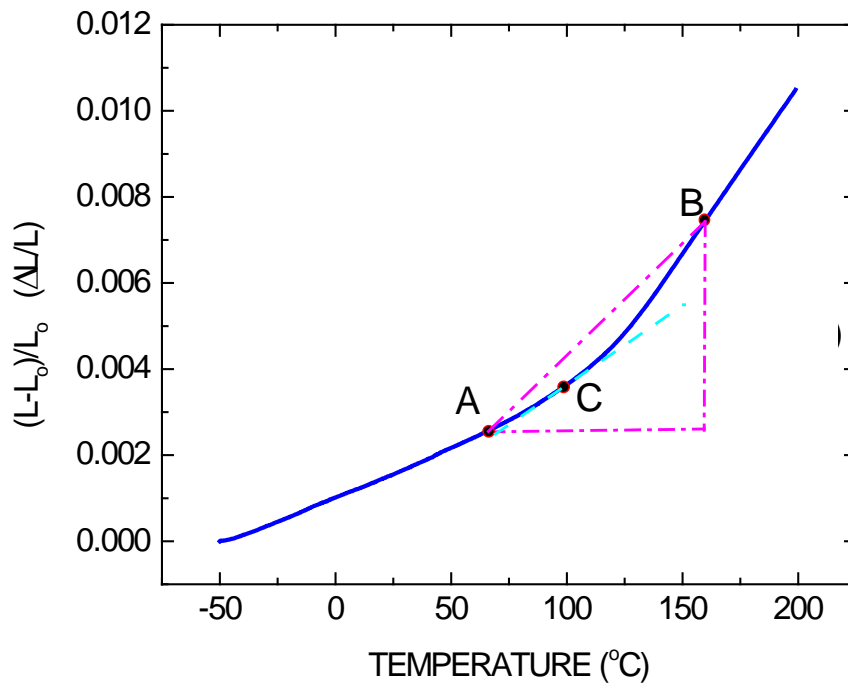
- [c] From Figure 3, calculate the physical and technical CTE's for the polymeric materials with details information in Table 1. Summarize the difference between physical and technical CTE of the material.

*Merujuk kepada gambarajah 3, kirakan CTE fizikal dan teknikal untuk bahan polimer dengan menggunakan maklumat lanjut seperti di dalam Jadual 1. Ringkaskan perbezaan diantara CTE fizikal dan teknikal.*

**Table 1**

**Jadual 1**

<b>Points</b> <i>Titik</i>	<b>Temperature (°C)</b> <i>Suhu (°C)</i>	<b>Relative Expansion</b> <i>Pengembangan Relatif</i>
A	63	0.0022
B	160	0.0077
C	100	0.0033



**Figure 3**

**Rajah 3**

(40 marks/markah)

**PART C**

**BAHAGIAN C**

4. [a] You are given a piece of unknown material made of bulk metal. Explain appropriate approaches to prepare the sample for surface observation.

*Anda diberi satu sampel tidak diketahui yang diperbuat dari logam pukal. Terangkan langkah-langkah yang sesuai untuk menyediakan sampel tersebut untuk cerapan permukaan.*

(30 marks/markah)

- [b] What is the best equipment that should be used to observe the surface morphology and obtain the chemical elements presence in the sample above? Briefly explain the working principle of the suggested equipment.

*Apakah peralatan terbaik yang patut digunakan untuk cerapan morfologi permukaan dan mengetahui unsur kimia yang terdapat dalam sampel di atas? Terangkan secara ringkas prinsip kerja peralatan yang dicadangkan.*

(30 marks/markah)

- [c] What are the differences between optical microscope, scanning electron microscope and transmission electron microscope?

*Apakah perbezaan antara mikroskop optik, mikroskop imbasan elektron dan mikroskop transmisi elektron.*

(40 marks/markah)



5. [a] Atomic force microscopy (AFM) can be used to observe surface topography, to carry out in depth profiling analysis and to obtain the hardness at atomic level. With the help of an appropriate schematic diagram, briefly explain the working principle of AFM.

*Mikroskop daya atomik (AFM) boleh digunakan untuk mencerap topografi permukaan, menjalankan analisa kedalaman permukaan, dan mendapatkan kekerasan pada sela atomik. Dengan bantuan gambarajah skematik yang bersesuaian, terangkan dengan ringkas prinsip kerja AFM.*

(40 marks/markah)

- [b] What are the differences between atomic force microscopy (AFM) and scanning tunneling microscopy (STM)?

*Apakah perbezaan di antara mikroskop daya atomik (AFM) dan mikroskop imbasan terowong (STM)?*

(20 marks/markah)

- [c] In transmission electron microscopy (TEM), sample can be imaged using dark field and bright field. How can dark field and bright field imaging be obtained in TEM? Explain your answer by providing appropriate diagrams.

*Dalam mikroskop transmisi elektron (TEM), sampel boleh diimej menggunakan 'dark field' dan 'bright field'. Bagaimanakah 'dark field' dan 'bright field' boleh diperolehi dalam TEM? Terangkan jawapan anda dengan memberikan gambarajah yang sesuai.*

(40 marks/markah)

**PART D****BAHAGIAN D**

6. [a] In X-ray diffraction (XRD) method, a diffraction spectrum gathered must be compared to the standard from x-ray diffraction database. Answer the following questions:

*Di dalam kaedah pembelauan sinar-x (XRD), spektra pembelauan yang diperoleh mesti dibandingkan dengan spektra pembelaun yang standard daripada database. Jawab soalan-soalan di bawah:*

- (i) Discuss two reasons why sometimes the peak intensities and location of the acquired spectrum is not the same as the standard?

*Bincangkan dua sebab kenapa ada kalanya ketumpatan dan kedudukan puncak daripada spektrum yang diperoleh tidak sama dengan standard?*

(20 marks/markah)

- (ii) XRD method can be used for characterising thin film. However the widely used Bragg-Bretano geometry is not suitable, explain why? Suggest a suitable XRD configuration to investigate the phase present of the film.

*Kaedah XRD boleh digunakan untuk mencirikan filem nipis. Namun begitu, geometri Bragg-Bretano yang biasa digunakan tidak begitu sesuai, terangkan kenapa? Cadangkan konfigurasi XRD yang boleh digunakan untuk menyelidik fasa yang hadir di dalam filem.*

(20 marks/markah)

- (iii) Alternatively Raman spectroscopy can be used for phase identification of the thin film. Explain how can this technique be used for phase identification.

*Pilihan lain yang boleh digunakan untuk pengenalpastian fasa di dalam filem nipis tersebut ialah spektroskopi Raman. Terangkan bagaimana teknik ini boleh digunakan untuk pengenalpastian fasa.*

(30 marks/markah)

- [b] (i) In X-ray fluorescence (XRF), wavelength dispersive spectroscopy (WDS) has been widely used. Explain with a figure how WDS works.

*Di dalam pendaflor sinar-X spektroskopi panjang gelombang terserak (WDS) digunakan dengan meluas. Terangkan beserta rajah bagaimana WDS berfungsi.*

(20 marks/markah)

- (ii) State how can quantitative analysis be gathered by X-ray fluorescence analysis (XRF)?

*Nyatakan bagaimana analisis kuantitatif boleh diperolehi daripada analisa pendaflor sinar-X (XRF)?*

(10 marks/markah)

7. [a] You are given a doped silicon wafer. You are required to assess the characteristic of this wafer by Secondary Ion Mass Spectrometry (SIMS) and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS).

*Anda diberikan wafer silikon yang terdop. Anda diminta untuk menilai ciri-ciri wafer ini dengan spektrometer jisim ion sekunder (SIMS) dan spektrometer fotoelektron X-ray (XPS).*

- (i) How SIMS be used to determine the dopant concentration in the silicon wafer.

*Bagaimana SIMS boleh digunakan untuk menentukan kepekatan pendopan di dalam silikon wafer tersebut.*

(20 marks/markah)

- (ii) Can XPS be used to determine the dopant? If so, explain how XPS works for this purpose.

*Bolehkah XPS digunakan untuk menentukan apakah dopant tersebut? Jika boleh, terangkan bagaimana XPS berfungsi untuk hal ini.*

(20 marks/markah)

- (iii) An amorphous oxide film is grown on the silicon, argue if XRD method can be used to identify this oxide?

*Satu lapisan amorfus oksida telah ditumbuhkan di atas silikon, berikan hujahan jika teknik XRD boleh digunakan untuk mengenalpasti oksida tersebut?*

(10 marks/markah)

- [b] Atomic absorption spectroscopy (AAS) is a useful tool in material characterisations. Answer the following questions:

*Spektroskopi serapan atomik (AAS) ialah satu peralatan yang penting di dalam pencirian bahan. Jawab soalah berikut:*

- (i) Figure 4 shows the schematic of AAS. Label (A), (B), (C) and (D). Using of this figure explain the step-by-step procedure to use this equipment.

*Rajah 4 menunjukkan skematik AAS. Labelkan (A), (B), (C) dan (D). Dengan menggunakan gambarajah ini, terangkan bagaimana langkah-langkah prosedur penggunaan alat ini.*

(20 marks/markah)

- (ii) Explain how Auger electrons are produced and explain how Auger electron spectroscopy can be used for surface analysis.

*Terangkan bagaimana elektron Auger dihasilkan dan terangkan bagaimana spektroskopi elektron Auger boleh digunakan untuk analisa permukaan.*

(30 marks/markah)

**Figure 4 - Atomic absorption spectrometry schematic**

*Rajah 4 - Skematik spektroskopi serapan atomik*