

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
Academic Session 2008/2009

November 2008

## **EBP 420/2 - Rubber Engineering** **[Kejuruteraan Getah]**

Duration : 2 hours  
[Masa : 2 jam]

---

Please ensure that this examination paper contains SIX printed pages and ONE page APPENDIX before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi ENAM muka surat beserta SATU muka surat LAMPIRAN yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

This paper contains SIX questions.

*[Kertas soalan ini mengandungi ENAM soalan.]*

**Instructions:** Answer **FOUR** questions. If a candidate answers more than four questions only the first four questions in the answer sheet will be graded.

**[Arahan:** Jawab **EMPAT** soalan. Jika calon menjawab lebih daripada empat soalan hanya empat 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] A circular disc with measuring diameter of 500 mm and thickness of 25 mm made with rubber of shear modulus  $G = 793 \text{ kN/m}^2$  and correction factor of 0.64.
- (i) Using the classical approach, calculate the force required to compress it by 40%.
  - (ii) If the statistical approach is used, calculate the resulted force to compress it by 40%
  - (iii) If the Lindley approach is used, what is the expected results and explain why it is expected to be more accurate?

*Satu cakera bulat dengan ukuran diameter 500 mm dan ketebalan 25 mm diperbuat daripada getah yang mempunyai modulus ricih  $G = 793 \text{ kN/m}^2$  dan faktor pembetulan 0.64.*

- (i) Menggunakan pendekatan klasik, kirakan daya yang diperlukan untuk memampatkannya sebanyak 40%.*
- (ii) Jika pendekatan statistik digunakan, kirakan daya yang diperlukan untuk memampatkannya sebanyak 40%.*
- (iii) Jika pendekatan Lindley digunakan, apakah keputusan yang dijangka dan jelaskan mengapa keputusan yang dijangka adalah lebih tepat?*

(100 marks/markah)

2. [a] With the assumption that the loaded area does not change, explain with appropriate sketches and equations how lamination affects the compression spring rate and shear spring rate of a rubber unit.

*Dengan anggapan bahawa luas terbeban tidak berubah, jelaskan dengan menggunakan persamaan dan lakaran yang sesuai bagaimana penglaminaan mempengaruhi kadar spring mampatan dan kadar spring ricihan sesuatu unit getah.*

(40 marks/markah)

- [b] The concept of laminated rubber unit is used in bridge bearing. Using the appropriate equations and/or sketches, describe bridge bearing according to British requirement taking into accounts the live loads, dead loads, shape factor, bending, degree of shear, and elongation at break of the rubber.

*Konsep unit getah terlaminat digunakan dalam gelas jambatan. Menggunakan persamaan dan/atau lakaran yang sesuai, perihalkan gelas jambatan mengikut keperluan British dengan mengambil kira beban hidup, beban mati, faktor bentuk, pembengkokan, darjah ricihan dan pemanjangan pada takat putus getah.*

(60 marks/markah)

3. [a] A rectangular rubber block bearing, measuring 60 mm x 40 mm x 10 mm (length x width x thickness), have the following rubber properties:

Young's modulus = 3.25 MN/m<sup>2</sup>

Shear modulus = 0.81 MN/m<sup>2</sup>

Bulk modulus = 1090 MN/m<sup>2</sup>

Correction factor = 0.64

*Satu segiempat tepat blok gelas getah yang berukuran 60 mm x 40 mm x 12 mm (panjang x lebar x tebal), diperbuat dengan getah yang mempunyai sifat-sifat berikut:*

*Modulus Young = 3.25 MN/m<sup>2</sup>*

*Modulus ricih = 0.81 MN/m<sup>2</sup>*

*Modulus pukal = 1090 MN/m<sup>2</sup>*

*Faktor pembedulan = 0.64*

- (i) Assume bulk compressibility effects to be negligible, calculate compression and shear spring rates and the ratio  $K_c/K_s$ .

*Dengan andaian kesan mampatan bulk diabaikan, kirakan kadar mampatan spring dan kadar ricihan spring serta nisbah  $K_c/K_s$ .*

- (ii) If the rubber bearing is divided into 5 equal thickness sections by rigid shims, the load area and total thickness are the same so the shear spring rate remains unchanged, calculate the new compression spring rates and the ratio  $K_c/K_s$ .

*Jika galas getah dibahagikan kepada 6 bahagian yang mempunyai ketebalan yang sama oleh kepipis tegar, luas pembebanan dan jumlah ketebalan adalah sama agar kadar ricihan spring kekal tidak berubah, kirakan kadar mampatan spring yang baru dan nisbah  $K_c/K_s$ .*

(100 marks/markah)

4. [a] According to inclined mounting model, the force-deformation behaviour of a mounting could be modified based on combination of shear and compression. Sketch the force-deformation diagram of an unlaminated inclined rubber mounting. Describe the force-deformation behaviour when force is applied for three different angles i.e. 0 degrees, 45 degrees, and 90 degrees.

*Mengikut model cagak tercondong, kelakuan daya-canggaan sesuatu cagak boleh diubahsuai berdasarkan kombinasi ricihan dan mampatan. Lakarkan rajah daya-canggaan satu cagak getah tercondong tidak terlaminat. Perihalkan kelakuan daya canggaan cagak ini apabila daya dikenakan bagi 3 sudut yang berbeza iaitu 0 darjah, 45 darjah dan 90 darjah.*

(60 marks/markah)

- [b] What is non-linear behaviour? Explain the source of non-linear behaviour for both unfilled and filled rubber vulcanisate.

*Apakah kelakuan tak-linear? Jelaskan punca yang menyumbang kepada kelakuan tak-linear bagi kedua-dua vulkanisat getah tanpa pengisi dan berpengisi.*

(40 marks/markah)

5. [a] In many applications rubber spring are used to reduce the transmission of vibration through rubber structures. Explain how the transmissibility parameter is important in vibration isolation of rubber mount taking into accounts the natural frequency, damping and isolation degree behaviour as a function of frequency ratio. Discuss how different types of rubber will influence the transmissibility.

*Dalam pelbagai aplikasi, spring getah telah digunakan untuk mengurangkan pemindahan getaran melalui struktur getah. Jelaskan bagaimana parameter transmissibiliti penting dalam pengasingan getaran bagi cagak getah dengan mengambil kira frekuensi semulajadi, lemati (damping) dan kelakuan darjah pemencilan sebagai fungsi nisbah frekuensi. Bincangkan bagaimanakah jenis getah yang berbeza akan mempengaruhi transmissibiliti.*

(60 marks/markah)

- [b] Define and explain briefly with schematic illustrations any two from the below:
- (i) Hysteresis
  - (ii) Payne's effect
  - (iii) Dynamic behaviour

*Berikan definisi dan jelaskan dengan bantuan gambarajah skematik bagi dua daripada kelakuan di bawah:*

- (i) *Histeresis*
- (ii) *Kesan Payne*
- (iii) *Kelakuan dinamik*

(40 marks/markah)

6. [a] There are three kinds of different frictional forces were generated depending on the different shapes of road surface. Explain these three frictional forces and their relations with the skid resistance of tire.

*Terdapat tiga jenis tenaga geseran yang berbeza yang terhasil bergantung kepada perbezaan bentuk permukaan jalan. Jelaskan tiga tenaga geseran ini dan perkaitannya dengan rintangan gelinciran bagi tayar.*

(30 marks/markah)

- [b] Explain the fatigue crack growth behaviour of rubber. An protected vulcanisate has a threshold energy for ozone crack growth  $G_z$  of  $0.08 \text{ Jm}^{-2}$  and for mechanico-oxidative crack growth  $G_o$  of  $40 \text{ Jm}^{-2}$ , the Young's modulus of the vulcanizate is 5 MPa and the largest of the naturally occurring flaws present is equivalent to a crack length 0.02mm. Calculate the threshold strain in simple extension for each type of cracking. [K taken as 2 and  $U$  is  $0.5 Ee^2$  where  $E$  is the Young's modulus and  $e$  is the tensile strain]

*Jelaskan kelakuan perambatan carikan fatig getah. Satu vulkanizat getah yang tidak dilindungi mempunyai tenaga ambang untuk perambatan carikan akibat ozon  $G_z$  pada  $0.08 \text{ Jm}^{-2}$  dan perambatan carikan akibat oksidatif mekanikal  $G_o$  pada  $40 \text{ Jm}^{-2}$ , Young modulus untuk vulkanizat ini ialah 5 MPa dan kecacatan semulajadi paling besar wujud adalah setara dengan panjang retak 0.02 mm. Kirakan terikan ambang dalam pemanjangan mudah untuk setiap jenis perambatan carikan. [K diambil sebagai 2 dan  $U$  ialah  $0.5 Ee^2$  di mana  $E$  ialah modulus Young dan  $e$  ialah terikan tensil]*

(70 marks/markah)

**Appendix****Lampiran****Given Equations**

$$\sigma = \frac{E_c}{3} \left( \frac{1}{\lambda^2} - \lambda \right)$$

$$S = \frac{LB}{2t(L+B)}$$

$$S = \frac{a}{2t}$$

$$E_c = E_o (1 + 2kS^2)$$

$$\frac{\partial}{E} = \ln \frac{1}{\lambda} + kS^2 \left( \frac{1}{\lambda^2} - 1 \right)$$

$$K_s = \frac{AG}{t}$$

$$K_c = \frac{AEc}{t}$$

$$\frac{1}{1 + \frac{E_o}{E_B}}$$

$$G = 2KUc$$

$$\frac{dc}{dn} = BG^\beta$$

$$T^2 = \frac{1 + \tan^2 \delta}{\left[ 1 - \left( \frac{W}{W^n} \right)^2 \frac{G_o^1}{G^1} \right]^2 + \tan^2 \delta}$$

$$\frac{F}{x} = 2(k_c \cos^2 \partial + k_s \sin^2 \partial)$$

$$T_t = T_q + T_b$$

$$T_q = 6Se_c$$

